



**Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua  
Recinto Universitario Rubén Darío  
Facultad de Ciencias e Ingenierías**

## **Trabajo de Graduación para optar al título de Ingeniero Civil**



### **Tema:**

**Rehabilitación de un tramo de calle urbana de 381.6 metros en el Municipio de San Marcos, Departamento de Carazo**

**Tutor: Ing. Ernesto Cuadra Chévez**

### **Elaborado por:**

Br. Javier Prado López

Br. Juan Ramón García

**Managua, Enero de 2007**

## **TEMA**

**REHABILITACIÓN DE UN TRAMO DE CALLE URBANA DE 381.6M EN EL MUNICIPIO DE SAN MARCOS, DEPARTAMENTO DE CARAZO.**

## **Dedicatoria**

**Dedicamos el presente Trabajo de Graduación, primeramente a DIOS por permitirnos concluir nuestros estudios universitarios exitosamente y por habernos otorgado sabiduría y disciplina durante el transcurso de ésta tarea.**

**A nuestras madres, Felicita del Carmen García Álvarez y Rafaela López Morales y a mi Padre Daniel Prado Acuña por enseñarnos a enfrentar la vida dignamente y por haberse sacrificado dándonos nuestra más grande herencia; la Educación.**

## **Agradecimiento**

**Agradecemos a Dios por sobre todas las cosas por brindarnos la oportunidad de concluir nuestros estudios Universitarios.**

**A nuestras madres y familiares por habernos brindado apoyo espiritual y económico durante el transcurso de nuestra vida.**

**A nuestros amigos, por habernos dado ánimo en los momentos de tristeza y apoyo en momentos de necesidad.**

# Índice

<b>Introducción.....</b>	<b>1</b>
<b>Ubicación del proyecto</b>	<b>2</b>
<b>Resumen Ejecutivo.....</b>	<b>3</b>
<b>Justificación.....</b>	<b>4</b>
<b>Objetivos.....</b>	<b>5</b>
<b>Capítulo I. Alcances y Limitaciones.....</b>	<b>6</b>
I.1. Alcances.....	6
I.2. Limitaciones.....	7
<b>Capítulo II. Generalidades.....</b>	<b>7</b>
II.1. Caminos y carreteras.....	7
II.2. Vías Urbanas	7
II.3. Conceptos y/o definiciones generales.....	14
II.4. Discusión Teórica sobre aplicación de pavimentos de adoquines en Nicaragua.....	23
II.5. Características y Generalidades del Municipio.....	29
<b>Capítulo III. Estudios de Ingeniería.....</b>	<b>35</b>
III.1. Metodologías Utilizadas.....	35
III.1.1. Metodología en Estudio Topográfico.....	35
III.1.2. Metodología en Estudio de Suelo.....	40
III.1.3. Métodos de diseño.....	44
III.1.3.1. Método en diseño hidráulico.....	44
III.1.3.2. Método en diseño estructural del pavimento.....	45
III.2. Normas, Criterios y Especificaciones de diseño.....	47
III.2.1. Criterios, Normas y especificaciones Generales de diseño Vial en carreteras y/o vías nacionales.....	47
III.2.2. Criterios en diseño hidráulico.....	53
III.2.3. Criterios en diseño de espesor de pavimento.....	56
III.3. Estudio Topográfico.....	59
III.3.1. Investigación de Campo.....	59
III.3.1.1. Planimetría del Eje Central.....	59
III.3.1.2. Altimetría del Eje Central.....	60
III.3.1.3. Levantamiento de perfiles transversales.....	61
III.3.1.4. Ángulos en intersecciones.....	63
III.3.2. Procesamiento de la información.....	63
III.3.2.1. Elevaciones de la sub rasante.....	63
III.3.2.2. Elevación de la rasante y cuneta.....	64
III.4. Estudio de tránsito.....	66
III.4.1 Aforo de tránsito.....	69
III.5.1. Investigación de campo.....	72

III.5.1.1. Sondeos manuales.....	72
III.5.2. Ensayes de laboratorio.....	73
III.6. Evaluación de impacto ambiental.....	79
III.6.1 Calidad ambiental del sitio sin considerar el proyecto.....	79
III.6.2 Impactos ambientales que genera el proyecto.....	80
III.6.3 Programa de mitigación de los impactos ambientales generados por el proyecto.....	81
III.6.4 Valoración ambiental de las componentes geológicas y del ecosistema de la zona en estudio.....	81
<b>Capítulo IV. Memoria de cálculo del diseño.....</b>	<b>83</b>
IV.1 Diseño de espesor de pavimento.....	83
IV.2 Diseño hidráulico.....	87
<b>Capítulo V. Elaboración de planos.....</b>	<b>89</b>
<b>Capítulo VI. Estimación de la cantidad de materiales y volúmenes de tierra a remover.....</b>	<b>90</b>
VI.1 Movimiento de tierra.....	90
VI.2 Estimación de cantidades de materiales.....	92
<b>Capítulo VII. Determinación de la duración y costo del proyecto.....</b>	<b>93</b>
VII.1 Determinación de la duración.....	93
VII.2 Determinación del costo.....	96
<b>Conclusiones.....</b>	<b>98</b>
<b>Recomendaciones.....</b>	<b>102</b>

## **Bibliografía**

## **Anexos**

## Introducción

Desde el principio de la existencia del ser humano se a observado su necesidad por comunicarse, por lo cual fue desarrollando diversos métodos para la construcción de caminos, desde los caminos a base de piedra y aglomerante hasta nuestra época con métodos perfeccionados basándose en la experiencia que conducen a grandes autopistas de pavimento flexible o rígido.

Es por ello, que en el presente trabajo que se desarrollará la construcción de una carpeta a base de adoquín mediante normas, criterios y métodos, este describirá las definiciones de carretera y todas aquellas mas necesarias para su comprensión, sus características y método de construcción, así como todas aquellas especificaciones necesarias, también se describirán las consideraciones físicas y geográficas que intervienen en el diseño y construcción, los cuales varían dadas las características del lugar, suelo y condiciones del clima.

Específicamente, se diseñarán las estructuras de pavimento, que para ello se presenta; el estudio topográfico, estudio de suelo y todos los datos de campo necesarios y el procesamiento de la información que fueron necesarios para la realización del diseño de cuneta.

Los criterios, normas y especificaciones usados en los presentes diseños y cálculos son los que normalmente se usan en el país por las empresas constructoras nacionales e internacionales.

Se presentan, definiciones, conceptos y aplicaciones de estos en el procesamiento de los datos de campo recopilados y presentación de los respectivos diseños, además, se anexan planos que servirán para la construcción del proyecto, así como, el costo con el que se licitará el proyecto y la duración del mismo.

Se presenta un estudio de impacto ambiental que persigue la detección de causas, efectos y mitigación de los posibles impactos al construirse el tramo de la calle en el sector Covisama, San Marcos.

## Ubicación del Proyecto



**Micro localización**



**Macro localización**

## Resumen Ejecutivo

Conscientes del propósito de construir el tramo de calle "Julio César Pérez" en el sector COVISAMA del Municipio de San Marcos, Carazo, se procedió a hacer el levantamiento topográfico del mismo, el cual se procesaría para usarlo desde la definición de la sub rasante hasta el diseño hidráulico. Los datos topográficos se procesaron de acuerdo al método con el que se hizo el levantamiento, tomando en cuenta que el uso de teodolitos electrónicos facilitó el trabajo de gabinete o procesamiento de datos.

Una vez levantadas las muestras de suelo según los procedimientos teóricos para tramos urbanos, se analizaron en un laboratorio las muestras obtenidas de sondeos a distintas profundidades y debidamente identificadas para luego ser clasificadas en sus tamaños y límites con el fin de obtener CBR de diseño y conocer el suelo predominante, el que influirá en el diseño de espesores. De la misma forma, solo que únicamente se llevo una muestra representativa del banco "El Rosario" de materiales ubicado en el municipio vecino El Rosario, aproximadamente a 8Km del proyecto, con la búsqueda de identificar su posible desempeño para la base y sub base del pavimento en conjunto.

En el caso del posible impacto ambiental, mediante la observación y aspecto teórico se identifico la naturaleza del lugar para determinar los efectos y mitigación, existencia o no de algún tipo de caudal de agua, el paradero de las aguas drenadas, así como la afectación en los alrededores una vez que se este construyendo.

Después de obtener la sub rasante, los datos propios del lugar y caudal a ser drenado, se diseñó las dimensiones necesarias que tendrían las cunetas y bordillos como parte del diseño.

Se presentan conceptos para facilitar el acceso a la información realizada, como también criterios, normas y especificaciones que intervienen a lo largo de todo el trabajo mediante sus debidas aplicaciones

Se realizó, además, un estudio de tránsito tomando en cuenta las especificaciones descritas en el Manual Centroamericano SIECA<sup>1</sup>.

Los cálculos fueron realizados con calculadoras electrónicas T.I (Texas Instrument) graficable y CASIO usándose, en ellas, programas de cálculo electrónico, en los cuales definimos una serie de operaciones matemáticas basadas en fórmulas establecidas por las teorías pertinentes para una construcción vial.

Como facilitadores para la entrega y presentación del trabajo, se utilizó computadora con programas como AUTO CAD, Microsoft Word, Microsoft Excel y Microsoft Power Point.

---

<sup>1</sup> Secretaría de Integración Económica Centro Americana

## **Justificación**

Este trabajo se entregará a la Alcaldía Municipal de San Marcos con la finalidad de que se pueda ejecutar, ya sea con fondos propios o con financiamiento para el proyecto y así se beneficie de manera directa al sector transporte, peatones y pobladores en general del municipio mejorando las condiciones de vida y estéticas de la ciudad.

Si bien es cierto, que por el mal estado del tramo en estudio actualmente no hay mucho tráfico que pueda ser indicador de un flujo que amerite mejorar la capacidad de la vía, sin embargo, el flujo vehicular de las calles de los alrededores son altamente transportadas, precisamente porque los usuarios no abordan el tramo en análisis por su mal estado hasta no ser pavimentada y así atraerá gran parte de los vehículos usuarios de las calles alternas.

Se busca mejorar la situación vehicular de la ciudad con la rehabilitación de este tramo de calle, ya que este no es muy transitado por el estado en el que se encuentra actualmente, comparado con las calles alternas, y al ser pavimentado efectivamente atraerá tránsito de las calles vecinas, lo cual es un indicador de disminución de riesgos por accidentes para usuarios y peatones.

Para los vehículos que transitan en su estado actual, con la pavimentación habrá una disminución del deterioro vehicular, alcanzándose un acceso más rápido, distribución de productos e insumos en la zona. Además se mejorarían el nivel de salud para los habitantes del sector, al implementarse el adoquinado, por un mejor drenaje y acceso, como también, vendría a evitar la erosión o desgaste de la capa superficial del suelo, en fin mejoraría el nivel de vida para los usuarios de la calle en la zona a pavimentarse

Además, la elaboración de este trabajo pretende poder dar al lector conocimiento sobre el diseño de una calle urbana, condiciones y métodos que se emplean en la construcción de la misma a base de pavimento de adoquín, así también todos y cada uno de los reglamentos, normas, criterios y especificaciones técnicas que deben tomarse en cuenta para poder realizar el diseño de este.

## **Objetivos**

### **Objetivo General**

- Diseñar la estructura de pavimento y drenaje de una calle urbana de 381.6m en el Municipio de San Marcos, Departamento de Carazo.

### **Objetivos Específicos**

- Establecer los espesores que constituirán el pavimento del tramo de 381.6m en la calle Julio César Pérez del Municipio de San Marcos, Carazo.
- Determinar las dimensiones necesarias de la cuneta para el drenaje a lo largo del tramo de calle de 381.6m.
- Calcular el costo para precio base de licitación y duración del proyecto en estudio.

# Capítulo I

## Alcances y limitaciones

### I.1 Alcances

Los alcances de los presentes estudios y diseños para el proyecto, principalmente los diseños de pavimento e hidráulico y los estudios topográficos y de suelo comprenden diferentes ejercicios con las principales especialidades de la Ingeniería Civil, en ese sentido se describen a continuación.

En los **Estudios Topográficos** Se recopilaron datos que describen la situación geográfica de la franja en la que se establecerá el pavimento, tomando topográficamente del campo con equipos especializados, todos los detalles pertinentes para una modulación digital del terreno y que estos datos sirvan para una mejor visualización, elaboración de cálculo y diseño óptimo de la vía.

En los **Estudios Hidrotécnicos** Con los datos hidrológicos propios del lugar, se calcularon las dimensiones de la cuneta con la pendiente ideal para que la evacuación de las aguas sea ordenada, evitando estancamiento o desbordamiento de las mismas y que el flujo no erosione o desgaste las vías.

En los **Estudios Geotécnicos** Se tomaron muestras de los suelos con sondeos a lo largo del camino y se llevan al laboratorio para clasificarlas. Igualmente se identificaron las fuentes de materiales a las que también se les tomaron muestras para verificar el comportamiento a la resistencia y de esta manera se hicieron las consideraciones mediante el diseño de las capas de rodamiento.

La finalidad de este estudio de suelo es alcanzar a conocer claramente el comportamiento físico – mecánico de los suelos que soportarán las cargas vehiculares en el camino.

En la **Elaboración de planos constructivos** Se elaboraron planos constructivos con el procesamiento de la información recopilada en el campo, con el objetivo de mostrar y especificar gráficamente en que consisten las obras a desarrollarse.

Se alcanzó identificar, además, los posibles impactos ambientales directos e indirectos del proyecto como también la cantidad de materiales, costo, duración y volúmenes de tierra a mover en el proyecto.

## **I.2 Limitaciones**

Atrasó la existencia de una cuneta que se encontraba en ambos lados de la calle a rehabilitarse, debido a que el área de proyectos de la Alcaldía del Municipio, quería que con esas cunetas se diseñara el espesor de pavimento con el fin de disminuir el costo del proyecto, situación en la que nos tocó explicar, que no era recomendable diseñar el pavimento con esas cunetas ya que establecían anchos de calle no uniformes y menores de los que establecen los mínimos de las normas sobre anchos de carril.

Por lo general, la topografía a lo interno de una ciudad es regular, referente a curvas ya sean horizontales o verticales. Este tramo de calle, en su topografía, no presentó ningún tipo de curva, lo que limitó la aplicación de nuestros conocimientos topográficos en lo que concierne a replanteo de curvas.

## **Capítulo II**

### **Generalidades**

#### **II.1 Caminos y carreteras**

Algunos acostumbran denominar CAMINOS a las vías rurales, mientras que el nombre de CARRETERAS se lo aplican a los caminos de características modernas destinadas al movimiento de un gran número de vehículos.

La carretera se puede definir como la adaptación de una faja sobre la superficie terrestre que llene las condiciones de ancho, alineamiento y pendiente para permitir el rodamiento adecuado de los vehículos para los cuales ha sido acondicionada.

#### **II.2 Vías urbanas**

Como parte elemental de una ciudad, país o localidad es necesario catalogarla por el nivel de desarrollo y civilización, más aún que nuestro país está sumido en el estado denominado sub desarrollo. Es necesario por tal efecto la definición de objetivos, metas parciales consecutivas, estudio de recursos disponibles y aprovechamiento racional de estos para poder entrar a una vía de desarrollo y civilización, dentro de este contexto juega un gran papel el desarrollo de un sistema vial como medio de comunicación imprescindible para lograr los objetivos propuestos, entre otras cosas: la transformación del medio físico y estético que es la base del desarrollo socioeconómico.

Es lógico observar la forma de distribución de las vías establecidas en una ciudad determinada ya que la planeación de ciudades influye en el uso del terreno y juega un papel muy importante en la elección de las rutas de las vías urbanas, siendo así que las condiciones locales obligan en forma determinante a una planificación adecuada con sus características específicas y como complemento origen y destino del tránsito, uso del terreno y la demanda del transporte aportarán a un modelo definido de vías urbanas que servirán e influirán en la tendencia natural de desarrollo de una ciudad.

### **Red Vial Urbana**

Se debe entender por red vial urbana como aquella compuesta por dos sistemas: Una principal que estructura los espacios de la ciudad, forma parte de la zonificación de la clasificación racional del uso de la tierra, lo integran las vías que tienen como función principal la de facilitar la circulación y definir el esquema general de la ciudad. Y un segundo sistema complementario o secundario fundamentalmente destinado a dar acceso a las propiedades colindantes.

### **Clasificación del sistema de vías urbanas**

**Sistema de vías rápidas:** Con accesos controlados totalmente o parcialmente. Este sistema se establece para un movimiento de grandes volúmenes de tránsito entre zonas a través de la ciudad. No se pretende en este sistema el acceso a las propiedades colindantes, disminuye el exceso de tránsito en las arterias principales.

**Sistema de arterias principales:** Destinado al movimiento de tránsito entre zonas y a través de la ciudad y de acceso directo a los límites de la propiedad, sujeto a un control necesario de entradas y salidas y otras facilidades. Las arterias principales deben seleccionarse para unir zonas de generación de tránsito y los caminos rurales importantes que entren en la ciudad. Estas calles deben estar coordinadas con los sistemas de vías existentes y los propósitos para distribuir y recoger el tránsito de paso y desde los sistemas colectores locales. Con objeto de asegurar que, las calles locales y colectoras sirvan su propósito primario de proporcionar accesos y circulación local, las arterias principales no deben de estar separadas más de 1.500m.

**Sistema de calles colectoras:** Este sistema incluye a todas las calles distribuidoras y colectoras que sirvan al tránsito entre las arterias principales y calles locales; este sistema se destina para los movimientos de tránsito de paso dentro de un área local y para dar acceso a los límites de propiedad, estas calles deben estar separadas a 500 o 750m.

**Sistema de calles locales:** Este sistema incluye a todas las calles que se utilizan especialmente para el acceso directo a zonas residenciales,

comerciales, industriales y otros límites de propiedad. Debe proporcionar un acceso fácil a los límites de propiedad y conectarse con el sistema de calles colectoras.

### **Objetivos de una red vial urbana**

Una red vial urbana constituye la infraestructura básica para iniciar el proceso de desarrollo de una ciudad o incrementar el existente. La comunicación es la base del comercio y de todas las demás actividades económicas de una ciudad.

Una red vial urbana como toda obra de ingeniería persigue objetivos bien definidos dentro de un proceso de planificación; entre los principales objetivos que se persigue con una red vial urbana se destacan:

- Estructurar las diferentes áreas o zonas de la ciudad de acuerdo a las diversas tendencias del desarrollo comercial, industrial, residencial.
- Establecer los diferentes puntos obligados a través de los cuales tienen que pasar determinadas vías para analizar el movimiento del flujo vehicular.
- Proporcionar la infraestructura del transporte automotor.
- Reducción al mínimo de problemas la circulación de vehículos y peatones.
- Contribuir al desarrollo económico de la localidad.

### **Beneficios de una red vial urbana**

Toda red vial es planificada con el objetivo de proporcionar beneficios a la sociedad en conjunto o a los individuos.

Beneficio puede designarse como una ventaja que puede traducirse en dinero, disfrutada en forma directa por los usuarios, un beneficio es un valor asignado originado por el incremento del capital y como resultado de una acción determinada, tales beneficios pueden expresarse en:

- Reducción en la distancia o longitud de ruta: Esto es como consecuencia de una selección adecuada de ruta en base a la topografía local, densidad de población, uso actual y futuro del suelo.
- Reducción de accidentes: Una moderna red vial proveerá de suficientes facilidades físicas de tal forma que reduciría la ocurrencia de accidentes, para lo cual se deben tomar las precauciones adecuadas en el dimensionamiento necesario de los carriles.

- **Economía de Tiempo:** Es el resultado de una adecuada selección de rutas que comuniquen los centros habituales con los de producción, se logrará una considerable reducción en los tiempos de viajes.
- **Reducción en costo de operación:** Una red vial urbana con un diseño adecuado contribuye grandemente a que los gastos de los usuarios, costo de transporte automotor, inversión de capital, depreciación y conservación de la calzada, inversión y gastos de operación y depreciación de los vehículos, el valor de tiempo de los conductores, el costo de los accidentes de tránsito se reduzcan considerablemente.
- **Modificación en el valor de los sitios y en el aprovechamiento de lugares de esparcimiento.**
- **Turismo:** Se generarán así nuevos tipos de viajes, siendo inducidos por los no usuarios de las vías, dando como resultado un incremento en el turismo considerándose como factor de importancia en el producto interno bruto de una nación.
- **Existen otros tipos de beneficios que por su naturaleza no pueden ser evaluados a precio de mercado tales como:** Impacto general del uso de vehículos, áreas culturales e historias en donde la pérdida o ganancia principal es para los usuarios.

### **Clasificación de los Caminos**

La clasificación de los caminos está a cargo del Departamento de Vialidad del MTI<sup>2</sup> Este departamento ha adoptado diferentes maneras de clasificación:

- A. Por el tipo de construcción
- B. Por la división política del país
- C. Clasificación funcional

#### **a) Por el tipo de Construcción**

Esta clasificación es usada con fines de mantenimiento y conservación de la red vial.

**Caminos pavimentados:** Construidos plenamente desde el punto de vista ingenieril. La superficie de rodamiento está formada por capas de concreto asfáltico, concreto hidráulico o adoquines.

**Caminos revestidos:** Son aquellos, cuyo trazado geométrico ha sido diseñado bajo normas ingenieriles. La superficie de rodamiento está formada por capas de material selecto cuyo espesor mínimo es de 25 cm.

---

<sup>2</sup> Ministerio de Transporte e Infraestructura

Seminario de Graduación presentado por los Brs. Javier Prado y Juan Ramón García.

**Caminos de todo tiempo** Su trazado geométrico no ha sido diseñado, se ajusta más que todo a la topografía del terreno. Permite la circulación de tráfico todo el año y la superficie de rodamiento es de material selecto con 15 cm. de espesor mínimo.

**Caminos de estación seca:** Caminos sin ningún diseño geométrico, carecen de drenaje por lo que el tráfico queda interrumpido en la época de lluvia, la superficie de rodamiento la constituye el terreno natural y carece de material de recubrimiento.

La clasificación por tipo de construcción es utilizada más que todo para identificar el tipo de superficie de rodamiento en los caminos.

#### **b) Por la división política del país**

**Nacionales de primera clase:** Carreteras que comunican ciudades de más de 100 mil habitantes con los puertos o fronteras nacionales.

**Nacionales de segunda clase:** Conectan ciudades de más de 25 mil habitantes. Sirven para acortar distancias entre las carreteras principales y los lugares importantes de recreo.

**Departamentales de primera clase:** Conectan ciudades de 5 mil a 25 mil habitantes.

**Departamentales de segunda clase:** Comunican ciudades de menos de 5 mil habitantes.

**Caminos vecinales:** Conectan fincas y poblados con las carreteras de las categorías anteriores.

Esta clasificación es de tipo administrativo y no tiene relación con las normas y estándares de diseño de ingeniería, los cuales están relacionados al carácter y al volumen de tránsito, al uso del suelo y a la topografía del terreno.

#### **c) Clasificación Funcional**

**Troncal Principal:** Sirve como corredor para viajes a larga distancia como tráfico interdepartamental o interregional. Tiene un volumen de tráfico de más de 1000 veh/día y la velocidad de operación es de 100km/h.

**Troncal secundaria:** Une centros urbanos con poblaciones entre los 10 000 y 50 000 habitantes. El volumen de tráfico es un promedio de 500 veh/día y su velocidad de operación de 40 a 60km/h.

**Colectora Principal:** Une centros urbanos con 4 000 a 10 000 habitantes. Su volumen de tráfico es de 250 veh/día y su velocidad de operación es de 40 a 60km/h.

**Colectora secundaria:** Une principalmente zonas con poblaciones inferiores a los 400 habitantes con un tipo de camino superior. Su volumen de tráfico es de 100 a 200 veh/día y su velocidad de operación es de 30 a 50km/h.

**Caminos Vecinales:** Tienen acceso a zonas poblacionales inferiores a los 1 000 habitantes. Su volumen de tráfico es menor de 50 veh/día y su velocidad de operación es de 40km/h como máximo.

### **Clasificación técnica oficial.**

Esta clasificación permite distinguir en forma precisa la categoría física del camino, ya que toma en cuenta los volúmenes de tránsito sobre el camino al final del periodo económico del mismo (20 años) y las especificaciones geométricas aplicadas.

**Tipo especial:** para tránsito promedio diario anual superior a 3,000 vehículos, equivalente a un tránsito horario máximo anual de 360 vehículos o más (o sea un 12% de T.P.D.) estos caminos requieren de un estudio especial, pudiendo tener corona de dos o de cuatro carriles en un solo cuerpo, designándoles A2 y A4, respectivamente, o empleando cuatro carriles en dos cuerpos diferentes designándoseles como A4, S.

**Tipo A:** para un tránsito promedio diario anual de 1,500 a 3,000 equivalente a un tránsito horario máximo anual de 180 a 360 vehículos (12% del T.P.D.).

**Tipo B:** para un tránsito promedio diario anual de 500 a 1,500 vehículos, equivalente a un tránsito horario máximo anual de 60 a 180 vehículos (12% de T.P.D.)

**Tipo C:** para un tránsito promedio diario anual de 50 a 500 vehículos, equivalente a un tránsito horario máximo anual de 6 a 60 vehículos (12% del T.P.D.)

## **El Clima**

Es el conjunto de las condiciones atmosféricas de una región geográfica, determinadas por los valores medios de temperatura, humedad, presión, régimen de lluvias, vientos y nubosidad.

Las condiciones climáticas son en ocasiones difíciles de evaluar, puesto que deben de estudiarse en base a procedimiento estadísticos y además es difícil predecir la severidad de las condiciones climáticas para toda la vida esperada del pavimento.

De todos los factores mencionados, los que en nuestro medio más afectan al diseño, la construcción y el comportamiento de los pavimentos, son las lluvias y las variaciones de temperatura. Las primeras, ya sea por su acción directa o por la elevación que provocan en el nivel freático, puesto que las variaciones en el contenido de agua afecta notoriamente la resistencia de un suelo, así como su compresibilidad y cambios volumétricos. El régimen de lluvias afecta también el programa de construcción del pavimento, puesto que hay operaciones como el movimiento de tierra y la colocación de capas asfálticas que solo pueden realizarse correctamente durante períodos más o menos secos.

En relación con los cambios de temperatura, ellos producen en las losas de los pavimentos rígidos esfuerzos cuya magnitud es en ocasiones superior a la de los ocasionados por las cargas de los vehículos que transitan sobre ella siendo, por lo tanto, causa importante de muchas fallas que afectan este tipo de pavimentos.

En los flexibles, el efecto de los cambios de temperatura es menos conocido, pero puede decirse que debido a que el asfalto tiene una susceptibilidad térmica más o menos elevada, es de esperar que el aumento de temperatura produzca una disminución en el módulo de elasticidad de las capas asfálticas, las cuales puede sufrir deformaciones molestas para los usuarios se la estabilidad de las mezclas asfálticas no es adecuada para las mayores temperaturas de servicio que se esperan.

## II.3 Conceptos y/o definiciones generales

**Funciones de las Carreteras y las Calles:** El terreno que se destina a vías e instalaciones para uso de los ferrocarriles, carreteras, canales, tuberías y bandas transportadoras constituye el derecho de vía.

Las calles y los caminos proporcionan apoyo a los vehículos en todo tiempo, facilitan el desagüe, permiten la adherencia friccional para aceleración, desaceleración y cambio de dirección, gracias al diseño geométrico de la anchura, las intersecciones, las sobre elevaciones, los desagües, las distancias de visibilidad, etc. permiten el movimiento y el rebase con seguridad y a niveles de servicios establecidos.

**Capacidad de un camino:** El ingeniero necesita saber cual es la capacidad practica de trabajo de un camino tanto para los nuevos que va a construir y en los cuales pueden prever los volúmenes de transito que va a alojar, como para los caminos viejos los cuales pueden llegar a la saturación y entonces requieren la construcción de otro camino paralelo o el mejoramiento del anterior. La capacidad practica de trabajo de un camino es el volumen máximo que alcanza antes de congestionarse o antes de perder la velocidad estipulada, como la estructura del mismo, es necesario que dicho transito sea estimado de la mejor manera posible previendo cualquier aumento.

**Tipos de Camino:** Un camino es una faja de terreno especialmente adaptada sobre la superficie terrestre que reúne las condiciones de anchos, alineamiento, pendiente y superficies necesarias para permitir la circulación o rodamiento de los vehículos para los cuales se proyecta. Los caminos pueden ser:

**De terracería:** Son una construcción de la estructura de pavimento a nivel de capa sub rasante y que son transitables en condiciones óptimas en tiempos de sequías.

**Revestidos:** Se tienen cuando sobre la capa sub rasante, se coloca una o varias capas de material granular, a diferencia de los anteriores estos caminos son transitables prácticamente todo el año.

**Pavimentados:** Se les llama así a aquellos que presentan una superficie de rodamiento a base de una carpeta de concreto ya sea hidráulico o asfáltico, es decir, una estructura completa de pavimento.

### **Pavimentos**

Son estructuras compuestas por capas de diferentes materiales, que se construyen sobre el terreno natural, para que personas, animales o vehículos puedan transitar sobre ellos, en cualquier época del año, de manera segura, cómoda y económica. Los materiales de las capas se escogen según sus costos y disponibilidad, mientras más superficiales estén mejores deberán ser, a la capa de contacto directo con el tránsito se le denomina capa de

rodadura y es la que está en contacto directo con el tránsito, a las capas inferiores se les llama base (cuando se tiene solo una) y sub base (cuando se tienen dos), al terreno natural se le conoce como sub rasante y es el encargado de soportar el pavimento.

A los pavimentos se les da nombre de acuerdo a su comportamiento (rígido o flexible) o según el material de su capa de rodadura.

**Pavimento con adoquines de concreto:** Su capa de rodadura está conformada por los adoquines de concreto colocados sobre una capa de arena y con un sello de arena entre sus juntas. De la misma manera que los pavimentos de asfalto pueden tener una base, o una base con una sub base que pueden tener espesores ligeramente menores que los de asfalto. También se consideran pavimentos flexibles y son de color gris claro del concreto.

Los pavimentos de adoquines son una vieja idea de los pavimentos de piedra traídos al presente, pero con un nuevo material (el concreto) con inmensas ventajas sobre las de piedra o los de arcilla cocida.

**Cargas de proyecto:** Las cargas de proyecto consideradas para el cálculo de las estructuras son: cargas muertas, cargas vivas, impacto, presión de viento, etc. en lo siguiente estudiaremos las cargas vivas, ya que son de mayor preponderancia en nuestro diseño

**Velocidad de Diseño:** Es la máxima velocidad que en condiciones de seguridad puede ser mantenida en una determinada sección de una carretera, cuando las condiciones son tan favorables como para hacer prevalecer las características del diseño utilizado.

**Tránsito:** Es el número de vehículos o peatones que pasan por un punto o sección transversal de un carril o de una calzada durante un período o tiempo determinado.

**Transito Promedio Diario Anual (TPDA):** Se define como el volumen total de vehículos que pasan por un punto o sección de una carretera en un período de un año.

**Volumen de tránsito:** Es cierta cantidad de vehículos de motor que transitan por un camino en determinado tiempo y en el mismo sentido. Las unidades comúnmente empleadas son: vehículos por día o vehículos por hora. Se llama transito promedio diario (T.P.D.) al promedio de los volúmenes de transito que circulan durante 24 horas en un cierto periodo. Normalmente este periodo es el de un año, a no ser que se indique otra cosa. El T.P.D. es normalmente empleado en los estudios económicos, ya que representa la utilización de la vía y sirve para efectuar distribuciones de fondo, mas no se pueden emplear para determinar las características geométricas del camino, pues no es un valor sensitivo a los cambios significantes de los volúmenes y

no indica las variaciones de tránsito que pueden presentarse en las horas, días y meses del año.

Los volúmenes horarios son los que resultan de dividir el número de vehículos que pasan por un determinado punto de un periodo, entre el valor de ese periodo en horas. Los volúmenes horarios máximos son los que se emplean para proyectar los aspectos geométricos de los caminos.

**Carriles:** Son las fajas de la calzada o subdivisiones de la calzada que pueden acomodar una sola fila de vehículos de cuatro o más ruedas, generalmente tienen de 3m hasta 3.65m de ancho.

**Niveles de Servicio:** Es una medida cualitativa que describe las condiciones de operación de un flujo vehicular y de su percepción por los motoristas o pasajeros. Estas condiciones se describen en términos de factores tales como la velocidad y el tiempo de recorrido, la libertad de maniobras, la comodidad, la conveniencia y la seguridad vial.

De los factores que afectan el nivel de servicio, se distinguen los internos y externos. Los internos son aquellos que corresponden a variaciones en la velocidad, en el volumen, en la composición del tránsito, en el porcentaje de movimientos de entrecruzamientos o direccionales, etc. Entre los externos están las características físicas, tales como la anchura de los carriles, la distancia libre lateral, la anchura de acotamientos, las pendientes, etc.

**Corona:** Es la superficie de la carretera terminada, que queda comprendida entre los hombros de la carretera o sea las aristas superiores de los taludes del terraplén y los interiores de las cunetas. Los elementos que definen la corona son: la rasante, la pendiente transversal, la calzada y los acotamientos.

**Rasante:** Es la línea obtenida al proyectar sobre un plano vertical el desarrollo del eje de la corona de la carretera.

**Pendiente transversal:** Es la pendiente que se da a la corona normal a su eje. Según su relación con los elementos del alineamiento horizontal se presentan tres casos:

- ✓ **Bombeo:** Es la pendiente que se da a la corona en las tangentes del alineamiento horizontal hacia uno y otro lado de la rasante para evitar la acumulación del agua sobre la carretera.
- ✓ **Sobre elevación:** Es la pendiente que se da a la corona hacia el centro de la curva para contrarrestar parcialmente el efecto de la fuerza centrífuga de un vehículo en las curvas de alineamiento horizontal.
- ✓ **Transición del bombeo a la sobre elevación:** Son los diferentes procedimientos que se dan en el alineamiento horizontal al pasar de una sección en tangente a otra en curva.

**Calzada:** Es la parte de la corona destinada al tránsito de vehículos y constituida por uno o más carriles. Se entiende por carril a cualquier subdivisión de la superficie de rodamiento que tenga el ancho suficiente para permitir la circulación de una hilera de vehículos.

- ✓ **Ancho de calzada en tangente:** Para determinar el ancho de calzada en tangente debe establecerse el nivel de servicio deseado al final del plazo de previsión o en un determinado año de vida de camino.
- ✓ **Ancho de calzada en curvas del alineamiento horizontal:** A este sobre ancho se le llama ampliación o sobre ancho, la cual debe darse tanto a la calzada como a la corona.

**Acotamientos:** Son las fajas contiguas a la calzada comprendida entre sus orillas y líneas definidas por los hombros de la carretera.

**Sub corona:** Es la superficie que limita a las terracerías y sobre las que se apoyan las capas del pavimento. En la sección transversal es una línea.

- ✓ **Terracería:** Es el volumen de material que hay que cortar o terraplenar para formar el camino hasta la subcorona.
- ✓ **Pavimento:** Es el conjunto de sub base, base y superficie de rodamiento colocada sobre la sub rasante, cuya función es soportar los esfuerzos que le transmiten las cargas directas del tráfico distribuir las a la sub rasante y a la vez resistir el desgaste y proveer una superficie que permita una circulación cómoda y segura.
- ✓ **Base:** Es la capa o capas de cierto material que se construye sobre la sub base o a la falta de esta sobre la terracería debiendo estar formado por materiales de mejor calidad que el de la sub base.
- ✓ **Sub base:** Parte de una carretera destinada para conformar y servir de soporte a la base y a la superficie de rodamiento.
- ✓ **Carpeta o superficie de rodamiento:** Es la parte de la carretera que se construye sobre la base y sobre la cual circulan los vehículos.

**Sub rasante:** Es la proyección sobre un plano vertical del desarrollo del eje de la sub corona. En la sección transversal es un punto cuya diferencia de elevación con la rasante está determinada por el espesor del pavimento y cuyo desnivel con respecto al terreno natural, sirve para determinar el espesor de corte o terraplén.

**Obras complementarias de drenaje:** Las obras de drenaje son elementos estructurales que eliminan la inaccesibilidad de un camino, provocada por el agua o la humedad.

**Drenaje superficial:** Se construye sobre la superficie del camino o terreno, con funciones de captación, salida, defensa y cruce, algunas obras cumplen con varias funciones al mismo tiempo.

En el drenaje superficial encontramos: cunetas, contra cunetas, bombeo, lavaderos, zampeados, y el drenaje transversal.

**Pendiente Transversal:** La pendiente transversal de la sub corona es la misma que la de la corona, logrando mantener uniforme el espesor del pavimento.

**Ancho:** El ancho de subcorona es la distancia horizontal comprendida entre los puntos de intersección de la subcorona con los taludes del terraplén, cuneta o corte.

**Cunetas:** Son zanjas que se construyen en los tramos en corte a uno o ambos lados de la corona contiguas a los hombros con el objeto de recibir en ellas el agua que escurre por la corona y los taludes de corte.

**Contra cunetas:** Generalmente son zanjas de sección trapezoidal, que se excavan arriba de la línea de ceros de un corte para interceptar los escurrimientos superficiales del terreno natural.

**Taludes:** Es la inclinación del parámetro de los cortes o de los rellenos, expresado numéricamente por el recíproco de la pendiente.

**Drenaje transversal:** Su finalidad es permitir el paso transversal del agua sobre un camino, sin obstaculizar el paso.

En este tipo de drenajes, algunas veces será necesario construir grandes obras u obras pequeñas denominadas obras de drenaje mayor y obras de drenaje menor, respectivamente.

#### **Partes complementarias:**

**Línea Central:** Es el eje central de la carretera. A él están referidos todas las medidas de sus componentes, ancho de rodamiento, hombros, cunetas, taludes, contra cunetas, alcantarillas, puentes, etc. Se identifica en los planos con el símbolo (LC ó LE).

**Bordillos y cunetas:** Los bordillos se usan extensamente en las carreteras urbanas y sub urbanas, siendo su uso muy limitado, más bien nulo en las carreteras rurales. Esto tiene que ver con la función que desempeñan dichos dispositivos como son el control del drenaje, la delimitación del borde del pavimento, la determinación del borde de las aceras o de la zona de protección de los peatones o simplemente por razones de estética.

**Aceras:** Estas se construyen donde hay abundancia de peatones, los volúmenes de tránsito son elevados y las velocidades permitidas son significativas especialmente en sitios de circulación de poblados y ciudades. Como una recomendación general de aplicación en Centroamérica, se deben

construir aceras en las calles y en las carreteras que carezcan de hombros, procurándose en este último caso que las aceras estén fuera de la pista de rodaje y posiblemente en los límites del derecho de vía. Los datos de tránsito confirman que las aceras ofrecen un medio efectivo para reducir accidentes peatonales.

**Boulevard:** La mediana o franja separadora es una franja de terreno localizada al centro de los carriles de sentido contrario en carreteras divididas que puede construirse al nivel de la pista principal, o tener su sección transversal elevada o deprimida, siendo preferible esta última solución por su contribución al drenaje longitudinal en las autopistas y carreteras divididas.

**Reconocimiento topográfico:** Antes de iniciar propiamente los estudios topográficos se requiere de un reconocimiento preliminar en el cual, primero se hará una entrevista o reunión con los beneficiarios para recoger datos de gran utilidad en el proyecto como lo relativo a afectaciones, características de ríos, nombre de lugares intermedios, localización de zonas bajas o inundables, niveles de agua en crecientes y si es posible alguna de esas personas auxiliara como guía en el reconocimiento técnico del camino.

**Condiciones Topográficas:** Según su configuración se consideran los siguientes tipos de terreno: plano, ondulado o lomerío y montañoso.

**Terreno Plano:** Es cuando en el perfil existen pendientes longitudinales uniformes y de corta magnitud con pendiente transversal escasa o nula. En este tipo de terreno la proyección de la sub rasante es generalmente en relleno, sensiblemente paralelo al terreno, con la altura suficiente para quedar libre de la humedad natural del suelo y de los escurrimientos laminares en él, así como para dar cabida a las alcantarillas, puentes y a pasos a desnivel.

**Terreno ondulado o lomerío:** Como lomerío se considera al terreno cuyo perfil longitudinal presenta en sucesión, cimas y depresiones de cierta magnitud con pendientes transversales no mayor de 25°. En este terreno se proyecta la sub rasante combinando las pendientes especificadas, obteniendo un alineamiento vertical ondulado, que en general permitirá aprovechar el material producto de los cortes y formar los terraplenes contiguos.

**Terreno Montañoso:** Como montañoso se considera el terreno que ofrece pendientes transversales mayores de 25°, caracterizados por accidentes topográficos notables y cuyo perfil obliga a fuertes movimientos de tierra. Como consecuencia de la configuración topográfica, la formación de las terracerías se obtienen de la excavación de grandes volúmenes, el proyecto de la sub rasante queda generalmente condicionado a las pendientes transversales del terreno y al análisis de las secciones críticas o en balcón.

**Línea definitiva:** El proyecto definitivo del trazo se establecerá sobre el dibujo del trazo preliminar, por medio de tangentes unidas entre sí, a través de sus PIS o puntos de intersección que se utilizaran para ligar las tangentes a través de curvas horizontales; cuanto más prolongadas se tracen las tangentes se obtendrá mejor alineamiento horizontal con la consecuencia que marcarlas prolongadas implica un mayor movimiento de volúmenes, por lo que se intentara ir compensando esta línea del lado izquierdo y derecho donde sea posible y cargar la línea hacia el lado firme donde se presenten secciones transversales fuertes cada vez que en el plano la línea de proyecto cruce la línea preliminar, se marcara este punto L y su cadenamiento, y con transportador se determina el ángulo X de cruce. En el caso de que no se crucen estas líneas, se medirá cada 500 metros o cada 1000 metros, la distancia que separa a una y otra para determinar los puntos de liga con los que iniciara el trazo definitivo en el campo.

**Nivelación:** Así como se niveló la línea preliminar, ahora con el trazo definitivo se deberá realizar una nivelación del perfil, obteniendo las elevaciones de las estaciones a cada 20 metros o aquellas donde se presenten detalles importantes como alturas variables intermedias, cruces de ríos, ubicación de canales, etc. Los bancos de nivel se colocaran a cada 500 metros aproximadamente y se revisara lo ejecutado con nivelación diferencial ida y vuelta, doble punto de liga o doble altura del aparato.

En el registro de la nivelación se deben anotar las elevaciones de los bancos aproximadas al milímetro y las elevaciones de las estaciones aproximadas al centímetro.

**Movimiento de tierra:** Este, está fundamentado en los volúmenes a mover en relación a las distancias de acarreo, para ello interviene diferentes conceptos de los cuales dependerá la economía del proyecto.

**Calculo de volúmenes:** Con el área de cada una de las secciones se integran los volúmenes por el método del promedio de áreas extremas sumando dos áreas de sección contiguas, promediándolas y multiplicándolas por la mitad de la distancia entre ambas.

#### **Instrumentos:**

**Plomada:** Es una pera metálica terminada en punta y suspendida de una cuerda muy fina, sirve para marcar la proyección de un punto a cierta altura sobre el suelo.

**Cinta:** Se utiliza para la medición de distancias tales como el levantamiento de secciones transversales, son de longitud variable y se utilizó cinta plástica.

**Estadía:** Es una regla graduada de sección rectangular, es utilizada para hacer nivelaciones con auxilio del nivel. Es una regla dividida en metros y fracciones de metro generalmente de colores vivos; blanco, negro y rojo para que resalten y puedan leerse con precisión a la mayor distancia posible.

**Nivel:** Los niveles son instrumentos constituidos básicamente por un telescopio y un nivel de burbuja, dispuestos en forma tal que la visual (o línea de colimación definido por la intercepción de los hilos de la retícula) puede fijarse horizontalmente.

**Teodolito:** Es el instrumento universal que se emplea para medir ángulos horizontales, acimutales y verticales. Además desniveles, distancias, para prolongar alineaciones, aunque los teodolitos difieren mucho entre sí, en detalles de construcción, sus partes esenciales son análogas en todos.

Podríamos decir que el teodolito es un transportador de campo con el se puede determinar el valor angular entre dos alineaciones, sea que esté situado en el plano horizontal o en el plano vertical.

**CBR:** Es la relación entre el esfuerzo requerido para introducir un pistón normalizado dentro del suelo que se ensaya y el esfuerzo requerido para introducir el pistón hasta la misma profundidad en una muestra patrón de piedra triturada.

Ensayo de C.B.R. (Nch 1852 of.81):

El número CBR se obtiene como la relación de la carga unitaria en Kilos/cm<sup>2</sup> (libras por pulgadas cuadrada, (psi)) necesaria para lograr una cierta profundidad de penetración del pistón (con un área de 19.4 centímetros cuadrados) dentro de la muestra compactada de suelo a un contenido de humedad y densidad dadas con respecto a la carga unitaria patrón requerida para obtener la misma profundidad de penetración en una muestra estándar de material triturada, en ecuación, esto se expresa:

$$\text{CBR} = \frac{\text{Carga unitaria de ensayo}}{\text{Carga unitaria patrón}} * 100$$

**Carga unitaria patrón**

El número CBR usualmente se basa en la relación de carga para una penetración de 2.54 mm (0,1”), sin embargo, si el valor del CBR para una penetración de 5.08 mm (0,2”) es mayor, dicho valor debe aceptarse como valor final de CBR.

Los ensayos de CBR se hacen usualmente sobre muestras compactadas al contenido de humedad óptimo para el suelo específico, determinado utilizando el ensayo de compactación estándar. A continuación, utilizando los métodos 2 o 4 de las normas ASTM D698-70 ó D1557-70 (para el molde de 15.5cm. de diámetro),

El ensayo de CBR se utiliza para establecer una relación entre el comportamiento de los suelos principalmente utilizados como bases y subrasantes bajo el pavimento de carreteras y aeropistas

**Índice de Soporte (IS):** No es más que una medida entre el CBR y el IG.

### **Suelos**

El suelo es el material procedente de la descomposición físico química de las rocas. Los suelos están formados por depósitos de rocas desintegradas que los fenómenos físicos y químicos han descompuesto lentamente. Los fenómenos físicos como son: la congelación y descongelación, rozamiento, arrastre, transporte por el viento y el agua, etc. Las gravas, arenas y limos son producidos por estos fenómenos. Los fenómenos químicos producen habitualmente las arcillas que son láminas diminutas y planas de diversos materiales. El crecimiento de las plantas contribuye también a la formación del suelo, sus residuos en forma de materia orgánica constituyen suelos esponjosos y débiles para soportar estructuras.

Los suelos están constituidos por mezclas de grava, arena, arcillas, limos y materia orgánica en proporciones variables y con un determinado contenido de agua, según la proporción de materiales tendremos un tipo de suelo distinto.

- **Grava:** Partículas individuales de tamaño que varía entre 2 y 76,2 milímetros de diámetro y de aspecto redondeado.
- **Arena:** Rocas o piedras pequeñas o fragmentos minerales de tamaño inferior a 2 milímetros de diámetro y con aristas cortantes.
- **Limo:** Partículas finas de aspecto suave y arenoso en seco.
- **Arcilla:** Suelos de textura muy fina que forman terrones duros al secar. La arcilla es la que determina el grado de plasticidad y le da cohesión a los suelos.
- **Materia orgánica:** Vegetación descompuesta en parte o materias vegetales divididas en partículas muy finas.

### **Contenido de humedad.**

Es la relación porcentual (%) del peso del agua al peso sólido. Las arenas suelen tener entre un 12% y un 36% de humedad, las arcillas pueden variar entre un 12% y un 325%.

### **Consistencia.**

Es el grado de resistencia de un suelo a fluir o deformarse. Con poca humedad los suelos se disgregan fácilmente, con más humedad el suelo se torna más plástico. Las pruebas de Atterburg determinan los límites de consistencia del suelo que son: Líquido, plástico y sólido, se expresan generalmente por el contenido de agua.

### **Límite líquido.**

Nos indica el contenido de humedad en que el suelo pasa del estado plástico al líquido e indica también si el suelo contiene humedad suficiente para superar la fricción y cohesión interna.

### **Límite plástico.**

Cuando el suelo pasa de semi-sólido a plástico porque contiene humedad suficiente se dice que ha traspasado su límite plástico. La resistencia del suelo disminuye rápidamente al aumentar el contenido de humedad más allá del límite plástico.

### **Índice de plasticidad.**

Refleja la diferencia numérica entre el límite plástico del suelo y el límite líquido. Permite medir la capacidad de compresión y la cohesión del suelo.

### **Límite sólido.**

Constituye el límite en el cual el suelo pierde su plasticidad por secado y aumenta su fragilidad hasta que las partículas quedan en contacto.

### **La clasificación AASHTO.**

El sistema de clasificación de suelos de la “American Association of State Highway and Transportation Officials” es el más utilizado actualmente y se basa en las prestaciones de suelos utilizados en la práctica para construir carreteras.

## **II.4 Discusión teórica sobre aplicación de pavimentos de adoquines de concreto.**

Los pavimentos de adoquines de concreto significan un avance en cuanto a los sistemas constructivos de calles desde después del terremoto de 1972, época en la que se extendió en Nicaragua, aunque antes de este se utilizó por primera vez en el tramo Santa Rita – Montelimar. A partir de entonces se construyeron, sobre todo en Managua pistas para alto tráfico que se han portado hasta el momento con buen suceso.

Cabe mencionar, para resaltar las bondades del sistema, que durante las lluvias provocadas por el huracán Mitch, en Managua, en general las pistas adoquinadas con más 20 años de fatiga y pobre mantenimiento, tuvieron un comportamiento superior a los pavimentos asfálticos incluyendo aquellos de más reciente construcción.

Aunque se puedan enumerar excelentes experiencias con pavimentos adoquinados en Nicaragua, desafortunadamente también se han hecho evidentes fallas prematuras en pavimentos de calles y carreteras, sobre todo en aquellas construidas en los años recientes. Parece que los usos de adoquines en pavimentos de concreto tanto de propiedad pública como de

propiedad privada, se ha estimulado en los últimos años, pero la calidad de su construcción esta alejada de la mejor práctica conocida internacionalmente.

### **Experiencias recientes en Nicaragua.**

A partir de los años 90 y fundamentalmente, con la creación del Fondo de Inversión Social de Emergencia (FISE<sup>3</sup>), la utilización de los adoquines para pavimento ha tenido un auge notable, diseminándose por todo el país. Esto se hace evidente hasta en pueblos lejanos en los que el FISE ha financiado la pavimentación de calles. Sin embargo, la selección por parte del FISE de este sistema para la pavimentación de calles en ciudades y pueblos estuvo determinada más por razones sociales, incluyendo mitigación de la pobreza, disminución del desempleo y fomento al desarrollo de pequeñas empresas, por ejemplo, que por razones de carácter técnico. Esto explica que muchos proyectos de pavimentos de adoquines del FISE hayan presentado problemas de calidad. Para soportar lo afirmado remitiremos al lector a indagar sobre las calles de Estelí, Boaco, Diriá, por ejemplo, donde los asentamientos hacen difícil e incómoda la circulación vehicular. Algunas calles de Estelí, por ejemplo, han debido ser reconstruidas totalmente.

Un contraste en el desempeño de dos sistemas de pavimentos, puede apreciarse en la desafortunada decisión de sustituir los adoquines por carpeta asfáltica en el tramo de la pista ahora llamada “Juan Pablo II” que va del” Km. 7 sur a la Rotonda de Metrocentro<sup>4</sup>” que a menos de dos años de su colocación, la carpeta falló principalmente a lo largo del carril externo (donde circula el tráfico pesado), en las bahías de los buses y en los cruces semaforizados, en comparación con el excelente comportamiento que sigue mostrando el resto de la misma pista y que se puede observar desde esa rotonda hasta la carretera Norte. Evidentemente como superficie de rodamiento el adoquinado se ha comportado mejor que la carpeta asfáltica. No es el caso aquí analizar la calidad de la construcción de la mencionada carpeta.

El Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI) inició hace poco tiempo un programa de adoquinado vial que, según se conoció pretendió cubrir hasta 300Km de caminos y carreteras. Aunque no se conocen los criterios utilizados para la selección de los tramos a pavimentar con el sistema de adoquinado, si se ha sabido que algunos tramos de carreteras de relativa importancia como Dos Montes – El Sauce (325 vehículos por día o VPD) y

---

<sup>3</sup> Fondo de Inversión Social de Emergencia

<sup>4</sup> Centro comercial en Managua

Palacaguina – Pueblo Nuevo (246VPD), han fallado dramáticamente de forma prematura, es decir muy poco después de haber sido expuestos al tráfico. En otros casos se sabe que los suelos de la subrasante son pobres, por lo que será inevitable el uso de espesores considerables en las capas de base (más de 20 ó 25cm), y quizá sea necesario utilizar técnicas de estabilización de materiales por lo que previsiblemente la solución será comparativamente más cara que otras soluciones posibles.

De las experiencias señaladas, se puede concluir que actualmente en Nicaragua hay serias deficiencias en el diseño y la construcción de los pavimentos adoquinados. Más aún parece que los criterios de decisión no incluyen análisis de costos, lo que el director del área de proyectos de la Alcaldía de San Marcos, implicó al alto costo de la formulación de estos proyectos, que es donde se determinan las situaciones antes expuestas para alcanzar un diseño para que la pavimentación con adoquines responda adecuadamente a la exposición al tráfico.

### **Usos del sistema**

Al contrario de lo que parece ser una opinión generalizada entre funcionarios y técnicos ajenos a la especialidad, el sistema de pavimentos de adoquinado tiene un excelente comportamiento es quizás de los mejores pavimentos para soportar cargas pesadas y muy pesadas. Por eso el sistema se recomienda para áreas industriales sujetas a altas cargas (áreas de maniobras de montacargas de gran capacidad), áreas de contenedores en puertos, rampas de estacionamiento de aeropuertos, para mencionar algunos usos que aprovechan las ventajas estructurales del sistema. Por su facilidad de instalación y excelente comportamiento, es comprensible que el adoquinado sea atractivo también para pavimentos de estacionamientos, accesos a propiedades privadas, pisos de gasolineras, etc. Por tanto, a pesar que en los países latinoamericanos y aquí en Nicaragua, se han utilizado adoquines para pavimentos de calles y carreteras de bajo volumen de tráfico, tanto en volumen (Número de vehículos) como en cuanto a carga (participación de camiones pesados en el tráfico).

### **Descripción técnica**

El pavimento de adoquines es equivalente a un sistema flexible de varias capas. Por tanto, los mismos principios de análisis estructurales de los sistemas flexibles bituminosos (Multicapa elásticas) son aplicables. En este caso, a diferencia de los pavimentos remados con capas bituminosas (tratamiento superficiales o mezclas asfáltica), la superficie de rodamiento esta constituida por ladrillos de concreto de geometría variable (en Nicaragua solo se usa el llamado tipo "cruz"), con espesor de 6 a 10Cm y fabricados con concreto de alta resistencia (usualmente de 3500 a 7000PSI). La capacidad estructural del sistema, esta determinada, de forma similar a los

pavimentos flexibles, por: a) La capacidad portante de la subrasante, b) el espesor y la calidad de la capa base (y sub base si fuera necesario) y c) La capa adoquinada de rodamiento (adoquín arena).

Las cargas de tráfico son transmitidas por el adoquinado, que actúa como una membrana flexible, hacia las capas inferiores. La calidad y espesor de la base deben ser tales que protejan la subrasante de esfuerzos que excedan la capacidad de esta provocando asentamientos y que resistan las repeticiones de cargas esperadas. Por otra parte, la habilidad de la capa adoquinada para soportar y transmitir cargas esta determinada por la capacidad de transferencia de cortante que se efectúa entre los bloques de adoquines, lo cual ocurre en las juntas de arena. De ahí la gran importancia que tiene la granulometría de la arena de la junta y el ancho de la misma. Por otra parte, la calidad de la construcción de la juntas de arena es esencial, principalmente en subrasantes susceptibles a la humedad (suelos arcillosos de alta plasticidad), dado que la infiltración de agua y su permeabilidad hacia la subrasante de materiales de base, que generalmente son permeables, son causa de disminución de su capacidad portante con los consecuentes resultados de asentamientos.

Los adoquines son colocados sobre una cama de arena de granulometría específica cuyo espesor debería de ser no mayor de 5cm. La utilización incorrecta de la granulometría y del espesor de la cama de arena, puede también conducir a asentamientos.

Obviamente, el sistema debe contar con el diseño de sistemas y disposición para el drenaje superficial (bombeo e impermeabilización de la superficie), lateral (bordillos, cunetas) y sud superficial, de acuerdo con la mejor práctica del diseño y construcción de pavimentos.

### **Diseño de espesores y desempeño**

El diseño de espesores de pavimentos adoquinados es similar al de cualquier otro sistema. Es decir que para decidir sobre la utilización del sistema y determinar los espesores de las capas, se tienen que considerar como factores determinantes: a) Las cargas del tráfico, es decir número de vehículos comerciales por día y cálculos de los ejes equivalentes en el período de diseño, b) La capacidad portante de la subrasante y c) La calidad de los materiales disponibles para la base (o sub base si es necesario).

En la actualidad, para el diseño de espesores con adoquín existen varios procedimientos. Algunos diseños se basan en la experiencia de un país o región en particular. Varios procedimientos han sido derivados de métodos de diseño para pavimentos flexibles, existe un método, por ejemplo, que se

basa en el método AASHTO<sup>5</sup> con algunas modificaciones que incluyen en el cálculo del coeficiente estructural para la capa adoquín – arena. En otros métodos se utilizan factores de equivalencia que transforman en espesor de la capa adoquín – arena en espesores equivalentes de concreto asfáltico o concreto hidráulico. El cuerpo de ingenieros de los EE.UU. (US. Coros of Enginner) utiliza su propio método basado de diseño basado en los valores de CBR de los materiales del sitio, para este estudio se utilizará el método Murillo López de souza el que se describe detalladamente en el presente contenido, más adelante.

Las fallas estructurales de los pavimentos adoquinados ocurren siguiendo el mismo patrón de un pavimento flexible. Es decir, de igual manera que los pavimentos bituminosos, los adoquinados fallan por ahuellamiento o asentamientos derivados de las repeticiones de cargas debidas al tráfico. Según algunos investigadores, las deflexiones y deformaciones provocadas en capas de bases estabilizadas con cementos son menores que las provocadas sin tratar. De ahí que algunos diseñadores recomiendan el uso de bases estabilizadas, aunque por el costo asociado esto dependerá de la importancia de la vía.

### **Consideraciones de costos**

De acuerdo con los estudios realizados en otros países, los costos de construcción de pavimentos adoquinados en relación con pavimentos con revestimiento asfáltico o con pavimentos de concretos hidráulicos, son mayores. Las bondades del sistema están asociadas a reducciones de costos de mantenimiento durante su vida útil y a la facilidad para efectuar reparaciones o para construir o modificar instalaciones subterráneas, lo cual es de gran ventaja en el caso de aeropuertos. Para áreas relativamente pequeñas, como calles de poca longitud y estacionamientos, los costos de movilización y el uso de equipos especiales de otros sistemas hacen más atractivo el uso de adoquines. Es decir que como en toda inversión, la utilización del sistema de adoquinado debería hacerse sobre la base del "Análisis de costos en el ciclo de vida".

Los adoquines pueden ser colocados mecánicamente o manualmente. En Nicaragua se colocan exclusivamente de forma manual y de ahí viene su atractivo para funcionarios que trabajan en proyectos de impacto social, principalmente en cuanto a generación de empleo. El adoquinado utiliza mano de obra de forma relativamente masiva. Sin embargo, para garantizar la calidad del pavimento principalmente en carreteras y calles de tráfico pesado, no puede obviarse el uso de equipos pesados para la preparación de la subrasante (perfilado y compactación), en la construcción de la base

---

<sup>5</sup> American Association of State Highway and Transportation Officials

(explotación de bancos, proceso – incluida la trituración, estabilización, tendido y compactación), así como la vibro – compactación de la superficie.

De tal manera, que si se hace un análisis comparativo de costos según los precios unitarios del mercado en Nicaragua, es posible que nos sorprendamos al confirmar que el sistema es económico pero a partir de un cierto “umbral” o límite mínimo de tráfico. Para ejemplificar, se puede decir que según los datos de costos que se ha logrado comparar, actualmente la colocación de una superficie adoquinada tiene un precio similar o igual a la colocación de una carpeta asfáltica de 5cm de espesor. Ahora bien, para que la utilización de una capa asfáltica sea económicamente justificable, la vía debe tener un tráfico considerable que debería ser superior, digamos a los 250 VPD. Es conveniente recordar que en proyectos con carpetas asfálticas la superficie de rodamiento puede constituir fácilmente el 30% del valor total del pavimento.

De tal manera que desde el punto de vista económico las carreteras con bajo volumen de tráfico no deberían ser pavimentadas con adoquines.

## II.5 Caracterización del municipio

Tabla.II.5.1

<b>Nombre del Municipio</b>	<b>SAN MARCOS</b>
<b>Nombre del Departamento</b>	<b>Carazo</b>
<b>Extensión Territorial</b>	Extensión Territorial 118.11 kms <sup>2</sup>
<b>Fecha de Fundación</b>	1905
<b>Fecha en que fue elevada a Ciudad</b>	1 de Marzo de 1916
<b>Ubicación Geográfica</b>	Se encuentra entre las coordenadas 11° 54' latitud norte y 86° 14' longitud oeste y una altitud sobre el nivel del mar de 552.4 mtrs.
<b>Límites</b>	Al Norte: Municipio de la Concepción. Al Sur: Municipio de Diriamba y Jinotepe. Al Este: Municipio de Masatepe. Al Oeste: Municipio de San Rafael del Sur
<b>Población</b>	30,692
<b>Densidad Poblacional</b>	260 hab/Kms <sup>2</sup>
<b>Clima</b>	Cuenta con un clima de Sabana Tropical que se caracteriza por ser relativamente fresco. La temperatura media anual oscila entre los 23° y 27° C. La precipitación varía entre los 1,200 y 1,400 mm. Caracterizándose por una buena distribución durante el año.
<b>Distancia de Managua</b>	43 kms
<b>Distancia de Jinotepe</b>	7 km
<b>Población Hombres</b>	15,162 ( 49.4 % )
<b>Población Mujeres</b>	15,530 ( 50.6% )

<b>Población Urbana</b>	19,641 ( 64% )
<b>Población Rural</b>	11,051 ( 36% )
<b>Menores de 15 años</b>	14,333 (46.7% )
<b>Fiestas Patronales</b>	24 de abril en Honor a San Marcos Evangelista
<b>Economía predominante</b>	Café, Granos Básicos, Cítricos, industria textil, granjas avícolas, producción de miel de abeja en menor escala y ganadería.

Fuente: Página Web. Inifom

### **Reseña histórica del municipio de San Marcos**

La mayoría de la población del municipio es de origen mestizo (mezcla de indio con español), náhuatl o chorotega, con rasgos tradicionales. El Padre Osorio, de origen español llegó a este municipio el día 10 de mayo de 1893 y tuvo el presentimiento que habría un terremoto, y en el lugar donde está ubicada la iglesia se arrodilló y comenzó a orar diciendo "SAN MARCOS Salvados". Este mismo padre colocó a SAN MARCOS en la pila de Sapasmapa (náhuatl), lugar que separa a SAN MARCOS del municipio de La Concepción. De estas pilas se proveen de agua los pobladores de ambos municipios, lo que originó continuos choques ya que los dos municipios se creían dueños de las pilas. En 1820 se le concedió el título de Pueblo, posteriormente fue elevado a rango de Villa en el año 1905 y al de Ciudad el día 17 de marzo de 1917. Las familias fundadoras de SAN MARCOS fueron José Agustín y Mercedes Campos, José Herrera, Rafael Alfaro, Anastasia Arriaza y una familia de apellido Martínez Rojas, siendo la población de esos tiempo de 800 habitantes aproximadamente; vivían en chozas aisladas y se dedicaban a la agricultura, cultivaban principalmente café, trigo, frijol, maíz y pequeñas parcelas de hortalizas y variedades de cítricos, además molían caña de azúcar para la fabricación del dulce. En el año 1920 fue remodelado el parque central, construyéndose las pilastras y cuatro pilas para riego de las plantas, en esta época también se construyó el rastro municipal. En el año 1926 introdujeron la energía eléctrica desde la presa del Aguacate, ubicada en el municipio de Diriamba. El primer sacerdote del municipio fue Cayetano Campos y la iglesia fue construida en el año 1886.

## Organización territorial del municipio

La jurisdicción de SAN MARCOS, comprende 16 barrios y 24 comunidades.

### Barrios y comarcas

Tabla. II.5.2

BARRIOS	COMARCAS	
Covisama I etapa	La Cruz	Las Esquinas
Reparto Carlos Núñez	Marvin Corrales	San Pedro/Molinas
Colonia Manuel Moya	El Tanque	Martín López
Covisama VII etapa	Brasil	La Chona
Reparto Villa Ermita	Los Marqueses	Santa Clara
Centro Urbano	Villa Carazo	Concepción de María
Reparto Alvaro Mercado	San Juan del Chorizo	Los Aguirre
Covisama V etapa	Brasilito	
Bélgica/Rubén Darío	Oscar Baltodano	
Covisama II etapa	Fátima	
Reparto Biel Bienne	Ojoche Agua	
Reparto Julio C. Pérez	San Miguel	
5 de Julio	Mauricio Duarte	
Asentamiento Carlos Núñez	Los Tubos	
Guillermo Salazar	Dulce Nombre	
Bruselas	Edmundo Hernández	

Fuente: Página Web. Inifom

### Telecomunicaciones

Se cuenta con el servicio de Teléfonos y Correos, bajo la administración de ENITEL. También existe una oficina de teléfonos y correos que tiene un total de cinco líneas automáticas para la atención al público. Existen alrededor de 650 conexiones domiciliarias o abonados. La calidad del servicio es buena y la infraestructura está en buen estado. Existen cinco comunidades con comunicación telefónica.

### Agua Potable y Alcantarillado

El municipio cuenta con servicio público de agua potable, cuya administración está a cargo de ENACAL<sup>6</sup>. Existen 3,106 conexiones

<sup>6</sup> Empresa Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados

domiciliares que cubren un 68% del total de viviendas. Del total de estas conexiones, 2,105 viviendas son urbanas y 1,0012 rurales.

Seis comunidades se abastecen a través de algunos puestos públicos y existen 48 comunidades que no gozan del servicio público, haciéndose necesaria una mayor gestión de instalación de este servicio. El alcantarillado sanitario en la zona urbana cuenta con un sistema de alcantarillas de 1,136 conexiones domiciliarias, lo que representa el 25% del total de viviendas habitadas. El 52% de las viviendas utilizan las letrinas tradicionales.

## **Educación**

La población estudiantil la conforman 7,818 alumnos, aproximadamente, representando el 25.47% de la población total del municipio. Existen 37 centros de estudios con diferentes niveles educativos, secundaria completa, primaria completa e incompleta y educación preescolar. Algunos centros de estudio no están en buenas condiciones y se requiere la construcción de nuevos centros. En 1992 se estableció una sucursal de la Universidad de Mobile de Alabama. Esta universidad ha traído algunos beneficios a la ciudad de SAN MARCOS, ya que ha facilitado entre otras cosas, becas para estudios universitarios a jóvenes con pocos recursos económicos y a la vez ha generado empleo alrededor de los estudiantes (alojamiento, alimentación, entretenimiento, etc.)

## **Salud**

En la salud, se cuenta con 9 unidades de salud, de las cuales una es un Centro de Salud, 4 son Puestos de Salud y 4 clínicas privadas. También existe una red de 15 casas buses, 25 brigadistas de salud y 26 parteras. Entre las enfermedades más comunes se encuentran, enfermedades respiratorias agudas, parasitosis, infecciones en las vías urinarias y diarreas.

## **Recolección de Desechos Sólidos**

La recolección de basura en el municipio es de cobertura urbana y se realiza a través de la limpieza de calles y un tractor de la basura. Para el barrido de calles, la ciudad esta dividida en 4 zonas, limpiándose en cada zona entre 16 y 18 cuadras. Las zonas son las siguientes:

- Zona 4: 18 cuadras (cementerio-oeste)
- Zona 3: 19 cuadras (centro de la ciudad)
- Zona 2: 17 cuadras (sur a norte)
- Zona 1: 16 cuadras (este - centro)

La recolección de basura se hace a través de un tractor- trailer. Se realizan de dos a tres viajes diarios y se recoge aproximadamente 18 mt<sup>3</sup> de basura.

El horario para la recolección es de 7:00 Am a 12 Md dando una cobertura a toda la ciudad de SAN MARCOS con una rutina de lunes a sábado. La recolección se organiza de la siguiente manera: Lunes Casco urbano, Reparto Bélgica y Rubén Darío Martes Colonia Manuel Moya, 1era. etapa Covisama, Guillermo Salazar.

- Miércoles: Casco Urbano y Álvaro Mercado
- Jueves: 2da etapa, 5ta etapa y 7ma etapa de Covisama, Reparto Carlos Núñez, Villa Emérita.
- Viernes: Casco Urbano de SAN MARCOS
- Sábado: Acopio, Parque y centro de salud, reparto Oscar Baltodano, Reparto Marvin Corrales, Villa Carazo, Las Esquinas, Reparto Mauricio Duarte, Diario Centro de Salud, Mercado, Parque, Juzgado, Estadio. El personal con que cuenta el área de recolección de basura es de: un barrendero por zona con un horario de 2:00 Am a 6:00 Pm y 4:00 Am a 8:00 Am; 4 ayudantes, un chofer para recolectar la basura en el tractor. No hay supervisión específica para estos trabajadores. El equipo destinado para la recolección es: 1 tractor en regular estado, 4 carretones en regular estado (3 en buen estado y 1 en mal estado) El basurero está ubicado a 2 kms al noreste del centro de la ciudad en una quebrada que tiene su curso hacia la laguna de Masaya. Le dan un mantenimiento mínimo, solamente lo queman 4 veces al año con diesel y fumigan 2 ó 3 veces al año. El terreno donde esta el basurero no es propiedad de la municipalidad. El servicio de recolección de basura es deficitario, ya que se gasta más de lo que se recolecta. En SAN MARCOS, según el censo 1995, hay 2,761 casas y de ese total solamente pagan el servicio 800 (29%), la cultura de pago es casi inexistente. La cobranza se realiza a través de un recolector que hace visitas casa por casa y en algunas ocasiones acompaña al tractor en el recorrido de recolección de la basura para cobrar. El costo del servicio de recolección de basura es: C\$ 5.00 en los repartos de la periferia, C\$ 10.00 en el centro de la ciudad. Los ingresos totales anuales andan entre C\$ 60,000 y C\$ 72,000 y los gastos por C\$ 144,400.

## **Mercado**

El mercado municipal es una plazoleta que tiene en alquiler 8 de los 14 tramos existentes. En la plazoleta no hay luz eléctrica, solo agua potable y existe un sumidero que desprende malos olores por estar destapado. El local del mercado no esta legalizado, esta propiedad esta sujeta a reclamos de devolución. El mercado se ha extendido a lo largo de la cuadra en la que se encuentra la plazoleta. Los negocios que deberían estar localizados dentro de ésta, se han ubicado en la acera y tienen como bodega los módulos del mercado. Existen 14 locatarias ubicadas en la acera de la cuadra, distribuidas en abarrotes, verduras, comidas, pan, frutas, taller de reparación de bicicletas, zapatería y tortillería. También hay 11 abarroteros dentro de la

cuadra, pero ubicadas en casas particulares. El mercado ubicado en el centro de la ciudad tiene poca actividad comercial y se caracteriza principalmente por compras al detalle. El mercado es atendido por el responsable de Servicios Municipales. Para la recaudación, hay un inspector que lleva este control. Los comerciantes que están en las aceras pagan C\$ 5.00 día de por medio y los que tienen tramo C\$ 50.00 mensuales. Del total de dueños de tramos solamente 3 pagan mensualidades.

## **Parque**

Existen dos parques municipales, el parque Central, que tiene una extensión de 1 manzana y el parque El Calvario con  $\frac{1}{4}$  de manzana. El parque Central posee una glorieta que es propiedad de la alcaldía, la que se alquila a un particular desde el año 1998. Se encargan de dar mantenimiento al parque dos jardineros y hay dos cuidadores. Se brinda supervisión diaria a los trabajadores por medio del responsable de Servicios Municipales de la alcaldía. Además, el municipio cuenta con 5 parques pequeños en diferentes repartos: Colonia Manuel Moya, Covisama I etapa, Guillermo Salazar y Reparto Rubén Darío. Estos parques requieren mayor atención de infraestructura y arborización.

## **Transporte Intramunicipal**

A partir del mes de mayo de 1999 el responsable de Servicios Municipales, asumió la comisión de transporte intra - municipal a fin de hacer efectivas las decisiones que toma el Concejo. El Concejo esta integrado por: el Alcalde, el Sub - comisionado de la Policía Nacional, el Secretario del Concejo y un representante de cada una de las dos cooperativas de transporte que existen en el municipio. El Concejo de Transporte Intra - municipal, tiene reuniones eventuales y su función es conceder permisos para rutas intramunicipales, diseñar y planificar señalización de vías urbanas y rurales y autorizar terminales de buses, microbuses y taxis. Para la concesión de los permisos, es necesario que los solicitantes cumplan con algunos requisitos: elaborar una solicitud de permiso especificando la ruta que desea abrir y un estudio de factibilidad. Con estos documentos, la comisión revisa y aprueba o no las solicitudes.

## **Actividades Económicas**

En la economía, la actividad económica fundamental es la agropecuaria, teniendo mayor importancia dentro de la actividad primaria el sector agrícola; existen grandes áreas o plantíos dedicados al cultivo del café, granos básicos, cítricos y hortalizas, entre otros. Cabe mencionar que existe una pequeña industria artesanal, algún tipo de agroindustria (beneficio de café) y una fábrica de plástico.

En el municipio existen 39 cooperativas que permiten la asociación de los distintos productores del municipio. Dentro de estas cooperativas existen dos tipos: unas que trabajan la propiedad de manera colectiva y otros que trabajan la propiedad de manera individual, tomando en cuenta su capacidad de mano de obra.

## **Capítulo III**

### **Estudios de ingeniería**

#### **III.1 Metodologías utilizadas**

##### **III.1.1 Metodología en estudio topográfico**

El levantamiento Topográfico es el punto de partida de este proyecto, específicamente porque de los datos obtenidos en el campo sobre la situación física – geográfica del terreno es de donde se determina la plantación del proyecto, en este caso se parte de la definición de la sub rasante con la que posteriormente se determinen los volúmenes de tierra a remover y la pendiente de esta influye directamente en el diseño para el drenaje de la calle.

El levantamiento topográfico es el conjunto de operaciones que tiene por objeto la determinación de la posición relativa de puntos en la superficie de la tierra a poca altura sobre la misma; estas operaciones consisten en medir distancias verticales y horizontales entre diversos objetos terrestres, determinar ángulos entre alineaciones, hallar la orientación de estas alineaciones y situar puntos sobre el terreno, valiéndose de mediciones previas, tanto angulares como lineales con los aparatos topográficos pertinentes.

El levantamiento se realizó con los instrumentos que posteriormente se detallaran.

Se puede decir que el levantamiento topográfico se encuentra referido de dos formas generales de mediciones:

- Una se da en el plano horizontal de referencia y es conocida como control horizontal o planimetría.
- Otra se da en el plano vertical y es conocida como control vertical o altimetría.

A continuación se mencionarán los principales instrumentos topográficos que utilizamos en el levantamiento describiendo brevemente su importancia.

**Teodolito:** Es el aparato de topografía de mayor versatilidad, razón por la cual se le conoce como “instrumento universal”, su utilidad está relacionada con medición de ángulos verticales, horizontales, desniveles y distancias, su característica principal es la capacidad que tiene de girar en sentido vertical y horizontal.

**Plomada:** Es una pera metálica terminada en punta y suspendida de una cuerda muy fina, sirve para marcar la proyección de un punto a cierta altura sobre el suelo.

**Cinta:** Se utiliza para la medición de distancias tales como el levantamiento de secciones transversales, son de longitud variable y se utilizó cinta plástica.

**Estadia:** Es una regla graduada de sección rectangular, es utilizada para hacer nivelaciones con auxilio del nivel. Es una regla dividida en metros y fracciones de metro generalmente de colores vivos; blanco, negro y rojo para que resalten y puedan leerse con precisión a la mayor distancia posible.

**Nivel:** Aparato utilizado para encontrar el desnivel o diferencia de altura entre dos puntos o serie de puntos, su característica principal es la medición de estas distancias verticales sin recurrir a observaciones angulares en este plano, lo cual está impedido. Al igual que el teodolito, va montado sobre un trípode, constan de anteojos, nivel de burbuja, plataforma nivelante.

Todos los aparatos topográficos con los que se realizó el levantamiento topográfico para este tramo de calle son propiedad de la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua UNAN – Managua.

A continuación se detalla la secuencia del levantamiento topográfico:

- **Levantamiento de la poligonal (Alineamiento horizontal):** La poligonal del proyecto fue considerada como poligonal abierta con puntos iniciales y finales fijados con anterioridad y con puntos de control geodésico ubicados preferiblemente a lo largo del proyecto y en puntos en los que se tengan suficiente visibilidad para evitar el uso de líneas auxiliares al hacerse el chequeo de la poligonal.
- **Nivelación del eje central (Alineamiento vertical):** Se establecen puntos de elevaciones conocidas BM<sup>7</sup>, partiendo de puntos de alta precisión existentes, se procede a la nivelación haciendo cierres en estos puntos.

---

<sup>7</sup> Banco Maestro

- **Levantamiento de secciones transversales (Alineamiento vertical):** Se levantan secciones transversales cada 20m, en las cotas y tres lecturas a cada lado tomando 3m uniformes de ancho de carril.

**Levantamiento de intersecciones (Alineamiento horizontal):** Consiste principalmente en la determinación del ángulo formado por las líneas centrales de las calles que se interceptan a los derechos de vías respectivos.

Los levantamientos viales, son de carácter ordinario, considerándose como levantamientos planos y como tal se ejecutan, refiriéndolos a puntos de alta precisión. La nivelación ordinaria se requiere en construcción de carreteras, vías férreas u otras construcciones civiles. Con visuales hasta 190m y permite un error máximo permisible de  $0.02\sqrt{k}$  donde k es la distribución total del recorrido de la nivelación expresada en km.

En esta sección se plantea a continuación que para realizar el procedimiento anterior del levantamiento topográfico se consideraron los siguientes procedimientos de campo.

**Medición con cinta:** Se llevó a cabo para medir la distancia de los estacionamientos ubicados a cada 20m y en las distancias para el levantamiento de secciones transversales se consideraron los siguientes pasos mencionados a continuación:

- Alineación
- Tensados
- Aplome
- Marcaje
- Lectura
- Anotación

#### **Uso del Teodolito:**

- Puesta en estación del teodolito:
- Teniendo el trípode en posición de cerrado, con sus patas hasta la altura de la barbilla del observador, luego se extendió una de sus patas hacia delante sosteniendo las otras dos una en cada mano. Ejecutando movimientos giratorios procurando mantener horizontal la base nivelante teniendo como apoyo la pata delantera y observando a través de la plomada que el punto de estación (clavo con una tapita de botella) quede en la punta de la plomada, asentando las dos patas sostenidas en el suelo y afianzando las tres patas del trípode al suelo presionándola con el pie.

- Se caló el nivel esférico del instrumento ejecutando los movimientos convenientes.
- Se aflojaba el tornillo de sujeción del instrumento al trípode y se movía la base nivelante para centrar mejor la plomada.
- Se repetía el paso 2 para asegurarse de la nivelación.
- Una vez centrado y nivelado el instrumento se coloca la lectura inicial en cero.

Puesto en estación 0+000 el instrumento procedimos a determinar la línea central, donde era necesario hacer puntos de cambio y por ende lectura de ángulos, repitiendo esta misma operación en cada uno de los puntos, se utilizó el siguiente método.

#### **Método de Bessel:**

- Puesto el instrumento en estación, se pone en cero grado, minutos y segundos y se fija.
- Con el tornillo de movimiento horizontal y el anteojo en primera posición se ubica la visual en el punto inicial o anterior, se suelta el movimiento horizontal y el limbo de la base para visar el punto siguiente y se obtiene así el ángulo en primera posición
- Se gira el anteojo para dar vuelta de campana y estando en posición inversa el anteojo visor nuevamente al punto inicial debiendo obtener como lectura en el nonio  $180^{\circ}$ .
- Siempre con el anteojo invertido visar el punto siguiente, obteniendo así la cuarta lectura, que restada a la anterior de  $180^{\circ}$  dará el ángulo entre las alineaciones en segunda posición.

**Uso del nivel y Estadía:** Es aplicable en altimetría, principalmente en lo referente a nivelación en proyectos de carreteras, vías férreas, canales para riego, calcular las elevaciones para movimiento en terracería, elaborar mapas y planos que muestran la configuración del terreno.

#### **Procedimiento de campo para plantar en nivel:**

- Se identificó cada una de las partes del nivel.
- Extendemos las patas del trípode del tal forma que éste quede en una posición estable, presionándolas luego para darle mayor estabilidad
- Montar el nivel sobre la base del trípode, fijándolo con el tornillo de sujeción.
- Con la ayuda de los tornillos nivelantes se caló el nivel esférico.

- Con el objeto de puntería visado y el movimiento horizontal abierto teniendo la imagen debidamente contrastada se procede a realizar las lecturas.

### **Procedimiento de campo para nivelación:**

- Se eligió un BM y se le asignó una cota de 100.3.
- Se instaló el instrumento en la primera posición equidistante del BM – 1 y PC<sup>8</sup> -1
- Se efectuó la lectura al BM – 1 y se registró.
- Efectuamos lectura de los puntos de cada estacionamiento y en detalle los de las secciones transversales hasta efectuar la lectura del PC – 1.
- Se instaló el instrumento en la segunda posición equidistante del PC – 1 y PC-2
- Efectuamos lectura al PC – 1.

Este procedimiento se realizó en forma cíclica hasta el último punto del estacionamiento.

### **En forma general el levantamiento se realizó de la siguiente manera:**

**Planimetría y levantamiento de detalles:** Con el objetivo de registrar los datos del terreno en cada franja de 20 metros aproximadamente, por la longitud de la vía, se procedió a los levantamientos de detalles y resto de puntos, además, se seleccionó el punto inicial tirando la línea central, realizando los puntos de cambio y efectuando la lectura angular en cada estacionamiento e intersecciones que lo requería, la línea central de la calle se definió con la medición de 3m desde los bordes.

**Nivelación:** Todos los puntos levantados están referidos a una elevación geodésica.

**Altimetría:** Se seleccionó un BM y se le asignó cota, se efectuaba lectura a los diferentes puntos de estacionamiento y los distintos puntos para las secciones transversales hasta efectuar un punto de cambio en cada uno de los puntos hasta el final del tramo en estudio.

### **Levantamiento del perfil longitudinal y secciones transversales**

1. Se definió la línea central de la obra a levantar con ayuda del teodolito.
2. Se eligió un BM, se refirió a la línea y se le asignó cota.
3. Se planteó el nivel en un punto adecuado que permitiera observar el mayor número de estaciones desde el mismo sitio.

---

<sup>8</sup> Punto de comienzo

4. Se ubicó la estadía en el BM y se efectuó la lectura de espalda. Se definió las secciones transversales perpendiculares a la línea central en cada estación y en las intersecciones espaciándolas según fuera conveniente.
5. Se tomo lectura de las altura en el centro de las secciones, intersecciones a la izquierda y derecha del eje y se registraron debidamente.
6. Se efectuaron puntos de cambio cuando no se podía observar más lecturas en la estadía.
7. Luego se realizó el trabajo de gabinete correspondiente.

### **III.1. 2 Metodología en Estudio de Suelo**

Si se quiere un proyecto de construcción seguro y de calidad es necesario partir de un estudio de suelo preciso que represente sus características, tanto en la etapa de proyecto como en la ejecución de la obra, para ello se requiere de la obtención de datos firmes, seguros y abundantes respecto a la franja de terreno donde se plantará la obra. Estos datos deben llevar al diseñador a adquirir una concepción razonable exacta de las propiedades físicas del suelo que hayan de ser consideradas en sus análisis. En realidad, es de el laboratorio de materiales y suelos de donde el diseñador y/o proyectista obtendrá los datos definitivos para su trabajo; pero para llegar a resultados razonables y confiables en el laboratorio es preciso cubrir en forma adecuada una etapa previa e imprescindible; la obtención de las muestras del suelo apropiados para la realización de los análisis correspondientes tal y como lo establece la teoría, tanto en la separación horizontal al levantar cada muestra como en la profundidad con la que se extraerán las mismas.

Se debe procurar adquirir una información preliminar suficiente respecto al suelo, información que con ayuda de pruebas de clasificación tales como granulometría y límites de consistencias, permita formar una idea clara de el tipo de suelo y como influirá en los espesores de los estratos del pavimento.

Una obra de gran importancia ameritará un programa de considerable envergadura y no sólo la importancia de la obra juega papel como norma de criterio del proyectista sino también el tipo de obra; es decir que la magnitud de tiempo como de costo este acorde al tipo de obra.

#### **Tipos de Sondeos:**

Los tipos principales de sondeos que se usan en mecánica de suelos para fines de muestreo y conocimiento de sub – suelo, en general son los siguientes:

**Método de exploración de carácter preliminar:**

- Pozos a cielo abierto, con muestreo alterado o inalterado.
- Perforaciones con porteadora, barrenos, helicoidales o métodos similares.
- Método de lavado
- Método de penetración estándar.
- Método de penetración cónica
- Perforaciones en Boleos y gravas.

**Método de sondeo definitivo:**

- Pozos a cielo abierto con muestreo inalterado
- Método con tubo de pared delgada
- Método rotatorio para Roca

**Métodos geofísicos:**

- Sísmico
- De resistencia eléctrica
- Magnético y gravimétrico

A continuación se describirá de forma general el método que se utilizó en el presente trabajo.

**Perforaciones con posteadora, barrenos o métodos similares:**

El principio de operación resulta evidente al mencionar que las herramientas utilizadas fueron cobín y barra con las cuales se perforó extrayendo las muestras y colocándolas en bolsas, cada muestra claramente identificada y nombrada respecto al número de sondeo y muestra, en donde el tipo de muestra extraída en cada caso está determinada por la naturaleza del suelo y el tipo de obra que plantea los requerimientos correspondientes.

El trabajo de campo consistió en tomas de muestras de sondeos manuales espaciados entre sí a 50m en las calles del tramo objeto de estudio de la cual se obtuvieron un total de 12 muestras a las cuales se les practicaron los respectivos ensayos de laboratorio. La profundidad de cada sondeo fue de 1.5 metros con un diámetro aproximado entre 25 – 30cm, suficiente para obtener muestras de los componentes y estratigrafía de la vía.

La determinación de la profundidad requiere especial cuidado en la exploración del suelo. Este aspecto fundamental cuyas repercusiones pueden influir en todas las fases del éxito o fracaso de una obra de Ingeniería tanto técnicas como económicas, está también determinada por las funciones e importancia de la obra.

## Método de Clasificación de Suelo

La clasificación de suelos consiste en agrupar suelos que tengan características similares de plasticidad y granulometría; existen muchos métodos de clasificación de suelos, el más aplicado en obras horizontales como carreteras, caminos y cualquier superficie de rodamiento de los vehículos es el método HRB.

Este método esta basado en los criterios de granulometría y plasticidad de los suelos.

Para realizar una clasificación de suelos por este método se necesitan datos tales como:

- Porcentaje que pasa el tamiz # 4
- Porcentaje que pasa el tamiz # 10
- Porcentaje que pasa el tamiz # 40
- Porcentaje que pasa el tamiz # 200
- Limite líquido (LL)
- Limite plástico (LP)
- Índice de plasticidad (IP)
- Índice de grupo (IG)

En este método los suelos se dividen en 3 grupos:

- Suelos granulares: son las gravas y las arenas. Se considera que un suelo es granular cuando el porcentaje que pasa el tamiz # 200 es menor o igual a 35.
- Suelos finos: son limos y arcillas. Se considera que un suelo es fino cuando el porcentaje que pasa la malla # 200 es mayor de 35.
- Suelos orgánicos: se identifican por su color y presencia de materiales orgánicos (plantas, fósiles, etc.)

El método HRB divide a los suelos en 8 grupos algunos de los cuales se dividen en sub - grupos de la siguiente manera:

### Suelos granulares:

A-1: A -1-a  
A-1-b

A- 2: A-2-4  
A-2-5  
A-2-6  
A-2-7

A- 3

### **Suelos finos**

A-4

A-5

A-6

A-7: A-7-5

A-7-6

El suelo es A-7-5 si el  $IP \leq LL - 30$ .

El suelo es A-7-6 si el  $IP > LL - 30$

### **Suelo orgánico**

A-8

### **Clasificación de suelos (H. R. B)**

#### **Sondeos manuales**

#### **Clasificación (HRB) constituyentes**

#### **Tipos usuales de materiales**

A-1-a

Mayormente gravas, pero puede incluir arena y finos. (Excelente).

A-1-b

Descripción: arena gravosa o arena graduada; puede incluir finos. (Excelente).

A-2-4

Arena, grava con finos de limo de baja plasticidad. (Excelente a buena).

A-4

Limos de baja compresibilidad. (Regular a pobre).

A-6

Arcilla de compresibilidad baja a media. (Regular a pobre).

A-7-5

Arcilla limosa de alta compresibilidad. (Regular a pobre).

IP= LL-LP

El IG: es un valor que determina la resistencia que presentan suelos que se clasifican de la misma manera. A mayor IG menor resistencia.

$$IG= 0.2+ 0.005ac+0.01bd$$

Donde:

a= % Q pasa # 200 - 35

Condiciones:

Si % Q pasa # 200  $\leq$  35  $\rightarrow$  a= 0

Si % Q pasa # 200  $\geq$  75  $\rightarrow$  a= 40

b= % Q pasa # 200- 15

Condiciones:

Si % Q pasa # 200  $\leq$  15  $\rightarrow$  b= 0

Si % Q pasa # 200  $\geq$  55  $\rightarrow$  b= 40

c= LL - 40

Condiciones:

Si LL  $\leq$  40  $\rightarrow$  c= 0

Si LL  $\geq$  60  $\rightarrow$  c= 20

d= IP - 10

Condiciones:

Si IP  $\leq$  10  $\rightarrow$  d= 0

Si IP  $\geq$  30  $\rightarrow$  d= 20

Si 10 $\leq$  IP  $\leq$  30  $\rightarrow$  calcular d

### **III.1.3 Método de Diseño**

#### **III.1.3.1 Método de Diseño Hidráulico**

Para el escurrimiento de las aguas pluviales se plantean las siguientes obras:

La construcción de cunetas de concreto es en este caso la propuesta constructiva para evitar la erosión en los laterales de las calles. Con las precipitaciones las aguas pluviales alcanzan altas velocidades de evacuación que fácilmente por el tipo de suelo existente erosionaría la vía en un invierno. Hay que tomar en cuenta que las dimensiones de las cunetas permanecen igual en todos los tramos de las calles, por estas razones se examinó si las dimensiones de esta eran suficientes en la situación hidráulica más crítica, precisamente en donde se concentran las aguas pluviales a drenarse.

El método de diseño que se presenta es el comúnmente usado que parte de conocer el coeficiente de esorrentía.

## **Método de diseño**

Se utilizó la fórmula del método racional que establece:

$$Q_i = \frac{C * I * A}{360}$$

**C** = Coeficiente de escorrentía

El coeficiente de escorrentía que se usa es de 0.40 de acuerdo a la naturaleza del área drenada.

**A**= Área de lotes y calles en consideración.

**Q**= Caudal en metros cúbicos por segundos.

**I**= Intensidad de la lluvia expresada en mm/h.

La intensidad de lluvia se toma en base a los registros pluviométricos de Masatepe, con un período de 1971 a 1998.

**Tiempo de concentración (TC)** (ver formulario en diseño hidráulico sec. anexos).

Este está formado por dos componentes, el tiempo de entrada o sea el tiempo requerido para que el escurrimiento llegue a la alcantarilla y el tiempo recorrido dentro de las alcantarillas.

La selección del período de retorno fue en base al tipo de obra y los criterios de diseño generalizados para estructura de control de agua.

### **III.1.3.2 Método en Diseño Estructural del Pavimento**

En nuestro país tradicionalmente los métodos de diseños utilizados sobre todo en el diseño de puentes y pavimentos, han sido influenciados principalmente por los norteamericanos, esto es válido para los pavimentos de adoquines. Realmente en nuestro país no existe una normativa o ley que establezca con que método de diseño se debe trabajar esta área, tradicionalmente esto queda a criterio del diseñador o consultor, pero independientemente del método se ha observado que los espesores de la estructura varían entre 40 y 55cm, dependiendo de la calidad de la franja de terreno natural donde se establecerá el espesor del pavimento.

Para llenar el vacío de la falta de documentación que aborde los aspectos de diseño de pavimentos en Centroamérica, actualmente se está elaborando el Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos con la participación de todos los países del área y con financiamiento de la

Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID<sup>9</sup>), en este manual ya se incluyen la mayor parte de los aspectos del diseño de pavimentos de adoquines.

Generalizando se puede observar en los diversos periodos en que ha discurrido la utilización de algunos métodos de diseño:

### **Período de 1970 a 1980 y de 1980 a 1990**

Se utilizó el método de diseño de pavimento desarrollado por el ingeniero WILLIAMS HAYNES MILLS (W. H. MILLS), revisado y adaptado por el ingeniero Murillo López de Souza y que en Nicaragua se aplica modificando las intensidades de lluvia.

### **Período de 1990 a 2002**

Además del método anterior, se incorpora el uso del libro Design Of Pavement Structures de la AASHTO (Guía de Diseño de 1993), con adecuaciones al ámbito nacional en algunos parámetros.

### **Método Murillo López de Souza**

Este Método es el que se usará y es a la vez el que ha sido muy utilizado en nuestro medio para la determinación de espesores de pavimento flexible en caminos rurales, es el de Murillo López de Souza, derivado del Método W.H. Mills.

**Los datos requeridos por este método son:** tipo de tránsito, carga por rueda de 5 toneladas, CBR de la sub rasante, pluviosidad e intensidad de lluvia anual.

Los espesores mínimos requeridos deben usarse de acuerdo a las cualidades mecánicas de los suelos y a las condiciones a que la calle estará expuesta en los próximos 10 a 20 años.

Para sub rasantes con CBR menores a 5%, debe colocarse un espesor de terracería mejorada, por debajo de la estructura del pavimento con espesores de 10 a 45cm; dependiendo del valor del CBR y de la precipitación pluvial de la zona en donde se ubique el pavimento a construir.

---

<sup>9</sup> Agencia Internacional para el Desarrollo de los Estados Unidos de América

El espesor mínimo de la estructura de pavimento en sub rasantes (Terreno natural) con CBR de 5% ó mayor debe ser de 45 a 55cm. compuesta de la manera siguiente:

El método del proyecto de Pavimento está basado en el CBR como medida de capacidad de soporte de los materiales del pavimento con excepción del revestimiento bituminoso, siendo el valor del CBR corregido, que se denomina (IS) índice de soporte, para no confundirla con el índice de soporte California.

El método del HRB es generalmente utilizado en el estudio de obras horizontales, mismo que plantea que si el 35% del material pasa por la maya número 200 es de tipo fino, de lo contrario se considera de tipo grueso. Toma en cuenta criterios de granulometría y plasticidad.

## **III.2 Normas, criterios y especificaciones de diseño**

### **III.2.1 Criterios, Normas y Especificaciones Generales de Diseño vial en Carretera y/o Vías Nacionales**

El diseño o definición de la línea central tanto horizontal como vertical se basa fundamentalmente en los criterios de ajustarse lo más posible a la rasante de la vía y toma en consideración de las obras ya realizadas y adelantadas como los cortes y rellenos realizados.

#### **Considerando criterios se mencionan a continuación los siguientes:**

- La conformación y aprobación de la red de carreteras lleva la implícita necesidad de que su diseño, construcción, mantenimiento y operación se rija por normas y procedimientos para asegurar su coherencia y uniformidad funcional.
- Las carreteras de requerimientos funcionales, debe diseñarse su vialidad conforme normas.
- Las normas no deben ser una camisa de fuerza, deben ofrecer una guía sólida y técnicamente aceptable sobre las soluciones más deseables para el diseño geométrico.
- El proceso de construcción por etapas debe formar parte de la estrategia para el perfeccionamiento de las soluciones de diseño vial.
- Ninguna norma debe sustituir el buen criterio y el juicio explícito del diseñador.

- El buen funcionamiento de la red es crucial para el desarrollo seguro y eficiente de las actividades socio-económicas.
- El diseño de una carretera debe ser consistente, esto es, evitarse los cambios abruptos en las características viales de un segmento dado, manteniendo la coherencia de todos los elementos del diseño con las expectativas del conductor promedio.
- En el diseño debe presentarse la debida atención a las necesidades de los peatones, de los ciclistas y motociclistas que circulan por la carretera.
- En el diseño de los pavimentos de las carreteras es esencial facilitar la efectiva interacción entre la superficie de rodamiento y las llantas de los vehículos para el control y el frenado de los mismos.
- El mejor diseño vial de una carretera puede ser destinado si, en el análisis de sus elementos justificativos, no se incorporan uniformemente los componentes ambientales de su impacto en el medio natural y social.
- Para contribuir al desarrollo sostenible durante el diseño de una carretera, hay que conciliar sus innegables aportes positivos con su costo sobre el ambiente.
- Las normas de diseño deben ser utilizadas por el diseñador para proponer la mejor solución técnica aplicable a cada proyecto vial.

### **Normas, criterios y Especificaciones de Diseño vial utilizadas.**

El conjunto de especificaciones y criterios expuestos, son fundamentalmente el resultado de traducciones de la Bibliografía disponible y las utilizadas por firmas consultoras, toda especificación y criterio de diseño tiene que estar sustentada por una basta experiencia y comprobación de resultados.

Dentro de la información presentada, se destacan especificaciones, normas y criterios del manual centroamericano normas para el diseño geométrico de carreteras regionales (SIECA), folletos de información (Etapas y documentación de un proyecto de carreteras), Nic - 2000.

Se plantearon los criterios y especificaciones según el aspecto que se trató; es decir para dar solución al diseño.

Las vías arteriales deben ser diseñadas y los aparatos de control regulados, para que permitan velocidades de operación de 20 a 45mph (33km/h a 73km/h). Bajar velocidades en este rango es aplicable para calles locales y colectoras a través de áreas residenciales.

La velocidad de diseño debe estar acorde con la velocidad de operación anticipada.

### **Ancho de Carril:**

La escogencia del ancho de los carriles es una decisión que tiene incidencia determinante en la capacidad de las carreteras. Como parámetro de referencia durante el diseño, se debe tener a la vista la estructura del tránsito proyectado, que a su vez y en la medida de la importancia relativa del tránsito pesado dentro del mismo, hará necesario que la dimensión de cada carril sea habilitada para que los camiones y las combinaciones de vehículos de diseño, que en nuestro caso se determinó que el mínimo a usarse debía ser de 3 metros por el tránsito de vehículos cargados con mercaderías.

Las normas establecen anchos de carril de 2.70 – 3.50m, siendo su definición concreta de acuerdo a las condiciones específicas del proyecto que en el caso de la calle en estudio se determinó, que aunque no constante, existe un tráfico de camiones con mercadería, estimando además el encuentro de este con otro tipo de vehículo lo que ha hecho establecer un ancho de carril de 3 metros.

### **Número de Carriles:**

Las carreteras están provistas de uno, dos o más carriles de circulación por sentido y excepcionalmente, de un solo carril habilitado para la circulación en ambos sentidos.

Tal y como se sabe el carril es la unidad de medida transversal, para la circulación de una sola fila de vehículos, siendo el ancho de la calzada o superficie de rodamiento, la sumatoria de los carriles.

El número de carriles depende del nivel de servicio a ser proveído así como del volumen de tráfico proyectado.

Para propósitos de localización de vías urbanas, es necesario un estimado preliminar del número de carriles que será requerido para servir el estimado volumen de tráfico.

### **Distancia de Visibilidad**

Es la distancia general o longitud máxima de la carretera que puede un conductor ver continuamente delante de él cuando las condiciones atmosféricas y del tránsito son favorables.

Las tres consideraciones más importantes en la distancia de visibilidad para el diseño de vías son:

- a) Distancia de visibilidad de parada.
- b) Distancia de visibilidad de rebase

c) Distancia de visibilidad en intersecciones.

La distancia de visibilidad de parada es la distancia mínima que debe proporcionarse en cualquier punto de la carretera. Esta debe ser provista continuamente en toda la vía.

La distancia de visibilidad de parada, refleja la operación para carros de pasajeros. Los camiones usualmente requieren distancias de visibilidad de parada más largas para una velocidad dada que los vehículos de pasajeros pero debido a la mayor altura del ojo y bajas velocidades de los camiones, la misma distancia es aplicable.

La distancia de visibilidad de rebase es aplicable a las arterias urbanas de dos carriles donde los elementos de diseños son similares a las carreteras rurales.

La distancia de visibilidad de rebase es medida a partir del ojo del conductor sobre el pavimento a la parte superior de un objeto con 1.07 – 1.30m, distancias consideradas. La distancia de visibilidad de rebase que será efectiva en una vía de dos carriles debe ser proporcionada sobre un alto porcentaje de la longitud de la vía.

Estos son parámetros que fueron considerados dentro de los usados en el diseño vial:

Tabla. III.2.1

<b>Vida del Proyecto</b>	Tanto las obras de drenaje como la de revestimiento con un debido mantenimiento del mismo se estiman en 20 años.
<b>Velocidad de diseño</b>	La velocidad de diseño para camino montañoso es de 10 – a 20Km / hora y para camino ondulado es de 30 – a 40Km / hora
<b>Vehículo de diseño</b>	El vehículo de diseño del proyecto es el HS – 20 – 44 el cual tiene un peso de 5 toneladas en el eje trasero, estimando esta carga y relacionándola con las capacidades de deformación de las capas que conformaría la capa de rodamiento, se definen los espesores requeridos en la misma. Así mismo, este tipo de vehículo define los radios mínimos el cual para tal efecto se han establecido en 15metros y pendientes máximas de

	30% en 4 metros de longitud.
<b>Tránsito</b>	Para un tránsito promedio se ha estimado un tránsito promedio diario de 250 vehículos comerciales.

Fuente: Manual SIECA

La conjugación de los estudios Hidrotécnicos, los estudios Geotécnicos, las normas de diseño, los parámetros antes expuestos y los propios criterios de esta vialidad en combinación de las restricciones económicas para factibilidad del proyecto define el alineamiento vertical y horizontal del camino.

### **Rasante**

Es el término usado para designar la posición vertical de la superficie del camino en relación a la superficie del terreno.

La localización final de la rasante está afectada por controles como la topografía.

En terrenos planos la mayor consideración para el establecimiento de la rasante es usualmente el drenaje.

Se realizó un balance próximo entre cortes y rellenos evitando así grandes volúmenes de corte, por lo que este balance pretende ser más económico en la construcción.

Es preferible una rasante con cambios graduales a una línea con numerosos quiebres.

En las subidas es preferible emplear las pendientes fuertes abajo, disminuyéndolas en la parte superior.

Las rasantes son establecidas por el método de prueba y error usando los perfiles planteados y las secciones transversales como herramientas de la siguiente manera:

- Establecer las líneas de rasante preliminar para la parte superior de la guarnición relativa a los perfiles de la línea de propiedad.
- Ajustar la línea de rasante de acuerdo con los controles de diseño
- Se considera que la elevación de la rasante no sobre pase el nivel o elevación de las aceras de las propiedades adyacentes, altura o rasante del puente y alcantarillas así considerando una buena coordinación entre planimetría y altimetría.

### **Alineamiento Horizontal y Vertical**

El alineamiento horizontal y vertical no debe ser diseñado de forma independiente. En áreas residenciales el alineamiento debe ser diseñado para minimizar molestias a la población.

Un diseño lógico es un compromiso curvatura y rasante el cual ofrece seguridad, capacidad, facilidad y uniformidad de operación y apariencia placentera entre los límites de terreno y áreas de recorrido.

### **Drenaje**

El drenaje superficial debe ser muy efectivo para evacuar rápidamente las aguas de la superficie del pavimento y evitar que estas se infiltren dentro de la estructura del mismo.

Las cunetas se construyen a los lados de la carretera para conducir el agua hacia las alcantarillas, cajas o puentes, para así alejarlas de la carretera en concordancia con la configuración topográfica de su localización.

### **Niveles de Servicio**

Los diseñadores deben escoger entre aquellos extremos, el nivel de servicio que mejor se adecua a la realidad del proyecto que se propone desarrollar.

La selección de un determinado nivel de servicio conduce a la adopción de un flujo vehicular de servicio para diseño, que al ser excedido indica que las condiciones operativas se han desmejorado con respecto a dicho nivel.

Como criterio de análisis se expresa que el flujo vehicular de servicio para diseño debe ser mayor que el flujo de tránsito durante el período de 15min de mayor demanda durante la hora de diseño.

Lo correspondiente al Nivel de Servicio es que éste representa una circulación de densidad elevada, aunque estable. La velocidad y libertad de maniobra quedan seriamente restringidas y el conductor o peatón experimenta un nivel general de comodidad y conveniencia bajo. Los pequeños incrementos de flujo generalmente ocasionan problemas de funcionamiento.

Por lo general no se realizan estudios de capacidad para determinar la cantidad máxima de vehículos que puede alojar cierta parte de una carretera o calle; lo que se hace es tratar de determinar el nivel de servicio al que funciona cierto tramo, o bien la tasa de flujo admisible dentro de cierto nivel de servicio.

El volumen de tránsito de la hora pico a 30HD en carreteras urbanas se ubica entre 8 y 12% del TPDA por lo general es válida la práctica de utilizar 10% del TPDA como valor de diseño.

Se selecciona el vehículo de diseño considerando los más predominantes y con mayor exigencia en el tránsito.

Los principales elementos de las normas de diseño aplicadas de forma general son las siguientes:

Tabla. III.2.2

<b>CONCEPTO</b>	<b>ESPECIFICACIÓN</b>
<b>Tipo de Vía:</b>	Calle urbana
x Derecho de vía	14m – 16m
x Ancho de rodamiento	6m
<b>Velocidad</b>	
x Terreno de lomerío	15 Kph
x Terreno montañoso	10Kph
<b>Pendientes máximas</b>	
x Terreno plano	12% en 50m
x Terreno de lomerío	15% en 50m
x Terreno montañoso	30% en 40m
<b>Visibilidad de parada</b>	
x Terreno plano	40m
x Terreno de lomerío	30m
x Terreno montañoso	25m
<b>Bombeo</b>	
x Bombeo	2.5%
x Carga de diseño	HS – 20 – 44
x Material de la superficie de rodamiento	Adoquines sobre material selecto
x Intensidad de tránsito	250 vdp

Fuente: Nic. 2000

### III.2.2 Criterios del diseño hidráulico

Para la determinación de la velocidad para drenar el agua pluvial transversal como longitudinalmente se basara en el uso del criterio a continuación.

El criterio de diseño será el usual y conocido universalmente, estos son los que han sido adoptados por la Alcaldía de Managua y recopilados en el reglamento de drenaje pluvial para el área de Managua; adaptando estos al Municipio de San Marcos, Carazo.

1. Para la evaluación del tiempo de concentración se utilizo la formula de B. W. Taylor y Arguello.

$$TC = \frac{0.01947 * L^{0.77}}{S^{0.385}}$$

2. Para la el calculo de la intensidad de precipitación en un periodo de retorno de 10 años utilizamos la fórmula.

$$I = \frac{1083.74}{(TC + 9.32)^{0.6189}} * 1.510$$

La ecuación de intensidad de lluvia es solo aplicable para la ciudad de Managua por tal razón fue afectada por un factor de 1.510 correspondiente a la relación de precipitación de Managua respecto a San Marcos, Carazo.

3. El área considerada para el cálculo del caudal ( $Q_i$ ) es la correspondiente a lotes, calles y/o avenidas que escurrirán hacia la vía en diseño.

4. Las velocidades calculadas se encuentran en el rango de 0.6  $\leq V \leq 7$  m/s.

5. El caudal de diseño ( $Q_D$ ) es el correspondiente al caudal que soportaran las cunetas; y cumple con la condición de:  $Q_D > Q_i$ .

6. El coeficiente de escorrentía usado esta entre los recomendados por la Alcaldía de Managua, dependiendo de los diferentes tipos y usos del suelo. Se tomó el  $C = 0.40$

Los valores presentados, fueron reportados por un comité conjunto de la Sociedad Americana de ingenieros civiles y de la federación de control de polución del agua en "DESIGN AND CONSTRUCTION OF SANITARY AND STORM SEWER" Manual of Engineering Practice No 37, para frecuencias o retornos de 5-10 años.

Tabla. III.2.3

Definición	Tipo de cuenca	Coeficiente escorrentía
Negocio	Áreas concentradas	0.70-0.95
	Áreas de vecindario	0.50-0.70
Residencial	Unifamiliares	0.30-0.50
	Multifamiliares, separadas	0.40-0.60
	Multifamiliares contiguas	0.60-0.75
	Suburbanas	0.25-0.40
	Apartamentos de viviendas	0.50-0.70
Industrial	Liviana	0.50-0.80
	Pesada	0.60-0.90
	Parques, cementerios	0.10-0.25
	Area de juegos	0.20-0.35
	Patios de ferrocarril	0.20-0.40
	Áreas vírgenes	0.10-0.30
Calles	Asfaltadas	0.70-0.95
	Concreto	0.80-0.95
	Ladrillo	0.70-0.85

### III.3.1.3 Levantamiento de Perfiles Transversales

#### Eje principal

Tabla. III.3.3

Dist./Lect	Dist./Lect	Dist./Lect	Dist./Lect	EST.	Dist./Lect	Dist./Lect	Dist./Lect	Dist./Lect
4 / 99.07	3.5 / 99.3	3.15/ 98.982	1,6/ 98,929	0+000	1.6 / 98.929	3.15 / 98.921	3.5/ 99.002	4 / 98.951
4 / 99.642	3.5 / 99.836	3 15/ 99.65	1.6/ 99.44	0+020	1.6 / 99.411	3 / 99.655	3.5/ 99.851	4 / 99.639
4 / 100.216	3.5 / 100.96	3/ 100.242	1.2/ 99.445	0+040	1.6 / 99.88	3.15/ 100.345	3.5 / 100.451	4 / 100.259
4 / 100.777	3.5 / 100.96	2.8 / 100.775	1.4 /100.596	0+060	1.5 / 100.67	3.15 / 100.94	3.7 / 100.100	4 / 100.570
4 / 100.984	3.1 / 100.991	2.8 / 100.981	1.4/ 100.979	0+075	1.5 / 100.265	2.8 / 101.272	3.1 / 101.298	4 / 101.278
4 / 101.214	3.1 / 101.295.	2.8 / 101.281	1.4/101.065	0+80	1.5/101.101	2.8 / 101.388	3.5 / 101.611	4 / 101.367
4 /101.98	3.5/102.089	2.6 / 102.004	1.4/ 101.846	0+100	1.5 / 101.848	2.8 / 102.029	3.25 / 102.336	4 /101.736
4 / 102.767	3.5 / 102.893	2.5 / 102.714	1.6/ 98.695	0+120	1.2 / 102.727	2.8 / 102.948	3.5 / 103.015	4 / 102.897
4 / 103.278	3 / 103.375	2.4 / 103.277	1.4 / 103.232	0+140	1.3 / 103.262	2.65/ 103.582	3 / 103.883	4 / 103.576
4 / 103.804	4 / 103.795	2.5/103.663	1.0/ 103.954	0+155.5	1.5 / 104.103	2.45/ 104.121	3 / 104.154	4 / 104.126
4 / 103.972	3.1 / 104.118	2.5 / 104.009	1.3/ 103.790	0+160.65	1.0 / 103.967	2.4 / 104.177	3 / 104.267	4 / 104.137
4 / 104.147	3.3 / 104.767	3 / 104.119	1.3/ 104.18	0+180.65	1.1/ 104.504	2.5 / 104.721		4 / 104.613
4 /104.036	4.1 /103.655	2.1 / 103.973	1.1/ 104.483	0+200.65	1.2 / 104.803	1.5 / 104.903		4 /104.853
4 / 104.419	3.4 / 104.510	2.8 / 104.443	1.5/104.303	0+220.65	1.1 / 104.857	3 / 106.998		4 / 105.928
4 / 104.685	2.9 / 104.767	2.4 / 104.631	1.3/ 104.656	0+240.65	1.1 / 105.018	3 / 105.357		4 / 105.188
4 / 104.81		3 / 104.879	1.2/ 104.749	0+260.65	1.7 / 105.65	3 / 105.174		4 / 105.412
4 / 104.844		3 / 104.830	1.7/ 104.857	0+275	1.9 / 104.866	3 / 104.846		4 / 104.856

Fuente: Propia



### Eje 1

Dist./Lect	Dist./Lect	ESTACIÓN	Dist./Lect	Dist./Lect
4,5/101,006	3/101,005	0+000	3/100,995	4,5/100,985
4,5/101,312	3/101,31	0+020	3/101,301	4,5/101,309
4,5/101,861	3/101,855	0+047	3/101,845	4,5/101,848

### Eje 2

Dist./Lect	Dist./Lect	ESTACIÓN	Dist./Lect	Dist./Lect
4,5/104,891	3/104,831	0+000	3/104,807	4,5/104,847
4,5/105,022	3/105,396	0+023	3/105,221	4,5/105,438

### Eje 3

Dist./Lect	Dist./Lect	ESTACIÓN	Dist./Lect	Dist./Lect
4,5/104,682	3/104,68	0+000	3/104,688	4,5/104,685
4,5/104,691	3/104,689	0+020	3/104,99	4,5/104,694
4,5/104,699	3/104,696	0+036.6	3/104,701	4,5/104,699

Tablas, Fuente: Propia

### III.3.1.4 Ángulos en Intersecciones

Tabla. III.3.4

ESTACIONAMIENTO DE BOCACALLE	ANGULO RESPECTO A LINEA CENTRAL	REFERENCIA DE BOCACALLE
0+075	84° 45' 57"	Eje 1
0+202.150	85° 6' 54'	Eje 2
0+243.150	90° 56' 41'	Eje 3

Fuente: Propia

### III.3.2 Procesamiento de la Información

#### III.3.2.1 Elevaciones de la Sub rasante

La definición de la sub rasante parte de la idea de definir una rasante al nivel del resto del derecho de vía, partiendo, para ello, del cálculo obtenido del espesor del pavimento con el objetivo de que la rasante no quede por debajo, ni por encima del nivel del suelo lateral a la estructura.

#### Eje Principal

Tabla. III.3.5

ESTACION	IZQUIERDA 3.0MT	LINEA CENTRAL	DERECHA 3.0MT
0+000	98.190	98.265	98.190
0+020	98.803	98.878	98.803
0+040	99.417	99.492	99.417
0+060	100.03	100.105	100.03
0+080	100.643	100.718	100.643
0+100	101.257	101.332	101.257
0+120	101.870	101.945	101.870
0+140	100.483	102.558	100.483
0+154.981	102.943	103.018	102.943
0+156.529	102.979	103.054	102.979
0+160	102.596	103.121	102.596
0+180	103.433	103.508	103.433
0+200	103.820	104.895	103.820
0+220	103.946	104.021	103.946
0+240	104.039	104.114	104.039
0+260	104.133	104.208	104.133
0+275	104.203	104.278	104.203

#### Eje 1

ESTACION	IZQUIERDA 3.0MT	LINEA CENTRAL	DERECHA 3.0MT
0+000	100.490	100.565	100.490
0+020	100.782	100.857	100.782
0+040	101.075	101.150	101.075
0+047	101.177	101.252	101.177

### Eje 2

ESTACION	IZQUIERDA 3.0MT	LINEA CENTRAL	DERECHA 3.0MT
0+000	104.042	103.937	104.042
0+020	104.494	104.569	104.494
0+023	104.589	104.664	104.589

### Eje 3

ESTACION	IZQUIERDA 3.0MT	LINEA CENTRAL	DERECHA 3.0MT
0+000		104.129	104.054
0+020		104.113	104.038
0+036.6		104.100	104.025

Tablas, Fuente: Propia

### III.3.2.2 Elevaciones de la Rasante y Cuneta

#### Eje principal

Tabla. III.3.6

ESTACION	IZQUIERDA 3.0MT	LINEA CENTRAL	DERECHA 3.0MT
0+000	98.790	98.865	98.790
0+020	99.403	99.478	99.403
0+040	100.017	100.092	100.017
0+060	100.630	100.705	100.630
0+080	101.243	101.318	101.243
0+100	101.857	101.932	101.857
0+120	102.470	102.545	102.470
0+140	103.083	103.158	103.083
0+154.981	103.543	103.618	103.543
0+156.529	103.579	103.654	103.579
0+160	103.196	103.721	103.196
0+180	104.033	104.108	104.033
0+200	104.420	104.495	104.420
0+220	104.546	104.621	104.546
0+240	104.639	104.714	104.639
0+260	104.733	104.808	104.733
0+275	104.803	104.878	104.803

### Eje 1

<b>ESTACION</b>	<b>IZQUIERDA 3.0MT</b>	<b>LINEA CENTRAL</b>	<b>DERECHA 3.0MT</b>
0+000	101.090	101.165	101.090
0+020	101.382	101.457	101.382
0+040	101.675	101.750	101.675
0+047	101.777	101.852	101.777

### Eje 2

<b>ESTACION</b>	<b>IZQUIERDA 3.0MT</b>	<b>LINEA CENTRAL</b>	<b>DERECHA 3.0MT</b>
0+000	104.462	104.537	104.462
0+020	105.094	105.169	105.094
0+023	105.189	105.264	105.189

### Eje 3

<b>ESTACION</b>	<b>IZQUIERDA 3.0MT</b>	<b>LINEA CENTRAL</b>	<b>DERECHA 3.0MT</b>
0+000	104.654	104.729	104.654
0+020	104.638	104.713	104.638
0+036.6	104.625	104.700	104.625

Tablas, Fuente: Propia

### III.4 Estudio de tránsito

#### **Volumen de Tránsito:**

El buen diseño de una carretera solamente puede lograrse si se dispone de la adecuada información sobre la intensidad del movimiento vehicular que la utiliza y utilizará hasta el término del período de diseño, sea que se trate de una calle existente o en rehabilitación.

La medición de los volúmenes del flujo vehicular se obtiene normalmente y a veces de manera sistemática, por medios mecánicos y/o manuales a través de conteos o aforos volumétricos del tránsito en las propias carreteras.

**El tránsito promedio diario anual (TPDA):** Es uno de los elementos primarios para el diseño de las carreteras, se define como el volumen total de vehículos que pasan por un punto o sección de una carretera en un período de tiempo determinado, que es mayor de un día y menor o igual a un año, dividido por el número de días comprendidos en dicho que registra el movimiento vehicular a lo largo de 24h del día.

**Factor de hora pico (FHP):** Se expresa como la relación que siempre será igual o menor que la unidad, entre la cuarta parte del volumen de tránsito durante la hora período de medición.

**Vehículos de Diseño:** Los vehículos de diseño son los vehículos predominantes y de mayores exigencias en el tránsito que se desplaza por la carretera.

**Distribución direccional de las corrientes de tránsito:** La intensidad del tránsito durante la hora pico en una carretera de dos carriles muestra el volumen del tránsito en ambos sentidos de circulación de ahí que resulte necesario afectarlo por un factor adicional, que refleje la desigual distribución a lo largo del día de las corrientes del tránsito en ambas direcciones.

**Composición del Tránsito:** Depende del tipo de servicio y la localización de una carretera, es indispensable tomar en debida cuenta que los vehículos pesados pueden llegar a alcanzar una incidencia significativa en la composición del flujo vehicular influenciando según su relevancia porcentual en forma más o menos determinante, el diseño geométrico de las carreteras y espesores de pavimentos.

**Las proyecciones de la demanda del tránsito:** En las carreteras regionales se recomienda adoptar un período de proyección de 20 años como la base para el diseño, aunque igualmente se acepta que para proyectos de reconstrucción o rehabilitación de las carreteras se puede reducir dicho horizonte a un máximo de 10 años.

El promedio futuro, por ejemplo, el TPDA del año de proyecto en el mejoramiento de una carretera existente o en la construcción de una nueva carretera deberá basarse no solamente en los volúmenes normales actuales, sino en los incrementos del tránsito que se espera utilicen la nueva carretera.

Los volúmenes de tránsito futuro para efectos de proyecto se derivan a partir del tránsito actual del incremento del tránsito esperado al final del año del período de diseño.

Es de nuestro conocimiento que el estudio de tránsito provee información importante para el diseño geométrico de la carretera; y es un factor que ayuda a determinar las características físicas de vehículos tales como radio de giro mínimo, velocidad máxima, distancia entre ejes, potencia, longitud total, anchura total, altura total que afectan el diseño geométrico en forma directa ya que estos elementos pueden considerarse como factores del diseño.

Otras características físicas como el peso del vehículo está relacionado en el diseño del pavimento que este estudio se realizó especialmente para eso, para determinar el vehículo de diseño y así diseñar la estructura de pavimento.

### III.6 Evaluación de impacto ambiental

La evaluación de impacto ambiental es de importancia fundamental debido a que la búsqueda al formular, diseñar y ejecutar todo proyecto de ingeniería es la confortabilidad para los seres humanos y en ello es indispensable la mitigación de posibles daños que pueda causar la realización de un proyecto, ya que si se destruye o desgasta el ambiente se pierde la confortabilidad para la humanidad. Por ello es que así como es importante la realización de un proyecto es también importante el cálculo de los posibles daños ambientales o mitigación del mismo ante cualquier ejecución de proyecto.

La calidad de administración, formulación y ejecución de un proyecto es considerable de acuerdo a la clase de medición que se tenga sobre el ambiente y como valore las posibles repercusiones al ambiente.

Se presentan tablas que por sí solas establecen los tipos de afectaciones, causas, efectos, las medidas de mitigación y su costo, incluyendo el responsable de la aplicación de la medida en todo proyecto de construcción vial.

#### III.6.1 CALIDAD AMBIENTAL DEL SITIO SIN CONSIDERAR EL PROYECTO

Tabla. III.6.1

FACTORES AMBIENTALES	ALTERACIONES AMBIENTALES		VALORACIÓN DE LA CALIDAD AMBIENTAL DEL FACTOR
	CAUSAS ESPECIFICAR LAS ACCIONES QUE GENERAN EL DETERIORO DE LA CALIDAD AMBIENTAL EN CASO QUE LA VALORACIÓN SEA MALA	EFECTOS ESPECIFICAR LOS EFECTOS QUE SE OBSERVAN EN EL MEDIO AMBIENTE DEBIDO AL DETERIORO DE LA CALIDAD AMBIENTAL EN CASO QUE LA VALORACIÓN SEA MALA	
CALIDAD DEL AIRE	-----	-----	3
RUIDO	-----	-----	3
CANTIDAD Y CALIDAD DE LAS AGUAS SUPERFICIALES	-----	-----	3
CANTIDAD Y CALIDAD DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS	Sobre explotación de los recursos hídricos	Disminución de reservas	2
SUELOS	Afectación de suelos de calidad	Ausencia de regimenes de uso	2
CUBIERTA VEGETAL	Procesos de erosión, sedimentación, daño al hábitat y la fauna	Deforestación	2
FAUNA	-----	-----	3
PAISAJE	Modificación de la	Pérdida de la calidad	2

	topografía y vegetación existente	paisajística	
MEDIO CONSTRUIDO	-----	-----	3
POBLACIÓN	Por emigración de la población joven y adulta hacia Managua y Costa Rica	Disminución de la población	2
CALIDAD DE VIDA	-----	-----	3
CULTURA	-----	-----	3
<b>VALOR MEDIO DE IMPORTANCIA</b>			<b>2</b>

Fuente: Documentación, Alcaldía Municipal de San Marcos, Carazo

### III.6.2 IMPACTOS AMBIENTALES QUE GENERA EL PROYECTO

Tabla. III.6.2

ESTADO DEL PROYECTO	ACCIONES IMPACTANTES	EFFECTOS	FACTOR AMBIENTAL AFECTADO	VALORACIÓN DEL IMPACTO
Construcción	Trabajos preliminares	Producción de polvo	Calidad del aire	3
		Producción de ruido	Ruidos	3
		Producción de excretas humanas	Suelos o agua superficial	3
	Infraestructura horizontal	Riesgos de accidentes	Población	3
		Ruido	Ruido	3
		Producción de desechos	Suelo	3
		Emisión de polvo	Calidad del aire	3
	Funcionamiento	Reducción del 1% de beneficiarios del proyecto calculados en el diseño	Sostenibilidad	2
	Deterioro del servicio	Calidad de vida	2	
<b>Valor medio de importancia<sup>10</sup></b>				<b>3</b>

Fuente: Documentación, Alcaldía Municipal de San Marcos, Carazo

<sup>10</sup> Se calcula de la columna valoración del impacto el promedio en números enteros

### III.6.3 PROGRAMA DE MITIGACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES GENERADOS POR EL PROYECTO.

Tabla. III.6.3

ACCIONES IMPACTANTES	EFFECTOS	MEDIDAS DE MITIGACIÓN	COSTO DE LA MEDIDA	RESPONSABLE POR EL CUMPLIMIENTO DE LA MEDIDA
Trabajos preliminares	Producción de polvo	Humedecer la tierra	Indirecto	Contratista
Limpieza y descapote	Producción de ruidos	Ubicar sitio receptor de desechos	Indirecto M <sup>3</sup> Km	Beneficiario
	Producción de desechos orgánicos e inorgánicos	Colocación de barreras	Indirecto	Contratista
	Producción de excretas humanas	Construcción de letrina provisional	Indirecto 2245.09	Contratista
Infraestructura horizontal (Mov. De tierra, carpeta de rodamiento)	Riesgos de accidentes	Colocar señales preventivas	C / U 603.30	Contratista
	Emisión de polvo	Humedecer la tierra	Indirecto	Contratista

Fuente: Documentación, Alcaldía Municipal de San Marcos, Carazo

La valoración ambiental siguiente de las diferentes componentes tanto geológicas como del ecosistema, se ha considerado en el tramo de calle Julio César en el Municipio de San Marcos, Carazo, según parámetros que se retomaron de las normas para la evaluación de trazados de proyectos de caminos y superficies de rodamiento, excepto puentes, la cual plantea tres posibilidades de evaluación para que aplique una de ellas según las características propias del tramo en estudio.

#### III.6.4 Valoración ambiental de las componentes geológicas y del ecosistema de la zona en estudio

**Sismicidad:** Para este Municipio el trazado según su longitud no es atravesado por ninguna falla sísmica y el territorio tiene baja peligrosidad sísmica. Las intensidades esperadas pueden alcanzar hasta 3 en la escala Rischter.

**Deslizamientos:** El trazado de la infraestructura existen de forma aislada puntos que puedan ocasionar deslizamientos.

**Vulcanismo:** No existen volcanes activos donde se emplaza el proyecto y la distancia entre los volcanes con actividad y el proyecto es tal que no existe posibilidad de que el proyecto sufra consecuencias de la actividad volcánica.

**Rangos de pendientes:** Los rangos de pendientes son óptimos por estar entre el 1 y el 6%.

**Calidad del suelo:** En más del 50% del trazado del camino se localizan suelos medianamente buenos (Areno – Arcillosos, Limoso, y materiales sueltos mezclados) aunque se localizan pequeños puntos de mala calidad que exigirán el uso de material de préstamo, no hay presencia de arcillas plásticas o expansivas.

**Sedimentación:** Aunque en el trazado de la infraestructura puede ocasionalmente existir acumulación de depósito en cuantías insignificantes debido a la ausencia de la erosión por la buena estabilidad del suelo, la acumulación no altera la topografía. Y si se presentara, los procesos de depósitos de sedimentos que se presentan pueden ser mitigados con medidas medianamente costosas.

**Hidrología superficial:** Aunque existen formas de aguas superficiales (ríos arroyos, quebradas, etc) que atraviesan el trazado en densidades entre 2 y 3 por cada 2 kilómetros, los cuales no son significativos y pueden ser canalizados por obras de drenajes normales, o debido a la cota altimétrica del trazado, las aguas pudieran de forma excepcional alcanzar el trazado, pero sin peligros de inundación y daños a la infraestructura. Los porcentajes de pendientes permitirían el drenaje de grandes lluvias sin causar daños.

**Hidrología subterránea:** No existen flujos de aguas subterráneas en el sitio y si existieran se sitúan a profundidades que no afecta el terraplén.

**Mar y lagos:** El trazado se encuentra a más de 2Km del mar y/o a alturas mayores de 3 metros con respecto a la cota de rebalses de lagos y embalses en general.

**Áreas frágiles:** El trazado se encuentra a distancias mayores de 1Km de zonas ambientales frágiles.

## Capítulo IV

### Memoria de cálculo del diseño

#### IV. 1 Diseño de espesor de pavimento

**Clasificación del Suelo de Sub rasante** (ver clasificación de suelo, tabla 19)

Tabla. IV.1.1

Sondeo	Muestra	I.G	Tipo de Suelo	CBR
S - 1	1	10	A - 5	3
S - 2	1	14	A - 7 - 5	3.7
	2	9	A - 7 - 5	5.9
S - 3	1	10	A - 7 - 5	5.4
	2	2	A - 5	6.4
S - 4	1	8	A - 7 - 5	6.4
	2	11	A - 5	2.4
S - 5	1	5	A - 5	4.7
S - 6	1	8	A - 5	3.4
	2	11	A - 5	2.4
S - 7	1	13	A - 7 - 5	4.3
	2	7	A - 7 - 5	7.1

Fuente: Propia

### Cálculo de Porcentaje

Tabla. IV.1.2

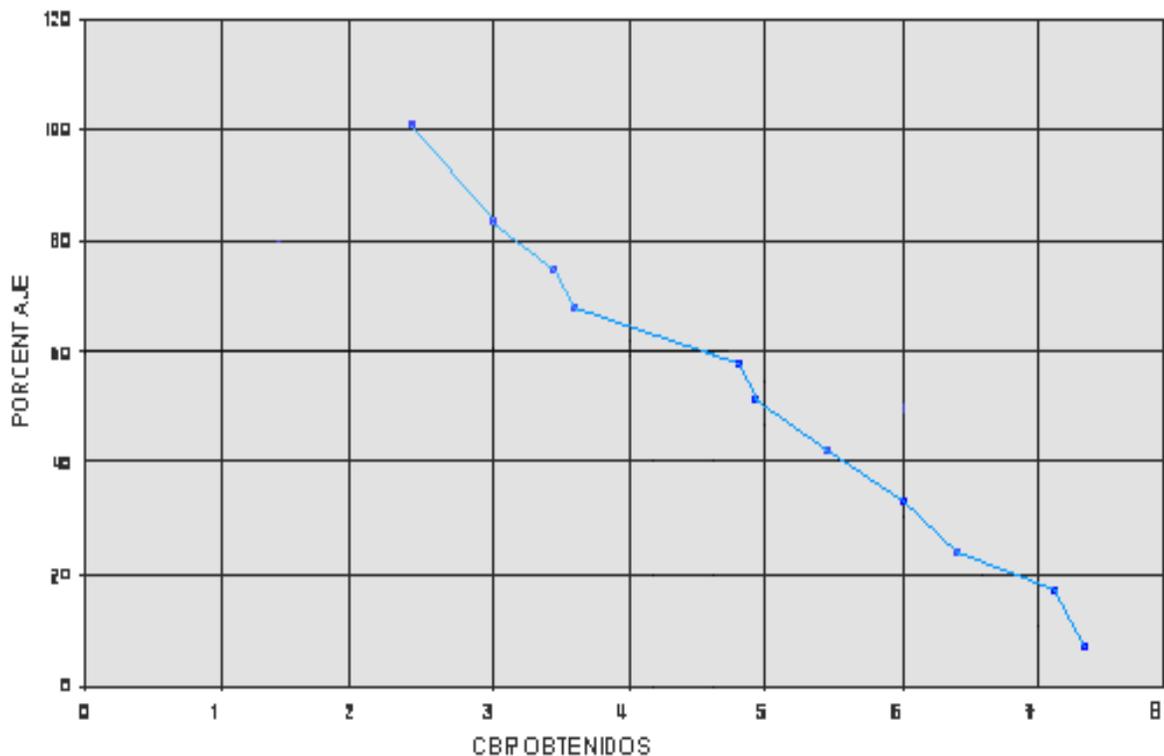
CBR Obtenidos	CBR ordenado	Mayores o Iguales	Porcentaje
3	2.4	12	100
3.7	2.4	12	100
6	3.0	10	83.33
5.4	3.4	9	75
6.4	3.7	8	66.66
7.1	4.8	7	58.33
2.4	4.9	6	50
4.9	5.4	5	41.66
3.4	6	4	33.33
2.4	6.4	3	25
4.8	7.1	2	16.66
7.3	7.3	1	8.33

Fuente: Propia

**Calculo del CBR de diseño para un 5% correspondiente a tránsito liviano.**

Gráfica. IV.1.3

### CBR DE DISEÑO



Fuente: Propia

## **Cálculo de Espesor de Pavimento Condiciones**

- a) La sub rasante es compactada al 90% de la densidad máxima AASHTO estándar. (Ver tabla, resultados de laboratorio, Sección anexos)
- b) La Sub rasante tiene un CBR = 5% (ver tabla IV.1.3, pág. 84) y un Índice de Grupo (IG) = 9 (ver tabla anexos)
- c) Se puede adoptar, en función de la región, una carga máxima de cinco toneladas por rueda y el tránsito actual para el vehículo de diseño es de 11 vehículos por hora. (Ver Pág.69).
- d) La intensidad de lluvia media anual de la región es de 1650mm / año. (Ver tabla 15, sección anexos)
- e) Se dispone de un yacimiento de material de banco para base que tiene un CBR = 80, y un Índice de Grupo (IG) = 0 y pertenece a una clasificación de A – 2 – 4 y además con un límite líquido de 20 y un índice de plasticidad de 5, llena el requisito del método de  $LL \leq 25$  y  $IP \leq 6$

### **Sub rasante**

CBR = 5%

IG = 9 (Ver tabla 13, sección anexos)

A lo que corresponde un IS = 6 (Ver tabla 14, sección anexos)

Por tanto  $IS = (6 + 5) / 2 = 5.5$ , no cumple con que el IS que se debe adoptar no debe ser superior al valor CBR

Por lo tanto IS = 5

### **Base**

CBR = 80

IG = 0 (Ver tabla 13, sección anexos)

Corresponde a un IS = 20 (Ver tabla 14, sección anexos)

Por tanto  $IS = (80 + 20) / 2 = 50$  Cumple con que IS no debe ser superior al CBR por tanto el IS adoptado es de 20, ya que las tablas no proporcionan información para 50.

De acuerdo a los espesores debido a los Índices de Soporte de la sub rasante y del material para base respectivamente se tiene:

$H_{SR} = 46\text{cm}$  (Ver tabla 17, sección anexos)

$H_{Base} = 21\text{cm}$  (Ver tabla 17, sección anexos)

Teniendo una consideración de 20% debido a la intensidad de lluvia, y con un incremento de tránsito de  $11 \times 1.5 = 17$  vehículos comerciales por día, es decir, un tránsito con una carga máxima de cinco toneladas, se tendrá:

El Pavimento dimensionado de la siguiente manera:

Espesor Pavimento =  $46\text{cm} + 46\text{cm} \times 20\% = 55\text{cm}$  (ver formulario, sección anexos)

Espesor Base + Adoquín =  $21\text{cm} + 21\text{cm} \times 20\% = 25\text{cm}$  (ver formulario, sección anexos)

Espesor Sub Base =  $55\text{cm} - 25\text{cm} = 30\text{cm}$

**El pavimento estará constituido por:**

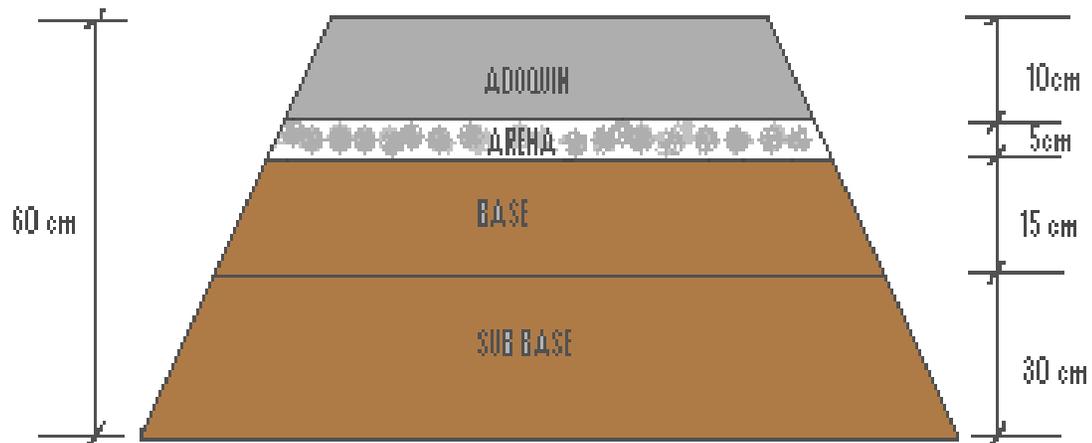
Capa de rodamiento = 10 cm

Revestimiento = 2" = 5cm (Arena)

Base = 15cm (Material de banco IS = 50)

Sub base = 30cm (Material de banco IS = 50)

Fig. IV.1.1



En la sub base (30cm) se usará el material selecto del banco de préstamo "El Rosario", mismo que se estableció para la base (15cm), debido a que el CBR del suelo natural es muy bajo, como parte de la garantía del funcionamiento correcto de la estructura (Los primeros 45cm del espesor del pavimento forman un mismo estrato).

## IV. 2 Diseño hidráulico

### Características de la zona

De acuerdo a la inspección de campo y los datos registrales de pluviosidad recopilados de la estación de Masatepe se han resumido las siguientes características:

Pluviosidad:	1650mm/año
Temperatura media:	22°C
Altitud:	550 a 650 msnm
Tipo de terreno:	Suave Ondulado
Topografía longitudinal:	Pendientes suaves (1% a 4%)
Vegetación:	Bosques y cultivos ralos
Suelos predominantes:	Arcillo limosos (Ver tabla 19, sección anexos)

### DATOS GENERALES

Tabla. IV.2.1

ESTACION	PENDIENTE	LONGITUD(m)	TIPO CUNETTA
0+000-0+155.55	3.067 (%)	155.55	Cuneta de bordillo
0+155.55-0+202.5	1.935(%)	46.95	Cuneta de bordillo
0+202.5-0+275	0.468(%)	72.5	Cuneta de bordillo
BOCA CALLE 1			
0+000-0+047	1.462(%)	47	Cuneta de bordillo
BOCA CALLE 2			
0+790-0+023	3.161 (%)	25	Cuneta de bordillo
BOCA CALLE 3			
0+000-0+036.6	- 0.079 (%)	36.6	Cuneta de bordillo

Fuente: Propia

### Cálculo del Tiempo de Concentración e intensidad de lluvia por pendiente.

$$TC = \frac{0.01947 * L^{0.77}}{S^{0.385}} \quad (\text{ver fomulario, sección anexos})$$

$$I = \frac{1083.74}{(TC + 9.32)^{0.6189}} * 1.510 \quad (\text{ver fomulario, sección anexos})$$

Tabla. IV.2.2

Longitud	Pendiente	TC (min.)	Intensidad (mm/h)
155.55	3.067 (%)	3.6284	333.169
46.95	1.935(%)	1.7224	370.126
72.5	0.468(%)	4.1570	327.188
47	1.462(%)	1.9203	366.08
23	3.161 (%)	0.8777	388.812
36.6	- 0.079 (%)	4.8715	316.894

Fuente: Propia

### Cálculo del Caudal debido a la precipitación

$$Q_i = \frac{C * I * A}{360}$$

(Ver formulario, sección anexos)

C: coeficiente de escorrentía (Ver cuadro, pág. 54)

A: área de lotes y calles en consideración.

### Calculo del caudal debido a precipitación

Tabla. IV.2.3

C	I (mm/h)	A (Ha)	Q (m <sup>3</sup> /s)
0.40	333.169	0.6222	0.115
0.40	370.126	0.1408	0.02896
0.40	327.126	0.2175	0.0395
0.40	366.08	0.235	0.04779
0.40	388.12	0.125	0.027001
0.40	816.894	0.183	0.032218

Fuente: Propia

### Cálculo del caudal de diseño en las cunetas

$$Q_D = V * A$$

$V = 1/n * R^{2/3} * S^{1/2}$  (Fórmula de Manning), (Ver formulario, sección anexos)

$$R = A / P_c$$

P<sub>c</sub> = Perímetro mojado de la cuneta

A= área de las secciones de cunetas.

n = 0.015 canales de concreto (Ver Tabla III.2.4, Pág. 55)

$A = C * a^{3/4}$  (Formula aproximada de A.N. Talbot) (Ver formulario, sección anexos)

a: mayor área de lotes y calles

C: Coeficiente según tipo de terreno.

C= 0.12 terreno ondulado con pendientes moderadas.

### Calculo del caudal según sección de cunetas

Tabla. IV.2.4

A (m <sup>2</sup> )	V(m/s)	Q(m <sup>3</sup> /s)
0.0841	3.6049	0.303172
0.0841	2.4633	0.240804
0.0841	1.4059	0.118236
0.0841	2.4849	0.208980
0.0841	3.6539	0.307293
0.0841	0.5776	0.048576

Fuente: Propia

Los caudales producidos por las cunetas con las dimensiones propuestas y las características propias de la misma y del sitio, efectivamente resultan ser mayores que los que producen debido a la precipitación de la zona, lo que hace indicar que las dimensiones propuestas de la cunetas efectivamente reúne holgadamente la capacidad para drenar el agua que se transportara a lo largo de la villa.

## Capítulo V

### ELABORACIÓN DE PLANOS

Con los datos topográficos recopilados en el campo y el trabajo de gabinete se elaboraron los planos utilizando el programa AUTO CAD 2006 realizándose los siguientes planos:

Tabla. V.1

Descripción	Cant.	Núm.
Sección típica de calle	1	1/19
Vista en planta	1	2/19
Perfil longitudinal del eje principal	5	3 – 4/19, 13/19, 16 /19, 18/19
Secciones transversales	12	5 – 12 /19, 14 – 15/19, 17/19, 19/19

Fuente: Propia

## Capítulo VI

### Estimación de la cantidad de materiales y volúmenes de tierra a remover

El cálculo de movimiento de tierra fue desarrollado en base a la modulación digital del terreno natural y los nuevos niveles de acuerdo a los diseños de la vía.

La información se procesa en la computadora en hojas de cálculo electrónico en AutoCad.

El cálculo de los volúmenes se basa en la información que se registra en cada sección transversal donde se generan áreas positivas y negativas las que por efecto de convención son las de corte y relleno respectivamente. De aquí resultan las estimaciones de los volúmenes totales de corte y relleno en la sub rasante.

#### VI.1 Movimiento de tierra

##### Eje principal

Tabla. VI.1

Estación	Área (m <sup>2</sup> )	Volumen (m <sup>3</sup> )
0+000	4.428	
0+010	4.270	43.532
0+020	4.118	41.981
0+030	3.802	39.601
0+040	3.433	36.177
0+050	3.680	35.565
0+060	3.898	37.887
0+070	2.624	32.606
0+080	2.934	27.788
0+090	3.413	31.733
0+100	3.841	36.271
0+110	4.784	43.127
0+120	5.688	52.360
0+130	5.551	55.997
0+140	5.358	54.345

0+150	6.157	57.571
0+154.981	6.311	31.050
0+156.529	5.736	9.838
0+160	5.801	20.021
0+170	5.774	57.878
0+180	5.752	57.633
0+190	5.217	54.845
0+200	4.654	49.356
0+210	5.783	52.186
0+220	7.081	64.319
0+230	6.604	68.427
0+240	5.318	59.612
0+250	5.473	53.955
0+260	5.618	55.457
0+275	4.543	50.806

### Eje 1

Estación	Área (m <sup>2</sup> )	Volumen (m <sup>3</sup> )
0+000	2.738	
0+010	2.802	27.699
0+020	2.867	28.343
0+030	3.242	30.543
0+040	3.609	34.250
0+047	3.863	26.153

### Eje 2

Estación	Área (m <sup>2</sup> )	Volumen (m <sup>3</sup> )
0+000	5.852	
0+010	4.942	53.971
0+020	4.230	45.862
0+023	4.044	12.412

### Eje 3

Estación	Área (m <sup>2</sup> )	Volumen (m <sup>3</sup> )
0+000	3.709	
0+010	4.908	43.087
0+020	4.312	46.099
0+030	4.165	42.382
0+036.6	3.871	26.519

Fuente: Propia

**El total de tierra en corte del suelo natural = 1730m<sup>3</sup> compacta**

Las elevaciones de las estaciones cada 10m se calcularon interpolando con el fin de obtener cálculos de volúmenes más precisos.

## VI.2 Estimación de cantidades de materiales

Descripción de la obra y espesor de diseños de pavimentos.

- Tipo de obra = tramo de calle
- Longitud del pavimento =  $L=381.6\text{m}$
- Ancho del pavimento =  $a = 6\text{m}$
- Area del pavimento =  $A = L*a = 2289.6\text{m}^2$
- Numero de adoquines en un  $\text{m}^2 = n = 25$  unidades
- Factor de desperdicio de adoquines = 1.05
- Total de adoquines =  $A*n*1.05 = 60102$  unidades
- Espesor de la base granular=  $E_{bg} = 0.45\text{m}$

### Capa de rodadura

- Área de adoquines =  $A = 2289.6\text{m}^2$
- Total de adoquines para la obra = 60125 unidades
- Factor de desperdicio de la arena = 1.2
- Volumen de arena para la capa =  $V_{ac} = A*0.05\text{m}^3/\text{m}^2 * 1.2 = 137\text{m}^3$
- Volumen de arena para el sello =  $V_{as} = A*0.005\text{m}^3/\text{m}^2 * 1.2 = 14\text{m}^3$

### Base granular

- Volumen de base granular= $V_{bg} = 1030.32 \text{ m}^3$  compacto
- Factor de desperdicio del material de banco = 1.1
- Volumen de corte =  $V_{bg} * 1.1 = 1030.32\text{m}^3 * 1.1 = 1133.352\text{m}^3$  en banco

### Cunetas

-Volumen de concreto =  $76.7\text{m}^3 * \text{Factor de desperdicio} = 76.7\text{m}^3 * 1.3 = 99.71 \text{ m}^3$

Para una resistencia de 3000PSI, la proporción para la cuneta sería:

- 782.72 bolsas de cemento
- 43.87  $\text{m}^3$  de arena
- 65.81 $\text{m}^3$  de grava de  $\frac{1}{2}$ "

## **Capítulo VII**

### **Determinación de la duración y costo del proyecto**

#### **VII.1 Determinación de la duración**

En este capítulo se presenta la duración del proyecto, en base a la duración de cada actividad, tomando en cuenta la secuencia lógica (antes durante y después) al momento de la ejecución, la cual depende de las cantidades de obra a ejecutar por cada actividad y de las respectivas normas de rendimiento horarias establecidas para cada unidad de obra.

**Tabla de duraciones de actividades por cantidades de obra**

Tabla. VII.1

Actividad	U/M	Cantidad	NRH	Rendimiento para 1 día (8h)	Fuerza/Trabajo	Duración (días)	
Limpieza Inicial	M <sup>2</sup>	836.15	30	240	3 ayudantes	1	
Trazo y Nivelación	ML	381.6	6.831	54.48	6 oficiales	1	
Movilización de equipos	GLB	-	-	-	Rastras para acarreo de equipo pesado	2	
Corte	M <sup>3</sup>	1730	49.5	396	1 tractor D-85-A	4	
Carga	M <sup>3</sup>	2249	26025	2080	1cargador internacional H-65-C de 2.5m <sup>3</sup>	1	5
Botado de tierra	M <sup>3</sup>	2249	25.05	200.04	4 volquetes Maz de 5m <sup>3</sup>	4	
Explotación de banco	M <sup>3</sup>	1133.352	41.25	330	1 tractor D-85-A	3	
Carga	M <sup>3</sup>	1473.362	260	2080	1cargador internacional H-65-C de 2.5m <sup>3</sup>	1	5
Acarreo de material selecto	M <sup>3</sup>	1473.362	6	48	8 volquetes Maz de 5m <sup>3</sup>	4	
Escarificación	M <sup>2</sup>	2289.6	-	-	1 tractor D-85-A con ganchos traseros	1	
Conformación	ML	381.6	68.7	549.6	1 motoniveladora. Caterpillar 140-B	1	
Compactación (6 pasadas)	M <sup>2</sup>	4579.2	575	4600	1 compactadora. de rodillo metálica de 16ton	1	
Desmovilización	GLB	-	-	-	Rastras para acarreo de equipo pesado	2	
Construcción de cuneta y bordillo	ML	763.2	0.87	6.96	10 oficiales y 5 ayudantes	10	12
			13.54	108.35	4 ayudantes	2	
Adoquinado	M <sup>2</sup>	2289.6	3.16	25.28	7 oficiales y 3 ayudantes	13	16
Colchón de arena			24.82	198.56	4 oficiales	3	
Señalización	-	-	-	-	2 oficiales y 2 ayudantes	1	
Limpieza final y entrega	M <sup>2</sup>	2289.6	5.42	43.36	10 ayudantes	5	

Fuente: Propia



## VII.2 Determinación del costo

Aquí se determina el costo de la ejecución del proyecto mediante el establecimiento de un monto el que se considera costo para la licitación, este se calcula partiendo del costo establecido para cada actividad debido a las cantidades de obras, considerado hasta allí un costo directo y se le suma a ello la estimación de lo considerado costo indirecto para que así resulte el monto con el que se licitará el proyecto.

Tabla. VII.1.2

<b>Proyecto: Adoquinado Calle Julio César Pérez</b>					
<b>Estimaciones de volúmenes y presupuesto de costo</b>					
<b>Cod.</b>	<b>ACTIVIDAD</b>	<b>U/M</b>	<b>Cant.</b>	<b>C/Unit.</b>	<b>C/Total</b>
<b>250</b>	<b>Preliminares</b>				
1	Limpieza inicial				
92224	Limpieza inicial	M <sup>2</sup>	836,15	4,855	4059,51
2	Trazo y Nivelación				
92018	Trazo Para Adoquinado	M <sup>2</sup>	2633,04	3,6385	9580,316
<b>251</b>	<b>Movilización Y Desmovilización</b>				
1	Movilización Y Desmovilización De Equipo				
92641	Movilización Y Desmovilización De Equipo	KM	36	728,77	26235,7
<b>260</b>	<b>Movimiento De Tierras</b>				
1	Acarreo De Materiales				
92641	Acarreo De Materiales Selecto A 13 km	M <sup>2</sup>	1473,362	153,1	225571,7
2	Corte				
92449	Corte o Excavación Con Equipo	M <sup>2</sup>	1730	17,3	30084,7
3	Relleno				
94254	Relleno y Compactación Con Equipo	M <sup>2</sup>	1030,32	99,69	102713
5	Escarificar, Conformación y Compactación				
95149	Escarificar Terracería con Maquinaria Hasta 20 cm	M <sup>2</sup>	2289,6	2,14	4899,74
92035	Conformación y Compactación (para adoquines)	M <sup>2</sup>	2289,6	1,15	2633,04
6	Botar Tierra Sobrante de Excavación				
93225	Botar Tierra Sobrante de Excavación a 3km c/equipo	M <sup>3</sup>	2249	34,2	76915,8
12	Explotación De bancos				
92012	Explotación De bancos	M <sup>3</sup>	1133.352	44,55	50490.832
<b>270</b>	<b>Carpeta De Rodamiento</b>				
1	Adoquinado				
95167	Adoquinado De 3500 psi (con cama de arena de 5cm)	M <sup>2</sup>	2289,6	201,39	461102,5
<b>280</b>	<b>Cunetas</b>				

1	Cunetas				
92082	Cuneta De Caite 50*30 De Concreto De 3000 psi	ML	763,2	215,0705	164142
6	Viga de remate para adoquines				
92037	Viga de remate transversal para adoquines 15*30cm	ML	24	149.34	3584.16
<b>291</b>	<b>Señalización Horizontal y Vertical</b>				
3	Señales de prevención				
2828	Señales de Transito de prevención (estándar)	C.U.	5	601,45	3007,25
<b>201</b>	<b>Limpieza Final y Entrega</b>				
92039	Limpieza de Trabajos	M2	2289,6	6,55	14996,9
	C-DIRECTO TOTAL			C\$	1180017.192

Fuente: Propia

### Costo Total De La Obra

<b>Costos Indirectos</b>	<b>C/total</b>
Administración ( 8% )	94401.375
Elaboración De Contrato (1%)	11800.172
Finanzas (2%)	23600.344
Utilidad (10%)	118001.719
Imprevisto (2%)	23600.344
C-Indirecto Total	C\$ 271403.954
<b>Cost. Ind. + Cost.dir.</b>	
<b>Costo Total de La Obra</b>	<b>C\$ 1451421.146</b>

## Conclusiones

En el presente trabajo se han presentado los elementos necesarios para obtener un diseño de estructura de pavimento para una calle urbana de 381.6m en el Municipio de San Marcos, Departamento de Carazo con la inclusión del diseño de cunetas de bordillo para la protección del mismo y el respectivo cálculo del costo del proyecto si se ejecutara actualmente y la duración del mismo, lo cual para ello ha sido necesario recurrir a las distintas especialidades de la Ingeniería Civil.

El estudio en su conjunto se ha presentado de forma sencilla, ordenada y detallada, mismo que contiene un abordaje teórico de los principales significados técnicos utilizados y un contenido teórico sobre lo que ha sido la implementación de adoquines según la experiencia de pavimentos de adoquines de concreto en Nicaragua.

### Evaluación preliminar:

De acuerdo con la inspección del sitio y la valoración sobre el estado físico de las calles las cuales se encuentran evidentemente en mal estado en su mayoría con cunetas a base de piedra cantera, mismas que serán usadas si cumplen con la capacidad hidráulica y ancho de carril, de lo contrario serán removidas y no utilizadas.

### Condiciones y accesibilidad:

Se pudo observar que existe accesibilidad al sitio todo el tiempo (verano e invierno) y aparentemente no existen mayores dificultades para la ejecución de las nuevas obras.

### Diseño de espesor de pavimento:

- ✓ Se realizaron sondeos a cada 50m, el material de Banco que se usará es el de "El Rosario", el dueño del Banco es el señor Antonio Selva y su localización es partiendo del Km 51.2 de la carretera Jinotepe – Nandaime, se recorren unos 200m hacia el Norte y después unos 50m hacia la izquierda.
- ✓ Se consideró un tránsito medio con un camión de diseño con una carga máxima por rueda de 5 toneladas equivalentes a 9000 libras por rueda.
- ✓ El revestimiento de arena será de la arena Motastepe.

- ✓ El espesor final del pavimento es de 0.60m correspondiente a la utilización de adoquines de 20cm x 20cm x 10cm tipo cruz por ser el más usado en nuestro país.
- ✓ El espesor de la base es de 15cm compactado y la arena es de 5cm compactada.
- ✓ El espesor de la sub base es de 30cm compactado del mismo material de base.

#### Diseño hidráulico:

- ✓ Se definió el área de la localidad, coeficientes de escorrentía, tiempo de concentración según los datos registrales de pluviosidad de la estación de Masatepe para un período de retorno de 10 años y conforme a las pendientes para, así, tener disposición al diseño hidráulico.
- ✓ Los caudales y velocidades cumplen con los criterios y límites teóricos.
- ✓ Se propuso un solo tipo de cuneta; cuneta de bordillo.
- ✓ El sistema de drenaje previsto que se ha calculado, son las obras mínimas para mantener circulable la vía.
- ✓ Se mantendrá un buen sistema de drenaje en la vía o en los accesos de tal forma que no se permita estancamientos en las aguas que saturen los suelos con bombeo de al menos 2.5% y la pendiente longitudinal ideal que posee el terreno.

#### Costo

Sumando los costos producidos de las cantidades de obra por actividad se obtuvo el costo directo del proyecto de C\$ 1180017.192 a esto se le suma, mediante estimaciones porcentuales del costo directo, un costo indirecto de C\$ 271403.954 lo que permite el monto de C\$ 1451421.146 considerado precio base para la licitación del proyecto.

#### Duración del proyecto

La ejecución del proyecto durará 32 días hábiles, sin consideraciones de atrasos por el clima u otros factores, presentándose para ello la secuencia lógica en la ejecución de cada actividad, especificándose el comienzo y fin de cada actividad con la respectiva duración de cada una.

Es muy necesario concluir que prácticamente todas las actividades del proyecto en mención son críticas debido a que con la detención de una

actividad se produce atraso en el proyecto, ya que la características de las actividades, con respecto al proyecto en su conjunto, dependen la una de la otra.

### Diseño Vial:

- ✓ El diseño vial, básicamente consistió en definir dos carriles de circulación con un ancho total de rodamiento de 6mts, una estructura de rodamiento definida con adoquines de concreto de 3500 PSI, una capa de 5cm de arena, una capa de base de material seleccionado y una capa de sub - base de material de banco, mismo usado para la base, no será usado el suelo natural para la sub base por poseer un CBR muy bajo, no recomendable para la garantía funcional del proyecto. La rasante de la vía esta restringida en forma general a los alineamientos horizontales y verticales de las cunetas existentes.
- ✓ La pendiente máxima de rasante es de 3.161% y la pendiente mínima correspondiente a - 0.079% la pendiente transversal es de 2.5%.
- ✓ Se diseñó la vía para una velocidad de 40 km/h y una distancia de visibilidad de parada de 40m.
- ✓ Con las condiciones geométricas propuesta en el diseño, la vía actualmente trabajaría en un nivel de servicio A, considerando las normas de diseño de vías urbanas se diseña para un nivel de servicio B en un periodo de 10 años; por tanto, para que la vía funcione en un nivel de servicio B tendrían que pasar 59 años desde su proyección.
- ✓ Se propuso la cuneta de bordillo como único tipo.
- ✓ La vía corresponde a un sistema de clasificación de calle colectora, de terreno plano.

### Estudios de suelo:

Los estudios de suelo se orientaron en dos sentidos: uno sobre los sondeos de la línea a lo largo de la calle y otro en el estudio del banco de préstamo para la clasificación, determinación de límites, CBR y diseño de la estructura de rodamiento a base adoquines.

### Impacto Ambiental

- ✓ En forma general el diseño de las nuevas obras son orientadas a la construcción de una calle de adoquines en la que se prevé obras de protección contra la erosión. En ese sentido las afectaciones del medio son generalmente temporales, principalmente durante la ejecución de la obra, como por ejemplo el polvo durante la ejecución, lo cual se puede mitigar con medidas preventivas.
- ✓ El principal impacto positivo en el ambiente sería el mejoramiento del drenaje superficial de la vía ya que las aguas residuales de las casas son vertidas en las calles evitando charcas que conllevan a distintas enfermedades y proliferación de vectores.

## Recomendaciones

- ✓ Cumplir con las diferentes normas, criterios y especificaciones técnicas para la construcción de carreteras y principalmente las presentadas en el NIC 2000.
- ✓ Por cualquier circunstancia que se presente sobre la calidad del tipo de suelo de la superficie actual ya sea por mezclas o contaminación con otro tipo de suelo, partículas con sobre tamaño excesivo u otra razón en que se advierta incertidumbre sobre las cualidades y calidad del mismo este deberá ser sustituido por el material del Banco "El Rosario".
- ✓ Antes de la colocación de las capas de arena y el adoquín, deberá primero ser retirado todo material de origen orgánico o partículas mayores de 2 pulgadas.
- ✓ La capa de arena que servirá de colchón a los adoquines deberá ser lavada, dura, angular y uniforme y deberá no contener más del 4% de limo o arcilla en peso. La granulometría deberá ser tal que pase totalmente por el tamiz N° 4 y no más del 15% sea retenido por el tamiz N° 10. La capa no deberá ser mayor de 5cm y menor de 3cm.
- ✓ Las unidades de adoquín no deberán tener fisuras en la superficie ni cavidades.
- ✓ Se recomienda no usar, en su mayoría, las cunetas de piedra cantera existentes ya que estas no definen el ancho de carril establecido de 3 mts para el funcionamiento vial de la calle en su condición. A menos que estas se corten cada 1.5m y se injerten en la vía de tal forma que cumpla con el ancho de carril establecido para este tramo.
- ✓ Conservar una cuadrilla de mantenimiento preventivo que reencarguen de restaurar las deficiencias que se puedan presentar en la construcción y preserven la geometría transversal de la vía.
- ✓ Se deberá reponer la arena que por alguna circunstancia se pierda o se contamine con otros suelos por sedimentación. Este mantenimiento deberá hacerse regularmente cada 6 meses.
- ✓ Se deberá vigilar las sobre cargas en vehículos pesados. Los tipos de vehículos con sus respectivas cargas que circulen en la vía, deberá ajustarse a las normativas de transporte reguladas por el Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI).

- ✓ Las aguas de pluviales drenadas de la zona se depositan en un depósito natural llamado "El Comal", el cual fue diseñado para percibir las aguas de toda la ciudad es por ello que se sigue recomendando.
- ✓ En otro sentido es actualmente recomendable en obras urbanas, la construcción de lagunas de infiltración para alimentar los acuíferos que últimamente se han afectado negativamente con la deforestación y aumento del consumo.

### Clasificación y características de las carreteras

Tabla. III.4.1

CONCEPTO		UNIDAD	TIPO DE CARRETERA															
			E			D			C			B			A			
TDPA en el horizonte de proyecto		Veh/día	Hasta 100			100 a 500			500 a 1500			1500 a 3000			Mas de 3000			
TERRENO	Montañoso	-----	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Lomerío		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Plano		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Velocidad de proyecto		Km/hr	30	40	50	60	70	80	90	100	50	60	70	80	90	100	110	
Distancia de visibilidad de parada		m	30	40	55	75	95	135	155	180	40	55	75	100	135	155	180	
Distancia de visibilidad de rebase		m	-	-	-	-	-	135	180	225	180	225	270	315	360	405	450	
Grado máximo de curvatura		°	60	30	17	11	7.5	6	5	4	30	17	11	7.5	6	5		
CURVAS VERTICALES	K	Cresta	m / %	4	7	12	23	36	57	8	10	14	20	27	37	43	57	
		Columpio	m / %	4	7	10	15	20	31	43	10	15	20	30	41	55	72	97
	Longitud mínima	m	20	30	30	40	40	40	40	30	30	30	40	40	50	60	60	
Pendiente gobernadora		%	9	7	-	-	-	-	-	6	5	5	4	4	3	-	-	
Pendiente máxima		%	13	10	7	6	6	5	5	8	7	6	4	4	5	6	4	
Longitud crítica		m	Ver tabla long. crítica															
Ancho de calzada		m	4.0	4.0	4.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	
Ancho de corona		m	4.0	4.0	4.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	
Ancho de acotamientos		m	-	-	-	-	-	-	-	0.5	0.5	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	
Ancho de faja separadora central		m	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	≥1.0	≥8.0	
Bombeo		%	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	
Sobreelevación máxima		%	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	
Sobre elevaciones para grados menores al máximo		%	Ver tabla															
Ampliaciones y longitudes mínimas de transiciones		m	Ver tabla															

Fuente: Manual SIECA

### III.4.1 Aforo de tránsito.

El aforo se realizó durante tres días de las 6:00Am a las 7:00Pm, en los días de la semana que se consideraron más transitados en la calle en cuestión, además, dentro de estos días se determinaron las horas que comúnmente trafican más los vehículos, es por lo que se presentan a continuación la tabla.

Tabla. III.4.2

FLUJO (Hora : Minutos)	VEHICULOS MIXTOS
7:00am – 7:15am	1
7:15am- 7:30am	2
<b>7:30am – 7:45am</b>	4
<b>7:45am – 8:00am</b>	3
<b>8:00am- 8:15am</b>	2
<b>8:15am – 8:30am</b>	2
8:30am – 8:45am	0
8:45am – 9:00am	1
9:00am – 9:15am	1
9:15am – 9:30am	2
9:30am- 9:45am	0
9:45am - 10:00am	0

Fuente: Propia

En el día se transportan en este tramo un total de **80 vehículos mixtos por día**, esta calle se encuentra en mal estado considerada no recomendable para traficarla, es por ello que se presenta muy poco tráfico y en su mayoría los usuarios en sus vehículos prefieren usar las calles aledañas adoquinadas por el estado de la calle en estudio.

La hora de máxima demanda corresponde al periodo de: **7:30AM - 8:30AM**

**VHMD= 11 Vehículos mixtos por hora** (Ver Formulario, sección Anexos)

**FHMD= 0.55** (Ver Formulario, sección Anexos)

**Cálculo del nivel de servicio de la vía y su capacidad con las siguientes condiciones:**

Vel. Proyecto: 40km/h (Ver Tabla III.2.1, Pág. 50)

Tipo terreno: plano (Ver Tabla 11, sección anexos)

Longitud acotamiento: 0m

Longitud de rebase restringida: 20% (Ver Tabla 3, anexos)

Distribución direccional: 60/40 (Ver Tabla 4, sección anexos)

Ancho de carril: 3m

**VHMD= 11 veh/h**

**76 veh livianos = 95%**

**0 buses = 0%**

**4 camiones = 5 %**

**FHMD= 0.55**

$S_f = 2800(v/c)(fd)(fw)(fhv)$

**1. Relación (v/c)** (Ver tabla 3, Sección Anexos)

Tabla. III.4.3

<b>N.S</b>	<b>(V/C)</b>
A	0.12
B	0.24
C	0.39
D	0.62
E	1.00

Fuente: TBR, Higwy capacity manual, 1994

**2. Factor de distribución direccional (fd).** (Ver tabla 4, Sección Anexos)

60/40 → 0.94

fd =0.94

**3. Factor por ancho de carril y hombros (fw):** (Ver tabla 6, Sección Anexos)

fw A-D = 0.58

fw E = 0.75

**4. Factor de vehículos pesados (fhv):** (Ver Tabla 7, sección Anexos)

$F_{hv} = 1 / [1 + PT (ET-1) + PB(EB-1) + PR(ER-1)]$

Porcentaje de camiones: PT=0.05

Porcentaje de auto buses: PB=0

Porcentaje de vehículos recreativos: PR=0

$$\begin{array}{ll} ET_A = 2.0 & EB_A = 1.8 \\ ET_{B-C} = 2.2 & EB_{B-C} = 2.0 \\ ET_{D-E} = 2.0 & EB_{D-E} = 1.6 \end{array}$$

$$\begin{array}{l} fh_{VA} = 0.88 \\ fh_{VB-C} = 0.85 \\ fh_{VD-E} = 0.89 \end{array}$$

### 5. Nivel de Servicio (SF) (Ver Formulario, sección anexos)

$$\begin{array}{l} SF_A = 2800 (0.12) (0.94) (0.58) (0.95) = 174 \text{ Veh/h} \\ SF_B = 2800 (0.24) (0.94) (0.58) (0.94) = 344 \text{ Veh/h} \\ SF_C = 2800 (0.39) (0.94) (0.58) (0.94) = 560 \text{ Veh/h} \\ SF_D = 2800 (0.62) (0.94) (0.58) (0.95) = 899 \text{ Veh/h} \\ SF_E = 2800 (1) (0.94) (0.75) (0.95) = 1875 \text{ Veh/h} \end{array}$$

### 6. Flujo de máxima demanda actual (Ver Formulario, sección anexos)

$$FS_{\text{actual}} = VHMD/FHMD = 11/0.55 = 20 \text{ Veh/h}$$

Conclusión

$$\begin{array}{l} FS_D < FS_{\text{actual}} < FS_B \\ 11 \text{ Veh/h} < 20 \text{ Veh/h} < 174 \text{ Veh/h} \end{array}$$

**La carretera está operando en el nivel de servicio A**

**Diseño de la sección transversal proporcionado un nivel de servicio B dentro de 10 años con un porcentaje de crecimiento del 6% aplicado a zonas urbanas.**

El nivel de servicio B con las dimensiones antes propuestas proporciona un tránsito de 344 Veh/h

Proyección para 10 años

$$\begin{array}{l} P_i = P_0 (1 + i)^n \text{ (Ver Formulario, sección anexos)} \\ P_{10} = 11 (1+0.06)^{10} \\ P_{10} = 20 \text{ Veh/h} \end{array}$$

**Con las condiciones planteadas, para una proyección de 10 años, la vía estaría funcionando en el nivel de servicio A en dicho periodo.**

**Según la proyección con una tasa de incremento del 6% y un tránsito promedio diario de 11 veh/hr deberán de pasar 59 años desde su planeación para que la vía empiece a funcionar en el nivel de servicio B**

## III.5 Estudio de suelo

### III.5.1 Investigación de Campo

#### III.5.1.1 Sondeos Manuales

En la siguiente tabla se presentan los sondeos, la posición en la que se tomaron, su identificación y la profundidad en la que se recopiló cada muestra.

Tabla. III.4.4

Estacionamiento	Desviación	Sondeo	Muestra	Profundidad (m)
0+000	Derecha	S – 1	1	0.0 – 1.5
0+000	Izquierda	S – 2	1	0.0 - 0.5
			2	0.5 - 1.5
0+050	Izquierda	S – 3	1	0.0 – 0.25
			2	0.25 - 1.5
0+100	Derecha	S – 4	1	0.0 - 0.9
			2	0.9 – 1.5
0+150	Izquierda	S – 5	1	0 – 1.5
0+200	Derecha	S – 6	1	0 – 0.5
			2	0.5 – 1.5
0+250	Izquierda	S – 7	1	0 – 1.0
			2	1.0 - 1.5

Fuente: Propia

### III.5.2 Ensayes de Laboratorio

Las pruebas obtenidas en el campo fueron analizadas en el laboratorio IMS “INGENIERÍA DE MATERIALES Y SUELOS” realizándose las pruebas de granulometría, límites de consistencia, clasificación y las pruebas de CBR para el material de banco y sometimos a revisión estos datos.

Se practicaron ensayos de humedades de las muestras alteradas. Es importante señalar que las muestras correspondientes fueron recolectadas en temporada con considerables precipitaciones, siendo esto factor de contenido de humedad de las muestras.

Se nota buen escurrimiento pluvial propio de las pendientes en los accesos viales. Es decir se observó poco estancamiento de las aguas, esto muchas veces, es otro factor en los contenidos de humedad de las muestras.

#### Pruebas de CBR

Con el objetivo de obtener una caracterización completa de los componentes estructurales de las capas de la vía, se procedió a obtener y realizar muestras para CBR de la siguiente manera:

La fuente de materiales es el Banco “ El Rosario”, en el que se observó un volumen aproximado de 40000 m<sup>3</sup>. El dueño del Banco es el señor Antonio Selva y su localización es partiendo del Km 51.2 de la carretera Jinotepe – Nandaime, se recorren unos 200m hacia el Norte de camino de tierra y después unos 50m hacia la izquierda.

Las muestras tomadas de este Banco, acusan un material clasificado A – 2 – 4 (0). Las muestras arrojan un CBR 80%, respectivamente. Las cualidades físico - mecánicas de lo componente areno gravoso son suficientes para componer la base estructural da la vía. No se observó hinchamiento en las muestras sometidas a las pruebas de penetración.

#### Cálculos para clasificación de suelo

##### Tipos de ensayos efectuados.

- Granulometría
- Límites de attemberg
- Clasificación H. R. B.

##### Designación ASTM

- D – 422
- D – 423 y D – 424
- D – 3282

**Clasificación de suelos** (Ver tabla 19. sección anexos) (Ver Pags. 42, 43 y 43)

**Sondeo I** (Revisar tabla de resultados de laboratorio. sección anexos)

Muestra 1

IP=6

$35 \leq 73 \leq 75 \rightarrow a=38$

$73 \leq 55 \rightarrow b=40$

LL=55  $\rightarrow c=15$

$6 \leq 10 \rightarrow d=0$

IG=10

CBR=3

Tipo: A-5

Descripción: Limos muy compresibles, limos micáceos

Calidad: Regular a pobre

**Sondeo II** (Revisar tabla de resultados de laboratorio, sección anexos)

Muestra 1

IP= 6

$84 \geq 35 \rightarrow a=40$

$84 \geq 15 \rightarrow b=40$

$79 \geq 60 \rightarrow c=20$

$10 \leq 16 \leq 30 \rightarrow d=6$

IG=14

CBR=3.7

Tipo: A-7-5

Descripción: Arcilla de alta compresibilidad, Arcillas limosas de alta compresibilidad.

Calidad: Regular a pobre.

Muestra 2

IP=15

$35 \leq 57 \leq 75 \rightarrow a=22$

$57 \geq 55 \rightarrow b=40$

$79 \geq 60 \rightarrow c=20$

$10 \leq 15 \leq 30 \rightarrow d=5$

IG=9

CBR=6

Tipo: A-7-5

Descripción: Arcilla de alta compresibilidad, Arcillas limosas de alta compresibilidad.

Calidad: Regular a pobre

**Sondeo III** (Revisar tabla de resultados de laboratorio. sección anexos)

Muestra 1

IP=11

$35 \leq 66 \leq 75 \rightarrow a=31$

$66 \geq 55 \rightarrow b=40$

$75 \geq 60 \rightarrow c=20$

$10 \leq 11 \leq 30 \rightarrow d=1$

IG=10

CBR=5.4

Tipo: A-7-5

Descripción: Arcilla de alta compresibilidad, Arcillas limosas de alta compresibilidad.

Calidad: Regular a pobre

Muestra 2

IP=8

$35 \leq 43 \leq 75 \rightarrow a=8$

$15 \leq 43 \leq 75 \rightarrow b=28$

$70 \geq 60 \rightarrow c=20$

$8 \leq 10 \rightarrow d=0$

IG=2

CBR=6.4

Tipo: A-5

Tipo: A-5

Descripción: Limos muy compresibles, limos micáceos

Calidad: Regular a pobre

**Sondeo IV** (Revisar tabla de resultados de laboratorio. sección anexos)

Muestra 1

IP=17

$35 \leq 51 \leq 75 \rightarrow a=16$

$15 \leq 51 \leq 55 \rightarrow b=36$

$70 \geq 60 \rightarrow c=20$

$10 \leq 17 \leq 30 \rightarrow d=7$

IG=8

CBR=7.1

Tipo: A-7-5

Descripción: Arcilla de alta compresibilidad, Arcillas limosas de alta compresibilidad.

Calidad: Regular a pobre

Muestra 2

IP=8

$82 \geq 75 \rightarrow a=40$

$82 \geq 55 \rightarrow b=40$

$$90 \leq 54 \leq 60 \rightarrow c=14$$

$$8 \leq 10 \rightarrow d=0$$

$$IG=11$$

$$CBR=2.4$$

Tipo: A-5

Descripción: Limos muy compresibles, limos micáceos

Calidad: Regular a pobre

**Sondeo V** (Revisar tabla de resultados de laboratorio. sección anexos)

Muestra 1

$$IP=7$$

$$35 \leq 53 \leq 75 \rightarrow a=18$$

$$15 \leq 53 \leq 55 \rightarrow b=38$$

$$62 \geq 60 \rightarrow c=0$$

$$7 \leq 10 \rightarrow d=0$$

$$IG=5$$

$$CBR=4.9$$

Tipo: A-5

Descripción: Limos muy compresibles, limos micáceos

Calidad: Regular a pobre

**Sondeo VI** (Revisar tabla de resultados de laboratorio. sección anexos)

Muestra 1

$$IP=7$$

$$35 \leq 59 \leq 75 \rightarrow a=24$$

$$59 \geq 55 \rightarrow b=40$$

$$62 \geq 60 \rightarrow c=20$$

$$7 \leq 10 \rightarrow d=0$$

$$IG=8$$

$$CBR=3.4$$

Tipo: A-5

Descripción: Limos muy compresibles, limos micáceos

Calidad: Regular a pobre

Muestra 2

$$IP=9$$

$$35 \leq 70 \leq 75 \rightarrow a=35$$

$$70 \geq 55 \rightarrow b=40$$

$$64 \geq 60 \rightarrow c=20$$

$$9 \leq 10 \rightarrow d=0$$

$$IG=11$$

$$CBR=2.4$$

Tipo: A-5

Descripción: Limos muy compresibles, limos micáceos

Calidad: Regular a pobre

**Sondeo VII** (Revisar tabla de resultados de laboratorio IMS. sección anexos)

Muestra 1

IP=7

$82 \geq 75 \rightarrow a=40$

$82 \geq 55 \rightarrow b=40$

$73 \geq 60 \rightarrow c=20$

$10 \leq 12 \leq 30 \rightarrow d=2$

IG=13

CBR=4.8

Tipo: A-7-5

Descripción: Arcilla de alta compresibilidad, Arcillas limosas de alta compresibilidad.

Calidad: Regular a pobre

Muestra 2

IP=11

$35 \leq 57 \leq 75 \rightarrow a=22$

$57 \geq 55 \rightarrow b=40$

$73 \geq 60 \rightarrow c=20$

$10 \leq 11 \leq 30 \rightarrow d=1$

IG=7

CBR=7.3

Tipo: A-7-5

Descripción: Arcilla de alta compresibilidad, Arcillas limosas de alta compresibilidad.

Calidad: Regular a pobre

## DESCRIPCIÓN ESTRATIGRÁFICA DEL SUELO DE LA FRANJA EN ESTUDIO

Tabla. III.5.1

Prof.	Sondeo1	Sondeo2	Sondeo3	Sondeo4	Sondeo5	Sondeo6	Sondeo7
0							
5							
10							
15							
20							
25							
30							
35		A-7- 5(14)	A-7- 5(10)	A-7 - 5(8)		A - 5(8)	A-7- 5(13)
40							
45							
50							
55							
60							
65							
70							
75	A - 5(10)				A - 5(5)		
80							
85							
90							
95							
100							
105							
110		A-7 - 5(9)	A - 5(2)	A - 5(11)		A - 5(11)	A-7 - 5(7)
115							
120							
125							
130							
135							
140							
145							
150							

Fuente: Propia

	Senderos y veredas	0.75-0.58
Techos		0.75-0.95
Gramas	Suelo arenoso, plano 2%	0.05-0.10
	Suelo arenoso, promedio 2-7%	0.10-0.15
	Suelo arenoso fuerte 7%	0.15-0.20
	Suelo denso, plano 2%	0.13-0.17
	Suelo denso promedio 2-7%	0.18-0.22
	Suelo denso, fuerte 7%	0.25-0.35

Fuente: Libro José L. Escario. CAMINOS

7. El coeficiente de rugosidad utilizado en el cálculo de la velocidad es de 0.015 obtenido de la siguiente tabla.

### Coeficiente de rugosidad

Tabla. III.2.4

Tipo de material	Coeficiente (n)
Canales de tierra con grama	0.030
Superficial de mortero pulido	0.013
Canales de tierra	0.025
Tubos de concreto	0.013
Canales de concreto	0.015
Canales de asfalto	0.016
Canales de adoquín	0.019
Piedra cantera repellada	0.017
Canales de ladrillo de barro	0.013
Canales de bolones	0.025

Fuente: Libro José L. Escario. CAMINOS

### III.2.3 Criterios en diseño de espesor de pavimentos

En los siguientes esquemas se muestran los espesores mínimos requeridos de acuerdo a las cualidades mecánicas de los suelos y a las condiciones a que la calle estará expuesta en los próximos 10 a 20 años.

Tabla. III.2.5

Espesor	Simbología	Componente	Descripción
10 Cm		Adoquín	Tipo tráfico de 3500PSI, forma "Cruz"
5 Cm		Arena	Motastepe
15 Cm		Base	Material A – 2 – 4 (0) proveniente del Banco "El Rosario" compactado al 100% PROCTOR Estándar
30 Cm		Sub – base	Material A – 2 – 4 (0) proveniente del Banco "El Rosario" compactado al 100% PROCTOR Estándar

Fuente: Propia

El cálculo del espesor del pavimento se hace en función del índice de soporte de la sub rasante, que será determinada en las condiciones de peso volumétrico máximo y humedad óptima especificadas para la sub rasante.

Los 30cm. superiores de la sub - rasante deben ser escarificados y compactados, al menos en un 100% de la densidad máxima obtenida en el ensayo AASHTO. Estándar siempre y cuando este grado de compactación se considere necesario y sea posible alcanzarlo.

En el caso de que la sub rasante sea heterogénea, esto es que esta constituida por capa superior de suelos diferentes, se debe verificar si el dimensionamiento para la capa superior satisfaga a las demás capas extendiéndose esta verificación hasta 60cm de profundidad debajo de la rasante de conformación.

El espesor del pavimento sobre el refuerzo de la sub rasante, se determina del mismo modo que el espesor total del pavimento.

El espesor de pavimento sobre la sub base será siempre el espesor mínimo de base mas adoquín.

**Materiales de sub rasante:** En las condiciones de compactación especificadas deberán acusar un índice de soporte inferior a 20.

**Materiales de sub base:** En las condiciones de compactación especificadas deberán tener un índice de soporte igual o superior a 20.

**Materiales de base:** En las condiciones de compactación especificadas deben tener un índice de soporte igual o superior a 30, 35, 40, o 45, dependiendo del tipo de tránsito y de la carga máxima de rueda adaptados en el proyecto. Los materiales de base deberán poseer además un límite líquido no superior a 25, un índice de plasticidad no superior a 6 y cumplirán con los requisitos de graduación que la AASHTO exige para estos materiales.

El índice de soporte que se adoptará en el diseño no deberá ser superior al valor del CBR.

Para efectos de dimensionamiento, se considera que los materiales de sub base tienen un índice de soporte igual a 20.

El espesor máximo de capa a compactar, de una sola vez será de 20cm. El espesor mínimo de capa a compactar será de 10cm. La capa freática debe ser rebajada por lo menos a 1.5m de profundidad.

Para el dimensionamiento del pavimento se tendrá en cuenta también el tipo de tránsito, la carga máxima por rueda y la intensidad media anual de lluvia.

El tránsito se dividirá en tres categorías:

**Tránsito liviano:** Cuando el número de vehículos comerciales por día fuera igual o inferior a 250, con un máximo de 20% de camiones, con cargas por rueda igual a la máxima.

**Tránsito mediano:** Cuando el número de vehículos comerciales por día estuviere comprendido entre 250 - 750, con un máximo de 20% de camiones, con cargas por rueda igual a la máxima.

**Tránsito pesado:** Cuando el número de vehículos comerciales excediere de 750 o cuando hubiera mas de 250 camiones por día, con carga por rueda igual a la máxima.

Los espesores determinados por medio de las tablas, deberán ser incrementados en función de la densidad media anual de lluvia.

Para el dimensionamiento se debe adoptar una tasa de crecimiento para el tránsito. A falta de datos mas precisos, se debe dimensionar el pavimento para un tránsito equivalente a 1.5 veces el tránsito actual.

#### **Carga máxima de 4 toneladas**

- a. Tránsito liviano: IS. mínimo de 30 (CBR mínimo de 40)
- b. Tránsito mediano: IS. mínimo de 30 (CBR mínimo de 40)
- c. Tránsito pesado: IS. mínimo de 35 (CBR mínimo de 50)

#### **Carga máxima de 5 toneladas**

- a. Tránsito liviano: IS. mínimo de 30 (CBR mínimo de 40)
- b. Tránsito mediano: IS. mínimo de 35 (CBR mínimo de 50)
- c. Tránsito pesado: IS. mínimo de 40 (CBR mínimo de 60)

### **Carga máxima de 6 toneladas**

- a. Tránsito liviano: IS. mínimo de 35 (CBR mínimo de 50)
- b. Tránsito mediano: IS. mínimo de 40 (CBR mínimo de 60)
- c. Tránsito pesado: IS. mínimo de 45 (CBR mínimo de 70)

Los revestimientos bituminosos que se deben utilizar en los diferentes casos, serán los siguientes:

### **Carga Máxima de 4 Toneladas**

Tránsito Liviano: Revestimiento bituminoso con espesor máximo de 1”.

Tránsito Superficial, arena asfáltica, etc.

Tránsito Mediano: Iderm.

Tránsito Pesado: Revestimiento bituminoso con espesor de 2” pudiéndose adoptar los de tipo intermedio in situ, mezcla en planta, macadán bituminoso, o los de tipo superior como concreto bituminoso, dependiendo la selección de la mayor o menor durabilidad que se desee.

### **Carga Máxima de 5 Toneladas**

- a) Tránsito Liviano: “Revestimiento bituminoso de 1” de espesor máximo – Tratamiento Superficial, arena asfáltica, etc.
- b) Tránsito Mediano: "Revestimiento bituminoso con espesor de 2” pudiéndose adoptar los de tipo intermedio o superior.
- c) Tránsito Pesado: "Revestimiento bituminoso de tipo intermedio con espesor de 3 o de tipo superior con espesor de 2”.

### **Carga Máxima de 6 Toneladas**

- a) Tránsito Liviano: Revestimiento bituminoso con espesor de 2”, pudiéndose adoptar los de tipo intermedio o superior.
- b) Tránsito Medio: Revestimiento bituminoso con espesor de 3” de tipo intermedio con espesor de 2”.
- c) Tránsito Pesado: Revestimiento bituminoso de tipo superior con espesor de 3”

### III.3 Estudio topográfico

#### III.3.1 Investigación de Campo

Los trabajos de campo se realizaron con teodolito para las tomas planimétricas y el nivel y estadia para las tomas altimétricas, una vez que se obtuvieron los datos se trasladaron para realizarse los cálculos correspondientes.

ESTACION	PUNTO VISADO	LECTURA ANGULAR	ANGULO DE DEFLEXION	DEFLEXION	OBSERVACION
0+000					Inicio del tramo, Línea central
0+040	0+020	179° 21' 39"	0° 38' 21"	Izquierda	
0+080	0+060	180° 39' 25"	0° 39' 25"	Derecha	
0+100	0+080	180° 36' 39"	0° 36' 39"	Derecha	
0+120	0+100	179° 54' 47"	0° 5' 13"	Izquierda	
0+140	0+120	179° 57' 15"	0° 2' 45"	Izquierda	
0+155.55	0+140	271° 18' 18"	91° 18' 18"	Izquierda	Intersección por cambio de dirección del eje principal
0+200.5	1+155.55	181° 30' 37"	1° 30' 37"	Derecha	

0+220.5	0+200.5	173° 46' 25"	6° 13' 35"	Izquierda	
0+240.5	0+220.5	185° 31' 23"	5° 31' 23"	Derecha	
0+260.5	0+240.5	181° 29' 47"	1° 29' 47"	Derecha	
0+275	0+260.5	181° 03' 16"	1° 03' 16"	Derecha	Final del tramo, Línea central

### III.3.1.1 Planimetría del Eje Central

Tabla. III.3.1

Fuente: Propia

### III.3.1.2 Altimetría del Eje Central

Tabla. III.3.2

ESTACION	COTA	OBSERVACIONES
BM-1	100.3	Borde de árbol
0+000	98.865	
0+020	99.378	
0+040	99.868	
0+060	100.65	
0+080	101.015	
0+100	101.749	
0+120	102.685	
0+140	103.125	
0+155.5	104.05	Intersección por cambio de dirección del eje principal
0+160.65	103.839	
0+180.65	104.308	
0+200.65	104.753	
0+220.65	104.516	
0+240.65	104.67	
0+260.65	104.757	
0+275	104.878	Fin del tramo en estudio

#### Eje 1

ESTACIÓN	COTA
0+000	101,001
0+020	101,319
0+047	101,85

#### Eje 2

ESTACIÓN	COTA
0+000	104,78
0+023	105,264

### Eje 3

ESTACIÓN	COTA
0+000	104,681
0+020	104,692
0+036,6	104,7

Tablas, Fuente: Propia

# ANEXOS

## FORMULARIO EN DISEÑO HIDRÁULICO

$$Q_I = \frac{C * I * A}{360}$$

C: Coeficiente de escorrentía

A: Area de lotes y calles en consideración.

I: Intensidad de lluvia.

$$Q_D = V * A$$

$$TC = \frac{0.01947 * L^{0.77}}{S^{0.385}}$$

$$I = \frac{1083.74}{(TC + 9.32)^{0.6189}} * 1.510$$

A= C \* a<sup>3/4</sup> (Formula aproximada de A.N. Talbot)

a: Mayor area de lotes y calles

C: Coeficiente según tipo de terreno

V= 1/n \* R<sup>2/3</sup> \* S<sup>1/2</sup> (Fórmula de Manning).

n: Coeficiente de rugosidad.

S: Pendiente hidráulica

## FORMULARIO EN DISEÑO DE ESPESOR DE PAVIMENTO

### Espesor de pavimento

$$\text{Espesor Pavimento} = H_{SR} + H_{SR} * 20\%$$

$$\text{Espesor Base + Adoquín} = H_{Base} + H_{Base} * 20\%$$

$$\text{Espesor Sub Base} = \text{Espesor Pavimento} - \text{Espesor Base + Adoquín}$$

### Índice de plasticidad

$$IP = LL - LP$$

### Factor de crecimiento del tránsito

$$F_c = [T_o(1 + i)^n - 1/i] * 365$$

### Índice de grupo

$$IG = 0.2^a + 0.005ac + 0.01bd$$

## **FORMULAS EN ESTUDIO DE TRANSITO**

### **Factor horario de máxima demanda**

$$FHMD = VHMD/4(q \text{ max})$$

$$Sf = 2800(v/c)(fd)(fw)(fhv)$$

### **Factor de vehiculos pesados**

$$fhv = 1/[1 + PT(ET-1) + PB(EB-1) + PR(ER-1)]$$

### **Flujo de máxima demanda actual**

$$FS \text{ actual} = VHMD/FHMD$$

Proyección para n años

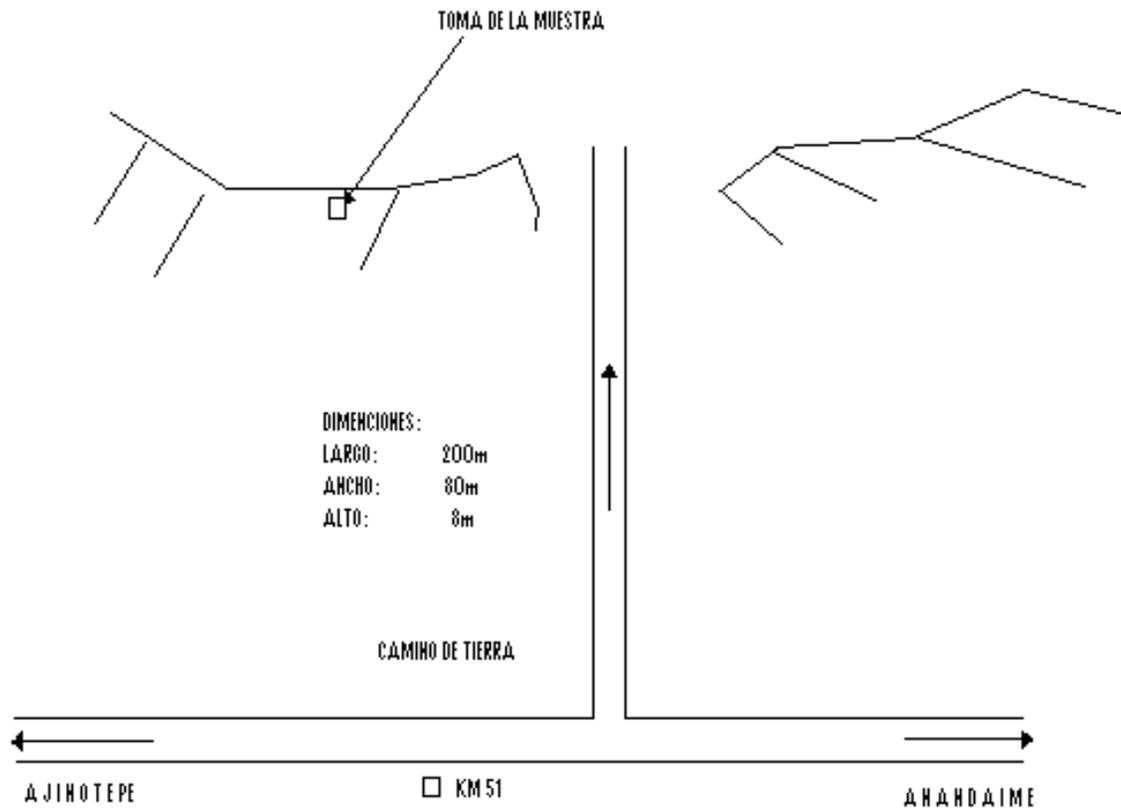
$$P_i = P_0 (1 + i)^n$$

**BANCO:**

**EL ROSARIO**

MUESTRA: DEL CORTE DE 8m  
CLASIFICACIÓN: A – 2 – 4 (0)  
MATERIAL: Arena gravoso limoso  
CBR: 80%  
ACCESO: Bueno  
VOL. APROX: 12800m<sup>3</sup>  
USO: Base y Sub base  
ESTADO: En explotación  
LOCALIZACIÓN: KM 51+100  
Carretera Jinotepe – Nandaimé,  
200m en camino de tierra  
DUEÑO: Antonio Selva

NORTE



## TABLAS UTILIZADAS EN EL DISEÑO GEOMETRICO

**TABLA 1. Condiciones generales de operación para los niveles de servicio**

<b>Nivel de servicio</b>	<b>Descripción</b>
<b>A</b>	Flujo libre de vehículos, bajos volúmenes de tránsito y relativamente altas velocidades de operación.
<b>B</b>	Flujo libre razonable, pero la velocidad empieza a ser restringida por las condiciones del tránsito.
<b>C</b>	Se mantiene en zona estable, pero muchos conductores empiezan a sentir restricciones en su libertad para seleccionar su propia velocidad.
<b>D</b>	Acercándose a flujo inestable, los conductores tienen poca libertad para maniobrar.
<b>E</b>	Flujo inestable, suceden pequeños embotellamientos.
<b>F</b>	Flujo forzado, condiciones de "pare y siga", congestión de tránsito.

**TABLA 2. Guía para seleccionar el nivel de servicio para diseño.**

<b>Tipo de carretera</b>	<b>Tipo de área y nivel de servicio apropiado</b>			
	<b>Rural plano</b>	<b>Rural ondulado</b>	<b>Rural montañoso</b>	<b>Urbano suburbano</b>
Autopista especial	B	B	C	C
Troncales	B	B	C	C
Colectoras	C	C	D	D
locales	D	D	D	D

**Fuente:** AASHTO, A policy on Geometric Design of rural Highways and Streets, 1994, p. 90

**TABLA 3. Nivel de servicio (V/C) para carretera de dos carriles.**

Nivel de servicio (NS)	Terreno plano						Terreno ondulado						Terreno montañoso					
	Restricción de paso,%						Restricción de paso,%						Restricción de paso,%					
	0	20	40	60	80	100	0	20	40	60	80	100	0	20	40	60	80	100
A	0.15	0.12	0.09	0.07	0.05	0.04	0.15	0.10	0.07	0.05	0.04	0.03	0.14	0.09	0.07	0.04	0.02	0.01
B	0.27	0.24	0.21	0.19	0.17	0.16	0.26	0.23	0.19	0.17	0.15	0.13	0.25	0.20	0.16	0.13	0.12	0.10
C	0.43	0.39	0.36	0.34	0.33	0.32	0.42	0.39	0.35	0.32	0.30	0.28	0.39	0.33	0.28	0.23	0.20	0.16
D	0.64	0.62	0.60	0.59	0.58	0.57	0.62	0.57	0.52	0.48	0.46	0.43	0.58	0.50	0.45	0.40	0.37	0.33
E	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.97	0.94	0.92	0.91	0.90	0.90	0.91	0.87	0.84	0.82	0.80	0.78

Fuente: TBR, highway capacity manual, 1994.

**TABLA 4. Factores de ajuste por distribución direccional del tránsito en carreteras de dos carriles**

Separación direccional (%/%)	factor
50/50	1.00
60/40	0.94
70/30	0.89
80/20	0.83
90/10	0.75
100/0	0.71

Fuente: TBR, highway capacity manual, 1994

**TABLA 5. Factores de hora pico (FHP) para carreteras de dos carriles**

Volumen horario (veh/hr)	FHP
100	0.83
200	0.87
300	0.90
400	0.91
500	0.91
600	0.92
700	0.92
800 – 900	0.93
1000 – 1400	0.94
1500 – 1800	0.95
1900	0.96

Fuente: TBR, highway capacity manual, 1994

**TABLA 6. Factores de ajuste por efecto combinado de carriles angostos y hombros restringidos, carretera de dos carriles.**

Hombro (m)	Carril 3.65m		Carril 3.35		Carril 3.05m		Carril 2.75m	
	NS A-D	NS E	NS A-D	NS E	NS A-D	NS E	NS A-D	NS E
1.8	1.00	1.00	0.93	0.94	0.83	0.87	0.70	0.76
1.2	0.92	0.97	0.85	0.92	0.77	0.85	0.65	0.74
0.6	0.81	0.93	0.75	0.88	0.68	0.81	0.57	0.70
0.0	0.70	0.88	0.65	0.82	0.58	0.75	0.49	0.66

**NS:** nivel de servicio.

**Fuente:** TBR, highway capacity manual, 1994

**TABLA 7. Automóviles equivalentes por camiones y autobuses, en función del tipo de terreno, carretera de dos carriles.**

Tipo de vehiculo	NS	Tipo de terreno		
		plano	ondulado	montañoso
Buses, Eb	A	2.0	4.0	7.0
	B-C	2.2	5.0	10.0
	D-E	2.0	5.0	12.0
Buses, Eb	A	1.8	3.0	5.7
	B-C	2.0	3.4	6.0
	D-E	1.6	2.9	6.5

**NS:** nivel de servicio.

**Fuente:** TBR, highway capacity manual, 1994

**TABLA 8. Clasificación funcional de las carreteras regionales, volúmenes de transito, numero de carriles y tipo de superficie de rodamiento**

TPDA	>20,000		20000-10,000		10,000-3,000		3,000-500	
	No c	superf	No c	superf	No c	superf	No c	superf
AR-Autopistas regionales	6-8	Pav	4-6	Pav				
TS-Troncales suburbanas	4	Pav	2-4	Pav	2	Pav		
TR-Troncales rurales	4	pav	2-4	Pav	2	Pav		
CS-Colectoras suburbana			2-4	Pav	2	Pav	2	Pav
CR-Colectoras rurales					2	Pav	2	Pav

**NoC:** numero de carriles; **superf:** superficie de rodamiento.

**TABLA 9. DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE PARADA Y DE DECISION**  
**a. En terreno plano**

Velocidad diseño	Velocidad marcha	Tiempo de percepción y reacción		Coeficiente de fricción	Distancia de frenado	Distancia de parada
		Tiempo(s)	Distancia(m)			
30	30-30	2.5	20.8-20.8	0.4	8.8-8.8	30-30
40	40-40	2.5	27.8-27.8	0.38	16.6-16.6	45-45
50	47-50	2.5	32.6-34.7	0.35	24.8-28.1	57-63
60	55-60	2.5	38.2-41.7	0.33	36.1-42.9	74-85
70	67-70	2.5	43.8-48.6	0.31	50.4-62.2	94-111
80	70-80	2.5	48.6-55.6	0.30	64.2-83.9	113-139
90	77-90	2.5	53.5-62.4	0.30	77.7-106.2	131-169
100	85-100	2.5	59.0-69.4	0.29	98.0-135.6	157-205
110	91-110	2.5	63.2-76.4	0.28	116.3-170.0	180-246

**b. En pendiente de bajada y subida**

Velocidad de diseño	Distancia de parada en bajada (m)			Distancia de parada en subida (m)		
	3%	6%	9%	3%	6%	9%
30	30.4	31.2	32.2	29.0	28.5	28.0
40	45.7	47.5	49.5	43.2	42.1	41.2
50	65.5	68.6	72.6	55.5	53.8	52.4
60	88.9	94.2	100.8	71.3	68.7	66.6
70	117.5	125.8	136.3	89.7	85.9	82.8
80	148.8	160.5	175.5	107.1	102.2	98.1
90	180.6	195.4	214.4	124.2	118.8	113.4
100	220.8	240.6	256.9	147.9	140.3	133.9
110	267.0	292.9	327.1	168.4	159.1	151.3

**Fuente:** A policy on Geometric Design of rural Highways and Streets, 1994, pp.120, 125 y127

**TABLA 10. DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE ADELANTAMIENTO.**

**A. Distancias mínimas de diseño para carreteras rurales de dos cerriles, en metros**

Velocidad de diseño	Velocidades km/h		Distancia mínima de adelantamiento (m)
	Vehículo que es rebasado	Vehículo que rebasa	
30	29	44	220
40	36	51	285
50	44	59	345
60	51	66	410
70	59	74	480
80	65	80	540
90	73	88	605
100	79	94	670
110	85	100	730

**Fuente:** A policy on Geometric Design of Highways and Streets, 1994, p. 134

**B. Parámetros básicos**

Velocidad promedio de adelantamiento (km/h)	50 – 65 56.2	60 – 80 70.0	81 – 95 84.5	96 – 110 99.8
<b>Maniobra inicial</b> A=aceleración promedio(km/h)	2.25	2.30	2.37	2.41
<b>T1= tiempo (s)</b>	3.6	4.3	4.3	4.5
<b>d1 = distancia recorrida (m)</b>	45	65	90	110
<b>Ocupación de carril izquierdo</b>				
<b>T2= tiempo (s)</b>	9.3	10.0	10.7	11.3
<b>d2= distancia recorrida (m)</b>	145	195	250	315
<b>Longitud libre</b>				
<b>d3= distancia recorrida (m)</b>	30	55	75	90
<b>Vehículo que se aproxima:</b> <b>d4= distancia recorrida (m)</b>	95	130	165	210
<b>Distancia total:</b> <b>d1+d2+d3+d4,(m)</b>	315	445	580	725

**Fuente:** AASHTO, A policy on Geometric Design of Highways and Streets, 1994, p. 131

**TABLA 11. Clasificación de los terrenos en función de las pendientes naturales**

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

G: pendiente

**TABLA 12. Pendientes Máximas y Mínimas por Tipo de Carreteras**

Clasificación Funcional	Tipo de Terreno	Velocidad de Diseño (km/h) y Pendiente Máxima (%)						Pendiente Mínima (%)
		32	48	64	80	96	112	
AR Autopistas Regionales	Plano	-	-	-	4	3	3	0.5 con predominio del drenaje
	Ondulado	-	-	-	5	4	4	
	Montañoso	-	-	-	6	6	5	
TS Troncales Suburbanas	Plano	-	8	7	6	5	-	0.5 con predominio del drenaje
	Ondulado	-	9	8	7	6	-	
	Montañoso	-	11	10	9	8	-	
TR Troncales Rurales	Plano	-	-	5	4	3	3	0.5 con predominio del drenaje
	Ondulado	-	-	6	5	4	4	
	Montañoso	-	-	8	7	6	5	
CS Colectoras Suburbanas	Plano	9	9	9	7	6	5	0.3 – 0.5
	Ondulado	12	11	10	8	7	6	
	Montañoso	14	12	12	10	9	7	
CR Colectoras Rurales	Plano	-	7	7	6	5	-	0.5
	Ondulado	11	10	9	8	6	-	
	Montañoso	16	14	12	10	-	-	

**Fuente:** ITE, Geometric Design and Operational Considerations for Trucks, 1992.

**TABLA 13. Cálculo de CBR según tipo de suelo**

<b>tipo</b>	<b>Sub grupo</b>	<b>Índice grupo</b>	<b>CBR</b>
A-1	A-1-a	0	37-80
	A-1-b	0	20-60
A-2	A-2-4	0	27-80
	A-2-5	0	27-80
	A-2-6	0-4	9-30
	A-2-7	0-4	9-30
A-3		0	10-30
A-4		0-8	3-27
A-5		0-12	2-7
A-6		0-16	2-13
A-7	A-7-5	0-20	2-13
	A-7-6	0-20	2-13

**TABLA 14. Índice de soporte adaptado al diseño según el valor IG.**

<b>Índice de grupo (IG)</b>	<b>Índice de soporte (IS)</b>
0	20
1	18
2	15
3	13
4	12
5	10
6	9
7	8
8	7
9 - 10	6
11 - 12	5
13 - 14	4
15 - 17	3
18 - 20	2

**TABLA 15. Porcentaje de Incremento anual según precipitación.**

<b>Intensidad media anual de lluvia (mm)</b>	<b>Incremento (%)</b>
Zonas poco lluviosa hasta 800	0
Zonas poco lluviosa de 800 – 1500	10
Zonas muy lluviosa mas de 1500	20

**TABLA 16. Diseño de espesores de pavimento flexible para carga máxima.**

**Por rueda de 4 toneladas.**

**Espesores en centímetros.**

<b>Índice de soporte</b>	<b>Transito liviano</b>			<b>Transito medio</b>			<b>Transito pesado</b>		
	<b>7000 lb/rueda, menos de 250 veh comerciales por día,20% con carga máx.</b>			<b>9000 lb/rueda, menos de 750 veh comerciales por día,20% con carga máx.</b>			<b>11000 lb/rueda, mas de 750 veh comerciales por día.</b>		
<b>IS</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>
2	56	62	67	61	67	73	68	75	82
3	45	50	54	50	55	60	55	61	66
4	39	43	47	43	47	52	47	52	56
5	35	39	42	38	42	46	42	46	50
6	32	35	38	35	39	42	38	42	46
7	30	33	36	32	35	38	35	39	42
8	28	31	34	30	33	36	33	35	38
9	26	29	31	28	31	34	30	33	36
10	24	27	29	26	29	31	28	31	34
11	23	25	28	24	27	29	26	29	31
12	22	24	27	23	23	28	25	28	30
13	21	23	25	22	24	26	24	27	29
14	20	22	24	21	23	25	25	25	28
15	19	21	23	20	22	24	21	24	26
16	18	20	22	19	21	23	21	23	25
17	18	20	22	19	21	23	21	23	25
18	17	19	21	18	20	22	20	22	24
19	17	19	21	18	20	22	19	21	23
20	16	18	19	17	19	21	18	20	22

**ESPESORES DADOS EN CENTÍMETROS**

**Espesores A:** Para una intensidad media anual de lluvia hasta 800 mm.

**Espesores B:** Para una intensidad media anual de lluvia hasta 800 - 1500 mm.

**Espesores C:** Para una intensidad media anual de lluvia mayor de 1500 mm.

**TABLA 17. Diseño de espesores de pavimento flexible para carga máxima.**

**Por rueda de 5 toneladas.  
Espesores en centímetros.**

Índice de soporte	Transito liviano 9000 lb/rueda, menos de 250 veh comerciales por día, 20% con carga máx.			Transito medio 11,000 lb/rueda, menos de 750 veh comerciales por día,20% con carga máx.			Transito pesado 14,000 lb/rueda, mas de 750 veh comerciales por día.		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C
IS	A	B	C	A	B	C	A	B	C
2	61	67	73	68	75	82	76	84	91
3	50	55	60	55	61	66	60	66	71
4	43	47	52	47	52	57	51	56	61
5	38	42	46	42	46	50	46	51	55
6	35	39	42	38	42	46	41	45	49
7	32	35	38	35	39	42	38	42	46
8	30	33	36	32	35	38	35	39	42
9	28	31	24	30	33	36	32	35	38
10	26	29	31	28	31	34	30	33	36
11	25	28	30	27	30	33	29	32	35
12	24	26	39	26	29	31	28	31	34
13	29	25	28	25	28	30	27	30	33
14	22	24	26	24	27	29	26	29	31
15	21	23	25	23	25	28	25	28	30
16	20	22	24	22	24	27	24	26	29
17	19	21	23	21	23	25	23	25	28
18	18	20	22	20	22	24	22	24	26
19	18	20	22	19	21	23	21	23	25
20	17	19	21	18	20	22	20	22	24

ESPESORES DADOS EN CENTÍMETROS

**Espesores A:** para una intensidad media anual de lluvia hasta 800 mm.

**Espesores B:** para una intensidad media anual de lluvia hasta 800 - 1500 mm.

**Espesores C:** para una intensidad media anual de lluvia mayor de 1500 mm.

**TABLA 18. Diseño de espesores de pavimento flexible para carga máxima.  
Por rueda de 6 toneladas.  
Espesores en centímetros.**

Índice de soporte	Transito liviano 11,000 lb/rueda, menos de 250 veh comerciales por día, 20% con carga máx.			Transito medio 14,000 lb/rueda, menos de 750 veh comerciales por día,20% con carga máx.			Transito pesado 17,000 lb/rueda, mas de 750 veh comerciales por día.		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C
IS									
2	68			75			83		
3	54			60			66		
4	47			52			57		
5	42			46			50		
6	39			43			47		
7	35			39			43		
8	32			36			40		
9	30			34			38		
10	28			32			36		
11	27			39			34		
12	26			29			32		
13	25			27			30		
14	24			26			28		
15	23			25			27		
16	22			24			26		
17	21			23			25		
18	20			22			24		
19	19			21			23		
20	18			20			22		

ESPESORES DADOS EN CENTÍMETROS

**Espesores A:** para una intensidad media anual de lluvia hasta 800 mm.

**Espesores B:** para una intensidad media anual de lluvia hasta 800 - 1500 mm.

**Espesores C:** para una intensidad media anual de lluvia mayor de 1500 mm.

## TABLAS UTILIZADAS PARA DISEÑO DE ESPESOR DE PAVIMENTO

**TABLA 19. Clasificación revisada del departamento de caminos públicos o clasificación AASHTO.**

Grupo	Sub grupo	(% que pasa, tamiz U.S No.			Carácter de la fracción que pasa el tamiz No.40		Índice de grupo	Descripción del suelo	Calidad como sub rasante
		10	40	200	L.L	I.P			
A-1			50max	25max		6max	0	Grava o arena de buena graduación, puede incluir finos	Excelente
	A-1-a	50max	50max	15max		6max	0	Mayormente gravas, pero puede incluir arena y finos	
	A-1-b		50max	25max		6max	0	Arena gravosa o arena graduada, puede incluir finos	
A-2				35max			0-4	Arena y gravas con exceso de finos	Excelente a buena
	A-2-4			35max	40max	10max	0	Areas, gravas con finos de limo de baja plasticidad	
	A-2-5			35max	41min	10max	0	Arenas, gravas con fino de limos elásticos	
	A-2-6			35max	40max	11min	4max	Arena, gravas con finos de arcillas	
	A-2-7			35max	41min	11min	4max	Arenas, gravas con finos de alta plasticidad	
A-3			51min	10max		No. plas	0	Arenas finas	Regular a pobre
A-4				36min	40max	10max	8max	Limos de baja compresibilidad	
A-5				36min	41min	10max	12max	Limos muy compresibles, limos micáceos	
A-6				36min	40max	11min	16max	Arcilla de compresibilidad baja a media	
A-7				36min	41min	11min	20max	Arcilla de alta compresibilidad	
	A-7-5			36min	41min	11min	20max	Arcillas limosas de alta compresibilidad	
	A-7-6			36min	41min	11min	20max	Arcillas de alta compresibilidad y alto cambio de volumen	
A-8								Turba, suelos muy orgánicos	

## Bibliografía

- Montes de Oca, Topografía
- Juárez Badillo, Mecánica de suelos.
- Carlos Crespo, mecánica de suelo en vías terrestres.
- Manual centroamericano, Especificación para la construcción de carreteras y puentes regionales. NIC 2000.
- Folleto base de diseño de espesor de pavimento, método Murillo López Souza.
- Folleto base de movimiento de tierra unidad II
- Folleto base de ingeniería de tránsito, capacidad y niveles de servicio.
- Concretera total (CT) construcción de pavimentos de adoquines de concreto.
- José L. Escario, Ventura escario, Enrique Balaguer, CAMINOS
- Cesar Fletes Valle y Marcos A. Delgadillo Téllez, Monografía, Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua (UNAN) 1979. "Procedimiento de diseño y calculo geométrico para vías urbanas en la Ciudad de Managua".
- Consultor: Raúl Leclair. Manual centroamericano de normas para el diseño geométrico de las carreteras regionales, convenio USAID No 596 – 0181.20 suscrito por SIECA.
- **[www.inifom.gob.ni](http://www.inifom.gob.ni)** (información San Marcos, Carazo).

## PRELIMINARES

Una vez realizada la entrega del sitio del proyecto al contratista, será el encargado de la limpieza inicial, trazo y nivelación, construcciones temporales, demoliciones, fabricación de obras de madera, instalación de servicios temporales y otros trabajos preliminares.

Esta etapa de la construcción es la que da inicio al proyecto, una vez recibido el sitio, dando así mismo apertura al libro de bitácora.

El contratista, antes de iniciar la obra, deberá examinar cuidadosamente todos los trabajos adyacentes, de los cuales afectan esta obra, de acuerdo a las intenciones de estas especificaciones, informando por escrito al inspector de la obra cualquier condición que evite al contratista realizar el trabajo requerido.

No se eximirá al contratista de ninguna responsabilidad por trabajos adyacentes incompletos o defectuosos, a menos que tales hayan sido notificados al supervisor por escrito y este los haya aceptado antes de que el contratista inicie cualquier parte de la obra.

## LIMPIEZA INICIAL

El contratista debe ubicar en el sitio del proyecto, los límites de la obra y especificarán los árboles, arbustos plantas y objeto que deben conservarse. En caso contrario deberán ser indicados por el supervisor y por escrito en el libro de bitácora.

Todos los objetos que se encuentren en la superficie como: los árboles, troncos, raíces y fundaciones viejas de concreto, y cualquier obstrucción saliente, deberán ser quitadas de los últimos 40 centímetros superficiales.

Cuando se proceda a quemar los robles, raíces, troncos y cualquier otro material que provenga de la limpieza del sitio deberá quemarse bajo la vigilancia del contratista de tal manera que la propiedad o vegetación adyacente no sean expuestas al peligro, siendo responsabilidad suya cualquier daño ocasionado a terceros.

Los materiales de deshecho que no puedan ser quemados, podrán ser retirados al área del “Botadero Municipal” indicado en los planos constructivos. En cualquier otro caso, previa aprobación del supervisor de obras, el contratista deberá hacer todos los arreglos necesarios con los dueños de los predios donde se colocarán los desperdicios. El costo correspondiente deberá ser incluido en el precio en la limpieza inicial.

Todos los escombros no inflamables como trozos de bloque o ladrillo, concreto o material sobrante de los cortes serán botados en el botadero municipal o donde el supervisor lo indique, no-así trozos de materiales de asbesto cemento el que debe ser enterrado a una profundidad de 1.20 metros previamente quebrando en trozos no mayores de 25 centímetros de diámetro; en caso que el nivel de aguas subsuperficiales sea menor a 1.20 metros de profundidad, el contratista los enterrará en un sitio donde el manto freático sea más profundo de 1.20 metros.

Todos los utensilios o útiles movibles, que estén en uso por el dueño el contratista, los pondrán en un lugar seguro, donde no queden a la intemperie o provoquen accidentes.

#### TRAZADO Y NIVELACION:

El contratista trazará su trabajo partiendo de las líneas bases y bancos de nivel o puntos topográficos de referencia establecidos en el terreno y de las elevaciones indicadas en los planos, siendo responsable por todas las medidas que así tome. El Contratista será responsable por la ejecución del trabajo en conformidad con las líneas y cotas de elevación indicadas en los planos o establecidas por el Ingeniero Supervisor.

El Contratista tendrá la responsabilidad de mantener y preservar todos los mojones y otras marcas hasta cuando el Ingeniero supervisor lo autorice para removerlas. En caso de negligencia del Contratista o de sus empleados que resultare en la destrucción de dichas mojones, antes de su remoción autorizada, el contratista las reemplazará si así lo exigiere el Ingeniero supervisor.

Los bancos de nivel y las niveletas deberán ser cuidadosamente conservados por el contratista hasta la aceptación final del trabajo, y si son destruidos o aterrados, su relocalización o construcción ser hecha por cuenta del contratista.

Cualquier trazado erróneo será corregido por el contratista por su cuenta, en caso que haya obras construidas erróneamente por este motivo será perdida para el contratista. Para evitar errores en el trazado de las obras el contratista colocará las suficientes niveletas sencillas así como dobles en los lugares donde se formen vértices en la construcción, indicando los niveles tomando como referencia los puntos indicados en el plano o indicados por el ingeniero supervisor.

En caso que el contratista, encontrare errores en el nivel del punto de referencia, lo indicará por escrito en el libro de bitácora, antes de comenzar cualquier obra; el supervisor contestará de la misma manera indicando el nivel correcto; en caso que el contratista haya incurrido en avances de obras con niveles incorrectos, los costos de reparación serán asumidos por su cuenta la corrección de la obra.

Para el trazado de las obras el contratista usará niveletas de madera o metálicas, de cuartones de 2"x2" y 0.50 metros de alto con reglas de 1"x3" debidamente acepillada el canto superior donde se referir el nivel. Las niveletas sencillas llevarán dos cuartones de apoyo de la regla del nivel espaciados a 1.10 metros, para niveletas dobles ser tres cuartones espaciados a 1.10 metros pero formando ángulo recto, la madera podrá ser de pino o madera blanca.

Las obras que se construirán deberán quedar finalmente con los niveles que se muestran en los planos constructivos con un máximo de error permisible de 2 mm de diferencia en una observación directa a 20 m.

El contratista comprobará las medidas en los planos, localizando la construcción con precisión en el sitio, de acuerdo con los documentos del contrato. Niveletas, estacas de nivelación permanecerán en su posición hasta que todas las obras hayan sido establecidas permanentemente. El contratista será responsable de proteger de daños a todas las líneas, niveles y puntos de referencia y si se destruyen deberán ser reparadas y

repuestos por su cuenta, notificando al supervisor, cuando el trazo esté sustancialmente terminado se solicitar si puede eliminarlos.

El contratista antes de proceder a realizar el trazo y nivelación, tiene que ver las condiciones del terreno, en este caso tiene que cumplir con las condiciones siguientes:

A. Se debe tomar en cuenta las recomendaciones suministradas por el dueño, sobre Estudios geológicos y de suelos, los cuales serán entregados al contratista como parte de los Documentos contractuales.

B. El contratista será el responsable por el cumplimiento de tales recomendaciones y por las pruebas de verificación que contratará por su cuenta con un Laboratorio de Suelos aprobado por él supervisor.

Es igualmente obligación del contratista notificar al dueño por medio del supervisor, sobre las condiciones inesperadas o sospechosas que se detecten en el terreno durante el proceso de la construcción, en el caso que esto se presente, el contratista podrá contratar los servicios de Ingeniera de suelos para realizar un estudio complementario y presentarlo al dueño, y será opción del dueño contratar los servicios de éste u otro Ingeniero de Suelos para realizar el Estudio de suelos complementario.

Así mismo, el contratista desviará y canalizará correctamente cualquier corriente o inclinación del terreno que pueda resultar en perjuicio de la obra tanto superficialmente como subterránea. Dicho trabajo se hará sin recargo para el dueño.

## CONSTRUCCIONES TEMPORALES

Las construcciones temporales se refieren a las champas que el contratista usará como bodegas y oficinas estas podrán ser de madera rústica o cualquier otro material que el contratista estime conveniente, así como bodegas móviles montadas sobre trailer.

Para los proyectos FISE que donde el tiempo de ejecución es mayor a los cinco meses, el contratista tendrá que hacer campas para bodega y oficina siendo el área mínima de 9.00 metros cuadrados Y la altura mínima de 2.50 metros. En la oficina temporal quedará el libro de bitácora.

El libro de Bitácora no podrá ser sacado fuera de ella cuando el Proyecto esté en ejecución. En el caso que no haya oficina temporal, será el supervisor el que decidirá donde permanecerá el libro de Bitácora.

Una vez terminado y entregado el proyecto el contratista demolerá todas las construcciones temporales que haya construido, dejando limpio el sitio, apegándose a lo especificado en la limpieza final.

## DEMOLICIONES

Las demoliciones se refieren a las todas las infraestructuras que hay que eliminar de las obras:

## FABRICACION DE OBRAS DE MADERA

Se refiere a las construcciones de madera que el contratista realizará para realizar la obra requerida como formaletas, bateas, canales de madera, etc. Generalmente están incluidos en las obras temporales.

## INSTALACION DE SERVICIOS TEMPORALES

Se refieren estos a la instalación temporales de los servicios públicos como:

- Agua potable
- Electricidad
- Otros

Estas instalaciones serán solicitadas por el contratista por cuenta de él, para el tiempo que dure la construcción del proyecto, y serán instalados en las construcciones temporales.

## MOVIMIENTO DE TIERRA

Este trabajo consistirá en cortes y rellenos, rellenos con material selecto (material de préstamo), acarreo de material selecto, excavaciones especiales, rellenos especiales y otros trabajos relacionados con el movimiento de tierras, la eliminación y remoción de toda la vegetación y desechos dentro de los límites señalados excepto de los objetos y árboles que se haya especificado que queden en sus lugares o que tengan que ser quitados de acuerdo con lo indicado en estas Especificaciones.

El contratista deberá deshacerse satisfactoriamente de todo el material que resultó de la limpieza de la área indicada en los planos o mostrada por el supervisor. Comprenderá todo el trabajo de excavación, relleno y compactación que sea requerida para la construcción de bases y subbases, la extracción de materiales inadecuados en las calles o zonas donde se construirá; la colocación del material excavado, así como la excavación y compactación hasta los niveles de obra ante mostrados en los planos o indicados en los documentos complementarios Estudios Geológicos y Estudio de Suelos.

## CORTES Y RELLENO

El contratista tiene la obligación de examinar los planos, estudios geológicos y de suelos si los hubiera, efectuados en el sitio de la obra y asumir completa responsabilidad en el uso y disponibilidad del suelo desde el punto de vista constructivo.

El contratista comprobará las medidas indicadas en los planos, localizando los niveles de referencia, para indicar los cortes y rellenos que tenga que hacer en la obra, se le recomienda visitar el banco de material selecto antes de pasar su oferta, una vez adjudicado el proyecto corre por cuenta de todo gasto que incurra dejar la estructura del pavimento y obras conexas debidamente concluidas y listas para el adoquinado o embaldosado según sea el caso.

Se debe cortar la profundidad que el plano indique, en caso que no lo indiquen los planos. El material sobrante del corte será botado en el botadero municipal o donde lo indique el supervisor, y tiene que ser escrito en el libro de Bitácora.

Una vez efectuado los cortes indicados en los planos, o en estas especificaciones, se procederá al relleno con material selecto, el que compactará de manera mecánica.

La compactación tiene que obtenerse el 100 % PROCTOR Estándar para la capa que conforma la sub base y 100% PROCTOR Modificado para la capa que conforma la base efectuándose de la manera siguiente:

Para el caso específico del canal de desagüe pluvial la compactación será al 95% de PROCTOR Estándar en los espesores mostrados en los planos constructivos.

La compactación se hará en capas de 15 centímetros dando no menos de cinco pasadas o las que recomiende el fabricante de equipo de compactación, después de darle la humedad óptima. El equipo usado por el contratista, no tiene ninguna restricción siempre y cuando los rellenos cumplan con la compactación mencionada anteriormente, el supervisor hará las pruebas de compactación, en los lugares que estime conveniente y sean de densidad dudosa corriendo los costos por cuenta del contratista.

Sé procederá a rellenar con material de banco mencionado en las especificaciones o el que sea aprobado por el supervisor.

Una vez concluido los rellenos, éstos deben quedar compactados y con los niveles indicados en los planos. Para empezar la construcción el contratista debe tener la aprobación del supervisor.

Cuando no existe nivel de referencia el contratista debe ponerlo hasta que la obra concluya y con la aprobación del supervisor.

Previamente a la iniciación de los trabajos, el contratista, deberá someter a la aprobación del supervisor un Plan o Programa de Trabajo, que señale la forma en que sé llevarán a efecto los mismos. Este programa podrá ser modificado durante el desarrollo de la obra, si las condiciones del trabajo lo requieren, debiéndose notificar al dueño con la debida anticipación de dichos cambios.

El contratista deberá evitar la inundación de las excavaciones, procurando mantener los niveles del suelo con las pendientes adecuadas. Cualquier acumulación de agua que se presente deber ser removida al costo del contratista quien tomará las precauciones necesarias y usará el equipo adecuado para evitar derrumbes, hundimientos y soterramientos de las construcciones existentes. El fondo de la excavación deber quedar a nivel y libre de material suelto.

El contratista será responsable por la perfecta estabilidad del relleno y reparará por su propia cuenta cualquier porción fallada o que haya sido dañada por la lluvia, descuido o negligencia de su parte.

## RELLENO CON MATERIALES DE PRÉSTAMOS

Métodos:

El costo del transporte del material para relleno, debe correr por cuenta del contratista.

El contratista podrá utilizar cualquier otro material de relleno siempre y cuando éste no tenga un Índice de plasticidad mayor a 6, ni un CBR menor de 20%. Será el Supervisor el que aprobará el cambio de otra fuente de materiales y así mismo de tener otras características mecánicas, se deberá rediseñar los espesores del pavimento.

## ACARREO DE MATERIALES

Este artículo se refiere al acarreo del material selecto, y al acarreo del material sobrante de las excavaciones o cortes de suelos, que hay que eliminar del área de la construcción.

El contratista acarreará del banco de material selecto al proyecto por cuenta y riesgo de él, en cantidad suficiente, teniendo en cuenta el abundamiento y encogimiento del material. Este material lo transportará de los bancos que él estime conveniente siempre que cumplan con lo mencionado anteriormente.

El contratista transportará fuera del sitio del proyecto, todo material de suelo sobrante de excavación o de relleno, así como el material arcilloso de los cortes que no tengan uso en la obra.

Estos los trasladará o botará en lugares donde no hagan daño a terceros o donde lo indique el supervisor.

## ADOQUINADO:

Una vez terminado el proceso de revestimiento de sub – base y base para conformar la estructura de pavimento se procederá a colocar una capa de 5 cms de arena. La arena que se utilizará deberá ser pasada el 100% por la malla No. 4 y deberá estar libre de terrones de arcilla, basura o cualquier otro material inadecuado, libre de material orgánico o material de pómez.

Antes de proceder a colocar los adoquines el contratista deberá obtener el visto Bueno por escrito del supervisor, quien antes hará una revisión minuciosa del colchón de arena y ordenara el retiro, por cuenta del Contratista de todo pedrusco, raíces, pedazos de madera, tierra, ripios, lodo, etc., que afloren en la arena.

El tamaño de los adoquines deberá ser uniforme para evitar irregularidades o juntas muy anchas, después de colocadas. El adoquín a usarse es el tipo "TRAFICO", de concreto de 3500 Psi, sin rajaduras ni defectos en las aristas, sin orificios en sus partes planas y de buena contextura.

Se procederá a colocar las unidades de adoquín haciéndolo según se indica en los planos y de acuerdo a la forma geométrica de los adoquines y cuchillas de adoquines. El supervisor verificará dicho trabajo y vigilará que la junta entre unidades sea entre 1cm y

2.5cm. Luego los espacios (Juntas) entre adoquines y entre adoquines y cuchillas se rellenarán con arena del banco Motastepe, pasada por el tamiz N° 4.

Los espacios que queden entre el adoquinado y las cunetas se rellenarán con concreto de 3,000psi. Según el ancho y una profundidad igual al espesor del adoquín.

Después de esta operación y cuando el supervisor lo autorice por rescrito, se humedecerá la superficie adoquinada y se compactará con una aplanadora adecuada que cuente con la autorización escrita del supervisor. La Compactación se efectuará hasta obtener una debida trabazón entre adoquines. Todo adoquín que resulte fracturado será retirado y cambiado por cuenta del Contratista no haciéndosele pago ni compensación alguna por esto.

El dueño no hará pago adicional por adoquines que resulten de mala calidad, es obligación del Contratista adquirir adoquines de la calidad especificada y que sean a entera satisfacción del dueño. La superficie adoquinada, una vez terminada deberá tener un bombeo del 2.5% lateral para facilitar el escurrimiento del agua.

#### CUNETAS Y BORDILLOS.

La construcción de las cunetas serán donde los planos la indiquen y esta será generalmente para reemplazar las existentes o para definir un trazado mejor del área de rodamiento de las calles.

Las cunetas serán de las formas y dimensiones indicadas en los planos. Las cunetas deberán ser construidas con concreto de más de 2,500 PSI y tendrán un acabado escobado, natural, siendo vibradas con el objeto de evitar agujeros o ratoneras mayores de 3/4" en diámetro. El supervisor podrá ordenar la restitución si encontrase estos defectos constructivos.

En las intersecciones de cunetas a 90 Grados, estas llevarán un radio de giro de 2.00 mts. En caso que las intersecciones afecten las casas o propiedades el radio de giro será definido por el supervisor en el caso que éste no esté definido en los planos.

#### ACTIVIDADES PARA MITIGACION Y PREVENCION DE ACCIDENTES:

##### I.- Construcción de letrinas.

La letrina provisional, es la letrina que el contratista construye para ser usada por los obreros que construyen la obra, es de carácter provisional porque una vez que sea concluida la obra, ésta debe ser demolida y sellado el foso con suelo natural, debe ser colocada en un sitio donde no interfiera con ninguna obra que esté incluida en el contrato, o debe ser colocada donde el supervisor de la obra lo indique, en caso que por error sea ubicada en un lugar donde el contratista tenga que construir alguna obra, todo costo que conlleve hacer otra letrina correr por cuenta del contratista.

##### II.- Construcción de Rótulo:

El contratista deberá erigir en los lugares de trabajo dos rótulos de madera pintados, estos deberán estar colocados en las construcciones horizontales, uno en cada extremo del proyecto o donde lo indique el Ingeniero supervisor.

Estos rótulos deberán tener las siguientes leyendas y dimensiones: 2 cuarterones de 2"x3"x126" de largo servirán de apoyo en una base de concreto pobre de 2000 psi, estos deberán de estar separados 40".

Deberá tener 11 tablas de 1"x8"x72" de largo, la primera tabla deberá estar colocada a 60" del nivel del suelo y las restantes deberán tener una separación de 2". Las leyendas deben ir a ambos lados.

La leyenda de la tabla inferior deberá decir: FINANCIADO POR y a continuación el Organismo Donante u Organismo que haya efectuado el préstamo, estas letras deberán tener 5" de alto y 1" de espesor, La siguiente tabla deber tener como leyenda PROYECTO: a continuación el nombre del Proyecto, el alto de las letras deberá ser de 5" y el espesor de 1".

La siguiente tabla deberá tener la siguiente leyenda: (La que indique la Dirección de Contratación del FISE) a continuación la alcaldía de la localidad donde se ejecuta el proyecto, el alto de las letras será de 5" y el espesor de 3/4".

La siguiente tabla deberá llevar la siguiente leyenda: FISE la altura de las letras 6" y el espesor 1 1/4".

La siguiente tabla deberá llevar la siguiente leyenda : PRESIDENCIA DE LA REPUBLICA DE NICARAGUA el alto de las letras 5" y el espesor llevar en el extremo derecho el escudo de Nicaragua en el DE LA REPUBLICA DE NICARAGUA el alto de las letras 5" y el espesor 2" además llevar en el extremo derecho el escudo de Nicaragua.

Todas las leyendas deben ir centradas en las tablas, las letras deben ser de color blanco y las tablas así como los cuarterones de apoyo deberán ser pintados en color azul celeste, las pinturas deber ser de aceite y la madera debidamente cepillada.

Las leyendas que deberán ir en el anverso son las indicadas anteriormente y en el reverso de cada tabla deberá ir la siguiente leyenda FISE con 6" de alto y 1 1/4" de espesor.

La madera deberá ser de jenízaro o similar aprobada por el supervisor.

### III.- PIPA para regar material de excavación para evitar tolvaneras:

Esta actividad será apropiada para proyectos donde hay excavación en zanjas, pasando mucho tiempo abiertas, o suelos sueltos esperando su remoción o traslado.

El suelo excavado de no ser colocado o desalojado; será regado con pipa cada 2.50 horas, teniéndolo empapado para evitar que el viento haga tolvaneras que cree problemas a los vecinos del lugar.

El material se regará cada vez que se requiera o cuando el supervisor lo indique.

#### LIMPIEZA FINAL Y ENTREGA:

Esta etapa se refiere a la entrega del proyecto debidamente concluido y funcionando perfectamente todas y cada una de sus partes que lo integran; con las pruebas debidamente concluidas y aprobadas por el supervisor.

En caso que en el proyecto se obtengan defectos a juicio del supervisor, estos deben estar subsanados y después de haber cumplido con las especificaciones técnicas; se tiene que firmar un acta de recepción final tanto en el libro de bitácora, en original y tres copias, donde se da fe del final de la obra concluida técnicamente bien.

#### LIMPIEZA FINAL:

Todo contratista al iniciar todo trabajo, corre por cuenta y riesgo del mismo, la limpieza final este capítulo se refiere exclusivamente a la disposición de escombros que resultan de las construcciones, reparaciones, así como de los envases de los materiales que se usaron en la construcción.



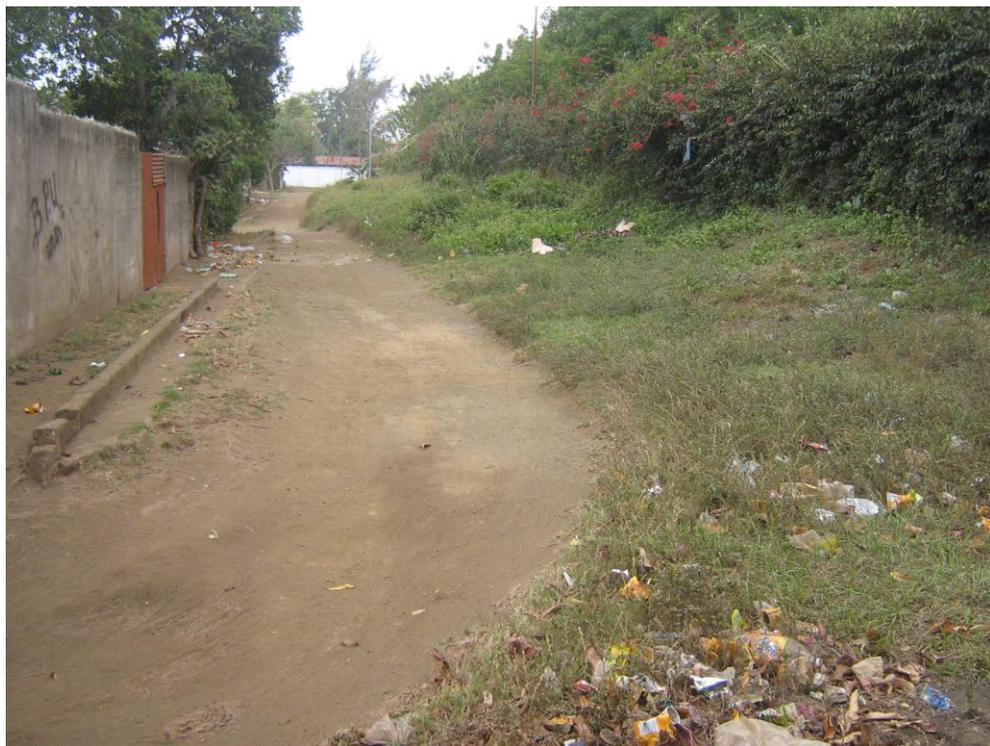
**Fig. 1. Localización del Banco Maestro en la base del árbol.**



**Fig. 2. Perfil natural del terreno visto desde el estacionamiento 0+000 y primera parte del eje principal de la vía en forma de ele**



**Fig. 3. Intersección del eje principal**



**Fig. 4. Segunda parte del eje principal de la vía en forma de ele**



**Fig. 5. Eje 1 de la vía**



**Fig. 6. Eje 2 de la vía**



**Fig. 7. Eje 3 de la vía**



**Fig. 8. Vista del terreno poco accidentado en el que la rasante actual casi coincide con el terreno natural**



**Fig. 9. Problemas actuales de Drenaje en la Vía**



**Fig. 10 Cuneta existente en la mitad del tramo y que no establecen el ancho mínimo de la vía.**



**Fig. 11. Parte más accidentada de la vía contiguo al cerco del Ave María College**



**Fig. 12. Final del eje principal de la vía**