



Universidad Nacional de Ingeniería
Facultad de Tecnología de la Construcción

Monografía

**Diseño de 3 Km de Estructura de Pavimento (adoquín), en la Comunidad
San Benito Agrícola, Municipio de Tipitapa**

Para Optar al Título de Ingeniero Civil

Elaborado por:

Br. Maryuri Danessa Sandoval Sandoval

Br. Enmanuel Enoc Moreira Téllez

Tutor:

Ing. Israel Morales

Managua, Nicaragua, Septiembre 2016

Managua, Nicaragua 08 de junio de 2016

Dr. Oscar Gutiérrez Somarriba

Decano FTC

Su Despacho

Por este medio tengo bien a manifestarle que el trabajo monográfico “**Diseño de 3 Km de Estructura de Pavimento (adoquín), en la Comunidad San Benito Agrícola, Municipio de Tipitapa**” autorizado a los bachilleres Maryuri Danessa Sandoval Sandoval y Enmanuel Enoc Moreira Téllez, como último requisito exigido por la Alma Mater, para optar al título de Ingeniero Civil, ha culminado exitosamente.

En mi condición de tutor, considero que este trabajo monográfico reúne los requisitos necesarios exigidos por esta modalidad de culminación de estudios, por tanto están preparados para realizar la pre defensa de dicho documento.

Aprovecho la ocasión para manifestarle mis muestras de gratitud por la confianza mostrada y como de costumbre anuente a cumplir con las tareas orientadas.

Le saluda afectuosamente:

Ing. Israel Morales

Docente F.T.C

DEDICATORIA

Primeramente a Dios, el que me ha dado fortaleza para continuar en todo momento.

A mis padres por haberme apoyado siempre, por sus consejos, valores inculcados y por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, pero más que nada a mi madre por sus ejemplos de perseverancia y constancia que la caracteriza y me ha infundado siempre, por el valor mostrado para salir adelante y sobre todo por su amor.

A mis hermanos que siempre han estado junto a mí, brindándome su apoyo y confianza, a toda mi familia y amigos en general que ayudaron directa e indirectamente a realizar este documento.

A mi tutor Ing. Israel Morales, por su gran apoyo y motivación para la culminación de mis estudios a través de la monografía presentada, por su apoyo ofrecido en este documento, por haberme transmitido los conocimientos obtenidos y haberme llevado paso a paso en el aprendizaje.

Maryuri Danessa Sandoval Sandoval

DEDICATORIA

A Dios por haberme dirigido todos estos años por el camino del bien, por darme salud y sabiduría para alcanzar cada una de las metas propuestas.

A mis padres por haberme apoyado en todo momento, por haber confiado en mí durante todos mis estudios, hasta el día de hoy que me toca concluir esta carrera universitaria.

Con cariño muy especial a mi abuelita, por sus consejos, su apoyo incondicional y su paciencia, parte de lo que soy se lo debo a ella, ya que su presencia en mi vida a echo de mí un hombre correcto, con principios y valores, que me hacen ser una mejor persona.

A toda mi familia y seres queridos que siempre están pendientes en mi formación personal y profesional.

Enmanuel Enoc Moreira Téllez

AGRADECIMIENTO

Primeramente a Dios, quien nos dio la capacidad de culminar con éxito la carrera de Ingeniería Civil, a través de la monografía presente.

A nuestra familia que se han encargado de suplir cada una de nuestras necesidades, siendo pilares básicos en nuestra formación.

A nuestro profesor tutor Ing. Israel Morales, por su disposición y ayuda para realizar dicho trabajo.

A la alcaldía de Tipitapa, especialmente al área de proyectos, ya que nos brindaron su apoyo, su tiempo y parte de documentos que ocuparíamos en el diseño de pavimento, tales como levantamiento topográfico, ficha informática de la población de la zona, información de los bancos de materiales existentes, etc.

A los técnicos de laboratorio de suelos de la facultad de Tecnología de la Construcción (F.T.C), quienes no dudaron en auxiliarnos en cada paso que dimos sobre los estudios realizados a las muestras de suelo.

A nuestra alma mater UNI por habernos brindado su apoyo económico con la beca que se nos proporcionó para suplir parte de los gastos de nuestro trabajo.

Sobre todo estamos agradecidos como compañeros de trabajo, ya que con mucho esfuerzo y dedicación de parte de ambos, logramos finalizar con éxito la monografía, requerida como culminación de estudios para optar a nuestro título.

Maryuri Danessa Sandoval S.

Enmanuel Enoc Moreira T.

Resumen General

- ✚ **Capítulo I, Generalidades:** Se describen aspectos básicos del proyecto tales como; introducción, antecedentes, justificación, objetivos, etc.

- ✚ **Capítulo II, Estudio Topográfico:** Este se hizo por el método de radiación, con el uso de una estación total, donde se muestran las distintas elevaciones y trayectorias del tramo en estudio.

- ✚ **Capítulo III, Estudio de Tránsito:** Por medio de este estudio nos damos cuenta de la situación actual en la que se encuentra el camino que se pretende diseñar o rehabilitar, estos estudios expresan de forma cuantitativa y cualitativa la condición actual del tramo en estudio.

- ✚ **Capítulo IV, Estudio de Suelo:** Se examina para conocer las características físicas y mecánicas para luego determinar su utilidad en la vía como base y sub rasante, haciéndose de igual manera para el banco de materiales, obteniendo como resultados de laboratorio, granulometría, índice de plasticidad, límite líquido, Proctor estándar y CBR.

- ✚ **Capítulo V, Diseño de Pavimento:** Consiste en el diseño de los espesores de pavimento mediante el método AASHTO – 93.

- ✚ **Capítulo VI, Estimación de Costo:** Se hace una estimación de costo, para determinar si se cuenta con el capital suficiente para realizar el proyecto.

- ✚ **Capítulo VII, Conclusiones y Recomendaciones:** Es donde se plasman los resultados obtenidos de cada estudio realizado en el diseño, y algunas medidas a tomar durante su ejecución.

- ✚ **Capítulo VIII, Anexos:** En este se complementa toda la información utilizada en el desarrollo del proyecto.

INDICE

Capítulo I Generalidades

1.1	Introducción	1
1.2	Antecedentes	2
1.2.1	Reseña Histórica	2
1.2.2	Organización territorial del municipio	3
1.2.3	Uso de suelo	4
1.2.4	Transporte	4
1.3	Justificación	5
1.4	Objetivos	6
1.4.1	Objetivo General	6
1.4.2	Objetivos Específicos	6
1.5	Marco Teórico	7
1.5.1	Conceptos Básicos	7
1.5.2	Ventajas del Pavimento articulado (adoquín)	8
1.5.3	Estructura Típica de un adoquinado	8

Capítulo II Estudio Topográfico

2.1	Introducción	10
2.2	Método de radiación	11
2.3	Resultados	12

Capítulo III Estudio de Tránsito

3.1	Introducción	13
3.2	Parámetros para determinar el tránsito de diseño	15
3.2.1	Periodo de diseño	15
3.2.2	Tránsito de Diseño (TD)	15
3.2.3	Factor de Crecimiento (FCR)	16
3.2.4	Tasa de crecimiento (i)	17
3.2.4.1	Crecimiento del Producto Interno Bruto (PIB)	17
3.2.4.2	Tasa de Crecimiento Poblacional	17
3.2.5	Factor de Distribución por Dirección (FD)	19
3.2.6	Factor de distribución por carril (FC)	19
3.3	Calculo de Tránsito de Diseño	19
3.4	Carga por Eje Simple Equivalente de Diseño ESAL´s	20
3.5	Factores de carga equivalente para pavimentos flexibles ejes simples	21
3.6	Factores de carga equivalente para pavimentos flexibles ejes Tándem	21
3.7	Estructura y Carga de Vehículo por tipo de eje	22
3.8	Calculo de ESAL´s por Carril de Diseño	23

Capítulo IV Estudio de Suelo

4.1	Introducción	24
4.2	Sondeo sobre el tramo en estudio	24
4.3	Sondeo en los bancos de materiales	24
4.4	Análisis de laboratorio a realizarse	25
4.4.1	Análisis granulométrico de los suelos	25

4.4.2	Límites de consistencia de los suelos (Límites de ATTERBERG)	26
4.4.3	Resultado obtenido de las muestras	26
4.4.4	Ensaye de compactación de suelo (Proctor Modificado)	27
4.4.5	Determinación de resistencia de los suelos por medio de CBR	28
4.5	CBR de la sub rasante	29
4.6	CBR de los bancos de materiales	29
4.7	Estabilización de Suelo	30
4.8	Combinación de los materiales, Banco – Suelo de línea A-4	30

Capítulo V Diseño de Pavimento

5.1	Introducción	32
5.2	Variables de diseño	33
5.2.1	Confiabilidad (R)	33
5.2.2	Desviación en una Curva de Distribución Normal (Z_r)	33
5.2.3	Pérdida de Serviciabilidad	33
5.2.4	Módulo de Resiliencia	34
5.2.5	Desviación Estándar (S_o)	35
5.2.6	Drenaje	36
5.3	Coefficiente de Capas	36
5.3.1	Carpeta de rodamiento	36
5.3.2	Base	37
5.4	Diseño de Estructura de Pavimento	37
5.4.1	Pasos Para Encontrar el Número Estructural	38
5.4.2	Resumen de Datos y Cálculo	39

5.4.3	Resultados	40
Capítulo VI Estimación de Costo		
6.1	Introducción	41
6.2	Actividades a Realizar	42
6.3	Memoria de Cálculo	42
6.3.1	Movimiento de tierra, volúmenes de material de corte y relleno	42
6.3.2	Costo de base estabilizada Banco Préstamo – Material de línea	44
6.3.3	Carpeta de rodamiento	47
6.3.5	Cantidad de arena	48
6.3.6	Mano de Obra	50
6.3.7	Costo total de carpeta de rodamiento	50
6.3.8	Vigas Longitudinales	50
6.3.9	Vigas Transversales	50
6.4	Monto Total de Proyecto	51
Capitulo VII Conclusiones, Recomendaciones y Bibliografía		
7.1	Conclusiones	52
7.2	Recomendaciones	54
7.3	Bibliografía	55
Capitulo VIII Anexos		

CAPITULO I: GENERALIDADES

1.1 Introducción

La infraestructura vial incide mucho en la economía de nuestro país por el gran valor que tiene en ésta, pues al alto costo de construcción, mantenimiento o rehabilitación hay que adicionarle también los costos que se derivan por el mal estado de las vías, por eso los nuevos ingenieros que se dediquen a esta rama de la profesión se enfrentaran a un reto muy importante que es el de proporcionar estructuras de pavimento eficaces con presupuestos cada vez más restringidos.

Dentro del contexto del diseño de pavimentos se acepta que el dimensionamiento de estas estructuras permite que se establezcan las características de los materiales de las distintas capas del pavimento y los espesores, de tal forma que el pavimento mantenga un índice de servicio aceptable durante la vida de servicio estimada.

El proyecto a ejecutarse se encuentra ubicado en el municipio de Tipitapa, departamento de Managua, en la comunidad llamada San Benito Agrícola, comarca del empalme San Benito.

En esta, se pretende construir 3 km de adoquinado, haciendo uso del método de diseño AASHTO-93, para mejorar el uso de suelo, aumentar la plusvalía de las propiedades cercanas y contribuir a la economía de la misma.

El municipio de Tipitapa se ubica dentro de los límites del departamento de Managua, a 22 km de la cabecera departamental, su posición geográfica se encuentra entre las coordenadas 12° 12' latitud norte y 86° 06' longitud oeste, con una altura de 50.44 metros sobre el nivel del mar, y 975.17 kms² de superficie. Este departamento limita al Norte con Lago Xolotlán, al sur con el Municipio de El Crucero, al Este con el Municipio de Tipitapa, Nindirí y Ticuantepe, al oeste con el Municipio Villa Carlos Fonseca y Ciudad Sandino.

1.2 Antecedentes

1.2.1 Reseña Histórica

El municipio de Tipitapa fue fundado por el hacendado Juan Bautista Almendárez, en el año de 1,755. Este construyó con fondos propios una Ermita y el primer puente de TIPITAPA. El pueblo de Tipitapa fue erigido con el nombre de "San José de Tipitapa" por iniciativa del Sr. Almendárez. El poblado tuvo un crecimiento tan rápido que se solicitó establecer un nuevo corregimiento con cabecera en el pueblo de Tipitapa.

Por decreto oficial de 1,929 se le confirió al municipio el título y nombre de "Villa Stimpson" como homenaje al Coronel Henry L. Stimpson, que fue el que firmó el famoso Pacto del Espino Negro en el año 1,927. Por distintas razones se abolió este nombre erigiéndose por nueva ley el antiguo nombre indígena de Tipitapa.

Por decreto legislativo del 10 de Noviembre de 1,961 se le confirió a la Villa de Tipitapa el título de ciudad.

El municipio de TIPITAPA es célebre por encerrar en su jurisdicción la histórica hacienda San Jacinto, sitio donde se libró la famosa batalla del 14 de Septiembre de 1,856 entre fuerzas militares norteamericanas y nicaragüenses comandadas por el Coronel José Dolores Estrada, catalogado como Héroe nacional.

Durante la década de los 70 y 80', el municipio se destacó por contar con un fuerte sector ganadero, se estableció como zona de desarrollo ganadero debido a la cercanía del agua y buenos pastizales. Dentro de la agricultura los principales cultivos eran el algodón, caña de azúcar, sorgo, ajonjolí, maíz, frijoles y hortalizas.

Los primeros años de la década de los 90, significaron un descenso en los niveles productivos y en el aprovechamiento de la tierra de la jurisdicción.

1.2.2 Organización territorial del municipio

El municipio está dividido en los sectores urbano y rural.

Barrios del Sector urbano

- ✓ Noel Morales Francisco Rojas
- ✓ Orontes Centeno Yuri Ordoñez
- ✓ Villa Victoria de julio Roberto Vargas
- ✓ Juan Castro A. César Sandino

Barrios de la periferia urbana

- ✓ Ciudadela San Martín Camilo Ortega
- ✓ San Luis Zambrano
- ✓ San Juan de la Plywood.

Asentamientos urbanos

- ✓ Gaspar García Laviana o Tangará Aleyda Delgado
- ✓ Los Trejos Pedro J. Chamorro No. 2
- ✓ Antonio Mendoza Una Vivienda Digna P / Maestro
- ✓ El Chaparral. Loma de Esquipulas.

Área rural

- ✓ Comarca Las Banderas, compuesta por 12 comunidades entre las que se destacan: Las Banderas, La Empanada, El Brasil, Colama y La Luz.
- ✓ Comarca del Empalme San Benito, se subdivide en seis comunidades que son: Empalme San Benito, Quebrada Honda, Ulises Tapia Roa, Los Roques, Los Novios y San Benito Agrícola.
- ✓ Comarca Las Maderas, cuenta con las siguientes comunidades: Las Maderas, Mesas de Acicaya, Cuesta del Coyol, Mesas de la Flor, Cerro Pando, La Pita, Las Lajas, El Madroño, La Palma, San Blas, El Naranjo, Cacalotepe y Las Avellanas.

1.2.3 Uso de suelo

La vegetación del municipio varía según sus zonas, en la zona norte la vegetación es esencialmente de matorral bajo. El uso potencial del suelo es para ganadería de carácter extensivo y de cultivos de pastos para la protección de los suelos y árboles con fines energéticos.

La vegetación de la zona central o noreste ha sido sustituida por cultivos anuales, el suelo es apto para cultivos de caña de azúcar, ajonjolí, sorgo y ganadería tecnificada.

La zona sur conserva la mayor parte de la vegetación del municipio, predominan árboles perennes y arbustos, los suelos son propios para el cultivo del maíz, yuca, sorgo, ajonjolí y la crianza de ganado, así como los cultivos de musáceas.

Entre los problemas de medio ambiente más serios que enfrenta el municipio encontramos el despale indiscriminado que se realiza por parte de comercializadores de leña, razón por la que se hace necesario impulsar proyectos de reforestación que mejoren las condiciones del ambiente y que a su vez protejan las especies de flora y fauna del municipio que se encuentran en peligro de extinción.

1.2.4 Transporte

El municipio de Tipitapa presta servicio colectivo de seis rutas con un promedio de 50 unidades, estas parten de la cabecera municipal cada cinco minutos. Las rutas comunican al municipio con Managua, León, Chinandega, Carazo, Masaya, Rivas y Granada. El municipio en la cabecera municipal cuenta con una terminal de buses.

Existen cooperativas de transporte que cubren las rutas hacia otras regiones del país y a nivel local. En este sentido la población a nivel interno, utiliza el servicio de taxis, camionetas y otros.

1.3 Justificación

Las carreteras son el modo de transporte más utilizado para el movimiento de productos en nuestro país, por esto, una infraestructura vial mejora la economía de la región. Estas vías deben cumplir con ciertas especificaciones que permitan el paso de vehículos pequeños y grandes de forma ágil y segura.

Es por esto que se pretende mejorar la infraestructura vial de la comunidad San Benito Agrícola, ya que no solo contribuye al desarrollo económico de ésta, también al goce y disfrute del espacio público por parte de los habitantes, al mejoramiento de la calidad de vida, al fácil acceso a los servicios públicos, al mejoramiento del tráfico vehicular pues las viviendas tendrían acceso directo y a la disminución de las infecciones gripales y virales a causa del polvo y charcos.

Con este proyecto se espera proporcionar al tramo en cuestión un diseño de estructura de pavimento apto para la alta circulación de vehículos tanto livianos como pesados, ya que a través de esta ingresan vehículos de carga, que pertenecen a una pequeña industria arrocera, productores de ganado y suplidores de insumos para los pequeños comerciantes de la zona, que son las principales fuentes de empleos de la comunidad.

De no hacerse esta propuesta, la comunidad no contará con una opción que dé respuesta a los problemas existentes del tramo en estudio. Es importante resaltar que el desarrollo de esta monografía, nos permitirá aplicar los conocimientos adquiridos durante el periodo de clases antes vista, por tanto se espera brindar una respuesta a la demanda social que presentan los pobladores generando un beneficio mutuo.

Se espera garantizar el correcto diseño de espesores, para que la superficie de rodamiento responda de manera eficiente, ya que esta tiene conexión directa con la carretera panamericana, lo cual circulan vehículos de todo tipo.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General

- ✓ Diseñar la estructura de pavimento (adoquín), para el mejoramiento de las calles de la comunidad San Benito Agrícola, municipio de Tipitapa, haciendo uso del método de diseño de la ASSHTO – 93 y su estimación de costo de construcción.

1.4.2 Objetivos Específicos

- ✓ Realizar un levantamiento topográfico para definir la línea central y el perfil longitudinal del terreno, obteniendo así la información necesaria para la elaboración de planos finales presentados en planta y perfil.
- ✓ Elaborar un estudio de tránsito para comprobar los tipos de vehículos que circulan por el tramo y la frecuencia con que lo hacen, con el fin de diseñar los ejes equivalentes.
- ✓ Determinar propiedades físicas y mecánicas del suelo, tanto del camino como del banco de materiales, por medio de un estudio geotécnico, para determinar el tipo y la calidad de éste en la construcción de la carretera.
- ✓ Calcular el espesor necesario de cada una de las capas de la estructura de pavimento, con el fin de obtener la resistencia adecuada para la circulación vehicular.
- ✓ Obtener una estimación de costos para la construcción del tramo diseñado, y cuantificar los volúmenes de obras basándonos en el levantamiento topográfico.

1.5 Marco Teórico

1.5.1 Conceptos Básicos

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

Un pavimento debe cumplir adecuadamente sus funciones, entre estas se pueden mencionar algunas de las más visibles:

- ✓ Ser resistente a la acción de las cargas impuestas por el tránsito
- ✓ Debe ser durable
- ✓ Debe ser económico
- ✓ Deber poseer el color adecuado para evitar reflejos y deslumbramiento y ofrecer una adecuada seguridad al tránsito, etc.

Tipos de Pavimentos

Los pavimentos se clasifican según la AASHTO en dos tipos, entre estos están: pavimento rígido y pavimento flexibles. Por otro lado hay otras dos clasificaciones los cuales son pavimento semirrígido y pavimento articulado.

Pavimento articulado: los pavimentos articulados están compuestos por una capa de rodadura que está elaborada con bloques de concreto prefabricado, llamados adoquines, de espesor uniforme e iguales entre sí. Esta puede ir sobre una capa delgada de arena la cual, a su vez, se apoya sobre la capa de base granular o directamente sobre la Subrasante, dependiendo de la calidad de esta y de la magnitud y frecuencia de las cargas por dicho pavimento.

1.5.2 Ventajas del Pavimento articulado (adoquín)

- ✓ Su capa de rodadura está hecha con adoquines de hormigón; es decir, piezas prefabricadas, que se pueden producir tanto en equipos sencillos y pequeños, como en tecnificados y grandes; por parte de productores comerciales, grupos comunitarios o administraciones municipales, sin importar la escala o localización de los proyectos.
- ✓ Como los adoquines no van pegados sino unidos por compactación, y como deben durar unos 40 años, al reparar el pavimento se pueden reutilizar, por lo cual son muy económicos para poblaciones o barrios sin redes de servicios completas o en mal estado.
- ✓ Todos los materiales para este pavimento llegan a la obra listos para ser utilizados, por lo cual se puede construir con mayor eficiencia.

1.5.3 Estructura Típica de un adoquinado

Subrasante: Es la capa de terreno de una carpeta que soporta la estructura de pavimento y que se extiende hasta una profundidad que no afecte la carga de diseño que corresponde al tránsito previsto.

Subbase: Es la capa de la estructura de pavimento destinada fundamentalmente a soportar, transmitir y distribuir con uniformidad las cargas aplicadas a la superficie de rodadura de pavimento, de tal manera que la capa subrasante la pueda soportar absorbiendo las variaciones inherentes a dicho suelo que puedan afectar a la subbase.

Base: Es la capa de pavimento que tiene como función primordial, distribuir y transmitir las cargas ocasionadas por el tránsito, a la subbase y a través de esta a la Subrasante, y es la capa sobre la cual se coloca la capa de rodadura.

Cama de arena: En esta se usan arenas naturales de río, arenas volcánicas o minerales, debiendo estar libres de arcilla, materia orgánica o cualquier otro material que pudiere inferir con el drenaje del agua proveniente de la superficie.

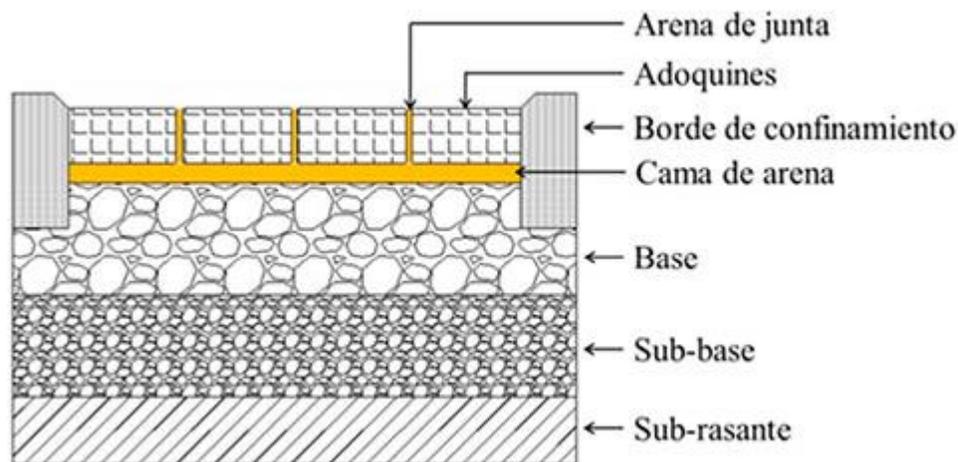
Adoquines: Son elementos contruidos con material pétreo y cemento, pudiendo tener varias formas, todas ellas regulares y que son colocado sobre una cama de arena de 3 a 5 centímetros de espesor.

Arena de sello: Es la que se coloca sobre los adoquines, de manera que las juntas entre ellos no excedan los 5 mm. La arena de sello entre juntas de adoquines puede ser de la misma usada para su lecho, cribada por el tamiz No. 8.

Viga de amarre transversal: Son vigas de concreto ubicadas transversalmente en el adoquinado, en las partes donde la pendiente es muy inclinada, esto evita que los adoquines se junten demasiado y se levanten.

Viga de amarre longitudinal o Borde de confinamiento: Son vigas de concreto ubicadas longitudinalmente en el adoquinado, lo cual sirve para confinar los adoquines en el sitio predefinido por la topografía.

Figura No. 1 Estructura Típica de Pavimento Flexible (adoquín)



Fuente: Revista de la Construcción vol.12 no.3 Santiago, Chile dic. 2013

CAPITULO II: TOPOGRAFÍA

2.1 Introducción

La topografía se realiza con el fin de determinar la configuración del terreno y la posición sobre la superficie de la tierra.

Siempre en cualquier proyecto constructivo ya sea vertical u horizontal es necesario el uso de la topografía, ya que las características del terreno son la guía del diseñador, para la mejor distribución y ubicación de la obra en sus aspectos funcionales para conseguir la mayor rigidez, estabilidad y seguridad de esta.

Algunas personas acostumbran denominar “Caminos” a las vías rurales sin ningún tipo de obra civil, mientras que el nombre de carreteras se lo aplican a las calles de características modernas destinadas al movimiento de un gran número de vehículos, sin saber que una carretera se define 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 han sido condicionadas.

Cabe destacar que este proyecto de 3 kilómetros de adoquinado, no es la excepción, por tanto se obtuvo de parte de la alcaldía de Tipitapa el estudio topográfico, ya que se tenía pensado realizar dicho proyecto que por problemas de presupuesto se tuvo que hacer a un lado y darle prioridad a otros que al igual son necesarios para la población.

Cabe destacar que el levantamiento brindado se hizo por el método de radiación, con el uso de una estación total, dicho levantamiento está reflejado en el **Anexo A, Tabla 1**, donde se muestran las distintas elevaciones y trayectorias del tramo en estudio con lo cual se sabrá la cantidad de material de corte y relleno necesario para este, también se utilizará para la elaboración del plano de la carretera con ayuda de la altimetría y planimetría.

A continuación se describe el método usado por la alcaldía de Tipitapa para la obtención del levantamiento topográfico.

2.2 Método de radiación

La radiación es un método Topográfico que permite determinar coordenadas (x, y, z) desde un punto fijo llamado polo de radiación. Para situar una serie de puntos A, B, C.

Se estaciona el instrumento en un punto O y desde él se visan direcciones OA, OB, OC, OD..., tomando nota de las lecturas acimutales y cenitales, así como de las distancias a los puntos y de la altura de instrumento y de la señal utilizada para materializar el punto visado.

Los datos previos que requiere el método son las coordenadas del punto de estación y el azimut (o las coordenadas, que permitirán deducirlo) de al menos una referencia.

El equipo que se utilizó para realizar el levantamiento fue una estación total, este consiste de un teodolito con un distanciómetro integrado, de tal forma que puede medir ángulos y distancias simultáneamente. La distancia horizontal, la diferencia de alturas y las coordenadas se calculan automáticamente. Todas las mediciones e información adicional se pueden grabar.

Algunas de las características que incorpora la estación total, y con las cuales no cuentan los teodolitos son, una pantalla alfanumérica de cristal líquido (LCD), LEDs de avisos, iluminación independiente de la luz solar, calculadora, distanciómetro, trackeador (seguidor de trayectoria) y la posibilidad de guardar información en formato electrónico, lo cual permite utilizarla posteriormente en ordenadores personales. Vienen provistas de diversos programas sencillos que permiten, entre otras capacidades, el cálculo de coordenadas en campo, replanteo de puntos de manera sencilla y eficaz y cálculo de azimuts y distancias.

2.3 Resultados

Para el levantamiento topográfico se tomó en consideración lo siguiente:

- ✓ Trazo y levantamiento de eje central de las calles en estudio
- ✓ Establecimiento del BM, quedando bien señalado
- ✓ Línea central tomando en cuenta el ancho de la sección transversal de las calles lo cual es de 5.50m
- ✓ Las estaciones que se presentan en los planos se encuentran a cada 20 metros de distancia

Con la información obtenida en el levantamiento topográfico se procedió a la elaboración de los planos correspondientes al tramo en estudio. **Ver anexo A, Planos Planta y Perfil.**

Los volúmenes de corte y relleno se estarán utilizando a la hora de hacer estimación de costo para el cálculo de movimiento de tierra, dando como resultado el Volumen de corte $V_C = 1,313.97\text{m}^3$ y el Volumen de relleno $V_R = 514.24\text{m}^3$

CAPITULO III:

ESTUDIO

DE

TRANSITO

3.1 Introducción

Los análisis de tránsito juegan un papel vital en la elaboración de diseños de estructuras de rodamiento, ya que al realizar un estudio de tránsito nos damos cuenta de la situación actual en la que se encuentra el camino que se pretende diseñar o rehabilitar, estos estudios expresan de forma cuantitativa y cualitativa la condición actual del tramo en estudio.

Dicho tramo posee 4 puntos cardinales, pero se decidió tomar el que tiene mayor longitud lo cual es la dirección Norte – Sur para realizar el diseño, ya que todos los vehículos que circulan en ese sentido pasan por los tramos de calle que están en Este – Oeste, por lo que es una colonia cerrada, donde solo hay una entrada principal. Por tanto se hizo un resumen del conteo total realizado en toda la semana, en ambas direcciones, Norte – Sur, Sur – Norte. **Ver anexo B, Tabla 2.**

Este conteo vehicular se hizo por 12 horas consecutivas, durante una semana, el periodo que se tomo fue de 6 de la mañana a 6 de la tarde, por tanto se tuvo que usar un factor día, para llevar este conteo de 12 horas a 24 horas, y debido a que los datos obtenidos en el conteo vehicular son una muestra representativa de un periodo de una semana, es necesario calcular el TPDA haciendo uso de factores de expansión, utilizando la estación 700, Empalme Camoapa – Tecolostote, en el tramo San Benito – Colonia los Laureles, lo cual es la más cercano al tramo en estudio, ya que no se cuenta con un registro vehicular en la zona **ver anexo B, Tabla 3.**

Estos factores permiten expandir el volumen de tránsito para obtener el tránsito promedio diario anual. **Ver anexo B, Tabla 4,** Cabe destacar que no se obtuvo un mismo resultado a la hora del conteo, es decir, los autos que circulan en dirección norte – sur no es la misma cantidad que circula de este a oeste, ya que el auto que ingreso a la colonia, no necesariamente tiene que salir ese mismo día, o el vehículo que salió pudo no haber regresado, por tanto es posible haberse tomado en cuenta en el conteo del siguiente periodo de 12 horas.

Cuadro No. 1 Resumen de conteo Vehicular (Tránsito Diurno)

Cuadro de resumen (Ambas Direcciones) Aforo Vehicular 6 am - 6 pm

Dia	Tipo de Vehiculo									
	Moto	Auto	Jeep	Cmta	Bus Mediano	Bus Grande	C2 Liv	C2	C3	Total
Lunes	494	26	13	38	13	0	28	8	0	620
Martes	323	27	1	63	14	6	28	22	2	486
Miercoles	355	27	11	73	20	3	20	10	0	519
Jueves	191	23	6	66	14	2	16	6	0	324
Viernes	727	37	19	44	20	2	23	14	4	890
Sábado	420	27	22	55	7	4	17	8	4	564
Domingo	414	39	22	51	6	3	6	4	0	545
Total	2924	206	94	390	94	20	138	72	10	3948

Fuente: Elaboración Propia

Los datos presentados en el cuadro resumen, es el total de vehículos que transitan a diario sobre la carretera en estudio, lo cual se observa que hay una mayor presencia de motos, a pesar de que esta no es tomada en cuenta a la hora de realizar el diseño del pavimento ya que es un vehículo muy liviano, aunque en este término, también se incluyen las moto taxis, ya que hay viviendas que quedan muy retiradas, debido a esto se ha convertido en el mayor medio de transporte para los habitantes del sector, por falta de buses en la zona.

3.2 Parámetros para determinar el tránsito de diseño

3.2.1 Periodo de diseño

Se ha señalado que las autopistas regionales, tanto urbanas como rurales, al igual que las demás carreteras, se diseñan normalmente para acomodar los volúmenes de tránsito proyectados para un período de diseño de 10 a 40 años. Una vez que se lleve a cabo la construcción del tramo en estudio, se puede esperar que el pavimento requiera cierto mantenimiento para restaurar su capacidad de servicio, antes o después de haber cumplido su periodo de diseño.

En nuestro caso se tomó 20 años como periodo de diseño, ya que según los criterios tomados, se cataloga como una colectora Sub Urbana debido a que esta permite velocidades menores en distancias cortas por servir de colector de tráfico de caminos locales y conectarlos con las arteriales. **Ver anexo B, tabla 5**

3.2.2 Tránsito de Diseño (T_D)

Será igual al tránsito en el año cero (inicial), multiplicada por el factor de crecimiento por el porcentaje de factor direccional y a su vez se multiplica por el factor carril.

A continuación se muestra la fórmula que permite calcular el tránsito de diseño:

$$\text{Tránsito de diseño} = T_0 \times F_{CR} \times F_D \times F_C \quad \text{Ecuación No.1}$$

Donde:

T_0 = Tránsito en el año cero (Inicial)

F_{CR} = Factor de crecimiento

F_D = Factor de distribución por dirección

F_C = Factor de distribución por carril

3.2.3 Factor de Crecimiento (F_{CR})

Para poder obtener este factor se deben analizar diversas variables que intervienen directa o indirectamente en la forma posible de como de cómo se podría comportar el tránsito que se está analizando, una de ellas es de carácter económico ya que se toma en cuenta la tasa de crecimiento del producto interno bruto obtenido de los datos proporcionados por el Banco Central, al igual que la tasa de crecimiento poblacional.

También se debe tomar en cuenta a la hora de elegir la tasa de crecimiento los planes de desarrollo local, ya que en este lugar una vez construida la carretera, se podría obtener una buena inversión de los recursos naturales con que cuenta la comunidad.

Este lugar se conoce como colonia San Benito Agrícola, ya tienen la facilidad de producir frutas y verduras, ya que tienen el lago de Managua a pocos kilómetros, también como se dijo anteriormente cuentan con una arrocera que facilita el ingreso de vehículos pesados y la afluencia de pequeños productores y comerciantes.

A continuación se muestra la fórmula que permite calcular el factor de crecimiento:

$$\text{Factor de Crecimiento} = 365 * \frac{(1+i)^n - 1}{i} \quad \text{Ecuación No. 2}$$

$$F_{CR} = 365 * \frac{(1+0.03)^{20} - 1}{0.03}$$

$$F_{CR} = 9,807.687$$

3.2.4 Tasa de crecimiento (*i*)

Es el crecimiento anual de volumen de tránsito en una vía, expresado en porcentaje, este valor se determina tomando en cuenta las variables del Producto Interno Bruto y la tasa de crecimiento poblacional.

3.2.4.1 Crecimiento del Producto Interno Bruto (PIB)

Es necesario tomar en consideración el valor del PIB, ya que este da una idea de lo que ha producido el país durante un año y el ritmo de crecimiento que se puede dar comparado con los años anteriores, no se tiene un valor específico para la comunidad en estudio, por tanto se tomara el valor global que es brindado por el Banco Central de Nicaragua lo cual corresponde al 4.9% para el año 2015.

Cuadro No.2 Producto Interno Bruto (PIB)

Año	PIB %
2010	3.60
2011	5.40
2012	5.20
2013	4.50
2014	4.70
2015	4.90

Fuente: Estadísticas Economicas Anuales BCN

3.2.4.2 Tasa de Crecimiento Poblacional

Esta variable refleja el crecimiento de la demanda de transporte masivo y particular de las personas, ya que a medida que aumenta la población, aumenta la demanda de viajes en la zona, ya sea por que residen en el lugar, por comercio, por turismo o por cualquier otro motivo. La institución encargada de realizar este análisis es el Instituto de Estadísticas y Censos (INEC), esta se encarga de realizar censos poblacionales para saber con cuanta población cuenta el país y como se encuentra distribuida.

El último censo que se hizo a nivel nacional, fue en el año 2005, en nuestro caso se tomará como referencia el censo que se hizo en Managua, ya que se está estudiando el municipio de Tipitapa, en este se puede observar que la población aumentó 26 veces desde 1906 hasta el 2005, y en la actualidad cuenta con más de 360 habitantes por Km².

Cuadro No.3 Tasa de Crecimiento Poblacional

Año del Censo	Período Intercensal	Población	Tasa de Crecimiento	Densidad (Hab/Km ²)
1,906		48,204		13.9
	14.0		3.1	
1,920		74,696		21.6
	20.0		2.4	
1,940		120,202		34.7
	10.0		3.0	
1,950		161,513		46.6
	13.0		5.2	
1,963		318,826		92.0
	8.0		5.3	
1,971		485,850		140.2
	24.0		3.4	
1,995		1,093,760		315.7
	10.0		1.4	
2,005		1,262,978		364.5

Fuente: Instituto Nacional de Estadísticas y Censos INEC

Para obtener un valor de la tasa anual vehicular que se utilizará en este diseño, habrá que tomar ciertas consideraciones, que podrían aportar un aumento en la demanda del transporte del lugar, una de estas sería la implementación de un sistema de riego para la producción tanto de arroz, como frutas y verduras, ya que este agilizaría la productividad de las cosechas, obteniendo una mayor demanda de los productos a ofrecer.

Habiendo dicho esto, se hace un promedio aproximado, con los datos de los últimos años según las proyecciones económicas del banco central y la tasa de crecimiento poblacional, dejando así establecida una tasa anual vehicular del 3%.

3.2.5 Factor de Distribución por Dirección (F_D)

Es el factor del total flujo vehicular censado, en la mayoría de los casos este valor es de 0.5 ya que la mitad de los vehículos van en una dirección y la otra mitad en la otra dirección. Durante se hizo el conteo no se obtuvo el mismo número de vehículos en ambas direcciones, esto se puede explicar de cierta manera: los vehículos que salen de la colonia, no necesariamente tienen que regresar a su mismo destino el mismo día, o bien pudieron haber regresado después de haber finalizado el conteo de las 12 horas, pudiendo pasar la misma situación con los vehículos que ingresan, por tanto una vez explicada dicha situación, el factor que se asumirá es de **0.5**. Ver **anexo B, tabla 6**.

3.2.6 Factor de distribución por carril (F_C)

Se define por el carril de diseño que recibe el mayor número de ejes equivalentes para un camino de dos carriles, cualquiera de las dos puede ser el carril de diseño, ya que el tránsito por dirección forzosamente se analiza por ese carril. El valor de este factor será igual a **1.0**. Ver **anexo B, tabla 7**.

3.3 Cálculo de Tránsito de Diseño

Una vez encontradas todas las variables para definir el tránsito de diseño, se procede al cálculo del tránsito actual, siendo este afectado por el factor diario, a como se muestra a continuación.

Cuadro No. 4 Tránsito Actual

Tipo de vehículo	Total de Vehículos (A/D)	Promedio Vehículos (A/D)	Factor Diario	Transito Actual
Auto	206	29	1.30	38
Jeep	94	13	1.30	17
Cmta	390	56	1.36	76
Micro Bus \leq 15	94	13	1.19	16
Bus	20	3	1.31	4
C2 Liv	138	20	1.29	25
C2	72	10	1.63	17
C3	10	1	1.62	2

Fuente: Elaboración Propia

También se hace un porcentaje de los vehículos transitados en la zona, donde se puede observar, que en su mayoría, los que transcurren son vehículos livianos, entre ellos resalta la camioneta, seguido de los C2 livianos, C2, microbuses y por último los buses y los C3, usándose cada uno de ellos como medio de transporte, o como subsistencia, ya que no solo se utilizan para movilizarse si no también como medio de comercialización.

Cuadro No. 5 Tránsito de Diseño

Tipo de vehículo	Transito Actual	Factor Crecimiento	FD	FC	Transito de Diseño	Porcentaje Vehiculos
Auto	38	9,807.69	0.50	1.00	186,346.11	19.5%
Jeep	17	9,807.69	0.50	1.00	83,365.37	8.7%
Cmta	76	9,807.69	0.50	1.00	372,692.22	39.0%
Micro Bus ≤ 15	16	9,807.69	0.50	1.00	78,461.52	8.2%
Bus	4	9,807.69	0.50	1.00	19,615.38	2.1%
C2 Liv	25	9,807.69	0.50	1.00	122,596.13	12.8%
C2	17	9,807.69	0.50	1.00	83,365.37	8.7%
C3	2	9,807.69	0.50	1.00	9,807.69	1.0%
Total	195				956,249.78	

Elaboración: Fuente Propia

3.4 Carga por Eje Simple Equivalente de Diseño ESAL's

A continuación se muestra la fórmula que permite calcular el ESAL's de diseño

$$\text{ESAL's} = \text{Tránsito de Diseño} * F_{\text{ESAL's}}$$

Ecuación No. 3

Donde:

ESAL's = Carga por Eje Simple Equivalente de Diseño de 80 KN o 18 Kips²

F_{ESAL's} = Factor de carga equivalente AASTHO 93

3.5 Factores de carga equivalente para pavimentos flexibles para ejes simples

Para calcular los ESAL's que se aplicara a una estructura de pavimento es necesario asumir en primera instancia, para pavimentos flexibles el numero estructural (SN) que se considere adecuado a las cargas, también se tendrá que asumir el índice de Serviciabilidad final aceptable, de acuerdo con los programas de mantenimiento que se considere necesario según el tipo de carretera.

La mayoría de los vehículos que transitan por el tramo en estudio son de ejes simples, con un índice de Serviciabilidad final de 2.0 ya que es un camino de tránsito menor, con un número estructural igual a 5 debido a que este valor dará un resultado suficientemente preciso, evitando así un resultado por debajo de las cargas equivalentes requeridas. **Ver anexo B, tabla 8**

3.6 Factores de carga equivalente para pavimentos flexibles para ejes Tándem

Se denomina eje Tándem al elemento constituido por dos ejes articulados al vehículo por dispositivos comunes, separados por una distancia menor a 2,4 metros. Estos reparten la carga, en partes iguales, sobre los dos ejes.

En el conteo vehicular se tomó en cuenta un camión C3 lo cual tiene un eje simple y un eje doble, con un total de 21 toneladas, lo cual comprende 5 ton de eje delantero y 16.5 ton de eje trasero. **Ver anexo B, tabla 9**

Para este caso se utilizó la tabla de eje Tándem, con un índice de serviciabilidad final de 2.0 ya que es un camino de tránsito menor, y número estructural igual a 5. **Ver anexo B, tabla 10**

3.7 Estructura y Carga de Vehículo por tipo de eje

Para poder obtener el ESAL's de diseño, se necesitan los pesos por ejes de cada vehículo que transitó el tramo de carretera en estudio, ya que con este valor, se va a la tabla de factores de carga equivalente, ubicándose en la columna del número estructural elegido, dependiendo del peso con el que cuenta cada vehículo se toma el valor correspondiente, si en la tabla no se encuentra el valor exacto, se procede a interpolar hasta encontrar dicho valor.

Cuadro No.6 Estructura y Carga de Vehículo por Tipo de eje

Tipo de vehículo	Partes	Peso po Eje (Ton)	Peso po Eje (Lib)
Auto	F	1.0	2,200.00
	R	1.0	2,200.00
Jeep	F	1.0	2,200.00
	R	1.0	2,200.00
Cmta	F	1.0	2,200.00
	R	2.0	4,400.00
Micro Bus ≤ 15	F	2.0	4,400.00
	R	4.0	8,800.00
Bus	F	5.0	11,000.00
	R	10.0	22,000.00
C2 Liv	F	4.0	8,800.00
	R	8.0	17,600.00
C2	F	5.0	11,000.00
	R	10.0	22,000.00
C3	F	5.0	11,000.00
	R	16.5	36,300.00

Fuente: Departamento de Peso y Dimensiones. Dirección de Vialidad MTI

F : Eje Delantero

R: Eje Trasero

3.8 Cálculo de ESAL's por Carril de Diseño

En este punto, se obtiene el ESAL's de diseño, haciendo uso de los factores de carga equivalentes, para ejes simples y Tándem, con Serviciabilidad igual a 2 ya que es un camino de tránsito menor, y numero estructural igual a 5.

Cuadro No. 7 ESAL's de Diseño

Tipo de vehículo	Peso po Eje (Lib)	Transito de Diseño	Factor ESAL's	ESAL's de Diseño
Auto	2,200.00	186,346.11	0.00038	70.81
	2,200.00		0.00038	70.81
Jeep	2,200.00	83,365.37	0.00038	31.68
	2,200.00		0.00038	31.68
Cmta	2,200.00	372,692.22	0.00038	141.62
	4,400.00		0.0034	1,267.15
MB ≤ 15	4,400.00	78,461.52	0.0034	266.77
	8,800.00		0.0502	3,938.77
Bus	11,000.00	19,615.38	0.1265	2,481.35
	22,000.00		2.3500	46,096.14
C2 Liv	8,800.00	122,596.13	0.0502	6,154.33
	17,600.00		0.9206	112,861.99
C2	11,000.00	83,365.37	0.1265	10,545.72
	22,000.00		2.3500	195,908.61
C3	11,000.00	9,807.69	0.1265	1,240.67
	36,300.00		1.4325	14,049.52
Total		956,249.78		395,157.62

Fuente: Elaboración Propia

ESAL's o W18 = 395,157.62 ejes equivalentes por carril de diseño.

Es evidente que los vehículos livianos que transitan con mayor frecuencia ejercen una menor carga de ejes equivalentes, mientras que los que menos transitaban son los que le dan un mayor desgaste al pavimento, tal ejemplo es el bus, C2 y C3, por tanto son los que mayor carga ejercen sobre el tramo de carretera.

CAPITULO IV:

ESTUDIO

DE

SUELOS

4.1 Introducción

Antes de realizar cualquier tipo de construcción uno de los pasos fundamentales es realizar un estudio característico del suelo, con el objetivo de conocer las propiedades del mismo, y como se puede aprovechar para el uso que deseamos realizar. Si la capacidad del suelo se ve minimizada en relación a la aplicación de fuerzas, es probable que el mismo se deforme y que tenga como consecuencia algunos acontecimientos no determinados durante la fase del diseño del proyecto.

En este capítulo se pretende dar a conocer las propiedades físicas y mecánicas del suelo, su clasificación según la AASHTO M 145, **Ver anexo C, Tabla 11** y su composición estratigráfica, e igual mente la calidad del banco de material que se utilizará como préstamo correspondiente al sitio en estudio.

4.2 Sondeo sobre el tramo en estudio

Se visitó el tramo en estudio con el fin de obtener especímenes para su respectivo análisis, para esto se hicieron sondeos manuales a profundidades de 1.50 m y 500 m de distancia, obteniendo la cantidad de 15 muestras de 7 sondeos. Estas son consideradas de carácter alteradas por su modo de extracción.

4.3 Sondeo en los bancos de materiales

Se visitaron dos bancos de materiales para obtener su respectiva muestra, ambos propiedad de la alcaldía de Tipitapa, uno de ellos fue utilizado como vertedero de desechos sólidos, ubicado aproximadamente a 1 km dirección Norte – Este con Latitud $12^{\circ}17'36.65''$ N y Longitud $86^{\circ}02'45.41''$ E de la comunidad El Papalote, y el otro es de un predio baldío ubicado en el mismo sector, aproximadamente a 1.2 km dirección Sur – Este del banco 1, con Latitud $12^{\circ}17'9.71''$ N y Longitud $86^{\circ}02'14.98''$ O. **Ver anexo C, Gráfico 1.**

Cada una de estas muestras se obtuvieron por medio de una pala y se vació sobre una bolsa de plástico lo cual se trasladaron hacia el laboratorio de suelo de la UNI.

4.4 Análisis de laboratorio a realizarse

- ✓ Análisis granulométrico de los suelos
- ✓ Límites de consistencia de los suelos (Límites de ATTERBERG)
- ✓ Ensaye de compactación de suelo (Proctor Modificado)
- ✓ Determinación de la resistencia de los suelos por medio de CBR

4.4.1 Análisis granulométrico de los suelos

Los análisis granulométricos se realizan con el objetivo de saber los diferentes tamaños de granos de los suelos muestreados y fijar por medio de porcentajes de pesos la cantidad de granos de distintos tamaños que el mismo contiene, esto se realiza con la implementación de tamices con aberturas cuadradas de diferentes tamaños con el objeto de separar el material ensayado.

Determinado los rangos de tamaños en los diferentes suelos se obtiene una herramienta para clasificar por textura los suelos la designación de la norma de este análisis es la AASHTO T 27- 88.

La clasificación de suelos es el indicador de las propiedades físico - mecánicas que tienen los suelos. La clasificación que mejor describe y determina las propiedades de un suelo a usarse como Subrasante es la clasificación de AASHTO M-145; las primeras variables son: la granulometría y la plasticidad. En términos generales, un suelo conforme a su granulometría se clasifica así:

- ✓ Grava: de un tamaño menor a 76.2 mm (3") hasta tamiz No. 10 (2 mm)
- ✓ Arena Gruesa: de un tamaño menor a 2 mm hasta tamiz No.40 (0.425 mm)
- ✓ Arena Fina: de un tamaño menor a 0.425 mm hasta tamiz No.200 (0.075 mm)
- ✓ Limos y Arcillas: tamaños menores de 0.075 mm

Conforme AASHTO, un suelo fino es el que tiene más del 35% que pasa el tamiz No. 200 (0.075 mm), los cuales se clasifican como A-4, A-5, A-6 o A-7.

Dos suelos considerados finos que tengan granulometrías similares, pueden llegar a tener propiedades diferentes dependiendo de su plasticidad, cualidad que se analiza en el suelo que pasa el tamiz No. 40; dichas propiedades de plasticidad, se analizan conforme las pruebas de límites de Atterberg.

4.4.2 Límites de consistencia de los suelos (Límites de ATTERBERG)

Los límites de Atterberg o límites de consistencia se basan en el concepto de que los suelos finos, presentes en la naturaleza, pueden encontrarse en diferentes estados, dependiendo del contenido de agua. Así un suelo se puede encontrar en un estado sólido, semisólido, plástico, semilíquido y líquido.

Es por ello que se realizó el ensaye de límites a cada uno de las muestras de suelo con el propósito de determinar las características que poseen los granos menores no considerados en el análisis mecánico de los suelos. La designación de esta norma es la T - 89, T - 90 de la AASHTO.

El resultado de ambos laboratorios tanto granulometría como límites ayudan a encontrar la clasificación de cada una de las muestras de suelo obtenidas durante el sondeo realizado sobre el tramo de carretera en estudio al igual que el banco de materiales. **Ver anexo C, Tabla 12 y 13**

4.4.3 Resultado obtenido de las muestras

Después de haber realizado los ensayos de granulometría y límites de consistencia de los suelos, se obtuvo la clasificación de cada estrato, de los cuales todas las muestras superficiales dan como resultado un suelo tipo A – 4 (Suelo limoso), a una distancia mínima de 40cm y máxima de 60cm, por tanto se tomó la decisión de unificar las muestras después de haber constatado por color, textura, y características granulométricas presentada de este tipo de suelo, también se obtuvieron otros tipos de suelo que estaban por debajo del antes mencionado, los cuales fueron 4 tipos tales como: A-2-4, A-5, A-6 y A-7-5, a diferentes medidas de profundidad, para mayor visualización de lo antes dicho **Ver anexo C, Tabla 14**

4.4.4 Ensayo de compactación de suelo (Proctor Modificado)

La compactación es un proceso generalmente mecánico de densificación de un suelo mediante procesos mecánicos que mejoran la resistencia del suelo al corte, reduciendo la relación de vacíos rápidamente. La designación de esta norma es la T – 180 de la AASHTO.

Usualmente cuando el suelo se compacta bajo distintas condiciones de humedad o distintos métodos, se emplea la curva de compactación. La curva de compactación ofrece la relación entre densidades y porcentajes de humedad. Tal curva es distinta para cada suelo y de la misma forma ofrece su humedad óptima en relación a ese suelo.

En este caso se hizo la prueba de Proctor modificado a tres muestras, los cuales son, el suelo A-4 que es el material de línea, y a los dos bancos de materiales, de cada uno de estos se tomó una muestra representativa previamente secada al sol, para hacerle su respectivo procedimiento, el cual consistió en introducir la muestra en un molde cilíndrico en 5 capas, cada una compactada con 25 golpes de un pistón de 4.54 kg con una caída libre de 47.5cm de altura, obteniendo los siguientes resultados.

Para el suelo A-4 se obtuvo un peso volumétrico de 1,820 kg/m³, con una humedad óptima del 21.3%, y límite plástico promedio de 29.6%, **Ver Anexo C, Tabla 15**, para el suelo A-7-5 que pertenece a uno de los bancos de materiales se obtuvo un peso volumétrico de 1,730 kg/m³, con una humedad óptima del 29.9% y un límite plástico de 32%, **Ver Anexo C, Tabla 16** y por último el suelo A-1-B perteneciente también al banco de materiales, obtuvo un peso volumétrico de 1,625 kg/m³, con una humedad óptima del 17% y N.P. **Ver Anexo C, Tabla 17**.

4.4.5 Determinación de la resistencia de los suelos por medio de CBR

La finalidad de este ensayo, es determinar la capacidad de soporte (CBR) de suelos y agregados compactados en laboratorio, con una humedad óptima y niveles de compactación variables, lo cual sirve para evaluar la calidad relativa del suelo para sub-rasante, sub-base y base de pavimentos. La designación de esta norma es la T – 193 de la AASHTO.

El ensayo mide la resistencia al corte de un suelo bajo condiciones de humedad y densidad controladas, permitiendo obtener un (%) de la relación de soporte. El (%) CBR, está definido como la fuerza requerida para que un pistón normalizado penetre a una profundidad determinada, expresada en porcentaje de fuerza necesaria para que el pistón penetre a esa misma profundidad y con igual velocidad, en una probeta normalizada constituida por una muestra patrón, a como se muestra a continuación.

Cuadro No. 8 Carga Unitaria Patrón Para Obtener el CBR

Penetración			Carga Unitaria Patrón		
Milímetro (mm)	Centímetro (Cm)	Pulgada (Pulg)	Kg/Cm ²	Mpa	PSI
2.50	0.25	0.10	70.31	6.90	1,000.00
5.00	0.50	0.20	105.46	10.30	1,500.00
7.50	0.75	0.30	133.58	13.00	1,900.00
10.00	1.00	0.40	161.71	16.00	2,300.00
12.70	1.27	0.50	182.80	18.00	2,600.00

Fuente:
Guía de

Mecánica de Suelos 1 (Universidad Nacional de Ingeniería)

Existen valores establecidos donde se describe el uso de suelo según el valor de CBR, con el fin de darle la utilidad adecuada al mismo, con esta clasificación se puede predecir si se cuenta con el suelo adecuado o si se tiene que hacer una estabilización, para una mejor funcionalidad. **Ver anexo C, Tabla 18.**

4.5 CBR de la sub rasante

En la siguiente tabla se muestra los resultados obtenidos de la prueba de CBR para la muestra A-4 (Suelo Limoso), siendo este el material de línea, dando como resultado un CBR al 95% igual 18% el cual indica que es un material de regular a bueno y que puede ser empleado en la construcción de la carretera ya que cumple con las normas estipuladas por la AASHTO.

Cuadro No. 9 Datos Muestra Unificada (A-4)

% Compactación	%CBR	Clasifica en
90.00	12	Sub rasante regular a Buena
95.00	18	Sub rasante regular a Buena
100.00	28	Sub rasante Muy Buena

Fuente: Elaboración Propia

4.6 CBR de los bancos de materiales

A continuación se presentan las tablas con los resultados de los CBR que se les practico a cada uno de los bancos de materiales, para saber si cumplen con el valor mínimo que le asigna la AASHTO lo cual el 60% para base de suelo tipo dos, dando como resultado lo siguiente:

Cuadro No. 10 Datos Banco de Materiales A-1-B

% Compactación	%CBR	Clasifica en
90	9	Sub rasante Muy Mala
95	26	Sub rasante Muy Buena
100	47	Sub Base Buena Calidad

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro No. 11 Datos Banco de Materiales A-7-5

% Compactación	%CBR	Clasifica en
90	5	Sub rasante Mala
95	16	Sub rasante regular a Buena
100	25	Sub rasante Muy Buena

Fuente: Elaboración Propia

A como se puede observar, ninguna de las tres muestras ensayadas tanto del material de línea como de los bancos de materiales cumplen con los requisitos para ser utilizados como base de la estructura de pavimento, por tanto el material de línea A-4 se pretenderá estabilizarlo con material del banco, se realizará una combinación de proporción 50/50, lo cual solo se utilizará el banco con mayor resistencia, ya que se cree se obtendrán mejores resultados, es decir el banco de material A-1-B.

4.7 Estabilización de Suelo

Se conoce como estabilización de suelos al proceso de someterlos a ciertos tratamientos para aprovechar sus mejores cualidades de manera que puedan soportar las inclemencias a las cuales estará sometido en sus condiciones normales de trabajo, en este caso el suelo se estabilizará haciendo una combinación 50/50 de banco de material A-1-B y el suelo de línea A-4, con el fin de elevar su resistencia y que de un CBR requerido según las normas de la AASHTO lo cual recomienda un 60% como mínimo para suelos tipo 2.

4.8 Combinación de los materiales, Banco – Suelo de línea A-4

De acuerdo con los cálculos presentados anteriormente se demostró que tanto el banco de material como la muestra A-4 no cumplen con las normas mínimas estipuladas en la NIC 2000, lo cual requiere un mínimo de 60% para ser utilizado de base, por esta razón y por efectos de economía se realizó una combinación de 50/50 con los materiales antes mencionados dando como resultado lo siguiente:

Cuadro No. 12 Granulometría

% Que Pasa por Tamiz	
1/2"	98
3/8"	95
No. 4	87
No. 10	73
No. 40	36
No. 200	14
L.L (%)	—
L.P (%)	N.P

Clasificación	
A.A.S.H.T.O	S.U.C.S
A-1-B	SM

Fuente: Elaboración Propia

Luego se procedió a realizar los ensayos de Proctor obteniendo como resultado un peso volumétrico de 1595 kg/m³ y una humedad óptima de 13.20%, (**Ver Anexo C, Tabla 19**), la cual se utilizó para determinar el CBR de dichas muestras, dando como resultado lo siguiente:

Cuadro No. 13 CBR de Base

% Compactación	%CBR	Clasifica en
90.00	48	Sub Base Buena Calidad
95.00	70	Base Buena Calidad
100.00	85	Base Muy Buena Calidad

Fuente: Elaboración Propia

A como se puede observar, para 95% de compactación se obtuvo un CBR de 70 el cual indica que el material ensayado puede formar parte de la estructura de pavimento con seguridad, ya que según la normas NIC 2000 para un suelos tipo dos se necesita como mínimo un 60% para ser utilizado como base.

CAPITULO V:

DISEÑO

DE

PAVIMENTO

5.1 Introducción

El pavimento es una estructura compuesta por capas de diferentes materiales, que se construyen sobre terreno natural, para que se pueda transitar sobre ellos, en cualquier época del año y de una manera segura, cómoda y en cierta parte económica.

En este capítulo se detallarán las diferentes variables involucradas para poder determinar la estructura de pavimento, utilizando el método de la American Association of Estate Highway And Transportation Officials (**AASHTO 93**). Donde se tomaran en cuenta diferentes consideraciones tales como: Confiabilidad del diseño, módulos de elasticidad de la sub rasante y la capa de pavimento, factores ambientales de temperatura y humedad, drenaje, aspectos económicos, etc.

La ecuación para el cálculo de diseño de la guía AASHTO 93 es la siguiente:

$$\text{Log}_{10}W_{18} = Z_r S_o + 9.36 \text{Log}_{10} (\text{SN} + 1) - 0.20 + \frac{\text{Log}_{10} \left[\frac{\Delta \text{PSI}}{4.2-1.5} \right]}{0.40 + \frac{1094}{(\text{SN}+1)^{5.19}}} + 2.32 \text{Log}_{10} (M_r - 8.07)$$

Ecuación No. 4

Donde:

W_{18} = Número de aplicaciones de carga de 80 KN.

Z_R = Abscisa correspondiente a un área igual a la confiabilidad R en la curva de distribución normalizada.

S_o = Desviación estándar de las variables.

ΔPSI = Perdida de serviciabilidad prevista en el diseño.

M_R = Modulo Resiliente.

5.2 Variables de diseño

5.2.1 Confiabilidad (R)

Este valor se refiere al grado de seguridad o veracidad de que el diseño de la estructura de un pavimento puede llegar al fin de su periodo de diseño en buenas condiciones. Para el diseño se usará una confiabilidad igual a **R = 70%** por tratarse de una calle local. **Ver anexo D, tabla 20**

5.2.2 Desviación en una Curva de Distribución Normal (Zr)

Se dice que Zr es el valor del desviador en una curva de distribución normal, lo cual está en función de la Confiabilidad del diseño (R) o grado confianza en que las cargas de diseño no serán superadas por las cargas reales aplicadas sobre el pavimento. En este caso se utilizará **Zr = -0.524** ya que se tiene una confiabilidad del 70%. **Ver anexo D, tabla 21**

5.2.3 Pérdida de Serviciabilidad

La Serviciabilidad de un pavimento, es el valor que indica el grado de confort que tiene la superficie para el desplazamiento natural y normal de un vehículo; en otras palabras, un pavimento en perfecto estado se le asigna un valor de Serviciabilidad inicial que depende del diseño del pavimento y de la calidad de la construcción, de cinco (Perfecto); y un pavimento en franco deterioro o con un índice de Serviciabilidad final que depende de la categoría del camino y se adopta en base a esto y al criterio del proyectista, con un valor de cero (Pésimas condiciones).

El método AASHTO 93 predice el porcentaje de perdida de Serviciabilidad Δ PSI para varios niveles de tránsito y carga de ejes, entre mayor sea la perdida de Serviciabilidad, mayor será la capacidad de carga del pavimento antes de fallar.

A la diferencia de estos valores se le conoce como la Perdida de Serviciabilidad (Δ PSI) o sea el índice de Serviciabilidad presente (Present Serviciability Index).

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

Ecuación No. 5

Donde:

Po = Serviciabilidad inicial, es la condición inmediata después de la construcción

Pt= Serviciabilidad final, es la condición final que tendrá el pavimento de fallar

Los valores que se recomiendan dependiendo del tipo de suelo son los siguientes:

Índice de Serviciabilidad Inicial:

Po = 4.5 para pavimentos rígidos

Po = 4.2 para pavimentos flexibles

Índice de Serviciabilidad Final:

Pt = 2.5 o más para caminos muy importantes

Pt = 2.0 para caminos de tránsito menor

Para este diseño se utilizará:

Po = 4.2 para pavimentos flexibles

Pt = 2.0 por tratarse de un caminos de tránsito menor

Por tanto:

$$\Delta \text{PSI} = 4.2 - 2.0 = 2.2$$

El valor de la pérdida de Serviciabilidad final en este diseño es de 2.2

5.2.4 Módulo de Resiliencia

El módulo Resiliente se refiere a los esfuerzos del comportamiento del material bajo condiciones normales de repetición de carga. Es importante mencionar que El módulo Resiliente puede ser aplicado a cualquier tipo de material.

El ensayo CBR es el único capacitado para determinar la resistencia a esfuerzos en condiciones controladas del material, en otras palabras en condiciones óptimas de densidad y humedad, la capacidad del suelo se mide mediante los ensayos de CBR y Módulo de Resiliencia dependiendo de los equipos, el CBR es un ensayo de

carácter estático y puede realizarse tanto en el sitio como en el laboratorio, el Modulo de Resiliencia es una prueba de carácter dinámica y de esfuerzo triaxial de carga repetitiva que solo se realiza en condiciones ideales.

Si no se cuentan con equipos necesarios para determinar los Módulos de Resiliencia, existen consideraciones a tomar, una de ellas es para la sub rasante el cual se calcula por medio de la siguiente formula Para $7.2\% < \text{CBR} < 20\%$:

$$\text{Mr} = 1,500 * \text{CBR}$$

Ecuación No. 6

Por tanto Mr para la Sub rasante:

$$\text{Mr} = 1,500 (18)$$

$$\text{Mr} = 27,000 \text{ PSI}$$

Para obtener el Módulo de Resiliencia de la base se hace uso del nomograma establecido por la AASHTO donde se obtiene el resultado a partir del CBR de base, **ver anexo D, gráfica 2.**

Por tanto Mr para la Base:

$$\text{Mr} = 27,500 \text{ PSI}$$

5.2.5 Desviación Estándar (So)

Una vez seleccionado el nivel de confiabilidad, se debe considerar el valor del error estándar combinado (So), representativo de las condiciones locales. Esta variable considera la variabilidad asociada a cada uno de los parámetros involucrados en el diseño para pavimento flexible.

A continuación se muestran los criterios para elegir la Desviación Estándar (S_o)

Cuadro No. 14 Desviación Estándar

Condiciones de Diseño	Desviación Estándar
Variación en la predicción del comportamiento del pavimento sin errores en el tránsito	0.25 Pavimento Rígido
	0.35 Pavimento Flexible
Variación en la predicción del comportamiento del pavimento con errores en el tránsito	0.35 Pavimento Rígido
	0.50 Pavimento Flexible

El valor para la desviación estándar se determinara tomando en cuenta que los pronósticos de tránsito sean los más exactos posibles, y que se trata de un pavimento flexible, por tanto el valor de **$S_o = 0.50$**

5.2.6 Drenaje

Son los coeficientes de capa, los cuales se ajustan con factores mayores o menores que la unidad para tomar en cuenta el drenaje y el tiempo en que las capas granulares estén sometidas a niveles de humedad cerca de la saturación, este valor se asumirá igual a uno debido a que ya se había tomado en consideración a la hora de realizar los laboratorios de suelo, los cuales cada uno de ellos se hicieron saturados para trabajar en su condición más desfavorable, por tanto **$m_1 = 1.0$**

5.3 Coeficiente de Capas

5.3.1 Carpeta de rodamiento

Como el espesor del adoquín es de 10 cm equivalente a 4 pulgadas, el coeficiente de la carpeta de rodamiento será **$a_1 = 0.45$**

5.3.2 Base

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

Este valor se obtuvo en base al CBR de diseño, lo cual se ubica en el nomograma establecido por la AASHTO, dando así como resultado un coeficiente estructural de la capa de base $a_2 = 0.13$ Ver anexo D, Grafico 2.

5.4 Diseño de Estructura de Pavimento

Este diseño está basado primordialmente en identificar o encontrar un numero estructural SN, para el pavimento flexible que pueda soportar el nivel de carga solicitado, la determinación de este valor se puede obtener haciendo uso formula, ábaco y nomograma establecido por las normas de la AASHTO,

Es importante saber que este método de diseño es aplicable para vías con tránsito superior a 0.05×10^6 ejes equivalentes de 8.2 toneladas y la ecuación utilizada para el diseño de pavimento flexible, derivada de la información obtenida empíricamente por la AASHTO ROAD TEST es:

$$SN = a_1D_1 + a_2m_2D_2 + a_3m_3D_3$$

Ecuación No. 7

Donde:

a_n = Coeficiente estructural de capa n, la que depende de la caracterización del material con que ella se construye.

D_n = Espesor de la capa n en pulgadas.

m_n = Coeficiente de drenaje de la capa n.

SN = Numero abstracto que expresa la resistencia estructural de un pavimento requerido para la combinación dada de soporte del suelo (M_r), del tránsito total (W_{18}), de la Serviciabilidad final y de las condiciones ambientales.

5.4.1 Pasos Para Encontrar el Número Estructural

Uno de los métodos para encontrar el número estructural es la gráfica de diseño recomendada por la AASHTO, lo cual requiere de varios parámetros mencionados a continuación:

- ✓ Nivel de Confiabilidad

- ✓ Desviación Estándar Global (S_o)

- ✓ Tránsito de diseño estimado, de ejes equivalentes por carril de diseño W_{18}

- ✓ Módulo Resiliente de la Sub Rasante

- ✓ Pérdida de nivel de servicio durante el periodo de diseño ΔPSI

Una vez teniendo cada uno de estos datos, nos dirigimos a la gráfica antes mencionada **Ver anexo D, Gráfico 3**, encontrando así el valor de **SN = 1.70**

5.4.2 Resumen de Datos y Cálculo

Cuadro No.15 Datos de Diseño

Datos de Diseño	Valores Resultantes
ESAL'S o W18	395,157.62
Confiabilidad (R)	0.70
Desviación Estándar (So)	0.50
Módulo Resiliente de la Sub rasante (Mr)	27,000PSI
Serviciabilidad Inicial (Po)	4.20
Serviciabilidad Final (Pt)	2.00
Espesor de Adoquín (D ₁)	4" = 10cm
Perdida de Serviciosabilidad (ΔPSI)	2.20
Coeficiente de Capas (a _n)	a ₁ = 0.45
	a ₂ = 0.13
Coeficiente de Drenaje (m ₁)	1.00

$$SN = a_1 D_1 + a_2 D_2$$

Ecuación No. 8

$$SN = 1.70$$

$$1.70 = (0.45 * 4) + (0.13 * D_2)$$

$$1.70 = 1.80 + 0.13 D_2$$

$$D_2 = \frac{1.70 - 1.80}{0.13}$$

$$D_2 = -0.77" \text{ (Se usara el espesor mínimo)}$$

$$D_2 = 4" = 10 \text{ cm (Espesor mínimo)}$$

$$SN_1 = a_1 D_1$$

$$SN_1 = 0.45 * 4$$

$$SN_1 = 1.80 \text{ (Numero estructural para la capa de adoquín)}$$

$$SN_2 = a_2 D_2$$

$$SN_2 = 0.131 * 4$$

SN₂ = 0.52 (Numero estructural para la capa base)

$$SN_1 + SN_2 \geq SN$$

$$0.52 + 1.80 \geq SN$$

$$2.32 \geq 1.70$$

Según los resultados obtenidos no se necesita de subbase ya que el valor de SN obtenido de la capa de adoquín es mayor que el SN_{TOTAL} del suelo de sub rasante.

5.4.3 Resultados

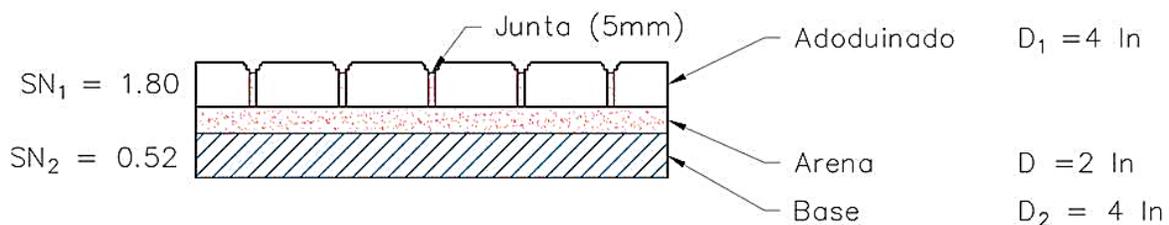
Espesor de carpeta de adoquín = 10.00 cm

Espesor de capa de arena = 5.00 cm

Espesor de base = 10.00 cm

Para comprobar los resultados obtenidos a través de los cálculos se utilizó el programa para diseño de pavimento AASHTO Ver anexo D, Grafico 4.

Figura No. 2 Espesores de Pavimento



CAPITULO VI:

ESTIMACIÓN

DE

COSTO

6.1 Introducción

En todo proyecto a realizarse, se debe hacer un presupuesto con el fin de saber si se cuenta con el fondo necesario para ejecutarlo.

En este capítulo, se realizará una estimación de costo, para luego ser evaluado por la alcaldía de Tipitapa y determinar si requiere la prioridad necesaria ante los demás proyectos formulados por dicha institución.

Es importante saber que no se incluye precio de material de banco, ya que este pertenece a la alcaldía de Tipitapa, por tanto solo se llega al lugar para hacer utilidad del mismo.

De la misma manera, no se tomará en cuenta el precio del agua obtenida en los cálculos, ya que se utilizará una que está de reserva, para proyectos similares a éste, con el fin de ahorrar fondos para futuros proyectos.

A continuación, se muestra la memoria de cálculo en la cual se refleja cada uno de los montos, tanto de materiales como equipos, actividades y mano de obra, para luego establecer un monto total de todo el proyecto.

Posteriormente se presentará una hoja de cálculo, donde se muestren las actividades a realizar cada una con su precio, incluyendo en esta precio de material, maquinaria si es necesario y mano de obra. Para mayor visualización de este **ver Anexo E, tabla 22.**

6.2 Actividades a Realizar

Durante la construcción de 3 kilómetros de carretera se ejecutarán diversas actividades, las cuales se mencionaran a continuación:

- ✓ Movimiento de tierra, volúmenes de material de corte y relleno
- ✓ Costo de base estabilizada 50/50 Banco Préstamo – Material de línea
- ✓ Carpeta de rodamiento
- ✓ Cantidad de Adoquines
- ✓ Cantidad de arena
- ✓ Mano de Obra
- ✓ Costo total de carpeta de rodamiento
- ✓ Vigas Longitudinales
- ✓ Vigas Transversales
- ✓ Monto Total Proyecto

Dicho esto se procede al cálculo de cada una de las actividades

6.3 Memoria de Cálculo

6.3.1 Movimiento de tierra, volúmenes de material de corte y relleno

En este, se hace uso de maquinarias para preparar el terreno, donde se hace el corte de material y con el mismo se rellena donde sea necesario, lo que sea sobrante se traslada a un vertedero de la alcaldía de Tipitapa, ubicado aproximadamente a 2 km del proyecto.

Costo de corte de material en el tramo de carretera

Volumen de corte y relleno

Factor de abundamiento = 1.20

$$V_c = 1,313.97 \text{ m}^3 * 1.20$$

$$V_c = 1,576.76 \text{ m}^3$$

$$V_R = 514.24 \text{ m}^3$$

Volumen de corte a botar

$$V_R = 514.24\text{m}^3 * 1.20 = 617.09\text{m}^3$$

$$V_{cb} = 1,576.76 \text{ m}^3 - 617.09\text{m}^3$$

$$V_{cb} = 959.67\text{m}^3$$

Tiempo y costo de tractor

$$\text{Rend} = 35 \text{ m}^3/\text{hr} \text{ (Equipo de la Alcaldía de Tipitapa)}$$

$$\text{Alquiler por hora} = \text{U\$}90$$

$$1,313.97 \text{ m}^3 / 35 \text{ m}^3/\text{hr} = 37.5 \text{ hr}$$

$$37.5 \text{ hr} * \text{U\$}90/\text{hr} = \text{U\$}3,375$$

$$\text{Costo tractor} = \text{U\$}3,375$$

Cargador frontal

$$\text{Rend} = 100\text{m}^3 / \text{hr} \text{ (Equipo de la Alcaldía de Tipitapa)}$$

$$\text{Alquiler por hora} = \text{U\$}60$$

$$959.67\text{m}^3 / 100 \text{ m}^3/\text{hr} = 9.60 \text{ hr}$$

$$9.60 \text{ hr} * \text{U\$}60/\text{hr} = \text{U\$}575.802$$

$$\text{Costo Cargador} = \text{U\$}575.802$$

Camión volquete

$$\text{Cap} = 10\text{m}^3 \quad \text{Rend} = 10\text{m}^3/\text{viaje} \text{ (Equipo de la Alcaldía de Tipitapa)}$$

$$\text{Alquiler por hora} = \text{U\$}40/\text{hr}$$

$$959.67\text{m}^3 / 10\text{m}^3 = 96 \text{ viajes}$$

Ciclo de viaje

2 km hacia el Vertedero

2 km del Vertedero al proyecto

$$T_{\text{ciclo}} = 0.40 \text{ hr}$$

$$96 \text{ viajes} * 0.40 \text{ hr} = 39 \text{ hr}$$

$$39 \text{ hr} * \text{U\$}40 \text{ hr} = \text{U\$}1,560$$

$$\text{Costo camión} = \text{U\$}1,560$$

Nota: Se recomienda utilizar más de un camión para esta actividad, ya que se debe cumplir y garantizar el rendimiento del cargador, con el fin de reducir el tiempo de ejecución y obtener una mayor efectividad.

Costo total de corte = U\$ 5,510.80

Es importante destacar que en el precio de costo de corte y base estabilizada, no se está tomando en cuenta el costo de movilización de cada máquina, por tanto se incluirá una actividad denominada costo de imprevisto en el presupuesto final.

6.3.2 Costo de base estabilizada 50/50 Banco Préstamo – Material de línea

En esta actividad se hace una combinación de 50 por ciento de banco de material con 50 por ciento de material de línea (carretera), teniendo en cuenta que, lo que se va a cortar es la longitud total de la carretera, multiplicado por el ancho de la misma por el espesor de base, a este resultado se le multiplica por 0.5 ya que solo se utiliza el 50 por ciento de este.

Volumen de base a cortar del banco de préstamo

$$V_{bc} = 3,000 \text{ m} * 5.5 \text{ m} * 0.1 \text{ m}$$

$$V_{bc} = 1,650 \text{ m}^3 * 0.5$$

$$V_{bc} = 825 \text{ m}^3$$

$$\text{Factor de abundamiento} = 1.20$$

$$\text{Factor de enjuntamiento} = 0.9$$

Material a trasladar

$$M_t = 825 \text{ m}^3 * 1.20 = 990 \text{ m}^3$$

Material total de base

$$M_{tb} = 990 \text{ m}^3 * 2 = 1,980 \text{ m}^3$$

Material Compacto

$$M_c = 1,980 \text{ m}^3 * 0.9 = 1,782 \text{ m}^3$$

Retro excavadora

Cap = 100 m³/hr (Equipo de la Alcaldía de Tipitapa)

Alquiler por hora = U\$60

$$825 \text{ m}^3 / 100 \text{ m}^3/\text{hr} = 8.25 \text{ hr}$$

$$8.25 \text{ hr} * \text{U\$60} = \text{U\$495}$$

Costo Excavadora = U\$495

Cargador frontal

Rend = 100m³ /hr (Equipo de la Alcaldía de Tipitapa)

Alquiler por hora = U\$60

$$990 \text{ m}^3 / 100 \text{ m}^3 / \text{hr} = 9.9 \text{ hr}$$

$$9.9 \text{ hr} * \text{U\$60} / \text{hr} = \text{U\$594}$$

Camión Volquete

Cap = 10m³ Rend = 10m³/viaje (Equipo de la Alcaldía de Tipitapa)

Alquiler por hora = U\$40/hr

$$990 \text{ m}^3 / 10 \text{ m}^3 = 99 \text{ viajes}$$

Ciclo de viaje

4 km hacia el banco préstamo

4 km hacia el proyecto

Tciclo = 0.75 hr

99 viajes * 0.75 hr = 75 hr

75 hr * U\$40 hr = U\$3,000

Costo camión = U\$3,000

Motoniveladora

Rend = 40m³ /hr (Equipo de la Alcaldía de Tipitapa)

Alquiler por hora = U\$60

1,980 m³ / 40 m³ / hr = 49.5 hr

49.5 hr * U\$60 = U\$2,970

Costo Motoniveladora = U\$2,970

Cisterna

Capacidad = 2000 galones (Equipo de la Alcaldía de Tipitapa)

Alquiler/hr = U\$60

49.5hr * U\$60 = U\$2,970

Costo Cisterna = U\$2,970

Compactadora

Rend = 500m³ por día de 8hrs (Equipo de la Alcaldía de Tipitapa)

Alquiler/hr = U\$60

1,980 m³ / 500m³/ día = 4 días

4 días * U\$60 * 8 hrs = U\$1,920

Costo compactadora = U\$1,920

Costo total de base = U\$ 11,949

6.3.3 Carpeta de rodamiento

A continuación, se muestra todo lo relacionado con la carpeta de rodamiento, tales como: cama de arena, colocación de adoquín, juntas, arena de repello y vigas longitudinales y transversales, cada uno con su costo de material y mano de obra.

Datos

Longitud: 3,007.75 ml
Ancho de Calle: 5.50 ml
Área $T = (3,007.75\text{ml} * 5.50 \text{ ml})$
Área $T = 16,542.63 \text{ m}^2$

6.3.4 Cantidad de Adoquines

Se ubican 20 adoquines por metro cuadrado más el 1% de desperdicio

No Adoquines = $(16,542.63 \text{ m}^2 * 20 \text{ Unid/m}^2 * 1.01)$

No Adoquines = 334,161.03 Unidades

Costo unitario / adoquín = U\$0.35

Costo total adoquines = $334,161.03 \text{ unid} * \text{U}\$0.35 = \text{U}\$116,956.36$

Transporte

Renta horaria de rastra (Capacidad = 2,000 adoquines) = U\$60

Duración ciclo de adoquín

Cargue / Adoquín: 1.5 hrs

Traslado de INDENICSA (Tipitapa) – San Benito Agrícola: 0.5 hrs

Descargue / adoquín: 1.5 hrs

Traslado de San Benito Agrícola - INDENICSA (Tipitapa): 0.5 hrs

Ciclo de traslado: 4.0 hrs

Costo de traslado del adoquín al sitio

$4.00 \text{ hrs} * \text{U}\$ 60 = \text{U}\$240/\text{viaje}$

Total de adoquín a trasladar = 334,161 unid

$$334,161.03/2,000 = 167 \text{ Viajes}$$

$$167 \text{ viajes} * \text{U\$}300 = \text{U\$}50,100$$

$$\text{Costo total de traslado} = \text{U\$}50,100$$

Costo unitario traslado de adoquín

$$\text{U\$}50,100/334,161 \text{ unid} = \text{U\$}0.15$$

Costo total adoquín puesto en el sitio

$$\text{U\$}50,100 + \text{U\$}116,956.36 = \text{U\$}167,056.36$$

6.3.5 Cantidad de arena

Datos

$$\text{Costos por m}^2 = \text{U\$}6$$

$$\text{Área total de carpeta} = 16,542.63 \text{ m}^2$$

$$\text{Espesor de capa de arena} = 0.05 \text{ m}$$

Costo de arena

Volumen de capa de arena

$$V = 16,542.63 \text{ m}^2 * 0.05 \text{ m} * 1.05$$

$$V = 868.488 \text{ m}^3$$

Arena para relleno de juntas

$$\text{Perímetro de adoquín} = 0.92 \text{ m}$$

Volumen para relleno de juntas

$$V = 0.92 \text{ m} * 0.005 \text{ m} * 0.10 \text{ m} * 1.20$$

$$V = 0.00055 \text{ m}^3/\text{adoquín}$$

Total de arena en relleno junto

$$330,492.60 * 0.00055 = 181.77 \text{ m}^3$$

Total a utilizar en arena = $868.488 \text{ m}^3 + 181.77 \text{ m}^3$

Total a utilizar en arena = $1,050.26 \text{ m}^3$

Costo total de arena

$C_T = 1,050.26 \text{ m}^3 * \text{U\$6}$

$C_T = \text{U\$6,301.48}$

Costo Transporte de arena

Renta horaria de camión volquete (capacidad de 10 m^3) = $\text{U\$40/hrs}$

Duración ciclo traslado

Cargue: 0.25 hrs

Traslado de INDENICSA (Tipitapa) – San Benito Agrícola: 0.5 hrs

Descargue / arena: 0.25 hrs

Traslado de San Benito Agrícola - INDENICSA (Tipitapa): 0.5 hrs

Ciclo de traslado: 1.5 hrs

$1,050.26 \text{ m}^3 / 10 = 105.026$

Total viajes = 105

Costo total traslado de arena al sitio

$1.5 \text{ hrs} * 105 \text{ viajes} * \text{U\$40} = \text{U\$6,300}$

Costo unitario traslado de arena al sitio

$\text{U\$6,300} / 1,050.26 \text{ m}^3 = \text{U\$6.00}$

Costo total de arena puesta en el sitio

$\text{U\$6,300} + \text{U\$6,301.48} = \text{U\$12,601.48}$

6.3.6 Mano de Obra

Precio de pegado de adoquín

Costo unitario = U\$1.20 /m²

Costo total = U\$1.20 * 16,542.63 m²

Costo total = U\$19,851.16

6.3.7 Costo total de carpeta de rodamiento

Costo adoquín en el sitio = U\$167,056.36

Costo total de traslado de arena al sitio = U\$12,601.48

Costo de mano de obra = U\$19,851.16

Costo total carpeta de rodamiento = U\$199,509.00

6.3.8 Vigas Longitudinales

Longitud = 3,000m

Vol. concreto = (0.15 * 0.1 * 3,000) * 2

Vol. concreto = 90 m³

Cemento = 90 m³ * 9 unid = 910 unid

Arena = 90 m³ * 0.78 = 70.2 m³

Piedrín = 90 m³ * 0.84 = 75.6 m³

Agua = (90 m³ * 57gln/m³ * 1.3) / 55 = 122 barriles

6.3.9 Vigas Transversales

Como la pendiente del terreno es muy poca, no llega ni al 3%, solo se construirán dos vigas transversales, lo cual será una al inicio y otra al final de la carretera.

Longitud = 2 * 5.5 = 11 m

Vol. Exc = 0.15 * 0.2 * 11 m = 0.33 m³

Vol. suelto = 0.33 m³ * 1.20 = 0.396 m³

Vol. Concreto = 0.15 * 0.20 * 11 m = 0.33 m³

Cemento = 0.33 m³ * 9 unid = 3 unid

Arena = 0.33 m³ * 0.78 = 0.257 m³

Piedrín = 0.33 m³ * 0.84 = 0.277 m³

$$\text{Agua} = (0.33 \text{ m}^3 * 57 \text{ gln/m}^3 * 1.3) / 55 = 1 \text{ barril}$$

$$\text{Total de Cemento} = (910+3) * \text{U\$}9.5 = \text{U\$}8,673.5$$

$$\text{Total Arena} = (70.2 \text{ m}^3 + 0.257 \text{ m}^3) * \text{U\$}10 = \text{U\$}704.57$$

$$\text{Total Piedrín} = (75.6 \text{ m}^3 + 0.277 \text{ m}^3) * \text{U\$}17.25 = \text{U\$}1,308.878$$

$$\text{Monto Total Vigas} = \text{U\$}10,686.948$$

$$\text{Monto Proyecto} = \text{U\$}5,510.80 + \text{U\$}11,949 + \text{U\$}199,509.00 + \text{U\$}10,686.948$$

$$\text{Monto Proyecto} = \text{U\$}227,655.748$$

6.4 Monto total de Proyecto

Se asumirá un 35 % del monto total del proyecto, en base a utilidades y administración, ya que en toda obra se necesita control de calidad y supervisión, también se asumirá un 20 % del monto total para gastos de imprevisto, donde se asume la movilización de los equipos y la variabilidad de precios que pueda presentarse una vez iniciada la construcción.

$$\text{Utilidades y Administración} = \text{U\$}227,655.748 * 0.35$$

$$\text{Utilidades y Administración} = \text{U\$}79,679.51$$

$$\text{Costo de imprevisto} = \text{U\$}227,655.748 * 0.1$$

$$\text{Costo de imprevisto} = \text{U\$}22,765.57$$

$$\text{Impuesto del proyecto} = \text{U\$}227,655.748 * 0.15$$

$$\text{Impuesto del proyecto} = \text{U\$}34,148.36$$

$$\text{Monto Total Proyecto} = \text{U\$} (227,655.748 + 79,679.51 + 22,765.57 + 34,148.36)$$

$$\text{Monto Total Proyecto} = \text{U\$} 364,249.2$$

CAPITULO VII:
CONCLUSIONES,
RECOMENDACIONES
Y
BIBLIOGRAFÍA

7.1 Conclusiones

Resultados de cada una de las actividades realizadas a la zona en estudio.

- ✓ Las pendientes predominantes del tramo oscilan entre 0.40% y 3% (promedio), por tanto se considera como un terreno plano, con pendientes poco pronunciadas dando paso al mal drenaje de las aguas pluviales en las pendientes más bajas del tramo.
- ✓ Se obtuvieron los volúmenes de corte = 1,313.97m³ y relleno = 514.24m³, con los cuales se hicieron los cálculos de movimiento de tierra y estabilización de suelo.
- ✓ En el estudio de tránsito, se pudo observar cuales son los vehículos que transitan en la zona, siendo las camionetas de mayor afluencia con un 38.7%, seguido de los C2 livianos con 13% , C2 con 8.6%, microbuses ≤ a 15 pasajeros con 8.2% y por último los buses con 1.9% y los C3 con 1.2%, siendo estos últimos vehículos pesados los que producen un mayor efecto al pavimento con respecto a los vehículos livianos
- ✓ Dentro de los factores de diseño se encuentra la tasa de crecimiento vehicular, crecimiento poblacional y el producto interno bruto el cual fue considerada del 3%.
- ✓ Cada uno de los datos analizados se utilizaron a la hora del cálculo de ESAL's, dando como resultado **395,157.62** ejes equivalentes por carril de diseño.
- ✓ Con los datos obtenidos en el estudio de suelo se determinó que el material predominante en el sitio es el tipo A-4 (Suelo limoso), al cual se le denominó material de línea, ya que toda la parte superior del camino a adoquinar presenta esta característica

- ✓ Se obtuvo un CBR de diseño de sub rasante del 18%, siendo clasificada por la AASHTO de regular a buena, con un peso volumétrico de $1,820 \text{ kg/m}^3$ y una humedad óptima del 21.3%.
- ✓ Producto de la mezcla del material de línea A-4 con el de banco de material tipo A-1-B a una proporción de 50/50, se obtuvo un CBR de base del 70%, con un peso volumétrico de 1595 kg/m^3 y una humedad óptima de 13.20%, considerándose como una base de buena calidad para suelo tipo 2, según las normas NIC 2000.
- ✓ Con respecto al diseño de pavimento se utilizó el método de la AASHTO 93, donde se tomaron parámetros de diseño tales como: confiabilidad = 70%, desviación estándar = 0.50, pérdida de Serviciabilidad = 2.20, Mr de la Sub rasante = 27,000 PSI, y coeficiente de drenaje igual a 1.
- ✓ También se hizo uso del programa AASHTO'86 Pavement Desing, obteniendo los siguientes resultados:
 - ✚ Espesor de Carpeta = 4 pulgadas (10cm)
 - ✚ Espesor de la Base = 4 pulgadas (10cm)
 - ✚ SN Requerido = 1.58
 - ✚ SN Calculado = 2.32
 - ✚ SN Calculado > SN Requerido
- ✓ Por último se realizó la estimación de costo, haciendo uso de los volúmenes de corte y relleno para los cálculos de movimiento de tierra, también se tomó en cuenta todo lo relacionado con la superficie de rodamiento tales como; cama de arena, colocación de adoquines, arena de sello, vigas longitudinales y transversales, etc. al igual que la mano de obra, dando como resultado un monto total de U\$ 364,249.2

7.2 Recomendaciones

- ✓ Monitorear los pesos de los vehículos de carga que transcurran en el tramo diseñado, ya que si esta incrementa se podrían provocar daños al pavimento.
- ✓ Utilizar el banco de material A-1-B a la hora de hacer la estabilización, ya que este va a garantizar una buena base en el pavimento debido a los resultados obtenidos en los estudios de suelo.
- ✓ Dar un buen seguimiento al proceso de ejecución, para que se cumpla con los valores de los espesores de capa establecidos en el diseño, y una buena compactación.
- ✓ Garantizar la calidad de los adoquines, basados en las Normas Técnicas Obligatorias de Nicaragua NTON 12 009-10, asegurándose que sean adoquines de concreto tipo 1, con espesor de 4".
- ✓ Una vez garantizada la calidad de los adoquines, proceder a la construcción, siguiendo los pasos que se detallan a continuación:
 - ✚ Preparar la sub rasante, para este se harán excavaciones hasta el nivel que indiquen los planos de tal forma que la superficie del adoquín quede en el nivel requerido, todo material extraño existente bajo el nivel de la subrasante, sea de origen orgánico, desmonte, basura o material inestable, debe ser reemplazado por material de relleno adecuado.
 - ✚ Compactar la base con una humedad igual o ligeramente inferior a la óptima indicada por el laboratorio, hasta obtener una densidad seca no menor del 95% del Próctor modificado (ASTM D1557).
 - ✚ Se utilizará una cama de arena de 2" de espesor después de compactada la base.

- ✚ Colocar los adoquines de tal forma que estos queden con un ángulo preciso.
 - ✚ La compactación de los adoquines colocados se debe hacer lo más pronto posible, pero sin acercarse a menos de 1 metro del frente de colocación.
 - ✚ Para el relleno o sellado de las juntas se debe emplear arena fina y seca, La arena fina se esparce sobre la superficie al término de la primera compactación del pavimento, distribuyéndola y penetrando uniformemente con escoba.
-
- ✓ Dar mantenimiento con arena (sello), cada que sea necesario para evitar el movimiento de adoquín.
 - ✓ Realizar obras de drenaje menor en los puntos donde sea necesario, para garantizar un mejor funcionamiento y vida útil del pavimento.
 - ✓ Asegurar que la institución o empresa encargada de la construcción de la carretera verifique los precios estimados en el presupuesto presentado, ya que estos se hicieron en base a precios que pueden variar según pase el tiempo.

7.3 Bibliografía

- Anuario de Aforos de Tráfico,
Revista MTI. (2013)
- Anuario de Estadísticas Económicas 2010 – 2014 PIB,
Banco Central de Nicaragua (2014)
- Clasificación de Suelos Para el Propósito de Construcción de Carreteras,
Ing. Marvin Blanco e Iván Matus .
- Ficha Municipal de la Alcaldía de Tipitapa
- Guía de Laboratorio de Suelos FTC,
Ing. Marvin Blanco e Iván Matus.
- Guide for Design of Pavement Structures, American Association of Estate
Highway and Transportation Official 1993.
- Manual Centroamericano de Normas para el Diseño de las Carreteras
Regionales. SIECA 2001
- Mecánica de Suelos y Cimentaciones, Crespo Villalaz Carlos, Editorial
Limusa, 5ta Edición México.
- Resumen del Censo de la Tasa de Crecimiento, Instituto Nacional de
Información de Desarrollo, INIDE de Nicaragua
- Revista de la Construcción vol.12 no.3 Santiago, Chile dic. 2013.