



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**  
**Facultad de Tecnología de la Construcción**

**Protocolo de Monografía**

**DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO ARTICULADO Y DRENAJE  
MENOR DE 1 KM DEL TRAMO DE SINSA-VERTEDERO MUNICIPAL, POR EL  
MÉTODO DE AASHTO 93, MUNICIPIO DE JUIGALPA, DEPARTAMENTO DE  
CHONTALES.**

Para optar al título de Ingeniero Civil

**Elaborado por**

Br. Xochilth Yasuara Contreras

Br. Hisli Isabela Solís Bermúdez

**Tutor**

Msc.Ing. José Fernando Bustamante Arteaga

Managua, marzo de 2019

Juigalpa, marzo del 2019

Dr. Oscar Gutiérrez Somarriba

Decano FTC.

Su despacho.

Estimado Dr. Gutiérrez.

Por este medio estamos remitiendo protocolo de monografía titulado “ **DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO ARTICULADO Y DRENAJE MENOR DE 1 KM DEL TRAMO DE SINSA-VERTEDERO MUNICIPAL, POR EL MÉTODO DE AASHTO 93, MUNICIPIO DE JUIGALPA, DEPARTAMENTO DE CHONTALES.** ”, para su debida revisión y aprobación.

Así mismo le solicitamos la asignación del Msc. Ing. José Fernando Bustamante Arteaga como nuestro tutor, quien ha manifestado estar de acuerdo.

Agradeciendo su atención a la presente, nos despedimos.

Atentamente:

Br. Xóchilth Yasuara Contreras      #Carnet 2012-43283

Br. Hisli Isabela Solís Bermúdez      #Carnet 2014-0166J

## ÍNDICE

<b>CONTENIDO</b>	<b>Pag</b>
<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>II. ANTECEDENTES</b> .....	3
<b>III. JUSTIFICACIÓN</b> .....	4
<b>IV. OBJETIVOS</b> .....	5
4.1 Objetivo general.....	5
4.2 Objetivos específicos .....	5
<b>V. MARCO TEÓRICO</b> .....	6
5.1. Estudio de tránsito.....	6
5.1.1. Volumen de tránsito .....	6
5.1.2. Aforo vehicular .....	6
5.1.3. Tránsito promedio diario .....	6
5.1.4. Transito Promedio Diario Anual (TPDA).....	7
5.2. Estudio de suelo .....	7
5.2.1. Suelo .....	7
5.2.3. Propiedades físico-mecánico .....	7
5.3. Diseño de Drenaje menor .....	8
5.3.1. Cuenca Hidrográfica.....	8
5.3.2. Vados .....	10
5.4. Diseño estructural de pavimento .....	11
5.5. Método de diseño AASHTO 93.....	11
<b>VI. DISEÑO METODOLÓGICO</b> .....	16
6.1 Estudio de tránsito.....	16
6.1.1 Tránsito de Diseño .....	17
6.2 Estudio de suelo .....	18
6.2.1 Actividades de laboratorio .....	18
6.3 Levantamiento topográfico .....	19
6.4 Diseño de drenaje menor.....	20
6.4.1 Cálculo de caudal.....	20
6.4.2 Dimensionamiento Hidráulico .....	21
6.5 Diseño estructural de Pavimento .....	22
.....	26

<b>VII. CRONOGRAMA DE TRABAJO .....</b>	<b>26</b>
<b>VIII. BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>27</b>
<b>ANEXOS</b>	

## I. INTRODUCCIÓN

Nicaragua tiene una red vial de 24,335 kilómetros, según datos oficiales de los cuales 4,113 kilómetros son calles pavimentadas; 2,480 con asfalto; 1,436 con adoquines y 198 con concreto hidráulico. Según el foro Económico Mundial Nicaragua es el quinto país de América Latina con las carreteras de mejor calidad, según el Índice de Competitividad Global 2017-2018.

Asimismo, de acuerdo con el informe, tiene las carreteras de mejor calidad de Centroamérica. Nicaragua ocupa la posición 54 en el ranking de los países de América Latina que tienen mejores carreteras. En esta región, el ranking lo encabeza Chile (posición 24), seguido por Ecuador (29), Panamá (49) y México (52).

Los pavimentos articulados están compuestos por una capa de rodadura que está elaborada por bloques de concretos prefabricados, llamados adoquines tipo cruz, de espesor uniforme e iguales entre sí, esta debe de ir sobre una capa delgada de arena la cual a la vez se apoya sobre una capa de base granular o directamente sobre la subrasante, dependiendo de la calidad de esta, de la magnitud y frecuencia de las cargas que circula por dicho pavimento.

Juigalpa es una ciudad de Nicaragua que es cabecera departamental de Chontales desde 1887. Tiene una extensión territorial de 726.75 km cuadrados, además de contar con 20 comarcas. Está ubicada a 139 kilómetros de Managua, geográficamente se ubica al Norte con Boaco, al sur con Rio San Juan, al Este con la región Autónoma Atlántico Sur, al Oeste con el Lago Cocibolca. **(ver Macro y Micro Localización en anexo pág. II imagen 1 y 2).**

En este documento se presentará una propuesta de diseño estructural con su respectivo drenaje, localizado en el camino rural al Vertedero Municipal, además de ser una ruta principal para diferentes lugares como SINSA, Universidad Metropolitana Pablo Úbeda, Universidad Nacional Agraria (UNA), Planta de

Tratamiento de Aguas Residuales, este proyecto consiste en la búsqueda de solución a los problemas viales.

## **II. ANTECEDENTES**

Según información brindada por la alcaldía de Juigalpa este tramo con dirección al vertedero municipal y comarcas aledaña fue aperturado en los años 60, por primera vez embalstrada por el Señor Payo Salazar, con el objetivo de mejorar las condiciones de acceso para los pobladores de la época.

En esa temporada se presentaba el problema del aumento del caudal del río Mayales y por falta de una estructura que prestara las condiciones de acceso, utilizaban esta vía alterna que facilitaba a las personas el paso a sus comunidades.

En la actualidad las autoridades por parte de la alcaldía municipal de Juigalpa, no realizan mantenimientos muy frecuentes en este tramo, el tiempo en que duran en dar nuevamente mejoras es aproximadamente cada 5 años, ocasionando el deterioro progresivo de esta importante vía.

El tramo en estudio es una vía de accesibilidad muy transitada que no cuenta con un diseño óptimo ni obras de drenaje que proporcionen el escurrimiento de las aguas, por tal razón se propondrá realizar el diseño de pavimento articulado para mejorar las condiciones del camino.

### **III. JUSTIFICACIÓN**

El mejoramiento del camino que comunica al vertedero municipal, permitirá que la personas que habitan a lo largo del tramo mejoren las condiciones de vida principalmente en salud y accesibilidad, ya que en temporada de invierno las aguas pluviales ocasionan criaderos de zancudos dándole lugar a que se desarrollen enfermedades letales como es el chikungunya, dengue hemorrágico, entre otras enfermedades, afectando a la población que viven a las orillas del tramo.

Con esta propuesta de diseño se mejorarán las condiciones de accesibilidad a los pobladores en general, facilitará la circulación vehicular y peatonal, reduciendo el tiempo de viajes y garantizando la evacuación de las aguas. Se crearán oportunidades de trabajo a los habitantes de la localidad, debido a que por la naturaleza del trabajo se requiere de mucha participación de mano de obra no calificada.

Esta vía funciona como ruta principal para estudiantes de distintas universidades; Universidad Nacional Agraria (UNA), Universidad Metropolitana Pablo Úbeda, trabajadores de la planta de tratamiento de aguas residuales, vertedero municipal, pequeños productores y habitantes de la zona, entre otros.

## **IV. OBJETIVOS**

### **4.1 Objetivo general**

- Diseñar la estructura de pavimento articulado y drenaje menor de 1 km del tramo de SINSA-Vertedero municipal por el método de AASHTO 93, municipio de Juigalpa, departamento de Chontales.

### **4.2 Objetivos específicos**

- Realizar el estudio de tránsito por medio de aforos vehicular con el fin que se determinen las cargas de diseño.
- Ejecutar el estudio de suelo determinando las características físico-mecánico del tramo y banco de material obteniendo el valor del CBR de diseño.
- Generar los perfiles del terreno natural obtenido por el levantamiento topográfico determinando la rasante más óptima, longitudinal y transversal.
- Realizar el diseño de drenaje menor en el tramo especificado con el fin de dar una mayor durabilidad al proyecto.
- Diseñar las distintas capas de pavimento articulado por el método de la AASHTO 1993.

## **V. MARCO TEÓRICO**

### **5.1. Estudio de tránsito**

El tránsito es la variable más importante en el diseño de una vía, si bien es cierto el volumen y dimensiones de los vehículos influyen en su diseño geométrico, el número y el peso de los ejes de éstos son factores determinantes en el diseño de la estructura de pavimento.

La metodología AASHTO (American Association of State Highway and transportation Officials), considera que la vida útil de un pavimento está relacionada con el número de repeticiones de carga que podrá soportar el pavimento antes de llegar a las condiciones de servicio final.

#### **5.1.1. Volumen de tránsito**

Los estudios de volumen de tránsito se realizan con el propósito de conocer el número de vehículo que pasan por un punto dado o sección transversal de un carril o de una calzada, durante un periodo determinado y se obtiene a través de conteos o aforos de tránsito en un punto específico del tramo en estudio.

#### **5.1.2. Aforo vehicular**

La selección de las estaciones de aforo (conteo vehicular) se basa en buscar polos generadores de viajes o sea puntos ubicados en los tramos de carretera que influyen en el incremento del tráfico del proyecto en estudio y dando como pronóstico el resultado de su rehabilitación y mejora.

#### **5.1.3. Tránsito promedio diario**

El volumen de tránsito promedio diario Anual, representa el promedio aritmético de los volúmenes diarios para todos los días del año, previsible o existente en una sección dada de la vía. Su conocimiento da una idea cuantitativa de la importancia de la vía en la sección considerada y permite realizar los cálculos de factibilidad económica. Es el número de vehículos que pasa por un lugar dado durante un año dividido entre el número de días del año.

#### **5.1.4. Transito Promedio Diario Anual (TPDA)**

El volumen del tránsito promedio diario, conocido en forma abreviada como TPDA, que se define como el volumen total de vehículos que pasa por un punto o sección de una vía en un año dividido entre 365 día. Se determina por razones prácticas en forma diferenciada para cada tipo de vehículo.

El transito promedio diario anual resulta de expandir el transito promedio Diurno de 12 horas recopilado en el campo, a tráfico de 24 horas haciendo uso de los factores día, semana y temporada.

### **5.2. Estudio de suelo**

El estudio de suelos nos aporta algunos de los parámetros de diseño necesarios para la estructuración adecuada de una vía de comunicación terrestre. Este nos proporciona las características de los materiales existentes en la vía y los bancos de materiales a utilizarse, por lo que se convierte en una de las referencias más importantes en la determinación de los espesores de pavimento.

#### **5.2.1. Suelo**

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

#### **5.2.3. Propiedades físico-mecánico**

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

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

Para conocer las propiedades de los suelos, es necesario tomar muestras; posteriormente en el laboratorio se determinarán sus propiedades: Granulometría,

Límite de Atterberg (líquido e índice plástico), Valor Soporte (CBR), Densidad (próctor), Humedad.

La relación entre la humedad y la densidad de un suelo compactado es una situación que se requiere al analizar las propiedades del mismo. Para tal efecto se aplicará los ensayos proctor, AASHTO T-99 (estándar) y T-180 (modificación) que es lo que permitirá calcular la humedad ideal que el suelo alcanza su densidad máxima y a la vez sus mejores propiedades mecánicas.

Una educada y rigurosa clasificación permite al ingeniero de carretera de tener una primera idea acerca del comportamiento que cabe esperar de un suelo como cimiento firme. Normalmente suele ser suficiente conocer la granulometría y plasticidad de un suelo para predecir su comportamiento mecánico.

### **5.3. Diseño de Drenaje menor**

#### **5.3.1. Cuenca Hidrográfica**

Una cuenca hidrográfica es un territorio drenado por un único sistema de drenaje natural, es decir, que drena sus aguas al mar a través de un único río, o que vierte sus aguas a un único lago.

Una cuenca hidrográfica es delimitada por la línea de las cumbres, también llamada divisoria de aguas. El uso de los recursos naturales se regula administrativamente separando el territorio por cuencas hidrográficas, y con miras al futuro las cuencas hidrográficas se perfilan como una de las unidades de división funcionales con mucha más coherencia, permitiendo una verdadera integración social y territorial por medio del agua.

#### **Área de escurrimiento**

Se refiere a los diversos medios por los que el agua se desliza cuesta abajo por la superficie del terreno. El escurrimiento está en función de la precipitación y de la permeabilidad de la superficie del terreno, de la duración de la precipitación, del

tipo de vegetación, de la extensión de la cuenca, de la profundidad del nivel freático y de la pendiente de la superficie del suelo.

### **Intensidad media de precipitación**

Es un fenómeno que incluye lluvia, llovizna y nieve, que son formas de condensación, es una parte importante del ciclo hidrológico, llevando agua dulce a la superficie de la corteza terrestre, esta se presenta en las nubes cuando alcanzan un punto de saturación, en este punto las gotas aumentan de tamaño hasta alcanzar una masa que se precipita por la fuerza de gravedad

Se obtienen por la lectura directa en la curva de Intensidad Duración Frecuencia (IDF).

### **Curvas de Intensidad Duración y Frecuencia**

Es una relación matemática entre la intensidad de una precipitación, su duración y la frecuencia con la que se observa. La frecuencia de las precipitaciones intensas puede caracterizarse mediante periodos de retorno que son más que la inversa de la frecuencia.

### **Coefficiente de escorrentía**

Es la relación entre la parte de la precipitación que circula superficialmente y la precipitación total. El coeficiente C de escorrentía define la proporción de la componente superficial de la precipitación de intensidad I, y depende de la razón entre la precipitación diaria correspondiente al período de retorno y el umbral de escorrentía a partir del cual se inicia ésta.

### **Estación meteorológica**

La estación meteorológica es una instalación destinada a medir y registrar regularmente diversas variables meteorológicas estos datos se utilizan para la elaboración e predicciones a partir de modelos numéricos para estudios climáticos

## **Tormenta de diseño**

Se definen la tormenta de diseño como un patrón de precipitación para la utilización en el diseño de un sistema hidrológico la que conforma la entrada al sistema y a través de esta se calculan los caudales para el dimensionamiento de las obras hidráulicas.

## **Estudio Hidráulico Bombeo de Calzada**

Pendiente transversal de la plataforma en tramos en tangente. Generalmente la sección típica de una carretera la convierte en un parte aguas, ya que a partir del eje se le proporciona una pendiente lateral geoméricamente igual para ambos lados, a lo cual se le llama bombeo.

## **Hombros**

Justo en la línea donde termina la calzada, se inicia una franja de protección de la carretera conocida como "hombros" en cada lado de la vía, a la que se le debe proveer una pendiente, ya que sobre ella escurren las aguas provenientes del rodamiento.

### **5.3.2. Vados**

Son conductos que permiten el paso al agua procedente de ríos, arroyos, canales o cunetas a través del terraplén de la carretera como tubo, cajones, alcantarilla y el bombeo de la corona.

Los vados de la carretera tienen como función proporcionar un medio para que el agua superficial que escurre por cauces naturales o artificiales de moderada importancia, en forma permanente o eventual, pueda atravesar bajo la plataforma de la carretera sin causar daños a ésta, riesgos al tráfico o a la propiedad adyacente.

## **Cuneta**

Son canales de drenaje generalmente de sección triangular y se proyectan para todos los tramos al pie de los taludes de corte, longitudinales a ambos lados de la calzada, incluyendo hombros.

#### **5.4. Diseño estructural de pavimento**

Para el diseño estructural de pavimento es necesario analizar fundamentalmente la problemática que representa el comportamiento de los pavimentos debido al tránsito, ya que este se incrementa conforme el desarrollo tecnológico y crecimiento demográfico, lo que trae a su vez mayor cantidad de repetición de ejes y cargas.

Las variables que intervienen en el diseño de los pavimentos son de mucha importancia ya que por medio de ellas se pueden realizar diseños confiables y óptimos al mismo tiempo. Existen dos tipos de pavimento flexible y rígidos

Desde que los pavimentos, nuevos o rehabilitados, han sido diseñados para periodos desde los 10, 20 o más años, ha sido necesario predecir la cantidad de ejes equivalentes de ESAL dentro del diseño. La Guía del método de AASHTO 93 estimula el uso de periodos de análisis grandes, incluyendo al menos un periodo de rehabilitación.

#### **5.5. Método de diseño AASHTO 93**

El método AASHTO 1993 para el diseño de pavimentos flexibles, se basa primordialmente en identificar un "número estructural (SN)" para el pavimento, que pueda soportar el nivel de carga solicitado. Para determinar el número estructural, el método se apoya en una ecuación que relaciona los coeficientes, con sus respectivos números estructurales, los cuales se calculan con ayuda de un software, (AASHTO 93) el cual requiere unos datos de entrada como son el número de ejes equivalentes, el rango de serviciabilidad, la confiabilidad y el módulo resiliente de la capa a analizar.

#### **Variabes Generales de Diseño**

Se consideran como "Variables Generales de Diseño" aquellas que deben ser consideradas en el diseño y construcción de cualquier estructura de pavimentos.

Dentro de esta categoría se incluyen: limitaciones de tiempo (tales como comportamiento y período de análisis), tráfico, confiabilidad y efectos ambientales.

### **Tránsito**

El establecimiento de los espesores mediante este método, se fundamenta en la determinación de las cargas equivalentes acumuladas para el periodo de diseño. Se debe hacer un estudio detallado de tránsito que contenga la composición vehicular, tránsito promedio anual, el factor camión, el tránsito acumulado en número de ejes.

El establecimiento de los espesores de pavimento mediante el Método AASHTO 93, se fundamenta en la determinación de las "Cargas Equivalentes Acumuladas en el Período de Diseño (Wt18)", calculadas de acuerdo al procedimiento establecido para el Método AASHTO 72, y al cual se hace referencia en el Primer Volumen de estos apuntes de pavimentos, y que en esa oportunidad fueron definidas con el término Wt18. Cuando se emplea el método AASHTO 93 deben aplicarse los factores de equivalencia de cargas "FEi" de acuerdo al procedimiento seguido en Venezuela para la estimación de cargas.

### **Serviciabilidad**

El modelo de ecuación de diseño está basado en la pérdida del índice de serviciabilidad ( $\Delta PSI$ ) durante la vida de servicio del pavimento; siendo éste un parámetro que representa las bondades de la superficie de rodadura para circular sobre ella.

Es la condición necesaria de un pavimento para proveerlos usuarios un manejo seguro y confortable en un determinado momento. Se divide en: serviciabilidad inicial y final.

**Tabla 1 Índice de Serviciabilidad**

Índice de serviciabilidad (p)	Calificación
0-1	Muy mala
1-2	Mala
2-3	Regular
3-4	Buena
4-5	Muy buena

Fuente. Manual de la AASHTO 93

**Serviciabilidad inicial (Po):** Es el valor de servicio de un pavimento recién construido o rehabilitado, los valores usuales son 4.2 para pavimentos flexibles y 4.5 para pavimento rígido.

**Serviciabilidad final (Pt)=** Es el valor mínimo del índice de servicio que puede ser aceptado para un pavimento dado los valores están entre 1.5 para vías de muy baja importancia y de 2.5 a 3.0 para vías arterias.

**Perdida de serviciabilidad ( $\Delta$  PSI) =** Los valores anteriormente descritos nos permiten determinar la disminución del índice de servicio, que representa una pérdida gradual de la calidad de servicio de la carretera, originada por el deterioro del pavimento es la diferencia entre la serviciabilidad inicial (po) y la serviciabilidad final(pt). Por tanto:

### **Confiabilidad**

De acuerdo con la clasificación funcional de la vía, la guía de la AASHTO 1993 recomienda diferentes niveles de confiabilidad. Hace referencia al grado de certidumbre o seguridad de una determinada alternativa de diseño, encontrando así la probabilidad de que el pavimento pueda soportar el número de repeticiones de la carga que sea aplicada durante su vida útil.

A medida que se escoja un R (nivel de confiabilidad) mayor, serán necesarios espesores más grandes.

### **Módulo de resiliencia (MR)**

Para el diseño de pavimentos flexibles deben utilizarse valores medios resultantes de los ensayos de laboratorio, las diferencias que se puedan presentar están consideradas en el nivel de confiabilidad R.

Durante el año se presentan variaciones en el contenido de humedad de la subrasante, las cuales producen alteraciones en la resistencia del suelo, para evaluar esta situación es necesario establecer los cambios que produce la humedad en el módulo resiliente.

Con este fin se obtienen módulos resilientes para diferentes contenidos de humedad que simulen las condiciones que se presentan en el transcurso del año, en base a los resultados se divide el año en periodos en los cuales el MR es constante. Para cada valor de MR se determina el valor del daño relativo.

Con los resultados de los daños relativos se obtiene el valor promedio anual. El módulo de resiliencia que corresponda al  $U_f$  promedio es el valor que se debe utilizar para el diseño. Si no se tiene la posibilidad de obtener esta información se puede estimar el valor del MR en función del CBR.

**Tabla 2 Correlación entre el CBR y el módulo Resiliente para subrasante**

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

Fuente. Manual de la AASHTO 93

## **Coeficiente de drenaje**

En cualquier tipo de pavimento, el drenaje, es un factor determinante en el comportamiento de la estructura del pavimento a lo largo de su vida útil, y por lo tanto lo es también en el diseño del mismo. Es muy importante evitar que exista presencia de agua en la estructura de soporte, dado que en caso de presentarse esta situación afectará en gran medida la respuesta estructural del pavimento. Aspectos que debemos de cuidar para evitar que el agua penetre en la estructura de soporte: Mantener perfectamente selladas las juntas del pavimento. Sellar las juntas entre pavimento y acotamiento o cuneta. Colocar barreras rompedoras de capilaridad (en donde se requiera). Utilizar cunetas, bordillos, lavaderos, contra cunetas, subdrenajes, etc. Construir o aprovechar los drenajes pluviales en las ciudades.

Tener agua atrapada en la estructura del Pavimento produce efectos nocivos en el mismo, como pueden ser: Reducción de la resistencia de materiales granulares no ligados. Reducción de la resistencia de la subrasante. Expulsión de finos. Levantamientos diferenciales de suelos expansivos. Expansión por congelamiento del suelo.

Algunos de estos fenómenos se pueden minimizar cuando se utilizan bases estabilizadas con cemento o bases de relleno fluido. Los valores recomendados para el coeficiente de drenaje deberán estar entre 1.0 y 1.10.

El drenaje de agua en los pavimentos debe ser considerado como parte importante en el diseño de carreteras. A pesar de la importancia que se concede al drenaje en el diseño de carreteras, los métodos corrientes de dimensionamiento de pavimentos incluyen con frecuencia capas de base de baja permeabilidad y consecuentemente de difícil drenaje.

## VI. DISEÑO METODOLÓGICO

En este estudio se muestra la metodología para obtención de resultados, estos datos se utilizarán para el proceso del trabajo investigativo, desde la organización de los estudios de tránsito, suelo, pavimento y diseño de drenaje menor, hasta el proceso de análisis de los mismos.

### 6.1 Estudio de tránsito

Para realizar este estudio de tránsito primeramente se iniciará con un aforo vehicular de 12 horas por un periodo de 7 días en los horarios de 6 am-6 pm en el tramo antes indicado, el aforador se situará en la intersección de carretera a Rama que es el punto de inicio estación 0+000. Para obtener así el Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA), apoyándose de las tablas de clasificación vehicular (**Ver anexo tabla 4 pág. I**).

### Proyección de tránsito

Para el diseño de cualquier estructura vial, la proyección del tránsito es uno de los factores más importantes, ya que dependiendo de este se determinan datos claves para el cálculo de estructura.

Se analizará con suma precaución cada uno de los aspectos implicados en la proyección, como son: los crecimientos poblacionales y las variables socioeconómicas como el producto Interno Bruto (PIB). Ecuación a utilizarse:

$$T_f = T_0 * (1 + i)^n$$

Donde:

Tf: tránsito proyectado.

To: tránsito inicial.

Tci: tasa de crecimiento inicial.

n: periodo de proyectos en años.

### **6.1.1 Tránsito de Diseño**

#### **Periodo de diseño (N)**

Es el tiempo para el cual se diseñará el pavimento el cual dependerá de la proyección del tránsito, el Manual centroamericano de normas de diseño geométrico de las carreteras regionales (SIECA 2004), establece periodos de diseño para diferentes funcionamientos que tendrá la vía.

#### **Factor direccional (FD)**

Es un valor que proporciona el manual centroamericano de normas para el diseño de carreteras regionales (SIECA 2004), normalmente su valor 0.5 ya que estudiamos una vía donde los vehículos circulan en ambas direcciones.

#### **Factor de crecimiento (FC)**

Este factor se relaciona con el número de años al cual se proyecta el estudio de tránsito, tasa del crecimiento anual, esta muestra como incrementan el flujo vehicular en todo el periodo de diseño.

$$FC = \left( \frac{(1 + TC)^n - 1}{TC} \right) * 365$$

Donde:

FC= factor de crecimiento.

TC= tasa de crecimiento de tránsito.

n= periodo de diseño en años.

365= días del año.

#### **Factor de distribución por carril**

Es un factor que se define por el carril de diseño para un camino cualquiera de los dos puede ser el carril de diseño donde la SIECA 2004 los proporciona por número de carriles en una sola dirección.

## **Determinación del tránsito de diseño**

Obteniendo toda la información previa proporcionada por los aforos vehiculares propios que se realizaron y los realizados por el Instituto de Transporte e Infraestructura (MTI) se calcula el valor del tránsito de diseño de la siguiente forma:

$$TPDA_0 = T0 * (1 + TC)^n$$

Donde:

TPDA<sub>0</sub>= tránsito promedio diario anual en el año inicial de inicio del estudio.

TC= tasa de crecimiento vehicular anual.

n= número de año en el periodo de diseño.

Una vez proyectados todos los tipos de vehículos al año de diseño, se determinará el tránsito de diseño.

$$TD = TPDA_0 * FC * F'C$$

TPDA<sub>0</sub>= tránsito promedio diario anual en el año inicial de inicio del estudio.

FC= factor de distribución por sentido.

F'C= factor de distribución por carril.

## **6.2 Estudio de suelo**

Se realizarán sondeos manuales sobre la línea y el banco de material, extrayendo muestras alteradas. La distancia entre cada sondeo será de 100 m con el fin de extraer muestras representativas.

### **6.2.1 Actividades de laboratorio**

Una vez obtenida las muestras se trasladarán al laboratorio de materiales de suelo de la Universidad Nacional de ingeniería (UNI-RUPAP), se realizarán diferentes ensayos de laboratorio para el estudio de suelo de carretera para determinar las propiedades físico-mecánica.

**Tabla 3 Tipos de ensayos**

Tipo de ensayos	Designación	
	AASHTO	ASTM
Análisis granulométrico de los suelos	T-88	D-422
Límite líquido de los suelo	T-89	D-423
Límite Plástico e Índice de Plasticidad de los Suelos	T-90	D-424
Ensayo de compactación de los suelos (Proctor)		D-698
CBR (California Bearing Ratio)	T-193	D-1883

Fuente. Elaboración propia

Obtenido los resultados de los ensayos antes mencionados se clasificarán los tipos de suelo por el método de la AASHTO. Se obtendrá la humedad óptima del suelo y su porcentaje de compactación, por último, se determinará el CBR de diseño que tiene como finalidad diseñar los espesores de pavimento.

### **6.3 Levantamiento topográfico**

Una vez realizado el estudio de tránsito se efectuará el levantamiento topográfico para la determinación de curvas de nivel, pendiente y rasante. Apoyándose de los equipos necesarios como son estación total, prisma, brújula, cintas métricas, plomada. Dicho levantamiento se realizará a cada 20 mts de longitud tomando el punto central, la banda derecha, la banda izquierda y dos puntos más aledaños a las bandas, estos mismos datos se utilizarán para el diseño de drenaje menor.

## **6.4 Diseño de drenaje menor**

### **Cuenca hidrográfica**

El presente estudio se realizará el diseño del drenaje fue debidamente planificado y diseñado para la mejora de la infraestructura esto se describe una serie de especificaciones técnicas que deberán cumplirse a cabalidad previa durante la ejecución del proyecto.

En este procedimiento se realizará con el método racional el cual es aplicable a áreas menores de 80 ha con el siguiente orden:

#### **6.4.1 Cálculo de caudal**

$$Q = C.I.A/K$$

C: el coeficiente medio de escorrentía

A: área de drenaje de la cuenca en hectáreas o km<sup>2</sup>

I: la intensidad media de precipitación en mm/hora

K: un coeficiente que depende de las unidades en que se expresen Q y A

#### **Área de escurrimiento**

Es el espacio de recarga de agua de lluvia superficial o subterránea hacia un punto determinado.

#### **Intensidad media de precipitación**

Lamina de precipitación caída en una unidad de tiempo, se obtiene por la lectura directa en la curva de intensidad duración frecuencia (IDF).

#### **Coeficiente de escorrentía**

El coeficiente C de escorrentía define la proporción de la componente superficial de la precipitación de intensidad I, y depende de la razón entre la precipitación diaria correspondiente al período de retorno y el umbral de escorrentía a partir del cual se inicia ésta para este caso se utilizará las formulas siguientes

## **Intensidad media de precipitación**

$$I = A (T+d) b$$

I (mm/h): la intensidad media diaria de precipitación

T, d, b: parámetros que varían para las curvas que se generan en cada estación hidrometeoro lógica.

### **Tiempo de concentración**

$$t_c = 0.0041(3.28 * L \sqrt{S_c})^{0.77}$$

Tc: Tiempo de concentración (min)

L: Longitud del cauce principal en (Km)

S: Pendiente del cauce principal (m/m)

A: Área de la cuenca (Km<sup>2</sup>)

H: Diferencia de alturas (m)

### **6.4.2 Dimensionamiento Hidráulico**

Con los datos obtenidos del estudio hidrológico se procederá a la realización del seccionamiento de cunetas, alcantarillas o badenes según lo que se requiera, con el programa Hcanales para el cual se necesitaran los siguientes datos caudal, ancho de solera, talud, rugosidad y pendiente.

### **Cálculos de caudales y áreas**

Para la determinación de los parámetros que incluye es estudio hidráulico se tendrán la siguientes formulas

$$Q = V * A$$

$$V = \sqrt{s} n$$

$$Rh = Rh^{2/3}$$

$$A P$$

Q = Caudal, m<sup>3</sup> /s

V = Velocidad media, m/s

A = Área de la sección transversal húmeda, m<sup>2</sup>

P = Perímetro mojado, m

Rh = A/P; Radio Hidráulico m

S = Pendiente longitudinal, m/m

n = Coeficiente de rugosidad de Manning.

Una vez que se obtengan estos resultados se analizarán los datos y concluir si es necesario dimensionar un nuevo drenaje o se utilizarán las secciones típicas dependiendo del estudio hidrológico.

## 6.5 Diseño estructural de Pavimento

Actualmente en Nicaragua se está implementando el pavimento Flexible como una opción por las ventajas que presenta, tales como los bajos costos de mantenimiento, mayor durabilidad, altas propiedades mecánicas las cuales le permite resistir considerables volúmenes de tránsito de todas sus categorías.

Este método se quiere aplicar a calles del Barrio Miguel san Antonio por los beneficios antes mencionado y para dar solución a una problemática que presentan los pobladores, mejorar su calidad de vida, así como impulsar el desarrollo en la zona.

Los espesores de capas se calcularán mediante la siguiente formula:

$$\log_{10}Wt_{18} = ZR * So + 9.36 * \log_{10}(SN + 1) - 0.20 + \frac{\log_{10}\left(\frac{\Delta PSI}{1094}\right)}{0.40 + (SN + 1)^{5.19}} + 2.32 * \log_{10}MR - 8.07$$

Para el diseño estructural de pavimento se trabajará con parámetros de estudio realizados en el manual de la AASHTO 93 donde se consideran las siguientes variables.

### **Índices de serviciabilidad**

#### **Valores para serviciabilidad inicial (po)**

El valor establecido en el Experimento Vial de la AASHTO para los pavimentos flexibles fue de 4.2, y para pavimentos rígidos 4.5.

#### **Valores para serviciabilidad final (pt)**

- Para vías con características de autopistas urbanas y troncales de mucho tráfico:  $pt = 2.5 - 3.0$ .
- Para vías con características de autopistas urbanas y troncales de intensidad de tráfico normal, así como para autopistas Interurbanas,  $pt = 2.0 - 2.5$ .
- Para vías locales, ramales, secundarias y agrícolas se toma un valor de  $pt = 1.8 - 2.0$ .

### **Pérdidas de serviciabilidad**

Se calcularán las pérdidas de serviciabilidad con la siguiente fórmula:

$$\Delta PSI = P_o - P_t$$

#### **Análisis de cargas y ejes equivalentes (ESAL`s de diseño)**

Para realizar la ESAL`s de diseño se deberán tener los datos de los pesos de vehículos que los proporcionara el estudio de tránsito y el factor equivalente que variara según el tipo de vehículo, la cual se determina con la siguientes fórmula:

$$ESAL`s = TD * \text{factor de carga}$$

#### **Confiabilidad (R)**

Los niveles de confiabilidad los recomienda la AASHTO para diferentes clasificaciones funcionales.

### **Desviación estándar (S0)**

El valor de la desviación estándar está ligado directamente del nivel de confiabilidad seleccionado.

### **Módulo de Resiliente (MR)**

Para este valor se tomarán los siguientes parámetros:

MR= 1,500 \* CBR (para materiales de subrasante con CBR menor a 10%).

MR= 4,326 \* ln \* CBR+241 (para materiales de sub rasante con CBR mayor a 20%).

MR= módulo resiliente.

ln= logaritmo natural.

CBR= CBR de diseño, este valor está en relación a criterios del instituto de asfalto.

### **Espesores de capas**

$$SN=a_1D_1 + a_2D_2m_2 + a_3D_3m_3$$

A partir de la formula general se obtiene que:

$$D1 = \frac{SN1}{a1}$$

$$SN1^* = a1 D1$$

Determinamos el espesor que debe tener la base granular, a partir del módulo resiliente de la capa de la sub-base, entrando en ella MR de la sub-base el valor que se encuentra es de SN2, el cual corresponde al número estructural que aporta la base granular y el adoquín.

Tomando en cuenta que el valor SN1 es conocido, entonces el valor del coeficiente estructural de la base se determina de la siguiente:

$$SN \text{ (base granular)} = SN2-SN1$$

$$SN \text{ (base granular)} = a2 * D2 * m2, \text{ entonces}$$

$$D2 = \frac{SN(\text{basegranular})}{a2m1}$$

Teniendo en cuenta la recomendación de la AASHTO se redondea el valor encontrado de D2 si es necesario; y se recalcula el valor estructural de la base de la siguiente manera:

$$SN = a2 * D2 * m2$$

Donde se determinará el espesor de la sub-base a partir del número estructural del total del pavimento y de la base granular; de la manera siguiente:

$$SN(\text{subbase}) = a3 * D3 * m3$$

En donde despejando D3 se obtiene que:

$$D3 = \frac{SN(\text{subbase})}{a1m3}$$

Con los datos obtenidos se procederá según el manual de la AASHTO con la ayuda del software se determinarán los espesores de la estructura de pavimento propuestas en el tramo.

## VII. CRONOGRAMA DE TRABAJO

		CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES																											
		MES 1				MES 2				MES 3				MES 4				MES 5				MES 6							
		1era	2da	3era	4ta	1era	2da	3era	4ta	1era	2da	3era	4ta	1era	2da	3era	4ta	1era	2da	3era	4ta	1era	2da	3era	4ta				
ITENS	Actividades	procesamiento de datos				traslado de muestra				Act.Labora				Analisis de resultado obtenido y diseño de las distintas capas				Estudio Hidrológico				Dimencionamiento							
	Aforo	T. Campo				T. Laboratorio				T. Campo				T. Laboratorio				T. Campo				T. Laboratorio							
1	Estudio de tránsito																												
2	Levantamientos topograficos																												
3	Sondeo manuales																												
4	Estudios de laboratorio																												
5	Diseño estructural de Pavimento																												
6	Diseño estructural de drenaje menor																												
7	Elaboracion de documento final																												

Fuente. Elaboración propia

## VIII. BIBLIOGRAFÍA

- American Association of State Highway and Transportation Officials (1993). Manual de diseño de pavimentos (AASTHO)
- Coreas y asociados S.A. (CORASCO). (2008) Manual para revisión de estudios Hidrotécnicos de drenaje menor (MTI) Managua, Nicaragua
- Joseph e. Bowles. (1981) Manual de laboratorio de suelos en ingeniería
- Ministerio de Transporte e Infraestructura. (2017) Anuario de aforo de tráfico
- R. Mayor Cal Rafael y G. Cárdenas. Ingeniería de tránsito (8va Edición)
- SIECA. (2004). Normas para el Diseño Geométrico de las Carreteras Regionales.
- Universidad Nacional de Ingeniería (2001). Normativas de culminación de estudios (FTC). Managua, Nicaragua
- Villalaz, C. (1993), Vías de transporte.

# ANEXOS

**Tabla 4 Aforo Vehicular**

<b>Aforo vehicular duración 12 horas</b>								
<b>Días</b>	<b>Lunes</b>	<b>Martes</b>	<b>Miércoles</b>	<b>Jueves</b>	<b>Viernes</b>	<b>Sábado</b>	<b>domingo</b>	<b>Total</b>
<b>vehículos de pasajeros</b>								
<b>Motos</b>								
<b>Autos</b>								
<b>Jeep</b>								
<b>camionetas</b>								
<b>Micro bus</b>								
<b>Vehículos de carga</b>								
<b>Liv de carga</b>								
<b>C2</b>								
<b>C3</b>								
<b>T2-S1</b>								
<b>T2-S2</b>								
<b>T3-S1</b>								
<b>T3-S2</b>								
<b>Veh construc</b>								
<b>Veh agric.</b>								
<b>Total</b>								

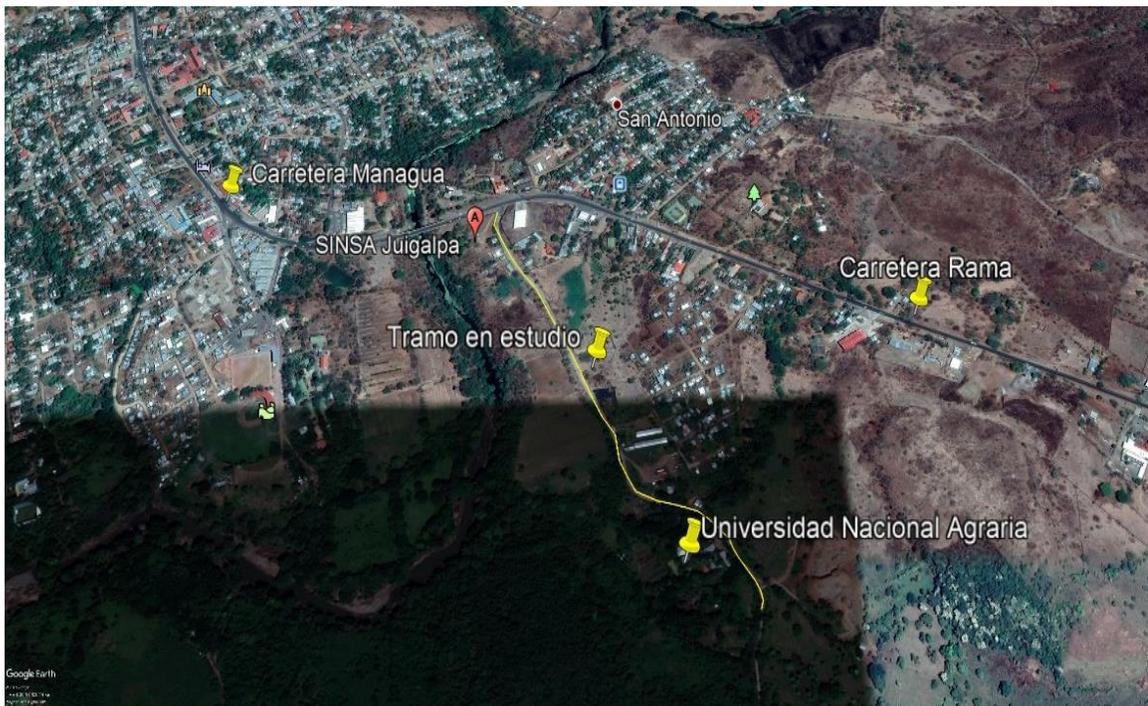
**Fuente. Elaboración propia**

## Imagen 1 Macro Localización de Juigalpa, Chontales



Fuente. Google Earth

## Imagen 2 Micro Localización



Fuente Google Earth

**Imagen 3 Estación 0+000 Inicio del camino a estudio SINSA**



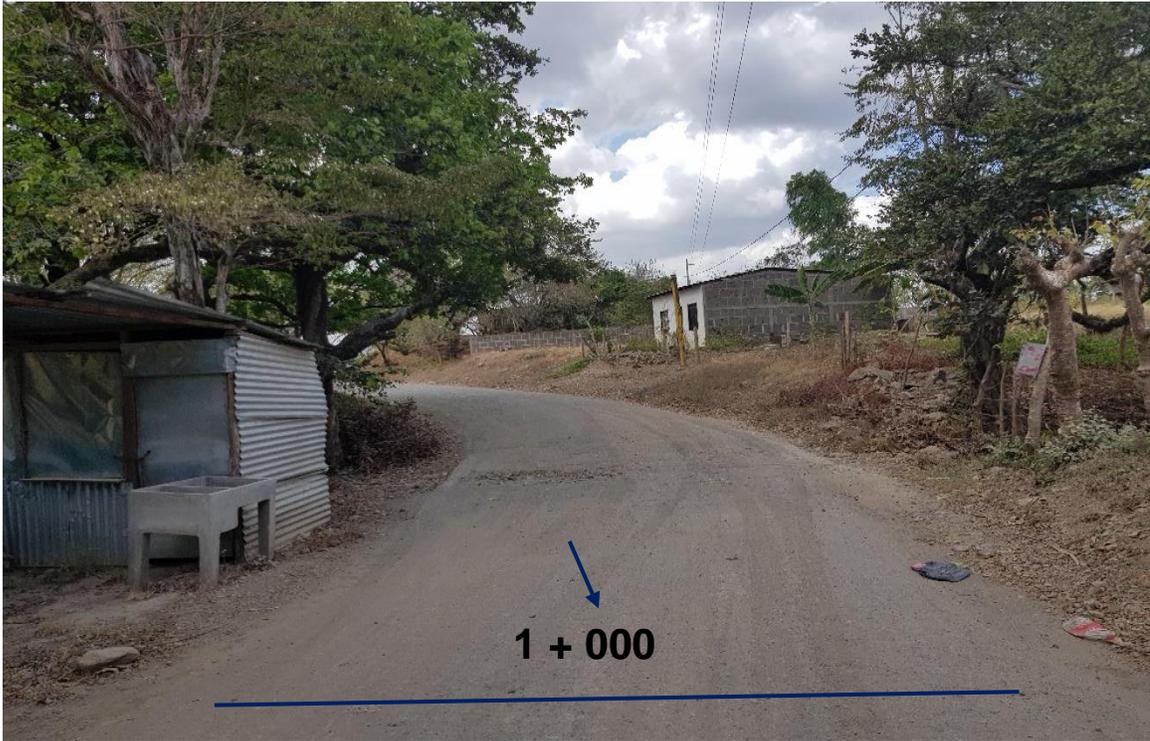
**Fuente. Imagen propia**

**Imagen 4 Estación 0+500 universidad metropolitana Pablo Ubeda**



**Fuente. Imagen propia**

**Imagen 5 Estación 1+000 finalización del tramo en estudio universidad UNA**



fuelle. Imagen propia