



# **UNIVERSIDAD DON VASCO A.C.**

Incorporación No. 8727 – 15

a la Universidad Nacional Autónoma de México

## **Escuela de Ingeniería Civil**

**Revisión de tramo carretero ubicado en la carretera  
del municipio de Uruapan a la localidad de San  
Marcos, Michoacán, del Km 0+000 al Km 1+900**

Tesis

Que para obtener el título de

Ingeniero Civil

Presenta:

**David Isaí Quezada Garduño**

Asesor:

**I.C. José Antonio Sánchez Corza**

Uruapan, Michoacán, a 13 de Mayo del 2022



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## **AGRADECIMIENTOS.**

### **A mis padres:**

Jaime Quesada Rosales y Liliana Berenice Garduño Delgado quienes siempre me han apoyado sin importar las situaciones, por alentarme a ser mejor persona y superarme día tras día, por apoyarme en toda mi educación, recordándome los valores que me inculcaron y el respeto a mi prójimo.

### **A mis hermanos:**

Que siempre me han permitido ser un ejemplo para ellos tanto de las cosas que se deben hacer como las que no.

### **A mi abuelita:**

A la memoria de mi abuelita María de los Ángeles Garduño Delgado, fallecida a sus 62 años, quien me enseñó muchos valores y a ayudar a las personas, así como ser mi motivación para ser parte del Club Rotaract, y siempre estuvo presente en mi vida y en mi cumplimiento de metas.

### **A mi director, Ing. Anastasio Blanco Simiano:**

Por apoyarme en el transcurso de mi carrera, aportándome de sus conocimientos y experiencias aportados en la Ingeniería Civil.

### **A mi asesor, Ing. José Antonio Sánchez Corza:**

Por brindarme la asesoría adecuada para lograr mi investigación, así como ayudarme con material y sus conocimientos para lograrlo.

# ÍNDICE

Introducción.	
Antecedentes. . . . .	7
Planteamiento del problema. . . . .	8
Objetivo. . . . .	8
Objetivos particulares. . . . .	9
Pregunta de investigación. . . . .	9
Justificación. . . . .	10
Marco teórico. . . . .	10

## **Capítulo 1.- Vías terrestres**

1.1. Sistema vial. . . . .	11
1.2. Concepto de vías terrestres. . . . .	12
1.3. Historia de las vías terrestres. . . . .	13
1.4. Vías de comunicación. . . . .	14
1.5. Vías terrestres en México. . . . .	15
1.6. Factores económicos en las vías terrestres. . . . .	16
1.7. Clasificación de los caminos. . . . .	17
1.7.1. Clasificación administrativa. . . . .	19
1.7.2. Clasificación por transitabilidad. . . . .	19

1.7.3. Clasificación técnica oficial. . . . .	21
1.8. Terracerías. . . . .	22
1.8.1. Sección transversal. . . . .	24
1.9. Volumen de tránsito. . . . .	28
1.9.1. Tipos de tránsito. . . . .	28
1.9.2. Previsión de tránsito. . . . .	29

## **Capítulo 2.- Pavimento**

2.1. Concepto de pavimento. . . . .	31
2.2. Generalidades de los pavimentos. . . . .	32
2.2.1. Factor económico. . . . .	32
2.3. Capas en los pavimentos. . . . .	34
2.4. Factores que afectan el diseño de los pavimentos. . . . .	35
2.5. Pavimentos rígidos. . . . .	37
2.6. Losas de concreto hidráulico. . . . .	39
2.7. Juntas en pavimentos rígidos. . . . .	39
2.8. Pavimento flexible. . . . .	40
2.8.1. Carpeta asfáltica. . . . .	41
2.8.2. Requisitos de un pavimento flexible. . . . .	43

### **Capítulo 3.- Resumen de Macro y Micro localización.**

3.1.	Generalidades. . . . .	45
3.2.	Objetivo. . . . .	46
3.3.	Resumen ejecutivo. . . . .	46
3.4.	Entorno geográfico. . . . .	47
3.5.	Macro y Micro localización. . . . .	53
3.6.	Hidrografía y clima. . . . .	53
3.7.	Actividades de la región. . . . .	54
3.8.	Reporte fotográfico. . . . .	54
3.9.	Alternativa de solución. . . . .	60

### **Capítulo 4.- Metodología.**

4.1.	Método empleado. . . . .	62
4.2.	Método matemático. . . . .	67
4.3.	Enfoque de la investigación. . . . .	67
4.3.1.	Alcance de la investigación. . . . .	68
4.4.	Tipo de diseño en la investigación. . . . .	68
4.4.1	Investigación transeccional. . . . .	69
4.5.	Instrumentos de recopilación de datos. . . . .	69
4.6.	Descripción del proceso de investigación. . . . .	70

## **Capítulo 5.- Cálculo, análisis e interpretación de resultados.**

5.1. Aforo vehicular. . . . .	72
5.2. Levantamiento topográfico. . . . .	75
5.3. Revisión del pavimento flexible por el método UNAM. . . . .	77
5.3.1. Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA). . . . .	77
5.3.2. Análisis del tránsito acumulado para ejes sencillos de 8.2 toneladas. . . . .	78
5.3.3. Determinación de los espesores del pavimento flexible. . . . .	84
5.4 Estructuras de pavimento. . . . .	89
5.4.1. Espesores del pavimento propuesto. . . . .	89
5.4.2. Estructura del pavimento existente. . . . .	90
5.5. Estructura de pavimento propuesta para carretera. . . . .	91
5.6. Medidas de seguridad. . . . .	92
5.6.1. Barreras de seguridad. . . . .	93
5.6.2. Señalización horizontal de la carretera. . . . .	93
5.6.3. Topes reductores de velocidad. . . . .	95
5.7. Pre conclusiones. . . . .	97
Conclusiones. . . . .	99
Bibliografía. . . . .	103
Otras fuentes de investigación. . . . .	106

## **Anexos**

# INTRODUCCIÓN

## **Antecedentes.**

El hombre siempre ha vivido con la necesidad de transportarse de un punto a otro mediante el uso y construcción de carreteras que faciliten la satisfacción de esa necesidad, siempre procurando ofrecer una vía más segura, óptima y con una mayor velocidad de manejo.

Los caminos y su construcción en el país son obras de vital importancia, puesto que han facilitado el transporte desde la antigüedad.

Todo esto ha sido debido al crecimiento continuo de la población humana, lo cual exige al ser humano expandir su área de población y vivienda, así como construir caminos que comuniquen de manera efectiva.

Desde la antigüedad el hombre ha necesitado de caminos para el transporte de mercancías y de personas de un lugar a otro, permitiendo llevar a cabo diversas actividades económicas.

Se cree que las primeras carreteras fueron construidas por los romanos, los cuales se dice, construyeron un total de 80,000 km de carreteras. Después, a mediados del siglo XVII los franceses idearon un sistema que mejoraría el trabajo carretero, construyendo 24,000 km de carreteras principales.

Un pavimento está conformado por distintas capas de suelo, con características diferentes entre sí. Un pavimento nos ofrece una mejor superficie de rodamiento para los vehículos en comparación de la terracería.



Las vías de comunicación terrestres permiten tener un movimiento continuo tanto de carga como de pasajeros a través de las diversas redes de carreteras para poder llegar al destino deseado.

### **Planteamiento del problema.**

Una carretera en malas condiciones, mal diseñada o construida, genera problemas tanto para los peatones como para el vehículo. Ocasiona un desgaste continuo en la vida del vehículo, acortando su vida útil, también puede ocasionar alguna lesión al peatón, y en el peor de los casos, algún accidente vial.

Por lo anterior se realizará una revisión del tramo carretero, que garantice la seguridad y la eficiencia del mismo, también es importante realizar un aforo vehicular, con el cual tener datos para el correcto diseño del presente trabajo de tesis.

Una vez reunida la información necesaria para realizar el diseño y la revisión, deberá responderse la siguiente duda:

¿El pavimento flexible existente es el adecuado para el tramo carretero Uruapan a San Marcos del Km 0+000 al Km 1+900?

### **Objetivo.**

El propósito de la presente tesis es revisar que el tramo carretero se encuentre en condiciones óptimas para su debido funcionamiento, así como realizar un diseño en base a lo reglamentario para su debido funcionamiento, incluyendo la propuesta de medidas de seguridad para ayudar a reducir la cantidad de accidentes que puedan suceder a lo largo de la vida útil de la carretera a diseñar. El tramo

carretero seleccionado está ubicado en la salida del municipio de Uruapan, Michoacán, camino al poblado de San Marcos.

### **Objetivos particulares.**

Para llevar a cabo el propósito de la presente investigación se tienen diversos objetivos particulares, entre los que se encuentran:

- Realizar un aforo vehicular del tramo a revisar.
- Realzar el análisis de la carretera actual en base a la normativa de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT).
- Diseñar una propuesta de pavimento en base a la normativa de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT).
- Realizar una propuesta de medidas de seguridad para el tramo carretero propuesto en base a las normas de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT).

### **Pregunta de investigación.**

A través de la elaboración de esta tesis se pretenden resolver las siguientes preguntas:

¿El pavimento existente es el adecuado para el tramo carretero Uruapan a San Marcos del Km 0+000 al Km 1+900?

¿En qué condiciones se encuentra el pavimento existente en el tramo a revisar?

## **Justificación.**

Es de gran importancia el correcto funcionamiento de una carretera, que cumpla con todas las condiciones necesarias para lograr su debido funcionamiento y con las características para lo cual éste fue diseñado, las cuales son la seguridad, la comodidad y su vida útil.

Los beneficiados en la realización de éste proyecto serán los habitantes del poblado de San Marcos, quienes para acceder al municipio de Uruapan, tienen que transitar a través de esta carretera, también se tienen como beneficiarios las personas que van de camino al zoológico "El Sabino", ubicado en Sabino, Michoacán, para acceder al lugar es necesario recorrer la carretera a revisar.

## **Marco teórico.**

El pavimento objetivo del presente proyecto está localizado en la carretera de Uruapan a San Marcos, del Km 0+000 al Km 1+900, la carretera está posicionada en las coordenadas 19° 21' 39.54" de latitud norte y 102° 01' 6.89" de latitud oeste.

El pueblo se localiza a 15 kilómetros de la ciudad de Uruapan, a una altura de 1113 msnm, la mayoría de sus calles ya cuentan con pavimento, con relación a la carretera antes de llegar, dicha carretera se conforma de pavimento flexible y cuenta con muchas curvas.

# CAPÍTULO 1

## VIAS TERRESTRES

En este capítulo se hablará acerca de los antecedentes de los caminos y cómo han evolucionado a través del tiempo, logrando con esto llegar a una vía de comunicación ideal, cómoda, segura y estable de acuerdo con las necesidades de los usuarios contratantes.

Desde que el hombre comenzó a construir obras civiles, ha tenido que enfrentarse a los diversos inconvenientes que se presentan en todos los tipos de suelo. Esto lo obligó a desarrollar nuevas técnicas de ingeniería que mejoran las condiciones de los suelos.

### **1.1.- Sistema vial**

En las últimas décadas se ha comprobado, a nivel mundial, una tendencia migratoria de grandes masas de población hacia los centros urbanos, esta migración ha producido un rápido crecimiento de las ciudades y en conjunto con este comportamiento, el número de vehículos ha crecido en una progresión geométrica. En estas circunstancias, muchas áreas de las ciudades sufren concentración y cambios de uso del suelo y la demanda de tránsito ha crecido sin que exista la posibilidad de que aumente proporcionalmente la infraestructura vial, debido a las altas inversiones requeridas (SEDESOL).

El sistema vial es el soporte del flujo vehicular generado por todas las actividades urbanas y es la estructura principal de las ciudades, delimitando la

localización de las actividades urbanas y sus límites. La creación de una vía terrestre afecta en el uso del suelo, puesto que acelera el proceso de deterioro o cambio de uso de suelo.

En la época actual, los sistemas viales atraviesan un cambio histórico; esto debido a que, las carreteras y caminos antes olvidados, hoy en día son el pilar fundamental para conectar a los ciudadanos e impulsar la economía del país.

Un sistema vial está conformado por calles rurales, urbanas, carreteras, autopistas, así como también los puentes, la iluminación, señalización, vías ferroviarias, etcétera.

Un camino es una vía que tiene como principal función el acceso desde un punto a otro, garantizando la comodidad, seguridad y rapidez.

## **1.2.- Concepto de vías terrestres**

Las vías terrestres son obras dedicadas al transporte, como lo son los caminos, carreteras, autopistas, puentes, túneles, entre muchos otros.

Las vías terrestres son obras diseñadas especialmente para optimizar el transporte de un punto a otro, con el mínimo de tiempo posible

Los beneficios otorgados por una vía terrestre incluyen los siguientes conceptos:

- Seguridad ante las condiciones climáticas.
- Reduce los costos de transporte.
- Genera un mejor y mayor acceso a las actividades económicas.

- Entre otros.

El andar es una de las necesidades más básicas del ser humano, andamos para poder comunicarnos, para aprender, para relacionarnos con todo lo que existe en nuestro entorno cercano y más allá.

### **1.3.- Historia de las vías terrestres**

La necesidad del ser humano de comunicarse lo ha orillado a crear caminos que faciliten satisfacer esa necesidad, cuando las tribus nómadas exploraban en busca de alimento construían vías de transporte. Tiempo después, cuando las tribus nómadas se volvieron sedentarias, construyeron caminos más grandes y con diversos usos además del peatonal, ahora los caminos tenían finalidades comerciales, religiosas y bélicas.

Estas tribus intentaban mejorarlas de diferentes maneras, entre ellas, colocando piedras en todo el trayecto de su camino con el fin de evitar algún tipo de accidente como el que se resbalaran o se llenaran de lodo.

Mientras el hombre desarrollaba su intelecto y establece su civilización, va creando nuevas y mejores maneras de llegar más rápido, más cómodo y más seguro al lugar donde requiera transportarse, acortando también sus tiempos de traslado; pasando desde la invención de la rueda a la invención de carretas para el transporte de ganado.

Las vías terrestres tienen una gran importancia para el transporte, por lo tanto, deben de realizarse con el fin de obtener un beneficio tanto económico como

social, así como también es fundamental darles el uso y mantenimiento adecuado para que se pueda asegurar su vida útil durante varias generaciones.

#### **1.4.- Vías de comunicación**

Las vías de comunicación son los medios con los que el ser humano cuenta para lograr el transporte de un lugar a otro, denominados carreteras y caminos.

Las creaciones del ser humano modifican el ambiente en el que se ha desarrollado, una de las creaciones más importantes de este son las vías de comunicación, estos elementos son utilizados para el transporte de personas y mercancía, contribuye al desarrollo de todas las sociedades y depende de las necesidades que se tengan en cada región donde se pretende construir una vía, éstas reducen la necesidad del ser humano de trasladarse de un sitio a otro con fines comerciales y personales.

Los caminos son, en primer lugar, un medio para transporte de personas y bienes y constituyen un componente fundamental para el bienestar y desarrollo de una sociedad, facilitando la comunicación necesaria para la vida cotidiana.

Los caminos deben construirse para resistir y mantener adecuadamente el paso de los vehículos. Con tal motivo, el diseño debe adoptar ciertos criterios de resistencia, seguridad y uniformidad.

Los puentes son todas aquellas construcciones diseñadas específicamente para unir dos puntos que estén separados por algún río, abismo, o sobre alguna depresión.

La infraestructura de un puente está conformada por los pilares extremos, los cimientos y los apoyos centrales. La superestructura consiste en el tablero que soporta directamente las cargas y las armaduras, constituidas por vigas, cables o arcos que transmiten las cargas del tablero a las pilas y los estribos.

Un túnel es un conducto horizontal construido a través del suelo, diseñados para posibilitar el traslado de mercancías y de personas, en algunas ciudades se construye una red de túneles para facilitar el traslado de las personas, para esto se construye el metro.

Para construir un túnel es necesario realizar una excavación del terreno, ya sea por medios mecánicos o manuales.

### **1.5.- Vías terrestres en México**

Dentro de la República Mexicana se han construido una gran cantidad de caminos, los cuales desde su creación han sido modificados para ajustarse a los fines deseados y llegar a ser lo que conocemos ahora.

Debe ser reconocido que en el país es de vital importancia la infraestructura de transporte y estas deben cumplir con las exigencias del proyecto, tales como seguridad,

En la primera mitad del siglo XIX se construyeron las primeras vías de comunicación que fueron las vías férreas, éstas tuvieron su mayor apogeo durante los tiempos del Porfiriato, debido a que éste medio fue impulsado para lograr el desarrollo del país, en las épocas actuales es muy reducida a actividad de este sector debido al surgimiento de nuevos medios de transporte más rápidos, así como



también a la construcción de vías de transporte más eficaces. Actualmente las vías férreas son utilizadas para el transporte de materia prima.

Desde 1925 se trabajó en la implementación y construcción de vías de comunicación más avanzadas, que eran caminos que van desde la Ciudad de México hacia el puerto de Veracruz, Guadalajara y Laredo, a partir de 1940 es cuando los mexicanos toman las riendas en la construcción de las vías del país y ahora cuenta con cerca de 200000 km de caminos, todo esto con el fin de asegurar el tránsito de los vehículos en todo momento.

Al construir los caminos en el país, el gobierno comenzó a cobrar un impuesto que impactaba de manera indirecta sobre las vías terrestres, durante el periodo de gobierno del general Plutarco Elías Calles se subió 3 centavos por litro al precio de la gasolina.

#### **1.6.- Factores económicos en las vías terrestres.**

Toda vía de comunicación debe de ser realizada de la manera más económica que sea posible, asegurando que cumpla con la finalidad para la cual fue diseñada.

Todas las variantes se deben de considerar en las obras, así como investigar y recomendar las opciones que otorguen un menor costo, el objetivo de todos los ingenieros es el proyectar y construir obras con el menor costo posible y que siempre cumplan con las condiciones y objetivos para los cuales se diseñaron.

Tanto en México como en otros países del mundo, la conservación de las carreteras es muy deficiente dando lugar a economías bajas. El impacto negativo

en la economía por una deficiente conservación de carreteras conlleva una pérdida en el crecimiento del país, por lo tanto, se deben tener planes y estrategias para evitarlo, dando prioridad al financiamiento, la planeación y la tecnología a la hora de ejecutarlos.

Toda obra a realizar debe ser programada por etapas, en caso particular de caminos, depende de la necesidad del uso de la vía por parte de los usuarios de vehículos, se cierra parcial o totalmente el paso vial a la misma, con la finalidad de realizar la obra de la mejor manera posible, sin afectar a los usuarios.

### **1.7.- Clasificación de los caminos.**

Un camino es un medio de transporte construidos con el fin de asegurar y sostener de manera adecuada el tránsito de vehicular; dentro del diseño de los caminos se debe asegurar que cumpla con las necesidades de resistencia, seguridad y uniformidad.

Una carretera se define como una vía diseñada para la circulación de automóviles y vehículos de carga, es rápida y segura y su volumen de circulación es grande. Para ser clasificada de este tipo debe cumplir con algunas características:

- Dos bandas de circulación una para cada sentido, separadas por vallas de protección o por una franja de terreno.
- Por lo menos dos carriles de circulación, uno por sentido.
- Un acotamiento lateral en cada banda para que los vehículos puedan parar por alguna emergencia sin parar el tráfico.

- Las curvas son menos pronunciadas en comparación a las carreteras que pueden ser hasta de 180°.
- Entradas y salidas con carril confinado para no reducir la velocidad de los demás usuarios

Para el diseño y construcción de las carreteras estas se dividen en:

**A) Carreteras de integración social:** Son aquellas que unen el territorio nacional mediante una autopista o carretera.

**B) Carreteras sociales:** Es el tipo de carretera que tratan de incorporar al desarrollo a las poblaciones que por falta de comunicación han quedado apartadas del desarrollo.

**C) Carreteras para desarrollo:** Aquellas que tratan de elevar el desarrollo de una población, ya sea agrícola, ganadera o turística.

**D) Carreteras en zonas desarrolladas:** Son aquellas carreteras diseñadas específicamente para poder agilizar el tránsito y disminuir los costos de operación, además de mejorarlo en caminos regionales.

Los caminos se clasifican dependiendo del fin que tenga su funcionamiento, se pueden clasificar desde los caminos que son de tierra hasta los que se conocen como supercarreteras. En México se han clasificado las carreteras, en función del tipo y uso que estos tengan una vez terminada su construcción de la siguiente manera:

### **1.7.1.- Clasificación administrativa**

Esta clasificación surge de separar las carreteras en base a los aspectos administrativos, variando entre ellos en cuanto a quienes quedan a cargo de cada tipo de carretera.

De acuerdo a su aspecto administrativo, los caminos se dividen en los siguientes 4 aspectos:

- Federales: Esta se da cuando el costo de las carreteras es pagado enteramente por la Federación y por lo tanto quedan a cargo de estas carreteras.
- Estatales: En esta clasificación el costo es dividido a manera de cooperación, el 50% aportado por el Estado y el otro 50% aportado por la Federación. A cargo de estas carreteras queda la junta local de caminos.
- Vecinales: Se llama así cuando el costo es dividido entre el Estado, la Federación y los vecinos beneficiados, pagando cada parte un tercio del costo total de la construcción de la carretera.
- De cuota: Estas quedan a cargo de la dependencia de Caminos y Puentes Federales de Ingresos y Servicios y Conexos y otras como las autopistas o carreteras concesionadas a la iniciativa privada por tiempo determinado, siendo la inversión recuperable a través de las llamadas cuotas de paso.

### **1.7.2.- Clasificación por transitabilidad.**

Esta clasificación corresponde a las etapas de construcción de las carreteras.

Se divide en:

- Terracerías: Este tipo de camino se da cuando se ha construido una sección del proyecto hasta llegar al nivel del sub rasante, etapa en la cual ya puede ser transitable el proyecto, esto con el fin de que éste camino pueda ser transitado en tiempo de secas.

Estos caminos están diseñados usualmente de arcilla, arena o grava. Los vehículos transitan sobre el terreno natural, libre de cualquier material vegetal.

Algunas veces tienen un revestimiento muy ligero y su alineamiento y sistemas de drenaje es muy deficiente, razón por la cual la circulación es óptima durante la época de verano.

- Revestida: Se tiene cuando se coloca sobre la sub rasante una o varias capas de material granular, este camino puede ser transitado durante todo el año.

Son aquellos donde los vehículos circulan sobre una superficie recubierta con material granular en estado natural. Se compone de la sub rasante, la sub base y la capa superficial de rodamiento.

- Pavimentada: Esta capa se logra cuando en la sub rasante se ha construido enteramente el pavimento.

Estas son vías de alto volumen de tránsito automotor, las cuales requieren contar con una superficie de rodamiento estable, segura y en buenas condiciones durante todo el año.

Tienen uno o varios carriles en cada sentido, y con frecuencia se construyen con asfalto y agregados de superficie sobre la base de grava. La elección de la capa depende del volumen de tráfico necesario.

Esta clasificación es de gran utilidad para la cartografía, debido a que dependiendo del tipo de carretera que se tenga, se le da una representación en las cartas geográficas y de esa manera facilitar la búsqueda de la misma.

### **1.7.3.- Clasificación Técnica Oficial.**

Esta clasificación permite diferenciar de una manera exacta la estructura o clasificación física del camino, esto porque toma en cuenta el volumen de tránsito sobre el camino al término del periodo económico del mismo, el cual son 20 años, así como las especificaciones técnicas aplicadas.

En México la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (S.C.T.) clasifica a las carreteras de la siguiente manera:

- A. Camino tipo especial: Esta clasificación está diseñada para un promedio diario superior anual de 360 vehículos o más, el equivalente a un tránsito horario máximo anual de 360 vehículos. Estos caminos requieren un estudio especial, pudiendo tener una corona de dos o hasta de cuatro carriles en un solo cuerpo, asignándoles A2 y A4 respectivamente, o también empleando cuatro carriles en dos cuerpos diferentes asignados como A4, S.
- B. Camino tipo A: Categoría asignada para un tránsito promedio diario anual de 1500 a 3000 vehículos, equivalentes a un tránsito horario máximo anual de 180 a 360 vehículos. Éste tipo de caminos son los más estudiados y son a los que se les hacen las pruebas de mecánica de suelos.

- C. Camino tipo B: Para un tránsito promedio diario anual de 500 a 1500 vehículos, lo que equivale a un tránsito horario máximo anual de 60 a 180 vehículos.
- D. Camino tipo C: Designada para un tránsito promedio diario anual de 50 a 500 vehículos, lo que corresponde a un tránsito horario máximo anual de 6 a 60 vehículos.

### **1.8.- Terracerías.**

Dentro de las vías terrestres existe un tipo de camino de vital importancia para la transitabilidad de los vehículos que son las terracerías, las cuales se definen como los materiales que se extraen o que pueden servir en el relleno en una vía terrestre.

En la construcción de las terracerías es importante conocer el aforo vehicular del camino que se va a realizar, debido a que existen normativas para el diseño de las terracerías en las vías terrestres. Una de las normativas más comunes y más utilizadas es aquella para cuando se tiene un aforo vehicular superior a los 5000 vehículos diarios, deberá de construirse en los últimos 50 cm utilizando un material compactable, esto por motivos de seguridad, ya que para una mejor eficacia y una mayor durabilidad es necesario colocar el material en la capa de rodamiento, que es en donde se tendrá la transitabilidad de los vehículos.

Un terraplén es un espacio formado de terracería, en el cual ha sido retirada la materia orgánica del suelo y ha sido sustituida por material de suelo no orgánico y compactado.

Un terraplén se origina del material producto de cortes o de bancos de material, con la finalidad de que se logre el nivel de subrasante que se solicite, para levantar el nivel y formar un plano de apoyo adecuado para hacer una obra. La finalidad de un terraplén es la de soportar las cargas de tránsito que son transmitidas por las capas superiores y distribuir los esfuerzos de forma adecuada al terreno natural y satisfacer las especificaciones del proyecto, entre otras.

Los elementos que forman parte de una terracería son la corona, subcorona, cunetas, contracuneta y los taludes.

- Subcorona: La subcorona es una superficie destinada a limitar las capas superiores a las terracerías, estas son la subrasante, la pendiente transversal y el ancho de subcorona.
- Subrasante: Ésta capa es determinada por el espesor de las capas de pavimento, sirve para determinar el espesor de corte o de terraplén; la pendiente transversal es la misma que la corona de igual manera su función es la de mantener el espesor de los pavimentos. Usualmente se coloca a un metro del pavimento, también incluye material de relleno.

Las funciones de esta capa son recibir y resistir las cargas que son transmitidas por el pavimento, transmitir las cargas al terraplén, evitar que los componentes de terraplén contaminen las capas de pavimento, evitar que sea absorbido el pavimento por el terraplén cuando esté compuesto por rocas, evitar que se refleje en el pavimento las imperfecciones del terreno, mantener uniforme los espesores del pavimento sobre todo cuando varían los materiales, economizar los espesores de pavimento sobre todo cuando las terracerías requieran un espesor mucho mayor



- Corona. Es la línea de la superficie del camino terminado, está comprendida entre los hombros del camino, los elementos que comprenden la corona son rasante, pendiente transversal, calzada y acotamientos.
- A. Rasante: Es la línea obtenida al proyectar sobre un plano vertical el desarrollo de la corona.
- B. Pendiente transversal: La sección transversal consiste en la descripción de los elementos de la carretera a través de un corte vertical normal a su alineamiento horizontal, el cual permite definir las dimensiones de los elementos que forman el camino en el punto correspondiente a cada sección y su relación al terreno natural.

#### **1.8.1.- Sección transversal.**

Uno de los elementos más importante de una sección transversal de un pavimento es aquel destinado a la superficie de rodadura o calzada, ya que sus dimensiones deben de permitir el nivel de servicio que necesita el proyecto, como se muestra en la figura 1.1.

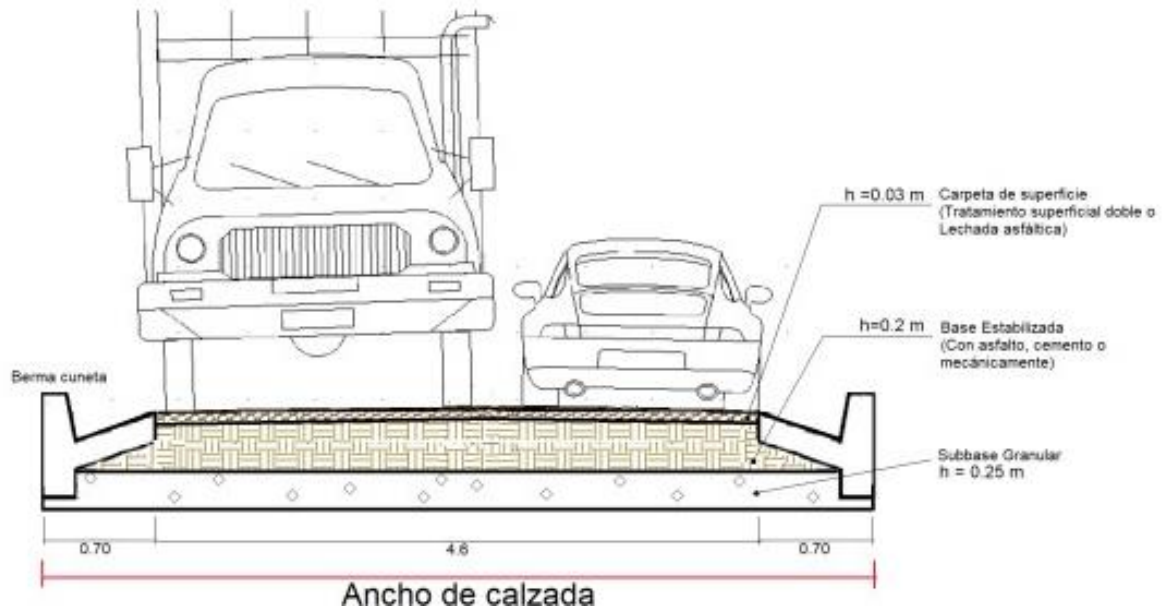


Figura 1.1.- Elementos de una sección transversal en relleno.

Fuente: [www.proyectostipo.dnp.gov.co](http://www.proyectostipo.dnp.gov.co)

Los elementos que conforman la sección transversal son los siguientes:

- Superficie de rodadura: Es la parte de la carretera la cual está destinada a la circulación de vehículos por los carriles. La calzada se divide en los carriles, cada uno de los cuales está diseñado para permitir la circulación de una fila de vehículos en un mismo sentido de tránsito.
- Ancho de calzada: Éste se determina en base al nivel de servicio deseado en el periodo de diseño. El ancho y número de carriles se determinarán mediante un análisis de capacidad y niveles de servicio.
- Ancho de carriles: Éste depende de las dimensiones de los mayores vehículos que utilizan la vía y de algunos otros factores como lo son: nivel de servicio, mínimo de ancho del carril, radio de curvatura, velocidad, esto se muestra en la figura 1.2.

**Anchos mínimos de calzada en tangente**

Clasificación	Autopista								Carretera				Carretera				Carretera					
	> 6.000				6.000 - 4001				4.000-2.001				2.000-400				< 400					
	Primera Clase				Segunda Clase				Primera Clase				Segunda Clase				Tercera Clase					
Orografía	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4		
Velocidad de diseño: 30 km/h																				6,60	6,00	6,00
40 km/h															6,60	6,60	6,60	6,60	6,60	6,60	6,00	6,00
50 km/h											7,20	7,20			7,20	6,60	6,60	6,60	6,60	6,60	6,00	
60 km/h			7,20	7,20			7,20	7,20			7,20	7,20	7,20	7,20	6,60	6,60	6,60	6,60				
70 km/h			7,20	7,20			7,20	7,20		7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	6,60			6,60				
80 km/h	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20								
90 km/h	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20										
100 km/h	7,20	7,20	7,20		7,20	7,20	7,20		7,20	7,20												
110 km/h	7,20	7,20			7,20	7,20																
120 km/h	7,20	7,20			7,20	7,20																
130 km/h	7,20	7,20																				

**Notas:**  
a) Orografía: Plano (1), Ondulado (2), Accidentado (3), y Escarpado (4)  
b) En carreteras de Tercera Clase, excepcionalmente podrán utilizarse calzadas de hasta 5,00 m, con el correspondiente sustento técnico y económico

Figura 1.2.- Anchos mínimos de calzada en tangentes

Fuente: www.scipioneddy.com

- Bermas: Es una franja paralela a la calzada, sirve de confinamiento para la capa de rodadura y se utiliza como zona de seguridad para estacionamiento de vehículos en caso de emergencia, mostrado en la figura 1.3.

**Ancho de bermas**

Clasificación	Autopista								Carretera				Carretera				Carretera						
	> 6.000				6.000 - 4001				4.000-2.001				2.000-400				< 400						
	Primera clase				Segunda clase				Primera clase				Segunda clase				Tercera Clase						
Tipo de orografía	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4			
Velocidad de diseño: 30 km/h																					0,90	0,50	0,50
40 km/h															1,20	1,20	1,20	1,20	0,90	0,50	0,50		
50 km/h											2,60	2,60			2,00	1,20	1,20	1,20	0,90	0,90			
60 km/h				3,00	3,00			2,60	2,60		2,60	2,60	2,00	2,00	1,20	1,20	1,20	1,20					
70 km/h				3,00	3,00			3,00	3,00		3,00	3,00	3,00	2,00	2,00	1,20	1,20						
80 km/h	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	2,00	2,00								
90 km/h	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00												
100 km/h	3,00	3,00	3,00		3,00	3,00	3,00		3,00	3,00													
110 km/h	3,00	3,00			3,00	3,00																	
120 km/h	3,00	3,00			3,00	3,00																	
130 km/h	3,00	3,00																					

**Notas:**  
a) Orografía: Plano (1), Ondulado (2), Accidentado (3), y Escarpado (4)  
b) Los anchos indicados en la Tabla son para la berma lateral derecha, para la berma lateral izquierda es de 1,50 m para Autopistas de Primera Clase y 1,20 m para Autopistas de Segunda Clase  
c) Para carreteras de Primera, Segunda y Tercera Clase, en casos excepcionales y con la debida justificación técnica, la Entidad Contratante podrá aprobar anchos de berma menores a los establecidos en la presente tabla, en tales casos, se preverá áreas de ensanche de la plataforma a cada lado de la carretera, destinadas al estacionamiento de vehículos en caso de emergencias, de acuerdo a lo previsto en el **Técnico 304.12**, debiendo reportar al órgano normativo del MTC.

Figura 1.3.- Ancho de bermas

Fuente: www.scipioneddy.com

- Bombeo: Es la inclinación transversal mínima que deben tener los tramos de curvas en contra peralte. Depende de la superficie de rodadura y del nivel de precipitación de la zona en la que se encuentra.

*Valores del bombeo de la calzada*

Tipo de Superficie	Bombeo (%)	
	Precipitación <500 mm/año	Precipitación >500 mm/año
Pavimento asfáltico y/o concreto Portland	2,0	2,5
Tratamiento superficial	2,5	2,5-3,0
Afirmado	3,0-3,5	3,0-4,0

Figura 1.4.- Valores de bombeo de la calzada en base a la precipitación

Fuente: [www.scipioneddy.com](http://www.scipioneddy.com)

- A) Calzada: Esta sección es diseñada para el tránsito de los vehículos y está constituida por uno o varios carriles. El ancho de calzada es el ancho de la calzada sin tomar en cuenta los acotamientos.
- B) Acotamientos: Son los carriles junto a la calzada situados entre sus orillas y los hombros del camino, estos tienen como ventaja dar seguridad al conductor de tener un espacio mayor para eludir accidentes, protección a la humedad, ofrecer una mayor visibilidad en curvas, facilita los trabajos de conservación, también mejora la apariencia del camino, el ancho de los acotamientos depende en gran medida del volumen de tránsito y el nivel de servicio.

Las cunetas son zanjas que se construyen en ambos lados de la corona, su función es recibir el agua que escurre por la corona y los taludes, normalmente son

de sección triangular con un ancho de 1 metro medido horizontalmente y las contra cunetas son zanjas de sección trapezoidal cuya función es recibir el escurrimiento superficial del terreno natural, se construyen perpendicularmente a la pendiente máxima del terreno para lograr una mejor captación del escurrimiento.

Los taludes es la inclinación de los cortes o terraplenes, se le considera un talud a la superficie que va de la línea de ceros y el fondo de la cuneta.

### **1.9.- Volumen de tránsito.**

De acuerdo con Crespo (2005), el volumen de tránsito es la cantidad de vehículos que circulan por un camino en un determinado tiempo y en un mismo sentido. Para la medición del flujo vehicular se utilizan unidades de vehículos por hora o vehículos por día.

Usualmente es utilizado el tránsito promedio diario, esto debido a que representa el uso dado a la vía, pero no puede ser empleado para determinar las características geométricas de la vía, esto porque no se muestran las variaciones en las horas, días y meses del año.

#### **1.9.1.- Tipos de tránsito.**

Según lo escrito por Crespo (2005), va a depender el tipo de camino que se tenga para ver qué tipo de tránsito va a circular por él. Para un camino donde su utilidad sea principalmente para transportar turistas se van a tener automóviles personales de pasajeros, por otra parte, en un camino, el cual sirve para trabajar en alguna mina, se utilizan vehículos de mayor carga dependiendo de las condiciones que se requieran.

El método mas común para contar los vehículos es el método automático, por medio del cual se usa un tubo de hule cerrado en un extremo y colocado de manera transversal en el camino a estudiar, esto con la finalidad de que, al momento de que pase un eje sobre el tubo, se genera un impulso de aire, el cual es enviado a un aparato eléctrico el cual cuenta cada impulso recibido. Este método no puede clasificar el tipo de vehículos que atraviesan el camino, convirtiendo esto en una desventaja para el método.

Otro método utilizado es el método manual, ya que además de realizar un conteo de los vehículos que transita la vía, también puede usarse para determinar el tipo de vehículos que pasan. La desventaja de este método es que por cada mil vehículos que transitan la vía, se debe de tener a una persona realizando anotaciones de cada uno de los vehículos.

En comparativa de ambos métodos para conteo de vehículos, resulta más fácil y barato utilizar el método automático, esto debido a la cantidad de personal que se requiere en el método manual.

### **1.9.2.- Previsión de tránsito**

En base a Mire (1987), el proyecto de un nuevo camino o el mejoramiento de los existentes no se basa en los volúmenes actuales de tránsito, sino en volúmenes de tránsito futuro, haciendo la previsión a 15 o 20 años, teniendo en cuenta los siguientes factores:

- A) Tránsito actual: Es el volumen actual de tránsito que tendría un camino nuevo o mejorado si fuera abierto a la circulación, considerando que su

uso depende del ahorro que represente para los usuarios disminuyendo costos, tiempo, longitud y riesgos.

- B) Aumento de tránsito: Se puede dividir en tres partes, una parte normal que es el aumento general del número de usuarios y vehículos, la parte generada que es cuando está constituido por los viajes de vehículos que no se harían si el camino no se hubiera construido y la parte resultante es aquella que se debe al mejoramiento de las tierras adyacentes al camino.

## **CAPÍTULO 2**

### **PAVIMENTOS**

A través de este capítulo se tratarán temas en relación con los pavimentos, abarcando desde su concepto, sus generalidades, las capas que lo conforman, los factores que lo afectan, sus tipos, etcétera.

#### **2.1.- Concepto de pavimento.**

Un pavimento es, según Olivera (2006), aquel que se puede definir como una o varias capas de materiales seleccionados adecuadamente, comprendidas entre el nivel máximo o superior que tiene la terracería y la superficie que se conoce como superficie de rodamiento, que cumple con el funcionamiento de rodamiento adecuado para la superficie de tránsito vehicular que debe de ser uniforme en su totalidad para proporcionar la estabilidad adecuada, apariencia y textura adecuados, así como la resistente al tránsito y al intemperismo, y otros factores que intervienen en la degradación de estas capas denominadas pavimento y principalmente estas capas deben de ser capaces de transmitir las cargas que se producen por el tránsito hacia la terracería.

Un pavimento tiene como propósito el otorgar una superficie de rozamiento con la resistencia necesaria a las fuerzas que son ejercidas por el tránsito y el clima.



## **2.2.- Generalidades de los pavimentos.**

A través de la evolución de los vehículos en cuanto a su apariencia y su peso, su velocidad ha sido objeto de estudio para aquellos que se encargan de diseñar los vehículos, siempre deseando incrementar la velocidad, a la par de su comodidad y su autonomía. La necesidad de que estos vehículos trabajen de la mejor manera ha ido orillando al hombre a mejorar también la superficie en la cual transiten los vehículos, mejorando así distintos aspectos de las carreteras como la superficie de curvatura, su pendiente, entre otros. Esto debido a que la demanda de vehículos era cada vez mayor y la misma evolución del automóvil, ocasionando así que también los caminos sean cada vez más sofisticados y con mejores características.

### **2.2.1.- Factor económico.**

Considerando el factor económico en la realización de un pavimento, en la terracería se emplean diversos materiales cuyas características faciliten la disminución de los espesores en las capas, debido a esto, desde las primeras fases de la construcción se utilizaron diversos suelos y rocas fragmentadas.

El factor económico es aquel que determina la superficie que tendrá la terracería, por ejemplo, en caminos con poco flujo vehicular su superficie no tendrá un costo elevado debido al tráfico que tendrá el camino. Para estas superficies se utilizan mezclas de gravas y arenas, suelos, rocas. A través de estos elementos se pueden obtener superficies de rodamiento de bajo costo, pero con la desventaja de tener un menor tiempo de vida útil.

En base a lo establecido por la Secretaría de Obras Públicas de México, las superficies de rodamiento deben de cumplir con diversas características, las cuales son:

- Deben de ser económicas.
- Deben de ser durables.
- Deben de tener una resistencia a las cargas producidas por el tráfico vehicular.
- Deben de presentar estabilidad ante el intemperismo.
- Deben de ser permeables.

Estas características cumplen con la finalidad de buscar los materiales que más convengan a la buena calidad de la obra a realizar, y es aquí donde interviene el factor económico, ya que, al utilizar diversas capas de suelos, el precio de las mismas varía y afecta a la economía de la obra.

Con respecto a la economía, existen dos intereses a tomar en cuenta en la capa de un pavimento:

- 1) La capa en la cual se reciben las cargas debe de construirse de un espesor y una calidad adecuada, con el fin de lograr que los esfuerzos que son transmitidos de la superficie a la terracería coincidan con la calidad de la capa.
- 2) En la superficie de rodamiento se utiliza una carpeta delgada, la cual es de un muy alto costo, pero de alta calidad. Entre esta capa y la terracería existen

varias capas de materiales seleccionados las cuales van disminuyendo en cuanto a su calidad dependiendo de la profundidad de las capas.

### **2.3.- Capas en los pavimentos.**

En base a lo escrito por Badillo y Rodríguez (2004), en un pavimento flexible se tienen las siguientes capas:

- a) Sub-base: Sirve de transición entre el material de base, por lo general granular más o menos grueso dependiendo de las necesidades y de la propia sub-rasante. En esta capa se trata de formar un espesor requerido del pavimento con el material más económico posible.

Se puede utilizar para absorber las deformaciones que puedan ser perjudiciales en la sub-rasante, así como también para desalojar el agua y evitar que se filtre hacia el pavimento e impedir la capilaridad en la base de agua que proviene de la terracería.

- b) Base: Existe una función de carácter económico ya que le permite reducir el espesor de la carpeta que es más costosa. La función de la base de cualquier pavimento es la de proporcionar un elemento resistente para que transmita a la sub-base y a la sub-rasante los esfuerzos producidos por el tránsito en un aforo vehicular debidamente apropiado.
- c) Carpeta: Su función es la de proporcionar una superficie de rodamiento adecuada, con textura y color convenientes y con esto reducir los efectos abrasivos del tráfico hasta donde sea posible. Debe impedir también el paso del agua al interior del pavimento.

En cuanto a los pavimentos rígidos, existen dos capas principales explicadas a continuación.

- Base: Sus funciones son análogas a las de una sub-base en un pavimento flexible y sirve también para proporcionar una superficie uniforme que sirva de apoyo a la losa y facilite su colado. Otra función es la de proteger a la losa de cambios volumétricos en la sub-rasante, que de otra manera inducirían a esfuerzos adicionales a aquella. Los efectos de bombeo y otros análogos pueden controlarse bastante bien con una base apropiada y bien generada. En este caso en especial la base no tiene ningún fin estructural, pues la losa debe de ser suficiente para soportar las cargas, en la mayoría de los casos la base no influye en el espesor de la losa en aminos.
- Losa: Las funciones de la losa en el pavimento rígido son las mismas de la carpeta en el pavimento flexible, más la función estructural de transmitir en un nivel adecuado los esfuerzos que se le apliquen en el momento y en un futuro.

#### **2.4.- Factores que afectan el diseño de los pavimentos.**

De acuerdo con lo establecido por Badillo y Rodríguez (2004), existen tres grupos de factores que afectan en forma significativa el diseño de un pavimento:

- 1) Características de los materiales que constituyen la terracería y la capa sub-rasante.

En los caminos, los componentes materiales de la terracería y la sub-rasante tienen un papel importante en el espesor necesario de un pavimento flexible, pero

son de gran importancia en un pavimento rígido. Es de suma importancia establecer las características del suelo que formará parte de la terracería y la sub-rasante. Para lograrlo se utilizan los principios y métodos de trabajo fundamentales en la Mecánica de Suelos.

En una obra vial se distinguen dos tipos de exploración y muestro, en base a lo requerido. Es importante conocer las características de los materiales necesarios para la construcción de una terracería. Para la selección de los materiales existen dos modos de obtención: préstamo lateral y préstamo por banco, en el primer modo, el material es obtenido de excavaciones poco profundas a lo largo del camino, para el segundo modo, el material es acarreado de donde se den las características de cantidad y calidad requeridas, lo que genera un costo mayor en comparación con el primer modo.

La exploración se reduce a la realización de pozos a cielo abierto cuya cantidad y profundidad sean las adecuadas para que la exploración sea realizada de manera correcta, se extraen muestras para poder clasificar el suelo y establecer su posibilidad de uso en la terracería.

En el modo de préstamo por banco se localiza el banco de manera conveniente a fin de encontrar el material óptimo. El segundo tipo de exploración consta de saber las características del terreno en el cual la obra será colocada, explorando las zonas que puedan ser fuentes de problemas.

## 2) Clima.

El factor climático que genera mayor impacto en los pavimentos es la precipitación pluvial, ya sea por su efecto directo en el pavimento o por la elevación del nivel de aguas freáticas. Para esto, el proyectista está obligado a diseñar y construir una estructura adicional de drenado de agua, además del sistema de drenaje normal indispensable en toda obra vial.

En México los climas helados no son fuente de grandes problemas en el diseño, los cambios abruptos de temperatura generan esfuerzos muy importantes en las losas de concreto.

## 3) Tránsito.

El tránsito ocasiona las cargas sobre las cuales, el pavimento estará sometido. Es importante conocer esas cargas, la presión de las llantas, su área de contacto, las velocidades de las cargas, entre otros.

La determinación de estas cargas es muy difícil en un laboratorio de investigación, por lo que el estudio de los pavimentos es muy práctico, ya que en muy pocos casos es posible aplicar las teorías de manera exitosa.

### **2.5.- Pavimentos rígidos.**

Un pavimento rígido es aquel que está constituido por una losa de concreto, apoyada en una sub-base hecha de grava, esta capa descansa en una capa de suelo.

La losa de concreto cuenta con un apoyo estable y uniforme para evitar que se quede sin soporte. Lograr el apoyo estable y las capas necesarias depende de la calidad de los materiales a utilizar, de la compactación y de factores como el clima y el drenaje local.



Figura 2.1.- Pavimento rígido.

Fuente: [www.arkiplus.com/pavimento-rigido](http://www.arkiplus.com/pavimento-rigido)

Usualmente se utilizan concretos de resistencia entre 200 y 400 kg/cm<sup>2</sup>., ya sea de concreto simple, reforzado o pre-esforzado. El espesor de la losa depende principalmente de la carga que debe soportar, el módulo de reacción del suelo en el que se apoya y la presión de inflado de las llantas.

El módulo de reacción del suelo es el parámetro en el que la calidad del suelo tiene influencia sobre el diseño de la losa de concreto, influye relativamente poco

en el espesor de la losa de concreto, lo que provoca un poco o nula atención a la calidad de los materiales que se utilizan en la sub-base.

## **2.6.- Losas de concreto hidráulico.**

De acuerdo con Olivera (2006), la parte superior de cualquier pavimento rígido son las losas de concreto hidráulico que son construidas sobre la sub-base y proporcionan la superficie de rodamiento. El concreto hidráulico es una mezcla homogénea entre cemento, agua, arena y grava en proporción para lograr resistencia y densidad óptimas. Las arenas y gravas deben de cumplir con las propiedades que son: Granulometría, sanidad, dureza, forma de la partícula y plasticidad.

Para cumplir con la plasticidad, las arenas y gravas deben de tener un índice plástico y ser materiales inertes. Para lograr la dureza deben de cumplir con las normas de desgaste e intemperismo acelerado. Para lograr la forma de la partícula es preferible que tengan un alto valor de fricción para lograr una mejor adherencia de los materiales.

## **2.7.- Juntas en pavimentos rígidos**

Según Olivera (2006), en los pavimentos rígidos existen diferentes juntas las cuales sirven para unir los elementos de concreto hidráulico. Entre estas juntas se encuentran:

- 1) Juntas de contracción: Son necesarias para que el agrietamiento de un pavimento rígido no sea de manera irregular, sino de la forma perpendicular al eje colado y asegurar el trabajo en conjunto de las losas



a distancias predeterminadas. De acuerdo al tipo de juntas de contracción que se utilicen, se pueden utilizar de tres tipos:

A) De concreto simple.

B) De concreto con pasa juntas de sujeción

C) De concreto armado

- 2) Juntas de dilatación: Para evitar que cuando las losas de concretos lleguen a su punto de dilatación, se tengan fuertes esfuerzos de compresión al chocar con algún obstáculo

## **2.8.- Pavimento flexible.**

Con base en lo escrito por Rondón Quintana (2015), se define como una estructura vial conformada por una capa asfáltica apoyada sobre capas de menor rigidez.

Un pavimento flexible consta de una capa llamada carpeta, la cual generalmente queda apoyada sobre dos capas llamadas base y sub base (mostrado en las figuras 2.2 y 2.3), dependiendo de los requisitos del diseño que se tengan. La carpeta está formada por material asfáltico.

Un pavimento flexible, a diferencia de un pavimento rígido, cuenta con menos rigidez, por lo tanto tiene mayor deformación en la superficie de rodadura y ocurren mayor cantidad de tensiones en la Subrasante.

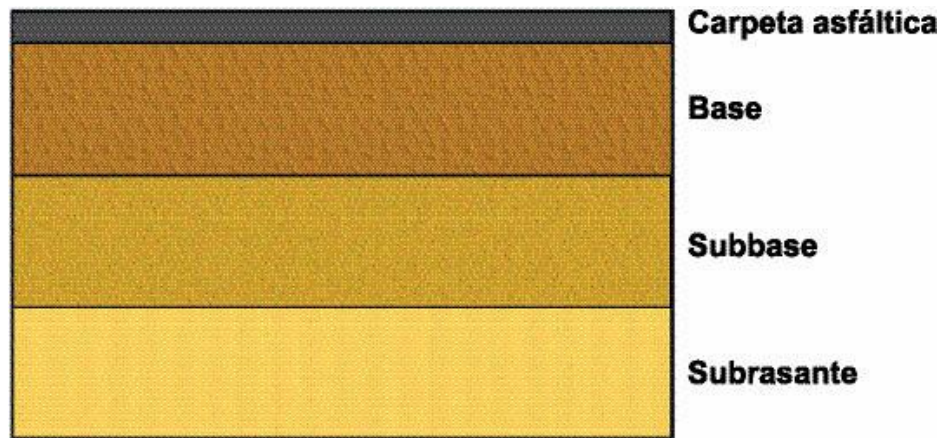


Figura 2.2.- Capas de un pavimento flexible.

Fuente: <https://ingenieriareal.com>

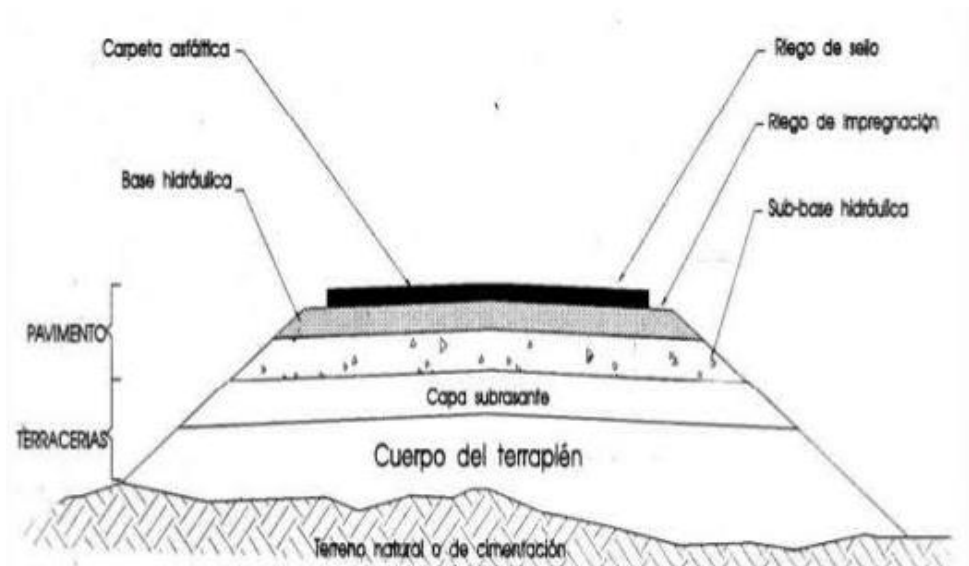


Figura 2.3.- Capas de un pavimento.

Fuente: <https://es.slideshare.net>

### 2.8.1.- Carpeta asfáltica.

Es una capa de material asfáltico, el cual está conformado de material visco elástico de coloración negra, está constituido principalmente por asfaltenos y resinas, elementos que proporcionan características de consistencia, ductilidad y

aglutinación, cuenta con propiedades cementantes bajo temperaturas ambientales normales.

Con relación a la normativa N.CMT.4.05.001/06 de la secretaría de Caminos y transportes SCT, se utilizó un asfalto PG 64-22 o AC-20, dicho asfalto cumple con las especificaciones de la normativa con base a la zona 3 donde se encuentra el lugar del estudio.

La carpeta asfáltica cumple con diversas funciones como las que se encuentran:

- Funcional: Su diseño y construcción debe ser tal que logre recibir de manera eficaz las cargas que atraviesan su estructura y también debe permitir una cómoda circulación de vehículos.
- Estructural: Su diseño debe de ser resistente a todos los fenómenos de fatiga que puedan ocurrir durante su tiempo de vida útil (temperatura, falla estructural, agrietamiento, etc.), también debe resistir la acumulación de deformaciones debidas a las cargas por los vehículos que transitan el pavimento, y también el clima en el que se encuentran.
- Impermeabilización: Debe de impedir el paso del agua a través de las capas subyacentes, esto con la finalidad de poder restringir la pérdida de la resistencia al corte en la base y la sub base.

Algunos de los inconvenientes de los pavimentos flexibles es que no se tiene un diseño en concreto o preciso del mismo, esto debido a diversos factores que no se

pueden calcular, un factor es que no se puede calcular la distribución de esfuerzos para disminuir las deformaciones ocurridas en el pavimento.

Otro factor a tener en cuenta es el peso real de los vehículos y la cantidad real que transitarán durante el tiempo de vida del pavimento, por lo que solo se tiene un aproximado de diseño.

### **2.8.2.- Requisitos de un pavimento flexible.**

Con base a lo escrito por Guerrero (1976), un pavimento debe cumplir con diversos requisitos, que se muestran a continuación:

- Deformabilidad: Un pavimento presentará fallas si cuenta con deformaciones muy grandes, lo cual trae como consecuencia inseguridad e incomodidad vial.
- Durabilidad: Este requisito depende de la frecuencia con la que se sucedan o no pérdidas, las cuales son generadas al momento de obstruir el paso a los vehículos dentro del tramo, con el fin de la reconstrucción del mismo. Este tipo de pérdida afecta en diversos sectores de una población, tales como el sector industrial, medios de transporte, comunicación, turismo, entre otros.
- Resistencia estructural: Un pavimento tiene como principal objetivo resistir las cargas producidas por vehículos en su tiempo de vida, lo que genera esfuerzos normales y cortantes a lo largo de todo el pavimento. Dichos esfuerzos varían en base a la aceleración y el frenado, lo que a su vez ocasiona que se presenten cargas verticales al momento de flexionar la estructura.

- Económico: Este aspecto se encarga de analizar las opciones disponibles para lograr el objetivo, considerando la mejor opción económica a largo plazo.

## CAPÍTULO 3

### RESUMEN DE MACRO Y MICRO LOCALIZACIÓN

En el presente capítulo se tratará la ubicación de la carretera a analizar, entorno geográfico, sus aspectos en general, así como las características físicas y las condiciones actuales del lugar.

#### **3.1.- Generalidades.**

La presente investigación se realiza para la revisión de un tramo carretero ubicado de la ciudad de Uruapan a la localidad de San Marcos del Km 0+000 al Km 1+900, tomando en cuenta las normativas.

La localidad de San Marcos se localiza en el Estado de Michoacán, el cual se encuentra, de acuerdo con la página [www.eumed.net](http://www.eumed.net), en la parte centro-oeste de la República Mexicana, entre las coordenadas 20° 23' 27" y 17° 53' 50" de latitud norte y entre 100° 03' 32" y 103° 44' 49" de longitud oeste del meridiano de Greenwich. Limita al norte con los Estados de Jalisco y Guanajuato, al noroeste con el Estado de Querétaro, al este con los Estados de México y Guerrero, al oeste con el Océano Pacífico y el Estado de Guerrero.

Michoacán cuenta con una superficie de 59 864 kilómetros cuadrados, ocupando así el décimo sexto lugar nacional, que representa el 3.04% de la extensión del territorio nacional. El Estado cuenta también con 213 kilómetros de litoral y 1490 kilómetros cuadrados de aguas marítimas.

El estado de Michoacán está situado entre dos regiones fisiográficas: el eje neo volcánico al norte y la Sierra Madre del sur por el sureste. La Sierra Madre del sur

cruza el Estado abarcando aproximadamente 200 kilómetros. En el eje neovolcánico se localiza la Sierra Tarasca, en la que se encuentran diversos conos volcánicos, tales como el Cerro Zirate, los volcanes de Zacapu, el Parícutín y el Tancítaro.

### **3.2.- Objetivo.**

El propósito principal de la presente tesis es la revisión geométrica de un tramo carretero ya construido, que éste cumpla con las condiciones ideales de servicio y también que cumpla con una adecuada funcionalidad, otro de los objetivos de la tesis es la propuesta de un diseño que considere todos los factores teóricos que afectan la estructura de la actual carretera.

### **3.3.- Resumen ejecutivo.**

La investigación se realiza para la revisión de un tramo carretero ubicado en la carretera de Uruapan a San Marcos, en esta investigación se realizó el levantamiento topográfico y el análisis de tráfico, lo que ayudará a considerar la carga para la que está diseñada la actual carretera.

Uno de los aspectos de gran importancia para considerar es la normativa de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, a través de ésta se especifican los parámetros de calidad y las características de los materiales requeridos para el diseño de la carretera.

### 3.4.- Entorno geográfico.

La República Mexicana se encuentra en el continente americano en la parte del hemisferio norte; una parte de su territorio se encuentra en los límites de América del norte y el resto en América central (figura 3.1).

De acuerdo con [www.inegi.org.mx](http://www.inegi.org.mx), México se extiende entre los paralelos  $14^{\circ} 32' 27''$  en la desembocadura del río Suchiate y el paralelo  $32^{\circ} 43' 06''$  que pasa por el río Gila con el Colorado; a su vez está comprendido entre las longitudes oeste de Greenwich de  $118^{\circ} 22' 00''$  y  $86^{\circ} 42' 36''$  respectivamente.

Actualmente el país cuenta con 1.9 millones de kilómetros cuadrados de superficie continental, 5127 kilómetros cuadrados de superficie insular y 3.1 millones de kilómetros cuadrados de zona económica exclusiva, contando en total con más de cinco millones de kilómetros cuadrados de extensión territorial, limitando al norte con Estados Unidos y al Sur con Guatemala y Belice (América Central).

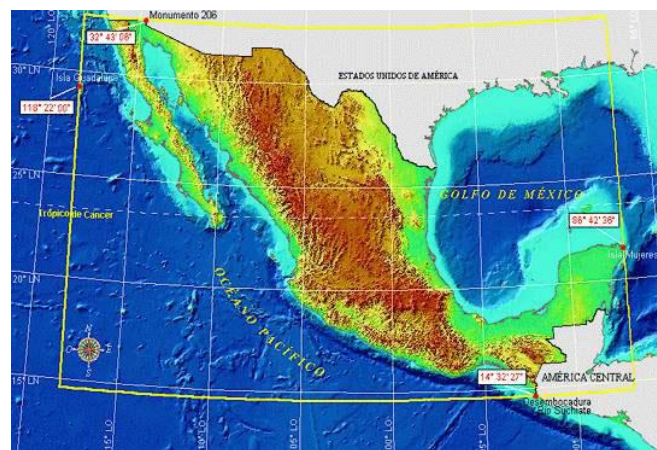


Figura 3.1.- Mapa de la República Mexicana con su limitación territorial.

Fuente: [www.inegi.org.mx](http://www.inegi.org.mx)



El estado de Michoacán se localiza, en base a lo consultado en [siglo.inafed.gob.mx](http://siglo.inafed.gob.mx), en la zona centro - oeste de la República Mexicana, limita al norte con los estados de Jalisco y Guanajuato, al noroeste con el estado de Querétaro, limita al este con los estados de México y Guerrero, al oeste con el océano Pacífico y parte de los estados de Colima y Jalisco, al sur con el océano Pacífico y el estado de Guerrero, esto mostrado en la figura 3.2.

Por su extensión territorial ocupa el décimo sexto lugar nacional, con una superficie de 58,836.95 kilómetros cuadrados, que representa el 3.04 % de la extensión del territorio nacional. La entidad cuenta con 213 km. de litoral y 1,490 km. cuadrados de aguas marítimas.

El estado presenta una red fluvial de considerable, debido a que tiene como arterias principales a dos grandes ríos del país, el Lerma y el Balsas; por otra parte los ríos de la región de Arteaga y Coalcomán no tienen ninguno principal, pues desembocan directamente en el Océano Pacífico y por último la pequeña red interna representada por los Lagos de Cuitzeo, Pátzcuaro y Zirahuén.

Tres grandes sistemas hidrográficos denominados por su posición geográfica del Norte, Centro y Sur, además del sistema fluvial costanero, son los que se encuentran en la entidad.

Cuenca del Lerma, incluye al importante río Lerma que nace en el Estado de México, atravesando el territorio michoacano en su porción nororiental, con una dirección de noreste a suroeste; en esta parte se encuentra la Presa Tepuxtepec con una capacidad de 371 millones de metros cúbicos.

Los afluentes del Lerma se localizan abajo de dicha presa, siendo los principales los ríos Tlalpujahuá, Cachiví y Duero, este último considerado como el tributario más importante en la margen izquierda del Lerma, y sus afluentes desembocan finalmente en el Lago de Chapala en su extremo noreste.

Al estado de Michoacán lo conforman dos grandes regiones montañosas o provincias fisiográficas, dichas regiones son conocidas como: La Sierra Madre del Sur y el Sistema Volcánico Transversal y Valles Intermontañosos (Cordillera Neovolcánica o Tarasco - Náhuatl).

La Sierra Madre del Sur cruza al Estado en aproximadamente 200 kilómetros en la zona Suroeste (entre los municipios de Chinicuila y Arteaga). Se le considera como la continuación de la Sierra Madre Occidental y de otras Sierras de América del Norte (Sierra Nevada, Montañas Rocallosas). Presenta una dirección de Noroeste a Sureste, extendiéndose a lo largo de la costa del océano Pacífico y muy próxima a él: tiene una anchura de casi 100 km., una altitud más o menos constante en sus partes altas de más de 2,900 m. y una superficie de 13,126.5 km<sup>2</sup>.

En lo correspondiente a los principales tipos de vegetación que existen en el estado, se localizan bosques de coníferas en las principales sierras del estado, entre los 2,600 y 3,500 m de altitud; el bosque mixto, constituido por pinos y encinos, localizados entre los 1,000 y 2,600 m, siendo la vegetación predominante en parte del territorio de 62 municipios de la Entidad.



Figura 3.2.- Ubicación del estado de Michoacán y sus colindancias.

Fuente: siglo.inafed.gob.mx

La ciudad de Uruapan, Michoacán, de acuerdo en <http://www.inafed.gob.mx> se localiza al oeste del Estado, en las coordenadas 19°25' de latitud norte y 102°03' de longitud oeste, a una altura de 1, 620 metros sobre el nivel del mar. Limita al norte con Charapan, Paracho y Nahuatzen, al este con Tingambato, Ziracuaretiro y Taretan, al sur con Gabriel Zamora, y al oeste con Nuevo Parangaricutiro, Peribán y Los Reyes. Su distancia a la capital del Estado es de 120 km.

Uruapan fue un pueblo prehispánico habitado principalmente por tarascos. Se han localizado abundantes restos arqueológicos que no han sido estudiados, con excepción del Lienzo de Jucutacato, que se encontró en la comunidad de Jicalán y que es el documento más antiguo para el estudio de la historia de Michoacán.

El 25 de agosto de 1524 fue entregado en encomienda a Don Francisco de Villegas. Posteriormente fue evangelizado por los franciscanos, considerándose a Fray Juan de San Miguel, fundador de la ciudad, por su obra urbanística iniciada en 1534. En 1540 se establece como República de Indios.

Su altitud se encuentra en su mayoría de los 1,500 a 2,500 msnm. Su clima predominante es el templado al centro y norte volviéndose más cálido hacia el sur.

Su precipitación va de los 1000 a 2000mm anuales, aumentando de los alrededores hacia la parte más alta. Sus vías principales se concentran al centro y norte con la capital del estado, en la siguiente figura se puede apreciar el mapa climatológico de Michoacán, del que se destaca el clima templado y semicálido (figura 3.3).

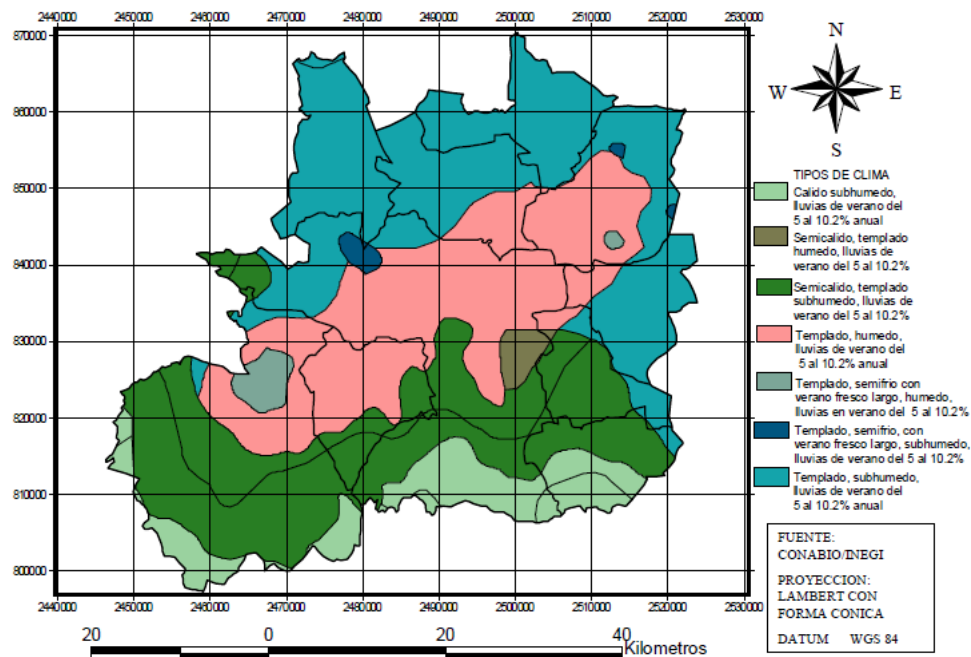


Figura 3.3.- Mapa climatológico del estado de Michoacán.

Fuente: CONABIO/ INEGI

Su relieve está conformado por el sistema volcánico transversal, y los cerros de Charanda, la Cruz, Jicalán y Magdalena. Su hidrografía se constituye por el río Cupatitzio, las presa Caltzontzin, Salto Escondido y Cupatitzio y la cascada conocida como La Tzaráracua. Su clima es templado y tropical con lluvias en verano. En el municipio domina el bosque mixto, con pino y encino, y el bosque tropical deciduo, con parota, guaje, cascalote y cirrián. Su fauna se conforma principalmente por coyote, zorrillo, venado, zorra, cacomixtle, liebre, tlacuache, conejo, pato, entre otros.

Los suelos del municipio datan de los periodos cenozoico, terciario, cuaternario y eoceno, corresponden principalmente a los del tipo podzólico. Su uso es primordialmente forestal y en menor proporción agrícola y ganadero. En la figura 3.4 se puede apreciar la ubicación de la ciudad de Uruapan, la cual está resaltada por el color amarillo en el mapa.



Figura 3.4.- Ubicación de la ciudad de Uruapan.  
Fuente: siglo.inafed.gob.mx

### 3.5.- Macro y Micro localización.

La ubicación geográfica del tramo a analizar está posicionada en las coordenadas 19° 21' 39.54" de latitud norte y 102° 01' 6.89" de latitud oeste, el tramo destinado para la presente tesis es de 1900 metros, en la figura 3.5 se muestra la ubicación del tramo objetivo de estudio.



Figura 3.5.- Ubicación del tramo carretero seleccionado

Fuente: Google Earth

### 3.6.- Hidrografía y clima.

Con base en <http://www.inafed.gob.mx>, su hidrografía se constituye por el río Cupatitzio, las presa Caltzontzin, Salto Escondido y Cupatitzio y la cascada conocida como La Tzaráracua. El clima se considera templado y tropical con lluvias en verano y cuenta con una temperatura que llegan a ser desde los 12°C a 24°C.

### **3.7.- Actividades de la región.**

Las principales actividades de la ciudad de Uruapan y de la región son la agricultura y el comercio, teniendo como principal el fruto del aguacate, aquí es donde podemos mencionar el conocido apodo que adoptó este fruto, el cual es el “oro verde”, debido a su riqueza en minerales, sabor, olor y color. El resto del municipio está rodeado por zona boscosa, en las zonas más elevadas de este se pueden encontrar pinos y encinos.

### **3.8.- Reporte fotográfico.**

En la figura 3.6 se puede observar el tramo donde se iniciará la revisión, en dicho tramo ya existe una carretera pero con la realización de esta tesis se quiere analizar si el tramo se encuentra en óptimas condiciones de uso y así dar respuesta a la problemática que existe.



Figura 3.6.- Inicio del tramo carretero a analizar.

Fuente propia

Continuando y visualizando en la figura 3.7 es posible apreciar que la barrera de seguridad presenta daños ocasionados por algún accidente ocurrido.



Imagen 3.7.- Barreras de seguridad dañadas a causa de accidente.

Fuente propia

De la misma manera, en la figura 3.8 se pueden apreciar con más claridad los daños en la barrera de seguridad.





Figura 3.8.- Barreras de seguridad dañadas a causa de accidente.

Fuente propia

En la figura 3.9 es posible apreciar daños más notorios en las barreras de seguridad colocadas, en esta ocasión en una curva situada dentro del presente tramo carretero.



Figura 3.9.- Daños considerables en las barreras de seguridad.

Fuente propia

Prosiguiendo, podemos apreciar gracias a la figura 3.10.- que la carretera presenta agrietamiento de tipo mapa en sus carriles, surgidas debido a un posible envejecimiento de la carretera, así como también un posible espesor escaso de la capa asfáltica.



Figura 3.10.- Agrietamiento de tipo mapa en la carretera.

Fuente propia



Figura 3.11.- Deslave en la carretera.

Fuente propia

En la anterior imagen (3.11) pudimos apreciar que la carretera presenta signos de deslave en los materiales de las orillas del camino, esto puede ocasionarle algún accidente a los vehículos que transitan la carretera.



Figura 3.12.- Tipo de tránsito de la carretera.

Fuente propia



Figura 3.13.- Tipo de tránsito de la carretera.

Fuente propia

En las imágenes 3.12, 3.13 y 3.14 es posible apreciar una muestra del tipo de vehículos que transitan la carretera, cabe mencionar que esto se tratará más adelante en el apartado de aforo vehicular, en el cual se presentará el tipo de vehículo predominante en la carretera en cuestión.



Figura 3.14.- Tipo de tránsito de la carretera.

Fuente propia

### **3.9.- Alternativas de solución.**

Para la realización de la presente tesis se consideraron distintas opciones como solución a la problemática, entre las que se encuentra una nueva sección de carretera, modificando así el terreno, otra alternativa considerada fue modificar el radio de curvatura en las curvas, pero se optó por la revisión del estado actual de la carretera con el fin de encontrar las áreas de oportunidad de la misma y así realizar las modificaciones pertinentes en cada sección que lo requiera, consiguiendo de esta manera una economización de recursos.

También se reforzará en materia de seguridad, dentro de la propuesta del nuevo tramo carretero se incluirá un fortalecimiento y un incremento en las medidas de seguridad consideradas en el diseño del tramo carretero.

Una carretera es toda vía de transporte construida con el fin de la circulación de vehículos automotores y está distinguida por tener un solo camino. A su vez están divididas en dos categorías; Autopistas, que son aquellas carreteras que son proyectadas, construidas y señalizadas como tales, teniendo en consideración distintos aspectos. Y las Autovías, que son carreteras que no reúnen las consideraciones de las autopistas y cuentan con accesos a las propiedades colindantes.

## **CAPÍTULO 4**

### **METODOLOGÍA**

La investigación es un conjunto de procesos sistemáticos, críticos y empíricos que se aplican al estudio de un fenómeno. A lo largo de éste capítulo se observará el método empleado, el enfoque de la tesis, el diseño de la investigación, y los instrumentos para la recopilación de datos.

#### **4.1.- Método empleado.**

Para la realización de esta tesis se utilizó el método científico, el cual se definirá a continuación.

El método histórico-crítico, el cual inicia a partir de un grupo de enseñanzas, determinando al estudio retrospectivo que lo ha hecho posible. Le interesa una doctrina, pero en las causas que la hicieron posible; su interés está más en el desarrollo histórico que en los aspectos formales. Lo primordial es determinar la forma como procedieron los inventores de principios o la forma como llegaron a preparar un descubrimiento. Procura reconstruir los pasos que dieron los investigadores para llegar a postular determinada doctrina o teoría. Se hace importante saber determinar las experiencias a las que ellos acudieron, la forma como interpretaron los hechos, y solamente es posible acudiendo a la historia. Este método ha sido vigorizado con los aportes de Pierre Duhem, Gastón Milhaud, Pierre Reymond, Alexandre Koyré, Gastón Bachelard, y ha sido empleado en todos los campos, especialmente en matemáticas y biología.

El método psicogenético pretende valerse de los aportes de la psicología. Como la epistemología trata de las relaciones de conocimiento entre el sujeto y los

objetos, lógico es que se presenten problemas de validez formal y problemas de orden fáctico relativos al sujeto. Se sabe que el objeto es conocido gracias a la experiencia, pero esa experiencia siempre es la de un sujeto. De aquí que los servicios que la psicología puede prestar a la epistemología se basan, ante todo, en el análisis genético del desarrollo de pensamiento humano, mostrando en qué forma van progresando nuestros conocimientos en cada una de las etapas del desarrollo por las que atraviesa el individuo: desde la infancia hasta la edad adulta.

En el fondo, estos métodos plantean la siguiente situación: la ciencia puede estudiar su estructura actual desde un punto de vista estático (sincrónico), o por el contrario atiende a su formación y desarrollo, y en este caso sería evolutiva. La epistemología genética, por su parte, se relaciona con el método histórico-crítico, ya que busca una explicación causal de las estructuras intelectuales del niño a través de su proceso de formación.

La ciencia y la epistemología ponen de manifiesto el método científico, hasta no poder hablar de investigación sin tener que hablar de método científico. Se puede decir que entre la investigación científica y el conocimiento científico se encuentra el método científico, el cual asegura la investigación y el conocimiento.

El método científico es un procedimiento para descubrir las condiciones en que se presentan sucesos específicos, caracterizado generalmente por ser tentativo, verificable, de razonamiento riguroso y observación empírica.

El método científico es la aplicación de la lógica a la observación de los hechos. Es una agrupación de pasos a través de los cuales se plantean problemas



de carácter científico y se pone a prueba la hipótesis y los instrumentos de trabajo de investigación.

La parte fundamental de este método es el determinar el proceso realizado para demostrar que lo que se enuncia sea de esa manera, puesto que todas las ciencias requieren de un método especial para ellas, según sea lo que se necesite estudiar.

El punto de partida del método científico está en la realidad de la interpretación objetiva, lo que nos permite formular los problemas de investigación los cuales no pueden presentarse de manera general, sino que es necesario establecer un límite y especificarlo, con el fin de darles un adecuado tratamiento.

El método científico elimina cada procedimiento que intenta manipular la realidad de una forma egoísta o caprichosa, tratando de imponer creencias, o deseos que no se ajustan a los problemas que se presentan.

Refiere Tamayo (2010), una hipótesis es una proposición que puede ser puesta a prueba para determinar su validez. Siempre lleva a un prueba empírica; es una pregunta formulada de tal modo que se puede prever una respuesta de alguna especie.

Menciona el autor antes citado, una hipótesis tiene las siguientes características:

- Tienen que ser conceptualmente claras. Los conceptos deben estar claramente definidos, si es posible operacionalmente.

- Las hipótesis deben tener referentes empíricos. Ninguna hipótesis utilizable debe llevar a juicios morales.
- Las hipótesis tienen que ser específicas. Todas las operaciones y predicciones deben estar bien expresadas, en una forma específica y no general.
- Las hipótesis deben estar relacionadas con técnicas disponibles. El teórico debe conocer cuáles son las técnicas disponibles para someter su hipótesis a prueba.

En base a lo escrito por el autor antes mencionado, en el método científico se conjugan la inducción y la deducción, es decir, se da el pensamiento reflexivo. En el proceso del pensar reflexivo se dan cinco etapas para resolver un problema.

- Percepción de una dificultad. El individuo encuentra algún problema que le preocupa, y se halla sin los medios para llegar al fin deseado, con dificultad para determinar el carácter de un objeto o no puede explicar un acontecimiento inesperado.
- Identificación y definición de la dificultad. El individuo efectúa observaciones que le permiten definir su dificultad con mayor precisión.
- Soluciones propuestas para el problema: hipótesis. A partir del estudio de los hechos, el individuo formula conjeturas acerca de las posibles soluciones del problema, esto es, formula hipótesis.
- Deducción de las consecuencias de las soluciones propuestas. El individuo llega a la conclusión de que si cada hipótesis es verdadera, le seguirán ciertas consecuencias.

- Verificación de las hipótesis mediante la acción. El individuo pone a prueba cada una de las hipótesis, buscando hechos observables que permitan confirmar si las consecuencias que deberían seguir se producen o no. Con este procedimiento se puede determinar cual de las hipótesis concuerda con los hechos observables, y así hallar la solución más confiable para su problema.

Partiendo de lo señalado por Tamayo (2010), se tienen las siguientes características del método científico.

- Es fáctico. En cuanto se ciñe a los hechos, es decir, se tiene una referencia empírica.
- Trasciende los hechos. Los científicos expresen la realidad, para ir más allá de las apariencias.
- Verificación empírica. Se vale de la verificación empírica para formular respuesta a los problemas planteados y para apoyar sus propias afirmaciones.
- Autocorrectivo. Esta permanente confrontación hace que el método científico sea además autocorrectivo y progresivo; autocorrectivo en cuanto va rechazando o ajustando las propias conclusiones; es progresivo, ya que al no tomar sus conclusiones como infalibles y finales, está abierto a nuevos aportes y a la utilización de nuevos procedimientos y nuevas técnicas.

- Formulaciones de tipo general. La cosa en particular o el hecho singular interesa en la medida en que éste es un miembro de una clase o caso de una ley; más aún, presupone que todo hecho es clasificable o legal.
- Es objetivo. La objetividad no solo es lograr el objetivo tal como es, sino evitar la distorsión del sujeto que lo conoce mediante las circunstancias concretas. Un hecho es un dato real y objetivo.

#### **4.2.- Método matemático.**

El método matemático consiste en una secuencia de procedimientos para el manejo de los datos cualitativos y cuantitativos de la investigación. El método matemático puede ser utilizado en cualquier investigación que requiera constantes, variedad de hipótesis, diversidad de comprobaciones y estas se tomen en cuenta para afirmar o negar algo.

Para la realización de ésta tesis se utilizó el método matemático debido a que se manejaron datos cuantitativos en la investigación.

#### **4.3.- Enfoque de la investigación.**

Esta investigación tuvo como enfoque el método cuantitativo, dicho método consiste en recolectar y analizar datos con el objetivo de contestar las preguntas planteadas en la investigación y probar las hipótesis establecidas previamente. El enfoque matemático está enfocado en la medición numérica, el conteo y el uso de la estadística para establecer patrones de comportamiento para medir una población.

#### **4.3.1.- Alcance de la investigación.**

Basándose en lo descrito por Hernández y colaboradores (2003), dichos autores han clasificado la metodología de la investigación en tres tipos distintos: estudios exploratorios, descriptivos y explicativos. Sin embargo, en la actualidad son divididos en: exploratorios, descriptivos y correlacionales.

El alcance descriptivo tiene como finalidad especificar las propiedades, características y también los perfiles de personas, grupos y comunidades que se sometan a análisis, esto es de gran importancia debido a que gracias al uso de estos enfoques es más sencillo llegar a los objetivos de la investigación.

La presente investigación es de tipo descriptiva, debido a que pretende medir, recolectar y analizar información de forma independiente a través de cálculos y bases de datos, con el objetivo de llegar al objetivo que es la obtención de conceptos y las variables en la elaboración de una carretera.

#### **4.4.- Tipo de diseño de la investigación.**

Tomando en base a lo citado por Hernández y colaboradores (2003), define el diseño de la investigación como el plan o estrategia que se utilizará con el fin de obtener toda la información necesaria para una buena investigación. Existen tres tipos de diseños: experimentales, no experimentales y cuasiexperimentales

El diseño de investigación no experimental .se define como aquella investigación realizada sin la manipulación de las variables independientes de forma intencional, ya que si son manipuladas las variables, los datos obtenidos no serían exactos y la prueba deberá realizarse de nuevo.

#### **4.4.1.- Investigación transeccional.**

Este tipo de investigación se centra en recolectar datos en un solo momento, tienen como objetivo describir las variables y analizar su incidencia en un momento dado, esto quiere decir que captura el momento de lo que está sucediendo, esto hace que sea más fácil la recopilación de datos y así poderlos llevar a los cálculos y lograr una investigación correcta.

#### **4.5.- Instrumentos de recopilación de datos.**

A continuación se describirán los instrumentos utilizados para la recopilación de datos y la elaboración del proyecto:

- AutoCAD: Es un programa de dibujo por computadora para dos y tres dimensiones, a través del programa se pueden crear dibujos o planos genéricos, documentar proyectos de ingeniería, arquitectura, mapas o sistemas de información geográfica. Es un programa cuyo propósito principal es la creación de sketches paramétricos, maneja también una librería de símbolos de diferentes temas como arquitectónico, mecánico e industrial.
- Estación total: Es un aparato utilizado para la topografía su funcionamiento está basado en la tecnología electrónica. A través de la estación total se puede obtener una precisión láser en distancias y una precisión digital en los ángulos, a partir de ambas variables se calculan y almacenan las coordenadas geográficas de cada punto observado, eliminando así la realización de cálculos complejos para digitalizar el levantamiento en un software.

#### **4.6.- Descripción del proceso de investigación.**

Para la realización de la siguiente investigación fue necesario llevar a cabo un plan de obra, así como también una serie de pasos con el fin de lograr una correcta investigación.

Se eligió el tema de revisión de tramo carretero, esto para conocer las causas de los distintos accidentes ocurridos en la zona de investigación, y poder plantear una alternativa para reducir los accidentes, minimizar los daños y salvaguardar la vida de las personas que transitan esa carretera.

Se investigaron los antecedentes de dicho tema, con el fin de generar una pregunta de investigación y de esa manera justificar la importancia de dar solución a esa problemática.

Posterior a eso se acudió al tramo para identificar la macro y micro localización, a su vez que se hizo un levantamiento topográfico del lugar, con el cual se sacaron niveles, longitud del tramo, etcétera, también se tomaron fotografías del lugar para la representación del problema. Se realizaron los cálculos necesarios de una manera ordenada considerando los datos obtenidos del levantamiento.

Al obtener el levantamiento topográfico se vaciaron los datos utilizando el programa de ingeniería civil AutoCAD, el cual tiene una gran eficiencia debido a que sirve para un diseño asistido por computadora, así como los programas provenientes de la familia Microsoft office llamados Word y Excel.

Para la realización de los cálculos se tomaron en cuenta las siguientes consideraciones:

- Vida útil de servicio de 20 años.
- Tasa de crecimiento del 1.5% anual.
- Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA) de 422 vehículos.
- Camino tipo D de dos carriles.

Durante la revisión se observarán que los espesores de la base, sub base y sub rasante cumplan con la normativa establecida por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT). También se aplicaron estudios de mecánica de suelos sobre el terreno del lugar y se obtuvieron dos datos de Valor Relativo de Soporte (VRS), el primero correspondiente a material seco con un valor de 61.06% y el segundo con material saturado con un valor de 74.75%. Se debe considerar el más desfavorable, por lo tanto se considerarán los cálculos de VRS de 61.06%.

Se consideró un nivel de confianza basado en la AASHTO (1993), el cual es de 80% para el tipo de carretera revisada.



## **CAPÍTULO 5**

### **CÁLCULO, ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.**

En el presente capítulo se mostrarán los procedimientos necesarios para la revisión del tramo carretero ubicado en la carretera Uruapan – San Marcos del Km 0+000 al Km 1+900, así como la propuesta de un diseño que cumpla con los requisitos necesarios para realizar un trabajo eficiente.

#### **5.1.- Aforo vehicular.**

En base a lo escrito por Crespo (1996), el un volumen de tránsito es la cantidad de vehículos de motor que transitan por un camino en determinado tiempo y en un determinado sentido, esto se mide en unidades de vehículos por día y también en vehículos por hora. El promedio de los volúmenes de tránsito circulados durante 24 horas en un periodo determinado se conoce como tránsito promedio diario (T.P.D.).

Dependiendo de la cantidad de vehículos que transitan o van a transitar por el camino es como se determinará el tipo de camino a utilizar. De esta manera se puede ejemplificar que para un camino que conduzca hacia algún banco de material será transitado por vehículos de carga mayor o que viajan con gran tonelaje.

A continuación se describirán dos métodos eficientes para conocer el tránsito vehicular de una carretera:

- El primer método consiste en realizar una serie de conteos de manera horaria, esto con el fin de conocer el volumen del tránsito y su tipo, éste

método no representa ninguna dificultad puesto que solamente es requerida la observación en distintos horarios.

- El segundo método es mayormente utilizado, es un método automático cuyo funcionamiento consiste en colocar un tubo de hule cerrado de un extremo por una membrana, el tubo se coloca de manera transversal en la vía y cada vez que un vehículo pasa sobre el eje, este produce un impulso de aire a lo largo del tubo que desemboca en un aparato que va sumando el número de impulsos recibidos. Este tipo de aparatos tienen una clara desventaja ante el método antes mencionado, puesto que los aparatos no pueden clasificar los vehículos por tipos a comparación del método manual.

En la presente investigación se presentará un análisis de aforo vehicular en el cual se indican el tipo y cantidad de vehículos de acuerdo a las normativas que circulan por el tramo de Uruapan a San Marcos, también se indicará la fecha y hora en la que se realizó dicho aforo. Es importante señalar que el método empleado fue el método manual.

De acuerdo con el manual de proyecto geométrico de carreteras (1991), los vehículos se clasifican en base a la figura 5.1.

TIPO DE VEHICULO		NUMERO DE EJES	ESQUEMAS		SIMBOLO	PORCENTAJE RESPECTO AL TOTAL DE CAMIONES		PORCENTAJE RESPECTO AL TOTAL DE VEHICULOS				
			PERFIL	PLANTA								
VEHICULOS LIGEROS	AUTOMOVILES	2			Ap	—	46	58				
	CAMIONETAS				Ac					12		
VEHICULOS PESADOS	AUTOBUSES	2			B	—	12	42				
	CAMIONES	2			C2	73	100			30		
		3			C3	13						
					T2-S1							
		4			T2-S2	7						
		5			T3-S2	7						
					T2-S1-R2							
				OTRAS COMBINACIONES								
	VEHICULOS ESPECIALES	CAMIONES Y/O REMOLQUES ESPECIALES	VARIABLE			V <sub>c</sub> n = variable	VARIABLE					
		MAQUINARIA AGRICOLA										
BICICLETAS Y MOTOCICLETAS												
OTROS												

Figura 5.1.- Clasificación de los vehículos

Fuente: Manual geométrico de carreteras; 1991:70

Tabla de aforo vehicular							
fecha	horario	Automóviles tipo Ap	Camionetas tipo Ac	Autobuses tipo B	Camiones tipo C2	Camiones tipo C3	Motocicletas
23-ago-19	14:00-15:00	6	13	2	1	4	7
23-ago-19	15:00-16:00	10	33	1	3	1	19
23-ago-19	16:00-17:00	9	11	4	1	2	6
02-sep-19	12:00-13:00	8	17	1	3	4	9
02-sep-19	13:00-14:00	12	18	0	1	5	6
02-sep-19	14:00-15:00	10	24	1	2	4	3

Figura 5.2.- Aforo vehicular

Fuente: Propia

Al observar la figura 5.2 se puede apreciar que el día en el que circuló una mayor cantidad de vehículos fue el día 23 de agosto a las 15:00 horas, contando con un total de 69 vehículos, incluyendo motocicletas.

Como observación se puede deducir que la carretera de Uruapan a San Marcos es generalmente transitada por camionetas tipo Ac, las cuales en su mayoría son camionetas de transporte de carga (comúnmente cargando aguacate), sucediéndole en cantidad las motocicletas, las cuales sirven para el transporte de las personas que se dirigen rumbo al poblado de San Marcos, Michoacán.

## 5.2.- Levantamiento topográfico.

Para definir correctamente la topografía se tomó como base la definición realizada por Bannister (2002), el cual define la topografía como el arte o tecnología para hacer las mediciones de las posiciones relativas de accidentes naturales y también aquellas obras realizadas por el hombre sobre la superficie de la Tierra, y su representación gráfica. El método más simple y común para representarlo es a través de un plano a escala de un área en una planta horizontal en dos dimensiones,

la tercera dimensión, correspondiente a la altura, es normal a la horizontal y se puede representar en el plano de distintas maneras. Una de ellas es la llamada nivelación, ésta se refiere a las operaciones realizadas para obtener la diferencia de alturas entre distintos puntos sobre la superficie terrestre.

Los levantamientos se clasifican en dos categorías:

- Geodésicos: Se distinguen por la técnica y el uso que se les da, son necesarias las mediciones de los ángulos y las distancias entre los puntos, esto con la finalidad de controlar todos los levantamientos realizados. En la actualidad, los levantamientos geodésicos se realizan por medio de sistemas de posicionamiento vía satélite, gracias a los cuales se obtienen coordenadas tridimensionales en cualquier punto sobre la superficie de la Tierra.
- Topográficos: Éste tipo de levantamientos produce planos y mapas de accidentes naturales realizados por el hombre. La información es registrada a manera de alturas de puntos, que representan puntos de altura individual, mostrados solamente en planos.

Antes de dar inicio a cualquier proyecto es requerido un mapa topográfico a gran escala, el cual sirve como base para cualquier diseño que se requiera realizar. Cualquier posición y proposición de cualquier proyecto hecho y por hacer debe marcarse en el terreno, tanto en vista de planta como en la de elevación, a éste tipo de operación se le conoce como replanteo.

Para la revisión del tramo carretero camino a San Marcos fue necesario realizar un levantamiento topográfico, para lo cual se utilizó un GPS, el cual se puede definir como un sistema de navegación basado en satélites, los cuales envían señales a la Tierra, con lo cual obtienen la ubicación y hora proporcionada por un reloj que lleva integrado. Pueden calcular la posición en tres dimensiones, longitud, latitud y altitud, la precisión de este sistema depende del aparato receptor que se esté utilizando, de su calidad y de su calibración, la cual debe de ser exacta para asegurar una precisión óptima a la hora de su uso en campo. Los puntos generados por el GPS fueron enviados al software CivilCAD para mostrar a través de sus herramientas, los niveles y curvas encontrados en el tramo. Este levantamiento se muestra en los anexos 1 en el que se muestra la triangulación del proyecto, en el anexo 2 se muestran las curvas de nivel del proyecto, en el anexo 3 la elevación del eje y su elevación con respecto al nivel del mar, y por último los cortes de sección transversal son mostrados en el anexo 4.

### **5.3.- Revisión del pavimento flexible por el método UNAM.**

Tomando en cuenta el dato del aforo vehicular presentado anteriormente en la figura 5.2 se obtuvo el Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA), el cual sirve para calcular el coeficiente de daño que los vehículos ejercen sobre la superficie del pavimento.

#### **5.3.1.- Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA).**

En la siguiente tabla (Fig. 5.3) se muestra el cálculo del TPDA considerando el aforo vehicular mostrado en la figura 5.2.

Tabla de cálculo del TPDA.					
Tipo de vehículo	Día 1 Prom/Hr	Día 2 Prom/Hr	Promedio total/Hr	Porcentajes de vehículos	Vehículos en el carril de diseño
Ap	8.33	10.00	9.17	26.07	110.00
Ac	19.00	19.67	19.33	54.98	232.00
B	2.33	0.67	1.50	4.27	18.00
C2	1.67	2.00	1.83	5.21	22.00
C3	2.33	4.33	3.33	9.48	40.00
		Suma total	35.17	Total	
		TPDA:	422	100.00	422

Fig. 5.3.- Tabla de cálculo del tránsito promedio diario anual (TPDA).

Fuente: Propia.

En resumen de la anterior tabla, señala que transitan aproximadamente 422 vehículos de distintas características cada día.

### 5.3.2.- Análisis del tránsito acumulado para ejes sencillos de 8.2 toneladas.

En base a la NOM-012 de la SCT publicada en 2017, se tiene la siguiente tabla de pesos máximos permitidos (Fig. 5.4). En base a la tabla se obtienen los pesos permitidos en la carretera, y están presentados en la figura 5.5, que son los siguientes: Para vehículos tipo Ap se consideró un peso de 10 toneladas, para los de tipo Ac con 11 toneladas, para tipo B de 15 toneladas, Tipo C2 con 17 toneladas y tipo C3 con 18 toneladas.

**TABLA A-2**  
**PESOS MÁXIMOS AUTORIZADOS POR TIPO DE EJE Y CAMINO (t)**

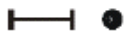
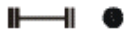
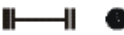



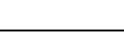
CONFIGURACIÓN DE EJES		VEHÍCULO O CONFIGURACIÓN	TIPO DE CAMINO			
			ET4 Y ET2 A4 Y A2	B4 Y B2	C	D
	SENCILLO DOS LLANTAS	C-R y T-S-R	6,50	6,00	5,50	5,00
		C y T-S	6,50	6,00	5,50	5,00
	SENCILLO CUATRO LLANTAS	C-R y T-S-R	10,00	9,50	8,00	7,00
		C y T-S	11,00	9,50	8,00	7,00
	MOTRIZ SENCILLO CUATRO LLANTAS	C-R y T-S-R	11,00	10,50	9,00	8,00
		C y T-S	12,50	10,50	9,00	8,00
	MOTRIZ DOBLE O TANDEM SEIS LLANTAS	C-R y T-S-R	15,00	13,00	11,50	11,00
		C y T-S	17,50	13,00	11,50	11,00
	DOBLE TANDEM OCHO LLANTAS	C-R y T-S-R	17,00	15,00	13,50	12,00
		C y T-S	19,00	15,00	13,50	12,00
	MOTRIZ DOBLE O TANDEM OCHO LLANTAS	C-R y T-S-R	18,00	17,00	14,50	13,50
		C y T-S	21,00	17,00	14,50	13,50
	TRIPLE TRIDEM DOCE LLANTAS	C-R y T-S-R	23,50	22,50	20,00	NA
		C y T-S	26,50	22,50	20,00	NA

Fig. 5.4.- Tabla de pesos máximos.

Fuente: NOM-012 SCT (2017)

VEHÍCULO	NÚMERO DE EJES	NÚMERO DE LLANTAS	PESO MÁXIMO AUTORIZADO (TON)
Ap	2	4	10
Ac	2	4	11
B	2	6	15
C2	2	8	17
C3	2	10	18

Fig. 5.5.- Tabla de pesos máximos autorizados

Fuente: Propia



Se aplicó la fórmula para el coeficiente de acumulación de tránsito (CAT o C').

Para utilizar la fórmula se consideró una tasa de crecimiento de aforo de 1.5%, una vida útil de servicio de 20 años. La fórmula para calcular el CAT es la siguiente:

$$C' = \frac{[(1 + r)^p] - 1}{r} (365)$$

Donde:

C': Coeficiente de acumulación de tránsito.

p: Vida útil de servicio en años.

r: Tasa de crecimiento anual.

$$C' = \frac{[(1 + 0.015)^{20}] - 1}{0.015} (365) = 8440.138493 \approx 8440$$

El resultado del coeficiente es de 8440.

Prosiguiendo con el cálculo se revisó el valor del Coeficiente de Acumulación de Tránsito, el cual se realizó con la gráfica siguiendo los próximos pasos:

Se posiciona el valor de la vida útil en años en la parte inferior de la gráfica sobre el eje horizontal (p=20 años), después se posiciona de manera vertical hasta coincidir con la línea de la tasa de crecimiento (r=1.5%), y finalmente se desliza hacia la izquierda sobre el punto de cruce de los dos valores antes mencionados y topar con el valor del CAT, el cual es de aproximadamente 8500, dato que es

correcto debido a que se asemeja al primer valor obtenido por la fórmula, el anterior procedimiento se encuentra en la figura 5.6.

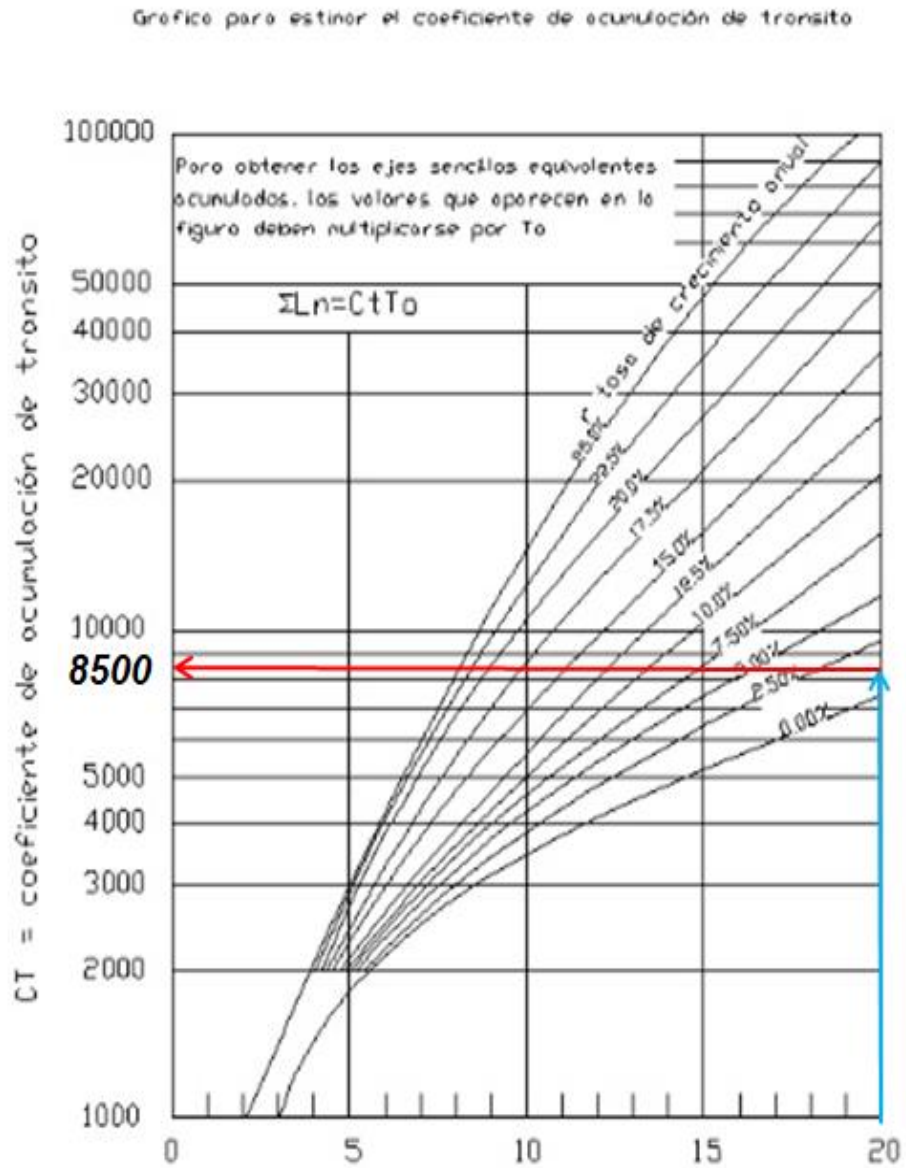


Fig. 5.6.- Gráfica para estimar el coeficiente de acumulación de tránsito.

Fuente: Propia.

Es necesario obtener el daño ejercido sobre el pavimento con la ayuda de valores ya establecidos y con una tabla de coeficientes de daño y con el tránsito medio diario anual (T).

Esto cálculos son necesarios para poder revisar que el tramo carretero cumpla con la normativa, por tal motivo se desconocen los espesores de cada capa de la carretera, por lo tanto se consideró lo siguiente:

- En el diseño de la carpeta y la base se consideró una profundidad (z) de 0 cm.
- Para la sub base y terracerías se consideró una profundidad (z) de 15 cm.

Con base a lo anterior se extraen los coeficientes de daño de cada tipo de vehículo de una tabla para conocer los valores de los ejes equivalentes de 8.2 toneladas (T=0) y (T=15).

El cálculo se realizó de la siguiente manera: Multiplicando los coeficientes en base a las profundidades por la cantidad de vehículos estimados que transitan por el tramo, eso con cada tipo de vehículo, finalizando con la sumatoria de todos los ejes equivalentes para encontrar el valor total de ejes equivalentes en cada profundidad.

VEHÍCULO	VEHÍCULOS EN EL CARRIL DE DISEÑO	COEFICIENTE DE DAÑO VEHÍCULOS CARGADOS				EJES EQUIVALENTES DE 8.2 TONELADAS	
		Z = 0 CM	Z = 15 cm	Z = 22.5 cm	Z = 30 cm	Z = 0 CM	Z = 15 cm
Ap	110	0.005	0	0	0	0.5500	0.0000
Ac	232	0.34	0.042	0.011	0.01	78.8800	9.7440
B	18	2	1.15	1.1	1.1	36.0000	20.7000
C2	22	0.88	0.465	0.448	0.442	19.3600	10.2300
C3	40	0.88	0.675	0.658	0.653	35.2000	27.0000
	422					Σ= 169.9900	67.6740

Quedando como conclusión que:

$T_0=$	169.9900	Ejes equivalentes de 8.2 Toneladas
$T_{15}=$	67.6740	Ejes equivalentes de 8.2 Toneladas

Procediendo con el cálculo del tránsito equivalente acumulado con la siguiente formula:

$$Ln = C' x T$$

Donde:

$Ln$ : Tránsito acumulado durante “n” años de servicio y “r” tasa de crecimiento.

$C'$ : Coeficiente de tránsito acumulado para “n” años y “r” tasa de crecimiento.

$T$ : Tasa de crecimiento anual.

Sustituyendo los valores correspondientes a  $T_0$

$$Ln = C' x T$$

$$Ln_0 = 8440 * 169.99$$

$$\mathbf{Ln = 1\ 434\ 715.6}$$

Sustituyendo los valores correspondientes a  $T_{15}$

$$Ln = C' x T$$

$$Ln = 8440 * 67.674$$

$$\mathbf{Ln_{15} = 571\ 168.56}$$

Los resultados del tránsito equivalente acumulado en base a las profundidades (z) de 0 y 15 cm son los siguientes.

L <sub>0</sub> =	1,434,715.60	Ejes equivalentes de 8.2 Toneladas
L <sub>15</sub> =	571,168.56	Ejes equivalentes de 8.2 Toneladas

### 5.3.3.- Determinación de los espesores del pavimento flexible.

Habiendo obtenido los resultados del valor relativo de soporte (VRS), los cuales fueron muy altos, se utilizó el menor de 61.06% debido a la normativa de la SCT que indica usar siempre el valor más desfavorable. Teniendo ese valor, se realizó la comparativa con los reglamentos.

- Base hidráulica: En base a la normativa N-CMT-4-02-002/16 de la Secretaria de Comunicaciones y Transportes (SCT), el VRS mínimo es de 80%.
- Sub base hidráulica: En base a la norma N-CMT-4-02-001/16 de la SCT, el VRS mínimo es de 50%.
- Subrasante: Con base a la normativa N-CMT-1-03/02 de la SCT, el valor de VRS mínimo es de 20%, por lo que no es necesario colocar esta capa.
- Subyacente: En base a la norma N-CMT-1-02/02 de la Secretaria de Comunicaciones y Transportes (SCT), el VRS mínimo es de 10%.

Con los valores obtenidos de la normativa se construyó una tabla para obtener los espesores, cabe mencionar que fue necesario el nivel de confianza de 80%, para el cual se tiene un valor (C) de 0.841 y poder calcular el VRSz.

La fórmula del VRSz es la siguiente:

$$VRSz = VRS(1 - (C))$$

CAPA	VRS PROM. EN %		VRS DE PROYECTO EN % (VRSz)	EJES EQUIVALENTES DE PROYECTO	ESPEORES OBTENIDOS DE GRÁFICA (cm)
Terreno natural	66.06		10.504	1.43E+06	36
Subrasante	20	Mínimo por norma	3.18	1.43E+06	69
Sub base	50	Mínimo por norma	7.95	1.43E+06	43
Base hidráulica	80	Mínimo por norma	12.72	1.43E+06	32

Los espesores se obtuvieron con la ayuda de la figura 5.7 (mostrada a continuación), así como también utilizando los valores de la tabla anterior, se ubicó en la parte inferior de la gráfica el valor de los ejes equivalentes, el cual es de 1.43E+06, después se ubicó cada uno de los valores de VRSz en la parte superior de la gráfica. Habiendo obtenido el valor se baja de forma recta hasta topar con la curva y el punto de intersección de la curva y se deslizó hasta la derecha para encontrar el espesor de cada una de las capas de la carretera. En la gráfica se obtuvieron datos decimales y para fines prácticos se redondearon los valores.

- Z5 = 36 cm.
- Z4 = 69 cm.
- Z3 = 43 cm.
- Z2 = 32 cm.



Como primer paso se calcularon los espesores de cada una de las capas del pavimento a través de la gráfica, dichos espesores son los del terreno natural, Subrasante, sub base y base hidráulica, se volverán a calcular los valores a manera de comprobación mediante fórmulas, y para obtener el valor de la carpeta.

Para el cálculo de la carpeta se requirió sustituir los valores de los espesores (z) de las capas en fórmulas con el fin de que arrojen los mismos o aproximados espesores. Los espesores de las capas calculados se representaron con la letra "D". También se aplicarán diversas especificaciones, como los valores "a", que dependen del tipo de carpeta del proyecto, y sustituyendo los valores en las fórmulas.

a1 = 0 a1 ≥ 2 a2 = a3 = a4 = 1	Para carpetas de riego Para carpetas asfálticas (considerando a1 = 2) Para materiales estabilizados mecánicamente
--------------------------------------	---

Teniendo entonces los siguientes valores:

a1=	2
a2=	1
a3=	1
a4=	1

Z5=	36 cm.
Z4=	69 cm.
Z3=	43 cm.
Z2=	32 cm.

- Espesor de la capa Subrasante (Dsr):

$$Dsr = \frac{Z5 - Z4}{a4} = \frac{36 - 69}{1} = -33cm \approx 0cm$$

Por lo tanto: Dsr = 0cm de Subrasante (debido a que la Subrasante arrojó un valor negativo, no es necesaria la capa Subrasante).

- Espesor de la capa Sub base (Dsb):

$$Dsb = \frac{Z4 - Z3}{a3} = \frac{69 - 43}{1} = 26 cm.$$

Por lo tanto Dsb = 26cm.



- Espesor de la Base hidráulica ( $Dbh$ ) y capeta asfáltica ( $Dc$ ). (Para el cálculo de la base hidráulica se consideró el valor mínimo de la carpeta asfáltica ( $Dc = 5\text{cm}$ ) en base a la normativa de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT)).

$$Z = (a1 * Dc) + (a2 * Dbh) \rightarrow 43 = (2 * 5) + (1 * Dbh)$$

$$32 = 10 + Dbh$$

$$Dbh = 32 - 10$$

$$\mathbf{Dbh = 22\text{ cm}}$$

$$2Dc = 10$$

$$Dc = \frac{10}{2}$$

$$\mathbf{Dc = 5\text{ cm}}$$

Obteniendo como resultados:

- Espesor de la base hidráulica: 22cm.
- Espesor de la carpeta asfáltica: 5cm.

Se realizó una revisión a la normativa se la SCT para revisar si los espesores cumplen con los requisitos.

Capa	Espesor calculado (cm)	Espesor mínimo (cm)	Espesor propuesto (cm)
Carpeta asfáltica	5	5	5
Base hidráulica	22	12.5	20
Sub base	26	15	30
Subrasante	-33	20	0

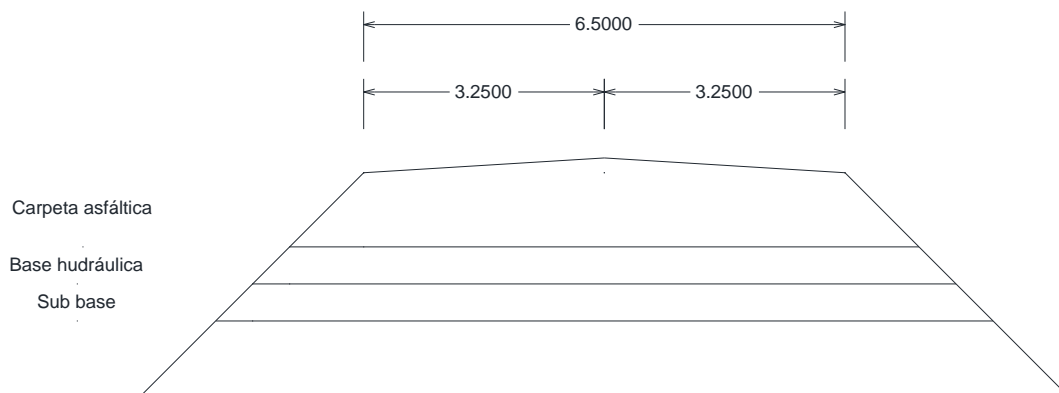
#### 5.4.- Estructuras de pavimento.

En este apartado se presentan los espesores del pavimento flexible a través de tablas, mostrando la propuesta y el ya existente, esto para mostrar los cambios hechos en los espesores por medio de la propuesta de diseño.

##### 5.4.1.- Espesores del pavimento propuesto.

Una vez obtenidos los datos de los espesores de las distintas capas del pavimento, se realizó la siguiente tabla mostrando las capas y los espesores requeridos en cada una.

Estructura del pavimento propuesto.	
Capa	Espesor (cm)
Carpeta asfáltica	5
Base hidráulica	20
Sub base	30
Subrasante	0



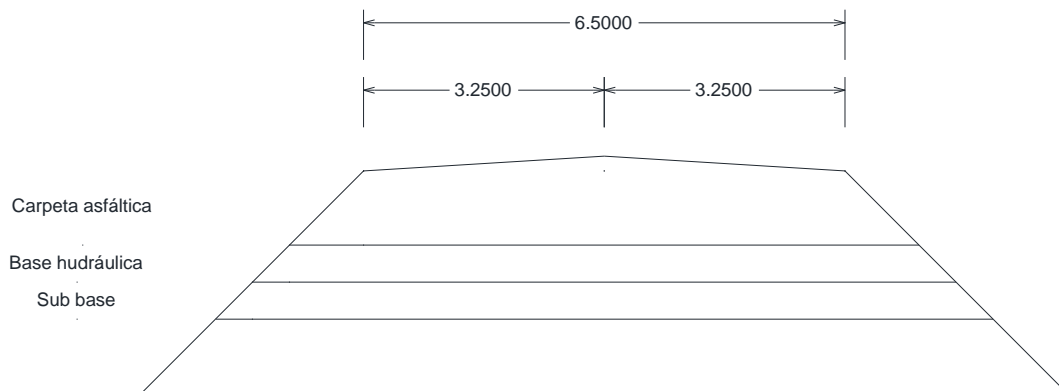
En la tabla antes mostrada se aprecian los espesores (en cm), así como el orden en el que deben estar distribuidas las capas del pavimento (apreciado de

mejor manera el dibujo antes presentado), dicho pavimento cuenta con 2 carriles, cada uno de 3.25 metros.

#### 5.4.2.- Estructura del pavimento existente.

El presente proyecto cuenta con un pavimento ya existente, y sus capas y espesores son mostrados en la tabla siguiente:

Estructura del pavimento existente.	
Capa	Espesor (cm)
Carpeta asfáltica	5
Base hidráulica	30
Sub base	25
Subrasante	variable



En el pavimento existente se puede encontrar que sus partes están conformadas en el siguiente orden: Carpeta asfáltica, base hidráulica, sub base y cuerpo del terraplén, y está compuesta por dos carriles, dichos carriles tienen una longitud de 3.25 metros cada uno, dando un total de longitud de 6.5 metros.

Para realizar el diseño del pavimento se tomó en cuenta la problemática de los espesores del pavimento ya existente. Las problemáticas que se pueden presentar son las causadas por el intemperismo, efectos del agua y también por los efectos del tránsito, los cuales afectan el comportamiento de los materiales térreos.

#### **5.5.- Estructura de pavimento propuesta para carretera.**

En este apartado se presenta la estructura del pavimento ideal para el tramo carretero analizado en el presente proyecto, así como diversas medidas de seguridad para mejorar la calidad de la carretera y también prevenir accidentes (También mostrado en el anexo 5).

<b>Estructura del pavimento propuesto.</b>	
Capa	Espesor (cm)
Carpeta asfáltica	5
Base hidráulica	20
Sub base	30
Subrasante	0

Con base en la información del apartado anterior, se pudo observar que la estructura propuesta es muy similar a la estructura actual, por lo que a manera de conclusión se tuvo que no es necesario cambiar o modificar el pavimento actual en cuanto a su estructura, en cuanto a las condiciones del pavimento actual si es recomendable realizar un mantenimiento correctivo del pavimento, debido a que no se le ha realizado un correcto mantenimiento preventivo y la carretera presenta una gran cantidad de agrietamientos a lo largo de toda su estructura, además de que no cuenta con suficiente seguridad en su trayecto.

## **5.6.- Medidas de seguridad.**

A razón de mejorar la seguridad en la carretera actual se plantearon diversas medidas para aumentar la seguridad de los vehículos que transitan dicha carretera.

A continuación se muestra una propuesta para mejorar la seguridad de la carretera.

- Barreras laterales de seguridad: Estas barreras tienen la función de evitar la salida de los vehículos de la carretera en caso de una pérdida del control del vehículo. Existen tres tipos de barreras laterales como son: flexibles, semi-rígidas y rígidas, para el presente proyecto se optó por aumentar la cantidad de barreras semi-rígidas, puesto que a lo largo del tramo carretero propuesto se encontró una cantidad mínima de éstas.
- Señalización de la carretera: Una adecuada señalización del centro y las orillas de la carretera ayuda en gran medida a que el conductor conozca los límites del tramo donde está circulando, así como también le ayuda a ubicarse dentro de su carril y evitar pasar a otro carril, generalmente en sentido contrario, en el presente proyecto se proponen diversas medidas como lo son: Líneas longitudinales, demarcadores reflectivos para pavimento, postes indicadores y señales de advertencia.
- Amortiguadores de velocidad (tope reductor): Estos serán implementados en zonas estratégicas para advertir al conductor que es necesario reducir su velocidad con el fin de evitar algún accidente por alta velocidad.

### **5.6.1.- Barreras de seguridad.**

Con base a la NOM-037-SCT2-2012 de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT), las barreras son dispositivos de seguridad que se instalan de manera longitudinal en uno o en ambos lados del camino, esto con el fin de contener y redireccionar algún vehículo que se encuentre fuera de control. El tipo de barrera propuesta es del tipo semirrígida y se implementará en distintas zonas de la carretera, en ambos sentidos, considerando las zonas donde se encuentran las curvas de la carretera, mostradas en el anexo 6, y enlistadas a continuación:

- Del Km 0+100 al Km 0+140.
- Del Km 0+180 al Km 0+240.
- Del Km 0+260 al Km 0+500.
- Del Km 0+600 al Km 0+700.
- Del Km 1+020 al Km 1+080.
- Del Km 1+180 al Km 1+280.
- Del Km 1+680 al Km 1+880.

### **5.6.2.- Señalización horizontal de la carretera.**

En base a la normativa N-PRY-CAR-10-01-002/05 de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT), la delineación es el conjunto de marcas cuyo propósito es el de delimitar las características geométricas de las vialidades, dichas marcas pueden ser rayas, símbolos y letras.

Debido a las condiciones actuales de la carretera se recomienda colocar señalización a lo largo del tramo del presente proyecto (Figura 5.8).

La manera de colocar las líneas en la carretera está considerada en base a la normativa de la SCT para carreteras de dos carriles con un ancho máximo de 6.5 metros, colocando línea blanca en ambos lados y líneas amarillas continuas y discontinuas en la parte central de la carretera, delimitando los carriles (mostrado en la figura 5.9).



Figura 5.8.- Estado de la señalización de la carretera.

Fuente: Propia.

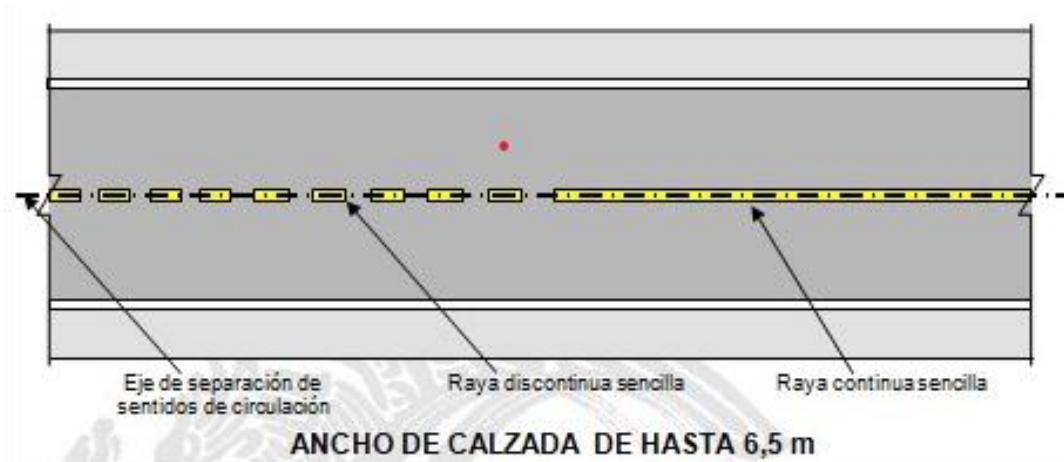


Figura 5.9.- Vista de líneas de señalización.

Fuente: Normativa N-PRY-CAR-10-01-002/05 de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT).

### 5.6.3.- Topes reductores de velocidad.

Los dispositivos de control de velocidad, de acuerdo con la normativa NOM-034-SCT2-2003 de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT), son aquellos elementos instalados en la superficie de un pavimento y que constituyen un sistema de control de velocidad, estos dispositivos de seguridad tienen la finalidad de reducir la ocurrencia de algún accidente en sitios que no están regulados por el uso de semáforos. Los vibradores de botones son colocados para anunciar que el conductor se acerca a una zona de conflicto vial, gracias a los vibradores el conductor queda advertido sobre el peligro potencial, también tienen la función de despertar al conductor en caso de que éste se encuentre dormido.

La colocación de los vibradores se realizará de acuerdo a la normativa (mostrada en la figura 5.10), y se realizará cada separación antes de los vibradores de acuerdo a la siguiente tabla de separaciones:



Separación entre cada una de las rayas (m).											
15.25	11.75	9.55	8.05	6.95	6.1	5.5	4.95	4.5	4.15	3.85	3.55

En la anterior tabla se mostraron las separaciones necesarias en cada uno de los señalamientos para los reductores, quedando cada uno con un total de 12 rayas con reductores de velocidad; quedando con una longitud de espaciamiento de 84.15 metros, y una longitud total de 91.95 metros considerando el espaciamiento y la anchura de la raya, entre cada una de las rayas se encontrarán topes reductores.

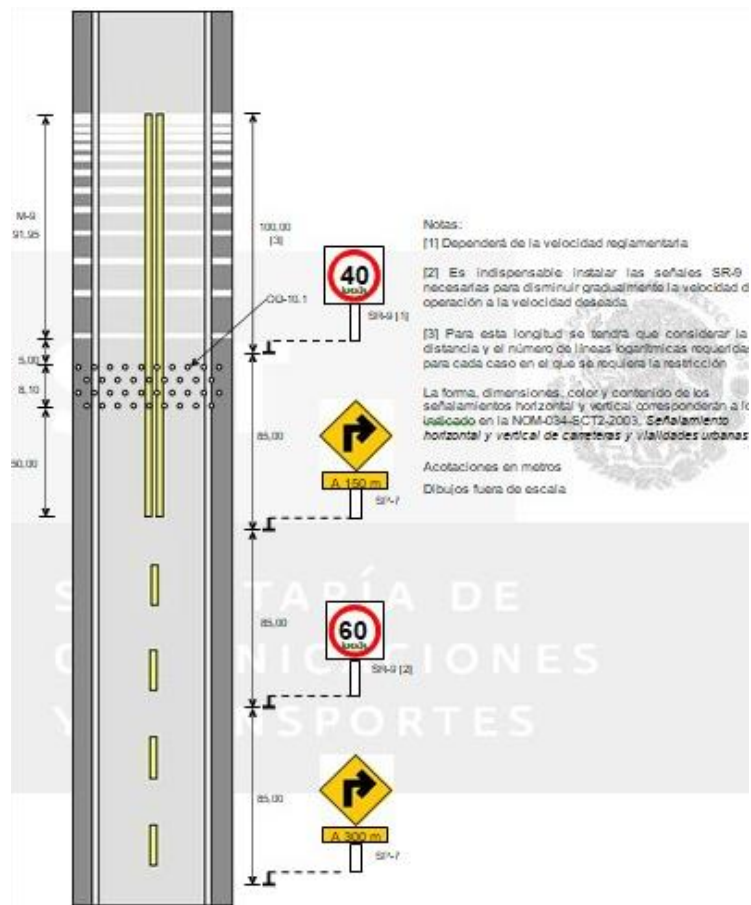


Figura 5.10.- Croquis de colocación de reductores de velocidad.

Fuente: NOM-034-SCT2-2003 de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT).

Cada uno de los reductores se colocará antes de cada curva importante del proyecto y en las zonas que tienen mucha pendiente, las zonas donde se colocarán son las siguientes:

- ❖ Km 0+100 en un sentido y Km 0+140 en el otro sentido.
- ❖ Km 0+280 en un sentido y Km 0+380 en el otro sentido.
- ❖ Km 0+580 en un sentido y Km 0+700 en el otro sentido.
- ❖ Km 0+900 en un sentido.
- ❖ Km 1+020 en un sentido y Km 1+080 en el otro sentido.
- ❖ Km 1+180 en un sentido y Km 1+280 en el otro sentido.
- ❖ Km 1+680 en un sentido y Km 1+780 en el otro sentido.

Estas señalizaciones quedan mostradas en el anexo 7, en el que se indicaron las posiciones mediante un círculo y una flecha, indicando el sentido en el que se encontrarán los reductores, cabe mencionar que en el punto en donde se encuentren los reductores, las rayas se encontrarán a la distancia indicada anteriormente en sentido contrario a donde indica la carretera, esto con la finalidad de dar una correcta advertencia al conductor.

### **5.7.- Pre conclusiones.**

De los procedimientos y propuestas realizados con anterioridad se puede tomar a conclusión que la carretera actual se encuentra en mal estado debido a la falta de mantenimiento y a que ya terminó la vida útil de la carretera, por tal motivo se realizó la propuesta de una nueva carretera, así como también se realizó la propuesta de distintos métodos de seguridad que disminuyan el riesgo de que ocurra algún accidente.

Como medidas de seguridad se implementaron distintos dispositivos, entre los que se encuentran los topes reductores antes de las zonas de las curvas y en la zona de mayor pendiente de la carretera, delineación de los carriles en ambos sentidos y barreras de seguridad en las zonas de curvas de la carretera.

## CONCLUSIONES

Una vez realizados todos los cálculos, tanto del proyecto existente como el de la propuesta, se encontró que la carretera ubicada en la carretera de Uruapan a San Marcos del Km 0+000 al Km 1+900 cuenta con un diseño dentro de los lineamientos establecidos por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT), sin embargo, el mal estado de la carretera crea conflictos en la parte de seguridad vial.

El propósito del presente proyecto es el de revisar si la carretera de Uruapan a San Marcos se encuentra en condiciones óptimas para cumplir su propósito. Para lograrlo se tiene como objetivo particular el aforo vehicular, el análisis de la normativa de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT), dichas normas determinan las formulas necesarias para el cálculo de los espesores de cada una de las capas del pavimento, cuya finalidad es verificar que el pavimento cumpla o no con la normativa antes mencionada.

Se realizó un análisis de aforo vehicular con la finalidad de estimar las cargas que serán aplicadas sobre el pavimento, y con eso también el coeficiente de daño ocasionado por los vehículos.

Se encontró que existen diversos métodos para la revisión del pavimento, pero se optó por utilizar el método de la UNAM, tomando en cuenta las siguientes consideraciones:

- Vida útil de 20 años.
- Tasa de crecimiento anual de 1.5%.

- Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA) de 422 vehículos, dicha cantidad se encuentra dividida entre cada uno de sus ejes.
- Los datos anteriores son para un camino del tipo D que cuenta con 2 carriles.

El motivo de la presente investigación queda redactado a manera de pregunta, la cual está formulada de la siguiente manera: ¿El pavimento existente es el adecuado para el tramo carretero Uruapan a San Marcos en el Km 0+000 al Km 1+900?, logrando el objetivo deseado quedando como resultado que el pavimento existente es adecuado para la carretera de Uruapan a San Marcos del Km 0+000 al Km 1+900, sin embargo la carretera no cuenta con el debido mantenimiento y su vida útil se encuentra comprometida, por lo que se realizó una propuesta de un nuevo diseño, basado en la normativa de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) y una propuesta de medidas de seguridad para prevenir accidentes viales en ese tramo carretero, una vez propuesto el nuevo diseño y medidas de seguridad, se puede dar por concluida la presente investigación, debido a que ese fue el objetivo principal del tema.

Para lograr responder a la pregunta, se revisó si el pavimento existente en el tramo de Uruapan a San Marcos del Km 0+000 al Km 1+900 cumpla con los espesores adecuados y también con las normativas establecidas por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT), determinando así que no es necesaria la colocación de una sub rasante, pero a cambio fue necesario aumentar el tamaño de la base hidráulica y de la sub base, esto tanto en la revisión como en la propuesta de diseño, también se hizo la consideración para un pavimento flexible con una vida útil de 20 años.

Los objetivos particulares del presente proyecto, los cuales son determinar el aforo vehicular, el análisis bajo normativa de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT), el diseño de un pavimento con base a la misma normativa, y la propuesta de medidas de seguridad en la carretera, fueron cumplidos de manera satisfactoria.

El objetivo principal del presente proyecto, el cual es la revisión del tramo carretero de Uruapan a San Marcos del Km 0+000 al Km 1+900, fue cumplido de manera satisfactoria, quedando como conclusión del objetivo que la carretera actual cuenta con un diseño adecuado, sin embargo, necesita un mantenimiento correctivo, bajo el cual se propuso el nuevo diseño, así como también carece de señalización suficiente para las curvas y las zonas de gran pendiente.

Para la propuesta de las medidas de seguridad, se realizó en base a la normativa establecida por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT), dichas normativas son enlistadas a continuación:

- Para las barreras laterales de seguridad se utilizó la NOM-037-SCT2-2012, colocando barreras en las curvas dentro del proyecto.
- Para la señalización horizontal de la carretera se utilizó la normativa N·PRY·CAR·10·01·002/05, colocándose a todo lo largo del proyecto.
- Para los topes reductores de velocidad se utilizó la NOM-034-SCT2-2003, los cuales fueron colocados antes de la zona de curva en cada una de las mismas, así como en la zona de mayor pendiente, cabe mencionar que estos reductores se colocaron al principio de la zona en cada parte del carril.

Dentro de los aspectos técnicos se encontró que en comparativa de costos a largo plazo, es más recomendable construir un pavimento asfáltico a uno de

concreto, esto se debe a que el costo de mantenimiento es menor en el material asfáltico, lo cual es aplicado a las carreteras que conectan largas distancias, asimismo es importante destacar el hecho de que una gran parte de las carreteras no recibe un adecuado mantenimiento, por tal motivo en algunas carreteras se borran casi por completo las líneas de señalización horizontal y las barreras de seguridad no son reparadas o reemplazadas al haber sido comprometidas en algún accidente anteriormente.

## BIBLIOGRAFÍA

Coronado Iturbide, Jorge. (2002)

Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos

Ed. Guatemala.

Corro, Santiago. (1981)

Instructivo para diseño estructural de pavimentos flexibles para carreteras

Series del Instituto de Ingeniería, México.

Crespo Villalaz, Carlos. (2004)

Mecánica de suelos y cimentaciones

Ed Limusa, México.

Crespo, Carlos. (2004)

Vías de comunicación

Ed Limusa, México.

Diario Oficial de la Federación. (2017)

NOM-012-SCT-2-2017

Diario Oficial de la Federación, México.



Diario Oficial de la Federación. (2002)

NOM-EM-033-SCT-2-2002

Diario Oficial de la Federación, México.

Diario Oficial de la Federación. (2011)

NOM-034-SCT2-2011

Diario Oficial de la Federación, México.

Jiménez García, Carlos Alberto. (2009)

“Diseño de pavimentos flexibles: método del instituto de ingeniería de la UNAM”

Tesis inédita de la Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura, Unidad Zacatenco del Instituto Politécnico Nacional, del Distrito Federal, México.

Juárez Badillo, Eulalio. (2004)

Mecánica de suelos (tomo 1)

Ed Limusa, México.

Juárez Badillo, Eulalio. (2004)

Mecánica de suelos (tomo 2)

Ed Limusa, México.

Secretaría de Comunicaciones y Transportes. (2016)

Manual de proyecto geométrico de carreteras

Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT), México.

Secretaría de Comunicaciones y Transportes. (1991)

Manual de proyecto geométrico de carreteras

Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT), México.

## OTRAS FUENTES DE INVESTIGACIÓN

<http://intranet.capacitacion.inegi.gob.mx>

<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5313915>

<http://artemisa.unicauca.edu.co/~carboled/Libros/Manual%20de%20Diseno%20Geometrico%20de%20Carreteras.pdf>

<https://www.imt.mx/archivos/Publicaciones/PublicacionTecnica/pt224.pdf>

[http://www.sct.gob.mx/fileadmin/ajardon/Material/Acciones\\_Seguridad\\_Vial.pdf](http://www.sct.gob.mx/fileadmin/ajardon/Material/Acciones_Seguridad_Vial.pdf)

[https://www.ecured.cu/Pavimento\\_flexible](https://www.ecured.cu/Pavimento_flexible)

<https://www.imt.mx/archivos/Publicaciones/PublicacionTecnica/pt104.pdf>

[http://www.sct.gob.mx/fileadmin/DireccionesGrales/DGST/Manuales/Catalogo\\_Pavimentos/Catalogo.pdf](http://www.sct.gob.mx/fileadmin/DireccionesGrales/DGST/Manuales/Catalogo_Pavimentos/Catalogo.pdf)

[https://www.academia.edu/9173912/METODO\\_DE\\_DISENO\\_DE\\_PAVIMENTOS\\_POR\\_UNAM](https://www.academia.edu/9173912/METODO_DE_DISENO_DE_PAVIMENTOS_POR_UNAM)

[http://www.amaac.org.mx/archivos/eventos/8cma\\_2013/estructuracion/estructuracion03.pdf](http://www.amaac.org.mx/archivos/eventos/8cma_2013/estructuracion/estructuracion03.pdf)

<http://dbase.icpa.org.ar/files/dnv%20santiago/disenio%20santiago.pdf>

[https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=zuwcDgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP5&d](https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=zuwcDgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP5&dq=pavimento+flexible&ots=-)

[qgMQzH8Jc&sig=0f6ITewQwolTIGtXCiHJbeYxAW4#v=onepage&q&f=false](https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=zuwcDgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP5&dq=pavimento+flexible&ots=-qgMQzH8Jc&sig=0f6ITewQwolTIGtXCiHJbeYxAW4#v=onepage&q&f=false)

[http://www.scipioneddy.com/capitulos/cap\\_16.pdf](http://www.scipioneddy.com/capitulos/cap_16.pdf)

<http://siglo.inafed.gob.mx/enciclopedia/EMM16michoacan/regionalizacion.html>

<http://siglo.inafed.gob.mx/enciclopedia/EMM16michoacan/mediofisico.html>

<https://proyectostipo.dnp.gov.co/images/pdf/viasterciarias/ptviasterciarias.pdf>

[http://sistemamid.com/panel/uploads/biblioteca/2014-04-29\\_02-56-4598388.pdf](http://sistemamid.com/panel/uploads/biblioteca/2014-04-29_02-56-4598388.pdf)

[https://sistemamid.com/panel/uploads/biblioteca/2014-04-29\\_03-02-0798398.pdf](https://sistemamid.com/panel/uploads/biblioteca/2014-04-29_03-02-0798398.pdf)

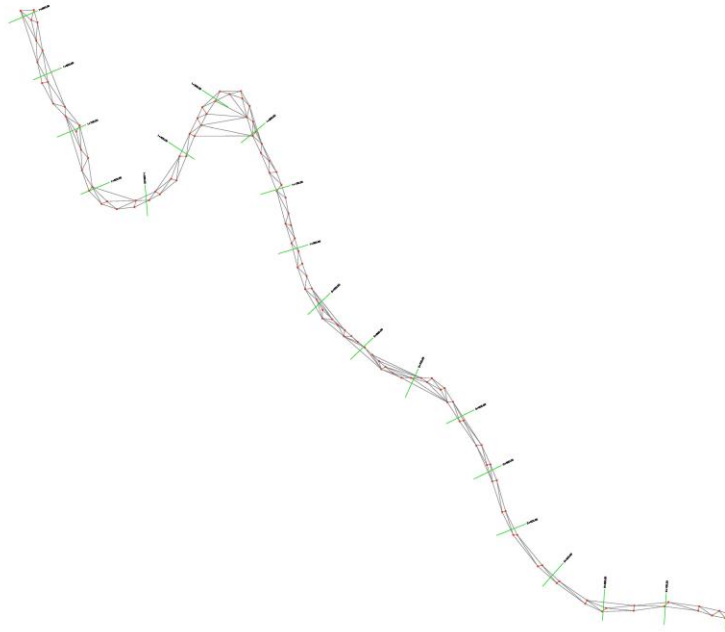
<http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2008/bmfciw961a/doc/bmfciw961a.pdf>

<https://impulsoradeasfaltos.com/wp-content/uploads/2020/04/FICHA-TECNICA-PG-64-22.pdf>

<https://normas.imt.mx/>

**ANEXOS.**

# Triangulación del proyecto.



Simbología y/o especificaciones:



Nombre del proyecto: **Red de Triangulación ABCDEFGH**  
Código de identificación del proyecto: **123456789**

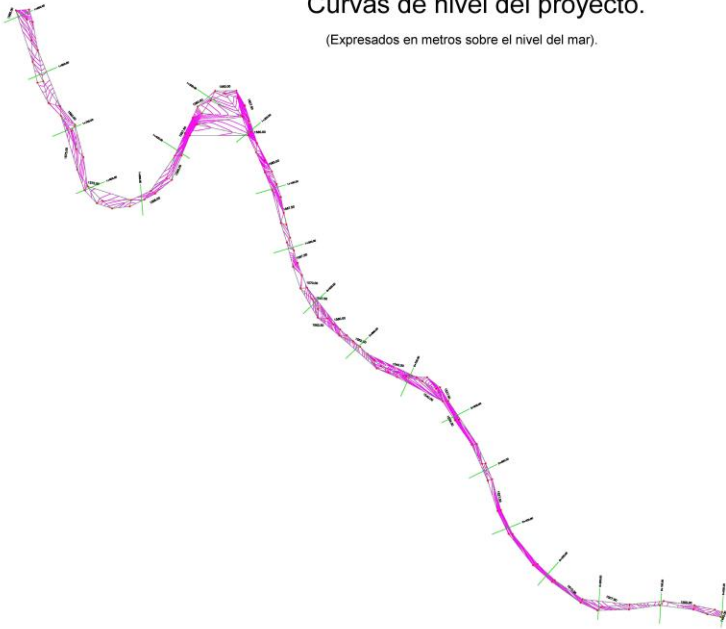
Tipo: **Triangulación**

Coordenadas: **UTM**  
Escala: **1:5000**

Elaborado por: **J. Pérez**  
Revisado por: **M. Gómez**  
Fecha: **15/03/2024**

# Curvas de nivel del proyecto.

(Expresados en metros sobre el nivel del mar).



Simbología y/o especificaciones:



Nombre del proyecto: Nivel de terreno actual en  
camino de Juchitán a San Marcos del  
Río (2010 a 1990)

Escala: 1:50000  
Hoja: 2

Coordinadas UTM: San Marcos  
Datum: WGS 84  
Escala: 1:50000  
Proyector: UTM  
Fuso: 16E

Elaborado por: J. A. Sánchez  
Revisado por: J. A. Sánchez  
Aprobado por: J. A. Sánchez  
Fecha: 10/01/2010

# Línea de eje, elevación con respecto al nivel del mar



Simbología y/o especificaciones:



Nombre del proyecto: Nivel de frentes costeros durante el periodo de Jueves 5 de Marzo del 2014-2014 en 1990

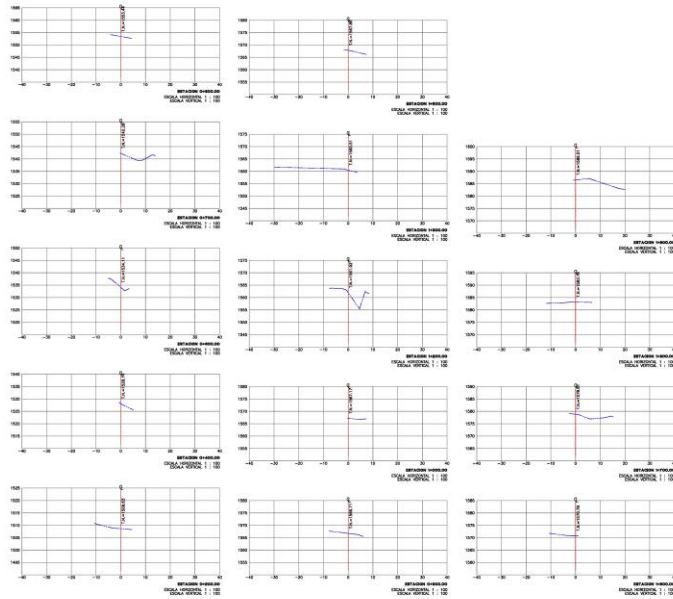
Hoja: 3

Colaborador: Jueves 5 de Marzo  
Escala: 1:5000  
Localidad: Jueves 5 de Marzo  
Municipio: Jueves 5 de Marzo

Elaborado por: Jueves 5 de Marzo  
Revisado por: Jueves 5 de Marzo  
Aprobado por: Jueves 5 de Marzo  
Fecha: 11 de Jueves 5 de Marzo del 2014



## Corte de sección transversal.



Simbología y/o especificaciones:



Indicador de ubicación: Sección de trazo lateral ubicada en el camino de Juchitán a San Marcos del 850-900 a la 1450.

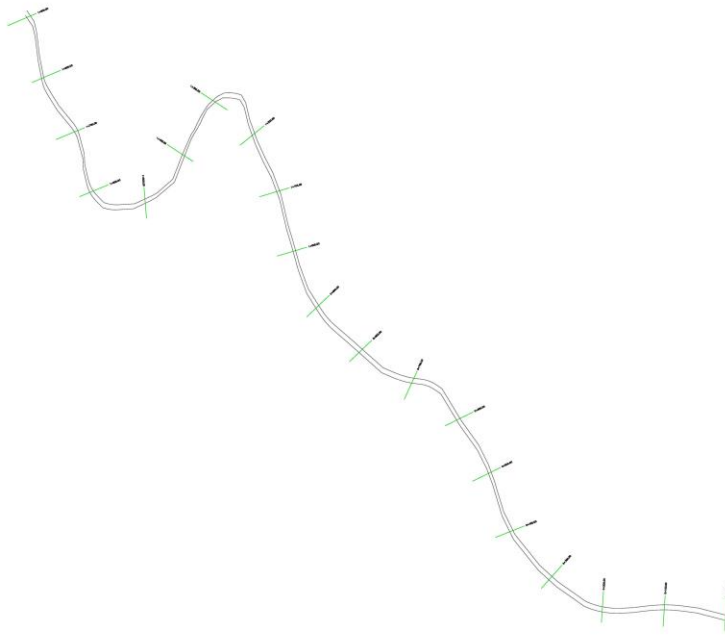
Título: **Trazo Lateral**

4

Colaborador: Juchitán - San Marcos  
 Material: M-1000  
 Especificación: M-1000  
 Localidad: Juchitán  
 Municipio: Juchitán, Oax.

Elaborado por: J. J. J. J.  
 Revisado por: J. J. J. J.  
 Aprobado por: J. J. J. J.  
 Fecha: 10/10/2023

# Carretera propuesta.

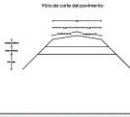


## Simbología y/o especificaciones:



Características

Características del proyecto	
Longitud	10.000 m
Sección transversal	30 m
Velocidad	40 km/h
Substrato	Asfalto



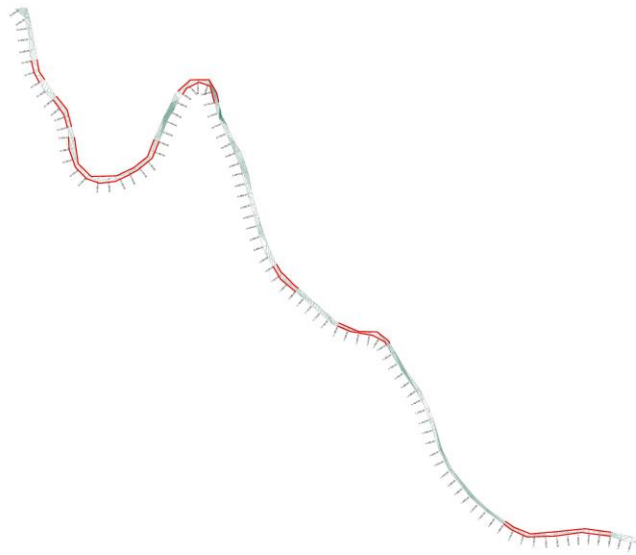
Sección transversal: Sección de trazo lateral ubicada en el camino de Juchitán a San Marcos del 100+000 a los 1+000.

Escala:	1:1000	Escala de planta:	5
Tipo de terreno:	Plano		

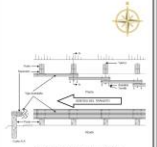
Ubicación: Oaxaca - San Marcos  
 Kilómetro base: 0+000  
 Escala de planta: 1:1000  
 Localidad: Oaxaca  
 Municipio: Oaxaca, Méx.

Elaboración: 2023  
 Autor: [Nombre del autor]  
 Proyecto: [Nombre del proyecto]

# CROQUIS DE BARRERAS LATERALES.



## Simbología y/o especificaciones:



Ubicación propuesta de Barreras:

Altura	Color
0-200	0-200
200-400	200-400
400-600	400-600
600-800	600-800
800-1000	800-1000
1000-1200	1000-1200



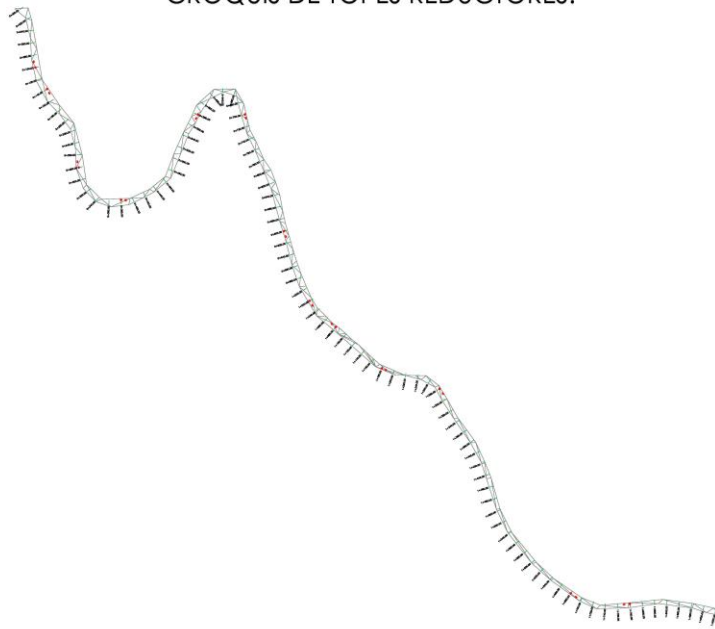
Indicador de ubicación de Barreras de Freno Lateral instaladas en la carretera de Japurá a San Marcos del 2012-2013 a la 1:000

Título: Barreras LATERALES. Hoja: 6

Colaborador: Japurá - San Marcos  
 Municipio: San Marcos  
 Departamento: Nariño  
 Localidad: Japurá  
 Municipio: Japurá, Nariño

Elaborado por: J. A. C. G.  
 Revisado por: J. A. C. G.  
 Aprobado por: J. A. C. G.  
 Escala: 1:1000

# CROQUIS DE TOPES REDUCTORES.



## Simbología y/o especificaciones:

Valle del Quindío de la Espiga Colombiana



Acercamiento de los Topes



Indicador de ubicación: Ubicación de los topes reductores instalados en el camino de Juncal a San Marcos del Valle (Quindío - 1992)

Traza: 7

Colombia (Quindío) - San Marcos  
Municipio de San Marcos  
Departamento: QUINDÍO  
Localidad: Juncal  
Municipio: Quindío, QUINDÍO

Elaborado con: AutoCAD  
Revisado por: J. Antonio Sánchez Cordero  
Fecha: 11/01/2011