



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

Incorporación No. 8727 - 15 A la  
Universidad Nacional Autónoma de México

Escuela de Ingeniería Civil

Revisión del proceso constructivo del tramo carretero Patamban - la  
Cantera, del km. 9+700 al km. 14+660, en el Estado de Michoacán.

## **TESIS**

Que para obtener el título de:

**Ingeniero Civil**

Presenta:

**Misael Medina Chávez**

Asesor:

**Ing. Guillermo Navarrete Calderón**

Uruapan, Michoacán, 2008



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**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 DIOS:**

Por haberme dado la vida y por darme oportunidad de seguir adelante y darme las fuerzas para culminar todas mis metas.

### **A MIS PADRES:**

A mis padres, Rogelio Medina Álvarez, María Chávez Valencia, por haberme brindado todo el apoyo, cariño amor y comprensión durante toda la vida, por su sabiduría y buen ejemplo que me han enseñado, les agradezco de corazón.

### **A MIS HERMANOS:**

A mis hermanos Lina, Bruno, Lilia, Hermila, Timoteo, Belarmina y Leonel, por haberme brindado todo su apoyo y comprensión no solo durante la carrera sino durante nuestra existencia. Gracias Hermanos.

### **A MI FAMILIA:**

A ti Rosario que tanto me has apoyado en la culminación de todos mis proyectos, y sobre todo por haberme dado a estos niños, que tanto amo, Cynthia Michell, Misael Iván y Mauricio Yahir. También gracias a ustedes por existir por que me han dado fuerzas para salir adelante.

### **AL ING. ANASTACIO BLANCO SIMIANO:**

Por todo el apoyo que me ha brindado no solo como maestro sino como amigo, durante la carrera y durante la ejecución de este trabajo. Te agradezco infinitamente.

### **A MI ASESOR, ING. GUILLERMO NAVARRETE CALDERÓN:**

A ti amigo por todo el apoyo incondicional que me diste durante el transcurso de preparación de esta tesis así como en la preparación profesional, Te agradezco de corazón.

## INDICE

### **Introducción.**

Antecedentes. . . . .	1
Planteamiento del problema. . . . .	5
Objetivos. . . . .	5
Justificación. . . . .	7
Delimitación. . . . .	8
Marco de referencia. . . . .	9

### **Capitulo 1.- Vías terrestres.**

1.1. Antecedentes de los Caminos. . . . .	10
1.2. Inventario de Caminos. . . . .	11
1.3. Elementos de la ingeniería de tránsito usados para el proyecto. . . . .	13
1.4. Velocidad. . . . .	21
1.5. Volumen de tránsito. . . . .	23
1.6. Densidad de tránsito. . . . .	29
1.7. Derecho de vía. . . . .	29
1.8. Capacidad y nivel de servicio. . . . .	30
1.9. Distancia de visibilidad. . . . .	41
1.10. Mecánica de suelos. . . . .	44

### **Capitulo 2.- Características físicas de una vía terrestre.**

2.1 Alineamiento vertical. . . . .	66
------------------------------------	----

2.2	Alineamiento horizontal.	69
2.3	Sección transversal.	72
2.4	Elementos que forman un pavimento.	80
2.5	Materiales asfálticos.	101
2.6	Compactación de los materiales en caminos.	104
2.7	Controles de calidad necesarios.	108
2.8	Programación de obra.	112

### **Capítulo 3.- Resumen ejecutivo de macro y micro localización..**

3.1	Generalidades.	117
3.2	Resumen ejecutivo.	118
3.3	Entorno geográfico.	119
3.4	Informe fotográfico.	123

### **Capítulo 4.- Metodología.**

4.1	Método empleado.	127
4.2	Método matemático.	128
4.3	Diseño de la investigación.	130
4.4	Instrumentos de recopilación de datos.	131
4.5	Descripción del proceso de investigación.	133

### **Capítulo 5.- Análisis e interpretación de resultados.**

5.1.	Elaboración de la base hidráulica.	134
5.2.	Elaboración de la superficie de rodamiento.	139

5.3. Señalamiento horizontal. . . . .	149
5.4. Presupuesto y programación de obra. . . . .	153
<b>Conclusiones.</b> . . . . .	170
<b>Bibliografía..</b> . . . . .	173
<b>Anexos</b>	

## RESUMEN

La presente tesis tiene como objetivo principal la Revisión del proceso constructivo del tramo carretero Patamban - la Cantera, del km. 9+700 al km. 14+660, en el Estado de Michoacán. En el desarrollo de los capítulos se tratan en forma introductoria los aspectos a las vías terrestres; sus antecedentes, aplicaciones, ingeniería de tránsito, la velocidad, el derecho de vía, capacidad y nivel de servicio, distancia de visibilidad y mecánica de suelos; así como también se describen las características físicas de una vía terrestre, como son el alineamiento horizontal, alineamiento vertical, sección transversal, los elementos que forman un pavimento, las características de los materiales asfálticos, así como la compactación realizada para los diferentes tipos de materiales, también se describen los controles de calidad necesarios para la construcción de las terracerías, así como la realización de un programa de obra para llevar una perfecta coordinación de las actividades que permita la terminación de la obra en tiempo y forma, dicho aspecto redundando en la aplicación correcta del presupuesto para la construcción de la obra. También cuenta con resumen ejecutivo de macro y microlocalización del camino en cuestión, su ubicación geográfica y topográfica, sus actividades, además su estado físico apoyado en un informe fotográfico. En este trabajo de tesis se usó el método matemático apoyado en un enfoque cuantitativo, con un alcance descriptivo; con un tipo de diseño no experimental transeccional. Concluyendo con el análisis y la interpretación de los resultados, que se describen en el capítulo no. 5, haciendo referencia en dicho capítulo, a los procedimientos de elaboración de la base hidráulica, la elaboración de la superficie de rodamiento, la elaboración de un presupuesto y un programa de

obra. Se presenta para finalizar las conclusiones a las que se llegaron después de la investigación y seguimiento realizado durante la construcción de la obra.



# INTRODUCCIÓN

## **Antecedentes.**

De acuerdo con la página de internet [www.arqhys.com](http://www.arqhys.com) (2008), el aumento de tamaño y densidad de las poblaciones en las ciudades de las primeras civilizaciones y la necesidad de comunicación con otras regiones se tornó necesaria para hacer llegar suministros alimenticios o transportarlos a otros consumidores, es allí donde surgen las carreteras. Las carreteras fueron los primeros signos de una civilización avanzada. Los mesopotámicos fueron uno de los primeros constructores de carreteras hacia el año 3500 a.C. Le siguieron los chinos, los cuales desarrollaron un sistema de carreteras en torno al siglo XI a.C., y construyeron la Ruta de la Seda (la más larga del mundo) durante 2.000 años. Los incas de Sudamérica construyeron una avanzada red de caminos que no se consideran estrictamente carreteras, ya que la rueda no era conocida por los incas.

Estas llamadas carreteras recorrían todos los Andes e incluían galerías cortadas en rocas sólidas. En el siglo I, el geógrafo griego Estrabón registró un sistema de carreteras que partían de la antigua Babilonia; los escritos de Heródoto, historiador griego del siglo V a.C., mencionan las vías construidas en Egipto para transportar los materiales con los que construyeron las pirámides y otras estructuras monumentales levantadas por los faraones. Aun existen algunas de las antiguas carreteras. Las más antiguas fueron construidas por los romanos. La vía Apia empezó a construirse alrededor del 312 a.C., y la vía Faminia hacia el 220 a.C. En la cumbre de su poder, el Imperio romano tenía un sistema de carreteras de unos 80,000 km. consistente en 29 calzadas que partían de la ciudad de Roma, y una red

que cubría todas las provincias conquistadas importantes, incluyendo Gran Bretaña. Las conocidas calzadas romanas tenían un espesor de 90 a 120 cm, y estaban compuestas por tres capas de piedras argamasadas cada vez más finas, con una capa de bloques de piedras encajadas en la parte superior.

Toda persona tenía derecho a usar las calzadas, según la ley romana, pero los responsables del mantenimiento eran los habitantes del distrito por el que pasaba. Este sistema era eficaz para mantener las calzadas en buen estado mientras existiera una autoridad central que lo impusiera; con la ausencia de la autoridad central del Imperio romano durante la edad media (del siglo X al XV), el sistema de calzadas nacionales empezó a desaparecer. El gobierno francés instituyó un sistema para reforzar el trabajo local en las carreteras a mitad del siglo XVII, y con este método construyó aproximadamente 24,000 km de carreteras principales. Más o menos al mismo tiempo, el Parlamento instituyó un sistema de conceder franquicias a compañías privadas para el mantenimiento de las carreteras, permitiendo a las compañías que cobraran un peaje o cuotas por el uso de las mismas. Se hicieron perfeccionamientos en los métodos y técnicas de construcción de carreteras Durante las tres primeras décadas del siglo XIX. Los ingenieros británicos, Thomas Telford y John Loudon McAdam, y un ingeniero de caminos francés, Pierre-Marie-Jérôme Trésaguet, fueron los responsables. El sistema de Telford implicaba cavar una zanja e instalar cimientos de roca pesada. Los cimientos se levantaban en el centro para que la carretera se inclinara hacia los bordes permitiendo el desagüe. La parte superior de la carretera consistía en una capa de 15cm de piedra quebrada compacta.

El sistema de McAdam mantenía que la tierra bien drenada soportaría cualquier carga. En el método de construcción de carreteras de McAdam, la capa final de piedra quebrada se colocaba directamente sobre un cimientado de tierra que se elevaba del terreno circundante para asegurarse de que el cimientado desaguaba. El sistema de McAdam, llamado macadamización, se adoptó en casi todas partes, sobre todo en Europa. Sin embargo, los cimientados de tierra de las carreteras macadamizadas no pudieron soportar los camiones pesados que se utilizaron en la I Guerra Mundial. Como resultado, para construir carreteras de carga pesada se adoptó el sistema de Telford, ya que proporcionaba una mejor distribución de la carga de la carretera sobre el subsuelo subyacente. El declive de las carreteras tuvo lugar en el periodo de expansión del ferrocarril en la última mitad del siglo XIX. Es en este periodo donde se introduce el ladrillo y el asfalto como pavimento para las calles de las ciudades.

Cabe mencionarse que de acuerdo con Estrada (2008), en su tesis “Proceso constructivo de la estructura del pavimento del camino que conduce de los Fresnos a Uringuitiro, en el municipio de Tancítaro, Mich.” concluye que el proceso constructivo consiste, en que una vez terminadas las etapas de drenaje, movimientos de tierras y terracerías se procede a la construcción del pavimento, colocándose en primera instancia la sub-base, enseguida la base después el riego de impregnación y finalmente el riego de liga para permitir la adherencia de la carpeta asfáltica con un riego de sello.

Por otra parte, en la tesis de Ávila (2008), titulada: “Proceso constructivo y revisión del programa de obra de la rampa de emergencia ubicada en el km. 84+380

del tramo Pátzcuaro-Uruapan”, obtuvo como respuesta a su objetivo principal, que el procedimiento constructivo que se utilizó, sí fue de acuerdo a la normatividad de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT), cumpliendo con todos los requisitos señalados por las normas de la misma.

Asimismo, Armando Chapa Villagómez (2008), en su tesis denominada “Análisis comparativo del proceso de construcción para el pavimento del tramo: Zicuirán - Churumuco del km. 42+300, en el Estado de Michoacán”, comprobó que efectivamente se había llevado a cabo un buen procedimiento constructivo, un efectivo control de calidad, así como un proceso de control topográfico que dio muy buenos resultados, además de realizarse un análisis del presupuesto de la obra muy eficaz.

## **Planteamiento del problema.**

En la construcción de los caminos de comunicación entre los pueblos de Patamban y La Cantera, que son de gran relevancia turística a nivel estado, es de vital importancia que su ejecución sea de buena calidad y que el procedimiento constructivo cumpla con las expectativas, tanto de la ciudadanía como de las autoridades involucradas en este proyecto, puesto que se requiere aprovechar al máximo el recurso aprobado por el Gobierno Federal y Estatal. Por lo que en el presente estudio se propondrá la utilización del procedimiento constructivo que sea más efectivo económicamente sin escatimar en la calidad de los trabajos. Para realizar tal tarea se investigará desde el origen: ¿qué es un procedimiento constructivo?, los diversos tipos que hay de procedimientos constructivos, así como los tipos de vías terrestres existentes, así como su clasificación, se investigará el tipo de clima que prevalece en la región, además de la topografía y geología del terreno, de igual manera se analizará si el costo de dicha construcción fue el ideal, lo cual dependerá del procedimiento constructivo utilizado.

## **Objetivos.**

En el presente estudio se buscará dar cumplimiento a los siguientes objetivos:

Objetivo general:

Revisar y determinar si el proceso constructivo utilizado en el tramo carretero Patamban - La Cantera, del km. 9+700 al km. 14+660, en el Estado de Michoacán, fue el óptimo o si es posible hacerle algunas mejoras.

Para facilitar el cumplimiento del objetivo general anterior, antes habrá de darse respuesta a los siguientes objetivos específicos:

- Definir qué es un procedimiento constructivo en un tramo carretero.
- Señalar cuántos tipos de procedimientos constructivos hay.
- Establecer qué es una vía terrestre.
- Mencionar cómo se clasifican las vías terrestres.

### **Pregunta de investigación.**

Para la realización de la presente investigación, es preciso dar respuesta a las siguientes preguntas:

- ¿Qué tan adecuado fue el proceso constructivo realizado en el tramo en estudio?
- ¿Qué es un procedimiento constructivo?
- ¿Qué tipos de procedimientos constructivos existen?
- ¿Qué clima prevalece en la región?
- ¿Cuáles son las actividades preponderantes en la zona de ejecución de la obra?
- ¿Qué es una vía terrestres?
- ¿Cómo se clasifican las vías terrestres?
- ¿Qué características geológicas predominan en la zona de construcción del tramo en cuestión?
- ¿El costo empleado en la construcción de la obra fue el más idóneo?

## **Justificación.**

En la ejecución de obras referentes a las vías terrestres, juega un papel muy importante el procedimiento constructivo por utilizarse, puesto que depende de su buena elección un buen resultado de su construcción, lo que traerá efectos benéficos de varios tipos, como son: en el primer plano, en el aspecto económico, esto es que se aprovechará al máximo el recurso liberado, tanto del Gobierno Federal y Estatal, como del Municipal, a la vez que conlleva una buena calidad de la obra en lo constructivo que le permitirá dar un buen servicio al automovilista que circule por esta vía, como es la seguridad, comodidad y rapidez; a la par, facilitará la introducción de más y mejores servicios entre los pueblos que se comunicarán, además de que se incrementará el comercio, puesto que se facilitará la comercialización de la fruta, hortalizas, granos y forrajes, ganadería, etc. y será mucha mas efectivo su transporte de un lugar a otro.

Estos beneficios harán que la población en general crezca integralmente con un mejor nivel de vida, tengan un mejor nivel de educación, más atención médica, más servicios de comunicación y se crearán más empleos, ayudando a mejorar el nivel de adquisición de bienes y servicios.

Así que esta revisión será de gran aportación a la sociedad en general, así como a la comunidad estudiantil, porque tendrá una fuente de apoyo confiable para la realización de otras obras similares en la región, también para los diferentes tipos de gobierno para que en lo subsecuente, se tome en cuenta dicho análisis y realicen mejoras en sus modelos de contratación para la realización de dichas obras; en lo particular, el investigador experimentó un crecimiento teórico-práctico, puesto que

durante el desarrollo de tal proyecto fueron disolviéndose las dudas existentes acerca del procedimiento utilizado en construcción.

Cabe mencionar que esta revisión sólo se hará en un tramo en particular que enseguida se dará a conocer.

### **Delimitación.**

Debido a que existen diferentes tipos de procedimientos constructivos, según el tipo de obra de que se trate, y aún así, tratándose de una vía terrestre, éste varía de acuerdo con su topografía, clima, situación actual del camino, etc.

En el presente trabajo sólo se revisará el proceso constructivo utilizado en el tramo carretero Patamban - La Cantera, del km. 9+700 al km. 14+660.

Para llevar a cabo esta investigación se han tomado como apoyo a los diversos programas de computación existentes como son: autocad, civilcad, opus, el office 2007.



## **Marco de referencia**

La localidad de Patamban cuenta con 3280 habitantes, pertenece al municipio de Tangancicuaro Mich. Que se localiza a más de 1.000 m de altitud, cerca de la margen izquierda del río Duero, afluente del Lerma. De clima templado y veranos cálidos, es un centro agrícola y ganadero en cuyos alrededores se produce maíz, frijol, trigo y garbanzos. En las proximidades hay aserraderos y centros de explotación de resinas y aguarrás. Cuenta con industrias alimentarias, artesanías de barro vidriado decorado con pastillaje y gabanes y cobijas de lana.

También en sus inmediaciones se encuentra el parque nacional Lago de Camécuaro, donde se pueden practicar la pesca y algunos deportes acuáticos. Su nombre indígena significa 'lugar de tres ojos de agua'; estos tres ojos son Junguarán, Cuparchiro y Camécuaro.

## **CAPITULO 1**

### **VÍAS TERRESTRES**

En el presente capítulo se describirán los elementos y criterios necesarios para la revisión y construcción de una vía terrestre en su totalidad desde sus antecedentes hasta la mecánica de suelos utilizados.

#### **1.1. Antecedentes de los Caminos.**

Desde la antigüedad, los avances en la construcción de las vías terrestres iban a la par que el avance de la civilización, a medida que las poblaciones incrementaban su tamaño y mostraban mayor densidad de población se incrementaba la necesidad de mejorar las condiciones de los caminos para transportar alimentos a otros asentamientos humanos. Entre los primeros constructores de caminos se conocen a los mesopotámicos.

El invento que vino a revolucionar el transporte fue el invento de la rueda que se suscitó hace 5,000 años aproximadamente en Asia menor, probablemente por los sumerios o acadios, esto origino que se necesitara mejorar la superficie de rodamiento de los caminos y que permitiera avanzar a la carreta de cuatro ruedas con mayor eficiencia. Los primeros caminos que se construyeron fueron entre Asia y Egipto, que fueron los pueblos que mostraron un mayor florecimiento económico.

En México se inició con la construcción de caminos y el mejoramiento de los ya existentes, en 1925 aproximadamente, de acuerdo a normas y especificaciones y de acuerdo a su máxima capacidad económica desde caminos de cuota de altas especificaciones hasta las brechas más rústicas, constituyeron uno de los factores básicos de desarrollo del país. Esta fecha fue cuando se creó la Comisión Nacional

de Caminos. En el año de 1932 esta Comisión pasó a depender de la Secretaría de Comunicaciones y Obras Públicas y en 1958, se divide Secretaría de obras Públicas y Secretaría de Comunicaciones y Transportes. Y a partir de 1982 esta Secretaría atiende todos los asuntos relacionados con los caminos.

**LONGITUD DE LA RED NACIONAL CARRETERA POR TIPO DE CAMINO, ESTADO SUPERFICIAL Y POR CARRILES**  
Serie anual 1994 y de 2000 a 2006

(Kilómetros)

<b>Red nacional carretera</b>	<b>1994</b>	<b>2000</b>	<b>2001</b>	<b>2002</b>	<b>2003</b>	<b>2004</b>	<b>2005</b>	<b>2006<sup>E</sup></b>
<b>Total</b>	<b>291 404</b>	<b>323 066</b>	<b>330 006</b>	<b>337 168</b>	<b>349 037</b>	<b>362 076</b>	<b>366 796</b>	<b>366 927</b>
<b>Por tipo de camino</b>								
Federal	46 643	48 464	48 404	48 524	48 433	48 579	48 362	48 482
- Cuota <sup>a</sup>	6 294	6 598	6 759	6 987	6 979	7 421	7 409	7 409
- Libre	40 349	41 866	41 645	41 537	41 454	41 158	40 953	41 073
Estatad	56 062	64 706	65 553	66 586	74 139	75 217	71 032	71 032
Rural	138 163	149 338	150 917	153 294	159 545	165 132	163 516	163 527
Brechas mejoradas	50 536	60 557	65 131	68 764	66 920	63 148	72 886	72 886
<b>Por estado superficial</b>								
Pavimentado	93 868	108 488	110 910	113 125	117 023	116 926	122 678	122 808
Revestimiento	137 253	145 279	147 474	148 586	151 433	156 501	153 065	153 066
Terracerías	9 747	8 741	6 490	6 693	13 661	15 500	7 167	7 167
Brechas mejoradas	50 536	60 557	65 131	68 764	66 920	63 148	72 886	72 886
<b>Por carriles</b>								
Dos carriles	85 605	98 275	100 562	102 988	106 445	105 954	111 447	111 578
Cuatro o más carriles	8 263	10 213	10 348	10 137	10 578	10 972	11 231	11 231

<sup>a</sup> Incluye las estatales de cuota.

<sup>E</sup> Cifras estimadas.

Fuente: Dirección General de Planeación y Subsecretaría de Infraestructura.

**Tabla no. 1.1**

**1.2. Inventario de Caminos.**

Con el propósito de realizar un inventario de caminos en cierta entidad existen varios métodos, desde el más general y sencillo, pero con el que no se obtiene lo requerido, que consiste en recorrer el camino en un vehículo tomando la distancia con el odómetro del mismo y tomando la información que a simple vista pueda obtenerse; hasta el más costoso y lento que consiste en levantar por medios topográficos precisos que darán la información precisa que se requiere. Por lo que a continuación se describirá el más conveniente que cumple con los requisitos de rapidez, precisión y economía:

### **Método odógrafo-giroscópico-barométrico:**

Este método utiliza para realizar el inventario, un vehículo tipo guayin, en donde se instala el sistema odométrico; el odógrafo, toma los datos referentes a la distancia y dirección, el giroscopo, el sistema de orientación y la grabadora magnética. El kilometraje es medido por el sistema odométrico mediante un dispositivo que mide el número de vueltas que da la rueda delantera izquierda. El perfil del camino se obtiene con el barómetro o altímetro a partir de este perfil se determina el alineamiento vertical, que se puede comprobar en ciertos casos con el clisímetro, si las pendientes son muy fuertes.

Al final del levantamiento los datos obtenidos son: planta del camino, perfil, itinerario, configuración del terreno por el que se cruza, características de la superficie de rodamiento, sección transversal, alineamiento vertical y horizontal, visibilidad, señalamiento, obras de drenaje, cruces y entronques con otras vías de comunicación, características de los poblados por los que pasa el camino, uso de la tierra a los lados del camino y demás datos que se consideren importantes.

### **Aplicaciones del inventario de caminos**

Las más importantes son: la obtención de la capacidad de los caminos que integran la red, y la posibilidad de señalar las obras necesarias y sus prioridades en los programas de reconstrucción, conservación y construcción.

Una vez terminado el inventario de los caminos, se debe mantener actualizado, mediante el adecuado registro de los cambios hechos al mismo.

### **1.3. Elementos de la ingeniería de tránsito usados para el proyecto.**

La ingeniería de caminos es una rama de la ingeniería que se encarga del estudio del movimiento de las personas y vehículos en las calles y caminos con el fin de hacerlos más eficaces, rápidos seguros.

#### **Factores que integran el tránsito:**

##### **A. El problema del tránsito.**

Este problema se da principalmente por la falta de modernización de los caminos puesto que estos se construyeron sobre ya rutas existentes y se proyectaron para vehículos de hace 40 años razón por la cual estos caminos ya no cumplen con las necesidades de los vehículos actuales.

Existen factores diversos que agudizan este problema de tránsito, como son:

La circulación de diferentes tipos de vehículos en el mismo camino, tales como camiones, automóviles, bicicletas, carretas, etc, caminos inadecuados que incluyen tramos urbanos anacrónicos, calles y caminos angostos, torcidos y con fuertes pendientes y banquetas insuficientes y además de falta de leyes y reglamentos de tránsito que se adapten a las necesidades del usuario.

##### **B. Soluciones para el problema del tránsito.**

Existen tres tipos de soluciones que se pueden dar para resolver el problema del tránsito:

###### **a) Solución integral:**

Consiste en crear un tipo de camino de acuerdo al vehículo moderno dentro de un tiempo razonable de previsión. Deben proyectarse ciudades con calles que permitan viajar con seguridad y rapidez de acuerdo a las exigencias del vehículo.

### **b) Solución parcial de alto costo:**

Radica en actualizar los caminos actuales realizando las modificaciones necesarias que requieren de fuertes inversiones como son el ensanchamiento de calles, pasos a desnivel, colocación de semáforos para control automático del tránsito, etc.

### **c) Solución parcial de bajo costo:**

Este punto, señala el aprovechar los caminos actuales con el mínimo de obras materiales pero si en aplicar al máximo los recursos de regulación funcional como son campañas de educación vial, estacionamientos con tiempo limitado, cambio en el sentido de las calles, etc.

Cualquiera que sea la solución que se tome deben existir los tres elementos mas importantes que son la ingeniería de transito, la educación vial, la legislación y la vigilancia policíaca.

## **C. Elementos del tránsito.**

Estos son los elementos que constituyen el tránsito: el usuario, el vehículo y el camino.

### **D. El usuario.**

Constituido por la población en general que utiliza los caminos y calles, tanto como conductor y como peatón.

El peatón se caracteriza por su capacidad de adaptarse a las condiciones existentes.

El conductor es el medio humano que controla el movimiento del vehículo, este tiene dos limitaciones: la visibilidad y el tiempo de reacción. **La visibilidad** es la

capacidad de sus ojos y al realizar el proyecto de un camino deben tomarse en cuenta la percepción de los colores, la agudeza visual, la visión periférica, la recuperación al vislumbramiento y la profundidad de percepción. **El tiempo de reacción** puede ser condicionado o psicológico; la reacción es condicionada cuando son realizadas inconscientemente y que son resultado de los hábitos adquiridos por el usuario.

### **E. El vehículo:**

En la actualidad se ha presentado un enorme desarrollo del automóvil, así como su potencia, pues alcanzan velocidades muy superiores a las que permiten el tránsito y los caminos actuales, en los camiones se ha permitido mayor capacidad de carga en beneficio del transporte.

Las características geométricas están determinadas por sus dimensiones y su radio de giro. Por sus dimensiones tan variables que hay de vehículos, se utiliza para proyectar, un vehículo promedio observando una tendencia en la construcción de los mismos, para que los caminos continúen sirviendo para futuras generaciones. El radio de giro del vehículo está definida por la circunferencia marcada por la trayectoria de la llanta delantera al realizarse un giro.

Existen varios tipos de vehículos: los ligeros y los pesados.

Los vehículos ligeros, son los que constan de dos ejes y cuatro ruedas (tipo A); los vehículos pesados son los que constan de dos o más ejes y de 6 o más llantas.
















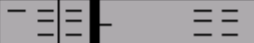


TIPO DE VEHICULO		Núm. de Ejes	ESQUEMAS		
			PERFIL	PLANTA	
VEHICULOS LIGEROS	Automoviles	2			Ap
	Camionetas				Ap
VEHICULOS PESADOS	Autobuses	2			B
	Camiones	2			C2
			3		
		4			
			5		
		5			
					T2 - S1 R2

Tabla no. 1.2

## F. El camino.

El camino es la faja de terreno acondicionada para el tránsito de vehículos. Estos pueden ser clasificados desde varios puntos de vista:

### Clasificación de las carreteras:

Las carreteras se han clasificado de diferentes maneras en diferentes lugares del mundo, ya sea con arreglo al fin que con ellas se persigue o por su transitabilidad.



En la práctica vial mexicana se pueden distinguir varias clasificaciones dadas en otros países. Ellas son: clasificación por transitabilidad, Clasificación por su aspecto administrativo y clasificación técnica oficial.

### **Clasificación por su transitabilidad:**

La clasificación por su transitabilidad corresponde a las etapas de construcción de las carreteras y se divide en:

1. Terracerías: cuando se ha construido una sección de proyecto hasta su nivel de subrasante transitable en tiempo de secas.
2. Revestida: cuando sobre la subrasante se ha colocado ya una o varias capas de material granular y es transitable en todo tiempo.
3. Pavimentada: cuando sobre la subrasante se ha construido ya totalmente el pavimento.

### **Clasificación administrativa:**

Por el aspecto administrativo las carreteras se clasifican en:

1. **Federales:** cuando son costeadas íntegramente por la federación y se encuentran por lo tanto a su cargo.
2. **Estatales:** cuando son construidos por el sistema de cooperación a razón del 50% aportados por el estado donde se construye y el 50% por la federación. Estos caminos quedan a cargo de las antes llamadas juntas locales de caminos.

3. **Vecinales o rurales:** cuando son construidos por la cooperación de los vecinos beneficiados pagando estos un tercio de su valor, otro tercio lo aporta la federación y el tercio restante el estado. Su construcción y conservación se hace por intermedio de las antes llamadas juntas locales de caminos y ahora sistema de caminos.
4. **De cuota:** las cuales quedan algunas a cargo de la dependencia oficial descentralizada denominada 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 cuotas de paso

**Clasificación técnica oficial:** esta clasificación permite distinguir en forma precisa la categoría física del camino, ya que toma en cuenta los volúmenes de tránsito sobre el camino al final del periodo económico del mismo (20 años) y las especificaciones geométricas aplicadas. En México la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (S.C.T.) clasifica técnicamente a las carreteras de la manera siguiente:

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

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

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

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

En la clasificación técnica anterior, que ha sufrido algunas modificaciones en su implantación, se ha considerado un 50% de vehículos pesados igual a tres toneladas por eje. El número de vehículos es total en ambas direcciones y sin considerar ninguna transformación de vehículos comerciales a vehículos ligeros. (En México, en virtud a la composición promedio del tránsito en las carreteras nacionales, que arroja un 50% de vehículos comerciales, de los cuales un 15% está constituido por remolques, se ha considerado conveniente que los factores de transformación de los vehículos comerciales a vehículos ligeros en caminos de dos carriles, sea de dos para terreno plano, de cuatro en lomeríos y de seis en terrenos montañosos.)

Clasificación y características de las carreteras:

CONCEPTO		UNIDAD	TIPO DE CARRETERA														
			E			D			C			B			A		
IDPA en el horizonte de proyecto		Veh/día	Hasta 100			100 a 500			500 a 1500			1500 a 3000			Mas de 3000		
TERRENO	Montañoso	-----	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Lomerío		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Plano		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Velocidad de proyecto		Km/hr	30	40	50	60	70	80	90	100	50	60	70	80	90	100	110
Distancia de visibilidad de parada		m	30	40	55	75	95	135	155	180	55	75	95	135	155	180	215
Distancia de visibilidad de rebase		m	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Grado máximo de curvatura		°	60	30	17	11	7.5	6.0	5.25	4.75	4.25	3.75	3.25	2.75	2.25	1.75	1.25
CURVAS VERTICALES	K	Cresta	m / %			4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
		Cobmpio	m / %			4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Longitud mínima		m	20	30	30	40	40	40	40	40	30	30	30	30	30	30	30
Pendiente gobernadora		%	9			8			6			5			4		
Pendiente máxima		%	13			12			8			7			6		
Longitud crítica		m	Ver tabla long. crítica			Ver tabla long. crítica			Ver tabla long. crítica			Ver tabla long. crítica			Ver tabla long. crítica		
Ancho de calzada		m	4.0			6.0			6.0			7.0			A2 7.0 2carr		
Ancho de corona		m	4.0			6.0			6.0			7.0			A4 2x7.0 4carr		
Ancho de acotamientos		m	-			-			0.5			1.0			A4S 2x7.0 4carr		
Ancho de faja separadora central		m	-			-			-			-			2.5 30ext 0.5m		
Bombeo		%	3			3			2			2			2		
Sobreelevación máxima		%	10			10			10			10			10		
Sobre elevaciones para grados menores al máximo		%	Ver tabla			Ver tabla			Ver tabla			Ver tabla			Ver tabla		
Ampliaciones y longitudes mínimas de transiciones		m	Ver tabla			Ver tabla			Ver tabla			Ver tabla			Ver tabla		

www.construaprende.com

Tabla 1.3

#### 1.4. Velocidad.

La velocidad de proyecto es un factor de primordial importancia que determina normalmente el costo del camino y es por ello por lo que debe limitarse para obtener costos bajos.

Se define la velocidad como la relación entre el espacio recorrido y el tiempo que se tarda en recorrerlo, o sea, una relación de movimiento que queda expresada, para velocidad constante, por la formula:  $V = d/t$ .

Como la velocidad que desarrolla un vehículo queda afectada por sus propias características, por las características del conductor y de la vía, por el volumen de transito y por las condiciones atmosféricas imperantes, quiere decir que la velocidad a la que se mueve un vehículo varia constantemente, causa que obliga a trabajar con valores medios de velocidad.

Se distinguen cuatro tipos de velocidad: de proyecto, de operación, de punto y efectiva o global

**Velocidad de Proyecto.** Esta es de suma importancia es la velocidad que ha sido escogida para gobernar y correlacionar las características y el proyecto geométrico de un camino en su aspecto operacional.

Todos los elementos del proyecto de un camino deben calcularse en función de la velocidad de proyecto. Al hacer esto, se tendrá un diseño armónico que no ofrecerá sorpresas al conductor.

Velocidades de proyecto recomendadas por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, son las siguientes:

<b>VELOCIDADES DE PROYECTO RECOMENDABLES</b>				
<b>TOPOGRAFÍA</b>				
<b>TIPO DE CAMINO</b>	<b>Plana o con poco lomerío</b>	<b>Con lomerío fuerte</b>	<b>Montañosa, pero Poco escarpada</b>	<b>Montañosa, pero Muy escarpada</b>
<b>Tipo especial</b>	110 km/h	110 km/h	80 km/h	80 km/h
<b>Tipo A</b>	70 km/h	60 km/h	50 km/h	40 km/h
<b>Tipo B</b>	60 km/h	50 km/h	40 km/h	35 km/h
<b>Tipo C</b>	50 km/h	40 km/h	30 km/h	25 km/h

**Tabla 1.4**

**Velocidad de operación:**

Es la velocidad real con que transitan los vehículos sobre el camino, esta se ve afectada por el volumen de tránsito que circula sobre dicho camino. Cuando los volúmenes de vehículos son bajos la velocidad de operación es muy cercana a la velocidad de proyecto. El proyecto debe realizarse para que el camino opere de una manera eficiente con velocidades de operación correspondientes a volúmenes de tránsito bajos, si esto se logra el camino funcionara satisfactoriamente cuando los volúmenes aumenten.

**Velocidad de punto:**

La velocidad de punto es la que lleva un vehículo cuando pasa por un punto dado de un camino. La velocidad de punto se puede considerar similar a la de operación en tramos pequeños de un camino en que las características de operación varían poco. En tramos largos, donde existen muchas variaciones de velocidad, la

media aritmética de las velocidades de punto, tomadas en sitios representativos de cada velocidad, nos da la velocidad de operación a lo largo del camino.

**Velocidad efectiva o global:**

Es la velocidad promedio mantenida por un vehículo a lo largo de un camino. Se obtiene dividiendo la distancia total recorrida entre el tiempo que tarda en recorrer dicha distancia, incluyendo los retrasos ocasionados por las condiciones prevaletientes en el camino.

**1.5. Volumen de tránsito.**

El volumen de tránsito es el número de vehículos que se mueven en una dirección o direcciones específicas sobre un carril y que pasan por un determinado punto durante un cierto tiempo determinado. Los periodos más usados son el día y la hora.

El Volumen Promedio Diario Anual (VPDA), es el número de vehículos que pasan por un punto dado del camino durante un año dividido en 365 días. Este no es apropiado para la elaboración del proyecto debido a que no indica las variaciones que ocurran durante los meses del año los días de la semana y las horas del día.

El Volumen Máximo Horario Anual (VMHA), es el volumen horario más alto que se presenta en un determinado año. Aunque este VMHA es el que más se acerca a las condiciones de operación, su aplicación en el proyecto nos arroja obras muy sobradas.

El volumen que se usara en el proyecto no debe ser excedido muy a menudo.

Existe una forma para determinar el volumen más apropiado, que consiste en formar una grafica en las que se representen las variaciones del volumen horario durante el año.

**a) Conteos de transito:**

Existen dos métodos básicos de aforo, el **mecánico**, que es aquel que realiza los aforos automáticamente y el **manual**.

Los anteriores métodos permiten conocer el grado de ocupación y las condiciones en que operan las vialidades; así como el análisis de la evolución histórica de la demanda permite definir las tendencias de crecimiento y el momento a partir del cual ciertos segmentos dejaran de prestar un servicio adecuado, convirtiéndose en cuellos de botella que propicien el estancamiento del desarrollo en lugar de propiciarlo.

Con el objeto de actualizar y detallar las características de transito, en un tramo de carretera deben realizarse aforos de corta duración bajo la observación de importantes aspectos locales como puede ser el entorno agrícola, en cuyo caso ha de procurarse realizar aforos en las épocas de siembra y cosecha; o si la zona es de influencia turística, estudiar los periodos normales y los de mayor afluencia del turismo.

No se ha establecido una duración estándar para efectuar un aforo de transito, esto supone una cierta libertad para elegirlo. El criterio que debe seguirse en la elección debe considerar el grado de precisión que se desee y la variabilidad de los volúmenes a lo largo de la semana, en general, se recomienda periodos de



tres horas y cinco o siete días. Los aforos de tres horas se realizan dentro del periodo de mayor demanda y sirven para determinar el volumen de la hora de máxima demanda, así como para estimar la composición vehicular. Los aforos de 15 horas se realizan de siete de la mañana a diez de la noche en lugares con gran variabilidad en el tránsito durante el transcurso del día. Los aforos de 48 horas se efectúan con medios mecánicos y deben realizarse en días hábiles. Los aforos de cinco o siete días se efectúan también con medios mecánicos y deben abarcar también los días sábado y domingo.

Los puntos de medición o estaciones de aforo han de corresponder a puntos importantes y representativos del tramo. Una carretera entre dos centros de población puede tener dos caminos alimentadores, en este caso se recomienda contar con tres puntos de medición, con este sistema se puede determinar de manera confiable los niveles promedio de tránsito en ambas direcciones.

Para los fines de conteo manual los vehículos se clasifican en la siguiente forma:

Vehículos ligeros (Menos de 2.5 tons.)	A	Automóviles, pick ups, panel, camiones ligeros, etc.
Vehículos pesados (Mayores de 2.5 tons.)	B	Camiones
	C	Autobuses

**Tabla 1.5**

El conteo se puede realizar de dos maneras diferentes, por medio de rayas o por contadores mecánicos operados manualmente.

### **Conteos mecánicos.**

El conteo de los vehículos se realiza automáticamente mediante dispositivos diversos, a continuación se enumeran los más importantes:

- **Contadores neumáticos.** Está constituido por un tubo flexible de goma que está colocado de manera transversal al camino en revisión cerrado en un extremo y unido al contador en el otro extremo. Este instrumento tiene el inconveniente de registrar un solo vehiculo cuando pasen dos al mismo tiempo y de que no clasifica los vehículos según el tipo.
- **Contadores electromecánicos.** Este instrumento esta colocado dentro del pavimento, consta de un circuito bifilar, por uno sus hilos pasa una corriente eléctrica de alta frecuencia que provoca en el hilo una corriente inducida. En el momento que lo cruza un vehículo este provoca un cambio de intensidad en la corriente misma que es registrada. Este también tiene el inconveniente de que no clasifica los vehículos.
- **Contadores de presión – contacto.** Este también va colocado bajo el pavimento, consiste en un electroimán colocado dentro de una caja que cuenta con una tapa metálica que se acciona mediante un resorte al paso de los vehículos produciendo una corriente eléctrica que es registrada. Este dispositivo debe mantenerse cubierto debido a que se daña si se mantiene a la superficie. Este tipo de dispositivos se usan comúnmente en los caminos de cuota.

**b) Estudios de origen y destino.** Para realizar un aforo efectivo vehicular, este tipo de estudio se puede considerar el más completo, ya que por este medio se obtienen los volúmenes de tránsito, tipo de vehículos, clasificación, el origen y el destino del viaje, número de pasajeros, las dificultades que se presentan durante el recorrido, productos transportados, modelos y marcas de los vehículos.

Existen 4 maneras prácticas de llevar a cabo los estudios de origen y destino:

- ✓ Por medio de entrevistas directas al conductor.
- ✓ Entregando un cuestionario al conductor para que lo llene durante su recorrido devolviéndolo en la siguiente estación.
- ✓ Realizando entrevistas personales en el domicilio del usuario de mediante muestreo estadístico.
- ✓ Observando las placas de los vehículos en puntos diversos,

El más apropiado en las áreas rurales es mediante entrevistas directas al conductor en la carretera y en las zonas urbanas las entrevistas a domicilio del usuario.

**c) Red de estaciones de aforo en México.**

El incremento de los volúmenes de tránsito ha determinado que la Secretaría de Comunicaciones y Transportes instale puestos de aforo vehicular en las carreteras nacionales que permitan captar el tránsito más representativo en cada tramo, y que registren el tránsito promedio diario tomando como base el ya tomado durante una semana o dos. Estos se comparan con los resultados de las estaciones maestras que registran todo el año obteniéndose así una cifra muy cercana al VPDA.

Las estaciones maestras han sido instaladas en puntos estratégicos con el objeto de complementar tanto los estudios de origen y destino como los diversos muestreos de corta duración. En estas estaciones se usan contadores neumáticos que detectan el número de ejes de los vehículos que los cruzan y eléctricos que registran el número de vehículos en lapsos de una hora. Las casetas de cobro funcionan como estaciones maestras, permitiendo además conocer las variaciones que existen durante el año.

La perspectiva del tránsito futuro que un camino tendría debe hacerse para un plazo de 15 a 20 años teniendo en cuenta los siguientes factores:

- **Transito actual.** Es el volumen de transito que se tendría si es abierto a la circulación un camino nuevo o mejorado. Cuando este camino se va a mejorar el TDPA es el transito actual mas el TDPA incorporado de otros caminos. Para un camino nuevo el TDPA, es el transito incorporado de otros caminos.
- **Aumento del tránsito.**
  - ✓ **Incremento del tránsito normal.** Es el incremento del número de usuarios y vehículos, este se obtiene ajustando una curva de regresión a la curva de crecimiento histórico del volumen de transito y extrapolando hasta el año deseado.
  - ✓ **Transito generado.** Este tipo de transito de da entre el primer y segundo año de servicio del nuevo camino y esta dado por los viajes nuevos que no se realizaban por ningún medio. En regiones de

Estados Unidos se realizaron estudios que arrojaron resultados cuya variación va del 5% al 30% del tránsito actual.

✓ **Transito resultante del mejoramiento.** Este se debe a la mejora de las zonas agrícolas adyacentes. Estas zonas se desarrollan más rápidamente que en cualquier otra parte.

- **Factor de previsión del tránsito.** Es la relación de transito futuro o transito actual en presada en porcentaje decimal.

**1.6. Densidad de transito.** Es el número de vehículos que se encuentran en un tramo de un camino en tiempo determinado. Este se diferencia del volumen de transito debido a que este expresa el número de vehículos que pasan en una unidad de tiempo, de tal modo que si un camino se encuentra saturado de vehículo el volumen puede llegar a cero mientras que la densidad es bastante alta. Esta relación se manifiesta en la siguiente ecuación:

Volumen de transito = velocidad x densidad.

En esta ecuación, se observa que si la velocidad se conserva constante existe una relación lineal entre el volumen y la densidad, pero la realidad demuestra que si se aumenta el volumen la velocidad disminuye siempre por lo que resulta que no existe en la práctica una relación lineal entre el volumen y la densidad.

**1.7. Derecho de vía.** Así recibe el nombre la franja de terreno suficiente que se adquiere para alojar una vía de comunicación y que forma parte de la misma. Este ancho debe establecerse a las condiciones de seguridad, utilidad especial y eficiencia del servicio que debe satisfacer la vía de comunicación.

Para caminos de México la franja mínima es de 20 m. a cada lado del eje, se puede reducir o ampliar solo en casos especiales,

La adquisición de los derechos de vía varía según el camino de que se trate, atendiendo al origen de los recursos con los que se construirá: federales, de cooperación bipartita o cooperación tripartita.

Para los caminos federales, el procedimiento para la adquisición de la propiedad el derecho de vía, queda definido por la “Ley de Vías Generales de Comunicación”, expedido por decreto de fecha 30 de diciembre de 1939. El trámite de la documentación y el pago de las afectaciones se realizan mediante la Dirección General de Asuntos Jurídicos, Departamento de Derecho de Vía de la Secretaría de Obras Públicas, presentando los documentos que comprueben la propiedad y realizando la valuación correspondiente utilizando los precios unitarios ya establecidos en la propia Secretaría.

Para los caminos de cooperación tripartita, dado que esta es por cooperación de los particulares, no se realiza ningún pago por tal adquisición del derecho de vía. Este debe resolverse por los mismos interesados en la construcción del camino, mediante la cesión de derechos por donde pasará el camino.

## **1.8. Capacidad y nivel de servicio.**

La capacidad es una medida de la eficiencia de una vía terrestre. El nivel de servicio determina las condiciones de operación que el usuario experimenta al circular por un camino.

**1.8.1 La capacidad de un camino,** es el número máximo de vehículos que pueden circular bajo las condiciones prevalecientes del tránsito en un periodo dado.

El alineamiento vertical y horizontal, así como el ancho y número de carriles son las condiciones prevalecientes en un camino. La capacidad también es afectada por las condiciones ambientales, como: claridad, lluvia, calor, frío, nieve, niebla, etc. Pero no se toman en cuenta debido a que presentan mucha dificultad para su evaluación.

**1.8.2 El nivel de servicio**, es una medida cualitativa del efecto, de una diversidad de factores como son: la velocidad el tiempo de recorrido, la seguridad, la comodidad, libertad e manejo, los costos de operación que determinan condiciones de operación diferentes que ocurren en un camino.

Un camino opera a muchos niveles de servicio, dependiendo de los volúmenes y composición del tránsito y de las velocidades que se puedan alcanzar.

**1.8.3 Volumen de servicio**, es el volumen de tránsito correspondiente a un nivel de servicio dado. El volumen de servicio máximo es igual a la capacidad.

Los caminos presentan diversas características geométricas, principalmente en la sección transversal y en las pendientes que dependen del tipo de terreno, afectando las características de operación de los vehículos pesados y por lo tanto la capacidad del camino, de la siguiente manera:

- a. **Camino en terreno plano**: estos permiten que la velocidad de los caminos pesados sea similar a la de los ligeros.
- b. **Camino en lomerío**, estos provocan que los vehículos pesados reduzca su velocidad por debajo de la de los ligeros, en algunos tramos ligeros.
- c. **Caminos en montaña**, en este tipo de terreno los vehículos transitan a una velocidad muy baja, en distancias importantes y con mucha frecuencia.

**1.8.4 La capacidad y sus objetivos**, la capacidad de un camino permite dar solución a dos problemas primordiales en la ingeniería de caminos:

A).- Cuando se trate de un proyecto de un camino nuevo, la capacidad influye directamente en las características geométricas del camino, permitiendo que estas den un volumen de servicio por lo menos igual al volumen horario diario.

B).- Cuando se quiera conocer las características de operación de un camino, es posible determinar su nivel de servicio y la fecha probable en que se saturará.

**1.8.5. La operación del tránsito en la capacidad.** Los volúmenes máximos observados son cerca de 2000 v.p.h en los dos sentidos en carreteras de 2 carriles y de 2,000 en un sentido en carreteras de dos o más carriles.

En caminos de dos carriles el tránsito diario promedio es el mismo en cada sentido pero si pueden ser muy diferentes los volúmenes diarios.

En el diseño de un camino debe seleccionarse un volumen horario intermedio basándose en un estudio comparativo entre el costo y el servicio que se desea proporcionar.

**1.8.6. La velocidad en la capacidad.**

La capacidad que puede ofrecer un camino siempre permanece constante con el tiempo, si el volumen se incrementa habrá momentos en que los conductores no .- menor.

De acuerdo con Mier (1987), es mayor la variación de la velocidad durante el día que en la noche, y que las mayores velocidades se dan en los carriles interiores en carreteras de dos o más carriles



A la distancia que existe entre frentes de vehículo y vehículo se le nombra espaciamento. Y se le llama intervalo al tiempo que transcurre en el paso de dos vehículos sucesivos por un cierto punto.

#### **1.8.7.- Relaciones entre velocidad, volumen y densidad.**

a. **Relación entre la velocidad y el volumen.** Acorde al volumen de tránsito se incrementa la velocidad media vehicular disminuye. Y cuando en el volumen de tránsito no hay continuidad es muy difícil definir esta relación entre volumen y velocidad.

b. **Relación entre velocidad y densidad.** La velocidad disminuye conforme el volumen y la densidad se incrementan. Se puede describir de mejor manera la circulación del tránsito, considerando tres zonas distintas: una normal, otra inestable y la de circulación forzada.

c. **Relación entre el volumen y la densidad.** El vehículo a una velocidad constante, un aumento en la densidad se traduce en un incremento proporcional del volumen.

#### **1.8.8.- Capacidad para condiciones de circulación continua.**

La capacidad de un camino varía en la medida de que sus características y geométricas difieren en las condiciones ideales, y estas a continuación se definen:

- a. Circulación continua.
- b. Únicamente vehículos ligeros.
- c. Carriles de 3.65 m de ancho, con acotamientos adecuados y sin obstáculos en por lo menos a una distancia de 1.80 de la orilla de la carretera.

- d. Sin restricciones en la distancia de visibilidad, el alineamiento vertical y horizontal adecuado para velocidades de 110 km/h.

En resumen, se estiman los valores siguientes de la capacidad de carreteras bajo condiciones ideales y una circulación continua:

En carriles múltiples: 2,000 vehículos por carril.

En dos carriles, dos sentidos: 2,000 vehículos en total en ambas direcciones.

En tres carriles, dos sentidos: 4,000 vehículos en las dos direcciones.

### **1.8.9 Niveles de servicio.**

Los elementos que se consideran para la evaluación del nivel de servicio son los siguientes:

- a. Velocidad de operación y tiempo utilizado para su recorrido.
- b. Interrupciones de tránsito y demás restricciones durante el recorrido.
- c. Libertad para manejar a la velocidad deseada.
- d. Economía en los costos de operación del vehículo en el camino.

Se han seleccionado los siguientes niveles de servicio que comprenden la clasificación total de la operación de tránsito:

- El nivel de servicio A, comprende los volúmenes de tránsito bajos y velocidades altas.
- El nivel de servicio B, representa un flujo estable, el conductor tiene una cierta libertad para elegir su velocidad y el carril de operación.
- El nivel de servicio C, también representa un flujo estable.

- El nivel de servicio D, se aproxima al flujo inestable, sus velocidades aun son satisfactorias aunque ya son afectadas por los cambios en las condiciones de operación.
- El nivel de servicio E, es la operación de vehículos menores velocidades a las del nivel de servicio D, con volúmenes de transito que corresponden a su capacidad.
- El nivel de servicio F, este se produce cuando las velocidades son menores a la capacidad, la velocidad y el volumen pueden llegar acero debido a la presentación de congestionamientos.

**1.8.10.- Factores que afectan la capacidad y el volumen de servicio.** Es muy común que se apliquen factores de ajuste a la capacidad y al volumen de servicio en condiciones ideales, los más importantes se dividen en dos grupos:

**1.8.11.- Factores relativos al camino.**

**a) Ancho de carril.**

En la siguiente tabla se observa que se presenta una menor capacidad condiciones de circulación continua, en los carriles con un ancho menor al de 3.65 m.

Ancho de carril (m)	Capacidad como % de la capacidad de un carril de 3.65m.	
	Caminos de 2 carriles	Caminos de carriles Múltiples
3.65	100	100
3.30	88	97
3.00	81	91
2.70	76	81

Tabla 1.6. Efecto del ancho de carril en la capacidad.

**b) Obstáculos laterales.**

Según Mier (1989), la distancia de los obstáculos menores a 1.80m. del hombro de un carril no afecta el ancho de carril del mismo.

Distancia desde la orilla del pavimento a la obstrucción en ambos lados (M)	Ancho efectivo de 2 carriles de 3.65 m. (M)	Capacidad de los 2 carriles de 3.65m (% de la capacidad ideal)
3.65	100	100
3.30	88	97
3.00	81	91
2.70	76	81

Tabla 1.7. Ancho efectivo de carril debido a obstáculos.

**c) Acotamientos.**

Estos son necesarios solo cuando los carriles están funcionando a su máxima capacidad. Sin la construcción de un acotamiento un vehículo descompuesto viene a formar parte de los obstáculos del camino reduciendo la capacidad de los carriles adyacentes.

**d) Las condiciones de la superficie de rodamiento y,**

Hasta el momento no se ha determinado en la manera en que afectan las condiciones de la superficie de rodamiento en la capacidad del camino.

**e) Características de los alineamientos vertical y horizontal.**

Los alineamientos están diseñados de acuerdo a la velocidad de proyecto, por lo que afectan enormemente en la capacidad y nivel de servicio de un camino. Las pendientes afectan a los volúmenes de operación de la siguiente manera:

- ✓ En caminos de dos carriles se reduce la distancia de visibilidad de rebase,
- ✓ Crea una gran variación en las distancias de frenado tanto en pendientes ascendentes como descendentes.
- ✓ En pendientes ascendentes los vehículos pesados reducen notoriamente su velocidad.

#### **1.8.11 Factores relativos al tránsito.**

Los factores que normalmente afectan la capacidad y el nivel de servicio se presentan a continuación:

**a) Camiones.** Este desplaza a varios vehículos ligeros en la circulación, y se da según el tipo de terreno de que se trate. La equivalencia aumenta de acuerdo a la reducción de velocidad de los camiones. Se ha llegado a determinar que el número de vehículos ligeros equivalentes para niveles de servicio de B y E, es de 4 para caminos en lomerío y en lomeríos de ocho.

**b) Autobuses.** Estos se consideran como los camiones puesto que afectan la capacidad y el nivel de servicio de manera muy similar a la de los camiones.

**c) La distribución por carril.** En el caso de carreteras de carriles múltiples, su efecto es mínimo por lo que no es necesario realizar un ajuste especial.

**d) Variación en el volumen de tránsito.**

Se ha observado que no basta considerarse la variación en el volumen horario en el año, sino que se necesita conocer la variación en periodos de tiempo menores a una hora.

**e) Interrupciones del tránsito.** Este se da cuando el nivel de servicio es muy alto (A o B), y cuando el volumen de servicio se acerca a la capacidad del mismo, esta misma interrupción ocasiona que se congestione el camino.

### 1.8.12 Caminos de dos carriles.

Existen dos características principales en la operación de tránsito:

La capacidad y el volumen de servicio se dan por el total de vehículos por hora, en primer lugar y en segundo lugar, los rebases realizados son dentro del carril contrario. Para definir la capacidad y los niveles de servicio existen los siguientes procedimientos:

a. Para la capacidad ( c ) bajo condiciones prevalecientes:

$$C= 2000 Wc Tc$$

En donde:

C= Capacidad (transito mixto en ambos sentidos en vehículos por hora).

Wc= Factor de ajuste por ancho de carril y distancia al obstáculo lateral.

Tc= Factor de ajuste por vehículos pesados.

b. Para el volumen de servicio ( VS):

$$VS=2000 x (V/C) x VI x TI$$

VS= Volumen de servicio.

V/C= Relación entre el volumen y la capacidad.

VI = Factor de ajuste a un nivel de servicio dado por ancho de carril y distancia a obstáculo lateral.

TI= Factor de ajuste a nivel de servicio dado a vehículos pesados.

c. Para la determinación de los niveles se realiza mediante el siguiente método:

Se toman las características del tránsito y del camino, a criterio se supone el nivel de servicio, se hace el cálculo de del volumen de servicio que corresponde a ese nivel y se compara con los resultados obtenidos.

#### **1.8.13 Caminos de varios carriles.**

Este tipo de caminos se diferencian de las autopistas por la falta de la faja separadora central y del control del acceso. Los procedimientos generales para realizar el cálculo de la capacidad y el nivel de servicio que se aplica en las autopistas es el mismo que se utiliza en la mayoría de caminos.

#### **1.8.14. Autopistas y otras vías rápidas.**

El ideal principal de estas carreteras es brindar un alto nivel de servicio mediante el rápido movimiento del tránsito evitando interferencias externas.

Para tal propósito se utiliza el siguiente procedimiento, teniendo como datos la demanda del tránsito y el nivel de servicio que se desea:

- a) Niveles básicos de servicios.

Las características de operación de los vehículos deben de actuar en conjunto con el nivel de servicio que se escoge como mínimo para el camino completo, de tal manera que el nivel de servicio se tome un promedio del tramo de carretero completo.

- b) Ancho de carril y distancia a obstáculos laterales.

En este tipo de caminos de alta velocidad y autopistas , no se toma en cuenta este factor debido a que los estándares del proyecto rebasan estos requerimientos para capacidad máxima.

c) Camiones, autobuses y pendientes.

Se presenta a continuación una tabla aparecen las equivalencias por camiones y autobuses estas se emplean para elegir el factor de ajuste apropiado.

d) Interrupciones del tránsito.

Estas no se permiten en las autopistas puesto que tienes sus accesos bien controlados y precisamente estos es lo que las diferencia de las vías rápidas.

### **1.8.15 Rampas.**

Estas se definen como las vías de enlace que permiten al tránsito cambios de un carril a otro.

La capacidad de una rampa, se determina por el valor mínimo de los siguientes tres: la capacidad en el extremo que conecta a la autopista, la capacidad de la rampa y la capacidad del extremo que conecta con el camino secundario.

La capacidad de la rampa de un solo carril, bajo condiciones ideales puede alcanzar, 2000 vph solo que las restricciones ocasionan que sea considerado mas bajo el valor real. A continuación se describen los niveles de servicio se refiere a la conexión de una rampa de un solo carril con una autopista:

- a)** El nivel de servicio A, es en donde el volumen de convergencia no excede 1,000 vph, bajo condiciones ideales y sin restricciones.
- b)** En el nivel de servicio B, , bajo condiciones ideales hay 1200vph a 90 km/h.
- c)** Para el nivel de servicio C, el volumen de convergencia varia entre 1300 y 1550 vph, bajo condiciones ideales.
- d)** En el nivel de servicio D, el volumen de convergencia es cercano al limite del nivel de servicio E, pero a velocidades de 30 a 50 kph.



e) El nivel E, en condiciones de congestionamiento un carril auxiliar puede mejorar las condiciones en donde una rampa de salida se encuentra muy cercana a una de entrada.

### 1.9. Distancia de visibilidad.

Se considera distancia de visibilidad a la longitud de camino que ve el conductor de manera continua, cuando transita por una vía. Se consideran dos distancias de visibilidad de manera general, distancia de visibilidad de parada y la de rebase.

a) **La distancia de velocidad de parada**, es la velocidad con la que transita un vehículo y tiene el tiempo necesario para detener su vehículo cuando tiene un obstáculo y es la mínima que se debe proporcionarse en cualquier tramo de la carretera. Para realizar el cálculo de esta distancia se supone que el ojo del conductor esta a 1.15 mts. sobre el nivel del pavimento y que el objeto tiene una altura de 15 cms. Los vehículos pesados requieren una mayor distancia de visibilidad que un vehículo ligero y sin duda los operadores de camiones pesados tienen mayor distancia de visibilidad al estar ubicados en un lugar más alto que un conductor de un automóvil ligero por lo que al tener mayor distancia de visibilidad tiene mayor tiempo de frenado y una ventaja mas es que circulan con una velocidad menor que la de un vehículo más ligero. Y esta distancia se calcula mediante la siguiente fórmula:

$D_p = d_r + d_f$  ; y el cálculo de la distancia de reacción,  $d_r = (v \cdot t) / 3.6$

En donde:

V= velocidad de operación en k.p.h.

T= es el tiempo de reacción en segundos. Este es considerado de 2.5 por la AASHO.

Df= distancia de reacción en mts.

El cálculo de  $df=vt - (a.t^2)/2$ , en donde:

V= es la velocidad en el momento de aplicar los frenos, en m/seg.<sup>2</sup>.

t=tiempo que tarda el vehículo en detenerse en seg.

A = aceleración de la gravedad.

Df= distancia de frenado en mts.

Al final la fórmula queda de la siguiente manera, considerando la pendiente del camino:  $d_p = 0.278 vt + (v^2)/254 (f+p)$

Velo- cidad de proyecto Km/h	Velocidad de marcha Km/h	Reacción		Coeficiente de fricción longitudinal	Distancia de frenado m	Distancia de visibilidad	
		Tiempo seg	Distancia mt			Calculada m	Para proyecto m
30	28	2.5	19.44	0.400	7.72	27.16	30
40	37	2.5	25.69	0.380	14.18	39.87	40
50	46	2.5	31.94	0.360	23.14	55.08	55
60	55	2.5	38.19	0.340	35.03	73.22	75
70	63	2.5	43.75	0.325	48.08	91.83	95
80	71	2.5	49.30	0.310	64.02	113.32	115
90	79	2.5	54.86	0.305	80.56	135.42	135
100	86	2.5	59.72	0.300	97.06	156.78	155
110	92	2.5	63.89	0.295	112.96	176.85	175

**Tabla no. 1.8** Distancia de visibilidad de parada.

**b) Distancia de velocidad de rebase:** Es la visibilidad que tiene el conductor de un vehículo para poder adelantarse a otro vehículo pero que no invada el carril contrario al momento de realizar la maniobra sin poner en riesgo a un tercer vehículo que circule en sentido contrario. esta es aplicada en caminos que tienen dos carriles con sentidos opuestos ya que los carriles con dos, tres o más carriles que circulan en un mismo sentido no interfieren en la circulación de los carriles contrarios. Los vehículos pesados que circulan en pendientes descendentes tienen a ser rebasados ya que el usuario que circula con vehículos más ligeros tiende a reducir el tiempo de maniobra y a tener una aceleración más rápida y los camiones pesados no aceleran en este tipo de pendientes para tener un mayor control de los mismos.

Los vehículos pesados que circulan en pendientes ascendentes tienden a circular con velocidades bajas por lo que tienden a ser rebasados por vehículos más ligeros debido a la velocidad que estos mantienen y la visibilidad de rebase es mayor pero se ve compensada por la velocidad rápida con la que circulan los vehículos que transitan en sentido contrario.

## 1.10. Mecánica de suelos, clasificación y muestreo

Es la rama de la Ingeniería Civil que estudia la aplicación de las leyes de la Mecánica e Hidráulica a los problemas de la ingeniería que trata con sedimentos y otra acumulaciones no consideradas de partículas sólidas, producidas por la desintegración mecánica o descomposición química de las rocas, independientemente de que tengan contenido de materia orgánica

### A. Suelos, origen y formación.

Los suelos provienen de la alteración tanto química como física de las rocas, más superficiales de la corteza terrestre. Son tres las propiedades más importantes de los suelos en la construcción de obras civiles:

**La compresibilidad**, es la deformación que sufre un material al aplicarle una carga.

**La resistencia al corte**, es la resistencia que tiene un material al esfuerzo cortante y cuando ocurre la falla se le denomina esfuerzo límite la falla puede ser por fractura o flujo plástico.

**La permeabilidad**, es el indicador de la capacidad del agua en fluir a través de un suelo sujetó a un gradiente hidráulico.

Los procesos que sufren las rocas son la desintegración mecánica y la descomposición química y estas se dan por las siguientes causas naturales:

**La desintegración mecánica**, sucede cuando:

- El congelamiento del agua se introduce por las fracturas de las rocas y en un determinado momento esta se congela y aumenta su volumen se asemeja a una cuña la cual fractura la roca.
- Cambios de temperatura.
- Organismos como las raíces de un árbol.

- Efectos tectónicos.
- El viento y el agua por sus efectos abrasivos
- Efectos de la gravedad como los derrumbes y taludes.

**La descomposición química**, sucede en presencia de agua y otras sustancias naturales esto da origen a lo suelos finos. Las rocas con gran cantidad de feldespato producen suelos arcillosos o las rocas con altos contenidos de fierro producen suelos limosos o arcillosos.

**Tipos de suelos:** Existen dos tipos, los residuales y los transportados, **los suelos residuales**, son aquellos que permanecen exactamente en el lugar donde fueron formados, este tipo de suelos comúnmente tienen son muy buenos para el desplante de cimentaciones y tener una buena capacidad de carga.

**Los suelos transportados**, son aquellos que son removidos del lugar de origen y depositados en otros sitios, uno de los principales transportes de estos suelos es el agua pero existen otros como el viento, los glaciares y la gravedad y de acuerdo a la forma de transportarse estos suelos se dividen en:

- **Suelos Aluviales:** Son los suelos que su principal transporte es el agua y de acuerdo a la velocidad y la cantidad de agua, se determinante el tamaño del material transportado cuando corre poco agua los suelos más finos tienden a transportarse y cuando el tirante y la velocidad del agua es mayor se pueden ver transportados suelos más gruesos inclusive rocas de tamaños considerables.
- **Suelos Lacustres:** Son los suelos que se forman por acarreo de algunos ríos que al llegar a un lago pierde velocidad, el agua las partículas se asientan formando este tipo de suelos.

- **Suelos Eólicos.** Estos han sido transportados por el viento como las Dunas y los Loess, las dunas pueden estar sueltas o algo compactas dependiendo los efectos de la lluvia, los loess son suelos formados por arcillas y limos y tienden a ser muy colapsables al tener contacto con el agua.
- **Depósitos de pie de monte.** Formados principalmente por efectos de la gravedad estos suelos son formados por material derrumbado una de las características principales de estos suelos es la heterogeneidad con la que están constituidos por que se puede encontrar materiales revueltos como arcillas, limos, gravas, arenas e inclusive material orgánico como troncos de árbol y como resultado, estos suelos tienden a tener una muy baja capacidad de carga.

### 1.10.1 Propiedades físicas de los suelos.

La estructura de los suelos gruesos se le considera simple ya que las partículas se apoyan una sobre otra en forma continua por simple gravedad o peso propio de las partículas.

<b>Nombre</b>	<b>Límites de tamaño.</b>	<b>Ejemplo vulgar.</b>
Boleo	305 mm (12") o mayores	Mayor que una pelota de baloncesto.
Canto rodado	76mm (3") a 305mm (12")	Toronja
Grava gruesa	19mm (3/4") a 76mm (3")	Limón o naranja
Grava fina	4.76mm (T No. 4) a 19mm (3/4")	Chícharo o uva
Arena gruesa	2mm (T No. 10) a 4.76mm (T No. 4)	Sal mineral
Arena mediana	0.42mm (T No. 40) a 2mm (T No. 10)	Azúcar o sal de mesa
Arena fina	0.074mm (T No. 200) a 0.42mm (T No. 40)	Azúcar en polvo
Finos	Menores a 0.074mm (T No. 200)	No se distinguen a una distancia dist. De 20m.

**Tabla no. 1.9** Límites de tamaño de materiales

**Los suelos gruesos:** es una estructura donde las partículas se apoyan una sobre otra en forma continua, las fuerzas que existen entre el contacto de las mismas es exclusivamente a su peso propio.

Los factores que influyen en el comportamiento de los suelos gruesos son principalmente:

- **Condiciones de drenaje.** el efecto del agua sobre los suelos gruesos es desfavorable ya que esta disminuye considerablemente su resistencia al corte y produce un aumento en su compresibilidad.
- **Compacidad del suelo.** Este comportamiento en suelos gruesos es muy importante ya que los suelos que tienen la capacidad de compactarse son de mayor utilidad en la construcción.
- **Estratigrafía.** Son las capas horizontales que lo forman.
- **Granulometría.** La distribución de tamaños en los suelos es muy interesante ya que estos suelos al tener una menor relación de vacíos tienden a tener un mejor comportamiento y ser más útiles.
- **Resistencia individual,** dureza y forma de los granos. Estas características en las partículas de estos suelos son muy importantes ya que estos son los principales factores del comportamiento de suelo.
- **Formas de los granos,** existen las formas, la equidimensional y la alargada, la redondeada, la angulosa y la subangulosa.
- **Rugosidad de las partículas,** el movimiento entre los granos se considera dentro de esta modalidad.

**Estructura de los suelos finos.** Las fuerzas electromagnéticas propias de las partículas y las fuerzas de origen molecular son determinantes en su comportamiento, el tamaño de estas partículas son muy pequeñas que no pueden ser observadas a simple vista. Las estructuras más comunes de estos suelos son llamadas panaloides, floculentas y dispersa.

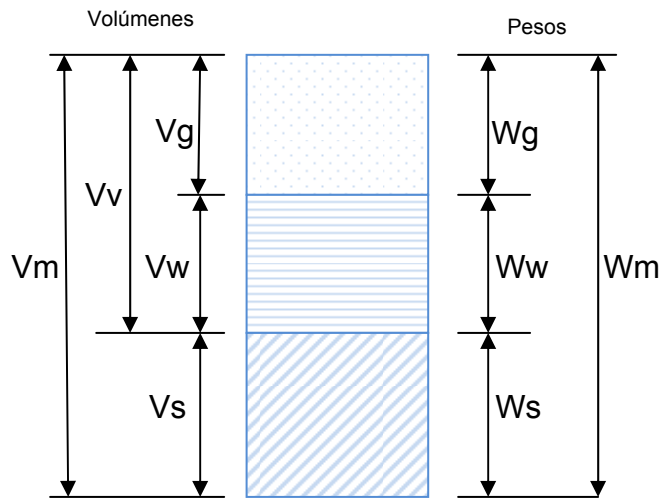
La estructura de las arcillas es en su mayoría panaloides estas partículas al entrar en contacto con el agua sufren un fenómeno electromagnético en su superficie y generan una atracción entre ellas las floculaciones aumentan al aumentar las concentraciones de sales en el agua por lo que las floculaciones son mayores en arcillas que están en contacto con el agua de mar.

#### **B. Relación volumétrica y gravimétrica.**

Un suelo está formado por partículas de tamaños diferentes por lo que es común que existan vacíos entre estas partículas por lo que estos espacios pueden estar parcial o totalmente saturados de agua por lo que entran en juego tres fases la sólida, la líquida y la gaseosa.

Para identificar los suelos o poder prever su posible comportamiento mecánico se han establecido relaciones entre los pesos y volúmenes de las fases. De la siguiente manera se idealiza la estructura de un suelo:





El significado de los símbolos es el siguiente:

$V_m$  = Volumen total de la muestra del suelo (volumen de la masa).

$V_s$  = Volumen de la fase sólida de la muestra (volumen de sólidos).

$V_v$  = Volumen de los vacíos de la muestra de suelo (volumen de vacíos).

$V_w$  = Volumen de la fase líquida contenida en la muestra (volumen de agua).

$V_g$  = Volumen de la fase gaseosa de la muestra (volumen de aire).

$W_m$  = Peso total de la muestra del suelo (peso de la masa).

$W_s$  = Peso de la fase sólida de la muestra (peso de los sólidos).

$W_w$  = Peso de la fase líquida de la muestra (peso del agua).

$W_g$  = Peso de la fase gaseosa de la muestra, convencionalmente considerado como nulo en Mecánica de Suelos.

Un suelo que está formado por las fases sólidas y líquida se denomina suelo saturado, otro suelo que está formado por las fases sólida y gaseosa se le considera un suelo seco y al suelo que está formado por las tres fases se le considera un suelo parcialmente saturado.

- **Relaciones entre volúmenes y pesos.**
- ✓ **Relación de vacíos.** Se le nombra así a la oquedad o índice de poros a la relación entre volúmenes de vacíos y volúmenes de sólidos en un suelo.
- ✓ **Porosidad.** Se llama porosidad de un suelo a la relación entre su volumen de vacíos y el volumen de su masa.
- ✓ **Grado de saturación.** Esta es la relación entre el volumen del agua de un suelo y su volumen de vacíos. El grado de saturación nos permite observar si un suelo es seco, parcialmente saturado o saturado.
- ✓ **Contenido de agua.** Es la relación existente entre el peso del agua y el peso de la fase sólida de una muestra.
- **Pesos específicos y volumétricos.**
- ✓ **Peso específico húmedo.**

Es el cociente del peso total de la muestra entre el volumen de la misma.

Tipo de suelo		Peso volumétrico (ton/m <sup>3</sup> .)	
		Máximo	Mínimo
Tepetates	Seco	1.60	0.75
	Saturado	1.95	1.30
Arena de grano en	Seco	1.75	1.40
	Saturado	2.10	1.85
Arena bien graduada	Seco	1.90	1.55
	Saturado	2.30	1.95
Arcilla típica del Valle de México en condiciones naturales.		1.50	1.20

**Tabla no. 1.8** Pesos volumétricos.

- ✓ **Peso específico seco.** Es el resultado de dividir el peso de los sólidos entre el peso total de la muestra.

Descripción del suelo	Relación de vacíos		Peso específico (Kg/m <sup>3</sup> .)	
	Máximo	Mínimo	Mínimo	Máximo
Arena subangular uniforme	0.85	0.5	1890 sat.	2100 sat.
Arena subangular de buena graduación	0.70	0.35	1970 sat. 1550 sec.	2230 sat. 1950 sec.
Grava arena limosa de muy buena graduación	0.65	0.25	2000 sat. 1600 sec.	2320 sat. 2110 sec.
Arena y limo micáceos	1.25	0.8	1760 sat.	1950 sat.
			1200 sec.	1510 sec.

**Tabla no. 1.9** Relación de vacíos y pesos específicos típicos de estructuras de contacto.

- ✓ Peso específico sumergido. Es el resultado que produce un suelo sumergido en agua y que experimenta un empuje hacia arriba igual al peso del volumen de agua desalojado.
- ✓ Peso específico relativo. Está definido como la relación del peso específico de una sustancia y el peso específico del agua, por lo que carece de unidades, es adimensional.
- ✓ Compacidad relativa. Esta presenta tendencias a tener un valor, mayor aunque nunca será mayor que 100, de acuerdo al grado de compactación de un suelo, esta compacidad fue definida por una ecuación creada por Terzaghi:

### **C. Granulometría en los suelos.**

Esta rama de la mecánica de suelos se encarga de estudiar lo referente a las formas y distribución de tamaños de las gravas o partículas que constituyen un suelo.

### **A).Suelos gruesos. Análisis por mallas.**

Su tamaño varia en un rango que va desde 0.074 a 76.2mm, por lo que en este tipo de suelos no tiene caso realizar un análisis granulométrico. Su medición se puede realizar de la siguiente manera:

- 1) Análisis directo: este se realiza mediante un vernier y solo se realiza en partículas mayores de 3".
- 2) Medición por mallas. El método con mallas consiste en utilizar una serie de mallas descendentes de tamaños, ya que están ordenadas se les deposita el suelo el cual debe estar seco y libre de materia orgánica, el juego de mallas se agita en forma horizontal y vertical en un lapso de tiempo de 5 o 10 minutos, luego se pesa el material retenido en cada malla con cuidado para no tener pérdidas se calcula el porcentaje retenido en cada malla con respecto al peso total de la muestra, y al final se grafica de forma semilogaritmica el porciento del material que pasa, en peso, y el diámetro de la malla, una vez graficados los resultados se obtiene la llamada Curva de Distribución Granulométrica.

### **B) Suelos finos. Análisis con hidrómetro.**

Para determinar la granulometría en suelos finos que son partículas con tamaños menores a 0.074 mm. Se utiliza el procedimiento llamado hidrómetro, este método consiste en establecer una mezcla homogénea de suelo-agua y se utiliza para observar la velocidad de sedimentación de las partículas grandes que es mayor que el de las partículas pequeñas, si se realiza esta prueba varias veces se obtienen resultados más exactos.

La granulometría en suelos finos no es tan importante como en suelos gruesos ya que el comportamiento en los suelos finos se debe principalmente a la forma de las partículas y a la composición mineralógica ya que por ejemplo en dos suelos finos se puede tener una misma granulometría pero diferentes comportamientos esto se debe principalmente a la forma de sus partículas las laminares son mas compresibles y mas plásticas que las partículas equidimensionales o los limos que tienen sus partículas mas redondas por lo tanto son menos compresibles.

### **C) Curva granulométrica.**

Esta indica, de manera general, el tamaño de los granos y la buena o mala distribución de estos.

En un suelo con una mayor distribución de tamaños de sus partículas tiene un mejor comportamiento ya que al ser un suelo bien graduado los huecos entre partículas más gruesas será ocupados por granos más pequeños y no existirá vacíos, y en suelos con granulometrías uniformes no existe este comportamiento entre partículas por lo que tendrá una menor capacidad de carga considerando en este ejemplo un mismo material para ambos suelos.

D) **Plasticidad.**

La plasticidad es la capacidad de un cuerpo para deformarse sin regresar a su estado igual elásticamente, sin tener variaciones volumétricas apreciables y sin fracturarse o desmoronarse. Es conocido que todos los materiales, aun los más rígidos son deformables y otros cuerpos que son elásticos estos cuerpos al sufrir una deformación tienen las propiedades para regresar a su forma original y otros cuerpos al aplicarles una carga sufren deformaciones y ya no regresan a su forma original a estos se les consideran materiales plásticos.

o **Grados y límites de consistencia.**

Uno de los métodos más aplicados para medir la plasticidad en las arcillas es el de Atterberg, demostrando que la plasticidad no es una propiedad permanente de las arcillas si no que es una circunstancia provocada específicamente por la cantidad contenida de agua derivando los llamados estados de consistencia.

Estado de consistencia	Líquido	Semilíquido	Plástico	Semi-sólido	Sólido
Propiedades y características del suelo	Suspensión	Comportamiento de un fluido viscoso	Comportamiento plástico	Disminución de volumen al perder humedad (contracción)	No disminuye volumen al secarse.

**Tabla no. 1.10** Grados y límites de consistencia.

Los estados de consistencia son las fases que sufre una arcilla con contenido de agua al irse secando y los límites de consistencia o fronteras nombradas por Atterberg son:

○ **Limite líquido (LL).** Es el contenido de agua de un suelo fino que solo tiene una resistencia al esfuerzo cortante de  $25 \text{ gr/cm}^2$ . El método de Copa de Casagrande que es utilizado en el laboratorio determina el valor de resistencia que tiene el suelo y consisten en colocar una mezcla de suelo totalmente homogéneo dentro de la copa y enrasarlo, en seguida con un ranurador especial se le hace una ranura dividiendo el suelo en dos partes simétricas y con un dispositivo manual integrado eleva la copa u la deja caer repentinamente, repitiendo el procedimiento varias veces hasta que se cierra la ranura formada. Para determinar el Limite Líquido se realiza mediante tanteos si se utilizan aproximadamente 25 golpes para cerrar la ranura que se hizo en el suelo estamos en el Limite Líquido es común realizar este procedimiento cuatro veces de tal manera que si dos de las cuatro muestras fueron más de 25 golpes y las otras dos estuvieron por debajo de este número se realiza una grafica con los resultados de cada prueba, en el eje de las ordenadas se representa el contenido de agua en porciento ( w%) y en el eje de las abscisas el numero de golpes (N) esto en escala logarítmica, si se encontrara que los puntos obtenidos pueden unirse casi con una recta entonces se ubican el numero de los 25 golpes en el eje de las abscisas y se traza una línea perpendicular hasta la intersección y este será el valor correspondiente al contenido de agua en el eje de las ordenadas.

- **Limite Plástico (LP).** Es la fase en la cual el suelo de acuerdo a la cantidad de agua, empieza a perder sus propiedades plásticas y comienza a entrar a un estado semisólido, el límite Plástico se determina en el laboratorio utilizando aproximadamente  $1\text{cm}^3$  de suelo y sobre un vidrio se empiezan a formar rollitos de suelo con los dedos y se realiza un movimiento constante hasta que los rollitos empiezan a agrietarse, y cuando esto sucede puede decirse que el suelo está llegando a su Limite Plástico y se toma un registro rápidamente de su contenido de agua.

- **Limite de Contracción (LC).** Es la fase en la cual el contenido de agua a partir del cual el volumen del suelo permanece constante aunque la humedad disminuya. Es muy común ubicar este límite visualmente ya que el suelo al ir perdiendo humedad va cambiando su coloración de un café oscuro a un café más claro.

Cuando un suelo pierde el agua en su totalidad, su volumen disminuye y esto es consecuencia de la tensión capilar que es producto del agua intersticial.

Estos límites ya mencionados son especialmente para determinar la plasticidad de las arcillas. El rango de los contenidos de agua por los cuales un suelo tiene comportamientos plásticos se le conoce como Índice de Plasticidad la cual numéricamente no es más que la diferencia del Limite Liquido y el Limite Plástico.

- **La Carta de Plasticidad.** En base al comportamiento de los suelos en relación al Limite Liquido y al Índice de Plasticidad, Casagrande construyó la Carta de Plasticidad de tal forma que localizando un suelo en ella se puede obtener información importante sobre su comportamiento.



CARTA DE PLASTICIDAD (S.U.C.S.)

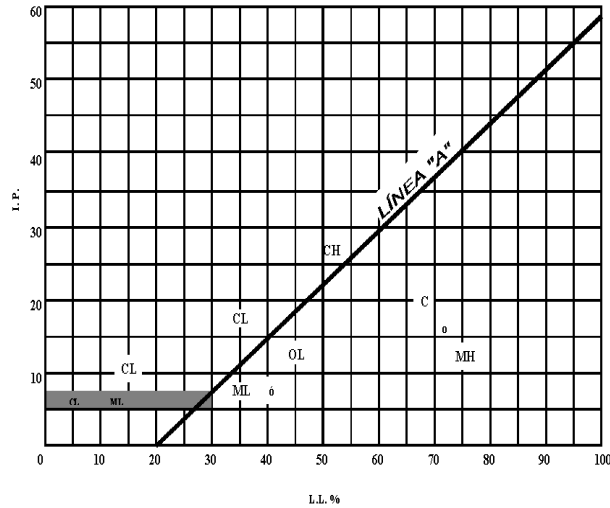


Tabla no, 1.11 Carta de plasticidad

### Consolidación.

Se le denomina así al proceso de reducción de volumen de los finos cohesivos (y plásticos), provocado por la actuación de cargas sobre su masa y que ocurre en el lapso de un tiempo generalmente largo. Comúnmente ocurre que durante el proceso de consolidación permanece esencialmente igual la posición relativa de las partículas sólidas sobre un mismo plano horizontal. Así, el movimiento de las partículas de suelo puede ocurrir sólo en la dirección vertical, proceso denominado **consolidación unidimensional**. La consolidación de un suelo es un proceso lento, puede durar meses y hasta años. Es un proceso asintótico, es decir, que al comienzo es más veloz, y se va haciendo cada vez más lento, hasta que el suelo llega a una nueva situación de equilibrio en la que ya no se mueve. Si se desprecia este movimiento del suelo al proyectar una estructura sobre él puede llevar a consecuencias catastróficas tales como la inclinación, figuración e incluso el colapso de la misma. En muchos casos es necesario pre-consolidar el suelo antes

de proceder a la construcción de una carretera. La preconsolidación se hace cargando el terreno con un peso semejante o mayor que el que deberá soportar una vez construida la obra, para esto se deposita en la zona interesada una cantidad de tierra con el peso equivalente de la obra.

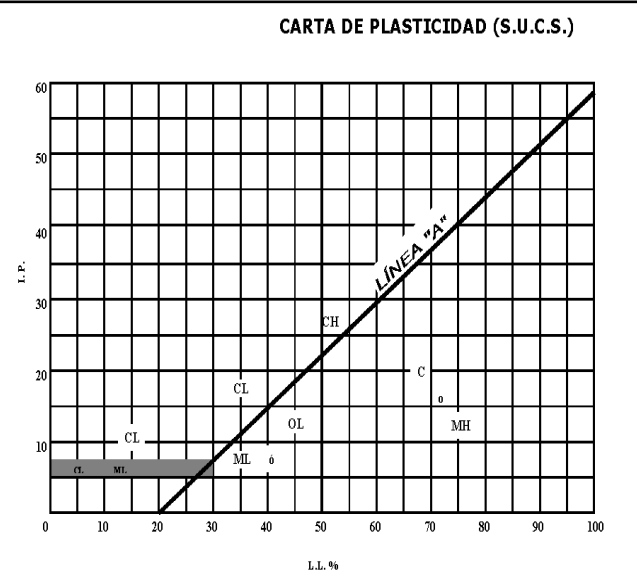
#### **D. Sistema unificado de clasificación de suelos (SUCS).**

Un Sistema de Clasificación de los Suelos es una agrupación de éstos con características semejantes. El propósito es estimar en forma fácil las propiedades de un suelo por comparación con otros del mismo tipo, cuyas características se conocen. Son tantas las propiedades y combinaciones en los suelos y múltiples los intereses ingenieriles, que las clasificaciones están orientadas al campo de ingeniería para el cual se desarrollaron, por consiguiente, sólo se explicarán las clasificaciones empleadas en obras viales.

DIVISIÓN MAYOR		SÍMBOLO	NOMBRES TÍPICOS	CRITERIO DE CLASIFICACIÓN EN EL LABORATORIO
<b>SUELOS DE PARTÍCULAS GRUESAS</b> Más de la mitad del material es retenido en la malla número 200 ⊕ Más de la mitad de la fracción gruesa es retenida por la malla No. 4	Más de la mitad de la fracción gruesa pasa por la malla No. 4 Más de la mitad de la fracción gruesa es retenida por la malla No. 4 <b>GRAVAS</b> Más de la mitad de la fracción gruesa es retenida por la malla No. 4	<b>GRAVAS</b> Más de la mitad de la fracción gruesa es retenida por la malla No. 4 <b>ARENAS</b> Más de la mitad de la fracción gruesa pasa por la malla No. 4 <b>GRAVAS LIMPIAS</b> Poco o nada de partículas finas <b>GRAVA CON FINOS</b> Cantidad apreciable de partículas finas <b>ARENA LIMPIA</b> Poco o nada de partículas finas <b>ARENA CON FINOS</b> Cantidad apreciable de partículas finas	<b>GW</b> Gravas bien graduadas, mezclas de grava y arena con poco o nada de finos	COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD $C_u$ : mayor de 4. COEFICIENTE DE CURVATURA $C_c$ : entre 1 y 3. $C_u = D_{60} / D_{10}$ $C_c = (D_{30})^2 / (D_{10})(D_{60})$ NO SATISFACEN TODOS LOS REQUISITOS DE GRADUACIÓN PARA GW. LÍMITES DE ATTERBERG ABAJO DE LA "LÍNEA A" O I.P. MENOR QUE 4. LÍMITES DE ATTERBERG ARRIBA DE LA "LÍNEA A" CON I.P. MAYOR QUE 7. $C_u = D_{60} / D_{10}$ mayor de 6 ; $C_c = (D_{30})^2 / (D_{10})(D_{60})$ entre 1 y 3. No satisfacen todos los requisitos de graduación para SW LÍMITES DE ATTERBERG ABAJO DE LA "LÍNEA A" O I.P. MENOR QUE 4. LÍMITES DE ATTERBERG ARRIBA DE LA "LÍNEA A" CON I.P. MAYOR QUE 7.
			<b>GP</b> Gravas mal graduadas, mezclas de grava y arena con poco o nada de finos	
			<b>GM</b> Gravas limosas, mezclas de grava, arena y limo	
			<b>GC</b> Gravas arcillosas, mezclas de gravas, arena y arcilla	
			<b>SW</b> Arenas bien graduadas, arena con gravas, con poca o nada de finos.	
			<b>SP</b> Arenas mal graduadas, arena con gravas, con poca o nada de finos	
			<b>SM</b> Arenas limosas, mezclas de arena y limo.	
			<b>SC</b> Arenas arcillosas, mezclas de arena y arcilla.	
			<b>ML</b> Limos inorgánicos, polvo de roca, limos arenosos o arcillosos ligeramente plásticos.	
			<b>CL</b> Arcillas inorgánicas de baja o media plasticidad, arcillas con grava, arcillas arenosas, arcillas limosas, arcillas pobres.	
<b>OL</b> Limos orgánicos y arcillas limosas orgánicas de baja plasticidad.				
<b>MH</b> Limos inorgánicos, limos micáceos o diatomáceos, más elásticos.				
<b>CH</b> Arcillas inorgánicas de alta plasticidad, arcillas francas.				
<b>OH</b> Arcillas orgánicas de media o alta plasticidad, limos orgánicos de media plasticidad.				
<b>P</b> Turbas y otros suelos altamente orgánicos.				
<b>SUELOS ALTAMENTE ORGÁNICOS</b>	<b>SUELOS ALTAMENTE ORGÁNICOS</b>	<b>SUELOS ALTAMENTE ORGÁNICOS</b>	<b>SUELOS ALTAMENTE ORGÁNICOS</b>	<b>SUELOS ALTAMENTE ORGÁNICOS</b>

DETERMÍNENSE LOS PORCENTAJES DE GRAVA Y ARENA DE LA CURVA GRANULOMÉTRICA, DEPENDIENDO DEL PORCENTAJE DE FINOS (fracción que pasa por la malla No. 200) LOS SUELOS GRUESOS SE CLASIFICAN COMO SIGUE: Menos del 5% GW, GP, SW, SP; más del 12% GM, GC, SM, SC. Entre 5% y 12%: Casos de frontera que requieren el uso de símbolos dobles \*\*

G – Grava, S – Arena, O – Suelo Orgánico, P – Turba, M – Limo  
 C – Arcilla, W – Bien Graduada, P – Mal Graduada, L – Baja Compresibilidad, H – Alta Compresibilidad



**Tabla 1.12** Sistema unificado de clasificación de suelos.

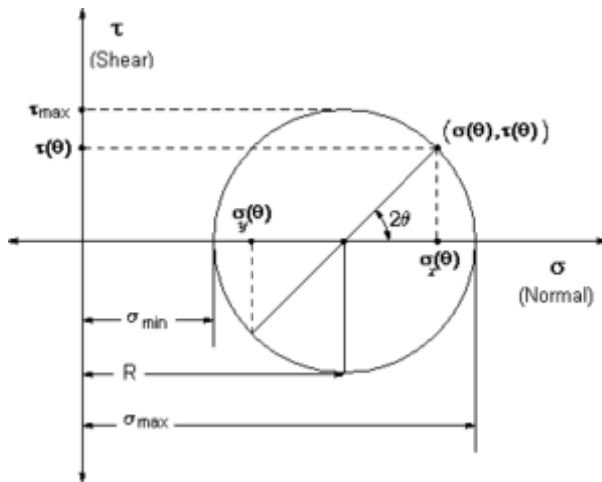
\*\* Clasificación de frontera- los suelos que posean las características de dos grupos se designan con la combinación de los dos símbolos; por ejemplo gw-gc, mezcla de arena y grava bien graduadas con cementante arcilloso.

⊕ Todos los tamaños de las mallas en esta carta son los u.s. standard.

\* La división de los grupos gm y sm en subdivisiones d y u son para caminos y aeropuertos únicamente, la sub-división está basada en los límites de Atterberg el sufijo d se usa cuando el l.l. es de 28 o menos y el i.p. es de 6 o menos. El sufijo u es usado cuando el l.l. es mayor que 28.

### E. Círculos de Mohr.

En la teoría de la elasticidad se demuestran que existen planos principales de esfuerzos, en la que los esfuerzos tangenciales son nulos existiendo únicamente esfuerzos normales denominados principales. A partir de estos esfuerzos es posible obtener para condiciones de equilibrio del prisma elemental.



## **F. Pruebas de laboratorio.**

### **Ensayos de laboratorio**

Los **ensayos de laboratorio** son pruebas realizadas para la determinación de las características geotécnicas de un terreno, como parte de las técnicas de reconocimiento de un reconocimiento geotécnico. Estos ensayos se ejecutan sobre las muestras previamente obtenidas en el terreno y, dependiendo del tipo de ensayo, se exigen distintas calidades de muestra.

#### **Clasificación de los ensayos:**

Columna de tamices para determinar la clasificación granulométrica.

Para la determinación de las propiedades del suelo, los ensayos se clasifican en:

- **Ensayos de identificación:** son los únicos (junto con los de compactación) que pueden realizarse sobre muestras alteradas. Pueden ser:
  - Físicos: granulometría, plasticidad o peso específico de partículas.
  - Químicos: contenido en sulfatos, carbonatos o materia orgánica.
  
- **Ensayos de estado:** humedad natural, peso específico seco o aparente. Proporcionan la situación del terreno en su estado natural. Como excepción, pueden utilizarse muestras alteradas para la obtención de la humedad natural, siempre que se protejan de pérdidas posteriores de humedad nada más proceder a su obtención.

- **Ensayos de permeabilidad:** en permeámetro de carga constante, de carga variable o en célula triaxial.
- **Ensayos de cambio de volumen:** compresibilidad edométrica, expansividad (presión de hinchamiento, hinchamiento libre, (índice de Lambe) y colapso.
- **Ensayos de resistencia:** compresión simple, corte directo (CD, CU, UU), compresión triaxial (CD, CU, UU).
- **Otros ensayos** sobre suelos o rocas:
  - Compactación Próctor
  - Índice de dispersividad Pin-Hole (sobre muestra alterada).
  - Ensayos sobre rocas: compresión simple (con o sin galgas extensométricas), carga puntual (*Point Load*), corte directo de diaclasas, índice de durabilidad Slake, compresión triaxial.
- **Ensayos químicos sobre agua freática:** obtención de pH, de contenido en sales solubles o de elementos contaminantes.

#### **G. Importancia del estudio de mecánica de suelos.**

Todas las obras de ingeniería se apoyan sobre el suelo de una u otra forma, y muchas de ellas, además, utilizan la tierra como elemento de construcción para terraplenes, dique y rellenos en general; por lo que, en consecuencia, su estabilidad y comportamiento funcional y estético estarán determinados, entre otros factores, por el desempeño del material de asiento situado dentro de las profundidades de influencia de los esfuerzos que se generan, o por el del suelo utilizado para

conformar los rellenos. Si se sobrepasan los límites de la capacidad resistente del suelo o si, aún sin llegar a ellos, las deformaciones son considerables, se pueden producir esfuerzos secundarios en los miembros estructurales, quizás no tomados en consideración en el diseño, productores a su vez de deformaciones importantes, fisuras, grietas, alabeo o desplomos que pueden producir, en casos extremos, el colapso de la obra o su inutilización y abandono. En consecuencia, las condiciones del suelo como elemento de sustentación y construcción y las del cimiento como dispositivo de transición entre aquel y la supraestructura, han de ser siempre observadas, aunque esto se haga en proyectos pequeños fundados sobre suelos normales a la vista de datos estadísticos y experiencias locales, y en proyectos de mediana a gran importancia o en suelos dudosos, infaliblemente, al través de una correcta investigación de mecánica de suelos.

#### **H. Procedimientos para tomas de muestra.**

- **Granulometría.**

La **granulometría** es la medición de los granos de una formación sedimentaria y el cálculo de la abundancia de los correspondientes a cada uno de los tamaños previstos por una *escala granulométrica*.

El método de determinación granulométrico más sencillo es hacer pasar las partículas por una serie de mallas de distintos anchos de entramado que actúen como filtros de los granos que se llama comúnmente columna de tamices. Pero para una medición más exacta se utiliza un granulómetro láser, cuyo rayo difracta en las partículas para poder determinar su tamaño

<b>Escala granulométrica</b>	
<b>Partícula</b>	<b>Tamaño</b>
<u>Arcillas</u>	< 0,002 mm
<u>Limos</u>	0,002-0,06 mm
<u>Arenas</u>	0,06-2 mm
<u>Gravas</u>	2 mm-6 cm
<u>Cantos rodados</u>	6-25 cm
<u>Bloques</u>	>25 cm

**Tabla no. 1.12** Escala granulométrica.

- **Límites de consistencia o de Atterberg.** Se utilizan para caracterizar el comportamiento de los suelos finos. Estos límites se basan en el concepto de que en un suelo de grano fino solo pueden existir 4 estados de consistencia según su humedad. Así, un suelo se encuentra en **estado sólido**, cuando está seco. Al agregársele agua poco a poco va pasando sucesivamente a los estados de **semisólido**, **plástico**, y finalmente **líquido**. Los contenidos de humedad en los puntos de transición de un estado al otro son los denominados límites de Atterberg. Los ensayos se realizan en el laboratorio y miden la cohesión del terreno y su contenido de humedad, para ello se forman pequeños cilindros de 3mm de espesor con el suelo. Siguiendo estos procedimientos se definen tres límites:

1. **Límite líquido:** Cuando el suelo pasa de un estado semilíquido a un estado plástico y puede moldearse. Para la determinación de este límite se utiliza la cuchara de Casagrande..
2. **Límite plástico:** Cuando el suelo pasa de un estado plástico a un estado semisólido y se rompe.
3. **Límite de retracción o contracción:** Cuando el suelo pasa de un estado semisólido a un estado sólido y deja de contraerse al perder humedad.



Relacionados con estos límites, se definen los siguientes índices:

- **Índice de plasticidad:**  $I_p$  ó **IP** =  $w_l - w_p$
- **Índice de fluidez:**  $I_f$  = Pendiente de la curva de fluidez
- **Índice de tenacidad:**  $I_t = I_p/I_f$
- **Índice de liquidez (IL ó  $I_L$ ),** también conocida como **Relación humedad-plasticidad (B):**

$$IL = (W_n - W_p) / (W_l - W_p) \quad (W_n = \text{humedad natural})$$

## **CAPÍTULO 2**

### **CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE UNA VÍA TERRESTRE**

En el presente capítulo se abordará lo que es el alineamiento vertical y horizontal, sección transversal, los elementos que constituyen un pavimento, como también se estudiarán los materiales asfálticos y controles de laboratorio necesarios para un camino ya que el sistema de caminos y calles en México está compuesto predominantemente por pavimentos flexibles con carpeta asfáltica, los cuales requieren de mantenimiento preventivo y correctivo para garantizar su buen comportamiento a lo largo de su vida útil. La acción combinada del tránsito y los escurrimientos pluviales producen daños que pueden variar desde la destrucción parcial o total de la superficie de rodamiento, hasta el deterioro de las capas subyacentes con la consecuente pérdida de la capacidad estructural del pavimento.

#### **2.1. Alineamiento Vertical.**

De acuerdo con el Manual de Proyecto Geométrico de la SCT (1974), el alineamiento vertical es la proyección sobre un plano vertical del desarrollo del eje de la subcorona, al eje de la subcorona en alineamiento vertical se le llama línea subrasante. El diseño del alineamiento vertical que incluye subrasante, tangentes y curvas verticales cóncavas o convexas, está influido por la consideración del terreno, el costo y la seguridad.

En el perfil longitudinal de un camino, la subrasante es la línea de referencia que define el alineamiento vertical. El trazo de la subrasante depende de la

topografía, del tipo de camino, de la zona donde se va a realizar la obra y algunos factores más.

### **Tangentes.**

Las tangentes se caracterizan por su longitud y su pendiente, a su vez están limitadas por dos curvas sucesivas. La longitud de una tangente es la distancia medida horizontalmente entre el fin de la curva anterior y el principio de la siguiente, la pendiente de la tangente es la relación entre el desnivel y la distancia entre dos puntos de la misma.

### **Pendiente gobernadora.**

Es la pendiente media que teóricamente puede darse a la línea subrasante para dominar un desnivel determinado, en función de las características del tránsito y la topografía del terreno; la mejor pendiente gobernadora, será aquella que permita obtener el menor costo de construcción, conservación y operación. Sirve de norma reguladora a la serie de pendientes que se deban proyectar para ajustarse en lo posible al terreno.

### **Pendiente máxima.**

Es la mayor pendiente que se permite en el proyecto. Queda determinada por el volumen y composición del tránsito previsto y la configuración del terreno.

La pendiente máxima se empleará, cuando convenga desde punto de vista económico, para salvar ciertos obstáculos locales tales como cantiles, fallas y zonas inestables, siempre que no se rebase la longitud crítica.

### **Pendiente mínima.**

La pendiente mínima se fija para permitir el drenaje. En los terraplenes puede ser nula; en los cortes se recomienda 0.5% mínimo para garantizar el buen funcionamiento de las cunetas; en ocasiones la longitud de los cortes y la precipitación pluvial en la zona podrá llevar a aumentar esa pendiente mínima.

Longitud crítica de una tangente del alineamiento vertical.- Es la longitud máxima en la que un camión cargado puede ascender sin reducir la velocidad más allá de un límite previamente establecido.

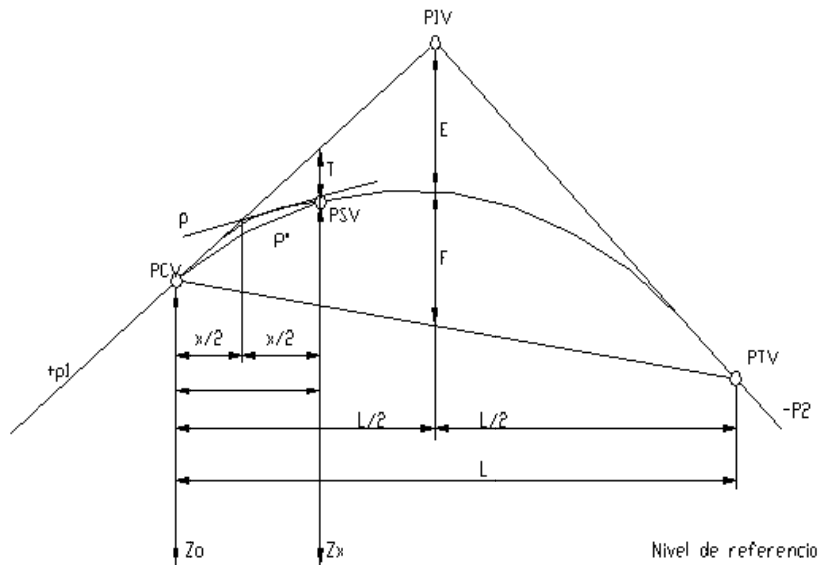
Los elementos que intervienen para la determinación de la longitud crítica de una tangente son fundamentalmente el vehículo de proyecto, la configuración del terreno, el volumen y la composición del tránsito.

### **Curvas verticales.**

“Son las que enlazan dos tangentes consecutivas del alineamiento vertical, para que en su longitud se efectúe el paso gradual de la pendiente de la tangente de entrada a la de la tangente de salida.

Debe dar por resultado un camino de operación segura y confortable, apariencia agradable y con características de drenaje adecuadas. El punto común de una tangente y una curva vertical en el inicio de esta se representa como PCV y como PTV, el punto común de la tangente y la curva al final de esta.

Las curvas verticales pueden tener concavidad hacia arriba o hacia abajo, recibiendo el nombre de curvas en columpio o en cresta respectivamente”. (M.P.G. SCT, 1974: 351-357)



**Fig. no. 2.1**

### **Elementos de la curva vertical**

- PIV** Punto de intersección de las tangentes verticales
- PCV** Punto en donde comienza la curva vertical
- PTV** Punto en donde termina la curva vertical
- PSV** Punto cualquiera sobre la curva vertical
- $p_1$**  Pendiente de la tangente de entrada, en m/m
- $p_2$**  Pendiente de la tangente de salida, en m/m
- $A$**  Diferencia algebraica de pendientes
- $L$**  Longitud de la curva vertical, en metros
- $K$**  Variación de longitud por unidad de pendiente (parámetro)
- $x$**  Distancia del PCV a un PSV, en metros
- $p$**  Pendiente en un PSV, en m/m
- $p'$**  Pendiente de una cuerda, en m/m
- $E$**  Externa, en metros
- $F$**  Flecha, en metros
- $T$**  Desviación de un PSV a la tangente de entrada, en metros
- $Z_0$**  Elevación del PCV, en metros
- $Z_x$**  Elevación de un PSV, en metros

### **2.2. Alineamiento horizontal.**

El alineamiento horizontal es la proyección sobre un plano horizontal del eje de la subcorona del camino. Los elementos que integran al alineamiento horizontal son las tangentes, las curvas circulares y curvas de transición.

## **Tangentes.**

Son la proyección sobre un plano horizontal de las rectas que unen las curvas. Al punto de intersección de la prolongación de dos tangentes consecutivas se le representa como PI, y al ángulo de deflexión formado por la prolongación de una tangente y la siguiente se le representa por  $\Delta$ . La longitud de una tangente es la distancia entre el fin de la curva anterior y el principio de la siguiente. La longitud máxima de una tangente está condicionada por la seguridad. Las tangentes largas son causa potencial de accidentes, ya que causa somnolencia al conductor, por tal motivo es conveniente limitar la longitud de las tangentes, proyectando en su lugar alineamientos ondulados con curvas de gran radio.

## **Curvas circulares.**

Las curvas circulares están constituidas por los arcos de círculo que forman la proyección horizontal de las curvas empleadas para unir dos tangentes consecutivas; las curvas circulares pueden ser simples o compuestas, según se trate de un solo arco de círculo o de dos o más sucesivos, de diferente radio.



-Curvas circulares compuestas: Son las que están formadas por dos o más curvas circulares simples del mismo sentido y de diferente radio, o de diferente sentido y cualquier radio, pero siempre con un punto de tangencia común entre dos consecutivas. Cuando son del mismo sentido se les llaman compuestas directas y cuando son de sentido contrario, compuestas inversas.

En la construcción de los caminos deben de evitarse este tipo de curvas, porque se pone en riesgo al usuario ya que introducen cambios de curvatura peligrosos, en intersecciones se pueden emplear siempre y cuando la relación entre dos radios consecutivos no sobrepase la cantidad de 2.0 y se resuelva satisfactoriamente la transición de la sobreelevación.

### **Curvas de transición.**

“Es cuando un vehículo pasa de una tangente a una curva circular, se debe de hacer en forma gradual, tanto por lo que se refiere al cambio de dirección como a la sobreelevación y ampliación necesarias, para realizar este cambio gradual se usan las curvas de transición. Definiéndose las curvas de transición como a la que liga una tangente con una curva circular, teniendo como característica principal, que en su longitud se efectúa, de manera continua, el cambio en el valor del radio de curvatura, desde infinito para la tangente hasta el que corresponde para la curva circular”. (M.P.G. SCT, 1974: 297-304)

### **2.3. Sección transversal.**

De acuerdo con el Manual de la SCT (1974), en un punto cualquiera de un camino la sección transversal es un corte vertical normal al alineamiento horizontal.



Define la disposición y dimensiones de los elementos que forman el camino en el punto correspondiente a cada sección y su relación con el terreno natural.

Los elementos que integran una sección transversal tipo son: La Corona, Subcorona, Cunetas y Contracunetas, Taludes y partes Complementarias.

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

**a) Rasante.-** Es la línea obtenida al proyectar sobre un plano vertical el desarrollo del eje de la corona del camino. En la sección transversal se representa por un punto.

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

**1.- Bombeo.**

**2.- Sobreelevación.**

**3.- Transición del bombeo a la sobreelevación.**

**1.- Bombeo.-** El bombeo es la pendiente que se da a la corona en las tangentes del alineamiento horizontal hacia uno y otro lado de la rasante para evitar la acumulación del agua sobre el camino.

**2.- Sobreelevación:** La sobreelevación es la pendiente que se da a la corona hacia el centro de la curva para contrarrestar parcialmente el efecto de la fuerza centrífuga de un vehículo en las curvas del alineamiento horizontal.

La expresión para calcular la sobreelevación necesaria en una curva circular es:

$$S = 0.00785 \cdot \frac{V^2}{R} - \mu$$

En donde:

S: Sobreelevación, en valor absoluto.

V: Velocidad del vehículo, en km. / h.

R: Radio de la curva, en m.

$\mu$ : Coeficiente de fricción lateral.

**3.- Transición del bombeo a la sobreelevación:** siguiendo con el manual de la SCT, en el alineamiento horizontal al pasar de una sección en tangente a otra en curva, se requiere cambiar la pendiente de la corona, desde el bombeo hasta la sobreelevación correspondiente a la curva; este cambio se hace gradualmente en toda la longitud de la espiral de transición. Cuando la curva circular no tiene espirales de transición, la transición de la sobreelevación puede efectuarse sobre las tangentes contiguas a la curva; sin embargo, esta solución tiene el defecto de que al dar la sobreelevación en las tangentes, se obliga al conductor a mover el volante de su vehículo en sentido contrario al de la curva para no salirse del camino; esta maniobra puede ser molesta y peligrosa, por lo cual se recomienda para este caso, dar parte de la transición en las tangentes y parte sobre la curva circular. Se ha determinado empíricamente que las transiciones pueden introducirse dentro de la curva circular hasta en un 50%, siempre que por lo menos la tercera parte de la longitud de la curva quede con sobreelevación completa.

Para pasar del bombeo a la sobreelevación, se tienen tres procedimientos. El primero consiste en girar la sección sobre el eje de la corona; el segundo en girar la sección sobre la orilla interior de la corona y el tercero en girar la sección sobre la orilla exterior de la corona. El primer procedimiento es el más conveniente, debido a que requiere menor longitud de transición y los desniveles relativos de los hombros son uniformes; los otros dos métodos tienen desventajas y solo se emplean en casos especiales.

**c) Calzada.-** Calzada es la parte de la corona destinada al tránsito de vehículos y constituida por uno o más carriles, entendiéndose por carril a la faja de ancho suficiente para la circulación de una fila de vehículos.

El ancho de calzada es variable a lo largo del camino y depende de la localización de la sección en el alineamiento horizontal y excepcionalmente en el vertical. Normalmente el ancho de calzada se refiere al ancho en tangente del alineamiento horizontal.

1.- Ancho de calzada en tangente.- Para determinar el ancho de calzada en tangente, debe establecerse el nivel de servicio deseado al final del plazo de previsión o en un determinado año de la vida del camino; con este dato y los estudios económicos correspondientes, pueden determinarse el ancho y número de carriles, de manera que el volumen de tránsito en ese año no exceda el volumen correspondiente al nivel de servicio prefijado.

2.- Ancho de calzada en curvas del alineamiento horizontal.- Cuando un vehículo circula por una curva del alineamiento horizontal, ocupa un ancho mayor que cuando circula sobre una tangente y el conductor experimenta cierta dificultad para mantener su vehículo en el centro del carril, por lo que se hace necesario dar un

ancho adicional a la calzada respecto al ancho en tangente. A este sobreebancho se la llama ampliación, el cual debe darse tanto a la calzada como a la corona. En la figura siguiente se ilustra la forma en que intervienen cada uno de los elementos mencionados en el cálculo de la ampliación para obtener el ancho de calzada en curva.

**d) Acotamientos.-** Los acotamientos son definidos como las fajas contiguas a la calzada, comprendidas entre sus orillas y las líneas definidas por los hombros del camino. Tienen las siguientes ventajas:

- 1.- Dar seguridad al usuario del camino al proporcionarle un ancho adicional fuera de la calzada.
- 2.- Proteger contra la humedad y posibles erosiones a la calzada.
- 3.- Mejorar la visibilidad en los tramos en curva.
- 4.- Facilitar los trabajos de conservación.
- 5.- Dar mejor apariencia al camino.

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

Los elementos que definen la subcorona y que son básicos para el proyecto de las secciones de construcción del camino, son la subrasante, la pendiente transversal y el ancho.

**1.- Subrasante.-** Es la proyección sobre un plano vertical del desarrollo del eje de la subcorona.

**2.- Pendiente Transversal.-** La pendiente transversal de la subcorona es la misma que la de la corona, logrando mantener uniforme el espesor del pavimento. Puede

ser bombeo o sobreelevación, según que la sección este en tangente, en curva o en transición.

**3.- Ancho.-** El ancho de la subcorona es la distancia horizontal comprendida entre los puntos de intersección de la subcorona con los taludes del terraplén, cuneta o corte. Este ancho está en función del ancho de corona y del ensanche.

**Cunetas y contracunetas:** Las cunetas y contracunetas son obras de drenaje que por su naturaleza quedan incluidas en la sección transversal.

**1.- Cunetas.-** Las cunetas son zanjas que se construyen en los tramos en corte a uno o a ambos lados de la corona, contiguas a los hombros, con el objeto de recibir en ellas el agua que escurre por la corona y los taludes del corte.

Normalmente, la cuneta tiene sección triangular con un ancho de 1.00 m, medido horizontalmente del hombro de la corona al fondo de la cuneta; con talud generalmente de 3:1.

**2.- Contracunetas.-** Generalmente son zanjas de sección trapezoidal, que se excavan arriba de la línea de ceros de un corte, para interceptar los escurrimientos superficiales del terreno natural. Se construyen perpendiculares a la pendiente máxima del terreno con el fin de lograr una interceptación eficiente del escurrimiento laminar.

**Taludes:** Es la inclinación del paramento de los cortes o de los terraplenes, expresado numéricamente por el recíproco de la pendiente. En caminos también se le llama talud a la superficie que en cortes queda comprendida entre la línea de ceros y el fondo de la cuneta; y en terraplenes, la que queda entre la línea de ceros y el hombro correspondiente.

Los taludes de los cortes y terraplenes se fijan de acuerdo con su altura y la naturaleza del material que los forman. Dado un control que se tiene en la extracción y colocación de material de un talud en terraplenes, un valor empleado es de 1.5. En los cortes debido a la variedad en el tipo de los materiales es realizar un mejor estudio para definir el talud en cada caso.

**Partes complementarias:** Con esta denominación se incluyen aquellos elementos de la sección transversal que concurren ocasionalmente y con los cuales se trata de mejorar la operación y conservación del camino. Tales elementos son las guarniciones, bordillos, banquetas y fajas separadoras.

**1.- Guarniciones y bordillos.-** Las guarniciones son elementos parcialmente enterrados, comúnmente de concreto hidráulico que se emplean principalmente para limitar las banquetas, camellones, isletas y delinear la orilla del pavimento.

Los bordillos son elementos que se construyen sobre los acotamientos junto a los hombros de los terraplenes, con la finalidad de encauzar el agua que escurre por la corona hacia las salidas de las obras como en lavaderos construidos sobre el talud del terraplén, de otra manera causaría erosiones en el talud del terraplén.

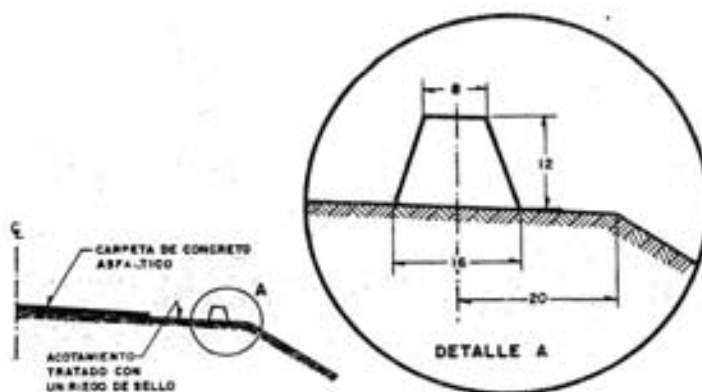
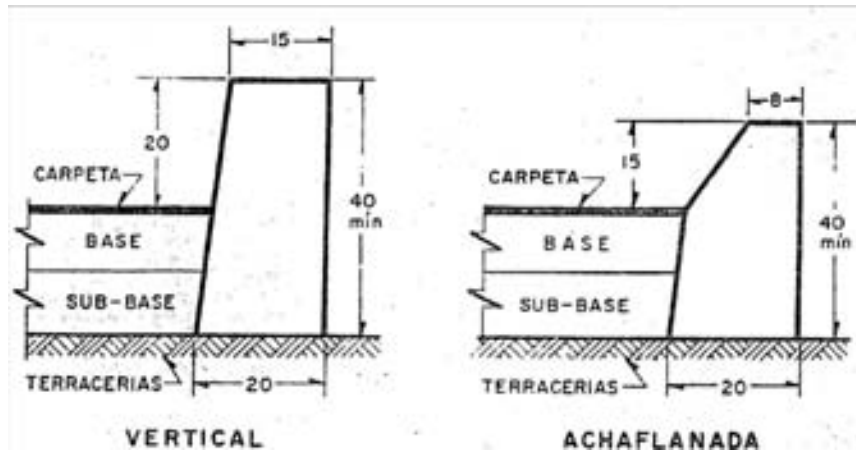


FIGURA 9.18. BORDILLO

Fig. no. 2.3 Sección de bordillo.



**Fig. 2.4** Tipos de guarniciones

**2.- Banquetas.-** “Las banquetas son fajas destinadas a la circulación de peatones, ubicadas a un nivel superior al de la corona y a uno o a ambos lados de ella. En zonas urbanas y suburbanas, la banqueta es parte integrante de la calle; en caminos rara vez son necesarias”. (M.P.G. SCT, 1974: 297-304)

**3.- Fajas separadoras y camellones.-** son las zonas que se disponen para dividir unos carriles de tránsito de otros de sentido opuesto, o también para dividir carriles del mismo sentido pero de diferente naturaleza. A las primeras se les llama fajas de separadoras centrales y a las otras fajas separadoras laterales.

“Cuando a estas fajas se les construyen guarniciones laterales y entre ellas se coloca material para tener un nivel superior al de la calzada, se llaman camellones, igualmente pueden ser centrales o laterales: la anchura es variable depende del costo del derecho de vía y necesidades del tránsito. El ancho mínimo es de 1.20m.”

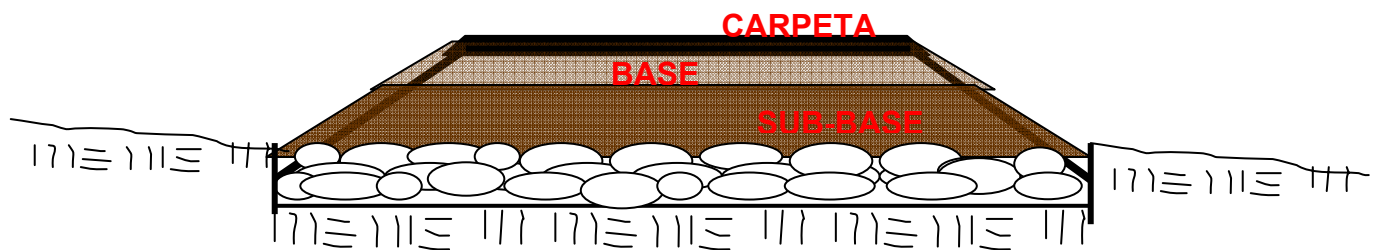
(M.P.G. SCT, 1974: 367-393)

## 2.4. Elementos constituyentes de un pavimento.

Un pavimento se puede definir como la capa o conjunto de capas de materiales diseñados y apropiados para un pavimento, comprendido entre el nivel superior de las terracerías y la superficie de rodamiento, siendo su principal función proporcionar una superficie uniforme con una textura apropiada, resistencia a la acción del tránsito y a la del intemperismo, así como emitir adecuadamente los esfuerzos producidos por las cargas del tránsito a las terracerías. Un pavimento hace que la seguridad del usuario sea adecuada en su trayecto de un camino.

La duración de un pavimento depende fundamentalmente de las características de los materiales que se emplean para su construcción y cumpliendo con las normas de calidad de los materiales a emplear.

Los elementos que constituyen un pavimento en general son la sub-base, la base y la carpeta, representándose de la siguiente manera:



**Fig. 2.5.** Elementos que constituyen un pavimento

De acuerdo a la Norma N-CTR-CAR-1-04-002/00 la sub-base es una capa de materiales pétreos seleccionados, esta capa se construye sobre la subrasante, cuyas funciones es dar un buen apoyo uniforme a la capa de base de una carpeta



asfáltica y resistir las cargas que le transmiten, aminorando los esfuerzos inducidos y distribuyéndolos a la capa inferior y prevenir la migración de finos hacia las capas superiores.

De acuerdo a la norma de la SCT N-CMT-4-02-001/04, el material natural para sub-base cribado, parcialmente triturado, totalmente triturado o mezclado que sea utilizado para la construcción de subbases para pavimentos asfálticos deben de cumplir con:

El material debe de cumplir con las características granulométricas que se fijan en la tabla 1 y se muestran en la fig. 1, y requisitos de calidad de la tabla 2, en función de la intensidad del tránsito en términos del número de ejes equivalentes acumulados, de (8,2) toneladas, esperado durante la vida útil del pavimento ( $\Sigma L$ ).

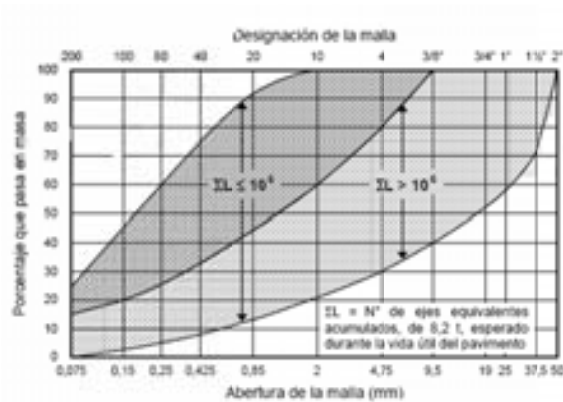
La curva granulométrica del material debe tener una forma semejante a la de las curvas que se muestran en la figura 1, sin cambios bruscos de pendiente. La relación entre el porcentaje en masa que pase la malla con abertura de (0,075) milímetros (N<sup>o</sup>.200) al que pase la malla con abertura de (0,425) milímetros (N<sup>o</sup>.40) no será mayor de (0,65).

Si por alguna razón la granulometría del material del banco no cumple se podrá mezclar con materiales de otros bancos en la proporción adecuada para que cumpla con los requisitos y garantizar la homogeneidad de los mismos, evitando su segregación o degradación, no será aceptable si se mezcla con materiales finos que agreguen plasticidad a la mezcla.

**Requisitos de granulometría de los materiales para subbases de pavimentos asfálticos**

Malla		Porcentaje que pasa	
Abertura mm	Designación	IL ≤ 10 <sup>4</sup> [1]	IL > 10 <sup>4</sup> [1]
50	2"	100	100
37.5	1½"	72 - 100	72 - 100
25	1"	58 - 100	58 - 100
19	¾"	52 - 100	52 - 100
9.5	¾"	40 - 100	40 - 100
4.75	Nº4	30 - 100	30 - 80
2	Nº10	21 - 100	21 - 60
0.85	Nº20	13 - 92	13 - 45
0.425	Nº40	8 - 75	8 - 33
0.25	Nº60	5 - 60	5 - 26
0.15	Nº100	3 - 45	3 - 20
0.075	Nº200	0 - 25	0 - 15

[1] IL = Número de ejes equivalentes acumulados, de 8.2 t, esperado durante la vida útil del pavimento.



**Requisitos de calidad de los materiales para subbases de pavimentos asfálticos**

Característica	Valor %	
	IL ≤ 10 <sup>4</sup> [1]	IL > 10 <sup>4</sup> [1]
Límite líquido <sup>[2]</sup> máximo	30	25
Índice plástico <sup>[2]</sup> máximo <sup>[3]</sup>	10	6
Valor Soporte de California (CBR) <sup>[2]</sup> mínimo	50	60
Equivalente de arena <sup>[2]</sup> mínimo	30	40
Desgaste Los Ángeles <sup>[2]</sup> máximo	50	40
Grado de compactación <sup>[2]</sup> mínimo	100	100

[1] IL = Número de ejes equivalentes acumulados, de 8.2 t, esperado durante la vida útil del pavimento.

[2] Determinado mediante el procedimiento de prueba que corresponda, de los Manuales que se señalan en la Cláusula C. de esta Norma.

[3] Con el grado de compactación indicado en esta Tabla.

[4] Respecto a la masa volumétrica seca máxima obtenida mediante la prueba AASHTO Modificada, salvo que el proyecto o la Secretaría indiquen otra cosa.

**Fig. 2.6.- Zonas Granulométricas recomendables de los materiales para subbases.**

Según la página de Internet: <http://www.ahrghys.com>. la construcción de las sub-bases consiste en el suministro, transporte, colocación, sobre la subrasante definida en los planos de construcción, conformándola y teniendo una compactación al 95 % con la prueba AASHTO de grava, piedra partida, arenilla u otro material granular aprobado por la Dependencia. El trabajo se extenderá a las bermas, si así lo indican los planos o lo exige la secretaría. El material para sub-base se compondrá de fragmentos de roca, gravas, arenas y limos.

En cada caso, sean suelos naturales o mezclados, se debe de obtener una capa uniforme, compacta, libre de terrones de arcilla, materia orgánica, basuras, escombros, u otros elementos que puedan perjudicar la capa.

Siguiendo con la misma página de Internet, la granulometría propuesta de los materiales de sub-base, estará dentro de los límites especificados en la tabla anterior, con una variación uniforme de los tamaños gruesos a los finos.

- Límites de Consistencia. La fracción del material que pasa el tamiz No. 40 debe tener un índice de plasticidad menor de 6 y un límite líquido menor de 25.

-Desgaste. El material al ser sometido al ensayo de abrasión en la máquina de los Angeles, debe presentar un desgaste menor del 50%.

- Equivalente de Arena. La fracción del material que pasa por el tamiz No. 4 debe presentar un equivalente de arena mayor del 20%.

- Valor Relativo de Soporte, CBR. El CBR será mayor de 25% para una densidad seca mínima del 95% con relación a la máxima obtenida en el ensayo Proctor Modificado.

Los materiales se extraerán de canteras o depósitos aluviales estudiados y aceptados por la Secretaría, con estudio y control de calidad realizados y aceptados, si se desea utilizar materiales diferentes a los acordados inicialmente, se pedirá autorización por escrito, presentando los estudios de laboratorio que demuestren el cumplimiento de las especificaciones indicadas en este documento y los costos derivados correrán por cuenta del constructor y certificará que dichas

fuentes cuentan con el material suficiente para garantizar el avance satisfactorio de los trabajos.

La construcción de una sub-base tiene las siguientes operaciones repetidas cuantas veces sea necesario: Extensión y humedecimiento necesario de una capa, conformación, compactación y acabado de la misma capa. No se podrá dar comienzo a los trabajos sin la aprobación de la secretaría, teniendo bien definido los bancos de materiales para este tipo de capa, se debe tener bien definida la capa de la subrasante incluyendo el bombeo, peraltes y demás obras definidas para así mismo comenzar con la capa de la sub-base. Se colocará en capas no mayores de 20 cm. de espesor, medido antes de la compactación, y mantendrá un contenido de humedad cercano al óptimo para alcanzar una compactación a un mínimo del 95% de la densidad máxima obtenida en el ensayo Proctor Modificado. Cuando se trate de realizar una sub-base aprovechando el material existente, se realizara de la siguiente manera: se escarificará en una profundidad de 10 cm. o la que se indique en el proyecto y en las especificaciones particulares. Se conformará y compactará al 95% de la densidad máxima del Proctor Modificado. Si el espesor de la sub-base por colocar, está proyectado para corregir irregularidades menores de la calzada, la secretaría podrá autorizar la colocación y mezcla del material de sub-base con el material existente ya escarificado. Se colocará el material de sub-base de tal manera que no produzca segregación y no cause daño a la superficie de asiento.

Los equipos para la ejecución de los trabajos especificados comprenden: Motoniveladora debidamente equipada con cuchilla y escarificadores en buenas

condiciones, Pipa de agua que permita un riego uniforme sobre la superficie. El espesor de cada capa y el número de pasadas del equipo de compactación se determinarán de acuerdo a la capacidad del equipo que se tenga disponible y el material a compactar. La secretaría exigirá que el equipo cumpla con las especificaciones determinadas, plazo y programa de trabajo. Las tolerancias admisibles para la aceptación de la sub-base serán las siguientes: La cota de cualquier punto de la sub-base conformada y compactada no deberá variar en más o menos un centímetro ( + /-1 cm.) de la cota proyectada. El espesor verificado por medio de perforaciones en la sub-base terminada no deberá ser menor del noventa y cinco por ciento (95%) del espesor de diseño. En los proyectos de mejoramiento de vías existentes en las que el afirmado forma parte de la sub-base, la secretaría determinará el procedimiento de control de espesores, cotas y pendientes longitudinales y transversales según lo estime conveniente. El precio unitario cubrirá los costos directos e indirectos, necesarios para la realización de la actividad. En los proyectos de mejoramiento, el precio unitario deberá cubrir los costos de escarificación, conformación y compactación del afirmado existente aún en aquellos tramos en que las cantidades de materiales de sub-base por colocar sean mínimas o nulas. En los tramos de vías existentes en que solamente se requiere cantidades pequeñas de sub- base, para la conformación de irregularidades de la calzada, ensanches menores o aumentos de espesor menores de 10 cm., la secretaría podrá medir en m<sup>3</sup> el volumen suelto del material, medido en los camiones de transporte. En este caso y para fines de pago, el volumen suelto se convertirá a volumen compactado, de acuerdo con la relación

que determine la secretaría, mediante un ensayo de compactación en el laboratorio.

#### **2.4.2. Base Hidráulica.**

La base es una capa de materiales pétreos seleccionados, esta capa se construye sobre la sub-base, cuyas funciones es dar un buen apoyo uniforme a la carpeta asfáltica y resistir las cargas que le transmiten, aminorando los esfuerzos inducidos y distribuyéndolos a la capa inferior proporcionando a la estructura de pavimento la rigidez necesaria para evitar deformaciones excesivas, drenar el agua que se pueda infiltrar e impedir el ascenso capilar del agua subterránea. Según la Norma N-CTR-CAR-1-04-002/03

De acuerdo con Mier (1987) Los materiales que se emplean para bases son los siguientes:

Materiales que no requieren tratamiento: son poco o nada cohesivos como los limos, arenas y gravas que al extraerlos quedan sueltos y no contienen mas del 5% de partículas mayores de 2"

Materiales que requieren ser disgregados: son tezontles y los cohesivos como tepetates, caliches, conglomerados, aglomerados y rocas alteradas, que al ser extraídos del banco salen con terrones pero al ser sometidos al equipo de disgregación, no contienen más del 5% de partículas mayores de 2".

Materiales que requieren ser cribados: son los materiales poco o nada cohesivos, como son las mezclas de gravas, arenas y limos que al extraerlos

quedan sueltos con un contenido del 5% y el 25% de material mayor de 2"; por consiguiente deben ser cribados por la malla de 2" para cumplir con lo especificado y eliminar el material mayor.

Materiales que requieren ser triturados parcialmente y cribados: estos materiales son poco o nada cohesivos, como son mezclas de gravas, arenas y limos, que al ser extraídos quedan sueltos y contienen mas del 25% de partículas mayores de 2", por lo cual debes triturarse y cribarse por la malla de 1 ½"; pueden ser tezontles también y materiales cohesivos como tepetates, caliche, conglomerado, aglomerados y rocas alteradas que al ser extraídos resulten con terrones que pueden disgregarse por el equipo mecánico y posteriormente contienen mas del 5% de partículas mayores a 2" debiendo triturarse y cribarse por la malla de 1 ½" .

Materiales que requieren trituración total y cribado por la malla de 1 ½": son los materiales que son extraídos de mantos de roca, piedra de pepena, piedra suelta de depósitos naturales o algún desperdicio que requieren de un tratamiento mecánico de trituración total y cribado con el equipo adecuado, para satisfacer la composición granulométrica.

Materiales mezclados: son los materiales que resultan de la mezcla de dos o más materiales sean arenas gravas y limos, cribados o triturados según lo especifique la secretaría. Para una base hidráulica ya sea cribada, parcialmente triturada, totalmente triturado o mezclado empleada en un pavimento debe de cumplir con los siguientes requisitos:

El material que se empleará en una base hidráulica será 100% de trituración de roca sana cuando el tránsito esperado durante la vida útil del pavimento sea mayor de diez millones de ejes acumulados de 8.2 toneladas; cuando ese tránsito sea de 1 a 10 millones, el material contendrá como mínimo 75% de partículas producto de la trituración de roca sana y si dicho tránsito es menor de 1 millón el material tendrá como mínimo 50% de trituración.

Al colocar una carpeta asfáltica después de la construcción de la base hidráulica, el material para la base tendrá la siguiente granulometría en función de la intensidad del tránsito en términos del número de ejes equivalentes acumulados, de 8.2 toneladas esperado durante la vida útil del pavimento.

En la siguiente tabla se presentan los requisitos de granulometría de los materiales para bases de pavimentos con carpetas de mezcla asfáltica de granulometría densa.

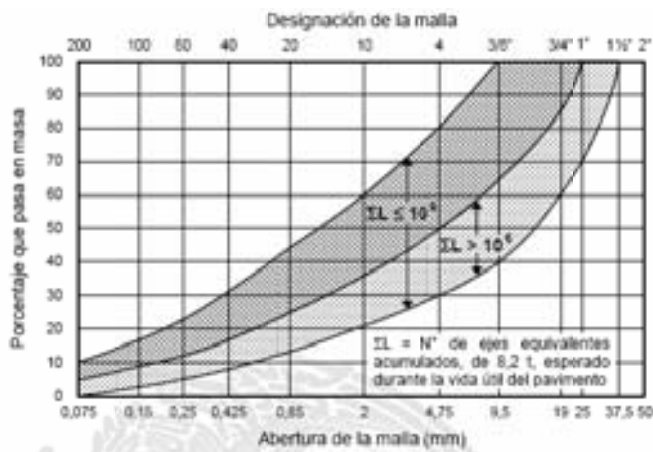
Malla		Porcentaje que pasa	
Abertura mm	Designación	$\Sigma L \leq 10^6$ [1]	$\Sigma L > 10^6$ [1]
37,5	1½"	100	100
25	1"	100	70 - 100
19	¾"	60 - 100	60 - 85
9,5	¾"	40 - 83	40 - 65
4,75	Nº4	30 - 67	30 - 50
2	Nº10	21 - 50	21 - 36
0,85	Nº20	13 - 37	13 - 25
0,425	Nº40	8 - 28	8 - 17
0,25	Nº60	5 - 22	5 - 12
0,15	Nº100	3 - 17	3 - 9
0,075	Nº200	0 - 10	0 - 5

[1]  $\Sigma L$  = Número de ejes equivalentes acumulados, de 8,2 t, esperado durante la vida útil del pavimento.

**Tabla. no. 2.1** Granulometría de materiales para bases



En la siguiente figura se muestran las zonas granulométricas recomendadas para bases hidráulicas.



**Tabla no. 2.2.** Zonas granulométricas recomendables de los materiales para bases de pavimentos con carpetas de mezcla asfáltica de granulometría densa

Característica	Valor %	
	$\Sigma L \leq 10^6$ [1]	$\Sigma L > 10^6$ [1]
Límite líquido <sup>[2]</sup> , máximo	25	25
Índice plástico <sup>[2]</sup> , máximo	6	6
Equivalente de arena <sup>[2]</sup> , mínimo	40	50
Valor Soporte de California (CBR) <sup>[2,3]</sup> , mínimo	80	100
Desgaste Los Ángeles <sup>[2]</sup> , máximo	35	30
Partículas alargadas y lajeadas <sup>[2]</sup> , máximo	40	35
Grado de compactación <sup>[2,4]</sup> , mínimo	100	100

[1]  $\Sigma L$  = Número de ejes equivalentes acumulados, de 8,2 t, esperado durante la vida útil del pavimento.

[2] Determinado mediante el procedimientos de prueba que corresponda, de los Manuales que se señalan en la Cláusula C. de esta Norma.

[3] Con el grado de compactación indicado en esta Tabla.

[4] Respecto a la masa volumétrica seca máxima obtenida mediante la prueba AASHTO Modificada, salvo que el proyecto o la Secretaría indiquen otra cosa.

**Tabla no. 2.3** Requisitos de calidad de los materiales para bases de pavimentos asfálticos.

Al tener preparado el material para base ya cumpliendo con la granulometría de la normatividad se extenderá en todo lo ancho de la corona y se conformará de tal manera que se tenga una capa sin compactar de un espesor uniforme, se comenzara a compactar el material de tal manera que las capas que se empiecen a compactar tengan un espesor no mayor que aquel que el equipo sea capaz de compactar. La compactación se realizará longitudinalmente, de las orillas hacia el centro en tangentes, y del interior al exterior en las curvas, con un traslape de cuando menos la mitad del ancho del compactador en cada pasada. Se realizaran diferentes calas para checar la compactación y espesores de la base haciendo el número de calas como se indica en la siguiente fórmula:

$$C = L / 50$$

C = Número de calas por realizar, aproximado a la unidad superior

L = Longitud del tramo construido en un día de trabajo en metros.

Todos los grados de compactación deberán estar dentro de lo que fije el proyecto o apruebe la secretaría, al ser aprobado el tramo verificado los huecos de las calas se rellenarán con el mismo material usado para la base.

De acuerdo con la página de Internet [www.construaprende.com](http://www.construaprende.com), uno de los primeros pasos para la construcción de una base hidráulica es ubicar el banco de préstamo, de donde se traerá el material, pudiendo emplearse en estas capas gravas, arenas de río, depósitos de roca (aglomerados) o materiales ligeramente o

fuertemente cementados (conglomerados), se recomienda no usar tezontles ya que estos materiales tienden a desmoronarse y pueden provocar cambios volumétricos, en caso de que sea necesario su empleo deberán mezclarse con algún tipo de material fino como los tepetates (60% tepetate y 40% tezontle); en algunos casos se deberán aplicar tratamientos previos y estos podrán ser: el cribado, la trituración, en algunas ocasiones se les estabiliza en planta con cemento o con cal para darle mayor resistencia. Estos materiales son llevados a la obra, donde se acamellonan para poder llevar a cabo el cálculo del volumen y ver si existe algún faltante.

Cuando el material de banco tiene cierta humedad, ésta se calcula para saber si estamos por debajo o por encima de la humedad óptima de compactación, en base a esto se sabe qué cantidad de agua debemos adicionarle, otra cosa que se puede hacer es voltear el material para que por evaporación pierda el agua sobrante. El material acamellonado se abre parcialmente y se humedece con una cantidad de agua cercana a la óptima, siendo para los caminos una humedad menor a la obtenida en laboratorio. El agua se riega en varias pasadas, se hace un primer riego y la moto niveladora abre una nueva cantidad de material, el cual coloca sobre el material que se humedeció para que vuelva a pasar la pipa; esto se hace comúnmente en tres etapas, para después con la misma maquinaria, homogenizar la humedad. Cuando se llega a la humedad deseada se distribuye el material en toda la corona para formar la capa con el espesor suelto necesario, debiendo cuidar que no se separe el material fino del grueso. Ya extendido se compacta con un rodillo liso o de neumáticos, o con una combinación de ambos hasta alcanzar el grado de compactación que marca el proyecto.

Cuando en las bases se alcanza la compactación de proyecto, ésta se deja secar superficialmente, se barre para retirar cualquier tipo de basura y partículas sueltas. Después de esto se le aplica un riego de emulsión asfáltica de fraguado lento o superestable que se conoce como riego de impregnación. Este elemento sirve para impermeabilizar y estabilizar la base y le ayudará a protegerla de la intemperie cuando no se va a colocar una carpeta en poco tiempo, además favorece la adherencia entre la base y la futura carpeta. La cantidad por regar variará de acuerdo con la abertura de poro que presente la base, para conocer cual es la cantidad adecuada se recomienda efectuar mosaicos de prueba, los cuales variarán de 0.6 a 1.2 lts/m<sup>2</sup> de emulsión. La SCT recomienda que este asfalto penetre dentro de la base de 3 a 5 mm, no debiendo quedar charcos o natas de asfalto que puedan desestabilizar la capa superior. Se recomienda no efectuar este tratamiento cuando amenace lluvia, cuando la temperatura sea menor de 5 ° C o bien, cuando exista mucho viento. La base impregnada puede abrirse al tránsito con un tiempo de reposo de 24 horas como mínimo, pero si lo ordena la secretaría se abrirá antes, esta capa es recomendable que se cubra con un poreo de arena para evitar que los vehículos se lleven la película de asfalto.

### 2.4.3. Carpetas Asfálticas.

“Las carpetas asfálticas se pueden realizar de las siguientes maneras: por el sistema de riegos, por el sistema de mezcla en el lugar y por medio de mezcla asfáltica en caliente elaborada en planta, siendo de cualquiera de estas maneras deben de cumplir con los siguientes requisitos: no se deben desplazar ni desintegrar por la acción del tránsito, deben de tener una buena resistencia al intemperismo y soportar pequeñas deformaciones sin sufrir agrietamiento. Se debe de tener en cuenta y tomar la precaución de que el espesor de la carpeta sea igual o mayor a los 3cm compactos y no es conveniente que los camellones sean de mas de 5 km de longitud” (Mier, 1987 : 318-319). De acuerdo con Mier (1987), Los materiales asfálticos más usados son cementos asfálticos, asfaltos rebajados de fraguado rápido o emulsiones de rompimiento rápido y aditivos.

Las carpetas asfálticas por el sistema de riegos se construyen mediante uno, dos o tres riegos de materiales asfálticos, cubiertos con capas de materiales pétreos de diferentes tamaños, triturados y/o cribados, en la siguiente tabla se muestra la denominación de los materiales pétreos para carpetas por el sistema de riego.

Denominación del material pétreo	Que pase por la malla de	Y se retenga en la malla de
1	1"	1/2"
2	1/2"	1/4"
3-A	3/8"	Núm. 8
3-B	1/4"	Núm. 8
3-E	3/8"	Núm. 4

**Fig. 2.4** Denominación de materiales pétreos para carpetas por el sistema de riego.

La granulometría que debe cumplir los materiales pétreos para carpetas por el sistema de riegos es:

#### DENOMINACIÓN DEL MATERIAL PÉTREO

MALLAS	CONDICIONES	1	2	3-A	3-B	3-E
1 ¼"	Debe pasar	100%				
1"	Debe pasar	95% mín.				
¾"	Debe pasar		100%			
½"	Debe pasar Debe retenerse		95% mín. 95% mín.	100%		100%
3/8"	Debe pasar			95% mín.	100%	95% mín.
¼"	Debe pasar Debe retenerse		95% mín.		95% mín.	
Núm. 4	Debe retenerse					95% mín.
Núm. 8	Debe retenerse		100%	95% mín.	95% mín.	100%
Núm. 40	Debe retenerse			100%	100%	

**Tabla no. 2.5** Denominación del material pétreo

**Carpetas de un riego:** siguiendo con Mier (1987), para realizar una carpeta de un riego primero se barre la superficie de la base impregnada, ya estando libre de cualquier partícula se realiza un riego de material asfáltico en una cantidad determinada por el laboratorio, cubriendo enseguida con material pétreo 3-A o 3-E en cantidad según proyecto y por último se rastrea y se plancha el material pétreo. Después de un tiempo de tres días se barre la superficie y se remueve el material que no se halla adherido al material asfáltico.

**Carpetas de dos riegos:** para este sistema se realizará primeramente el barrido de la base impregnada y sobre la base limpia se da un riego de material

asfáltico, enseguida se cubre con material pétreo, se rastrea y plancha el material, enseguida se da un segundo riego de material asfáltico del tipo y cantidad fijada, cubriendo enseguida con material pétreo 3-B, el cual se rastrea y plancha. Después de un tiempo de tres días se barre la superficie y se remueve el material que no se halla adherido al material asfáltico. Las dosificaciones de materiales pétreos y asfálticos para carpetas de dos riegos es la siguiente:

concepto	Denominación del material pétreo	
	1er. Riego	2º. Riego
I. Material pétreo	Número 2	Número 3-B
1)Granulometría		
A)que pasa por la malla de	½"	¼"
B)que quede retenido en la malla de	¼"	Número 8
2)dosificaciones (lts/m2)	8 – 12	6 - 8
II. Material Asfáltico		
1)Cemento asfáltico (lts/m2)	0.6-1.1	0.8-1.1
2)FR-3 .....	0.8-1.5	1.1-1.5
3)FR-4 .....	0.8-1.4	1.0-1.4
4)Emulsión catiónica o aniónica	0.8-1.0	1.0-1.5

**Tabla no. 2.6** Dosificaciones de materiales pétreos y asfálticos para carpetas de dos

**Carpetas de tres riegos:** para este sistema se realizará primeramente el barrido de la base impregnada y sobre la base limpia se da un riego de material asfáltico, enseguida se cubre con material pétreo número 1, se rastrea y se realiza una pasada con el equipo de compactación, enseguida se da un segundo riego de material asfáltico del tipo y cantidad fijada, cubriendo enseguida con material pétreo número 2, el cual se rastrea y compacta, dándole dos pasadas completas con el equipo; seis horas después se puede abrir el tránsito por un tiempo no mayos de dos semanas, enseguida se le da una barrida a la carpeta para eliminar el material pétreo suelto, a continuación se da el 3er. Riego de material asfáltico cubriéndolo con material pétreo 3-B y procediendo a su compactación, por último a los tres días

se barre la superficie recolectando el material pétreo que no se adhirió a la superficie. Las dosificaciones para este sistema de tres riegos es el siguiente.

I. Material pétreo	1er. Riego	2º. Riego	3er. Riego
1)Granulometría	Número 1	Número 3	3-B
A)que pasa por la malla de	1"	1/2"	1/4"
B)que quede retenido en la malla de	1/2"	1/4"	Núm. 8
2)dosificaciones (lts/m2)	20 - 25	8 - 12	6 - 8
II. Material Asfáltico			
1)Cemento asfáltico (lts/m2)	0.6-1.1	1.0-1.4	0.7-1.0
2)FR-3 .....	0.8-1.5	1.3-1.9	0.9-1.3
3)FR-4 .....	0.8-1.4	1.2-1.8	0.9-1.2
4)Emulsión catiónica o aniónica	0.8-1.0	1.0-1.5	1.0-1.5

**Tabla no. 2.7** Dosificaciones para sistema de tres riegos.

La compactación de las carpetas se debe de realizar de las orillas hacia el centro en tangentes y del lado interior al exterior en las curvas. Para que una carpeta por el sistema de riegos se dé por terminado debe de cumplir con las siguientes tolerancias:

Ancho de la carpeta del eje a la orilla	+ 5 centímetros
Pendiente transversal	+/- 1/2 %
Profundidad de presiones observadas colocando una regla de tres metros de longitud paralela y normalmente al eje.	1 cm.

**Tabla no. 2.8** Tolerancias para carpetas..

### **Carpetas Asfálticas de Mezcla en el Lugar.**

Estas carpetas se construyen mediante un mezclado, tendido y compactado de materiales pétreos y un material asfáltico, estos materiales asfálticos son rebajados de fraguado rápido o medio, o emulsiones de rompimiento medio o lento y en los riegos de liga son cementos asfálticos y rebajados o emulsiones de rompimiento rápido.



Para iniciar con la construcción de este tipo de carpeta debe de estar la base debidamente terminada e impregnada, primeramente se da un riego de liga con petrolizadora en toda la superficie que llevara carpeta, si se emplea una motoconformadora para realizar la mezcla de los materiales pétreos y asfálticos este último debe de aplicarse con petrolizadora, si es conveniente en varios riegos sobre el material pétreo extendido, procediendo después de cada riego a mezclarlos para obtener un producto homogéneo. La mezcla elaborada con asfaltos rebajados se curará oreándola, se mezclara con la motoconformadora el tiempo suficiente para que se volatilice una parte del disolvente y se obtenga la relación disolvente-cemento asfáltico de la mezcla. Cuando se elabore con emulsiones de rompimiento medio o lento, se aplicará un riego de agua para dar la humedad fijada.

Para su compactación se empleara un compactador de llantas neumáticas a un mínimo del 95% de su peso volumétrico máximo, después se empleara una plancha lisa para borrar las huellas que dejen loa compactadores neumáticos. Cuando la carpeta esté terminada se realizara un riego de sello cuando esta resulte con mayor permeabilidad del 10% permitido.

### **Carpetas con mezcla asfáltica en caliente.**

Continuando con Mier, este tipo de carpetas se elaboran en una planta estacionaria utilizando cementos asfálticos, estas plantas deben de constar de: un secador con inclinación ajustable colocado antes de las cribas clasificadoras, con una buena capacidad para secar un buen volumen de material pétreo igual o mayor que la capacidad de producción de concreto asfáltico de la planta. A lo que es la

salida del secador debe de haber un pirógrafo para registrar automáticamente la temperatura del material pétreo, cribas para clasificar el material pétreo por lo menos en tres tamaños con una capacidad suficiente para mantener las tolvas siempre con material pétreo disponible para la mezcla, tolvas para almacenar el material pétreo y protegerlo de la lluvia y el polvo con capacidad que asegure la operación de la planta cuando menos durante 15 minutos sin ser alimentadas y divididas en compartimientos para almacenar los materiales pétreos por tamaños, dispositivos que permitan dosificar los pétreos, de preferencia por peso, pudiendo hacer un ajuste de la mezcla en cualquier momento, para así mismo obtener la granulometría que indique el proyecto. Un equipo para calentar el cemento asfáltico, provisto de un termómetro con una graduación de 20 a 210 °C. Dispositivos para dosificar el cemento asfáltico con aproximación de +- 2% . Una mezcladora equipada con un dispositivo para el tiempo de mezclado. También se ocupa un recolector de polvo y un dispositivo para agregar finos.

La temperatura del material debe de andar entre 120 y 160 °C al momento de agregarle el cemento asfáltico y la mezcla al salir de la planta debe de tener una temperatura entre 120 y 150 °C

Para tender la mezcla la superficie deberá estar seca o ligeramente húmeda. La temperatura de la mezcla no deberá ser inferior a 110°C al comienzo del tendido y 85°C al término del proceso. Las mezclas deberán extenderse sobre superficies secas y previamente imprimadas. Sólo deberán colocarse y compactarse mezclas cuando la temperatura ambiental sea de por lo menos 10 °C, sin bruma ni lluvia.



Foto 1.- Tendido de carpeta asfáltica en caliente.



Foto 2 y 3.- Camiones con barra de distribución y con manguera de aplicación.

La compactación suele iniciarse utilizando rodillo tándem de dos ruedas de acero, de las orillas hacia el centro del camino en las tangentes y del interior al exterior en las curvas con un traslape de cuando menos la mitad del ancho del compactador. Durante la compactación las ruedas de las apisonadoras deberán mantenerse húmedas para evitar que se adhieran al material.

Después de haberse hecho las correcciones que fuesen necesarias después de la compactación inicial, se procede a dar pasadas con el rodillo neumático.



Foto 4.- Compactación con rodillo tándem.

La segunda compactación se considera preferible los rodillos neumáticos adecuados para alcanzar un mínimo de 95% del peso volumétrico máximo, que deben seguir a la compactación inicial tan de cerca como sea posible y mientras la mezcla está aún a una temperatura que permita alcanzar la máxima densidad.



Foto 5.- Compactación con rodillo neumático.

Una compactación final debe realizarse con rodillos tandem de dos ruedas o tres, mientras que el material es aún suficientemente trabajable para permitir suprimir las huellas de los rodillos. La compactación de la mezcla debe terminarse a una temperatura mínima de 70 °C.

## **2.5. Materiales asfálticos.**

Según la norma N-CMT-4-05-001/00, son los materiales bituminosos con propiedades aglutinantes, sólidos, semisólidos o líquidos que son utilizados en estabilizaciones, riegos de impregnación, de liga y de sello, en la elaboración de carpetas asfálticas y morteros. Los materiales asfálticos son clasificados en cementos asfálticos, emulsiones asfálticas y asfaltos rebajados.

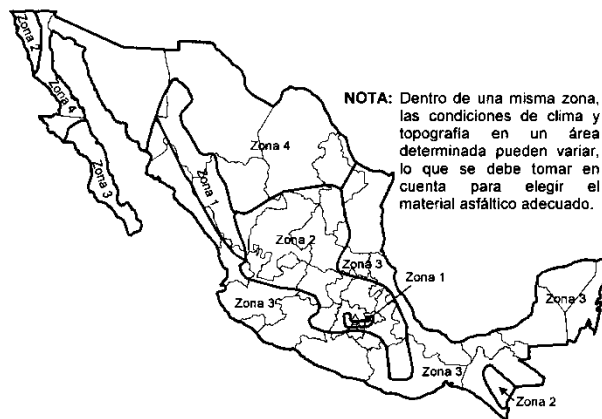
Los cementos asfálticos son asfaltos que se obtienen del proceso de destilación del petróleo. Su viscosidad varía con la temperatura y entre sus componentes las resinas le producen adherencia con los materiales pétreos, al ser calentados se licúan lo que les permite cubrir todas las partículas del material pétreo.

Para su aplicación se necesita estar a una temperatura adecuada y se utiliza en la elaboración de carpetas de mezcla en caliente, en morteros y estabilizaciones, así también es un elemento base para la elaboración de emulsiones asfálticas y asfaltos rebajados.

Clasificación	Viscosidad a 60°C Pa·s (P <sup>[1]</sup> )	Usos más comunes
AC-5	50 ± 10 (500 ± 100)	<ul style="list-style-type: none"> <li>En la elaboración de carpetas de mezcla en caliente dentro de las regiones indicadas como Zona 1 en la Figura 1.</li> <li>En la elaboración de emulsiones asfálticas que se utilicen para riegos de impregnación, de liga y poreo con arena, así como en estabilizaciones.</li> </ul>
AC-10	100 ± 20 (1 000 ± 200)	<ul style="list-style-type: none"> <li>En la elaboración de carpetas de mezcla en caliente dentro de las regiones indicadas como Zona 2 en la Figura 1.</li> <li>En la elaboración de emulsiones asfálticas que se utilicen en carpetas y morteros de mezcla en frío, así como en carpetas por el sistema de riegos, dentro de las regiones indicadas como Zona 1 en la Figura 1.</li> </ul>
AC-20	200 ± 40 (2 000 ± 400)	<ul style="list-style-type: none"> <li>En la elaboración de carpetas de mezcla en caliente dentro de las regiones indicadas como Zona 3 en la Figura 1.</li> <li>En la elaboración de emulsiones asfálticas que se utilicen en carpetas y morteros de mezcla en frío, así como en carpetas por el sistema de riegos, dentro de las regiones indicadas como Zona 2 en la Figura 1.</li> </ul>
AC-30	300 ± 60 (3 000 ± 600)	<ul style="list-style-type: none"> <li>En la elaboración de carpetas de mezcla en caliente dentro de las regiones indicadas como Zona 4 en la Figura 1.</li> <li>En la elaboración de emulsiones asfálticas que se utilicen en carpetas y morteros de mezcla en frío, así como en carpetas por el sistema de riegos, dentro de las regiones indicadas como Zonas 3 y 4 en la Figura 1.</li> <li>En la elaboración de asfaltos rebajados en general, para utilizarse en carpetas de mezcla en frío, así como en riegos de impregnación.</li> </ul>

[1] Poises

**Tabla no. 2.9** Clasificación de los cementos asfálticos según su viscosidad dinámica a 60 grados centígrados.



**Fig. 2.7.-** Zonas de utilización de materiales asfálticos

Las emulsiones asfálticas están formadas por dos fases no miscibles en los que la fase continua de la emulsión está formada por agua y la discontinua por pequeños glóbulos de cemento asfáltico. Se llaman emulsiones asfálticas aniónicas cuando el agente emulsificante confiere polaridad electronegativa a los glóbulos y

las emulsiones catiónicas cuando les confiere polaridad electropositiva, para su aplicación se necesita agua y son utilizadas en la elaboración de carpetas con mezcla en frío, morteros, riegos y estabilizaciones.

Las emulsiones pueden ser de los siguientes tipos:

**Emulsiones de rompimiento rápido:** este tipo de emulsión se emplea para riegos de liga y carpetas por el sistema de riegos.

**Emulsiones de rompimiento medio:** estas se emplean para la elaboración de mezclas en frío elaboradas en planta, especialmente cuando el contenido de finos en la mezcla es menor o igual a 2%, también es utilizable en trabajos de conservación como son bacheos, renivelaciones y sobrecarpetas.

**Emulsiones de rompimiento lento:** estas emulsiones se emplean para la elaboración de mezclas en frío en planta y para estabilizaciones asfálticas.

**Superestables:** se emplean principalmente en estabilizaciones de materiales y trabajos de recuperación de pavimentos.

Clasificación	Contenido de cemento asfáltico en masa %	Tipo	Polaridad
EAR-55	55	Rompimiento rápido	Aniónica
EAR-60	60		
EAM-60	60	Rompimiento medio	
EAM-65	65		
EAL-55	55	Rompimiento lento	
EAL-60	60		
EAI-60	60	Para impregnación	
ECR-60	60	Rompimiento rápido	Catiónica
ECR-65	65		
ECR-70	70		
ECM-65	65	Rompimiento medio	
ECL-65	65	Rompimiento lento	
ECI-60	60	Para impregnación	
ECS-60	60	Sobrestabilizada	

**Tabla no. 2.10.-Clasificación de las emulsiones asfálticas**

**Los asfaltos rebajados:** son materiales asfálticos líquidos compuestos por cemento asfáltico y un solvente, se utilizan solventes y son utilizados en la elaboración de carpetas en frío y para la impregnación de sub-bases y bases.

De acuerdo con Mier (1987), los materiales asfálticos se transportan en autotanques que deben de contar con equipo para calentar el producto cuando se requiera, debiendo ser herméticos y con tapa adecuada para así mismo evitar fugas y contaminaciones. Los riegos de asfalto se deben de realizar por medio de petrolizadoras que cuenten con el siguiente equipo: un equipo de calentamiento para tener la temperatura adecuada, una bomba que produzca la presión para obtener una dispersión uniforme en todas las espreas de la barra, un tacómetro para regular la velocidad y poder regular una dosificación controlada y uniforme en todo el tramo deseado; termómetro y todo lo necesario para una buena operación.

Nunca se deberán de aplicar materiales asfálticos cuando la temperatura ambiente sea inferior a 5 °C, ni cuando se presente amenaza de lluvia o cuando el viento impida la aplicación del material.

## **2.6. Compactación de los materiales en caminos.**

“La compactación es un proceso donde se busca mejorar las características de resistencia, compresibilidad y esfuerzo – deformación: siendo así que se pretende obtener un suelo estructurado que tenga un comportamiento mecánico adecuado durante toda su vida útil del camino” (Mier, 1987: 337). Continuando con Mier es sencillo controlar la compactación de un material determinando el peso



volumétrico seco de los materiales compactados. El contenido de agua es un factor de gran importancia en la compactación ya que existe un contenido óptimo que produce el máximo peso volumétrico seco, en la curva de compactación se puede apreciar un máximo absoluto: el peso volumétrico seco correspondiente al máximo absoluto recibe el nombre de peso volumétrico seco máximo y la humedad con la que tal máximo se consigue se le llama humedad óptima como se ve en la figura siguiente en la que también aparece la curva correspondiente al 100% de saturación del suelo.

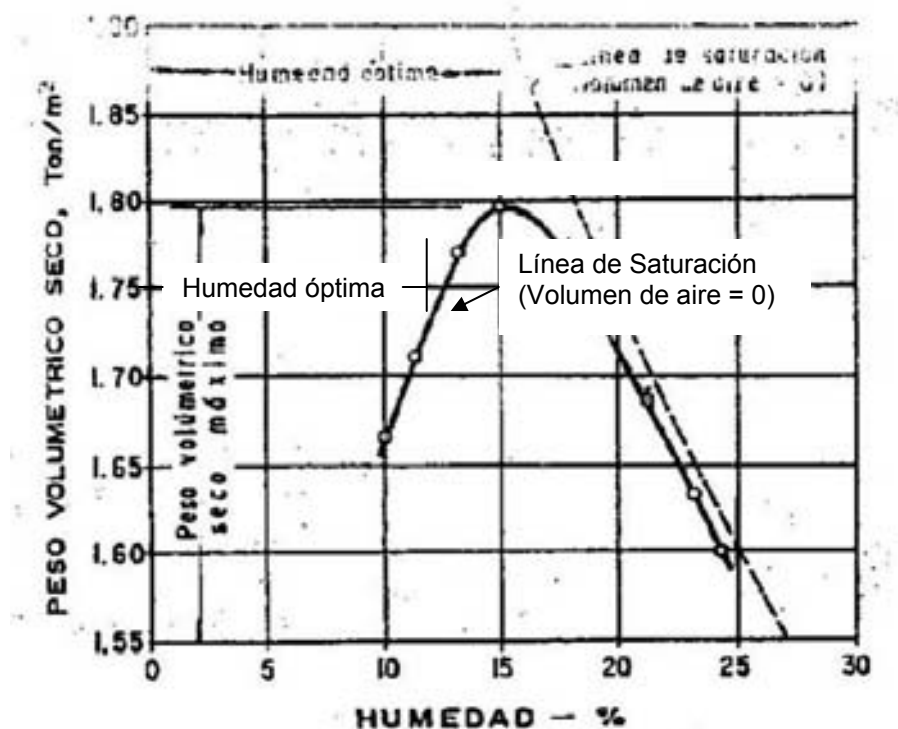


Tabla no. 2.11 Curva de compactación típica

La compactación en el campo se logra por 4 maneras diferentes de aplicar la energía de compactación:

1.- **Por amasado**: los compactadores por amasado son los rodillos pata de cabra, estos suelen tener su peso sobre la pequeña superficie del conjunto de puntas de

forma variada, ejerciendo presiones estáticas muy fuertes en los puntos que penetran en el suelo, llegando un momento de que ya no se produce ninguna compactación adicional; la superficie queda distorsionada pero se compacta bajo la siguiente capa que es tendida. la acción del rodillo hace progresar la compactación de la capa de suelo de abajo hacia arriba; en las primeras pasadas las protuberancias y una parte del tambor penetran en el suelo, lo que hace que la mayor presión se ejerza en el lecho inferior de la capa compactada, siempre y cuando el espesor de la capa por compactar no debe ser mucho mayor que la longitud del vástago, a esta acción se le llama acción de amasado. Los rodillos más comunes tienen vástagos de 20 a 25cm de longitud y son usados para compactar capas de suelo suelto de 30cm aproximados. Este tipo de rodillo tiene buenos resultados en los terraplenes de suelos finos; buena distribución uniforme de la energía de compactación en cada capa y una buena liga entre capas sucesivas.

Existe un rodillo de rejillas que ha sido utilizado en materiales que requieren disgregación, ha dado buenos resultados en las arcillas homogéneas o mezclas de arena, limos y arcillas

El rodillo segmentado se ha utilizado también en materiales que requieren disgregación, pero en si su uso se ha venido dando en suelos como arcillas no muy plásticas.

**2.- Compactadores por presión:** la compactación por presión se realiza por medio de compactadores de rodillos lisos y neumáticos, los lisos se dividen en remolcados y autopropulsados, los remolcados están formados por dos tambores al que se sujetan los ejes; su peso anda entre 14 y 20 ton. Los autopropulsados están

formados por una rueda delantera y una o dos traseras y su peso varía entre 3 y 13 ton., se usan primordialmente en la compactación de la subrasante, de bases hidráulicas y de carpetas asfálticas.

Los compactadores de neumáticos su fundamental acción tiene lugar por la presión que se da a la capa de suelo suelto, produciendo también un efecto de amasado, el rodillo aplica básicamente la misma presión desde la primera pasada siendo dicha presión casi igual a la de inflado de la llanta. Estos rodillos se usan principalmente en la compactación de suelos arenosos con finos poco plásticos y en limos poco plásticos.

3.- **Compactadores por impacto:** esta compactación se realiza por medio de pizones o bailarinas cuya función se hace en áreas pequeñas, su empleo se realiza principalmente en zanjas, desplante de cimentaciones, alcantarillas o en estribos de los puentes y donde no pueden usarse equipos de mayor dimensiones por razones de espacios o de un peso excesivo.

4.- **Compactadores por vibración:** en estos compactadores la ventaja es que la vibración tiene la capacidad de compactar capas de mayores espesores que las que es común con otros equipos, con estos rodillos pueden compactarse hasta capas de 1.2 m usando rodillos muy pesados. Se tienen también una combinación de rodillos la unidad vibrante se acopla a un equipo liso o la combinación de rodillos lisos con neumáticos llamados duopactor teniendo la opción de compactar diferentes tipos de materiales.

Uno de los requisitos recomendables para tener una buena compactación es conocer bien los materiales por compactar haciendo de este conocimiento con un buen recorrido por la línea del camino y realizando muestreos y analizar los bancos de materiales que se emplearan para la construcción del camino, debiendo hacer las pruebas de laboratorio necesarias como es la humedad natural del suelo en el campo, las curvas de compactación, las características de expansión y contracción por secado del suelo.

## **2.7. Controles de laboratorio necesarios.**

De acuerdo a las bases de licitación de la SCT la verificación de calidad durante la construcción de un camino es el conjunto de actividades que permiten corroborar que los conceptos de obra cumplan con las especificaciones del proyecto, ratificar la aceptación, rechazo o corrección de cada uno, y comprobar el cumplimiento del programa detallado de control de calidad, así como tener una buena verificación de los materiales y equipos de instalación permanente que se utilicen en su ejecución, comparándolas con las especificadas en el proyecto y determinar oportunamente si el proceso de producción o el procedimiento de construcción se está realizando correctamente o debe ser corregido. Dichas actividades comprenden principalmente el muestreo, las pruebas de campo y laboratorio, así como los análisis estadísticos de sus resultados, entre otras.

Para poder iniciar la obra es necesario contar en el campo con un programa de control de calidad que sea técnicamente factible y aceptable desde el punto de vista de su realización física, así como comprobable en todas y cada una

de las actividades programadas; que incluya la forma y los medios a utilizar para evaluar la calidad de los materiales correspondientes a todos los conceptos de obra terminada y de sus acabados, así como de los equipos de instalación permanente que vayan a formar parte integral de la obra. Este programa ha de ser congruente con el programa de ejecución de los trabajos. El personal de control de calidad con el que se debe contar en la obras es un **jefe de control de calidad** que conozca los aspectos relacionados con el tipo de obra de que se trate, así como con el proyecto de la misma y que previamente sea aceptado por la Secretaría. El Jefe de Control de Calidad debe coordinar todos los trabajos para la correcta ejecución del control de calidad, analizar estadísticamente los resultados que se obtengan. Un **jefe de verificación de calidad**, que conozca ampliamente todos los aspectos relacionados con el tipo de obra de que se trate, así como con el proyecto de la misma y que previamente sea aceptado por la Secretaría. El Jefe de Verificación de Calidad debe coordinar todos los trabajos necesarios para la correcta ejecución de la verificación de calidad, analizar conjuntamente y en forma estadística los resultados que se obtengan del control de calidad y de la propia verificación.

Los responsables del control y la verificación de calidad contarán con los laboratoristas y ayudantes de laboratorio suficientes para atender todos los frentes de la obra en los aspectos de muestreo, manejo, transporte, almacenamiento y preparación de las muestras; ejecución de las pruebas de campo y laboratorio; mantenimiento y calibración del equipo de laboratorio, entre otros. El personal de laboratorio estará capacitado, y acreditará, mediante evaluaciones ante el Jefe de Verificación de Calidad o el Jefe de la Unidad de Laboratorios si corresponde al

grupo de verificación de calidad, el conocimiento de las pruebas y procedimientos correspondientes a las actividades que desempeñe.

Los laboratorios para el control de calidad o para la verificación de calidad, tendrán en sus instalaciones: áreas para almacenamiento, preparación y prueba de las muestras, así como para la calibración del equipo; fuentes de energía y de iluminación; y cuando sea necesario, sistemas de comunicación, de control de temperatura y de ventilación, que permitan la correcta ejecución de las pruebas y de las calibraciones.

Se tendrán que elaborar informes diarios a como se vaya avanzando la obra, al término de cada día, que presenten los resultados de las mediciones y pruebas ejecutadas durante el día, señalando aquellos que, en su caso, no cumplan con las especificaciones del proyecto y/o que muestren desviaciones en el proceso de producción o procedimiento de construcción, se deberán corregir de inmediato para no afectar la calidad, así como las posibles causas de falla y las recomendaciones para corregirlas. En cada informe diario se incluirán además el nombre de la obra, el número y la fecha del informe, y el nombre del laboratorista que haya realizado las pruebas, así como el nombre y la firma del Jefe del Control de Calidad, quien lo entregará al Residente o al Superintendente.

Otro informe será el mensual, elaborados al término de cada mes, que contengan como mínimo la descripción de los trabajos de control de calidad ejecutados en el periodo del que se informe; las cartas de control de las mediciones y pruebas realizadas, y los resultados de otros análisis estadísticos efectuados, para cada material, frente y concepto de obra; el dictamen que certifique que la obra ha sido ejecutada de acuerdo con las características de los

materiales, de los equipos de instalación permanente, de los acabados y las tolerancias geométricas, especificadas en el proyecto. Como apéndices se incluirán un informe fotográfico que muestre los aspectos más relevantes del control de calidad y las copias de todos los informes diarios elaborados en ese periodo. Los informes mensuales serán firmados por el Jefe de Control de Calidad y por el Residente o el Superintendente, en cuyo caso el contratista los entregará al Supervisor y así mismo poder cobrar las estimaciones correspondientes.

Al final de la ejecución de la obra se realizará un informe final elaborado al cierre de la obra. Contendrá como mínimo los objetivos, alcances y descripción sucinta de los trabajos para el control de calidad ejecutados desde el inicio de la obra; las cartas de control de las mediciones y pruebas realizadas, y los resultados de otros análisis estadísticos efectuados en toda la obra, para cada material, frente y concepto de obra; el dictamen que certifique que la obra se ejecutó de acuerdo con las características de los materiales, de los equipos de instalación permanente, de los acabados y las tolerancias geométricas especificadas en el proyecto. Como apéndice se incluirá un informe fotográfico que muestre los aspectos más relevantes de la obra terminada. El informe final debe ser firmado por el Jefe de Control de Calidad y por el Residente o el Superintendente, en cuyo caso el Contratista de Obra lo entregará al Supervisor junto con su estimación de cierre.

Para lo que es el muestreo de materiales asfálticos consiste en obtener una porción representativa del volumen de material asfáltico en estudio. Se realiza en materiales almacenados en uno o varios depósitos, o durante las maniobras de

carga, descarga o aplicación. Los materiales asfálticos sólidos o semisólidos se calientan solamente lo indispensable para facilitar su muestreo para la ejecución del muestreo. El equipo a emplear ha de estar en condiciones óptimas para su uso, limpio, completo en todas sus partes y sin desgaste. Consiste fundamentalmente en un muestreador, formado por un recipiente metálico o de vidrio, convenientemente lastrado y provisto de un tapón o corcho que pueda retirarse desde el exterior mediante una cadena o cordel. El recipiente ha de estar sujeto al extremo de una varilla metálica o de madera, o bien a otro cordel, de tal forma que estando tapado y con la boca hacia arriba pueda sumergirse hasta la profundidad deseada.

## **2.8. Programación de Obras.**

Un programa de obra casi siempre está en forma de gráfica de barras, este programa cuenta para una obra cualquiera las operaciones, la cantidad, la unidad y el tiempo de construcción de cada concepto de obra, también muestra las fechas de inicio y terminación de cada concepto y de toda la obra en general. Es necesario insertar un espacio para indicar la cantidad real de trabajo terminado de cada concepto en un tiempo dado, con esto se puede ver en fin de semana o de mes si se realiza un buen adelanto real de la obra y ver si la construcción de la obra va de acuerdo al proyecto.

La base para la construcción de los programas de obra, son los rendimientos de los precios unitarios aplicados a las cantidades de obra de los planos con base en los procedimientos constructivos derivados de las especificaciones.



Entonces el programa debe representar la idealización de la secuencia lógica coherente de las actividades necesarias para la realización de los proyectos de construcción y para llegar a esto, se recomienda el siguiente esquema:

<b>Concepto o Actividad</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Rendimiento</b>	<b>Duración</b>

**Tabla no. 2.12.-** Secuencia para la elaboración de un programa de obra.

Para la construcción del diagrama de Gantt usando este esquema se deben utilizar los rendimientos de los precios unitarios del concepto o actividad de que se trate, con lo cual se logra correlacionar el costo con el tiempo de ejecución y así se logra tener una conciencia clara del comportamiento del proceso de construcción.

Una vez elaborado el plan de trabajo para la realización de un proyecto, es necesario incorporar los recursos suficientes para hacerlo factible. Estos recursos deberán determinarse para cada una de las actividades que integran el plan. La incorporación de los recursos es parte de la programación. Es importante señalar que dentro del análisis de la programación, se deben destacar las actividades críticas que influyen directamente en el avance de la construcción.

Conociendo el tiempo óptimo y el tiempo normal de ejecución estamos en condiciones de analizar el presupuesto, como es sabido el presupuesto de un proyecto consta de tres elementos, los conceptos, la cantidad y los precios unitarios y si se sabe que la base de los precios unitarios son los rendimientos entonces el análisis se debe centrar en éstos.

Para el análisis de los rendimientos se recomienda la utilización de la siguiente fórmula:

$$\text{RENDIMIENTO} = \frac{\text{COSTO MÁXIMO} - \text{COSTO NORMAL}}{\text{DURACIÓN NORMAL} - \text{DURACIÓN MAXIMA}} = \$/\text{TIEMPO OPTIMO}$$

Como se puede observar, la fórmula es muy objetiva para el análisis de los presupuestos y definir si el presupuesto realmente refleja el comportamiento real de la obra respecto al tiempo de ejecución y características particulares de la construcción.

### **Preparación de un programa de obra.**

Antes de todo se tiene que dividir el proyecto en sus respectivos conceptos de obra, se determinarán los volúmenes a construir y para cada cantidad de trabajo se se tendrá que estimar su tiempo o rapidez de trabajo, es necesario a este tiempo determinado, descontarle una cantidad de tiempo apropiada para tiempos no considerables como las lluvias y algún mal tiempo.

Al tener la rapidez con la que debe llevarse a cabo la construcción de la obra se debe de tener en cuenta la economía de la obra. Debe de tenerse el numero de obreros y cuadrillas para el tipo de trabajo y así mismo tener sus respectivos rendimientos para en base a eso realizar el programa de mano de obra, la maquinaria se tendrá que estudiar de una buena manera para poder sacar

sus rendimientos de cada máquina para cada concepto de obra y ver qué tipo de equipo es el más apropiado para ese mismo concepto, así mismo elaborar el programa de maquinaria de obra. Es importante tener en cuenta los materiales que se emplearan en la obra ya que se deberá de escoger materiales de buena calidad y los correctos para cada tipo de construcción, elaborando un programa de los materiales de la obra. Así mismo se tendrá que contar con un personal técnico y administrativo de tal obra que se realizara un programa necesario para este personal.

### **Diagrama de Gantt**

Este diagrama es una representación gráfica de información relacionada con la programación de cualquier obra. “En su forma típica, las actividades a realizar u otros elementos del proyecto se enlistan hacia abajo en el lado izquierdo de la gráfica, las fechas se muestran en la parte superior, y las duraciones de las actividades se muestran como barras sujetas al tiempo considerado”.

Este método fue desarrollado en 1917 por Henry Gantt.

Principales características:

- Muestra las actividades que se van a ejecutar de proyecto bajo la forma de barras proporcionales al tiempo.
- Su eje horizontal corresponde al tiempo, mientras que el vertical a las actividades.
- Son simples de preparar y fáciles de comprender.
- Por si sola, es una herramienta insuficiente para la planificación y control ya que no necesariamente muestra la secuencia lógica de las actividades.



## **CAPÍTULO 3**

### **RESUMEN EJECUTIVO DE MACRO Y MICRO LOCALIZACIÓN**

El objetivo principal del presente capítulo, es presentar la descripción del entorno geográfico de la obra que consiste en la construcción de la vía terrestre que comunicará la población de Patamban con el poblado de La Cantera, se dará su ubicación geográfica, los cultivos prevalecientes, características geológicas y geográficas así como la hidrología regional de la zona de estudio y un reporte fotográfico de la vía terrestre en su proceso constructivo.

#### **3.1 Generalidades.**

El estado de Michoacán de Ocampo, estado situado en el sector centro-occidental de la República Mexicana, perteneciente a la región de Occidente. Limita al norte con los estados de Jalisco y Guanajuato; al noreste con el estado de Querétaro; al este con los estados de México y Guerrero; al sur con el estado de Guerrero y con el océano Pacífico y al oeste con los estados de Colima y Jalisco. El estado de Michoacán de Ocampo se divide política y administrativamente en 113 municipios con un total de 9.686 localidades. Superficie, 58.200 km<sup>2</sup>. Población (2000) 3.985.667 habitantes.

En cuanto a las comunicaciones, hay unos 5.400 km de carreteras pavimentadas y unos 1.240 km de vías férreas. Entre sus carreteras destacan las que comunican la ciudad de México con Guadalajara, y Quiroga con Carapan.

La obra se ubica en el municipio de Tangancicuaro, esta vía terrestre tiene su inicio a 39 kms. de la carretera federal de Los Reyes hacia Jacona, en el Estado de Michoacán.

### **3.2 Resumen ejecutivo.**

En el presente trabajo se realizó un aforo vehicular de la zona en construcción, puesto que sus condiciones actuales de la vía son pésimas puesto que en el tramo del km. 0+000 al km. 4+580 cuenta con ancho de corona de 4.0m su estado físico es regular por lo que se realizara una ampliación a 7.0 m. De ancho de corona, cuenta con un nivel de servicio tipo E y su geografía comprende de lomeríos suaves en forma general. Del km. 4+580 al km. 4+900 se encuentra a nivel de base. Del km. 4+900 al km. 7+700 consiste una vía de un ancho de corona de 7.0 de ancho aunque su estado es bueno y se encuentra pavimentado, se realizaran algunas actividades que mejoraran su nivel de servicio puesto que su geografía consiste en lomeríos fuertes. Del km. 7+700 al km. 14+660 se encuentra en malas condiciones, cuenta con un ancho de corona de 4.0 m y revestido su geografía está formada por lomeríos fuertes. Este tramo es el objeto de estudio del presente trabajo. Se reviso su construcción conforme a las normas de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, y se utilizo el programa del Opus 2000 para su revisión de programa de actividades y rendimientos.

### 3.3 Entorno geográfico.

#### 3.3.1 Macro y micro localización.

El tramo en estudio está ubicado en el municipio de Tangancícuaro en el Estado de Michoacán.



Fig. 3.1.- Mapa del estado de Michoacán

El municipio de Tangancícuaro de Arista, del estado de Michoacán de Ocampo, se localiza a más de 1.000 m de altitud, cerca de la margen izquierda del río Duero, afluente del Lerma. De clima templado y veranos cálidos, es un centro agrícola y ganadero en cuyos alrededores se produce maíz, frijol, trigo y garbanzos. En las proximidades hay aserraderos y centros de explotación de resinas y aguarrás. Cuenta con industrias alimentarias, artesanías de barro vidriado decorado con pastillaje y gabanes y cobijas de lana. También en sus inmediaciones se halla el parque nacional Lago de Camécuaro, donde se pueden practicar la pesca y algunos deportes acuáticos.

Su nombre indígena significa 'lugar de tres ojos de agua'; estos tres ojos son Junguarán, Cuparchiro y Camécuaro. Población (2000), 14.791 habitantes.



Fig. 3.2.- Localización de la zona de construcción.

El camino en cuestión comunica las comunidades de La Cantero, Aranza, Cheran, Tenguecho Aranza, Sirio, Guarachanillo y Patamban, tiene una longitud de 14.66 kms.

### 3.3.2 Topografía regional y de la zona de estudio.

La configuración orográfica de la entidad se encuentra dominada por la sierra Madre del Sur y la cordillera Tarasca-Náhuatl.





### **3.3.4 Hidrología regional y de la zona en estudio.**

En sus inmediaciones se halla el parque nacional Lago de Camécuaro, donde se pueden practicar la pesca y algunos deportes acuáticos. Su nombre indígena significa 'lugar de tres ojos de agua'; estos tres ojos son Junguarán, Cuparchiro y Camécuaro

Los principales ríos son: Lerma, Tlalpujahuá, Duero, Cupatitzio, la cascada Tzaráracua, Cutzamala, Tacámbaro y Balsas, entre otros. Los lagos más importantes son: Cuitzeo, Pátzcuaro, Zirahuén, Camécuaro y Chapala. Entre las presas destacan las del Infiernillo y La Villita. Los climas que se distinguen en el estado son: tropical-lluvioso en el sur y suroeste; seco-estepario en la depresión del Balsas y Tepalcatepec; templado-típico en el norte de la entidad y en las áreas más altas de la sierra Madre del Sur; y templado-lluvioso durante todo el año en las áreas más elevadas del eje Volcánico transversal.

### **3.3.5 Uso de suelo regional y de la zona de estudio.**

La vegetación y la fauna son variadas y se distribuyen en cinco zonas distintivas de la entidad. La Ciénaga presenta bosques mixtos con encino, pino y fresno; encontramos animales como: paloma, codorniz, tordo, urraca, coyote, tlacuache, zorro, tejón, mapache, zorrillo, venado, conejo, pato, armadillo, ardilla, liebre, lince y cacomixtle. En el Occidente encontramos bosque de pino y encino, parota, ceiba y tepehuaje; viven ardillas, armadillos, cacomixtles, zorrillos, tlacuaches, venados y tejones. En el Oriente hay pino, oyamel, encino, cedro, aile, ziranda, ceiba, cirán y guaje; viven animales como: conejo, ardilla, comadreja, cacomixtle, zorrillo, tejón, pato, liebre, coyote, gato montés y armadillo. En la llamada Tierra Caliente hallamos

especies vegetales como parota, tepeguaje, ceiba, cactus y tepemezquite; habitan animales como: venado, zorro, zorrillo, armadillo, conejo, coyote, águila, cuervo, gavián, codorniz, perico, urraca, boa, carpa, mojarra y tejón. En la Costa crecen árboles muy diferentes: ceiba, pino, fresno, sauce, palma, chirimoya, guanábana, zapote y sabino, y se crían zorrillos, conejos, armadillos, tlacuaches, nutrias, coyotes, patos, huilotas y torcazas, además de diversas especies de tortugas marinas, mojarra, langosta, tiburón y tonina.

En la zona de estudio cuenta con un clima templado y veranos cálidos, es un centro agrícola y ganadero en cuyos alrededores se produce maíz, frijol, trigo y garbanzos. En las proximidades hay aserraderos y centros de explotación de resinas y aguarrás

### 3.4 Informe fotográfico.



Fotos nos, 1 y 2.- Se observa en las fotografías que predomina en la zona la siembra de hortalizas y pastizales.



Fotos nos. 3 y 4.-El tipo de terreno es variable aunque domina el lomerío fuerte.



Foto no. 5.- Se observa el banco utilizado para la formación de terracerías, se encuentra ubicado en a la derecha del km. 10+600 a una distancia de 50m. Por su ubicación tan cercaba a la obra, los costos de construcción de terracerías disminuye en forma considerable.



Fotos no. 6.- El tipo de vehículos que circulan por la vía son del tipo ligeros como automóviles, camionetas, autobuses y vehículos de 3 a 5 ejes tipo C2,C3,T2-S1,T2-S2 Y T3-S3.



Fotos nos. 7 y 8.- Las estructuras construidas para dar paso a las aguas pluviales están colocadas estratégicamente y en el lugar correcto, su estado físico es bueno.



Foto no. 9.- Las contracunetas están construidas con las dimensiones adecuada y localizadas en los puntos necesarios para desalojar el agua que llega a la vía.

Foto no. 10.-En terminos generales la construccion de la via si cumple con las normas de diseño y control de calidad de la Secretaria de Comunicaciones y Transportes, solo observando que falta realizar la señalizacion del camino, puesto que es una obra que se encuentra en proceso.



## **CAPÍTULO 4**

### **METODOLOGÍA**

En el presente capítulo se estudiará la metodología que se empleó para el desarrollo de la tesis, comenzando primeramente con el método empleado, el enfoque de la investigación, su alcance, el diseño de la investigación, instrumentos de recopilación de datos y una descripción del proceso de investigación.

#### **4.1. Método Empleado.**

El método empleado que fue usado para este trabajo fue el método matemático cuantitativo, ya que en el proceso constructivo del tramo La Cantera - Patamban se optó por este método por la cuestión de que se involucran cálculos para diferentes situaciones.

##### **4.1.1. Método Matemático.**

El método matemático es aquel en el que se trabaja con números y una serie de cálculos para llegar a un resultado y así mismo poder tener una comparativa para obtener nociones derivadas, de importancia, valor económico y capacidad.

El método de las matemáticas es el genético que indica el origen del objeto, el número entero es originado por la adición indefinida de la unidad a sí misma.

“En cualquier investigación que asiente números de relaciones constantes, variedad de hipótesis, diversidad de comprobaciones y éstas se tomen en cuenta para firmar o negar algo, se está aplicando el método cuantitativo.” (Mendieta; 2005: 48,49).

#### **4.1.2. Método Analítico.**

Se emplea el método matemático pero se apoya con el método analítico que es la observación y examen de hechos, realizando un análisis de datos; entendiendo por análisis la descomposición de un todo en sus elementos.

Según Jurado Rojas (2005), este método distingue los elementos de un fenómeno y permite revisar cada uno de ellos por separado, como lo realiza la química, la física y la biología, para luego a partir de él y de la experimentación de varios números de casos, establecer leyes universales.

Para realizar una investigación analítica, se tiene que cubrir sistemáticamente varias fases de manera continua que son:

1. Observación.
2. Descripción.
3. Descomposición del fenómeno.
4. Enumeración de sus partes.
5. Ordenación.
6. Clasificación.

#### **4.2. Enfoque de la Investigación.**

El presente trabajo se enfocó a una investigación cuantitativa que es en la que se recogen y analizan datos cuantitativos sobre variables, de acuerdo con Sampieri (2004) este tipo de investigación ofrece una generalización de los resultados más ampliamente, otorga un control sobre los fenómenos y un punto de



vista de conteo y magnitudes de éstos. Brinda una posibilidad de réplica y un enfoque en puntos específicos y facilita la comparación entre estudios similares.

En este trabajo de tesis se lleva a cabo el procedimiento de construcción de un camino ya ejecutado, se está partiendo de un proyecto ya realizado y se va a realizar una comparativa de resultados entre el trabajo real ejecutado contra el proyecto originalmente contratado, siendo así mismo por lo que se está empleando la investigación cuantitativa para analizar la comparativa de resultados y especificar las soluciones adecuadas de los resultados finales.

#### **4.2.1. Alcance.**

El alcance en el presente trabajo es descriptivo y, de acuerdo con Sampieri (2004), el planteamiento consiste en describir situaciones, eventos y hechos. Es decir, cómo es y cómo se manifiesta cada fenómeno estudiado. Los estudios descriptivos especifican propiedades, características y los perfiles importantes de personas, grupos, comunidades o cualquier cosa que se involucre en un análisis. Miden, evalúan y se recolectan datos sobre varios puntos de lo que se investiga.

Para el presente trabajo de tesis es necesario partir de un proyecto ya realizado, investigarlo y ejecutarlo de acuerdo a las normas y especificaciones; y en base a eso realizar las conclusiones necesarias y hacer un análisis y una comparativa si se cumplió con las normas del procedimiento de construcción del mismo. En sí en el estudio descriptivo se recolecta toda la información de manera independiente o conjunta sobre todos los conceptos a estudiar y necesarios del tema, se selecciona una serie de cuestiones y se describe lo que se investiga.

### **4.3. Diseño de la Investigación.**

De acuerdo con Sampieri (2004) el diseño de esta investigación es **no experimental** por lo que se clasifica por su dimensión temporal o un número de momentos o puntos en el tiempo, en el cual se recopilan datos importantes para dicha investigación. Dichos diseños no experimentales se pueden clasificar en transeccionales y longitudinales; siendo que para este caso de investigación el transeccional es el que va a ser realizado.

#### **4.3.1. Investigación Transeccional o Transversal.**

Siguiendo con Sampieri (2004), la investigación transversal recolecta datos en un sólo momento, en un tiempo único. Describe variables y analiza su incidencia e interrelación en un momento dado, es como tomar una fotografía de algo que sucede.

La medición bajo el enfoque cuantitativo, ocurre en un momento único. A su vez los diseños transeccionales se dividen en tres partes: exploratorios, descriptivos y correlacionales.

#### **4.4. Instrumentos de recopilación de datos.**

Para la recopilación de datos se realiza una observación cuantitativa ya que en ésta según Sampieri (2004), es frecuente que se incluyan varios tipos de cuestionarios en el mismo tiempo, las pruebas necesarias y la recolección de algunos contenidos para el análisis estadístico. Ya que en investigaciones cualitativas se usan entrevistas, algunas observaciones y documentos para tener diferentes apreciaciones sobre las variables, contextos y las personas.

Recolectar los datos implica:

- a) Seleccionar uno o varios métodos disponibles o desarrollarlos, tanto cualitativos como cuantitativos, dependiendo del tipo de estudio, de su planteamiento y de los alcances de la investigación.
  - b) Aplicar los instrumentos necesarios.
  - c) Se tienen que preparar adecuadamente las mediciones que se obtuvieron o los datos obtenidos en el levantamiento para ser analizados correctamente.
- En el enfoque cuantitativo, el recolectar datos equivale a medir; y el medir es el proceso de vincular los conceptos con indicadores empíricos, mediante una clasificación, siempre se miden las variables contenidas en las hipótesis.
  - En toda recolección de datos debe de existir una confiabilidad y una validez; siendo que la confiabilidad cuantitativa se refiere al grado de que la aplicación repetida de un instrumento de medición al mismo sujeto, de resultados iguales, y la validez cuantitativa se refiere al grado en que un instrumento mide realmente la variable que se pretende medir. Lo que puede afectar la

validez cuantitativa es la improvisación, utilizar instrumentos hechos en el extranjero y que no han sido validados para nuestro contexto.

- No existe medición perfecta, pero en sí el error que se percate se reduce a límites tolerables.
- La confiabilidad cuantitativa que se tiene se determina calculando un coeficiente de confiabilidad, estos varían entre 0 y 1, siendo que 0=nula confiabilidad y 1=total confiabilidad.
- La evidencia sobre la validez de criterio (cuantitativa) se obtiene comparando los resultados de aplicar el instrumento de medición contra los resultados de un criterio externo.
- Los pasos que se siguen para elaborar un instrumento de medición son:
  1. Se enlistan las variables a medir.
  2. Revisar sus definiciones conceptuales y operacionales.
  3. Elegir uno ya desarrollado o se construye uno propio.
  4. Indicar niveles de medición de las variables (nominal, ordinal, por intervalos y de razón).
  5. Indicar cómo se habrán de codificar los datos.
  6. Aplicar prueba piloto.
  7. Construir su versión definitiva.

Dentro del trabajo de tesis y de acuerdo al tema en cuestión es necesaria la utilización de unos programas computacionales para el correcto funcionamiento del tramo carretero propuesto, los programas a utilizar son el Autocad, Civilcad, el office 2007 y para la cuestión de los volúmenes de proyecto y el Opus para analizar el presupuesto y programación de la obra.

#### **4.5. Descripción del Procedimiento de Investigación.**

El presente estudio se desarrolló partiendo principalmente de la ubicación del tramo carretero en estudio para posteriormente verificar si se contaba o no con el proyecto de construcción. Luego de lo anterior, fue preciso recurrir a la investigación documental para recopilar la información teórica que soportará la revisión de dicho proyecto. Así, fue necesario establecer el encuadre metodológico para definir el alcance e instrumentos de recopilación de datos. Posteriormente, se realizó la captura de datos usando el programa computacional Autocad, Civilcad y el Opus, y se contrastó con la teoría recabada, haciendo un análisis minucioso del proyecto hasta establecer las conclusiones que dieran cumplimiento al objetivo y pregunta de investigación de esta tesis.

## CAPÍTULO 5

### ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

En el siguiente capítulo se describirá el procedimiento constructivo de la obra, iniciando con las terracerías, la conformación de la base hidráulica, la carpeta, el control de calidad de los trabajos, el costo y programa de ejecución de la obra.

#### 5.1. Elaboración de la Base Hidráulica.

Continuando con la elaboración de la base hidráulica, entendiéndose por base la capa de materiales pétreos que se construyen sobre la sub-base, cuya finalidad es proporcionar un apoyo uniforme a la carpeta asfáltica, soportar las cargas que estas le transmiten aminorando los esfuerzos inducidos y distribuyéndolos a la capa inmediata inferior, proporcionar a la estructura de pavimento la rigidez para evitar deformaciones, drenar el agua que se pueda infiltrar e impedir el ascenso capilar del agua subterránea.

En caminos de este tipo se construye la base de acuerdo a la norma N-CTR-CAR-1-04-002/00 de la SCT, Se realizaron varias pruebas de laboratorio de algunos bancos de material como se verán más adelante, para la elaboración de la base hidráulica, cumpliendo con las especificaciones requeridas para esta capa. Primeramente se checará que ya se encuentre la capa de sub-base debidamente compactada y nivelada dentro de las tolerancias, se construirá sobre la sub-base la capa de base con un espesor de 20cm., con tamaño máximo de treinta y ocho (38) mm (1 ½”), se va a utilizar material seleccionado de una mezcla de río GW gravas bien graduadas y SM arenas limosas, se adicionará 30% de material triturado del banco cerrito colorado, teniendo como resultado un material para base de buena calidad para

ser usado en este tramo carretero, el material se cargara con un cargador frontal y se acarrea del banco hacia el tramo en camiones tipo torton de 14m<sup>3</sup>, descargándose el material sobre la sub-base en volúmenes necesarios para cumplir con el proyecto, por estación de 20m en tramos donde en un turno se pueda tender, conformar y compactar, este material se acamellonará en las orillas y en las curvas en la parte exterior y posteriormente se tenderá con una motoconformadora, como se ve en la foto 1; se le incorporará agua suficiente por medio de riegos hasta alcanzar su humedad óptima necesaria para su compactación, siendo que el material acamellonado se abre parcialmente y se humedece con una cantidad de agua cercana a la óptima, el agua se distribuye en varias pasadas, se hace un primer riego y la motoconformadora abre una nueva cantidad de material, el cual coloca sobre el húmedo para que vuelva a pasar la pipa; esto se hace en tres etapas, ya llegando a la humedad necesaria se distribuye el material en toda la corona para formar la capa de base con el espesor suelto de proyecto, teniendo cuidado que no se separe el material fino del grueso, se cuidara su uniformidad en granulometría y contenido de agua evitando la clasificación, se le dará la compactación al 100% con respecto al P.V.S.M. de la prueba AASHTO modificada, realizando la compactación con un rodillo vibratorio como se ve en la foto 2; en las tangentes de las orillas hacia el centro, y en las curvas de la parte interior de la curva hacia la parte exterior con un traslape de la mitad del ancho del compactador en cada pasada. Teniendo por terminada la construcción de la base hidráulica como se muestra en la foto 8 verificando el alineamiento, perfil, sección, compactación, espesor y acabado, cumpliendo con las tolerancias fijadas en el proyecto.



**Foto no. 1.-** tendido de material de base



**Foto no. 2.-** Compactación de material para formar el cuerpo del camino.



**Foto no. 3.-** se observa el camino terminado

### **5.1.1. Elaboración de Impregnación.**

Prosiguiendo con las etapas del camino se dará un riego de impregnación, que es la aplicación de de un material asfáltico, sobre una capa de material pétreo como la base del pavimento, con objeto de impermeabilizarla y favorecer la adherencia entre ella y la carpeta asfáltica. El material que se utilizará para el riego va a ser emulsión de rompimiento lento para impregnación, de acuerdo a la norma N-CTR-CAR-1-04-004/00,



este concepto puede omitirse siempre y cuando el espesor de la carpeta sea mayor o igual a 10cm., por lo que en este caso el espesor es de 7cm si es necesario su riego de impregnación.

En toda la base hidráulica, una vez terminada y aceptada la capa de base hidráulica, antes de que se deteriore ésta o pierda humedad por evaporación, con la finalidad de protegerla, se aplicará el riego de impregnación, para lo cual deberá estar previamente humedecida (de forma ligera), barrida y sin materias extrañas polvo, grasa ó encharcamientos, sin irregularidades y reparados los baches que hubieran existido, como enseguida se ve en la foto 4, se protegerán las estructuras que se pudieran manchar con el producto asfáltico.

De forma uniforme se esparcirá la emulsión asfáltica tipo ECI-60 con un contenido de cemento asfáltico de sesenta por ciento 60% aproximadamente, de acuerdo a las normas N-CMT-4-05-001/00, se hará el riego con una petrolizadora equipada con odómetro, medidores de presión, medidores adecuados para el volumen aplicado y su termómetro teniendo la emulsión a una temperatura constante de 60° C dentro del tanque y teniendo un flujo uniforme del material asfáltico sobre la base a impregnar; la cantidad de emulsión aplicada la variaremos entre 1.2 a 1.5 lts./m<sup>2</sup>, dependiendo de la temperatura ambiente y la textura por impregnar.

El riego de impregnación no se aplicará sobre superficies con agua, cuando exista amenaza de lluvia ó esté lloviendo, cuando la velocidad del viento impida que la aplicación del asfalto sea uniforme y cuando la temperatura de la superficie por impregnar, esté por debajo de los 15°C.

Se deberá de ajustar la altura de la barra de la petrolizadora para aplicar el material asfáltico de manera uniforme, de tal manera que la base del abanico que se

forma al salir el material por una boquilla, cubra hasta la mitad de la base del abanico de la boquilla contigua (cubrimiento doble).

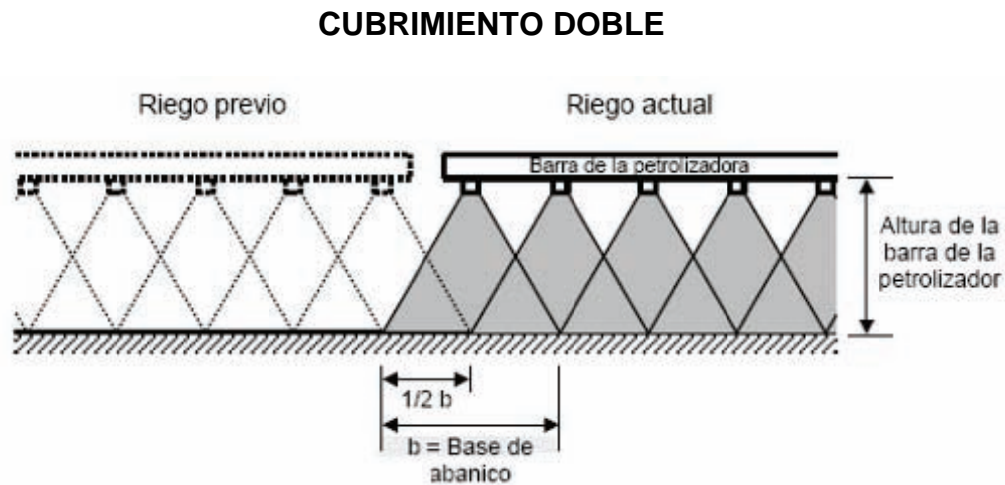


Fig. no. 5.1 modelo de riego por impregnación.

El riego de impregnación sobre la base hidráulica tendrá una penetración de (4) milímetros, siendo que por la necesidad del camino y del usuario que transita por la vía es necesaria la circulación de los vehículos, por tal razón se realizará un poreo de arena fina después de haber fraguado la emulsión a razón de 3 a 5 lts/m<sup>2</sup>



Fotos no. 4 y 5.- realización del riego por impregnación.

## TERMINACION DE LA IMPREGNACION CON POREO



Foto no. 6.- tramo terminado después de la impregnación con poreo.

### **5.2. Elaboración de la Superficie de Rodamiento.**

En este apartado se tratará la elaboración de la superficie de rodamiento mediante un concreto asfáltico con mezcla elaborada en planta en caliente.

#### **5.2.1. Riego de Liga.**

El riego de liga se realizará de acuerdo a la norma N-CTR-CAR-1-04-005/00, mencionando que el riego de liga es la aplicación de un material asfáltico sobre una capa de pavimento, con objeto de lograr una buena adherencia con otra capa de mezcla asfáltica que es construida encima, se utilizara emulsión de rompimiento rápido, la carpeta tendrá un espesor de 5cm por consecuencia en necesario el riego de liga, si la carpeta fuera de 10cm el espesor o mayor se podría omitir el riego de liga.

El riego de liga se aplicara una vez fraguado el riego de impregnación que nos servirá para que exista una adherencia adecuada entre el suelo de la base y la carpeta, se realizará el riego de liga con una petrolizadora equipada con odómetro, medidores de presión, medidores adecuados para el volumen aplicado y su termómetro teniendo la emulsión a una temperatura constante de 60° C dentro del tanque y teniendo un flujo uniforme del material asfáltico. Se aplicara uniformemente el riego con emulsión asfáltica de rompimiento rápido tipo ECR-60 con un contenido de cemento asfáltico de sesenta por ciento 60% en una cantidad aproximada de 0.5 lts/m<sup>2</sup>, como se ve en la foto 7; El riego no lo aplicaremos sobre superficies con agua, cuando exista amenaza de lluvia ó esté lloviendo, cuando la velocidad del viento impida que la aplicación del asfalto sea uniforme y cuando la temperatura de la superficie por impregnar, esté por debajo de los 15°C.

Se ajustará la altura de la barra de la petrolizadora para aplicar el material asfáltico de manera uniforme, de tal manera que la base del abanico que se forma al salir el material por una boquilla, cubra hasta la mitad de la base del abanico de la boquilla contigua (cubrimiento doble), la superficie cubierta por el riego de liga, permanecerá cerrada a cualquier tipo de tránsito hasta que se construya la carpeta asfáltica.



Foto no. 7.- Aplicación de ruego de liga

### **5.2.2. Elaboración de la Carpeta Asfáltica.**

El tipo de carpeta se construirá por medio de mezcla asfáltica en caliente, siendo aquellas que se construyen mediante el tendido y compactación de una mezcla de materiales pétreos y cemento asfáltico, utilizando calor como vehículo de incorporación. Estas carpetas con mezcla en caliente se construyen para proporcionar al usuario una superficie de rodamiento uniforme, bien drenada, cómoda y segura.

Para generar de la carpeta se realizará en el banco de material cerrito colorado ubicado en el Km. 127+300, lado derecho contando con una planta de mezcla en caliente que cuenta con un secador con inclinación ajustable colocado antes de la cribas clasificadoras y con una capacidad suficiente para secar una cantidad de material pétreo, un pirógrafo a la salida del secador para registrar automáticamente la temperatura del material pétreo, cribas para clasificar el material pétreo en tres tamaños diferentes teniendo una capacidad suficiente, tolvas divididas en compartimientos para almacenar el material pétreo por tamaños, protegidas de la lluvia y el polvo asegurando la producción de la planta, cuenta con dispositivos que permiten dosificar los materiales pétreos por masa permitiendo un fácil ajuste de la dosificación de la mezcla en cualquier momento y poder obtener la granulometría que indique el proyecto, equipo necesario para calentar el cemento asfáltico en forma controlada garantizando que no se contamine estando provisto de un termómetro con un rango de 20 a 210° C, se cuenta también con un dispositivo que permite dosificar el cemento asfáltico con una aproximación de +-2 % de la cantidad requerida según el proporcionamiento de la mezcla, una mezcladora equipada con un dispositivo para el control del tiempo de mezclado, un recolector de polvo y un dispositivo para agregar

finos. La planta cuenta con una caseta de control automático, donde se verifica la temperatura de la mezcla, de la chimenea, el peso de los camiones, abrir y cerrar compuertas, etc. como se muestra en la foto 8 y 9



**FOTO 8**  
Fotos nos. 8 y 9.- Planta de mezcla en caliente.



**FOTO 9**

Los conceptos de obra antes mencionado y que a continuación se describen, se ejecutará en los anchos señalados en el proyecto geométrico y en todo el tramo de proyecto, en un espesor de cinco (05) centímetros compactos.

La elaboración y su compactación de la carpeta asfáltica de acuerdo a la norma N.CTR.CAR.1.04.006/00, como se explica a continuación:

La mezcla asfáltica deberá estar en el lugar de su tendido a una temperatura de 115 a 125° C, esto se verifica con un termómetro de varilla, una vez aplicado el riego de liga y en cuanto el proceso de rompimiento de la emulsión haya terminado, se extenderá con máquina Finisher, que cuenta con un enrasador que es ajustable automáticamente en el sentido transversal proporcionando una textura lisa y uniforme; cuenta con una tolva receptora de la mezcla asfáltica y contando con sensores de control automático de niveles, se tenderá el volumen necesario de concreto asfáltico elaborado en caliente, contando también con una cuadrilla de rastrilleros que aseguren

una textura conveniente en la superficie y que borren las juntas longitudinalmente entre franjas, como se muestra en la foto 10.



Foto no. 10.- afinando el tendido de concreto asfáltico.

El tamaño máximo del agregado de la mezcla, será de  $\frac{3}{4}$ " a finos y el cemento asfáltico para aglutinar el pétreo será del tipo AC-20, a una temperatura de 130 a 160 °C, debiendo cumplir con todos y cada uno de los requisitos de calidad que marca la normatividad vigente de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (S.C.T.); teniéndose además un diseño para elaborar la mezcla y obtener una mejor calidad de la misma que la granulometría del pétreo se dosifique en peso con cuarenta y cinco por ciento (45%) de grava, cincuenta por ciento (50%) de arena y cinco por ciento (5%) de partículas finas. Además teniendo una dosificación del asfalto de 150 lts. / m<sup>3</sup>.

La carpeta se compactara al 95% de su peso volumétrico máximo determinado en el laboratorio, realizándose la compactación de las orillas hacia el centro en las tangentes y del interior al exterior en las curvas teniendo un traslape de la mitad del ancho del compactador en cada pasada, se iniciara cuando la mezcla tenga una

temperatura del orden de ciento diez grados centígrados (110° C) con un rodillo liso ligero tipo tandem de cuatro (4) a seis (6) toneladas, para lograr el acomodo de las partículas; posteriormente se compactará con el compactador de neumáticos autopropulsado y al final con un rodillo liso tipo tandem con un peso de ocho (8) a diez (10) toneladas, el cual borrarán las huellas dejadas por el neumático, como se ve en las fotos 16 y 17. Al terminar la compactación, la mezcla deberá tener cuando menos una temperatura de setenta grados centígrados (70° C). Teniendo un terminado de carpeta con un espesor de 5cm compactos. No se tenderá carpeta asfáltica sobre charcos de agua, ni se programará tendido cuando exista amenaza de lluvia, tampoco cuando la temperatura ambiente este por debajo de los quince grados centígrados (15° C).



**foto 11**



**foto 12**

Foto nos. 11 y 12.- compactación del concreto asfáltico.

La carpeta queda tendida como lo indica las normas de la SCT, cumpliendo con el alineamiento, perfil, sección y espesor de la carpeta.



### **5.2.3. Riego de Sello Premezclado.**

En toda la superficie de la carpeta se agrega un riego de sello, el cual se recomienda su aplicación aún cuando el valor de la permeabilidad de la carpeta asfáltica fuera menor de diez (10) ya que la finalidad de la aplicación del riego de sello va más allá del abatimiento de la permeabilidad, el cual consiste en una emulsión, la cual se cubre con un material pétreo del tipo 3-A, esto se compacta para que penetre en la carpeta y con ello evitar que se introduzca el agua en ella, además protege del desgaste y proporciona una superficie de rodamiento antiderrapante, antirreflejante y como protección en general del pavimento construido.

Para la ejecución del riego de sello premezclado, en términos generales, se procederá de acuerdo con las etapas siguientes:

#### **A.- PREPARACIÓN DEL MATERIAL PETREO PREMEZCLADO**

Al material pétreo se le dará un tratamiento previo de premezclado con emulsión asfáltica de rompimiento rápido tipo ECR-60, diluida como se indica a continuación:

- 1).-** El material pétreo a tratar será lavado para eliminar cualquier contaminante que cause algún problema, colocado en una plataforma de trabajo, y deberá estar en condiciones tales que no se contamine con las maniobras de premezclado.
- 2).-** La emulsión asfáltica tipo ECR-60 ó la que recomiende el fabricante, se diluirá con agua en proporción en volumen, de cuarenta por ciento (40%) de emulsión y sesenta por ciento (60%) de agua, se cuidara que sea a la emulsión a quien se le incorpore el agua y no en forma inversa; el agua a utilizar estará exenta de

contaminantes. Antes de aplicar el material pétreo la disolución obtenida deberá tener una consistencia homogénea.

- 3).- Con un cargador frontal se depositará el sello en la tolva de la mezcladora y sobre el material pétreo se aplicará la disolución de emulsión - agua previamente calentada a una temperatura entre treinta (30) y cuarenta grados centígrados (40° C), en proporción aproximada de 140 lts./m<sup>3</sup> de material pétreo, cuidando que el residuo asfáltico de la mezcla sea de 2.5% en peso ó el que en su momento sea determinado por el laboratorio del control de calidad; se observara que el mezclado se haga de manera que se obtenga un producto homogéneo.
- 4).- El mezclado se realiza en forma rápida, antes de que ocurra el rompimiento de la emulsión.

La aplicación del riego de sello premezclado se realizará de acuerdo a lo que se menciona en las normas de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (S.C.T.), de lo cual a continuación se mencionan los pasos a seguir.

#### **B.- APLICACIÓN DEL RIEGO DE SELLO PREMEZCLADO.**

- 1).- Antes de aplicar el riego de sello, la superficie por tratar estará seca y se barrera para dejarla exenta de materias extrañas y polvo.
- 2).- Se dará el riego con emulsión asfáltica de rompimiento rápido modificada con polímeros, utilizando una petrolizadora con todo el sistema de calentamiento y riego del mismo, se comenzara el riego de la emulsión en una cantidad de uno punto dos (1.2) lts./m<sup>2</sup>.

- 3).-** Aplicando el riego de emulsión enseguida a una cierta distancia vendrá una maquina esparcidora de sello que cubrirá con una capa del material pétreo tipo 3-A, premezclado, en cantidad que podrá variar de diez (10) a doce (12) lts./m<sup>2</sup>. Se contará con una cuadrilla para abrir las compuertas del esparcidor e ir haciendo los detalles con cepillos de raíz, dejando así la superficie exenta de ondulaciones, bordos y depresiones, como se muestra en la foto 13.
- 4).-** Los materiales pétreos, tendidos y rastreados, se plancharán inmediatamente con rodillo liso metálico tipo tandem con peso comprendido entre 4,500 y 7,000 kg.; únicamente para acomodar las partículas del material, teniendo especial cuidado para no fracturarles por exceso de planchado, para lo cual pasara dos (2) veces por cada punto de la superficie por tratar.
- 5).-** A continuación se plancharán con compactador de llantas neumáticas con peso comprendido entre cinco mil (5,000) y siete mil (7,000) kilogramos. Los compactadores de llantas neumáticas se pasaran el tiempo necesario para asegurar que el máximo del material pétreo se adhiera al material asfáltico, como se ve en la foto 14.



**FOTO 13**



**FOTO 14**

En el desarrollo de la aplicación del riego de sello no se permitirá el paso de vehículos, se hará el trabajo por una ala de la carretera y se dará el paso al tránsito en forma alternada, ya terminando las pasadas con el neumático se podrá circular por el tramo en cuestión, pasando un tiempo aproximado de 2 horas se procederá un barrido de la superficie para dejar el tramo sellado sin partículas sueltas y evitar posibles accidentes, como se ve en la foto 15 ya el tramo debidamente sellado.



**Foto 15**

No se deberá aplicar la emulsión asfáltica con temperatura ambiente igual o menor de 15° C, ni cuando exista amenaza de lluvia o soplen vientos fuertes. La

emulsión asfáltica se aplicara con temperatura mínima de cincuenta grados centígrados (50° C) y cuando la temperatura ambiente sea superior a quince grados centígrados (15° C) pero igual o menor de veinte grados centígrados (20° C) se calentará de sesenta (60) a setenta grados centígrados (70° C), así como aumentar el número de pasadas del compactador de neumáticos.

### **5.3. Señalamiento horizontal.**

Para salvaguardar la seguridad del el usuario que transita por este camino, se realizaran algunos trabajos correspondientes a lo que es pintado de rayas laterales y centrales sobre la superficie de rodamiento, vialetas, indicadores de alineamiento (fantasmas); cabe mencionar que también se realizaran los trabajos de construcción de cunetas de concreto hidráulico ya que son muy necesarias para el buen funcionamiento del camino.

#### **5.3.1. Pintura para balizamiento.**

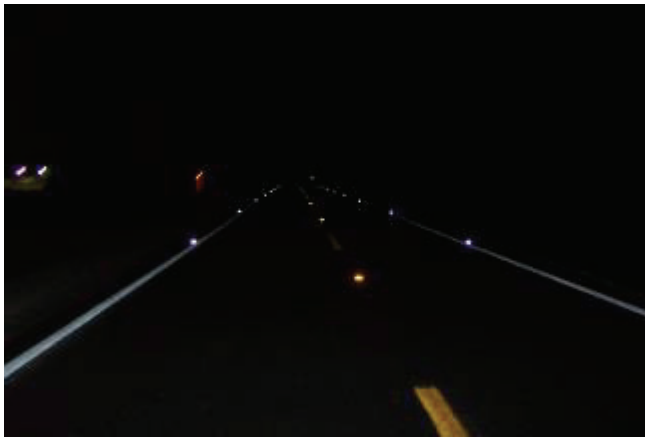
Este concepto se realiza con una camioneta pintarraya, que consta de dos tanques, uno para la pintura amarilla y el otro para la blanca, además cuenta con otro tanque más pequeño para la michoesfera. Ya teniendo la superficie preparada, bien barrida en todo el ancho y acotamientos, con el fin de eliminar el polvo y materias extrañas que puedan afectar la adherencia con la pintura, enseguida se trazaran sobre el pavimento las marcas del señalamiento, con la calidad y frecuencia para guiar a la pintarraya, procediendo de inmediato a la aplicación de la pintura, al mismo tiempo se le adiciona la micro esfera para tener un buen reflejo por la noche; siendo una pintura

de buena calidad teniendo una viscosidad de 67 a 75 unidades krebs a 25 °C, secado al tacto en unos 5 min. Y secado duro de 20 a 30 min.

El ancho de la raya será de 15 cm. y la proporción que tendremos para la micro esfera es de 700gm por litro de pintura.

### **5.3.2. Vialetas reflejantes.**

Las vialetas son dispositivos que tienen elementos retrorreflejantes, de tal manera que al incidir en ellos la luz de los faros de los vehículos se refleja un haz luminoso, con el fin de incrementar la visibilidad de las marcas durante la noche y en condiciones climáticas adversas; tendrán dimensiones de 10 x 10 x 2cm con reflejantes de una y dos caras, las de una sola cara van en las orillas de la carretera y las de dos caras irán por el centro; se procede con el pegado de las vialetas con pegamento epoxico tipo A y B, teniendo una separación de las vialetas de 15m. La zona donde se pegaran las vialetas debe de estar limpia, para el buen funcionamiento del pegamento de las mismas, teniendo una duración de las vialetas de cuando menos tres años, como se muestra en la siguiente foto 16.



**FOTO 16**

### **5.3.3. Indicadores de Alineamiento (Fantasmas).**

Se utilizan para delinear la orilla de la vía de circulación en cambios de alineamiento horizontal, para señalar los extremos de los muros de cabeza de las alcantarillas, conforme a lo indicado por la Secretaría.

Estos serán postes de color blanco de 1.00 m de longitud, sobresaliendo 75 cm del hombro del camino, con una franja reflejante cerca de su extremo superior y al ser colocadas en el piso, se fijaran con concreto hidráulico en su base.

Se fabricarán de concreto hidráulico con una  $f'c = 150 \text{ kg/cm}^2$  y un alma de varilla de acero de refuerzo de  $3/8''$  en toda su longitud, como se ve en la foto 17



**Foto 17**

### 5.3.4. Cunetas.

Las cunetas son zanjas que se construyen adyacentes a los hombros de la corona en uno o en ambos lados según la sección del camino, con el objetivo de interceptar el agua que escurre sobre la superficie de la corona, de los taludes de los cortes, o del terreno contiguo, conduciéndola a un sitio donde no haga daño a la carretera o a terceros.

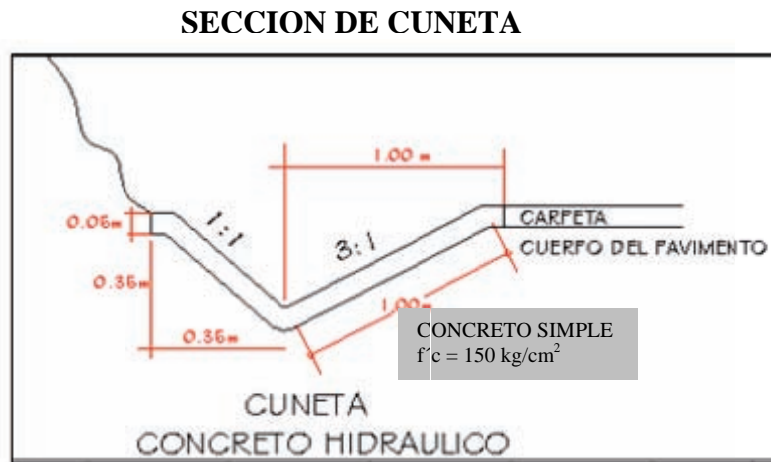


Fig. 5.1.- sección de cuneta.

El concreto empleado para las cunetas se fabricara con los materiales siguientes: cemento Pórtland, agua limpia exenta de aceites, ácidos u otras substancias perjudiciales, los agregados pétreos como es grava triturada de  $\frac{3}{4}$ " y arena fina, en una proporción adecuada para alcanzar una resistencia de  $f'c = 150 \text{ kg/cm}^2$ ; sobre el terreno se colocará la cimbra con cerchas de madera y se procederá a su colado alternadamente. Se construirán solamente, donde exista sección en balcón del lado del corte y en cortes en cajón de los dos lados.



En las siguientes fotos 18 y 19 se muestra el camino ya en condiciones de terminado, cumpliendo en tiempo de programación y con las normas de la SCT.



Foto no. 18



Foto no. 19

Es de suma importancia considerar el diseño de la mezcla asfáltica en caliente y que está cumpliendo con las características de los materiales mencionados anteriormente y de acuerdo a la normatividad vigente de la SCT.

#### **5.4. Presupuesto y Programación de la Obra.**

Se presenta el presupuesto, siendo que se compone del análisis de los precios unitarios, así mismo los precios se dividen en el costo directo de la obra, que este se compone de materiales, mano de obra, maquinaria y equipo, dentro de los precios unitarios se cargan lo que es la utilidad, los indirectos, financiamiento y los cargos adicionales de la obra como se muestra enseguida:

**MODERNIZACIÓN A BASE DE AMPLIACIÓN DE TERRACERÍAS, PAVIMENTACIÓN Y SEÑALAMIENTO HORIZONTAL Y VERTICAL DEL CAMINO: PATAMBAN - LA CANTERA, TRAMO DEL KM. 9+700 AL KM. 14+600, EN EL MUNICIPIO DE TANGANCICUARO, ESTADO DE MICHOACAN.**

**Obra:**

**ANÁLISIS DE PRECIO UNITARIO**

TRAZO Y NIVELACIÓN

M2

Clave	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo	Importe
<b>Mano de Obra</b>					
01-0520	CADENERO	JOR	0.00080	\$ 205.83	\$ 0.16
MO0020	TOPOGRAFO	jor	0.00085	\$ 447.68	\$ 0.38
<b>Suma de Mano de Obra</b>					<b>\$ 0.54</b>
<b>Herramienta</b>					
00-0001	HERRAMIENTA MENOR	(%)mo	0.04000	\$ 0.54	\$ 0.02
<b>Suma de Herramienta</b>					<b>\$ 0.02</b>
<b>Equipo</b>					
EQ001	TRANSITO ELECTRONICO MARCA SOKKIA MOD. SET3	hora	0.00252	\$ 27.51	\$ 0.07
<b>Suma de Equipo</b>					<b>\$ 0.07</b>
Costo Directo					\$ 0.63
Indirectos				% 6.54	\$ 0.04
Indirectos de Campo				% 0.92	\$ 0.01
Subtotal					\$ 0.68
Financiamiento				% 0.58	\$ 0.00
Subtotal					\$ 0.68
Utilidad				% 6.00	\$ 0.04
Retencion de Ley				% 0.50	\$ 0.00
<b>PRECIO UNIARIO</b>					<b>\$ 0.72</b>

**PESOS 72 /100 M.N.**

**MODERNIZACIÓN A BASE DE AMPLIACIÓN DE TERRACERÍAS, PAVIMENTACIÓN Y SEÑALAMIENTO HORIZONTAL Y VERTICAL DEL CAMINO: PATAMBAN - LA CANTERA, TRAMO DEL KM. 9+700 AL KM. 14+600, EN EL MUNICIPIO DE TANGANCICUARO, ESTADO DE MICHOACAN.**

Documento:  
 Concurso N°:  
 Fecha:  
 Hoja: **2**

**Obra:**

**ANÁLISIS DE PRECIO UNITARIO**

DESMONTE DE TERRENO POR MEDIOS MECANICOS

M3

Clave	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo	Importe
<b>Mano de Obra</b>					
00-0010	PEON	JOR	0.00100	\$ 205.83	\$ 0.21
<b>Suma de Mano de Obra</b>					<b>\$ 0.21</b>
<b>Herramienta</b>					
00-0001	HERRAMIENTA MENOR	(%)mo	0.04000	\$ 0.21	\$ 0.01
<b>Suma de Herramienta</b>					<b>\$ 0.01</b>
<b>Equipo</b>					
03-4510	TRACTOR DE CADENAS CATERPILLAR D8L MOTOR DIESEL DE 335 H.P.	Hora	0.00200	\$ 683.23	\$ 1.37
<b>Suma de Equipo</b>					<b>\$ 1.37</b>
Costo Directo					\$ 1.59
Indirectos					% 6.54 \$ 0.10
Indirectos de Campo					% 0.92 \$ 0.01
Subtotal					\$ 1.70
Financiamiento					% 0.58 \$ 0.01
Subtotal					\$ 1.71
Utilidad					% 6.00 \$ 0.10
Retencion de Ley					% 0.50 \$ 0.01
<b>PRECIO UNITARIO</b>					<b>\$ 1.82</b>

**UN PESOS 82 /100 M.N.**

**MODERNIZACIÓN A BASE DE AMPLIACIÓN DE TERRACERÍAS, PAVIMENTACIÓN Y SEÑALAMIENTO HORIZONTAL Y VERTICAL DEL CAMINO: PATAMBAN - LA CANTERA, TRAMO DEL KM. 9+700 AL KM. 14+600, EN EL MUNICIPIO DE TANGANCICUARO, ESTADO DE MICHOACAN.**

Documento:  
 Concurso N°:  
 Fecha:  
 Hoja: **3**

Obra:

**ANÁLISIS DE PRECIO UNITARIO**

EXCAVACION, AMPLIACION, CORTE Y DESPERDICIO POR MEDIOS MECANICOS

M3

Clave	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo	Importe
<b>Mano de Obra</b>					
00-0010	PEON	JOR	0.00100	\$ 205.83	\$ 0.21
<b>Suma de Mano de Obra</b>					<b>\$ 0.21</b>
<b>Herramienta</b>					
00-0001	HERRAMIENTA MENOR	(%)mo	0.04000	\$ 0.21	\$ 0.01
<b>Suma de Herramienta</b>					<b>\$ 0.01</b>
<b>Equipo</b>					
03-4510	TRACTOR DE CADENAS CATERPILLAR D8L MOTOR DIESEL DE 335 H.P.	Hora	0.00670	\$ 683.23	\$ 4.58
EXCAVA	EXCAVADORA KOBELCO DE ORUGAS DE 138 H.P. MOD. SK220LC	hora	0.00000	\$ 653.42	\$ 0.00
<b>Suma de Equipo</b>					<b>\$ 4.58</b>
Costo Directo					\$ 4.80
Indirectos				% 6.54	\$ 0.31
Indirectos de Campo				% 0.92	\$ 0.04
Subtotal					\$ 5.15
Financiamiento				% 0.58	\$ 0.03
Subtotal					\$ 5.18
Utilidad				% 6.00	\$ 0.31
Retencion de Ley				% 0.50	\$ 0.02
<b>PRECIO UNITARIO</b>					<b>\$ 5.51</b>
<b>CINCO PESOS 51 /100 M.N.</b>					

**MODERNIZACIÓN A BASE DE AMPLIACIÓN DE TERRACERÍAS, PAVIMENTACIÓN Y SEÑALAMIENTO HORIZONTAL Y VERTICAL DEL CAMINO: PATAMBAN - LA CANTERA, TRAMO DEL KM. 9+700 AL KM. 14+600, EN EL MUNICIPIO DE TANGANCICUARO, ESTADO DE MICHOACAN.**

Documento:  
 Concurso N°:  
 Fecha:  
 Hoja: **4**

Obra:

**ANÁLISIS DE PRECIO UNITARIO**

COMPACTACIÓN DE TERRENO NATURAL AL 95% PROCTOR POR MEDIOS MECANICOS M2

Clave	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo	Importe
<b>Materiales</b>					
0303-40	AGUA PARA CONSTRUCCION TRANSPORTADA EN PIPA	M3	0.03000	\$ 8.25	\$ 0.25
<b>Suma de Materiales</b>					<b>\$ 0.25</b>
<b>Equipo</b>					
03-5050	RODILLO VIBRATORIO HUBER CT 1014 DE 14 TONS. 73 H.P.	hr	0.01100	\$ 361.38	\$ 3.98
<b>Suma de Equipo</b>					<b>\$ 3.98</b>
Costo Directo					\$ 4.23
Indirectos					% 6.54 \$ 0.28
Indirectos de Campo					% 0.92 \$ 0.04
Subtotal					\$ 4.55
Financiamiento					% 0.58 \$ 0.03
Subtotal					\$ 4.58
Utilidad					% 6.00 \$ 0.27
Retencion de Ley					% 0.50 \$ 0.02
<b>PRECIO UNITARIO</b>					<b>\$ 4.87</b>
<b>CUATRO PESOS 87 /100 M.N.</b>					

**MODERNIZACIÓN A BASE DE AMPLIACIÓN DE TERRACERÍAS, PAVIMENTACIÓN Y SEÑALAMIENTO HORIZONTAL Y VERTICAL DEL CAMINO: PATAMBAN - LA CANTERA, TRAMO DEL KM. 9+700 AL KM. 14+600, EN EL MUNICIPIO DE TANGANCICUARO, ESTADO DE MICHOACAN.**

Documento:  
 Concurso N°:  
 Fecha:  
 Hoja: **5**

Obra:

**ANÁLISIS DE PRECIO UNITARIO**

FORMACION, COMPACTACION DE TERRAPLENES 95% PROCTOR M3

Clave	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo	Importe
<b>Materiales</b>					
0303-40	AGUA PARA CONSTRUCCION TRANSPORTADA EN PIPA	M3	0.20000	\$ 8.25	\$ 1.65
0303-00	TEZONTLE	M3	0.81000	\$ 71.20	\$ 57.67
MAT005	CEMENTANTE	M3	0.26000	\$ 63.20	\$ 16.43
<b>Suma de Materiales</b>					<b>\$ 75.75</b>
<b>Equipo</b>					
03-4680	RETROEXCAVADORA CASE 38SR	Hora	0.00250	\$ 255.09	\$ 0.64
03-4560	MOTONIVELADORA CATERPILLAR 120G, MOTOR DIESEL DE 125 H.P.	Hora	0.00310	\$ 329.43	\$ 1.02
03-4960	COMPACTADOR VIBRATORIO CATERPILLAR CS533	Hora	0.00410	\$ 310.94	\$ 1.27
<b>Suma de Equipo</b>					<b>\$ 2.93</b>
Costo Directo					\$ 78.68
Indirectos					% 6.54 \$ 5.15
Indirectos de Campo					% 0.92 \$ 0.72
Subtotal					\$ 84.55
Financiamiento					% 0.58 \$ 0.49
Subtotal					\$ 85.04
Utilidad					% 6.00 \$ 5.10
Retencion de Ley					% 0.50 \$ 0.39
<b>PRECIO UNITARIO</b>					<b>\$ 90.53</b>
<b>NOVENTA PESOS 53 /100 M.N.</b>					

**MODERNIZACIÓN A BASE DE AMPLIACIÓN DE TERRACERÍAS, PAVIMENTACIÓN Y SEÑALAMIENTO HORIZONTAL Y VERTICAL DEL CAMINO: PATAMBAN - LA CANTERA, TRAMO DEL KM. 9+700 AL KM. 14+600, EN EL MUNICIPIO DE TANGANCICUARO, ESTADO DE MICHOACAN.**

Documento:  
 Concurso N°:  
 Fecha:  
 Hoja: **6**

Obra:

**ANÁLISIS DE PRECIO UNITARIO**

SUB-BASE HIDRAULICA FORMADA CON MATERIAL SELECCIONADO MEZCLADO, TENDIDO Y COMPACTADO AL 95%DE P.U.O.T. INCLUYE EL MATERIAL DE PRESTAMO DE BANCO. LAS REGALIAS Y EL ACARREO DEL BANCO DE PRESTAMO AL SITIO PARA SU TENDIDO M3

Clave	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo	Importe
<b>Materiales</b>					
0303-40	AGUA PARA CONSTRUCCION TRANSPORTADA EN PIPA	M3	0.20000	\$ 8.25	\$ 1.65
0303-00	TEZONTLE	M3	0.81000	\$ 71.20	\$ 57.67
MAT005	CEMENTANTE	M3	0.26000	\$ 63.20	\$ 16.43
<b>Suma de Materiales</b>					<b>\$ 75.75</b>
<b>Equipo</b>					
03-4560	MOTONIVELADORA CATERPILLAR 120G, MOTOR DIESEL DE 125 H.P.	Hora	0.00310	\$ 329.43	\$ 1.02
03-4960	COMPACTADOR VIBRATORIO CATERPILLAR CS533	Hora	0.00410	\$ 310.94	\$ 1.27
<b>Suma de Equipo</b>					<b>\$ 2.29</b>
Costo Directo					\$ 78.04
Indirectos					% 6.54 \$ 5.10
Indirectos de Campo					% 0.92 \$ 0.72
Subtotal					\$ 83.86
Financiamiento					% 0.58 \$ 0.49
Subtotal					\$ 84.35
Utilidad					% 6.00 \$ 5.06
Retencion de Ley					% 0.50 \$ 0.39
					\$
<b>PRECIO UNITARIO</b>					<b>89.80</b>

**OCHENTA Y NUEVE PESOS 80 /100 M.N.**

**MODERNIZACIÓN A BASE DE AMPLIACIÓN DE TERRACERÍAS, PAVIMENTACIÓN Y SEÑALAMIENTO HORIZONTAL Y VERTICAL DEL CAMINO: PATAMBAN - LA CANTERA, TRAMO DEL KM. 9+700 AL KM. 14+600, EN EL MUNICIPIO DE TANGANCICUARO, ESTADO DE MICHOACAN.**

Documento:  
 Concurso N°:  
 Fecha:  
 Hoja: 7

Obra:

**ANÁLISIS DE PRECIO UNITARIO**

BASE HIDRAULICA FORMADA CON MATERIAL SELECCIONADO MEZCLADO, TENDIDO Y COMPACTADO AL 100% DE P.U.O.T. INCLUYE EL MATERIAL DE PRESTAMO DE BANCO. LAS REGALIAS Y EL ACARREO DEL BANCO DE PRESTAMO AL SITIO PARA SU TENDIDO M3

Clave	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo	Importe
<b>Materiales</b>					
0303-40	AGUA PARA CONSTRUCCION TRANSPORTADA EN PIPA	M3	0.10000	\$ 8.25	\$ 0.83
MAT010	GRAVA-ARENA TRITURADA	M3	1.30000	\$ 95.00	\$ 123.50
<b>Suma de Materiales</b>					<b>\$ 124.33</b>
<b>Equipo</b>					
03-4680	RETROEXCAVADORA CASE 38SR	Hora	0.00700	\$ 255.09	\$ 1.79
03-4560	MOTONIVELADORA CATERPILLAR 120G, MOTOR DIESEL DE 125 H.P.	Hora	0.00390	\$ 329.43	\$ 1.28
03-4960	COMPACTADOR VIBRATORIO CATERPILLAR CS533	Hora	0.00520	\$ 310.94	\$ 1.62
<b>Suma de Equipo</b>					<b>\$ 4.69</b>
Costo Directo					\$ 129.02
Indirectos				% 6.54	\$ 8.44
Indirectos de Campo				% 0.92	\$ 1.19
Subtotal					\$ 138.65
Financiamiento				% 0.58	\$ 0.80
Subtotal					\$ 139.45
Utilidad				% 6.00	\$ 8.37
Retencion de Ley				% 0.50	\$ 0.65
<b>PRECIO UNITARIO</b>					<b>148.47</b>
<b>CIENTO CUARENTA Y OCHO PESOS 47 /100 M.N.</b>					



**MODERNIZACIÓN A BASE DE AMPLIACIÓN DE TERRACERÍAS, PAVIMENTACIÓN Y SEÑALAMIENTO HORIZONTAL Y VERTICAL DEL CAMINO: PATAMBAN - LA CANERA, TRAMO DEL KM. 9+700 AL KM. 14+600, EN EL MUNICIPIO DE TANGANCICUARO, ESTADO DE MICHOACAN.**

Documento:  
 Concurso N°:  
 Fecha:  
 Hoja: **8**

Obra:

**ANÁLISIS DE PRECIO UNITARIO**

RIEGO DE IMPREGNACION CON EMULSION ASFALTICA PARA INCLUYE LA RENA PARA EL POREO Y SU POSTERIOR BARRIDO LT

Clave	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo	Importe
<b>Materiales</b>					
0303-40	AGUA PARA CONSTRUCCION TRANSPORTADA EN PIPA	M3	0.05000	\$ 8.25	\$ 0.41
MAT007	EMULSION ASF. RR-2K	LT	1.60000	\$ 4.60	\$ 7.36
<b>Suma de Materiales</b>					<b>\$ 7.77</b>
<b>Equipo</b>					
03-4420	CAMION PETROLIZADORA FAMSA DE 6000 LTS MOTOR DIESEL 130 H.P.	Hora	0.00033	\$ 263.37	\$ 0.09
<b>Suma de Equipo</b>					<b>\$ 0.09</b>
Costo Directo					\$ 7.86
Indirectos				% 6.54	\$ 0.51
Indirectos de Campo				% 0.92	\$ 0.07
Subtotal					\$ 8.44
Financiamiento				% 0.58	\$ 0.05
Subtotal					\$ 8.49
Utilidad				% 6.00	\$ 0.51
Retencion de Ley				% 0.50	\$ 0.04
<b>PRECIO UNITARIO</b>					<b>\$ 9.04</b>

**NUEVE PESOS 4 /100 M.N.**

**MODERNIZACIÓN A BASE DE AMPLIACIÓN DE TERRACERÍAS, PAVIMENTACIÓN Y SEÑALAMIENTO HORIZONTAL Y VERTICAL DEL CAMINO: PATAMBAN - LA CANTERA, TRAMO DEL KM. 9+700 AL KM. 14+600, EN EL MUNICIPIO DE TANGANCICUARO, ESTADO DE MICHOACAN.**

Documento:  
 Concurso N°:  
 Fecha:  
 Hoja: **9**

Obra:

**ANÁLISIS DE PRECIO UNITARIO**

RIEGO DE LIGA CON EMULSION ASFALTICA TIPO RR-2K, A RAZON DE 0.5LTS/M2, INCLUYE LT  
 :EQUIPO, MATERIALES Y DESPERDICIOS.  
 P.U.O.T.

Clave	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo	Importe
<b>Materiales</b>					
0303-40	AGUA PARA CONSTRUCCION TRANSPORTADA EN PIPA	M3	0.05000	\$ 8.25	\$ 0.41
MAT007	EMULSION ASF. RR-2K	LT	0.60000	4.60	\$ 2.76
<b>Suma de Materiales</b>					<b>\$ 3.17</b>
<b>Equipo</b>					
03-4420	CAMION PETROLIZADORA FAMSA DE 6000 LTS MOTOR DIESEL 130 H.P.	Hora	0.00033	263.37	\$ 0.09
<b>Suma de Equipo</b>					<b>\$ 0.09</b>
Costo Directo					\$ 3.26
Indirectos				% 6.54	\$ 0.21
Indirectos de Campo				% 0.92	\$ 0.03
Subtotal					\$ 3.50
Financiamiento				% 0.58	\$ 0.02
Subtotal					\$ 3.52
Utilidad				% 6.00	\$ 0.21
Retencion de Ley				% 0.50	\$ 0.02
<b>PRECIO UNITARIO</b>					<b>\$ 3.75</b>
<b>TRES PESOS 75 /100 M.N.</b>					

**MODERNIZACIÓN A BASE DE AMPLIACIÓN DE TERRACERÍAS, PAVIMENTACIÓN Y SEÑALAMIENTO HORIZONTAL Y VERTICAL DEL CAMINO: PATAMBAN - LA CANTERA, TRAMO DEL KM. 9+700 AL KM. 14+600, EN EL MUNICIPIO DE TANGANCICUARO, ESTADO DE MICHOACAN.**

Documento:  
 Concurso N°:  
 Fecha:  
 Hoja: **10**

Obra:

**ANÁLISIS DE PRECIO UNITARIO**

CARPETA ASFÁLTICA CON MEZCLA EN CALIENTE (CON CEMENTO AC20) P.U.O.T. (NORMA NCTRCAR104006/00) INCLUYE EL MATERIAL DE PRESTAMO DE BANCO Y EL ACARREO DEL BANCO DE PRESTAMO AL SITIO PARA SU TENDIDO Y COMPACTACION AL 95%, ADQUISICION Y SUMINISTRO DEL CEMENTO ASFALTICO M3

Clave	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo	Importe
<b>Materiales</b>					
MAT013	MEZCLA ASFALTICA PRODUCIDA EN PLANTA	M3	1.20000	\$ 1,500.00	\$ 1,800.00
<b>Suma de Materiales</b>					<b>\$ 1,800.00</b>
<b>Equipo</b>					
03-4400	CAMION DE VOLTEO FAMSA DE 7 M3 MOTOR DIESEL 140 H.P.	Hora	0.03000	\$ 221.73	\$ 6.65
03-4960	COMPACTADOR VIBRATORIO CATERPILLAR CS533	Hora	0.00100	\$ 310.94	\$ 0.31
03-5000	COMPACTADOR DE LLANTAS NEUMATICAS DUO-PACTOR 30 TON 105 H.P. CON TAMBORES DE CUCHILLAS DE 1.28 M	Hora	0.02200	\$ 265.72	\$ 5.85
03-4850	EXTENDEDORA CAT P-800 90 H.P.	Hora	0.01300	\$ 435.98	\$ 5.67
03-4390	BARREDORA AUTOPROPULSADA	Hora	0.00990	\$ 226.11	\$ 2.24
<b>Suma de Equipo</b>					<b>\$ 20.72</b>
Costo Directo					\$ 1,820.72
Indirectos				% 6.54	\$ 119.08
Indirectos de Campo				% 0.92	\$ 16.75
Subtotal					\$ 1,956.55
Financiamiento				% 0.58	\$ 11.35
Subtotal					\$ 1,967.90
Utilidad				% 6.00	\$ 118.07
Retencion de Ley				% 0.50	\$ 9.10
<b>PRECIO UNITARIO</b>					<b>\$ 2,095.07</b>
<b>DOS MIL NOVENTA Y CINCO PESOS 7 /100 M.N.</b>					

MODERNIZACIÓN A BASE DE AMPLIACIÓN DE TERRACERÍAS,  
PAVIMENTACIÓN Y SEÑALAMIENTO HORIZONTAL Y VERTICAL DEL  
CAMINO: PATAMBAN - LA CANTERA, TRAMO DEL KM. 9+700 AL KM.  
14+600, EN EL MUNICIPIO DE TANGANCICUARO, ESTADO DE MICHOACAN.

Documento:  
Concurso  
N°:  
Fecha:  
Hoja: 1

Obra  
:

**PROGRAMA DE MONTOS EN LA EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS**

				DEL	01/10/2008	01/11/2008	01/12/2008	01/01/2009	01/02/2009
				AL	31/10/2008	30/11/2008	31/12/2008	31/01/2009	28/02/2009
Clave	Acumulados Anteriores	\$ 0.00	% 0.00						
	Descripción	Importe Total	%						
1.-	TRAZO Y NIVELACIÓN	\$ 35,347.72	0.64%	5,571.11	8,644.82	9,605.36	\$ 9,413.25	2,113.18	
				15.76%	24.46%	27.17%	26.63%	5.98%	
2.-	DESMONTE DE TERRENO POR MEDIOS MECANICOS	\$ 8,192.64	0.15%	4,168.18	4,024.45				
				50.88%	49.12%				
3.-	EXCAVACION, AMPLIACION, CORTE Y DESPERDICIO POR MEDIOS MECANICOS	\$ 151,714.98	2.77%		100,131.89	51,583.09			
					66.00%	34.00%			
4.	COMPACTACIÓN DE TERRENO NATURAL AL 95% PROCTOR POR MEDIOS	\$ 55,850.62	1.02%		4,856.58	50,994.05			
					8.70%	91.30%			
5.-	FORMACION, COMPACTACION DE TERRAPLENES 95% PROCTOR	\$ 1,119,281.23	20.42%			1,077,826.37	\$ 41,454.86		
						96.30%	3.70%		
<b>Acumulados</b>		\$ 1,370,387.19	\$ 25.00	\$ 9,739.29	\$ 117,657.74	\$ 1,190,008.87	\$ 50,868.11	\$ 2,113.18	

Concurante:

MODERNIZACIÓN A BASE DE AMPLIACIÓN DE TERRACERÍAS,  
PAVIMENTACIÓN Y SEÑALAMIENTO HORIZONTAL Y VERTICAL DEL  
CAMINO: PATAMBAN - LA CANTERA, TRAMO DEL KM. 9+700 AL KM. 14+600,  
EN EL MUNICIPIO DE TANGANCICUARO, ESTADO DE MICHOACAN.

Documento:  
Concurso N°:  
Fecha:  
Hoja: **2**

**PROGRAMA DE MONTOS EN LA EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS**

<b>DEL</b>	01/10/2008	01/11/2008	01/12/2008	01/01/2009	01/02/2009
	31/10/2008	30/11/2008	31/12/2008	31/01/2009	28/02/2009
<b>AL</b>	8	8	8	9	9

	<b>Acumulados Anteriores</b>	\$ 1,370,387.19	% 25.00
<b>Clave</b>	<b>Descripción</b>	<b>Importe Total</b>	<b>%</b>

6.-	SUB-BASE HIDRAULICA FORMADA CON MATERIAL SELECCIONADO MEZCLADO, TENDIDO Y COMPACTADO AL 95%DE P.U.O.T. INCLUYE EL MATERIAL DE PRESTAMO DE BANCO. LAS REGALIAS Y EL ACARREO DEL BANCO DE PRESTAMO AL SITIO PARA SU TENDIDO	\$ 584,474.97	10.66%	\$ 263,013.74	\$ 321,461.24	45.00%	55.00%
7.-	BASE HIDRAULICA FORMADA CON MATERIAL SELECCIONADO MEZCLADO, TENDIDO Y COMPACTADO AL 100% DE P.U.O.T. INCLUYE EL MATERIAL DE PRESTAMO DE BANCO. LAS REGALIAS Y EL ACARREO DEL BANCO DE PRESTAMO AL SITIO PARA SU TENDIDO	\$ 672,364.21	12.27%	\$ 183,372.06	\$ 488,992.15	27.27%	72.73%
8.-	RIEGO DE IMPREGNACION CON EMULSION ASFALTICA PARA INCLUYE LA	\$ 165,877.49	3.03%		\$ 165,877.49		100.00%

<b>Acumulados</b>	\$ 2,793,103.86	\$ 50.96	\$ 9,739.29	\$ 117,657.74	\$ 1,636,394.67	\$ 1,027,198.99	\$ 2,113.18
-------------------	-----------------	----------	-------------	---------------	-----------------	-----------------	-------------

Concursante:

Firma Representante Legal

MODERNIZACIÓN A BASE DE AMPLIACIÓN DE TERRACERÍAS, PAVIMENTACIÓN Y SEÑALAMIENTO HORIZONTAL Y VERTICAL DEL CAMINO: PATAMBAN - LA CANTERA, TRAMO DEL KM. 9+700 AL KM. 14+600, EN EL MUNICIPIO DE TANGANCICUARO, ESTADO DE MICHOACAN.

Documento:  
 Concurso N°:  
 Fecha:  
 Hoja: **3**

Obr  
 a:

**PROGRAMA DE MONTOS EN LA EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS**

				DEL	01/10/2008	01/11/2008	01/12/2008	01/01/2009	01/02/2009
				AL	31/10/2008	30/11/2008	31/12/2008	31/01/2009	28/02/2009
Clave	Acumulados Anteriores	2,793,103.86	%						
	Descripción	Importe Total	%						
	RENA PARA EL POREO Y SU POSTERIOR								
	BARRIDO								
9.-	RIEGO DE LIGA CON EMULSION ASFALTICA TIPO RR-2K, A RAZON DE 0.5LTS/M2, INCLUYE :EQUIPO, MATERIALES Y DESPERDICIOS. P.U.O.T.	\$ 25,803.67	0.47%					\$ 20,330.17	\$ 5,473.51
								78.79%	21.21%
10.-	CARPETA ASFÁLTICA CON MEZCLA EN CALIENTE (CON CEMENTO AC20) P.U.O.T. (NORMA NCTRCAR104006/00) INCLUYE EL MATERIAL DE PRESTAMO DE BANCO Y EL ACARREO DEL BANCO DE PRESTAMO AL SITIO PARA SU TENDIDO Y COMPACTACION AL 95%, ADQUISICION Y SUMINISTRO DEL CEMENTO ASFALTICO	2,661,430.27	48.56%					\$ 825,961.12	1,835,469.15
								31.03%	68.97%
<b>Acumulados</b>		\$ 5,480,337.80	\$ 99.99	\$ 9,739.29	\$ 117,657.74	\$ 1,636,394.67		\$ 1,873,490.28	\$ 1,843,055.84
Concursante:								Firma Representante Legal	

MODERNIZACIÓN A BASE DE AMPLIACIÓN DE TERRACERÍAS, PAVIMENTACIÓN Y SEÑALAMIENTO HORIZONTAL Y VERTICAL DEL CAMINO: PATAMBAN - LA CANTERA, TRAMO DEL KM. 9+700 AL KM. 14+600, EN EL MUNICIPIO DE TANGANCICUARO, ESTADO DE MICHOACAN.

Documento:

Concurso N°:

Fecha:

Hoja:  
1

**CATÁLOGO DE CONCEPTOS Y CANTIDADES DE OBRA PARA EXPRESIÓN DE PRECIOS UNITARIOS Y MONTO TOTAL DE LA PROPOSICIÓN**

Clave	Descripción	Unidad	Cantidad	Importe Acumulado de la Hoja Anterior :							\$	
				PRECIO UNITARIO								IMPORTE EN
				CON LETRA							NÚMERO	PESOS
1.-	TRAZO Y NIVELACIÓN	M2	49,094.05	PESOS 72 /100 M.N.							\$ 0.72	\$ 35,347.72
2.-	DESMONTE DE TERRENO POR MEDIOS MECANICOS	M3	4,501.45	UN PESOS 82 /100 M.N.							\$ 1.82	\$ 8,192.64
3.-	EXCAVACION, AMPLIACION, CORTE Y DESPERDICIO POR MEDIOS MECANICOS	M3	27,534.48	CINCO PESOS 51 /100 M.N.							\$ 5.51	\$ 151,714.98
4.	COMPACTACIÓN DE TERRENO NATURAL AL 95% PROCTOR POR MEDIOS MECANICOS	M2	11,468.30	CUATRO PESOS 87 /100 M.N.							\$ 4.87	\$ 55,850.62
5.-	FORMACION, COMPACTACION DE TERRAPLENES 95% PROCTOR	M3	12,363.65	NOVENTA PESOS 53 /100 M.N.							\$ 90.53	\$ 1,119,281.23
6.-	SUB-BASE HIDRAULICA FORMADA CON MAT. SELEC., MEZCLADO , TENDIDO Y COMP. AL 95%DE P.U.O.T. INCLUYE EL MAT. DE PRESTAMO DE BANCO. LAS REGALIAS Y EL ACARREO DEL BANCO DE PRESTAMO AL SITIO PARA SU TENDIDO	M3	6,508.63	OCHENTA Y NUEVE PESOS 80 /100 M.N.							\$ 89.80	\$ 584,474.97
Concurante:		Firma Representante Legal		Importe Acumulado				:	\$ 1,954,862.16			

MODERNIZACIÓN A BASE DE AMPLIACIÓN DE TERRACERIAS,  
PAVIMENTACIÓN Y SEÑALAMIENTO HORIZONTAL Y VERTICAL DEL  
CAMINO: PATAMBAN - LA CANTERA, TRAMO DEL KM. 9+700 AL KM.  
14+600, EN EL MUNICIPIO DE TANGANCICUARO, ESTADO DE  
MICHOACAN.

Document  
o:  
Concurso  
N°:

Hoja: 2

**CATÁLOGO DE CONCEPTOS Y CANTIDADES DE OBRA PARA EXPRESIÓN DE PRECIOS UNITARIOS Y MONTO TOTAL DE LA PROPOSICIÓN**

Clave	Descripción	Unidad	Cantidad	Importe Acumulado de la Hoja Anterior :										\$	
				PRECIO										1,954,862.16	
				CON LETRA											CON NÚMERO
7.-	BASE HIDRAULICA FORMADA CON MATERIAL SELECCIONADO REGALIAS Y EL ACARREO DEL BANCO DE PRESTAMO AL SITIO PARA SU TENDIDO	M3	4,528.62	CIENTO CUARENTA Y OCHO PESOS 47 /100 M.N.										\$ 148.47	\$ 672,364.21
8.-	RIEGO DE IMPREGNACION CON EMULSION ASFALTICA PARA INCLUYE LA RENA PARA EL POREO Y SU POSTERIOR BARRIDO	LT	18,349.28	NUEVE PESOS 4 /100 M.N.										\$ 9.04	\$ 165,877.49
9.-	RIEGO DE LIGA CON EMULSION ASFALTICA TIPO RR-2K, A RAZON DE 0.5LTS/M2, INCLUYE :EQUIPO, MATERIALES Y DESPERDICIOS. P.U.O.T.	LT	6,880.98	TRES PESOS 75 /100 M.N.										\$ 3.75	\$ 25,803.67
10.-	CARPETA ASFÁLTICA CON MEZCLA EN CALIENTE (CON CEMENTO AC20) P.U.O.T. (NORMA NCTRCAR104006/00) INCLUYE EL MATERIAL DE PRESTAMO DE	M3	1,270.33	DOS MIL NOVENTA Y CINCO PESOS 7 /100 M.N.										\$ 2,095.07	\$ 2,661,430.27
				Importe Parcial de esta Hoja :										\$ 3,525,475.64	
Concursante:		Firma Representante Legal		Importe Acumulado :										\$ 5,480,337.80	



MODERNIZACIÓN A BASE DE AMPLIACIÓN DE TERRACERÍAS,  
PAVIMENTACIÓN Y SEÑALAMIENTO HORIZONTAL Y VERTICAL DEL CAMINO:  
PATAMBAN - LA CANTERA, TRAMO DEL KM. 9+700 AL KM. 14+600, EN EL  
MUNICIPIO DE TANGANCICUARO, ESTADO DE MICHOACAN.

Document  
o:  
  
Concurso  
N°:  
  
Fecha:  
  
Hoja:3

Obra:

**CATÁLOGO DE CONCEPTOS Y CANTIDADES DE OBRA PARA EXPRESIÓN DE PRECIOS UNITARIOS Y MONTO TOTAL DE LA PROPOSICIÓN**

Clave	Descripción	Unidad	Canti dad	Importe Acumulado de la Hoja Anterior :										\$
														5,480,337. 80
				PRECIO UNITARIO										
CON LETRA											PESOS			

BANCO Y EL ACARREO DEL BANCO DE PRESTAMO AL SITIO PARA SU TENDIDO Y COMPACTACION AL 95%, ADQUISICION Y SUMINISTRO DEL CEMENTO ASFALTICO												
<b>Total de</b>											5,480,337.8 0	
<b>Total del Presupuesto</b>											5,480,337.8 0	

Concursante:	Firma Representante Legal	Importe Parcial de esta Hoja :	\$ 0.00
		Importe Acumulado :	5,480,337. 80

## CONCLUSIONES

En la presente investigación se comprobó que el procedimiento constructivo utilizado en la ejecución de esta obra fue el adecuado y se ejecutó de la forma correcta, por lo que el costo empleado en la ejecución de esta obra fue el óptimo debido a que se aprovecharon los recursos existentes en el tramo, como bancos de préstamo cercanos a la obra, motivo por el cual se abatieron los costos de construcción de esta vía.

Debido a que existía en este tramo un camino rural en malas condiciones y contaba con ancho de corona de 4.0 m. Además de que se encuentra ubicado entre lomeríos fuertes, motivo por el cual se dificultaba el tránsito. Se realizó una ampliación de corona a 7.0 mts, de ancho, motivo por el cual, se inició a realizar el desmonte en el área limitada por los cerros de las secciones de construcción, talando los árboles y retirando los tocones; en una franja de 1.00 m adyacente a la línea de cerros. Se realizó el despalme en el área comprendida entre la línea de cerros, el material producto del despalme se colocó fuera de la línea de cerros, de manera que al final de la obra se utilizó en el arropo de los taludes. La superficie descubierta se compactó al 90% como mínimo, en un espesor no menor de treinta (30) centímetros y de acuerdo a su P.V.S.M. mediante la prueba AASHTO estándar. Se realizaron las obras de drenaje necesarias en el tramo por lo que cuenta con un adecuado sistema de desalojo de agua de las lluvias. El cuerpo de terraplén se construyó de acuerdo con lo indicado en los planos correspondientes, y con material producto de los cortes y con material producto de préstamo de

banco para terracerías, formándose con capas horizontales compactadas al 90% de compactación de su P.V.S.M. mediante la prueba AASHTO estándar.

Sobre la superficie del cuerpo de terraplén, debidamente afinado y tratado, se construyó la capa subrasante con material de préstamo de banco, de acuerdo con lo señalado en los diagramas de curvamasa y con un espesor de treinta (30) centímetros compactándose al 95% de compactación de su P.V.S.M.

Concluida la construcción de la capa subrasante en todo lo ancho de la ampliación y de acuerdo con la sección de proyecto, se construyó la capa de sub-base hidráulica con materiales del banco, con un espesor de quince (15) centímetros, compactada al cien por ciento (100%) de su P.V.S.M. de la prueba AASHTO estándar.

Concluida la construcción de la capa de sub-base hidráulica, se construyó la capa de base hidráulica con materiales triturados del banco, con un espesor de quince (15) centímetros, compactada al cien por ciento (100%) de su P.V.S.M. de la prueba AASHTO estándar, procediéndose a ejecutar el barrido de la superficie en todo el ancho.

Limpia de polvo la base hidráulica, se aplicó en todo el ancho de la sección así como en los taludes del material que forman el pavimento, un riego de impregnación con emulsión asfáltica catiónica de rompimiento lento ECI-45 en una proporción de uno punto cero  $0.80 \text{ lt/m}^2$ .

Se procedió a la aplicación del poreo por medio de arena de río o en su caso material producto de la elaboración de la carpeta asfáltica.

Se procedió a construir con cinco (5) centímetros de espesor una carpeta de concreto asfáltico, compactándola al noventa y cinco por ciento (95%) de su peso volumétrico determinado por el laboratorio con la prueba Marshall. Se planchó y rastreo el material pétreo excedente, retirándolo y depositándolo a un costado de la vía construida.

Una vez concluidos los trabajos de pavimentación, se procedió a la colocación de las señales preventivas (SP), restrictivas (SR), informativas (SI), marcas, obras y dispositivos diversos.

La construcción de esta vía terrestre ha mejorado notablemente la comunicación de los pueblos del Municipio de Tangancícuaro con las ciudades más cercanas como son Zamora y Los Reyes, lugares donde comercializan los productos de las hortalizas que siembran año con año como son: la papa, el garbanzo, el trigo, el frijol, el maíz, así como de artesanías de barro vidriado decorado con pastillaje, gabanes y cobijas de lana. Dicha comercialización disminuía de forma considerable en la época de lluvias puesto que cuentan con un clima templado y veranos cálidos.

## BIBLIOGRAFÍA

Apuntes de la UNAM de Ingeniería Civil

Ingeniería de Caminos.

UNAM

Arias Rivera Carlos (1984)

Cuaderno de trabajo de comportamiento de suelos.

Ed. Universidad Nacional Autónoma de México UNAM Facultad de Ingeniería

México

Carreño Juárez José Juan, Garza Tijerina Jesús S. (1989)

Apuntes sobre Administración de Proyectos.

Ed. Mc. Graw Hill, México.

Hernández S. Roberto y Cois (2004)

Metodología de la Investigación

Ed. Mc. Graw Hill, México.

Juárez B. Eulalio, Rico R. Alfonso (1978)

Mecánica de suelos Tomo I Fundamentos de la Mecánica de suelos.

Ed. Limusa, México.

Jurado R., Yolanda (2005)

Técnicas de Investigación documental

Ed. Thomson, México.

Mier S. José Alfonso (1987)

Introducción a la Ingeniería de Caminos

UMSNH

Mendieta a la T., Ángeles (2005)

Metodos de Investigación y manual académico

Ed. Porrúa, México

Olvera B., Fernando (1998)

Estructuración de las vías terrestres

Ed. Continental, México.

SCT (1991)

Manual de Proyecto Geométrico de Carreteras.

#### OTRAS FUENTES DE INFORMACIÓN.

<http://www.michoacan.gom.mx/municipios/88medio.fisico.htm>

[http://www.catarina.udlap.mx/u\\_dl\\_a/tales/documentos/lic/vega\\_a\\_la](http://www.catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lic/vega_a_la)

