

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

Incorporación No. 8727 – 15

a la Universidad Nacional Autónoma de México.

Escuela de Ingeniería Civil

## **REVISIÓN DEL PROCESO DE CONSTRUCCIÓN DEL TRAMO CARRETERO “EL TEPEHUAJE – LAS GUACAMAYAS” EN EL MUNICIPIO DE CARÁCUARO, MICH.**

Tesis

que para obtener el título de

Ingeniero Civil

Presenta:

**Hugo Enrique Salgado Mora**

**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:**

Agradezco a Dios por haber iluminado mi camino durante toda mi formación académica.

A mis padres y toda mi familia por haberme dado su confianza y su apoyo durante todo este tiempo, por creer en mi para poder llegar hasta este momento tan importante, a pesar de todos los problemas y obstáculos que se presentaron a lo largo de mi formación profesional.

A todos mis profesores que durante tanto tiempo me llevaron por el camino de la enseñanza, y por tenerme tanta paciencia. Y a todas las personas que me dieron siempre palabras de aliento, para superarme y lograr lo que hasta ahora soy.

## ÍNDICE

### **Introducción**

Antecedentes. . . . .	1
Planteamiento. . . . .	3
Objetivos. . . . .	3
Pregunta de investigación. . . . .	4
Justificación. . . . .	5
Delimitación. . . . .	5
Marco de referencia. . . . .	6

### **Capítulo 1.- Vías Terrestres.**

1.1. Antecedentes de los caminos. . . . .	7
1.2. Inventario de caminos. . . . .	8
1.3. Elementos de la Ingeniería de Tránsito usados para el proyecto. . . . .	9
1.3.1. El problema del tránsito. . . . .	9
1.3.2. Elementos del tránsito. . . . .	11
1.3.2.1. Visibilidad. . . . .	11
1.3.2.2. Tiempo de reacción. . . . .	13
1.3.3. El Vehículo. . . . .	14
1.3.4. El Camino. . . . .	17
1.4. Velocidad. . . . .	19
1.4.1. Velocidad del proyecto. . . . .	19
1.4.2. Velocidad de operación. . . . .	19

1.4.3. Velocidad de punto. . . . .	20
1.4.4. Velocidad efectiva global. . . . .	20
1.5. Volumen de tránsito en caminos. . . . .	21
1.5.1. Conteos de tránsito.. . . .	21
1.5.2. Estudios de origen y destino. . . . .	22
1.6. Densidad de tránsito. . . . .	23
1.7. Derecho de vía. . . . .	23
1.8. Capacidad y nivel de servicio. . . . .	24
1.9. Distancia de visibilidad del conductor. . . . .	26
1.9.1. Distancia de visibilidad de parada. . . . .	26
1.9.2. Distancia de visibilidad de rebase. . . . .	27
1.10. Mecánica de suelos. . . . .	28
1.10.1. Estructura y granulometría de suelos gruesos. . . . .	29
1.10.2. Estructura y granulometría de suelos finos. . . . .	29
1.10.3. Relaciones volumétricas de los suelos.. . . .	30
1.10.4. Curva granulométrica. . . . .	33
1.10.5. Plasticidad. . . . .	34

## **Capítulo 2.- Características físicas de un camino**

2.1. Tipos de caminos. . . . .	37
2.2. Alineamiento vertical. . . . .	38
2.2.1. Tangentes. . . . .	38
2.2.1.1. Pendiente gobernadora. . . . .	39
2.2.1.2. Pendiente máxima. . . . .	39

2.2.1.3. Pendiente mínima. . . . .	39
2.2.1.4. Longitud crítica de una tangente del alineamiento vertical. .	39
2.2.2. Curvas verticales. . . . .	40
2.2.2.1. Elementos de la curva vertical. . . . .	41
2.3. Alineamiento horizontal. . . . .	42
2.3.1. Tangentes. . . . .	42
2.3.2. Curvas circulares. . . . .	43
2.3.2.1. Curvas circulares simples. . . . .	43
2.3.2.2. Curvas circulares compuestas. . . . .	45
2.3.2.3. Curvas de transición. . . . .	45
2.4. Sección transversal. . . . .	45
2.4.1. Sub- corona. . . . .	46
2.4.2. Corona. . . . .	46
2.4.3. Calzada. . . . .	47
2.4.4. Cunetas y contracunetas. . . . .	48
2.4.5. Taludes. . . . .	48
2.4.6. Partes complementarias. . . . .	49
2.5. Elementos que forman un pavimento. . . . .	50
2.5.1. Sub-bases. . . . .	50
2.5.2. Bases.. . . .	52
2.5.3. Carpetas asfálticas. . . . .	54
2.5.3.1. Carpetas por el sistema de riego. . . . .	55
2.5.3.2.- Carpetas de mezcla en el lugar. . . . .	56
2.6. Materiales asfálticos. . . . .	57

2.7. Compactaciones de materiales en caminos.	60
2.7.1. Equipos y tipos de compactación.	61
2.8. Control de calidad necesario.	62
2.9. Programación de obra.	63

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

3.1. Generalidades..	65
3.2. Resumen ejecutivo.	66
3.3. Entorno geográfico.	66
3.3.1. Topografía regional y del la zona en estudio.	68
3.3.2. Hidrología regional y de la zona en estudio.	68
3.3.3. Uso de suelo regional y de la zona en estudio.	69
3.4. Informe fotográfico.	69
3.5. Estudios de tránsito.	72

### **Capítulo 4.- Metodología**

4.1. Método empleado.	74
4.4.1. Método matemático.	74
4.2. Enfoque de la investigación.	75
4.2.1. Alcance de la investigación.	75
4.3. Diseño de la investigación.	76
4.3.1. Investigación transeccional.	76
4.4. Instrumentos de recopilación de datos.	76
4.5. Descripción del Proceso de Investigación..	77

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

5.1. Procedimiento constructivo de cortes.	79
5.2. Terraplenes.	79
5.3. Construcción de la sub-base.	80
5.3.1. Construcción de la base hidráulica.	80
5.3.2. Riego de impregnación.	81
5.3.3. Riego de liga.	81
5.4. Construcción de la carpeta asfáltica.	81
5.4.1. Riego de sello.	82
5.5. Obras de concreto hidráulico.	82
5.6. Conceptos de obra.	83
5.7. Precios unitarios.	85
5.8. Presupuestos de obra.	87
5.9. Calendario de obra.	89
5.10. Análisis de resultados.	90
<b>Conclusión.</b>	<b>92</b>
<b>Bibliografía.</b>	<b>97</b>

## **Anexos**



## **RESUMEN**

En la presente investigación titulada Revisión del proceso de construcción del tramo carretero “El Tepehuaje – Las Guacamayas” en el municipio de Carácuaro, Mich., se determinó si el proceso constructivo fue el más adecuado en dicho tramo carretero, definiendo también qué es una vía terrestre, la utilidad del proceso constructivo, se determinaron las características de la región y se mencionaron las ventajas de elegir un buen proceso de construcción.

En el capítulo 1 se trató sobre los antecedentes de los caminos, inventarios de los caminos, los elementos de tránsito, los problemas de tránsito, se definieron los tipos de caminos, los elementos para diseñar y definir el tipo de camino; además de mencionar la granulometría y estructura de los suelos.

En el capítulo 2 se establecen los tipos de caminos, sus características de alineamiento horizontal y vertical, se mencionan los elementos que conforman el pavimento y el control de calidad que debe haber dentro de un camino.

En el tercer capítulo se menciona la localización del tramo, su entorno geográfico (macro y micro localización), la topografía e hidrología de la región, además de contar con un informe fotográfico del estado actual de la obra.

En el cuarto capítulo se describe el encuadre metodológico que se usó durante el proceso de investigación de la presente tesis, su enfoque, su alcance, los instrumentos para recopilar datos y su descripción.

En el quinto capítulo se habló sobre el proceso de construcción, descripción de los conceptos de obra, precios unitarios y el presupuesto final y se analizaron los resultados.

Lo que se observa es que no fue el más adecuado para llevar a cabo esta obra. Ya que al hacer el recorrido por dicho tramo se observó que los trabajos presupuestados no estaban concluidos en su totalidad, además de observarse que algunos conceptos del presupuesto fueron ignorados y por lo tanto se han tenido que hacer reparaciones en la cinta asfáltica.

Con esta investigación se beneficiarán directamente los usuarios del tramo ya que en su gran mayoría están dedicados a la agricultura, sirviendo esta vía como su modo de transporte de mercancías, la comunidad estudiantil de la Escuela de Ingeniería Civil de la Universidad Don Vasco, que será de mucha utilidad para todos los colegas y estudiantes de Ingeniería Civil.

Finalmente se llegó a la conclusión de que el proceso constructivo que se realizó en este tramo no fue el más apropiado, ya que durante la visita a esta obra se apreció que varios de los trabajos estaban incompletos, deteriorados por las inclemencias del clima o simplemente no funcionaron de la manera más factible.

# INTRODUCCIÓN

## **Antecedentes.**

Según la Biblioteca de Consulta (2003), desde la antigüedad, la construcción de vías de comunicación (carreteras) ha sido uno de los primeros signos de civilización avanzada. Cuando las ciudades de las primeras civilizaciones empezaron a aumentar de tamaño y densidad de población, la comunicación con otras regiones se tornó necesaria para hacer llegar suministros alimenticios o transportarlos a otros consumidores. Entre los primeros constructores de carreteras se encuentran los mesopotámicos, hacia el año 3500 a.C. los chinos, que construyeron la Ruta de la Seda (la más larga del mundo), y desarrollaron un sistema de carreteras en torno al siglo XI a.C., y los incas de Sudamérica, que construyeron una avanzada red de caminos que no pueden ser considerados estrictamente carreteras, ya que los incas no conocían la rueda. Esta red se distribuía por todos los Andes e incluía galerías cortadas en rocas sólidas.

De acuerdo con esta misma fuente de información, el sistema de carreteras comenzó a mejorar notablemente en toda Latinoamérica a partir de 1930. Sin embargo, las carreteras sudamericanas de las zonas costeras sufren de manera continua las inclemencias climáticas, lo que hace muy costoso su mantenimiento y muchas veces inútil e intransitable su asfaltado durante algunas épocas del año debido a las lluvias torrenciales.

A pesar de ello, en la actualidad muchos países latinoamericanos cuentan con sistemas de carreteras más o menos aceptables, siendo Argentina, Brasil y

México los países con mayor cantidad de kilómetros de carreteras mejoradas y asfaltadas.

“Un camino es más flexible que una vía férreas, porque los grados de curvatura son menores en las vías férreas, así como las pendientes e incluso en caso de que falle un camino se puede desviar el tráfico, caso que no ocurre en las vías férreas. Además los caminos tienen mayor oportunidad de acceso que las vías férreas. El camino siempre aparece como último elemento en un viaje puerta a puerta en un sistema multimodal de transporte. El desarrollo de una región es tan grande como su sistema de comunicación (carreteras) se lo permite”. (www.inge.uasnet.mx; 2008).

De las investigaciones relacionadas con el tema de vías terrestres, se encontró que en la Universidad Don Vasco A.C. se han realizado sobre este tema, por mencionar algunas se encuentran: Procedimientos Constructivos de Terracerías para la Autopista Morelia – Lázaro Cárdenas del subtramo Uruapan – Nueva Italia del Km. 11+000 al 18+000. Realizado por Ignacio Quintero Vizcarra – Rigoberto Cervantes Zamora, en el año de 1999, teniendo como objetivo revisar las terracerías utilizadas para esta vía de comunicación. Otra investigación es la realizada por José Antonio Sánchez Corza, en el año de 2005, que se titula Procedimientos Constructivos Puente Barranca el Limón. En la página de Internet [http://catarina.udlap.mx/u\\_dl\\_a/tales/documentos/lic/de\\_u\\_jm/](http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lic/de_u_jm/) Universidad de las Américas Puebla se encuentra otra investigación llevando como título: Propuesta de Reconstrucción del Camino San Luis Tehuiloyocan, elaborada por Joaquín María De Uriarte Buergo en Abril 2005, en donde señala que su investigación contempla hacer una vía de comunicación que servirá como corredor industrial,

además que proporcionará los servicios de drenaje, agua potable, energía eléctrica, comunicaciones, plantas de tratamiento de agua, etc., que servirán no sólo para las industrias sino también para los habitantes de esta región. En cuanto a los logros obtenidos con esta investigación señala que será mucho más fácil hacer el proyecto de renovación de esta vía, ya que con su estudio profundizó en los rasgos de crecimiento económico y cultural para que resulte viable y rentable.

### **Planteamiento del Problema.**

Por medio de esta investigación se podrá verificar si el procedimiento constructivo del tramo carretero denominado “El Tepehuaje – Las Guacamayas” es el apropiado. Además se revisará si la ejecución de los trabajos de construcción fue el más apto en cuanto a tiempo de ejecución, economía del proyecto y con los estándares de calidad adecuados, para que el tramo carretero sea seguro y confiable para los usuarios.

### **Objetivos.**

En la presente investigación se tratará de cubrir con ciertos objetivos, los cuales se mencionan a continuación.

#### **Objetivo general:**

Determinar si el proceso constructivo fue el más adecuado en el tramo carretero denominado “El Tepehuaje – Las Guacamayas” en el municipio de Carácuar, Mich.

#### **Objetivos particulares:**

- a) Definir qué es una vía terrestre.
- b) Utilidad de un proceso constructivo.
- c) Definir las características geográficas de lugar.
- d) Establecer las ventajas de la elección de un buen proceso constructivo.

## **Preguntas de investigación.**

Durante la investigación realizada surgieron varias interrogativas las cuales se mencionan a continuación.

### **Pregunta principal:**

¿Será adecuado el proceso constructivo utilizado para la construcción del tramo carretero “El Tepehuaje – Las Guacamayas”?

### **Preguntas secundarias:**

¿Qué es un proceso constructivo?

¿Para qué sirve un proceso constructivo?

¿Cuáles son las ventajas del proceso constructivo?

¿Cómo elegir el mejor proceso constructivo?

¿Cuál es la actividad económica del lugar?

¿Quiénes se benefician con este tramo carretero?

¿Cuáles son las características climáticas y geográficas del lugar?

¿Quiénes serán los usuarios de este tramo carretero?

### **Justificación.**

Dentro de esta investigación se revisará si el proceso constructivo fue el más viable y rentable, verificando si se realizaron los trabajos de obra a tiempo y

con el presupuesto de proyecto, para que los usuarios realmente resulten beneficiados directamente ya que en su gran mayoría están dedicados a la agricultura, sirviendo esta vía como su modo de transporte de mercancías.

Igualmente se beneficia a la comunidad estudiantil de la Escuela de Ingeniería Civil de la Universidad Don Vasco, ya que existen pocas investigaciones del tema, por lo que sumara una revisión y un ejemplo más de ingeniería aplicada a la realidad, que será de mucha utilidad para todos los colegas y estudiantes de Ingeniería Civil.

### **Delimitación.**

En la presente investigación se revisará el proceso constructivo del tramo carretero “El Tepehuaje – Las Guacamayas”, por lo que no se analizarán ni propondrán proyectos, sólo se mencionarán algunas soluciones que posiblemente sean las más factibles. Esta investigación es aplicable para las condiciones geográficas, climáticas en el momento y el lugar en que se realizó la obra.



**Marco de referencia.**

En la presente investigación se revisó el tramo carretero denominado “El Tepehuaje – Las Guacamayas” que se encuentra localizado al sureste del Estado, en las coordenadas 19°01’ de latitud norte y en los 101°08’ de longitud oeste, a una altura de 540 metros sobre el nivel del mar, en el municipio de Carácuaro, Michoacán.

En el municipio predomina el bosque tropical con parota y tepehuaje. Su fauna la conforman el venado, coyote, conejo, zorrillo, armadillo, zopilote; su clima es tropical con lluvias en verano. Su relieve está constituido principalmente por cerros y por el Sistema Volcánico Transversal.

# CAPÍTULO 1

## VÍAS TERRESTRES

En el presente capítulo se investigarán las vías terrestres, desde los primeros caminos y su evolución desde la invención de la rueda, hasta llegar a construir modernas autopistas y caminos.

### **1.1. Antecedentes de los caminos.**

Los caminos existen desde tiempos remotos, como lo indica Mier (1987), en Asia Menor se inventó la rueda hace alrededor de unos 5000 años A. C., esto originó la necesidad de una superficie de rodamiento para alojar a las carretas de cuatro ruedas. En esa época los egipcios y asirios eran dos pueblos florecientes, que iniciaron el desarrollo de sus caminos; señalando así la existencia de los primeros caminos entre Asia y Egipto. Los Romanos lograron el crecimiento de su imperio gracias a su perfecta red de caminos, acortando distancias gracias a la habilidad de sus ingenieros militares.

Aunque los caminos han existido desde hace mucho tiempo, los caminos en México surgieron con la llegada de los españoles, de acuerdo con lo mencionado por Etcharren (1969), en nuestro país no se conocía el uso de la rueda en vehículos de transporte. Pero si contaban con un buen número de calzadas de piedra, veredas y senderos. La colonización de la Nueva España trajo como consecuencia el mejoramiento de los caminos existentes y la apertura de otros muchos con el fin de la explotación económica del país para beneficiar a la madre patria.

Actualmente en México se construye una extensa red de caminos de todos los tipos, desde los de cuota, de altas especificaciones, hasta las más modestas brechas. Este importante impulso que constituye uno de los más importantes para el desarrollo del país, se inició hace algunos sesenta años. El tipo de vehículo fue evolucionando en nuestro país, desde carretas que eran jaladas por animales de carga hasta la aparición de los automóviles, esto dio como consecuencia la necesidad de adaptar los caminos ya existentes para el uso de estos automotores y se tuvieron que crear más caminos con exigencias mejores.

## **1.2. Inventario de caminos.**

Con la finalidad de obtener la cantidad de caminos existentes en una entidad, se tiene que realizar un inventario de caminos, de acuerdo con Mier (1987), los datos más importantes que se deben tener para la realización de este son: planta y perfil del camino, itinerario, configuración del terreno por donde se cruza, características de superficie de rodamiento, sección transversal, alineamiento horizontal y vertical, señalamiento, visibilidad, obras de drenaje, entronque y cruces, características de los pueblos o ciudades por las que pasa el camino, uso de suelo alrededor del camino y algún otro dato que se consideren de importancia para la vía de comunicación.

Según lo mencionado por Mier (1987), una aplicación de un inventario de caminos es la obtención de la capacidad de los caminos que integran la red. La capacidad de un camino queda determinada por diversos factores que comprenden las características geométricas del camino en sí mismo y las características del tránsito que circula por él. Las características geométricas más

importantes que contribuyen para la capacidad son: la sección transversal del camino, ancho y número de carriles, ancho de vía, estado y ancho de acotamientos, alineamientos horizontal y vertical y la visibilidad para el rebase. Otra aplicación de un inventario consiste en la posibilidad de señalar las obras necesarias y sus prioridades en los programas de reconstrucción, construcción y conservación.

Una vez terminado el inventario de caminos debe mantenerse actualizado, para ello se recabarán datos sobre las modificaciones que se hagan en fechas posteriores a la realización del inventario, a fin de tener únicamente como revisiones periódicas el estado real de la red de carreteras en cualquier momento.

### **1.3. Elementos de la Ingeniería de Tránsito usados para el proyecto.**

“La ingeniería de tránsito es la rama de la ingeniería que es dedicada al estudio del movimiento de personas y vehículos en las calles y los caminos, con el propósito de hacerlo eficaz, libre, rápido y seguro”. (Institute of Traffic Engineers; 1965: 18-55).

#### **1.3.1. El Problema de Tránsito.**

En conformidad con el Institute of Traffic Engineers (1965), esto radica en la gran variedad de tamaños y modelos entre los vehículos que existen y las carreteras o caminos viejos y en malas condiciones por los que estos circulan. Estos caminos son inapropiados o extemporáneos por el tiempo de su construcción fue hace bastante tiempo y aunque algunos fueron mejorados, no satisfacen a la gran variedad de modelos de vehículos existentes puesto que estos

fueron evolucionando variando su tamaño y aumentando su velocidad de tránsito, provocando así que las viejas carreteras recaigan en el problema del tránsito.

Los factores más importantes que intervienen en el problema de tránsito son: la variedad de tipos de vehículos que circulan por el mismo camino, como son automóviles, camiones, motocicletas, etcétera; vías de comunicación inadecuadas para los vehículos, calles y caminos angostos, deteriorados y con pendientes muy grandes, con mal trazo y con banquetas insuficientes, falta de planificación en el tránsito del camino, las anticuadas especificaciones de construcción, la falta de educación vial y carencia de leyes y reglamentos de tránsito adecuados para los usuarios del camino.

Estos factores se traducen en pérdida de tiempo y en la causa de accidentes ocasionando pérdidas humanas.

En conformidad con Mayor (1974), existen tres soluciones que se pueden dar al problema de tránsito son: solución integral, que consiste en construir nuevos caminos que sirvan para los vehículos modernos dentro de un tiempo razonable de previsión; solución parcial de alto costo, que consiste en realizar cambios y remodelaciones a los caminos actuales, esto requieren de altos costos de inversión; solución parcial de bajo costo, que consiste en aprovechar al máximo las condiciones existentes con el mínimo de costos de inversión, esto se logra dictando leyes y reglamentos de tránsito, realizando campañas de educación vial, mayor señalamientos y semáforos, etcétera.

En cualquiera que sea la solución que se adopte, deben existir tres elementos que produzcan un tránsito seguro y eficiente, estos elementos son: la Ingeniería de Tránsito, la Educación Vial y la Legislación y Vigilancia Policiaca.

### **1.3.2. Elementos del tránsito**

#### El usuario.

La población en general constituye el usuario de los caminos y calles, tanto puede ser el peatón o el conductor.

##### a) El peatón.

De conformidad con Mayor (1974), el peatón se caracteriza por tener una gran elasticidad de movimiento y su gran posibilidad de adaptación a las condiciones existentes. Sin embargo estadísticamente el 25% de los peatones es víctima de accidentes, que en 65% es culpable del accidente y el 80% de los atropellados no sabe conducir. Por lo que este debe tener una buena educación vial puesto que está directamente expuesto a sufrir un accidente que le pudiera costar la vida, que se podría evitar si se tiene una correcta disciplina vial.

##### b) El conductor.

El conductor es el medio humano que controla el movimiento del vehículo, siendo responsable de su buen manejo; por lo cual es fundamental para el proyecto de un camino. Su manejo puede variar según el estado emocional y físico del mismo, por consiguiente se analizaran dos características críticas: la visibilidad y el tiempo de reacción.

#### **1.3.2.1. Visibilidad.**

El sentido de la vista es el más importante para poder conducir ya que sin éste prácticamente sería imposible poder manejar un automóvil. La visibilidad del conductor está limitada por la capacidad de sus ojos y al realizar el proyecto de un camino deben tomarse en cuenta este sentido; de acuerdo con la Secretaria de Comunicaciones y Transportes (1974) se debe contemplar:

- La agudeza visual. Es importante puesto que la agudeza visual es clara hasta 10 grados de ahí en adelante disminuye rápidamente, por lo cual los señalamientos deben ser diseñadas dentro del cono de esta visión.
- El movimiento del ojo. Es tomada la velocidad y el tiempo del movimiento de los ojos del conductor para tener una visión clara, así como en los siguientes casos: cuando el ojo debe fijarse en un objeto que va a ser visto, para saltar de un punto fijado al siguiente, el movimiento armónico de las pupilas al seguir un objeto en movimiento, el movimiento de la cabeza, el movimiento por alguna clase de estímulo.
- La visión periférica. El ángulo de visión periférica en conductores según estudios que se practicaron es de 120 y 160 grados y este disminuye al incrementar la velocidad desde 100 a 40 grados, de 30 a 100 km/h respectivamente. En algunos casos del tránsito se confía en la visión periférica, siendo lo correcto apoyarse en el cono de la agudeza visual ya que esta varía menos con la velocidad.
- Visión en condiciones de deslumbramiento. Estos deslumbramientos piden al conductor un esfuerzo adicional por el cambio de luz, ya sea por pasar por un túnel en una carretera o por las luces de los demás vehículos. Para el proyecto de tránsito este problema debe ser tomado en consideración.

- Percepción del espacio. Esto es la necesidad que tiene el conductor para percibir su espacio como por ejemplo: la tensión por ver a través de humo o neblina es necesario obtener ángulos visuales grandes.
- Altura del ojo del conductor. Es importante para el proyecto de carreteras puesto que es necesario para realizar el cálculo de la distancia de visibilidad.

#### **1.3.2.2. Tiempo de reacción.**

La reacción del conductor es una respuesta a sus estímulos y a su estado nervioso o psicológico. Es un corto tiempo entre ver, oír o sentir y comenzar un acto físico a la respuesta de un estímulo en una situación de tránsito, mientras más difícil sea esta situación el conductor requiere de mayor tiempo para incluir todos los factores que la influyan y por consiguiente más tiempo para la reacción, con fin de hacerlo de la forma más segura. “Se han realizado múltiples ensayos para medir el tiempo de reacción, habiéndose reportado valores de 0.8 y 1.7 segundos. Para fines de medir la distancia en que se puede frenar un vehículo, se recomienda tomar 2.5 segundos como tiempo transcurrido desde que es percibido el estímulo hasta que se pone el pie en el pedal del freno.” (AASHO; 1965)

De lo anterior se observa que es un factor de interés para un buen proyecto el tiempo de reacción, puesto que éste interviene en la distancia de visibilidad y el tiempo de parada o arranque en alguna determinada situación de tránsito.



### 1.3.3. El Vehículo.

El vehículo es indispensable para el proyecto de un camino ya que este es el que va a circular por el mismo y se deben tomar en cuenta su variedad y características de circulación, así como el conductor que lo opera.

De acuerdo con la SCT (1974), los vehículos se dividen en los siguientes:

- Vehículos ligeros estos pueden ser de carga o pasajeros los cuales cuentan con dos ejes y cuatro ruedas tales como automóvil, camioneta, unidades ligeras de carga, etcétera.
- Los vehículos pesados tienen como fin el transporte de pasajeros o de carga, de dos o más ejes y seis o más de cuatro ruedas, en esta clase de vehículos se encuentran los autobuses y camiones de carga.
- Los vehículos especiales son los que usualmente no circulan por los caminos tales como lo son remolques especiales de minería, maquinaria pesada, maquinaria agrícola, etcétera.

Las características geométricas de los vehículos están determinadas por sus dimensiones y por su radio de giro.

- Las dimensiones del vehículo. Debido a la gran variedad de vehículos existentes y a la rápida transformación que han sufrido con el tiempo, es difícil seleccionar uno en común para el proyecto de los caminos, por lo cual se toman las características de un vehículo promedio de los que se han construido, prestando atención a sus exigencias futuras para que la vía de comunicación sea útil para las siguientes generaciones.

- Los radios de giro. Es el radio de la circunferencia trazada por la trayectoria de la rueda delantera externa del vehículo al efectuarse un giro. Ya que este es el círculo que forman los ejes en alguna trayectoria determinada. Debe tomarse en cuenta el radio de giro mínimo del vehículo de proyecto pues esta es la limitación para que éste gire.

AUTOBÚS ( B )			
NOMENCLATURA	NÚMERO DE EJES	NÚMERO DE LLANTAS	CONFIGURACIÓN DEL VEHÍCULO
B2	2	6	
B3	3	8 ó 10	
B4	4	10	

Fig. 1.1. Clasificación de autobuses.

CAMIÓN UNITARIO ( C )			
NOMENCLATURA	NÚMERO DE EJES	NÚMERO DE LLANTAS	CONFIGURACIÓN DEL VEHÍCULO
C2	2	6	
C3	3	8-10	

Fig. 1.2. Clasificación de camiones unitarios.

CAMIÓN - REMOLQUE ( C - R )			
NOMENCLATURA	NÚMERO DE EJES	NÚMERO DE LLANTAS	CONFIGURACIÓN DEL VEHÍCULO
C2-R2	4	14	
C3-R2	5	18	
C2-R3	5	18	
C3-R3	6	22	

Fig. 1.3. Clasificación de camiones remolque.

TRACTOCAMIÓN ARTICULADO			
NOMENCLATURA	NÚMERO DE EJES	NÚMERO DE LLANTAS	CONFIGURACIÓN DEL VEHÍCULO
T2-S1	3	10	
T2-S2	4	14	
T3-S2	5	18	
T3-S3	6	22	

Fig. 1.4. Clasificación de tractocamiones articulados.







TRACTOCAMIÓN DOBLEMENTE ARTICULADO			
NOMENCLATURA	NUMERO DE EJES	NUMERO DE LLANTAS	CONFIGURACIÓN DEL VEHÍCULO
T2-S1-R2	5	18	
T3-S1-R2	6	22	
T3-S2-R2	7	26	
T3-S2-R3	8	30	
T3-S2-R4	9	34	
T3-S3-S2	8	30	

Fig. 1.5. Clasificación de los camiones doblemente articulados.

Las características de operación están ligadas a la relación peso/potencia (peso del vehículo en kilogramos y potencia del motor en H. P.), ya que de ésta depende la aceleración y desaceleración rápida o lenta del vehículo de proyecto.

#### 1.3.4. El Camino.

El camino es una faja de terreno modificada para el tránsito de vehículos.

Para su clasificación pueden ser desde distintos puntos de vista:

a) Clasificación por su transitabilidad. Tomando como transitables todo el tiempo los caminos pavimentados y revestidos; y las terrecerías transitables solo en tiempo de secas.

b) Clasificación SCT. Conforme a el tránsito diario promedio anual ( TDPA):

Tipo A: Con TDPA de 3,000 vehículos en adelante.

Tipo B: Con TDPA de 1,500 a 3,000 vehículos.

Tipo C: Con TDPA de 500 a 1,500 vehículos.

Tipo D: Con TDPA de 100 a 500 vehículos.

Tipo E: Con TDPA de hasta 1 00 vehículos.

Se toma en cuenta un 50% de vehículos comerciales y considerando el terreno como lo siguiente:

M= montañoso

L= lomerío y

P= plano.

c) Clasificación por su capacidad. Según la capacidad del camino son clasificados en: brechas, caminos de 2 carriles y autopistas (de 4 o más carriles).

d) Clasificación administrativa. Caminos federales, caminos de cooperación bipartita, caminos de cooperación tripartita y caminos de cuota.

## **1.4. Velocidad.**

La velocidad es un factor fundamental para el proyecto de un camino ya que su utilidad y buen funcionamiento se juzga por la rapidez y seguridad con que las personas y mercancías se mueven en él. Se distinguen varios tipos de velocidades las cuales se mencionan a continuación:

### **1.4.1. Velocidad de proyecto.**

Es la velocidad máxima sostenida que ofrece seguridad en un tramo a lo largo de un camino y que gobierna las características de proyecto del mismo. Debe ser tal que sea congruente con el carácter del terreno y tipo de camino.

Siempre que sea posible se debe proyectar el camino con la misma velocidad de proyecto, cuando la topografía lo permita, de no ser así se deberá tener un cambio de transición suave que permita al conductor adaptarse a esta nueva velocidad gradualmente, nunca en forma brusca.

Según la Secretaría de Obras Públicas (1971), recomienda como límites de velocidad de proyecto, 30 y 110 km/hr. con incrementos de 10 km/hr.

### **1.4.2. Velocidad de operación.**

Es la velocidad real a la que circulan los vehículos sobre el camino y es un índice del grado de eficiencia que la carretera proporciona a los usuarios. Es la velocidad mantenida a lo largo de un camino mientras el vehículo va en movimiento. Se obtiene dividiendo la distancia recorrida entre el tiempo de recorrido.

De conformidad con AASHO (1965), cuando el tránsito es bajo la velocidad de operación es muy cercana a la velocidad de proyecto, por lo contrario cuando hay demasiado volumen de tránsito la velocidad de operación disminuye considerablemente, debido a que los conductores ya no pueden circular a la velocidad que desean.

#### **1.4.3. Velocidad de punto.**

Es la velocidad de un vehículo al pasar por un punto del camino, ésta se puede calcular sacando el promedio de las velocidades tomadas en un punto.

Para tramos pequeños de camino en que las características de operación no varían mucho, la velocidad de punto se puede considerar representativa de la velocidad de operación. En tramos largos, donde la velocidad varía mucho, nos da la velocidad de operación a lo largo de todo el tramo.

La velocidad de punto sirve para calcular la velocidad en ciertos puntos del camino como lo son intersecciones, curvas, desniveles, etc.

#### **1.4.4. Velocidad efectiva global.**

De acuerdo con Mier (1987), la velocidad efectiva global es el promedio de la velocidad mantenida por un vehículo a lo largo de su recorrido, esta se calcula dividiendo la distancia recorrida entre el tiempo empleado para el recorrido, incluyendo paradas y demoras ocasionadas por el tránsito. La velocidad global sirve para comprobar la fluidez en ciertas rutas.

## **1.5. Volumen de tránsito en caminos.**

El volumen de tránsito es el número de vehículos que pasan por un punto determinado del camino en uno o varios sentidos, durante un cierto periodo de tiempo. Los periodos más usuales son: Volumen Promedio Diario Anual (VPDA), Volumen Máximo Horario Anual (VMHA) y Volumen Horario de Proyecto (VHP).

El VPDA es el número de vehículos que pasan por un punto dado del camino, durante 365 días, no es el apropiado para la proyección de un camino, ya que no indica las variaciones que hay durante todo el año. El VMHA es el volumen horario más alto que acontece para los 365 días del año, este volumen es el que más se acerca a las condiciones de operación, pero si se aplica para la proyección de un camino da como resultado obras muy sobradas. El VHP es el volumen horario de proyecto de tránsito que sirve para determinar las características del proyecto de un camino.

### **1.5.1. Conteos de tránsito.**

Estos conteos o volúmenes de tránsito pueden obtenerse por medio de estadísticas o directamente por conteos de tránsito. Estos conteos se pueden efectuar de forma manual o mecánica.

Conteos. Es la manera más sencilla y económica de realizar el conteo manualmente, estos se realizan en un tiempo de 5 a 10 días continuos procurando que sea un fin de semana y en el segundo sábado, dos domingos y dos lunes; es preferible que sea durante las 24 horas diariamente. Este tipo de muestreos son muy imperfectos puesto que se tienen diferentes volúmenes de tránsito en las diversas estaciones, meses del año, obras ocasionales de importancia, etcétera.



Conteos mecánicos. En ese caso el conteo de los vehículos se realiza automáticamente mediante diversos dispositivos, en la actualidad existen contadores mecánicos como lo son los contadores neumáticos, contadores electromagnéticos, contadores de presión-contacto, los cuales facilitan el conteo de tránsito y son mas exactos puesto que funcionan los 365 días del año y se pueden obtener registros de cierto tramo carretero especificando hora y fecha.

### **1.5.2. Estudios de origen y destino.**

De acuerdo con Mier (1987), los estudios origen y destino se consideran como los más completo para el aforo de vehículos, puesto que por estos se dan a conocer los volúmenes de tránsito, los tipos de vehículos, el origen y destino, tipo de carga y tonelaje, número de pasajeros, tipos de los vehículos. Entre las principales aplicaciones de estos estudios pueden citarse: la demanda en una ciudad para utilizar en mayor o menor grado en una cierta ruta, fijar rutas a través de la ciudad para separar los vehículos turistas y los vehículos pesados, localización de nuevas carreteras o mejorar alguna y justificar la construcción de una nueva vía de comunicación.

De conformidad con Mier (1987), existen 4 maneras prácticas para realizar los estudios origen y destino.

- 1.- Por medio de entrevistas directas al conductor.
- 2.- Realizar al usuario un cuestionario en una estación de aforo, para que en el transcurso del viaje lo conteste y lo devuelva a la próxima estación.
- 3.- Entrevistas personales hechas estadísticamente a usuarios del camino.

4.- Con la observación de las placas de los vehículos en diferentes puntos del camino.

### **1.6. Densidad del tránsito.**

“La densidad es el número de vehículos que se encuentran en un tramo de un camino en un momento determinado”. (Mier; 1987: 55).

No se debe de confundir los significados de volumen de tránsito y densidad de tránsito, el volumen es el número de vehículos que pasan por un camino en un tiempo determinado y la densidad es el número de vehículos que permanecen en el tramo por unidad de longitud en un momento dado, de tal manera que cuando un camino se encuentra congestionado el volumen puede llegar a ser igual a cero en tanto que la densidad es muy alta.

### **1.7. Derecho de vía.**

De acuerdo con Mier (1987), se llama derecho de vía a la franja de terreno de un ancho suficiente que se adquiere para alojar a una vía de comunicación y es parte de la misma. Atendiendo la seguridad del usuario, utilidades especiales y su eficiencia de servicio.

“Para caminos, en México se ha establecido un derecho de vía con amplitud mínima de cuarenta metros, veinte metros a cada lado del eje; reduciéndose el ancho de las calles en el paso por una zona urbana”. (Mier; 1987: 57)

Aún cuando el ingeniero proyectista no tenga los conocimientos suficientes del aspecto legal de este problema, debe por lo menos conocer todos los

procedimientos y reglamentos correspondientes para adquirir la propiedad del derecho de vía.

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

De conformidad con lo mencionado por Mier (1987), la capacidad es una medida de eficiencia de un camino, y el nivel de servicios determina las condiciones de operación que experimenta el usuario al realizar un viaje, el nivel de servicio varía con el volumen de tránsito. La capacidad también se ve afectada por las condiciones climáticas tales como: claridad, frío, nivel de smog, nieve, niebla, etcétera.

“La capacidad de un camino es el número máximo de vehículos que pueden circular por él bajo las condiciones prevalecientes del tránsito y del camino en un periodo dado de tiempo”. (Board; 1965: 6)

“Las condiciones de operación que un conductor experimentará durante su viaje por una calle o carretera, cuando los volúmenes están por debajo de la capacidad de un camino determinado. Como las condiciones físicas del camino están fijas, el nivel de servicio de una carretera varía principalmente con el volumen de tránsito”. (SCT; 1974: 135)

Estos periodos de acuerdo con Mier (1987), están definidos en periodos cortos de tiempo tales como una hora o menos, en donde la capacidad es el máximo tránsito sostenido para el lapso de tiempo especificado. La capacidad también, se puede ver afectada por condiciones de la carretera como son especialmente el alineamiento horizontal y vertical además del número de carriles.

El nivel de servicio, de conformidad con lo que menciona Mier (1987), es una medida cualitativa del efecto de varios factores como la velocidad, el tiempo de recorrido, las interrupciones de tránsito, la seguridad, la comodidad y libertad de manejo, etc., que determinan condiciones de operación diferentes en cada camino cuando hay diferentes velocidades en éste. El nivel de servicio está ligado principalmente a las características geométricas que tenga el camino, puesto que en terreno plano los vehículos pesados mantienen una velocidad semejante a la de los vehículos ligeros, en caminos en lomerío los vehículos pesados obligan a los vehículos ligeros a que disminuyan su velocidad en ciertos tramos de la carretera y en caminos montañosos los vehículos pesados circulan a velocidades muy bajas en tramos de gran longitud provocando que los vehículos ligeros circulen con velocidades semejantes a estos.

El volumen de servicio es el volumen de tránsito correspondiente a un determinado nivel de servicio. El volumen de servicio máximo es igual a la capacidad.

La capacidad influye directamente en las características geométricas del camino a construir, siendo éstas las que permiten calcular el volumen de servicio o de tránsito aproximado y el volumen horario de proyecto. También cuando se requiere conocer las condiciones de operación de un camino existente y la fecha probable en que éste se saturará.

## 1.9. Distancia de visibilidad del conductor.

### 1.9.1. Distancia de visibilidad de parada.

“Es la necesaria para que el conductor de un vehículo moviéndose a la velocidad de proyecto, pueda detenerse antes de llegar a un objeto fijo en su línea de circulación”. (Mier ;1987: 93)

De acuerdo con la AASHO (1965), para considerar la distancia de visibilidad de parada se supone que el ojo del conductor está a una distancia de 1.1.5 metros sobre el pavimento y que el objeto tiene una altura de 15 centímetros.

La distancia de visibilidad de parada ( $D_p$ ) esta conformada por dos términos que son: la distancia recorrida desde que el conductor observa un objeto en su camino, llamada distancia de reacción ( $d_r$ ), y la distancia de frenado ( $d_f$ ), que es la distancia recorrida hasta que el conductor aplica el freno del vehículo.

$$D_p = d_r + d_f$$

$$d_r = vt / 3.6$$

Donde:

$t$  = Tiempo de reacción (seg.)

$v$  = Velocidad del vehículo (km/hr.)

La distancia de frenado se calcula:

$$d_f = vt - (at^2 / 2)$$

Donde:

$v$  = Velocidad en el momento de aplicación de los frenos (m/seg).

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

$a$  = aceleración en  $m/seg^2$

### **1.9.2. Distancia de visibilidad de rebase.**

Es la distancia necesaria para que el vehículo pueda adelantarse a otro con seguridad, y que no venga otro vehículo en la misma línea de circulación. Esta distancia, sólo aplica en caminos o carreteras de dos carriles, puesto que en caminos de cuatro o más carriles no hay peligro de interferir el tránsito en sentido opuesto.

De acuerdo con la SCT (1984), se establecen los siguientes factores para la frecuencia y longitud de tramo de rebase: la topografía de la carretera, la velocidad de proyecto, volumen de tránsito y el costo y el nivel del servicio; es preferible aportar tantos tramos de rebase como sea económicamente posible. Lógicamente cuando el volumen de tránsito es bajo o muy bajo, estos tramos de rebase son suficientes. Los tramos de rebases son con la finalidad de evitar filas de vehículos ligeros, detrás de vehículos pesados.

La distancia mínima de visibilidad de rebase es la suficiente para rebasar un sólo vehículo y está definida por:

$$D_R = 4.5 V$$

En donde:

$D_R$  = distancia mínima de visibilidad de rebase en metros

$V$  = velocidad de proyecto en Km/h.

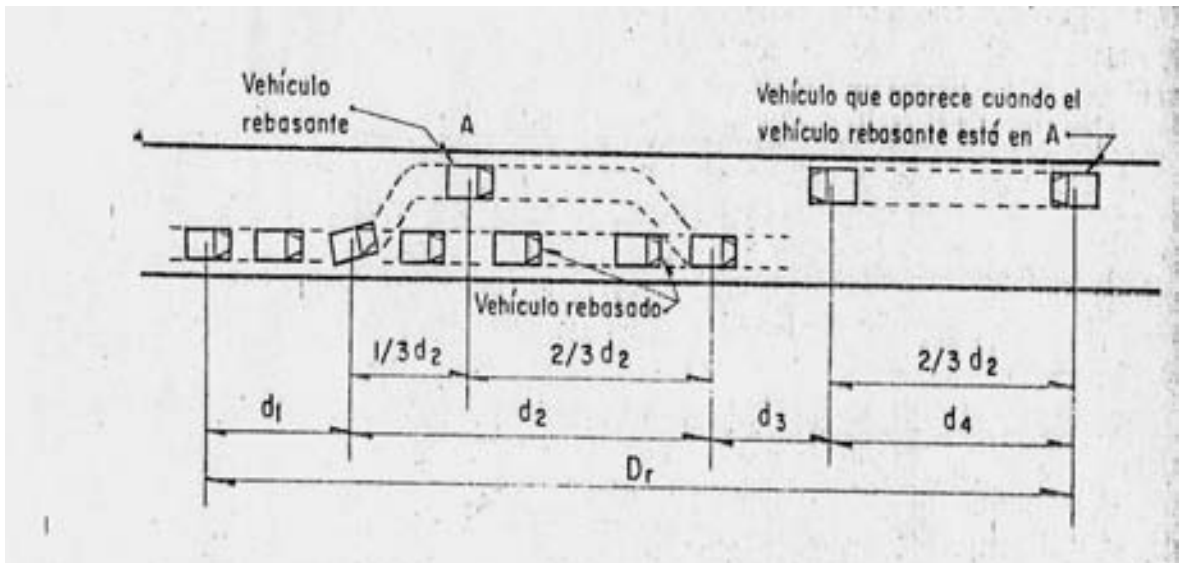


Fig. 1.6. Distancia de visibilidad de rebase.

En donde las variables son:

$d_1$ = distancia recorrida durante el tiempo de reacción y durante la aceleración inicial hasta el punto donde el vehículo rebasante invade el carril izquierdo.

$d_2$ = distancia recorrida por el vehículo rebasante desde que invade el carril izquierdo hasta que regresa a su carril.

$d_3$ = distancia entre el vehículo rebasante al terminar su maniobra y el vehículo que viene en sentido opuesto.

$d_4$ = distancia recorrida por el vehículo que viene en sentido opuesto.

### 1.10. Mecánica de suelos.

La mecánica de suelos se define acorde con Arias (1984), como la rama de la ingeniería que estudia los sedimentos y otras acumulaciones que no son partículas sólidas producidas por la desintegración mecánica o química de las rocas que contengan o no materia orgánica (suelo).

### **1.10.1. La estructura y granulometría de suelos gruesos.**

Se le nombra a aquellos cuyo rango de tamaño varía entre 0.74 y 0.76 mm., su estructura es en la que sus partículas se apoyan una sobre la otra en forma continua y las fuerzas que existen entre estas se debe a su peso propio.

En el suelo grueso influyen generalmente los siguientes factores: las condiciones de drenaje; puesto que de acuerdo con Arias (1984), este suelo con efecto del agua es desfavorable ya que disminuye su resistencia al corte y aumenta su compresibilidad, capacidad del suelo ya que compactado es mas utilizado que en su estado sólido, estratigrafía son las capas que lo forman, granulometría para diferenciar el tamaño de las partículas y su distribución granulométrica la resistencia de los granos, la forma y rugosidad entre los granos, ya que pueden variar.

### **1.10.2. Estructuración y granulometría en suelos finos.**

La estructura de estos suelos es mucho más compleja que la de los suelos gruesos, pues esta depende de las fuerzas electromagnéticas propias de las partículas, de sus dimensiones y sus fuerzas de origen molecular ya que estas partículas son pequeñísimas y no pueden ser observadas a simple vista.

La granulometría en suelos finos es de un tamaño menor a 0.74 mm, ya que pasan la maya número 200 y se utiliza un procedimiento hidrométrico basado en la hipótesis de Stokes, en el cual se hace una mezcla homogénea de suelo y agua que nos dice que la velocidad de la sedimentación en las partículas grandes es mayor que las pequeñas. En suelos finos el comportamiento depende más fundamentalmente de la forma y composición de las partículas ya que estos son

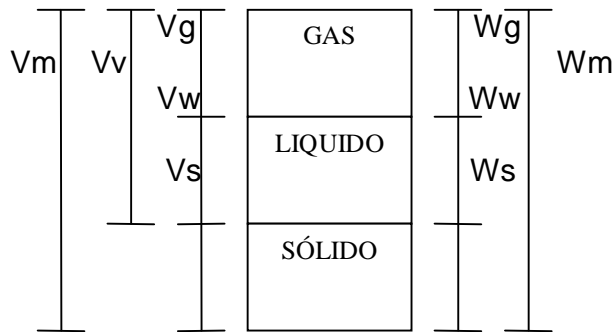


más compresibles y plásticos que los suelos gruesos, los suelos con partículas de forma redonda (limos) son menos compresibles que los suelos con partículas de forma laminar (arcillas), aunque estos tengan la misma granulometría no tienen la misma compresibilidad.

Las Arcillas, según Arias (1984), son suelos finos que presentan partículas generalmente de forma laminar, estas presentan un fenómeno electromagnético que generan una atracción al entrar en contacto con el agua las partículas equilibran sus cargas se percibe la repulsión entre ellas a consecuencia hay una concentración de sales presentando una floculación, las partículas de arcilla quedan suspendidas o dispersas cuando no existe floculación y son menos compresibles, por lo que las arcillas deben de estar en contacto con el agua para tener mayor compresibilidad.

### **1.10.3. Relaciones volumétricas de los suelos.**

En un suelo se tienen los tres estados de la materia (sólido, líquido y gaseoso) para facilitar las soluciones de los problemas del propio suelo y su posible comportamiento mecánico se han establecido relaciones entre el peso y el volumen de sus fases o estados, siendo de gran importancia para su estudio. Un suelo que incluye el estado sólido y líquido se denomina como suelo saturado, un suelo formado por las fases sólida y gaseosa es un suelo seco y uno constituido por las tres fases en un suelo parcialmente saturado.



En donde:

$V_m$  = Volumen de la muestra.

$V_v$  = Volumen de vacíos.

$V_g$  = Volumen de gases (aire).

$V_w$  = Volumen de líquidos.

$V_s$  = Volumen de sólidos.

$W_g$  = Peso de gases (nulo para fines prácticos).

$W_w$  = Peso de sólidos.

$W_m$  = Peso de la muestra.

Relación de vacíos. Es la relación de vacíos o poros su unidad de medida es adimensional y con teorías van de 0 a  $\infty$ .

$$e = V_v / V_s$$

Porosidad. Es la relación que representa los huecos que tiene cada muestra de suelo y es la relación de volumen de vacíos y volumen de su masa, se maneja hipotéticamente en porcentaje de 0 a 100 %

$$n (\%) = V_v / V_m$$

Grado de saturación. Se denomina grado de saturación a la relación que hay entre el volumen de agua de un suelo y el volumen de vacíos este es expresado en % y nos indica que el suelo es seco (0%), parcialmente saturado (1 a 99%) y totalmente saturado (100 %).

$$G_w (\%) = (V_w / V_v) \times 100$$

Contenido de agua o humedad. Este surge de la relación del peso del agua entre el peso de la peso sólida, esta suele expresarse en porcentaje (de 0 a  $\infty$ ) y es de gran ayuda para determinar el comportamiento de un suelo.

$$w (\%) = (V_w / W_s) \times 100$$

Peso específico húmedo. Es el peso total de la muestra del suelo entre el volumen de la misma, sus unidades son en  $\text{ton}/\text{m}^3$  usualmente.

$$Y_m = W_m / V_m$$

Peso específico seco. Se trata de dividir el peso de los sólidos entre el volumen total de la muestra de suelo, se expresa en  $\text{ton}/\text{m}^3$

$$Y_d = W_s / V_m$$

Peso específico sumergido. resulta de dividir es el peso total de la muestra entre el volumen de la misma menos el peso especifico del agua ya que se trata de un peso sumergido en agua y que experimenta un empuje hacia arriba igual al peso volumétrico del agua ( $Y = 1 \text{ ton}/\text{m}^3$ ).

$$Y' = (W_m / V_m) - 1$$

Todas estas relaciones anteriores son muy importantes para la ingeniería de caminos, puesto que de estos, se obtiene su clasificación de acuerdo al SUCS (Sistema Unificado de Clasificación de Suelos), su peso volumétrico, el método por el cual van a ser compactados, la energía específica, la presión y el área de contacto, la humedad óptima para su máximo peso volumétrico, etc.

#### 1.10.4. Curva granulométrica.

La gran diferencia de tamaños de las partículas, se constituyen en una distribución de un suelo la cual se expresa gráficamente mediante la curva de distribución granulométrica, para el trazo de esta curva, en el eje de las ordenadas se tiene el porcentaje en peso de las partículas y en el de las abscisas el tamaño que resulta es menor que el diámetro. A partir de esta curva pueden obtenerse dos importantes características de un suelo.

El Coeficiente de Uniformidad ( $C_u$ ). Esta indica la extensión de la curva granulométrica a mayor longitud que esta tenga hay una mayor variedad de tamaños, lo que nos indica un suelo bien graduado, por ejemplo, en arenas un  $C_u$  mayor o igual a 6 gravas  $C_u$  mayor a 4.

$$C_u = D_{60} / D_{10}$$

El Coeficiente de Curvatura ( $C_c$ ). Esta representa una curva granulométrica de distribución, en forma constante, sin escalones, se cumple en arenas y gravas cuando  $C_c$  se encuentra en Intervalo de 1 a 3.

$$C_c = (D_{30})^2 / (D_{10} \cdot D_{60})$$

Donde:

$D_{10}$  = al diámetro efectivo correspondiente a partículas por tamaño mayor o igual al 10% del total de partículas del suelo.

$D_{30}$  = al diámetro de partículas del tamaño de mayor o igual al 30 % del total de las partículas del suelo.

$D_{60}$  = al diámetro de partículas del tamaño de mayor o igual al 60 % del total de las partículas del suelo.

La curva granulométrica de distribución tiene importante aplicación en las vías de comunicación terrestres para la determinación de bancos para base y sub-base que forman el cuerpo geométrico de carreteras y los agregados pétreos necesarios para su construcción.

### 1.10.5. Plasticidad.

Para la determinación de la plasticidad de acuerdo con Arias (1984) el más aplicado es el de Atterberg en suelos arcillosos son tomados los límites de consistencia los cuales dependen de su contenido de agua.

ESTADO DE CONSISTENCIA	LIQUIDO	SEMILIQUIDO	PLASTICO	SEMISOLIDO	SÓLIDO
Propiedades y características de suelo	Suspensión	Comportamiento de fluido viscoso	Comportamiento plástico	Disminución del volumen a perder humedad (contracción)	No disminuye volumen al secarse

Índice de plasticidad =  $I_p$

$$I_p = LL - LP$$

Límite líquido (LL). Para su determinación se utiliza el método empírico de copa de casa grande, en el cual se coloca una mezcla homogénea de suelo, dentro de una copa y se enraza siendo dividida por una ranura aproximadamente de 11mm en la parte superior y 2mm en la parte inferior, el cual por medio de una leva levanta la copa y cae de repente repitiendo este procedimiento varias veces

hasta que cierre la ranura. Cuando cierra la ranura se determina el contenido de agua siendo cuando se requiere 25 golpes para cerrarla, entonces se encuentra el límite líquido.

Límite plástico (LP). Su valor se determina con la colocación aproximada de un cm<sup>3</sup> de mezcla agua suelo, sobre un vidrio pulido empezando a formar rollitos de 3 mm. de diámetro aproximadamente girándolos hasta que empiezan a agrietarse entonces se dice que han llegado al límite plástico obteniéndose rápidamente su contenido de agua.

Límite de contracción (LC). El volumen del suelo disminuye con la pérdida de agua y esto es a consecuencia de las fuerzas de tensión capilar, principalmente, por el agua interna. El límite de contracción es el agua contenida en el suelo, a partir del cual el volumen permanece constante, aunque la humedad disminuya, este límite se observa con el cambio de color del suelo, al irse secando gradualmente pasa de color oscuro a claro.



## **CAPÍTULO 2**

### **CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE UN CAMINO**

En este capítulo se estudiarán las características físicas que debe contener un camino para que sea funcional y, lo más importante, que sea seguro para el usuario, también se referirá al alineamiento horizontal y vertical, secciones transversales, elementos de un pavimento y su control de calidad requerido para hacer una obra de calidad.

#### **2.1. Tipos de caminos.**

Es importante señalar los caminos con que cuenta México, ya que según con lo señalado por la SCT (1974), los caminos se construyen dependiendo de la configuración del terreno, es decir, que se construyen en tres tipos de terrenos: planos, lomeríos y montañosos. De estas características físicas es lo que dependen las secciones transversales y las pendientes que deberá tener el camino. Estas características se ven reflejadas en la capacidad de operación y características de operación de los vehículos. Los caminos se dividen en varios tipos según su función, sus características físicas, su capacidad de operación, su volumen de tránsito, que son las condiciones que determinan el tipo de camino que se desea construir.



Tipo de camino	Ancho					
	Corona (m)	Calzada (m)	Acotamiento (m)		Faja separadora	
E	4.00	4.00	-----		----	
D	6.00	6.00	-----		----	
C	7.00	6.00	0.50		----	
B	9.00	7.00	1.00		----	
A	A2	12.00	7.00		2.50	----
	A4	22.00	2 x 7.00		EXT INT	----
	A4S	2 x 11.00	2 x 7.00	3.00	0.50	1.00
				3.00	1.00	8.00

Fig. 2.1. Tipos de caminos

## 2.2. Alineamiento vertical.

De acuerdo con lo escrito por la SCT (1974), el alineamiento vertical se refiere a la proyección sobre un plano vertical del desarrollo del eje de la subcorona, también llamado subrasante. Se compone de tangentes y curvas.

### 2.2.1. Tangentes.

“Las tangentes se caracterizan por su longitud y su pendiente y 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, se representa como  $T$ . La pendiente de la tangente es la relación entre el desnivel y la distancia entre dos puntos de la misma. Al punto de intersección de dos tangentes consecutivas se le denomina  $PIV$ , y la diferencia algebraica de pendientes en esos dos puntos se representa con la letra  $A$ .” (SCT; 1974: 351).

Las tangentes también dependen de varios factores, los cuales se indican a continuación:

#### **2.2.1.1. Pendiente gobernadora.**

Es la pendiente media teórica que puede darse a la línea subrasante para dominar el desnivel determinado, en función del tránsito y condiciones del terreno, la mejor pendiente gobernadora es la que produzca menor costo de construcción, conservación y operación.

#### **2.2.1.2. Pendiente máxima.**

Es la mayor pendiente permitida dentro del proyecto; que es determinada por el volumen de tránsito y las características del terreno. Ésta pendiente será utilizada para poder salvar obstáculos como cantiles, fallas y zonas inestables, siempre y cuando sea económico para el proyecto.

#### **2.2.1.3. Pendiente mínima.**

Se fija para tener drenaje dentro del camino que en los terraplenes puede llegar a ser nula y en los cortes se recomienda 0.5% mínimo, para que las cunetas sean funcionales, en ocasiones las precipitaciones pluviales y la longitud de los cortes pueden aumentar esta pendiente mínima.

#### **2.2.1.4. Longitud crítica de una tangente del alineamiento vertical.**

Es la longitud máxima en la que un camión cargado puede subir sin reducir su velocidad más allá del límite establecido. Los elementos que intervienen para la determinación de esta longitud son: el vehículo de proyecto, la configuración del terreno, el volumen y composición del tránsito. En la construcción de caminos, la configuración del terreno impone condiciones a este, que en algunas ocasiones

obligan a utilizar pendientes que reducen la velocidad de los vehículos pesados, interfiriendo a los vehículos más ligeros, esto repercute en la economía del tramo.

### **2.2.2. Curvas verticales.**

Según lo dicho por la SCT (1974), las 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. Que debe dar como resultado un camino seguro, confortable y funcional. El punto de intersección de la tangente y la curva vertical se denominan *PCV* y *PTV* respectivamente. Las curvas verticales pueden tener concavidad hacia arriba o hacia abajo, recibiendo el nombre de curvas en columpio y curvas en cresta. En algunos casos el nivel de servicio puede obligar a diseñar curvas verticales con la distancia de visibilidad de rebase; estas curvas resultan de gran longitud y sólo se deben proyectar cuando no afecten el costo del camino más allá de lo permitido o donde lo amerite el nivel de servicio.

### 2.2.2.1. Elementos de la curva vertical.

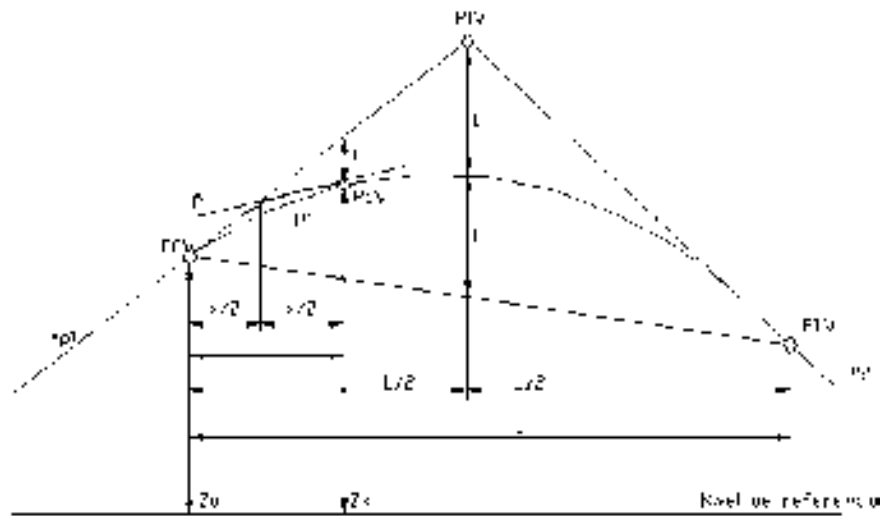


Fig. 2.2. Elementos de la curva vertical.

- 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.
- ☞ Zo: Elevación del PCV, en metros.
- ☞ Zx: Elevación de un PSV, en metros.

### **2.3. Alineamiento horizontal.**

Es la proyección sobre un plano horizontal del eje de la subcorona del camino, sus principales elementos son: las tangentes, las curvas circulares y las curvas de transición.

#### **2.3.1. Tangentes.**

Son la proyección sobre un plano horizontal de las rectas que unen las curvas. Al punto donde se intersectan dos tangentes consecutivas se le denomina como *PI*, y al ángulo de deflexión formado por la prolongación de una tangente y otra se denomina  $\Delta$ . Las tangentes están unidas por curvas, la distancia de una tangente es desde que termina una curva hasta donde comienza la otra. Si se quiere tomar un punto cualquiera dentro de la tangente será llamado *PST*.

De conformidad con la SCT (1974), la longitud de las tangentes están condicionadas por la seguridad, ya que, una tangente al ser muy larga causa somnolencia que produce al usuario mantener su atención en un punto determinado del camino durante mucho tiempo, o bien por el deslumbramiento que se produce durante las noches, siendo estos factores causas potenciales de accidentes, por tales motivos se deben limitar las longitudes de las tangentes, o bien, proyectar ondulaciones en el alineamiento con curvas de gran radio. La

longitud mínima de una tangente entre dos curvas consecutivas está definida por la longitud necesaria para dar la sobre-elevación y ampliación a las curvas.

### 2.3.2. Curvas circulares.

Son los arcos de círculos que forman la proyección horizontal de las curvas usadas para unir dos tangentes consecutivas, estas pueden ser simples o compuestas.

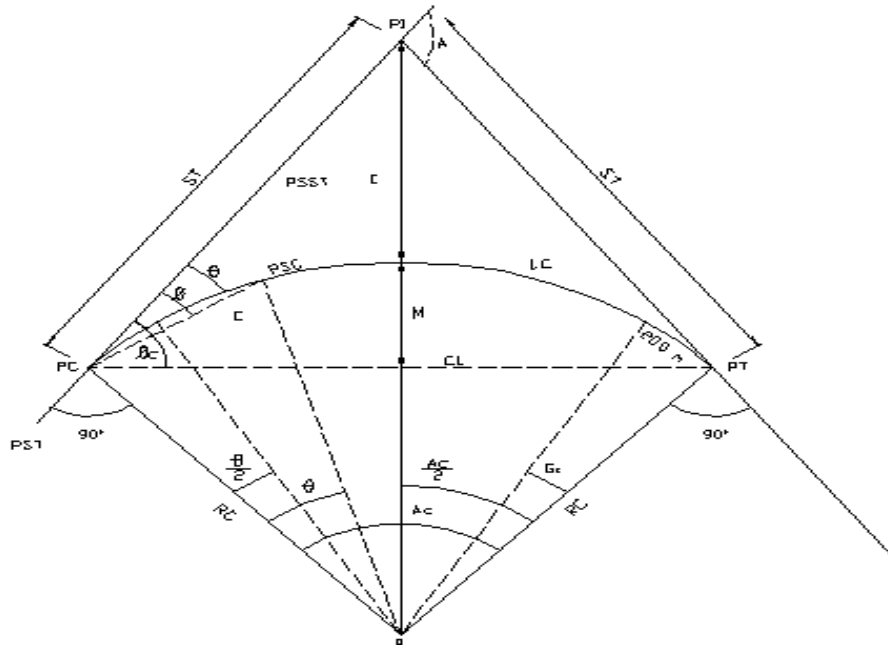


Fig. 2.3. Elementos de las curvas circulares.

#### 2.3.2.1. Curvas circulares simples.

Se componen de un sólo arco de círculo en el sentido del cadenamamiento que unen dos tangentes entre si, pueden ser hacia la izquierda o hacia la derecha. Estas curvas tienen diferentes elementos los cuales se enumeran a continuación:

1.- Grado de curvatura: es el grado subtenido por un arco de 20 m. se representa con la letra  $G$ . el máximo grado de curvatura que puede tener una curva es el que permite al usuario recorrer con seguridad la curva con la sobre-elevación máxima a la velocidad de proyecto.

2.- Radio de la curva. Es el radio de la curva circular, se denomina como  $R_c$ .

3.- Ángulo central. Es el ángulo subtenido por la curva circular, se denomina como  $\Delta_c$ . en curvas circulares simples es igual a la deflexión de las tangentes.

4.- Longitud de curva. Es la longitud del arco entre el  $PC$  y el  $PT$ , se denomina como  $l_c$ .

5.- Subtangente. Es la distancia entre el  $PC$  o  $PT$ , medida sobre la prolongación de las tangentes, se denomina como  $ST$ .

6.- Externa. Es la distancia mínima entre el  $PI$  y la curva, se denomina como  $E$ .

7.- Ordenada media. Es la longitud de la flecha en un punto medio de la curva. Se denomina como  $M$ .

8.- Deflexión a un punto cualquiera de la curva. Es el ángulo entre la prolongación de la tangente en  $PC$  y la tangente en el punto considerado, se denomina como  $\theta$ .

9.- Cuerda. Es la recta comprendida entre dos puntos de la curva, se denomina como  $C$ .

10.- Ángulo de la cuerda. Es el ángulo comprendido entre la prolongación de la tangente y la cuerda considerada, se denomina como  $\phi$ .

### **2.3.2.2. Curvas circulares compuestas.**

Están compuestas por dos o más curvas circulares simples del mismo sentido y de diferentes radios, pero siempre con un punto de tangencia común entre dos consecutivas. Cuando son del mismo sentido se llaman compuestas directas y cuando son de sentido contrario, compuestas inversas. Estas curvas se deben evitar en los caminos, porque introducen cambios de curvatura peligrosos, en intersecciones pueden usarse siempre y cuando la relación entre dos radios consecutivos no sobrepase la cantidad de 2.0 y se resuelva satisfactoriamente la transición de sobre-elevación. Estas curvas son utilizadas usualmente para los retornos en caminos.

### **2.3.2.3. Curvas de transición.**

Se nombra así a las curvas que ligan una tangente con una curva circular, teniendo como característica principal que en su longitud se efectúa de manera continua el cambio del valor del radio de curvatura. Cuando un vehículo pasa de un tramo en tangente a uno en curva circular, requiere hacerlo en forma gradual, por lo que se refiere al cambio de dirección como a la sobre-elevación y a la ampliación necesarias.

## **2.4. Sección transversal.**

De conformidad con lo dicho por Mier (1987), la sección transversal se refiere al corte vertical normal al alineamiento horizontal. Los elementos que conforman la sección transversal son: sub-corona, corona, acotamientos, calzada, cunetas, taludes y partes complementarias.



### **2.4.1. Sub- corona.**

Es la superficie que limita a las terracerías y sobre las que se apoyan las capas de pavimento; se entiende por terracerías, los volúmenes de material que hay que cortar o terraplenar para llegar a los niveles deseados para llegar a la sub-corona. Al punto donde los taludes cortan al terreno natural se le llama “línea de ceros”.

Los elementos fundamentales para definir la sub-corona son:

- 1.- Ancho. Es la distancia horizontal comprendida entre los puntos de intersección de la sub-corona con los taludes de terraplén o corte. El ensanche es el sobreancho que se da a cada lado de la sub-corona para poder obtener la superficie de desplante de la sub-corona, esto da lugar para poder construir las cunetas y obras de drenaje necesarias para el camino.
- 2.- Sub-rasante. Es la proyección de un plano vertical del desarrollo del eje de la sub-corona, es decir, es el punto cuya elevación indica el espesor de corte o de terraplén que habrá de tener el camino.
- 3.- Pendiente transversal. Es la misma pendiente que habrá de tener la corona, logrando tener el mismo espesor el pavimento, que puede ser bombeo o sobre-elevación según el tramo esté en curva o en tangente.

### **2.4.2. Corona.**

“La corona es la superficie del camino terminado que queda comprendida entre los hombros del mismo. En la sección transversal está representada por una línea. Los elementos que definen la corona son la rasante, la pendiente transversal y los acotamiento” (Mier; 1987: 153).

- 1.- Rasante. Es la línea obtenida al proyectar sobre un plano vertical el eje de la corona del camino, en la sección transversal está representada por un punto.
- 2.- Pendiente transversal. Es la pendiente que se le da a la corona normal a su eje, se pueden presentar como bombeo, sobre-elevación o en transición del bombeo a la sobre-elevación.
- 3.- Acotamientos. Son las fajas contiguas a la calzada, comprendidas entre sus orillas y las líneas definidas por los hombros del camino. Sus principales funciones son, dar seguridad al usuario del camino al dar un ancho adicional fuera de la calzada, proteger contra la humedad y posibles erosiones de la calzada, mejorar la visibilidad en las curvas, facilitar la conservación del camino, dar mejor aspecto.

#### **2.4.3. Calzada.**

De conformidad con Mier (1987), la calzada es la parte de la corona destinada al tránsito vehicular y que está constituida por uno o más carriles, es variable a lo largo del camino y depende de la ubicación del tramo, es decir, depende donde se ubique el tramo ya sea en tangente o en curva.

El ancho de la calzada en tangente se determina mediante el nivel de servicio deseado al final del plazo de previsión en un determinado tiempo (un año), de la vida del camino. Cuando el volumen de tránsito es menor a 75 vehículos por día o menos, se puede proyectar un camino con un solo carril de 4.50 m. de ancho para las dos direcciones (caminos tipo E).

#### **2.4.4. Cunetas y contracunetas.**

Según lo dicho por Mier (1987), las cunetas y contracunetas son obras de drenaje que por su naturaleza quedan incluidas en la sección transversal.

Las cunetas son zanjas que se construyen en los tramos donde hay corte, con el objeto de recibir el agua que escurre dentro de los hombros; normalmente tienen una sección triangular con un ancho de 1.00 m., y cuentan con un talud de 3:1. La longitud de las cunetas está limitada por su capacidad hidráulica, ya que no debe permitirse que el agua drenada no rebase la sección de la cuneta.

Las contracunetas son zanjas de sección trapezoidal, que se excavan arriba de la línea de ceros, para interceptar los escurrimientos del terreno natural, se construyen perpendiculares a la pendiente máxima del terreno con el fin de interceptar la mayor parte de los escurrimientos. Su proyecto está determinado por el escurrimiento posible, configuración del terreno, y características geotécnicas del terreno.

#### **2.4.5. Taludes.**

“El talud es la inclinación del paramento de los cortes o de los terraplenes, expresado numéricamente por el recíproco de la pendiente. Los taludes se fijan de acuerdo con su altura y la naturaleza del material que los forma” (Mier; 1987: 155).

En los cortes es indispensable un estudio para definir los taludes en cada caso, esto debido a la gran variedad, formas y disposición de los materiales.

#### **2.4.6. Partes complementarias.**

Son elementos de la sección transversal que concurren ocasionalmente y con las cuales se trata de mejorar la operación y conservación del camino, estos elementos son:

1.- Guarniciones y bordillos. Las guarniciones son estructuras generalmente de concreto hidráulico, que están parcialmente enterrados en el terreno, que se emplean para limitar las banquetas de la orilla del pavimento.

2.- Bordillos. Son elementos generalmente de concreto asfáltico, que se construyen sobre el acotamiento junto a los hombros de los terraplenes, a fin de encausar el agua que escurre en la corona, y que de no existir causaría erosiones en el talud del terraplén.

3.- Banquetas. Las banquetas son las fajas destinadas para la circulación de los peatones, y que se encuentran ubicadas a un nivel más alto que la corona del camino, en uno o en ambos lados, en zonas urbanas la banqueta es parte de la calle.

4.- Fajas separadoras y camellones. Son elementos que se disponen para dividir unos carriles de un sentido de otros con sentido opuesto, o bien para dividir carriles del mismo sentido pero de diferente naturaleza. Cuando se colocan guarniciones y entre ellas se coloca algún material para obtener un nivel superior al de la calzada, toman el nombre de camellones; su ancho mínimo es de 1.20 m., los camellones centrales se usan en caminos de cuatro o más carriles.

## **2.5. Elementos que forman un pavimento.**

Se define a un pavimento como la capa o conjunto de capas de material diseñados y apropiados, colocados entre un nivel superior de las terracerías a la superficie de rodamiento.

El pavimento se construye sobre la capa subrasante, que se encuentra constituida por sub-base, base y carpeta, aunque en ocasiones la sub-base no se requiere. Su principal función es dar una superficie de rodamiento resistente al tránsito y que sea capaz de transmitir los esfuerzos recibidos a las terracerías.

### **2.5.1. Sub-bases.**

De acuerdo con Mier (1987), la sub-base consiste en el suministro, transporte, colocación, sobre la subrasante definida en los diseños, conformación y compactación de grava, piedra partida, arenilla u otro material granular aprobado por el laboratorio de calidad.

La función de las sub-bases es recibir y resistir las cargas que se le transmiten; dar soporte y uniformidad a la capa de base; impedir que la humedad de las terracerías ascienda por capilaridad, entre otras.

De conformidad con Mier (1987), los materiales que se utilizan para conformar la capa o capas de sub-base deben cumplir con cierta granulometría que esta en función de la intensidad del tránsito, y que ésta será especificada por el laboratorio.

Los materiales utilizados para conformar las sub-bases serán materiales de banco o productos de trituración que se comprendan de fragmentos de roca, grava, arena y limos.

Estos materiales deben cumplir con ciertas especificaciones las cuales se mencionan a continuación:

- 1.- Limites 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.
- 2.- Desgaste. El material al ser sometido al ensayo de abrasión en la máquina de los Angeles, debe presentar un desgaste menor del 50%.
- 3.- Equivalente de Arena. La fracción del material que pasa por el tamiz No. 4 debe presentar un equivalente de arena mayor del 20%.
- 4.- 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 ensaye Proctor Modificado.

El procedimiento de construcción necesario para llevar a cabo una buena sub-base comprende las siguientes operaciones, repetidas cuantas veces sea necesario: extensión y humedecimiento de la capa, conformación o afine de la capa, compactación y acabado de la misma capa. 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 compactarse a un mínimo del 95% de la densidad máxima obtenida en el ensaye Proctor Modificado. En ningún caso se permitirá colocar la capa superior de sub-base sin que la capa inferior cumpla las condiciones exigidas.

El constructor no podrá dar comienzo a los trabajos sin la aprobación del supervisor, y será su responsabilidad la maquinaria y equipo necesario para la ejecución de los trabajos, de las fuentes de suministro de los materiales propuestos y el acabado aprobado de la sub-rasante, incluyendo el bombeo,

peraltes y demás obras de carácter definitivo o provisional necesarias para mantener drenada la vía, en cualquier condición climática.

### **2.5.2. Bases.**

Según lo dicho por Mier (1987), la base es la capa que recibe la mayor parte de los esfuerzos producidos por los vehículos. La carpeta es colocada sobre de ella porque la capacidad de carga del material friccionante es baja en la superficie por falta de confinamiento. Regularmente esta capa además de la compactación necesita otro tipo de mejoramiento para poder resistir las cargas del tránsito sin deformarse y además de transmitir las en forma adecuada a las capas inferiores.

Los materiales utilizados para la conformación de la base por lo general son de los siguientes tipos:

1.- Materiales que no requieren tratamiento: son poco o nada cohesivos, como limos, arenas y gravas, que al extraerlos quedan sueltos y que no contienen más de 5% de partículas mayores a 2”.

2.- Materiales que requieren ser disgregados: son los tezontles y los cohesivos como tepetates, caliches, conglomerados, aglomerados y rocas muy alteradas, que al extraerlos resultan terrones y que una vez sometidos a la acción de los equipos de disgregación no contienen más de 5% de partículas mayores de 2”.

3.- Materiales que necesitan ser cribados: son los poco o nada cohesivos como mezclas de gravas, arenas y limos, que al extraerlos quedan sueltos y con contenidos de entre 5% al 25% de material mayor a 2”; deben ser cribados para eliminar las partículas mayores de 2”.

4.- Materiales que requieren ser triturados parcialmente y cribados: son materiales poco o nada cohesivos como mezclas de gravas, arenas y limos, que al extraerlos quedan sueltos y contienen más del 25% de partículas mayores de 2"; y que requieren ser disgregado por equipos mecánicos y después cribados por la malla de 1 ½".

5.- Materiales que deben ser triturados y cribados por la malla 1 ½": son materiales que provienen de piedras extraídas de mantos de roca, piedra de pepena, piedra suelta o desperdicios.

6.- Materiales mezclados: son los que resultan de la mezcla de dos o más materiales como gravas, arenas y limos.

El tránsito vehicular es otro factor que determina la composición de los materiales para la conformación de las capas de base, ya que si el tránsito es mayor de 10 millones, el material deberá ser 100% de trituración de roca sana, cuando sea de 1 a 10 millones el material contendrá como mínimo el 75% de material triturado y cuando sea menor de 1 millón el material contendrá como mínimo 50% de material triturado.

Para llevar a cabo la elaboración de una buena base se debe seguir el siguiente proceso: una vez acamellonado el material y abierto parcialmente se humedece hasta un grado aproximado al óptimo, generalmente se esto se realiza en tres etapas hasta que se homogeiniza la humedad, se extiende el material para formar la capa del espesor necesario y se compacta con el compactador hasta dar el grado de compactación especificado, y por último se aplica sobre la superficie limpia y libre de basura, un riego de emulsión asfáltica conocido como "riego de



impregnación”, que sirve para estabilizar la base y protegerla de la intemperie y que además favorece la adherencia de la carpeta.

### 2.5.3. Carpetas asfálticas.

“Las carpetas asfálticas pueden realizarse de cualquiera de las siguientes maneras: por el sistema de riegos, por el sistema de mezcla en el lugar y mediante concreto asfáltico elaborado en planta estacionaria en caliente; pero independientemente de ello, deben llenar los siguientes requisitos: no desplazarse ni desintegrarse por la acción del tránsito, tener suficiente resistencia al intemperismo y soportar pequeñas deformaciones sin agrietarse” (Mier; 1987: 318).

Los materiales que más se usan en este tipo de carpetas son cementos asfálticos, asfaltos rebajados de fraguado rápido o emulsiones de rompimiento rápido y aditivos.

DENOMINACION DE MATERIAL PETREO	QUE PASE POR LA MALLA	Y QUE SE RETENGA EN LA MALLA
1	1"	1/2"
2	1/2"	1/4"
3-A	3/8"	NUM. 8
3-B	1/4"	NUM. 8
3-E	3/8"	NUM. 4

Fig. 2.4. Granulometría de los materiales pétreos.

### **2.5.3.1. Carpetas por el sistema de riego.**

Las carpetas asfálticas se construyen mediante uno, dos o tres riegos según el sistema de riego, cubiertos con capas de material de diferente granulometría, ya sean triturados o cribados.

1.- Carpetas de un riego: estas carpetas comprenden las siguientes etapas, se barre la base impregnada, se da un riego de material asfáltico sobre la base, se cubre con materiales pétreos 3-A o 3-E en la cantidad que fije el proyecto, se rastrea y plancha el material. Transcurridos no menos de tres días se recolecta el material que no se adhirió al material asfáltico, esto se realiza mediante el barrido de la carpeta.

2.- Carpeta de dos riegos: estas carpetas se realizan de la siguiente manera, se barre la base impregnada, se cubre con material pétreo número 2, se rastrea y se plancha el material, a continuación se da un segundo riego de material asfáltico del tipo 3-B, se rastrea y se plancha, después de transcurridos tres días se barre y se recupera el material no adherido a la capa de material asfáltico.

3.- Carpetas de tres riegos: para estas carpetas se procede así: sobre la base limpia y barrida se aplica un primer riego de producto asfáltico, se cubre con material pétreo tipo 1, además se da una pasada con el equipo de compactación, se da un segundo riego, se cubre con material tipo 2, se rastrea y se compacta dando dos pasadas completas, después de 6 horas se puede abrir el tránsito en un lapso no mayor de dos semanas, se barre y quita el excedente de material, se da el tercer riego con material tipo 3-B, se procede con el rastreo, compactación , recompactación y barrido.

### **2.5.3.2.- Carpetas de mezcla en el lugar.**

De conformidad con Mier (1987), las carpetas asfálticas de mezcla en el lugar se construyen mediante mezclado, tendido y compactado de materiales pétreos y un material asfáltico, estos son rebajados de fraguado rápido o medio, o emulsiones de rompimiento medio o lento; en los riegos de liga son cementos asfálticos y rebajados o emulsiones de rompimiento rápido.

Estas carpetas pueden ser construidas en frío o en caliente, para mezclas en caliente se debe tomar en cuenta que el material debe tener una temperatura de entre 120° y 160° centígrados al momento de agregarle el cemento asfáltico y debe salir de la planta con un máximo de 150° C. Al momento de tender la mezcla debe estar entre 110° y 85° C. Y la temperatura ambiente debe estar por lo menos en los 10° C., sin lluvia ni bruma y con la superficie limpia y seca.

Para construir estas carpetas, ya sea en frío o en caliente, se debe proceder de la siguiente manera, primero se da un riego de liga con petrolizadora, se efectúa la mezcla de materiales pétreos y asfálticos, se revuelven hasta obtener una mezcla homogénea (no debe regarse material asfáltico si el pétreo contiene mucha humedad), se procede con el tendido de la capa, cuando se usan mezclas con asfaltos rebajados se curará oreándola y cuando sean emulsiones de rompimiento medio o lento se aplicará un riego de agua para dar la humedad fijada, después se inicia con la compactación utilizando rodillo liso para dar un acomodo inicial, a continuación se continúa compactando con un compactador de llantas hasta llegar a un mínimo del 95% del peso volumétrico máximo, después se utiliza una plancha lisa para borrar las rayas que dejen las llantas de los

compactadores, y por último se verifica el alineamiento, el perfil y la sección de acuerdo con las tolerancias especificadas.

## 2.6. Materiales asfálticos.

De acuerdo con lo dicho por Mier (1987), los materiales asfálticos son los materiales bituminosos con propiedades aglutinantes, sólidos, semisólidos o líquidos, utilizados en las estabilizaciones, riegos de impregnación, liga y sello, elaboración de carpetas asfálticas y morteros.

Estos materiales se clasifican como: cementos asfálticos, emulsiones asfálticas y asfaltos rebajados.

Material asfáltico	Vehículo para su aplicación	Usos más comunes
Cemento asfáltico	Calor	Se utiliza en la elaboración en caliente de carpetas, morteros y estabilizaciones, así como elemento base para la fabricación de emulsiones asfálticas y asfaltos rebajados.
Emulsión asfáltica	Agua	Se utiliza en la elaboración en frío de carpetas, morteros, riegos y estabilizaciones
Asfalto rebajado	Solventes	Se utiliza en la elaboración en frío de carpetas y para la impregnación de sub-bases y bases hidráulicas.

Fig. 2.5. Usos de los materiales asfálticos.

1.- Cementos asfálticos: son obtenidos del proceso de la destilación del petróleo. Para poder aplicarlos deben estar a una temperatura adecuada, nunca se deben aplicar los materiales asfálticos cuando la temperatura ambiente sea menor a 10°

C., ni cuando haya amenaza de lluvia o cuando la velocidad del viento impida que la petrolizadora no pueda aplicar la mezcla adecuadamente.

ASFALTO	REGION RECOMENDADA
AC-5	Sirve para elaborar emulsiones y concretos asfálticos que se utilicen en la zona de la sierra madre occidental, en Durango o Chihuahua, y en algunas regiones altas de los estados de México, Morelos y Puebla.
AC-10	Se recomienda para la región central y el altiplano de la república mexicana.
AC-20	Para el sureste de la república y las regiones costeras del golfo y el pacífico, pasando por Sinaloa e inclusive hasta Baja California.
AC-30	Norte y noreste del país, excluido el estado de Tamaulipas.

Fig. 2.6. Zonas de aplicación de los cementos asfálticos según la norma N-CMT-4-05-001/05.

2.- Emulsiones asfálticas: existen varios tipos de emulsiones según su proceso de fraguado, los cuales se mencionan a continuación:

a) *De rompimiento rápido*, que generalmente se utilizan para riegos de liga y carpetas por el sistema de riegos, a excepción de la emulsión ECR-60, que no se debe utilizar en la elaboración de éstas últimas.

b) *De rompimiento medio*, que normalmente se emplean para carpetas de mezcla en frío elaboradas en planta, especialmente cuando el contenido de finos en la mezcla es igual que 2% o menor, así como en trabajos de conservación tales como bacheos, renivelaciones y sobrecarpetas.

c) *De rompimiento lento*, que comúnmente se utilizan para carpetas de mezcla en frío elaboradas en planta y para estabilizaciones asfálticas.

d) *Para impregnación*, que particularmente se utilizan para impregnaciones de sub-bases y bases hidráulicas.

e) *Superestables*, que principalmente se emplean en estabilizaciones de materiales y en trabajos de recuperación de pavimentos.

<b>Clasificación</b>	<b>Contenido de cemento asfáltico en masa %</b>	<b>Tipo</b>	<b>Polaridad</b>	
EAR-55	55	ROMPIMIENTO RAPIDO	ANIONICA	
EAR-60	60			
EAM-60	60	ROMPIMIENTO MEDIO		
EAM-65	65			
EAL-55	55	ROMPIMIENTO LENTO		
EAL-60	60			
EAI-60	60	PARA IMPREGNACION		
ECR-60	60	ROMPIMIENTO RAPIDO		CATIONICA
ECR-65	65			
ECR-70	70			
ECM-65	65	ROMPIMIENTO MEDIO		
ECL-65	65	ROMPIMIENTO LENTO		
ECI-60	60	PARA IMPREGNACION		
ECS-60	60	SOBREESTABILIZADA		

Fig. 2.7. Clasificación de emulsiones asfálticas.

3.- Asfaltos rebajados: regularmente se utilizan para la elaboración de carpetas de mezcla en frío, así como en impregnaciones de bases y sub-bases, son los materiales asfálticos líquidos compuestos por cemento asfáltico y un solvente, clasificados según su velocidad de fraguado. Los asfaltos FR-3 son de velocidad de rompimiento rápido y que utilizan solventes como, nafta o gasolina. Los asfaltos FM-1 son de rompimiento medio y que utilizan como solvente el queroseno.

## **2.7. Compactaciones de materiales en caminos.**

De conformidad con Mier (1987), la compactación de los suelos es un proceso mecánico por el cual se busca mejorar las características de resistencia, compresibilidad y esfuerzo-deformación de los mismos; el objetivo principal de la compactación es obtener un suelo de tal manera estructurado que posea y mantenga un comportamiento mecánico adecuado a través de toda la vida útil de la obra.

De acuerdo con el mismo autor, algunas de las variables que son indispensables para obtener una buena compactación son: la naturaleza del suelo, método de compactación utilizado (por impacto, por amasado, por carga estática o por vibración) dependiendo del tipo de equipo que se va a utilizar, la energía de compactación, contenido de agua del suelo ya que debe tener un contenido de agua óptimo que produce el máximo peso volumétrico, contenido de agua original del suelo, la recompactación, y la temperatura ambiente ya que afecta los efectos de evaporación.

### **2.7.1. Equipos y tipos de compactación.**

Existen 4 formas de aplicar la energía para compactar los suelos, los cuales se mencionan a continuación:

1.- Compactación por amasado: consiste en concentrar el peso del rodillo en pequeñas superficies de todo un conjunto de puntas, ejerciendo presión estática en esos puntos, conforme se van dando pasadas las protuberancias se van incrustando cada vez menos en el suelo, hasta llegar el momento en que las protuberancias no producen ninguna compactación adicional. En este caso el equipo utilizado fundamentalmente es el “rodillo pata de cabra”; este rodillo tiene buenos resultados en los suelos finos.

2.- Compactaciones por presión: este tipo de compactaciones se produce de arriba hacia abajo, la acción compactadora tiene lugar por la presión que se transmite a la capa de suelo tendido, produciendo también un cierto efecto de amasado a escala menor, en este tipo de compactaciones suele utilizarse los rodillos lisos y neumáticos; los rodillos lisos se dividen en remolcados y autopropulsados. Los rodillos autopropulsados son usados en la compactación de sub-rasante, bases hidráulicas y carpetas asfálticas. Los remolcados son tambores que son sujetados en su eje y con un peso de entre 14 y 20 toneladas de peso.

3.- Compactaciones por impacto: este tipo de compactaciones producen efecto de impacto sobre el suelo, su uso está limitado a zanjas, desplante de cimentaciones, áreas conjuntas a las alcantarillas, y áreas muy estrechas, ya que los equipos utilizados principalmente son pisonos (balarinas), y ciertos rodillos apisonadores (tamper)



4.- Compactación por vibración: en este proceso la frecuencia de la vibración influye de manera extraordinaria y es posible trabajar con capas de mayores espesores; en este método de compactación se pueden utilizar rodillos, placas o reglas vibratorias.

“La eficacia de la vibración esta en razón inversa de la cantidad de finos plásticos que el suelo pueda contener por lo que el procedimiento es eficiente sobre todo en suelos granulares limpios o con mínimo contenido de finos plásticos” (Mier; 1987: 343).

Para poder tener una buena compactación es necesario conocer los materiales a compactar, recorrer el tramo a compactar, realizar muestreos y analizar los bancos de material, haciendo las pruebas de laboratorio necesarias para poder utilizar el método más conveniente.

## **2.8. Control de calidad necesario.**

De conformidad con Mier (1987), la verificación de la calidad es una actividad que permite comprobar que los conceptos de obra cumplan con las especificaciones de proyecto para poder aceptar o rechazar los trabajos realizados, o si es necesario la corrección de cada uno de ellos. Se deben verificar los materiales y proporciones utilizados, realizando pruebas de laboratorio y de campo. Antes de iniciar cualquier obra, se debe contar con un programa de control de calidad técnicamente aceptable, que sea congruente con los trabajos realizados.

En la construcción de caminos se debe verificar la calidad de los procesos constructivos, los grados de compactación en la sub-rasante, verificar los

espesores de las capas, y sobre todo la dosificación de material; ya que cualquier obra debe hacerse apagándose a los términos convenidos.

Enseguida se mencionan algunas de las pruebas que se deben realizar a los materiales:

a) Rocas: humedad actual en rocas y peso volumétrico natural; humedad de absorción en rocas; gravedad específica en rocas; compresión simple en rocas.

b) Agregados pétreos: cuarteo de gravas y arenas; contenido total de humedad; masa específica y absorción de agua del agregado fino; masa específica y absorción de agua del agregado grueso; modulo de finura de los agregados; resistencia a la abrasión en el agregado grueso (prueba de los ángeles).

c) Pruebas de compactación: prueba porter; prueba proctor estándar; prueba proctor modificada.

## **2.9. Programación de obra.**

La programación de una obra es esencial, y como lo indica su nombre trata de organizar una obra en tiempos y costos de ejecución, muestra las fechas de inicio y finalización de cada concepto y de toda la obra en conjunto. Este programa de obra se puede presentar en semanas, quincenas o meses, según las bases de licitación o de la dependencia que esté a cargo de la construcción de la obra.

El programa de obra debe representar la idealización de la secuencia lógica de las actividades necesarias para la realización del proyecto, el diagrama de Gantt es uno de los programas de obra más utilizados y más eficientes, el cual representa gráficamente la información relacionada con la programación de cualquier obra; muestra las actividades a realizar, las fechas y duraciones de las

mismas. Muestra las actividades que se van a realizar en barras que representan el tiempo de ejecución; su eje horizontal representa al tiempo y el eje vertical las actividades; son de fácil comprensión; en algunas ocasiones no muestra la secuencia lógica de las actividades, por lo que se dificulta la planificación y control de la obra.

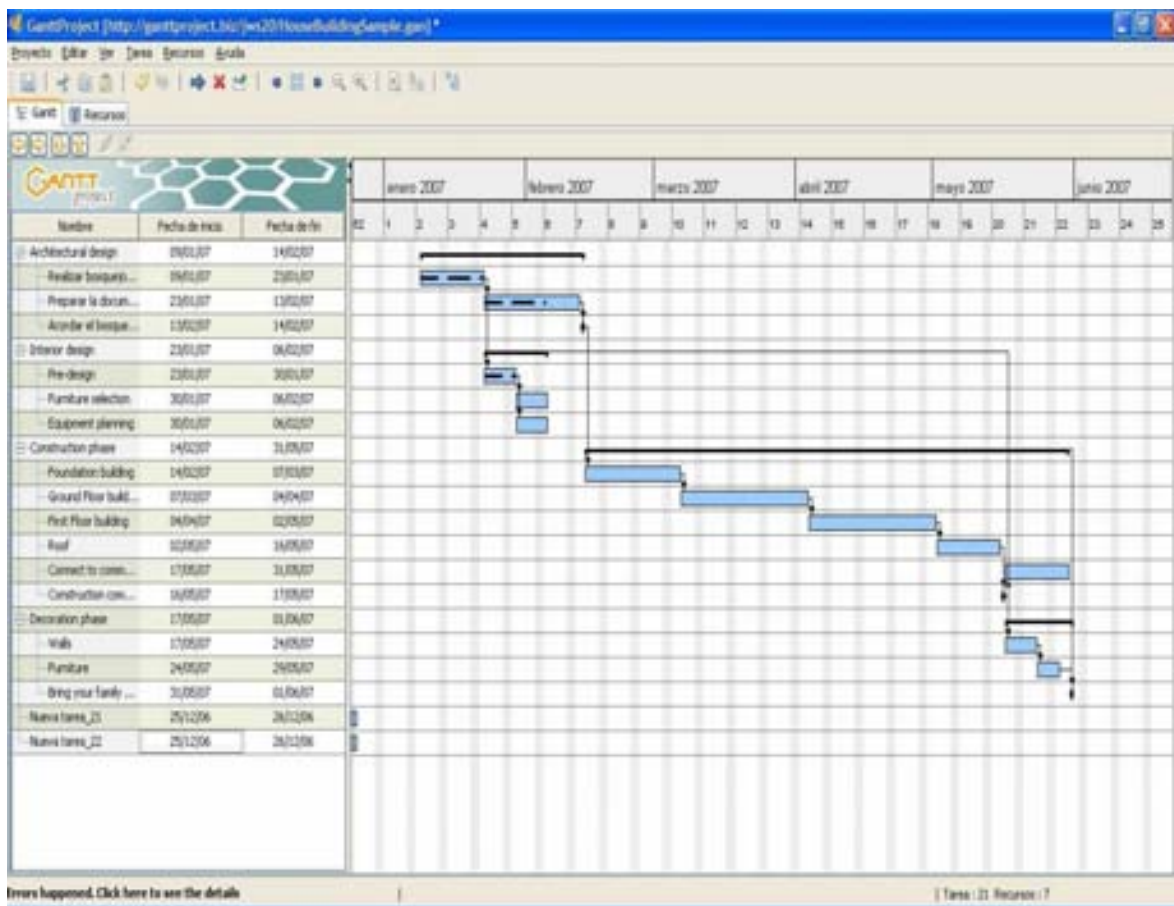


Fig. 2.8. Diagrama de Gantt.

## CAPÍTULO 3

### RESUMEN EJECUTIVO DE MACRO Y MICRO LOCALIZACIÓN

En el presente capítulo se tratará lo referente al tramo carretero en estudio, localización, colindantes, topografía y todas sus características físicas.

#### 3.1. Generalidades.

El tramo carretero en estudio comprende de la población “El Tepehuaje” a la población de “Las Guacamayas”, que pertenecen al municipio de Carácuaro, Michoacán, que se encuentra localizado al sureste del Estado, en las coordenadas 19°01' de latitud norte y en los 101°08' de longitud oeste, a una altura de 540 metros sobre el nivel del mar.

Limita al norte con Nocupétaro y Madero, al este con Tiquicheo, al sur con Huetamo y al oeste con Turicato y Nocupétaro. Su distancia a la capital del Estado es de 135 kms. Su extensión territorial es de 981.11 Km<sup>2</sup> y que representa el 1.66% de la superficie total del Estado.



Fig. 3.1. Localización de Carácuaro, Michoacán

El tramo carretero comprende una ruta de enlace y transporte de mercancías entre las poblaciones de “El Tepehuaje” a “Las Guacamayas”, y es un camino tipo C.

### **3.2. Resumen ejecutivo.**

Para poder estudiar el tramo se tuvieron que hacer varios tipos de trabajos de investigación, como lo son: levantamiento de datos, se visitó la obra para poder saber en que condiciones se encuentra el tramo, se realizó un aforo vehicular para poder establecer que tan transitada es esta vía, se hizo una investigación del tipo cuantitativo con un alcance descriptivo y que no es experimental. Y para poder decir que la obra está en buenas condiciones se deben hacer varias modificaciones como, estabilizar de manera adecuada los taludes, poner todos los señalamientos mínimos para la vía, haber realizado los trabajos de drenaje antes de colocada la carpeta, entre otros. Para poder realizar la revisión del proceso constructivo de la obra, se contó con la ayuda de softwares como el Opus y el Excel.

### **3.3. Entorno geográfico.**

Macrolocalización. Carácuaro cuenta con una superficie de 981.11 Km<sup>2</sup>, se encuentra localizado al sureste del Estado, a una altura de 540 metros sobre el nivel del mar. Su distancia a la capital del Estado es de 135 kms.

Microlocalización. El tramo carretero se encuentra en el cruce de Puerto de la Cruz, entre su longitud se encuentran localizadas las rancherías de El Zaus, Rancho Viejo y Los Ejes.



Fig. 3.2. Macrolocalización del municipio de Carácuaro.



Fig. 3.3. Microlocalización del tramo carretero.

### 3.3.1. Topografía regional y del la zona en estudio.

Su relieve los constituyen las estribaciones meridionales del Sistema Volcánico Transversal, y los cerros de Santa Teresa, San Francisco, Pílon y Zacapungamio. Los suelos del municipio datan del período mesozoico, jurásico y corresponden principalmente a los del tipo pradera, montaña y chernozem.

### 3.3.2. Hidrología regional y de la zona en estudio.

Carácuaro se encuentra situado en la región hidrológica Armerías–Cohuayana. La hidrología de la zona la constituyen el río Carácuaro y los arroyos Chapacarícuaro y Quino. Su clima es tropical con lluvias en verano. Tiene una precipitación pluvial anual de 749.3 milímetros, con temperaturas que oscilan de 19.7° a 33.4° centígrados.



Fig. 3.4. Carta topográfica de Carácuaro.

### **3.3.3. Uso de suelo regional y de la zona en estudio.**

Los suelos del municipio datan del período mesozoico, jurásico y corresponden principalmente a los del tipo pradera, montaña y chernozem. Su uso es primordialmente ganadero y en menor proporción agrícola y forestal. La superficie forestal de maderables es ocupada por pino, y en el caso de la no maderable, por arbustos y distintas especies. En el municipio predomina el bosque tropical con parota y tepeguaje. Su fauna la conforman el venado, coyote, conejo, zorro, zorrillo, armadillo, tejón, zopilote, güilota, calandria y cuervo.

### **3.4. Informe fotográfico.**

Enseguida se muestran algunas fotografías, las cuales dan una referencia del estado físico del tramo carretero.





En esta fotografía se puede apreciar la vegetación del lugar, que en su gran mayoría está compuesta por arbustos y distintas especies como parotas y Tepehuanes. También se observa que el tránsito vehicular es en su mayoría del tipo A que lo conforman vehículos de 2 ejes. Se puede observar la cinta asfáltica que en lo general se ve de buenas condiciones, con el señalamiento necesario, cuenta con cunetas y bordillos en donde es necesario.



En este tramo se observa que los taludes no fueron protegidos de la manera más adecuada y por consecuencia de las lluvias y otros factores ambientales, estos se han venido abajo. Es recomendable que se usara algún elemento que ayudara a retener las piedras y el material suelto que arroja el desvanecimiento de los taludes, ya que este puede obstruir las cunetas, dando como resultado la inundación de la carpeta asfáltica y por consiguiente la carpeta comenzará a desgregarse y formar baches, hasta quedar una vía en mal estado.



Aquí se puede observar que las obras de drenaje no fueron las suficientes para desalojar el agua de la cinta asfáltica, por lo que se ha tenido que realizar obras drenaje que no estaban dentro del proyecto inicial. En este caso se debe verificar en donde hay escurrimientos para poder evitar estos inconvenientes.



En este tramo ya no hay señalamientos, se observa que la obra aún no ha sido concluida al 100%. Se deben poner señalamientos de curvas y también se debe poner el acotamiento del arroyo vehicular.



Aquí comienza el tramo en estudio, pero como se puede verificar, no hay ningún letrero que indique la desviación o hacia donde conduce esta vía, aunque hay que resaltar que si cuenta con señalización y las obras de drenaje necesarias para esta vía.

### **3.5. Estudios de tránsito.**

En lo referente al tránsito en este tramo carretero, se tiene mayor circulación de vehículos tipo A-2 (vehículos de dos ejes con peso menor o igual a tres toneladas), y con mucha menor frecuencia de tipo C-2 y C-3 (camiones de dos y tres ejes respectivamente de peso mayor a tres toneladas). Y un tránsito

diario promedio anual (TDPA), igual a 55 vehículos de los cuales 50 son tipo A-2, 3 tipo C-2 y 2 tipo C-3.

## **CAPÍTULO 4**

### **METODOLOGÍA**

En el capítulo que a continuación se presenta se describirá el encuadre metodológico con que se realizó la presente investigación.

#### **4.1. Método empleado.**

En la presente investigación se utilizó el método científico, con un enfoque cuantitativo por utilizar el método matemático, que hace referencia a los métodos que se utiliza cotidianamente, ya sea para comparar resultados, comprobarlos u obtener nuevos resultados.

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

#### **4.4.1. Método matemático.**

De conformidad con lo dicho por Mendieta (2005), una de las primeras nociones que capta el ser humano es de cantidad, así que sin darse cuenta se esta aplicando un procedimiento científico, compara cantidades para obtener nociones derivadas, de importancia, valor económico y capacidad. En cualquier investigación que asiente números de relaciones constantes, variedad de hipótesis, diversidad de comprobaciones y se tomen en cuenta para afirmar o negar algo, se está aplicando el método cuantitativo.

## **4.2. Enfoque de la investigación.**

En la presente investigación se usó un enfoque cuantitativo; la investigación cuantitativa, de acuerdo con Hernández (2005), da la posibilidad de generalizar los resultados más ampliamente, otorga control sobre fenómenos y un punto de vista de conteo y magnitud de éstos. Además brinda una gran posibilidad de réplica y un enfoque sobre puntos específicos de tales fenómenos, y facilita la comparación entre estudios similares.

El método cuantitativo ha sido el más utilizado por ciencias como la Física, Química, Biología y que tienen un gran enlace con la ingeniería, por lo que son los más propios para las ciencias exactas.

### **4.2.1. Alcance de la investigación.**

En el presente trabajo de investigación se utilizó un estudio de tipo descriptivo, pues de acuerdo con Hernández (2005), éste tiene el propósito de describir eventos, situaciones y hechos, manifestando la determinación de un fenómeno.

“Los estudios descriptivos pretenden medir o recoger información de manera independiente o conjunta sobre los conceptos o las variables a las que se refiere. Desde luego, pueden integrar las mediciones o información de cada una de dichas variables o conceptos para decir cómo es y cómo se manifiestan los fenómenos de interés; su objetivo no es indicar cómo se relacionan las variables medidas”.  
(Hernández; 2005: 119)

### **4.3. Diseño de la investigación.**

En esta investigación se utilizó un diseño no experimental, transeccional descriptivo, como lo describe Hernández (2005), ya que se recopilaron datos en un momento preciso y en un tiempo único. Su propósito es describir variables y analizar su incidencia e interrelación en un momento dado. Es como tomar una fotografía, con el fin de analizar y describir variables su ocurrencia e interrelación en un momento dado.

#### **4.3.1. Investigación transeccional.**

De conformidad con lo escrito por Hernández (2005), la investigación transeccional o transversal, recolecta datos en un solo momento, en un tiempo único. Puede abarcar varios grupos de personas, objetos, así como diferentes comunidades, situaciones o eventos. Como se mencionó anteriormente en esta investigación se utilizó un método transeccional descriptivo. “Los diseños transeccionales descriptivos tienen como objetivo indagar la incidencia y los valores que se manifiestan una o más variables (dentro del enfoque cuantitativo) o ubicar, categorizar y proporcionar una visión de una comunidad, un evento, un contexto, un fenómeno o una situación”. (Hernández; 2005: 273)

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

De conformidad con Hernández (2005), existen varios métodos para la recopilación de datos, en estudios cuantitativos frecuentemente se incluyen varios tipos de cuestionarios al igual que la recopilación de contenidos para un análisis estadístico, para recolectar datos es necesario:

- 1.- Seleccionar los métodos o instrumentos disponibles o desarrollarlos según sea su enfoque de estudio, el planteamiento del problema y alcance de la investigación.
- 2.- Aplicación de instrumentos.
- 3.- Preparar los datos obtenidos para realizar un análisis correcto de los mismos.

Acorde con Hernández (2005), la recolección de datos equivale a medir (entendiendo por medir una relación que indica la clasificación o cuantificación), la recopilación de datos debe cumplir confianza y validez, en el enfoque cuantitativo confianza se refiere a la aplicación repetida de un instrumento de medición cuando produce iguales resultados y validez se refiere al grado en que un instrumento de medición mide realmente las variables que pretende medir.

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

La presente investigación se desarrolló partiendo primeramente de la ubicación de un tramo carretero, para posteriormente verificar si el proceso constructivo de este fue el adecuado y verificar en qué condiciones se encontraba.

Posteriormente fue preciso realizar la investigación documental para recopilar la información teórica que soportara el diseño de dicho proyecto. Así fue preciso establecer el encuadre metodológico para definir el alcance e instrumentos de recopilación de datos.

A continuación se realizó la captura de datos, utilizando programas computacionales como Excel, Opus y Autocad, y se contrastó con la teoría recopilada, haciendo un análisis minucioso del proceso constructivo de dicho



tramo carretero, hasta establecer en las conclusiones que dieran cumplimiento a los objetivos y preguntas de esta investigación.

## **CAPÍTULO 5**

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

En este capítulo se explicará la forma en que fue construida la vía de comunicación a que hace referencia el presente trabajo de investigación, además de presentar los generadores de obra, el presupuesto, precios unitarios y el calendario de obra, para la construcción de dicha obra.

#### **5.1. Procedimiento constructivo de cortes.**

Los cortes son las excavaciones ejecutadas a cielo abierto en el terreno natural, en ampliación y/o abatimiento de taludes, para formar la sección de la obra de acuerdo con los proyectos.

Algunos materiales de corte pueden ser utilizados para los terraplenes dependiendo de la resistencia o de estudios de laboratorio.

Para el caso de esta vía de comunicación los cortes se realizaron con tractor D-6, y en los terrenos rocosos se utilizaron explosivos; en los taludes de corte se tienen una relación 0.25:1 para pizarras, lutitas calizas que no pongan en peligro la estabilidad del talud; de 0.5:1 en tepetates, arcillas o roca fisuradas y de 0 en roca firme.

#### **5.2. Terraplenes.**

Los terraplenes son estructuras de tierra ejecutada con materiales adecuado producto de cortes o de préstamos; también se consideran como terraplenes, las cuñas contiguas a los estribos de puentes y de paso a desnivel.

Se tiende una capa del espesor que permita el tamaño máximo del material pero no menor de 30 cm.

Para este caso se utilizó material producto de corte, y con material de relleno de la zona de préstamo; los taludes en los terraplenes se utilizarán en general con una relación de 1.5:1 para no poner en peligro la estabilidad del mismo.

### **5.3. Construcción de la sub-base.**

Para realizar la construcción del pavimento asfáltico del tramo denominado “El Tepehuaje - Las Guacamayas” del km 0+000 al km 6+592.21, primeramente se debieron realizar cortes y terraplenes que el proyecto indicó. De acuerdo con el alineamiento vertical, se conformaron capas de terracerías, que debieron cumplir con el límite líquido del 50% como máximo, valor de soporte relativo CBR 5% como mínimo, expansión del 5% como máximo y 90% de compactación con la prueba AASHTO estándar, en capas de 30 cm, de espesor y en los cortes se consideró la excavación de la caja para alojar las capas de base.

#### **5.3.1. Construcción de la base hidráulica.**

Para formar las capas de la base hidráulica se utilizaron materiales que debían cumplir con ciertas especificaciones que el laboratorio correspondiente estableció, como son: las capas debían ser de grava limpia bien graduada y arena limosa como cementante, que pudieran ser compactado al 100% según la prueba AASHTO modificada, el límite líquido debía ser menor de 25%, el índice plástico

menor al 6%, desgaste de la prueba de los ángeles 35% máximo, con partículas alargadas y alejadas 40% y tamaño máximo de 2”.

### **5.3.2. Riego de impregnación.**

El riego de impregnación consiste en la aplicación de un asfalto rebajado a una superficie terminada, con el objeto de impermeabilizarla o estabilizarla, para favorecer la adherencia entre la base y la carpeta asfáltica. Para este caso se realizó con un producto asfáltico (emulsión de rompimiento medio) ECM-65, a razón de 1 a 1.5 lts/m<sup>2</sup>, colocado sobre la base seca, libre de polvo y material suelto. La penetración del riego debió ser como mínimo de 4 mm.

### **5.3.3. Riego de liga.**

El riego de liga consiste en la aplicación de un asfalto rebajado a la superficie previamente impregnada, con el fin de adherir la capa de base impregnada con la carpeta asfáltica. Para este caso se realizó con un producto asfáltico (emulsión de rompimiento rápido) ECR-65, a razón de 0.5 a 1.0 lts/m<sup>2</sup>.

## **5.4. Construcción de la carpeta asfáltica.**

Como ya se ha indicado anteriormente las carpetas asfálticas se pueden construir en frío o en caliente, esto depende de lo indicado en el presupuesto de la obra. En este caso se utilizó mezcla en frío, utilizando emulsión asfáltica (ECM-65), en una proporción según el diseño del contenido óptimo de asfalto, con un material pétreo, grava y arena limpia, de tamaño máximo de ¾”, compactada al 95% de su PVSM. Dependiendo del nivel de calidad requerido de la mezcla

asfáltica, se dosificó el material pétreo en un mezclador, y para el tendido de la carpeta, se usó motoconformadora, además el espesor deberá ser el recomendado en la estructuración propuesta.

#### **5.4.1. Riego de sello.**

El riego de sello se usó para dar mayor durabilidad a la carpeta, esto se realizó sobre la carpeta previamente barrida, aplicando un riego de liga con un producto asfáltico tipo emulsión catónica ECR-65, en proporción de 1.0 lts/m<sup>2</sup>, para posteriormente cubrir con material pétreo a razón de 8 a 10 lts/m<sup>2</sup>, extendiéndose en toda la superficie y planchando el tiempo necesario para que el sello se adhiriera con la carpeta, posteriormente se retiró el exceso mediante barrido, con el fin de dejar la superficie libre de material suelto, en caso de ser necesario, como protección de la superficie del pavimento, se realizó nuevamente el procedimiento descrito.

#### **5.5. Obras de concreto hidráulico.**

En este trabajo de investigación no se estudiaron las obras de drenaje por lo que solamente se menciona a grande rasgos su construcción.

Para la elaboración del concreto hidráulico que se utilizó para realizar las obras de drenaje, losas de puentes, bordillos y otros, se emplearon materiales pétreos limpios, y en las proporciones indicadas, para lograr la resistencia indicada en el proyecto, de acuerdo al previo análisis de la calidad de los materiales, además de que se utilizó cemento tipo I (CPC 30R).

## 5.6. Conceptos de obra.

A continuación se muestran los diferentes conceptos con los que se trabajó durante el proceso de construcción de la obra.

<b>C O N C E P T O S   D E   O B R A</b>			
<b>CAMINO: TEPEHUAJE - GUACAMAYAS</b>		<b>UNIVERSIDAD DON VASCO A.C.</b>	
<b>ANCHO DE CORONA: 7.0 MTS</b>		<b>ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL</b>	
<b>TRAMO: DEL KM 0+000 AL KM 6+580</b>			
<b>N°.</b>	<b>DESCRIPCION DEL CONCEPTO</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>
1	<b>DESMONTE.</b> Selva o bosque	ha	8.00
2	<b>CORTES.</b> Cuando el material se utilice para la formación de terraplenes	m3	46,701.30
3	Cuando el material se desperdicie	m3	5,590.40
4	<b>PRESTAMOS</b> Del banco "Dolores" ubicado en el km 10+220, desv. der. de 0m	m3	17,478.70
5	<b>TERRAPLENES</b> Del terreno natural en el área de desplante de los terraplenes	m3	5,345.00
6	De la cama de los cortes en que no se haya ordenado	m3	6,535.00
7	De terraplenes adicionados con sus cuñas de sobreebancho	m3	46,701.30
8	Mezclado, Tendido y compactación de la capa subrasante	m3	17,478.70
9	<b>CANALES</b> Excavación para canales, por unidad de obra terminada, en canales de entrada y salida de las obras de drenaje	m3	2,500.00
10	<b>ARROPE DE TALUD</b> Arrope de talud, por unidad de obra terminada, dentro de la faja de 20 mts.	m3	3,800.00
11	<b>ACARREOS PARA TERRACERIAS</b> Para distancias hasta de cinco (5) estaciones de veinte (20) mts., es decir, hasta cien (100) mts.	m <sup>3</sup> - est	97,552.00
12	Para el primer hectómetro, es decir los primeros cien (100) mts.	m <sup>3</sup> - hm	11,036.00
13	Para la distancia excedente al primer hectómetro, es decir a los primeros cien mts. Incremento por cada hectómetro adicional	m <sup>3</sup> - hm+1	22,072.00
14	Para el primer kilómetro de desperdicio, para cualquier distancia de materiales de préstamo de banco	m <sup>3</sup> - km	5,590.40
15	Para la construcción de la capa subrasante y para completar la construcción del cuerpo del terraplén.	m <sup>3</sup> - km	17,478.70
16	Para los kilómetros subsecuentes	m <sup>3</sup> - km+1	69,914.79
17	<b>EXCAVACION PARA ESTRUCTURAS</b> Excavaciones para estructuras, de acuerdo con su clasificación, a cualquier profundidad (Inciso 022-H.01):	m3	1,200.00
18	<b>RELLENOS</b> Para la protección de las obras de drenaje, P.U.O.T.	m3	650.00

19	<b>MAMPOSTERIAS</b> Mampostería de tercera clase, a cualquier altura, con mortero de cemento	m3	190.00
20	<b>ZAMPEADOS</b> De mampostería de tercera clase, junteados con mortero de cemento	m3	30.00
21	<b>CONCRETO HIDRAULICO.</b> Simple, colado en seco, de f'c= 200 kg/cm2	m3	55.00
22	<b>ACERO PARA CONCRETO HIDRAULICO</b> Varillas de L.E = ó mayor a 4200 kg/cm2	kg	8,000.00
23	<b>TRABAJOS DIVERSOS</b> Recubrimiento de cunetas y contracunetas P.U.O.T. (044 - H.04), con concreto hidráulico simple, de f'c= 150 kg/cm2	m3	240.00
24	<b>SUB-BASES Y BASES</b> Base compacta al 100 % (cien por ciento)	m3	9,504.00
25	<b>MATERIALES ASFALTICOS</b> Emulsión de rompimiento rápido en riego de impregnación	l	84,480.00
26	Emulsión de rompimiento rápido en riego de sello	l	84,348.00
27	Emulsión de rompimiento medio en carpetas por el sistema de mezcla en el lugar	l	395,967.00
28	Emulsión de rompimiento medio en riego de liga.	l	28,512.00
29	<b>RIEGO DE IMPREGNACION</b> Barrida de la superficie por tratar, P.U.O.T. ( Inciso 078 - H.01)	ha	4.95
30	Arena empleada para cubrir la base impregnada, P.U.O.T.	m3	297.00
31	<b>CARPETAS ASFALTICAS POR EL SISTEMA DE MEZCLA EN EL LUGAR</b> Carpetas asfálticas, por el sistema de mezcla en el lugar	m3	2,343.00
32	<b>RIEGO DE SELLO</b> Utilizando material pétreo 3-A	m3	570.24
33	<b>ACARREOS DE MATERIALES PARA PAVIMENTO</b> Acarreos por unidad de obra terminada ( Inciso 082- H.04), primer kilometro	m <sup>3</sup> - km	867.24
34	Kilometros subsecuentes	m <sup>3</sup> - km+1	18,212.04
35	Medidas compactos en la capa de base y carpeta asfáltica, primer kilometro	m <sup>3</sup> - km	11,847.00
36	Kilometros subsecuentes	m <sup>3</sup> - km+1	248,787.00

Fig. 5.1. Tabla de conceptos de obra.

## 5.7. Precios unitarios.

Enseguida se muestra la lista de precios unitarios acordados entre la dependencia y el contratista.

<b>PRECIOS UNITARIOS</b>			
<b>CAMINO: TEPEHUAJE - GUACAMAYAS</b> <b>ANCHO DE CORONA: 7.0 MTS</b> <b>TRAMO: DEL KM 0+000 AL KM 6+580</b>			<b>UNIVERSIDAD DON VASCO A.C.</b> <b>ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL</b>
N°.	DESCRIPCION DEL CONCEPTO	UNIDAD	P.U.
1	<b>DESMONTE.</b> Selva o bosque	ha	15,520.00
2	<b>CORTES.</b> Cuando el material se utilice para la formación de terraplenes	m3	28.00
3	Cuando el material se desperdicie	m3	20.00
4	<b>PRESTAMOS</b> Del banco "Dolores" ubicado en el km 10+220, desv. der. de 0m	m3	30.00
5	<b>TERRAPLENES</b> Del terreno natural en el área de desplante de los terraplenes	m3	11.00
6	De la cama de los cortes en que no se haya ordenado	m3	13.00
7	De terraplenes adicionados con sus cuñas de sobreebancho	m3	20.00
8	Mezclado, Tendido y compactación de la capa subrasante	m3	41.00
9	<b>CANALES</b> Excavación para canales, por unidad de obra terminada, en canales de entrada y salida de las obras de drenaje	m3	52.00
10	<b>ARROPE DE TALUD</b> Arrope de talud, por unidad de obra terminada, dentro de la faja de 20 mts.	m3	21.00
11	<b>ACARREOS PARA TERRACERIAS</b> Para distancias hasta de cinco (5) estaciones de veinte (20) mts., es decir, hasta cien (100) mts.	m <sup>3</sup> - est	2.10
12	Para el primer hectómetro, es decir los primeros cien (100) mts.	m <sup>3</sup> - hm	6.00
13	Para la distancia excedente al primer hectómetro, es decir a los primeros cien mts. Incremento por cada hectómetro adicional	m <sup>3</sup> - hm+1	3.00
14	Para el primer kilómetro de desperdicio, para cualquier distancia de materiales de préstamo de banco	m <sup>3</sup> - km	7.00
15	Para la construcción de la capa subrasante y para completar la construcción del cuerpo del terraplén.	m <sup>3</sup> - km	7.00
16	Para los kilómetros subsecuentes	m <sup>3</sup> - km+1	4.00
17	<b>EXCAVACION PARA ESTRUCTURAS</b> Excavaciones para estructuras, de acuerdo con su clasificación, a cualquier profundidad (Inciso 022-H.01):	m3	80.00



18	<b>RELLENOS</b> Para la protección de las obras de drenaje, P.U.O.T.	m3	55.00
19	<b>MAMPOSTERIAS</b> Mampostería de tercera clase, a cualquier altura, con mortero de cemento	m3	1,150.00
20	<b>ZAMPEADOS</b> De mampostería de tercera clase, junteados con mortero de cemento	m3	950.00
21	<b>CONCRETO HIDRAULICO.</b> Simple, colado en seco, de f'c= 200 kg/cm2	m3	1,920.00
22	<b>ACERO PARA CONCRETO HIDRAULICO</b> Varillas de L.E = ó mayor a 4200 kg/cm2	kg	19.00
23	<b>TRABAJOS DIVERSOS</b> Recubrimiento de cunetas y contracunetas P.U.O.T. (044 - H.04), con concreto hidráulico simple, de f'c= 150 kg/cm2	m3	1,520.00
24	<b>SUB-BASES Y BASES</b> Base compacta al 100 % (cien por ciento)	m3	136.00
25	<b>MATERIALES ASFALTICOS</b> Emulsión de rompimiento rápido en riego de impregnación	l	6.00
26	Emulsión de rompimiento rápido en riego de sello	l	6.00
27	Emulsión de rompimiento medio en carpetas por el sistema de mezcla en el lugar	l	7.15
28	Emulsión de rompimiento medio en riego de liga.	l	4.46
29	<b>RIEGO DE IMPREGNACION</b> Barrida de la superficie por tratar, P.U.O.T. ( Inciso 078 - H.01)	ha	1,200.00
30	Arena empleada para cubrir la base impregnada, P.U.O.T.	m3	188.00
31	<b>CARPETAS ASFALTICAS POR EL SISTEMA DE MEZCLA EN EL LUGAR</b> Carpetas asfálticas, por el sistema de mezcla en el lugar	m3	155.00
32	<b>RIEGO DE SELLO</b> Utilizando material pétreo 3-A	m3	225.00
33	<b>ACARREOS DE MATERIALES PARA PAVIMENTO</b> Acarreos por unidad de obra terminada ( Inciso 082 - H.04), primer kilometro	m <sup>3</sup> - km	7.00
34	Kilometros subsecuentes	m <sup>3</sup> - km+1	4.00
35	Medidas compactos en la capa de base y carpeta asfáltica, primer kilometro	m <sup>3</sup> - km	7.00
36	Kilometros subsecuentes	m <sup>3</sup> - km+1	4.00

Fig. 5.2. Tabla de precios unitarios.

## 5.8. Presupuestos de obra.

A continuación se muestra el presupuesto sobre el cual se realizaron los trabajos de construcción del tramo carretero en cuestión.

CAMINO: TEPEHUAJE - GUACAMAYAS ANCHO DE CORONA: 7.0 MTS TRAMO: DEL KM 0+000 AL KM 6+580	UNIVERSIDAD DON VASCO A.C. ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
---	---

N°.	NORMA O ESPECIF.	DESCRIPCION DEL CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	P.U.	IMPORTE
<b>3.01.01 TERRACERIAS</b>						
	<b>009-C</b>	<b>DESMONTE.</b>				
	C.02	Desmonte, P.U.O.T. (Inciso 002 - H. 02).				
1	b)	Selva o bosque	ha	8.00	15,520.00	124,160.00
	<b>009-D</b>	<b>CORTES.</b>				
	D.06	Excavaciones, P.U.O.T. (Inciso 003 - H.04)				
	a)	En cortes y adicionales abajo de la subrasante:				
2	1)	cuando el material se utilice para la formación de terraplenes	m <sup>3</sup>	46,701.30	28.00	1,307,636.40
3	2)	cuando el material se desperdicie	m <sup>3</sup>	5,590.40	20.00	111,807.99
	<b>009-E</b>	<b>PRESTAMOS</b>				
	E.04	Excavaciones de prestamos por unidad de obra terminada.				
	b)	De banco (Inciso 004 - H.05)				
4	1)	Del banco "Dolores" ubicado en el km 10+220, desv. der. de 0m	m <sup>3</sup>	17,478.70	30.00	524,360.92
	<b>009-F</b>	<b>TERRAPLENES</b>				
	F.09	Compactación P.U.O.T.				
	a)	Del terreno natural en el área de desplante de los terraplenes (Inciso 005 - H.09)				
5	2)	para noventa por ciento (90%)	m <sup>3</sup>	5,345.00	11.00	58,795.00
	b)	De la cama de los cortes en que no se haya ordenado excavación adicional (005 - H.09)				
6	3)	Para noventa y cinco por ciento (95%)	m <sup>3</sup>	6,535.00	13.00	84,955.00
	F.11	Formación y compactación por unidad de obra terminada:				
	a)	De terraplenes adicionados con sus cuñas de sobreancho (Inciso 005 - H.11)				
7	2)	Para noventa por ciento (90%)	m <sup>3</sup>	46,701.30	20.00	934,026.00
	F.14	Mezclado, Tendido y compactación de la capa subrasante formada con material seleccionado P.U.O.T.				
8	4)	Para cien por ciento (100 %)	m <sup>3</sup>	17,478.70	41.00	716,626.60
	<b>009-H</b>	<b>CANALES</b>				
	e)	Excavación para canales, por unidad de obra terminada (Inciso 007-H.01.e):				
9	b)	En canales de entrada y salida de las obras de drenaje	m <sup>3</sup>	2,500.00	52.00	130,000.00
	<b>EP -</b>	<b>ARROPE DE TALUD</b>				
	1)	Arrope de talud, por unidad de obra terminada				
	a)	Con préstamo lateral:				
10	2)	Dentro de la faja de 20 mts.	m <sup>3</sup>	3,800.00	21.00	79,800.00
	<b>009-I</b>	<b>ACARREOS PARA TERRACERIAS</b>				
	I.03	Sobreacarreo de materiales, producto de las excavaciones de cortes y adicionales abajo de la sub-rasante, ampliaciones y/o abatimiento de taludes, rebajes en la corona de cortes y/o terraplenes existentes, escalones, despalmes, préstamo de banco, derrumbes, canales, cuando se trate de obras que se paguen por unidad de obra terminada				
	a)	Para distancias hasta de cinco (5) estaciones de veinte (20) mts., es decir, hasta cien (100) mts.	m <sup>3</sup> - est	97,552.00	2.10	204,859.20
12	1)	Para el primer hectómetro, es decir los primeros cien (100) mts.	m <sup>3</sup> -hm	11,036.00	6.00	66,216.00
13	2)	Para la distancia excedente al primer hectómetro, es decir a los primeros cien (100) mts. incremento por cada hectómetro adicional al primero	m <sup>3</sup> -hm+1	22,072.00	3.00	66,216.00
14	c)	para el primer kilómetro de desperdicio	m <sup>3</sup> -km	5,590.40	7.00	39,132.80
	d)	para cualquier distancia de materiales de préstamo de banco para la construcción de la capa subrasante y para completar la construcción del cuerpo del terraplén.				
15	1)	para el primer kilómetro	m <sup>3</sup> -km	17,478.70	7.00	122,350.88
16	2)	para los kilómetros subsecuentes	m <sup>3</sup> -km+1	69,914.79	4.00	279,659.16
<b>3.01.02 OBRAS DE DRENAJE</b>						
	<b>047 - C</b>	<b>EXCAVACION PARA ESTRUCTURAS</b>				
	C.02	Excavaciones para estructuras, de acuerdo con su clasificación, a cualquier profundidad (Inciso 022-H.01):				
17	h)	Excavado, P.U.O.T., cualquiera que sea su clasificación y profundidad	m <sup>3</sup>	1,200.00	80.00	96,000.00

	<b>047 - D</b>	<b>RELLENOS</b>				
	D.02	Rellenos ( Inciso 023-H.01):				
18	d)	para la protección de las obras de drenaje, P.U.O.T.	m <sup>3</sup>	650.00	55.00	35,750.00
	<b>047 - E</b>	<b>MAMPOSTERIAS</b>				
	E.13	Mampostería de tercera clase, a cualquier altura, por unidad de obra terminada ( Inciso 024 - H.12)				
19	a)	Con mortero de cemento	m <sup>3</sup>	190.00	1,150.00	218,500.00
	<b>047 - F</b>	<b>ZAMPEADOS</b>				
	F.07	Zampeados a cualquier altura, P.U.O.T. ( Inciso 025 - H.06):				
20	a)	De mampostería de tercera clase, junteados con mortero de cemento	m <sup>3</sup>	30.00	950.00	28,500.00
	<b>047 - G</b>	<b>CONCRETO HIDRAULICO.</b>				
	G.11	Concreto hidráulico, P.U.O.T. ( Inciso 026 - H.10)				
	a)	Simple, colado en seco.				
21	1)	De f'c= 200 kg/cm2	m <sup>3</sup>	55.00	1,920.00	105,600.00
	<b>047 - H</b>	<b>ACERO PARA CONCRETO HIDRAULICO</b>				
	H.04	Acero de refuerzo P.U.O.T. ( Inciso 027-H.03):				
22	a)	Vaillillas de L.E = ó mayor a 4200 kg/cm2	kg	8,000.00	19.00	152,000.00
	<b>047 - Y</b>	<b>TRABAJOS DIVERSOS</b>				
	Y.05	Recubrimiento de cunetas y contracunetas P.U.O.T. (044 - H.04)				
	a)	Cunetas				
23	6)	Con concreto hidráulico simple, de f'c= 150 kg/cm2	m <sup>3</sup>	240.00	1,520.00	364,800.00
		<b>3.01.03 PAVIMENTOS</b>				
	<b>086 - E</b>	<b>SUB-BASES Y BASES</b>				
	b)	Base				
	1)	Compacta al 100 % (cien por ciento)				
24	a)	Del banco " " ubicado en el km 16+460, desv, adel. de 16,000m	m <sup>3</sup>	9,504.00	136.00	1,292,544.00
	<b>086 - G</b>	<b>MATERIALES ASFALTICOS</b>				
	G.07	Materiales asfálticos P.U.O.T. (Inciso 076 - H .07)				
	c)	Emulsiones asfálticas:				
	2)	Empleadas en riegos				
25	a)	Emulsión de rompimiento rápido en riego de impregnación	l	84,480.00	6.00	506,880.00
26	b)	Emulsión de rompimiento rápido en riego de sello	l	84,348.00	6.00	506,088.00
	3)	Empleadas en carpetas				
27	a)	Emulsión de rompimiento medio en carpetas por el sistema de mezcla en el lugar.	l	395,967.00	7.15	2,831,164.05
28	b)	Emulsión de rompimiento medio en riego de liga.	l	28,512.00	4.46	127,163.52
	<b>086 - I</b>	<b>RIEGO DE IMPREGNACION</b>				
29	I.02	Barrida de la superficie por tratar, P.U.O.T. ( Inciso 078 - H.01)	ha	4.95	1,200.00	5,940.00
	I.04	Arena empleada para cubrir la base impregnada, P.U.O.T.				
30	a)	Del banco " " ubicado en el km 16+460, desv, adel. de 16,000m	m <sup>3</sup>	297.00	188.00	55,836.00
	<b>086 - K</b>	<b>CARPETAS ASFALTICAS POR EL SISTEMA DE MEZCLA EN EL LUGAR</b>				
	K.03	carpetas asfálticas, por el sistema de mezcla en el lugar, P.U.O.T. ( Inciso 080 -H.02)				
	a)	Compactada al noventa y cinco por ciento (95%)				
31	1)	Del banco " " ubicado en el km 16+460, desv, adel. de 16,000m	m <sup>3</sup>	2,343.00	155.00	363,165.00
	<b>086 - M</b>	<b>RIEGO DE SELLO</b>				
	M.04	Riego de sello, P.U.O.T. ( Inciso 082 - H.03)				
	a)	Utilizando material pétreo 3-A				
32	1)	Del banco " " ubicado en el km 16+460, desv, adel. de 16,000m	m <sup>3</sup>	570.24	225.00	128,304.00
	<b>086 - P</b>	<b>ACARREOS DE MATERIALES PARA PAVIMENTO</b>				
	P.05	Acarreos por unidad de obra terminada ( Inciso 082- H.04)				
	1)	Medidas acamellonados en los almacenamientos ó vehículos de transporte (arena para poreo y sello)				
33	a)	primer kilometro	m <sup>3</sup> - km	867.24	7.00	6,070.68
34	b)	kilometros subsiguientes	m <sup>3</sup> - km+1	18,212.04	4.00	72,848.16
	2)	Medidas compactos en la capa de base y carpeta asfáltica				
35	a)	primer kilometro	m <sup>3</sup> - km	11,847.00	7.00	82,929.00
36	b)	kilometros subsiguientes	m <sup>3</sup> - km+1	248,787.00	4.00	995,148.00
		<b>SUBTOTAL</b>		<b>12,825,832.36</b>		
		<b>IVA</b>		<b>1,923,874.85</b>		
		<b>TOTAL</b>		<b>14,749,707.21</b>		

Fig. 5.3. Tabla de presupuesto.

### 5.9. Calendario de obra.

La programación de una obra es esencial, y como lo indica su nombre, trata de organizar una obra en tiempos y costos de ejecución, muestra las fechas de inicio y finalización de cada concepto y de toda la obra en conjunto. Este programa de obra se puede presentar en semanas, quincenas o meses. El programa de obra debe representar la idealización de la secuencia lógica de las actividades necesarias para la realización del proyecto.

CALENDARIO DE PROGRAMACIÓN DE OBRA  
DURACIÓN 20 SEMANAS

CLAVE	CONCEPTO	SEM. 1	SEM. 2	SEM. 3	SEM. 4	SEM. 5	SEM. 6	SEM. 7	SEM. 8	SEM. 9	SEM. 10	SEM. 11	SEM. 12	SEM. 13	SEM. 14	SEM. 15	SEM. 16	SEM. 17	SEM. 18	SEM. 19	SEM. 20
009-C	DESMONTE.																				
009-D	CORTES.																				
009-E	PRESTAMOS																				
009-F	TERRAPLENES																				
009-H	CANALES																				
EP	ARROPE DE TALUD																				
009-I	ACARREOS PARA TERRACERIAS																				
047-C	EXCAVACION PARA ESTRUCTURAS																				
047-D	RELLENOS																				
047-E	MAMPOSTERIAS																				
047-F	ZANPEADOS																				
047-G	CONCRETO HIDRAULICO.																				
047-H	ACERO PARA CONCRETO HIDRAULICO																				
047-Y	TRABAJOS DIVERSOS																				
086-E	SUB-BASES Y BASES																				
086-G	MATERIALES ASFALTICOS																				
086-I	RIEGO DE IMPREGNACION																				
086-K	CARPETAS ASFALTICAS POR EL SISTEMA DE MEZCLA EN EL LUGAR																				
086-M	RIEGO DE SELLO																				
086-P	ACARREOS DE MATERIALES PARA PAVIMENTO																				

Fig. 5.4. Calendario de obra.

### 5.10. Análisis de resultados.

Después de haber realizado la investigación de campo, los cálculos correspondientes con el presupuesto de la obra, los análisis teóricos; se observa que el procedimiento de construcción del tramo carretero “El Tepehuaje – Las Guacamayas” en el municipio de Carácuaro, Michoacán, no fue el más adecuado para llevar a cabo esta obra.

Ya que al hacer el recorrido por dicho tramo se observó que los trabajos presupuestados no estaban concluidos en su totalidad, además de observarse que algunos conceptos del presupuesto fueron ignorados y por lo tanto se han tenido que hacer reparaciones en la cinta asfáltica.



Fig. 5.5. Trabajos presupuestados pero realizados después de terminada la obra.

Como se puede apreciar en la fotografía anterior, los trabajos de drenaje no fueron suficientes, lo que ha generado que los terraplenes presenten deslizamientos, lo que provoca hundimientos y el deterioro de la carpeta asfáltica; por lo que se han tenido que hacer trabajos extraordinarios, para dar solución a este problema.

En el presupuesto no se incluyó el balizamiento del camino, que es muy importante en una obra de este tipo, ya que sin ella el tramo carretero queda realmente sin iluminación ni señalamientos, lo que se refleja en una obra insegura para los usuarios.



Fig. 5.6. Falta de balizamiento del camino.

También se pudo observar que los taludes no fueron revestidos debidamente, se observan derrumbes y los drenajes no han sido los suficientes para desalojar toda el agua, por lo que se han presentado socavaciones en el terreno, generando deslizamientos de la carpeta.



Fig. 5.7. Derrumbe en taludes.



Fig. 5.8. Deslizamientos de la carpeta asfáltica.



## CONCLUSIÓN

Desde la antigüedad, la construcción de vías de comunicación (carreteras) ha sido uno de los primeros signos de civilización avanzada. Cuando las ciudades de las primeras civilizaciones empezaron a aumentar de tamaño y densidad de población, la comunicación con otras regiones se tornó necesaria para hacer llegar suministros alimenticios o transportarlos a otros consumidores. Las carreteras son vías de comunicación que cuentan con un área de rodamiento, esta surgió con la necesidad de transportarse de un lugar a otro y fue evolucionando conforme a la evolución de los automóviles que circulaban por dichas vías.

Aunque los caminos han existido desde hace mucho tiempo, los caminos en México surgieron con la llegada de los españoles, aunque se contaba con un buen número de calzadas de piedra, veredas y senderos. Actualmente en México se construye una extensa red de caminos de todos los tipos, desde los de cuota, de altas especificaciones, hasta las más modestas brechas.

El diseño que se debe hacer para un tramo carretero depende de la geología, geografía, topografía e hidrología de dicho tramo, para poder construir una buena vía de comunicación. Los principales elementos de un tramo carretero son: el alineamiento horizontal y el alineamiento vertical.

Lo más relevante de este trabajo de investigación son las secciones, puesto que de ellas depende el cómo se construirá el camino, que tipo de camino será (lo que nos indica que tan seguro será el camino), además de indicar el proceso constructivo del camino para que sea una construcción práctica. La elección del

tipo de camino depende del suelo, de las dimensiones y de la economía del proyecto, por lo que es indispensable elegir un buen proceso constructivo.

Después de haber realizado la presente investigación de campo y teórica, para revisar si el proceso constructivo en el tramo carretero denominado “El Tepehuaje – Las Guacamayas”, en el municipio de Carácuaro, Michoacán, fue el más apropiado para construir esta vía de comunicación, haberse definido que es una vía terrestre, para qué sirve un proceso constructivo, de haber definido las características geográficas del lugar y mencionado las ventajas de la elección de un buen proceso constructivo, se llegó a la conclusión de que el proceso constructivo que se realizó en este tramo no fue el más apropiado, ya que durante la visita a esta obra se apreció que varios de los trabajos estaban incompletos, deteriorados por las inclemencias del clima o simplemente no funcionaron de la manera más factible.

En lo referente a la interrogante que se presentó al inicio de la presente investigación: ¿Será adecuado el proceso constructivo utilizado para la construcción del tramo carretero “El Tepehuaje – Las Guacamayas”?, se dedujo que no es el más adecuado, ya que se pudo observar que los trabajos realizados no funcionaron de la manera correcta o simplemente fueron insuficientes; respondiéndose así también las preguntas secundarias, estableciéndose que: un proceso constructivo es la manera en que se planea una obra y su ejecución, además de que sirve para llevar una buena planeación de los trabajos a ejecutar, que a su vez impactan directamente en la ejecución de la obra, las grandes ventajas al elegir un buen proceso constructivo, son ejecutar los trabajos con el

presupuesto autorizado, haciendo más solvente la obra y no rebasar los tiempos establecidos en el calendario de obra, ya que al rebasar estos tiempos se estarían realizando trabajos extraordinarios que el contratista tienen que absorber de su propio dinero. Para elegir un buen proceso constructivo se deben revisar los presupuesto base de la dependencia contra los de los licitantes, así se llegará a una asignación de un licitante, que indicará cual de los licitantes tiene el mejor calendario de obra y los mejores costos de ejecución.

Para poder elegir el proceso constructivo del tramo en estudio se analizaron algunas variantes como lo son: la actividad económica del lugar, predominando principalmente la agricultura, pocos habitantes se desempeñan en el comercio de mercancías, los principales beneficiados son los agricultores dedicados a transportar sus productos a otras regiones, además de todos los habitantes de esta región ya que es una vía de comunicación entre varios municipios. En el municipio predomina el clima tropical con lluvias en verano, con temperaturas que oscilan de 19.7°C. a 33.4°C; su flora está constituida por bosque tropical con parota y tepeguaje.

Finalmente con el presente trabajo de investigación, se pudo establecer que el procedimiento constructivo de una vía terrestre es sumamente importante, ya que gracias a el se puede reducir los tiempos de ejecución, disminuir los costos y optimizar los recursos.

## BIBLIOGRAFÍA

AASHO. A. (1965)

Policy on geometric design of rural highways.

Arias Rivera, Carlos. (1984)

Cuaderno de Trabajo de Comportamiento de Suelos.

Ed. Universidad Nacional Autónoma de México UNAM Facultad de Ingeniería.

México.

Board, Highway Research. (1965)

Highway capacity manual.

Caly Mayor, R. (1974)

Ingeniería de Tránsito.

México.

Etcharren, R. (1969)

Manual de caminos vecinales.

México.

Hernández Sampieri, Roberto y cols. (2005)

Metodología de investigación.

Ed. McGraw Hill, México.

Institute of Traffic Engineers. (1965)

Traffic Engineering Handboor

Washinton, D. C.

Mendieta Alatorre, Angeles. (2005)

Métodos de Investigación y Manual Académico

Ed. Porrúa, México.

Mier S., José Alfonso. (1987)

Introducción a la Ingeniería de Caminos

Ed. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (UMSNH). México.

Secretaría de Comunicaciones y Transportes. (1974)

Manual de proyecto geométrico de carreteras.

México.

Secretaría de Obras Públicas. (1971)

Manual de proyecto geométrico de carreteras.

México.

## **OTRAS FUENTES DE INFORMACION.**

Biblioteca de consulta 2003. (Encarta)

<http://www.catarina.udlap.mx/udla/tales/documentos/lic/deujm/>

<http://www.inge.uasnet.mx;2008>

**ANEXOS**

## Anexo A. Volúmenes de obra.

Enseguida se muestran los volúmenes que fueron requeridos para realizar la construcción de la obra.

<b>CAMINO: TEPEHUAJE - GUACAMAYAS</b> <b>ANCHO DE CORONA: 7.0 MTS</b> <b>TRAMO: DEL KM 0+000 AL KM 6+580</b>	<b>UNIVERSIDAD DON VASCO A.C.</b> <b>ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL</b>
--	---

ESTACION	AREAS (m <sup>2</sup> )				VOLUMEN (m <sup>3</sup> )				OCM-1	OCM-2
	EL	C2	CT	SR	EL	C2	CT	SR		
0+000.00		0.79		2.50					100,000	20,000
0+020.00		0.54		2.50		13.30		50.00	100,013	19,950
0+040.00		0.02	1.12	2.28		5.60	11.20	47.80	100,008	19,902
0+060.00			8.71	2.54		0.20	98.30	48.20	99,910	19,854
0+080.00			5.11	2.54			138.20	50.80	99,771	19,803
0+100.00			4.86	2.54			99.70	50.80	99,672	19,752
0+120.00			14.00	2.54			188.60	50.80	99,483	19,702
0+140.00		0.92	3.00	2.82		9.20	170.00	53.60	99,322	19,648
0+160.00		2.13	1.23	2.82		30.50	42.30	56.40	99,310	19,592
0+180.00		6.57		2.85		87.00	12.30	56.70	99,385	19,535
0+200.00		12.87		2.85		194.40		57.00	99,580	19,478
0+220.00		20.11		2.61		329.80		54.60	99,909	19,423
0+240.00		14.39		2.62		345.00		52.30	100,254	19,371
0+260.00		4.43		2.62		188.20		52.40	100,443	19,319
0+280.00		4.10		2.57		85.30		51.90	100,528	19,267
0+300.00			2.65	2.54		41.00	26.50	51.10	100,542	19,216
0+320.00			19.00	2.54			216.50	50.80	100,326	19,165
0+340.00			12.28	2.54			312.80	50.80	100,013	19,114
0+360.00			4.93	2.54			172.10	50.80	99,841	19,063
0+380.00		0.25	5.07	2.49		2.50	100.00	50.30	99,743	19,013
0+400.00		4.35	1.09	2.58		46.00	61.60	50.70	99,728	18,962
0+420.00		4.09	0.53	2.58		84.40	16.20	51.60	99,796	18,911
0+440.00		3.14	1.78	2.58		72.30	23.10	51.60	99,845	18,859
0+460.00		2.85	0.69	2.58		59.90	24.70	51.60	99,880	18,807
0+480.00		3.69	1.16	2.58		65.40	18.50	51.60	99,927	18,756
0+500.00		10.79		2.64		144.80	11.60	52.20	100,061	18,704
0+520.00		24.65		2.85		354.40		54.90	100,415	18,649
0+540.00		38.80		2.97		634.50		58.20	101,049	18,591
0+560.00		10.89	0.02	2.75		496.90	0.20	57.20	101,546	18,533
0+580.00			16.72	2.54		108.90	167.40	52.90	101,488	18,480
0+600.00			10.08	2.54			268.00	50.80	101,220	18,430
0+620.00		0.90	4.21	2.48		9.00	142.90	50.20	101,086	18,379
0+640.00		7.07		2.57		79.70	42.10	50.50	101,123	18,329
0+660.00		10.00		2.62		170.70		51.90	101,294	18,277
0+680.00		7.94		2.62		179.40		52.40	101,473	18,225
0+700.00		5.27		2.62		132.10		52.40	101,606	18,172
0+720.00			10.17	2.54		52.70	101.70	51.60	101,557	18,121
0+740.00			31.07	2.54			412.40	50.80	101,144	18,070
0+760.00			32.55	2.54			636.20	50.80	100,508	18,019
0+780.00			7.83	2.54			403.80	50.80	100,104	17,968
0+800.00		0.53		2.50		5.30	78.30	50.40	100,031	17,918
0+820.00	6.20	7.38	12.41	2.58	62.00	79.10	124.10	50.80	99,986	17,867
0+840.00	5.94	10.95	17.77	2.58	121.40	183.30	301.80	51.60	99,868	17,815
0+860.00	10.87	17.15	32.48	2.58	168.10	281.00	502.50	51.60	99,646	17,764
0+880.00	11.23	16.44	56.85	2.58	221.00	335.90	893.30	51.60	99,089	17,712
0+900.00	11.28	19.94	40.63	2.58	225.10	363.80	974.80	51.60	98,478	17,661
0+920.00	15.29	29.67	55.07	2.58	265.70	496.10	957.00	51.60	98,017	17,609
0+940.00	11.45	8.71	76.46	2.58	267.40	383.80	1,315.30	51.60	97,085	17,557
0+960.00	13.19	4.24	73.40	2.58	246.40	129.50	1,498.60	51.60	95,716	17,506
0+980.00		39.94		2.62	131.90	441.80	734.00	52.00	95,424	17,454
1+000.00		78.62		2.62		1,185.60		52.40	96,610	17,401
1+020.00		84.20		2.62		1,628.20		52.40	98,238	17,349
1+040.00		53.33		2.70		1,375.30		53.20	99,613	17,296
1+060.00		20.99		2.91		743.20		56.10	100,356	17,240
1+080.00		2.35	7.75	2.73		233.40	77.50	56.40	100,512	17,183
1+100.00			21.06	2.54		23.50	288.10	52.70	100,248	17,131
1+120.00			21.08	2.54			421.40	50.80	99,826	17,080
1+140.00			30.95	2.54			520.30	50.80	99,306	17,029
1+160.00			32.64	2.54			635.90	50.80	98,670	16,978
1+180.00			24.36	2.54			570.00	50.80	98,100	16,927
1+200.00			11.64	2.54			360.00	50.80	97,740	16,877
1+220.00		1.39		2.52		13.90	116.40	50.60	97,638	16,826
1+240.00		5.24		2.62		66.30		51.40	97,704	16,775
1+260.00		0.12	1.95	2.51		53.60	19.50	51.30	97,738	16,723
1+280.00		11.80		2.62		119.20	19.50	51.30	97,838	16,672
1+300.00		26.15		2.62		379.50		52.40	98,217	16,620
1+320.00		32.97		2.62		591.20		52.40	98,808	16,567



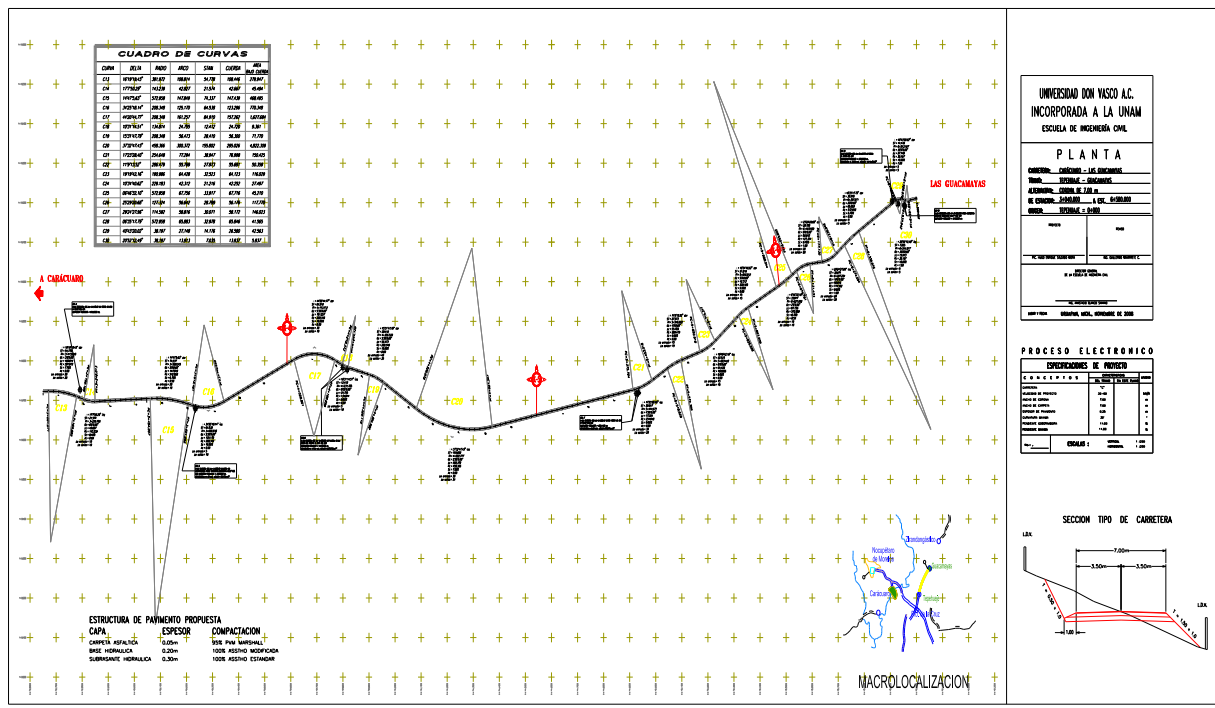
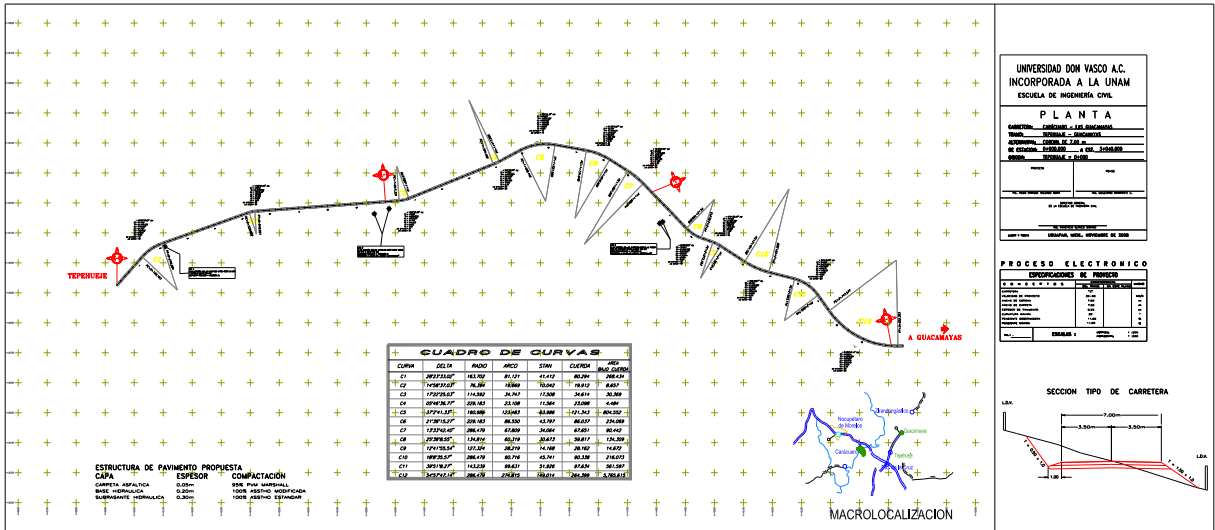
1+340.00		18.33		2.62		513.00		52.40	99,321	16,515
1+360.00		8.28		2.62		266.10		52.40	99,587	16,462
1+380.00		1.05		2.47		93.30		50.90	99,681	16,412
1+400.00			2.71	2.54		10.50	27.10	50.10	99,664	16,361
1+420.00			6.18	2.54			88.90	50.80	99,575	16,311
1+440.00			7.19	2.54			133.70	50.80	99,442	16,260
1+460.00			18.71	2.54			259.00	50.80	99,183	16,209
1+480.00			13.60	2.54			323.10	50.80	98,859	16,158
1+500.00			5.51	2.70			191.10	52.40	98,668	16,106
1+520.00		3.50	1.68	2.82		35.00	71.90	55.20	98,631	16,051
1+540.00		17.12		2.85		206.20	16.80	56.70	98,821	15,994
1+560.00		12.48		2.85		296.00		57.00	99,117	15,937
1+580.00		5.56		2.80		180.40		56.50	99,297	15,880
1+600.00		1.32	0.99	2.82		68.80	9.90	56.20	99,356	15,824
1+620.00		0.24	2.64	2.65		15.60	36.30	54.70	99,335	15,770
1+640.00		3.44		2.55		36.80	26.40	52.00	99,346	15,718
1+660.00		8.07		2.62		115.10		51.70	99,461	15,666
1+680.00		9.02		2.62		170.90		52.40	99,632	15,613
1+700.00		3.80		2.62		128.20		52.40	99,760	15,561
1+720.00			10.34	2.56		38.00	103.40	51.80	99,695	15,509
1+740.00			40.49	2.70			508.30	52.60	99,186	15,457
1+760.00			22.07	2.75			625.60	54.50	98,561	15,402
1+780.00			8.71	2.75			307.80	55.00	98,253	15,347
1+800.00			8.20	2.75			169.10	55.00	98,084	15,292
1+820.00			14.23	2.62			224.30	53.70	97,860	15,238
1+840.00			13.34	2.54			275.70	51.60	97,584	15,187
1+860.00		0.69	0.98	2.51		6.90	143.20	50.50	97,448	15,136
1+880.00		3.62	3.78	2.60		43.10	47.60	51.10	97,443	15,085
1+900.00		9.01	1.77	2.74		126.30	55.50	53.40	97,514	15,032
1+920.00		15.96	0.15	2.79		249.70	19.20	55.30	97,744	14,977
1+940.00		29.46		2.82		454.20	1.50	56.10	98,197	14,920
1+960.00		22.96		2.71		524.20		55.30	98,721	14,865
1+980.00	1.47	8.51	2.65	2.58	14.70	314.70	26.50	52.90	99,009	14,812
2+000.00	4.54	0.43	23.93	2.58	60.10	89.40	265.80	51.60	98,833	14,761
2+020.00	4.23		24.53	2.54	87.70	4.30	484.60	51.20	98,353	14,709
2+040.00		1.38	3.51	2.58	42.30	13.80	280.40	51.20	98,086	14,658
2+060.00		16.68		2.62		180.60	35.10	52.00	98,232	14,606
2+080.00		22.28		2.62		389.60		52.40	98,621	14,554
2+100.00		21.67		2.62		439.50		52.40	99,061	14,501
2+120.00		17.33		2.62		390.00		52.40	99,451	14,449
2+140.00		11.33		2.62		286.60		52.40	99,737	14,397
2+160.00			7.90	2.58		113.30	79.00	52.00	99,772	14,345
2+180.00			9.14	2.76			170.40	53.40	99,601	14,291
2+200.00			9.07	2.77			182.10	55.30	99,419	14,236
2+220.00			3.53	2.81			126.00	55.80	99,293	14,180
2+240.00		1.52	0.42	2.58		15.20	39.50	53.90	99,269	14,126
2+260.00		4.35		2.62		58.70	4.20	52.00	99,323	14,074
2+280.00		2.36		2.91		67.10		55.30	99,390	14,019
2+300.00		14.01		2.81		163.70		57.20	99,554	13,962
2+320.00		16.27		2.62		302.80		54.30	99,857	13,907
2+340.00		5.95		2.57		222.20		51.90	100,079	13,856
2+360.00		0.54	0.29	2.48		64.90	2.90	50.50	100,141	13,805
2+380.00		3.17		2.55		37.10	2.90	50.30	100,175	13,755
2+400.00		7.59		2.70		107.60		52.50	100,283	13,702
2+420.00		10.93		2.82		185.20		55.20	100,468	13,647
2+440.00		8.84		2.82		197.70		56.40	100,666	13,591
2+460.00		5.09		2.77		139.30		55.90	100,805	13,535
2+480.00		2.75	0.52	2.79		78.40	5.20	55.60	100,878	13,479
2+500.00			6.19	2.56		27.50	67.10	53.50	100,839	13,426
2+520.00			4.62	2.54			108.10	51.00	100,731	13,375
2+540.00			3.05	2.54			76.70	50.80	100,654	13,324
2+560.00			6.31	2.52			93.60	50.60	100,560	13,273
2+580.00		0.31	0.08	2.62		3.10	63.90	51.40	100,500	13,222
2+600.00		4.99	0.08	2.85		53.00	1.60	54.70	100,551	13,167
2+620.00		12.37		2.88		173.60	0.80	57.30	100,724	13,110
2+640.00		13.94		2.88		263.10		57.60	100,987	13,052
2+660.00		10.91		2.88		248.50		57.60	101,235	12,995

2+680.00		5.28		2.75		161.90		56.30	101,397	12,938
2+700.00		0.56	1.98	2.58		58.40	19.80	53.30	101,436	12,885
2+720.00			4.15	2.54		5.60	61.30	51.20	101,380	12,834
2+740.00			14.16	2.59			183.10	51.30	101,197	12,783
2+760.00			20.83	2.73			349.90	53.20	100,847	12,729
2+780.00			3.60	2.75			244.30	54.80	100,603	12,675
2+800.00		1.36	1.21	2.76		13.60	48.10	55.10	100,568	12,619
2+820.00		2.41	0.41	2.79		37.70	16.20	55.50	100,590	12,564
2+840.00		1.75	2.06	2.75		41.60	24.70	55.40	100,607	12,509
2+860.00			2.30	2.75		17.50	43.60	55.00	100,581	12,454
2+880.00			10.10	2.75			124.00	55.00	100,457	12,399
2+900.00			11.45	2.75			215.50	55.00	100,241	12,344
2+920.00			14.87	2.75			263.20	55.00	99,978	12,289
2+940.00			24.82	2.75			396.90	55.00	99,581	12,234
2+960.00			26.93	2.45			517.50	52.00	99,064	12,182
2+980.00			22.95	2.75			498.80	52.00	98,565	12,130
3+000.00			29.37	2.75			523.20	55.00	98,042	12,075
3+020.00			22.26	2.67			516.30	54.20	97,525	12,020
3+040.00			11.75	2.54			340.10	52.10	97,185	11,968
3+060.00			3.47	2.62			152.20	51.60	97,033	11,917
3+080.00		7.19		2.79		71.90	34.70	54.10	97,070	11,863
3+100.00		20.06		2.79		272.50		55.80	97,343	11,807
3+120.00		35.62		2.79		556.80		55.80	97,899	11,751
3+140.00		39.21		2.79		748.30		55.80	98,648	11,695
3+160.00		36.04		2.79		752.50		55.80	99,400	11,639
3+180.00		27.96		2.61		640.00		54.00	100,040	11,585
3+200.00		15.07		2.77		430.30		53.80	100,471	11,532
3+220.00		5.03		2.82		201.00		55.90	100,672	11,476
3+240.00		0.04	7.41	2.72		50.70	74.10	55.40	100,648	11,420
3+260.00			18.15	2.54		0.40	255.60	52.60	100,393	11,368
3+280.00			13.91	2.54			320.60	50.80	100,072	11,317
3+300.00			7.67	2.54			215.80	50.80	99,857	11,266
3+320.00		3.17	2.18	2.58		31.70	98.50	51.20	99,790	11,215
3+340.00	2.34	0.28	7.25	2.54	23.40	34.50	94.30	51.20	99,730	11,164
3+360.00	4.83	1.27	9.74	2.54	71.70	15.50	169.90	50.80	99,576	11,113
3+380.00		0.18	14.69	2.54	48.30	14.50	244.30	50.80	99,346	11,062
3+400.00			10.35	2.54		1.80	250.40	50.80	99,097	11,011
3+420.00			3.95	2.54			143.00	50.80	98,954	10,960
3+440.00		3.01	0.35	2.56		30.10	43.00	51.00	98,941	10,909
3+460.00		15.39		2.73		184.00	3.50	52.90	99,122	10,857
3+480.00		0.53	0.30	2.64		159.20	3.00	53.70	99,278	10,803
3+500.00			16.25	2.69		5.30	165.50	53.30	99,118	10,750
3+520.00		0.25	0.49	2.69		2.50	167.40	53.80	98,953	10,696
3+540.00			9.95	2.69		2.50	104.40	53.80	98,851	10,642
3+560.00			20.87	2.69			308.20	53.80	98,543	10,588
3+580.00			25.62	2.69			464.90	53.80	98,078	10,534
3+600.00			27.50	2.64			531.20	53.30	97,547	10,481
3+620.00			37.08	2.81			645.80	54.50	96,901	10,427
3+640.00			36.09	2.81			731.70	56.20	96,169	10,370
3+660.00			18.06	2.81			541.50	56.20	95,628	10,314
3+680.00			12.46	2.81			305.20	56.20	95,322	10,258
3+700.00			9.33	2.81			217.90	56.20	95,105	10,202
3+720.00		2.43		2.84		24.30	93.30	56.50	95,036	10,145
3+740.00		20.09		2.76		225.20		56.00	95,261	10,089
3+760.00		45.16		2.62		652.50		53.80	95,913	10,035
3+780.00		61.87		2.62		1070.30		52.40	96,984	9,983
3+800.00		50.37		2.62		1122.40		52.40	98,106	9,931
3+820.00		38.62		2.62		889.90		52.40	98,996	9,878
3+840.00		26.33		2.62		649.50		52.40	99,645	9,826
3+860.00		26.92		2.62		532.50		52.40	100,178	9,773
3+880.00		24.79	1.20	2.58		517.10	12.00	52.00	100,683	9,721
3+900.00		6.32		2.56		311.10	12.00	51.40	100,982	9,670
3+920.00			14.81	2.54		63.20	148.10	51.00	100,897	9,619
3+940.00	3.85	0.38	19.25	2.58	38.50	3.80	340.60	51.20	100,560	9,568
3+960.00		0.05	8.87	2.47	38.50	4.30	281.20	50.50	100,283	9,517
3+980.00			15.17	2.54		0.50	240.40	50.10	100,044	9,467
4+000.00	3.53		22.03	2.54	35.30		372.00	50.80	99,672	9,416

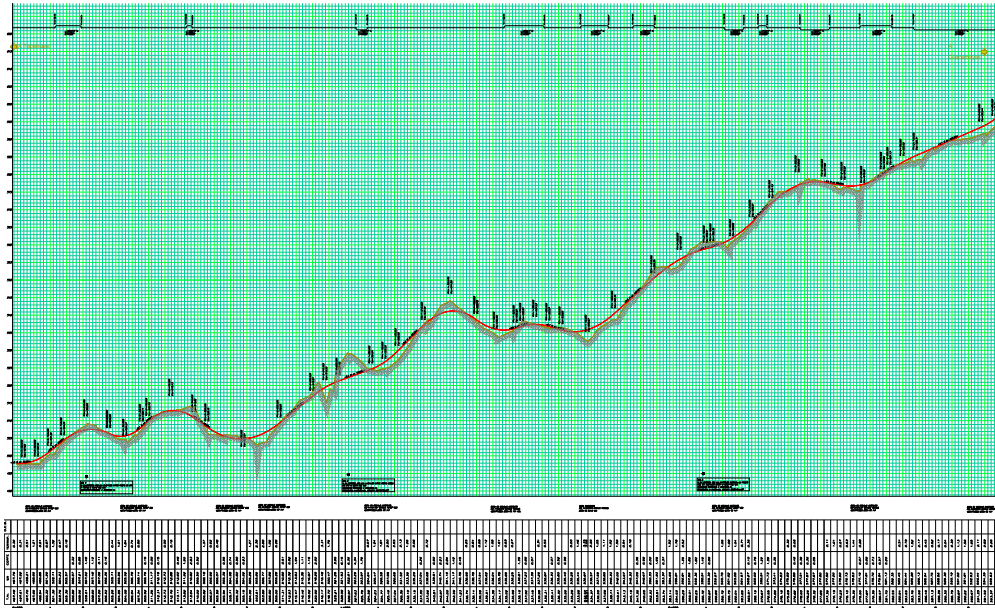
4+020.00	2.89		22.05	2.59	64.20		440.80	51.30	99,231	9,365
4+040.00	3.84	0.67	32.79	2.81	67.30	6.70	548.40	54.00	98,689	9,311
4+060.00	1.39	18.99	3.38	2.85	52.30	196.60	361.70	56.60	98,524	9,255
4+080.00		16.85	10.30	2.85	13.90	358.40	136.80	57.00	98,746	9,198
4+100.00		2.01	14.77	2.85		188.60	250.70	57.00	98,683	9,141
4+120.00	3.27	0.55	21.86	2.85	32.70	25.60	366.30	57.00	98,343	9,084
4+140.00			22.78	2.81	32.70	5.50	446.40	56.60	97,902	9,027
4+160.00			38.80	2.81			615.80	56.20	97,286	8,971
4+180.00			35.06	2.81			738.60	56.20	96,547	8,915
4+200.00			16.17	2.54			512.30	53.50	96,035	8,861
4+220.00			6.37	2.70			225.40	52.40	95,810	8,809
4+240.00		4.87		2.82		48.70	63.70	55.20	95,795	8,753
4+260.00		17.27		2.62		221.40		54.40	96,016	8,699
4+280.00		22.07		2.62		393.40		52.40	96,410	8,647
4+300.00		21.45		2.62		435.20		52.40	96,845	8,594
4+320.00		16.57		2.69		380.20		53.10	97,225	8,541
4+340.00		3.32		2.83		198.90		55.20	97,424	8,486
4+360.00		9.75		2.88		130.70		57.10	97,555	8,429
4+380.00		13.61		2.79		233.60		56.70	97,788	8,372
4+400.00		6.75		2.61		203.60		54.00	97,992	8,318
4+420.00		0.14	0.47	2.52		68.90	4.70	51.30	98,056	8,267
4+440.00			6.41	2.54		1.40	68.80	50.60	97,989	8,216
4+460.00			11.65	2.54			180.60	50.80	97,808	8,165
4+480.00			11.61	2.54			232.60	50.80	97,575	8,115
4+500.00			6.16	2.54			177.70	50.80	97,398	8,064
4+520.00		2.34	1.97	2.62		23.40	81.30	51.60	97,340	8,012
4+540.00		1.25	3.92	2.74		35.90	58.90	53.60	97,317	7,959
4+560.00		1.74	2.07	2.76		29.90	59.90	55.00	97,287	7,904
4+580.00		1.95	4.27	2.76		36.90	63.40	55.20	97,260	7,848
4+600.00		11.62		2.79		135.70	42.70	55.50	97,353	7,793
4+620.00		14.81		2.79		264.30		55.80	97,618	7,737
4+640.00		15.70		2.79		305.10		55.80	97,923	7,681
4+660.00		7.83		2.79		235.30		55.80	98,158	7,626
4+680.00		1.08	0.32	2.70		89.10	3.20	54.90	98,244	7,571
4+700.00		6.20	1.50	2.76		72.80	18.20	54.60	98,298	7,516
4+720.00		0.64	7.41	2.76		68.40	89.10	55.20	98,278	7,461
4+740.00		12.23		2.79		128.70	74.10	55.50	98,332	7,405
4+760.00		20.68		2.79		329.10		55.80	98,661	7,350
4+780.00		27.28		2.79		479.60		55.80	99,141	7,294
4+800.00		38.93		2.79		662.10		55.80	99,803	7,238
4+820.00		22.63		2.74		615.60		55.30	100,419	7,183
4+840.00		11.77		2.64		344.00		53.80	100,763	7,129
4+860.00		4.21		2.10		159.80		47.40	100,923	7,081
4+880.00		0.09	5.33	2.53		43.00	53.30	46.30	100,912	7,035
4+900.00			12.58	2.54		0.90	179.10	50.70	100,734	6,984
4+920.00			20.01	2.54			325.90	50.80	100,408	6,934
4+940.00		3.33	1.44	2.58		33.30	214.50	51.20	100,227	6,882
4+960.00		17.68		2.62		210.10	14.40	52.00	100,423	6,830
4+980.00		22.72		2.62		404.00		52.40	100,827	6,778
5+000.00		25.96		2.62		486.80		52.40	101,313	6,726
5+020.00		14.95		2.62		409.10		52.40	101,723	6,673
5+040.00		3.67		2.55		186.20		51.70	101,909	6,622
5+060.00		3.58		2.62		72.50		51.70	101,981	6,570
5+080.00		0.24	3.28	2.54		38.20	32.80	51.60	101,987	6,518
5+100.00		0.05	7.45	2.54		2.90	107.30	50.80	101,882	6,467
5+120.00		3.19	0.09	2.58		32.40	75.40	51.20	101,839	6,416
5+140.00		9.99		2.62		131.80	0.90	52.00	101,970	6,364
5+160.00		12.76		2.62		227.50		52.40	102,198	6,312
5+180.00		11.82		2.62		245.80		52.40	102,443	6,259
5+200.00		11.03		2.62		228.50		52.40	102,672	6,207
5+220.00			23.42	2.54		110.30	234.20	51.60	102,548	6,155
5+240.00			9.58	2.54			330.00	50.80	102,218	6,105
5+260.00		2.94	0.01	2.62		29.40	95.90	51.60	102,152	6,053
5+280.00		8.92		2.62		118.60	0.10	52.40	102,270	6,001
5+300.00		4.07		2.51		129.90		51.30	102,400	5,949
5+320.00		0.05	4.23	2.53		41.20	42.30	50.40	102,399	5,899
5+340.00		0.08	2.33	2.53		1.30	65.60	50.60	102,335	5,848

5+360.00		6.92		2.61		70.00	23.30	51.40	102,381	5,797
5+380.00		8.06		2.77		149.80		53.80	102,531	5,743
5+400.00		3.99	0.97	2.82		120.50	9.70	55.90	102,642	5,687
5+420.00		1.32	1.55	2.82		53.10	25.20	56.40	102,670	5,631
5+440.00			11.05	2.78		13.20	126.00	56.00	102,557	5,575
5+460.00			6.19	2.57			172.40	53.50	102,385	5,521
5+480.00		4.52	0.71	2.58		45.20	69.00	51.50	102,361	5,470
5+500.00		4.51		2.62		90.30	7.10	52.00	102,444	5,418
5+520.00		8.42		2.75		129.30		53.70	102,573	5,364
5+540.00		24.22		2.85		326.40		56.00	102,900	5,308
5+560.00		22.22		2.85		464.40		57.00	103,364	5,251
5+580.00		14.81		2.64		370.30		54.90	103,734	5,196
5+600.00		18.11		2.62		329.20		52.60	104,064	5,144
5+620.00		8.80		2.56		269.10		51.80	104,333	5,092
5+640.00			11.69	2.54		88.00	116.90	51.00	104,304	5,041
5+660.00		0.02	9.61	2.76		0.20	213.00	53.00	104,091	4,988
5+680.00		3.58	1.41	2.82		36.00	110.20	55.80	104,017	4,932
5+700.00		16.64		2.85		202.20	14.10	56.70	104,205	4,875
5+720.00		8.43		2.66		250.70		55.10	104,456	4,820
5+740.00		8.94		2.62		173.70		52.80	104,629	4,767
5+760.00		12.53		2.62		214.70		52.40	104,844	4,715
5+780.00		1.60	2.73	2.58		141.30	27.30	52.00	104,958	4,663
5+800.00		1.01	5.25	2.58		26.10	79.80	51.60	104,904	4,611
5+820.00		0.59	6.44	2.60		16.00	116.90	51.80	104,803	4,560
5+840.00			10.33	2.78		5.90	167.70	53.80	104,642	4,506
5+860.00			10.01	2.78			203.40	55.60	104,438	4,450
5+880.00			9.83	2.54			198.40	53.20	104,240	4,397
5+900.00			8.40	2.54			182.30	50.80	104,057	4,346
5+920.00			5.15	2.54			135.50	50.80	103,922	4,295
5+940.00			6.20	2.54			113.50	50.80	103,808	4,245
5+960.00			7.52	2.54			137.20	50.80	103,671	4,194
5+980.00			2.39	2.54			99.10	50.80	103,572	4,143
6+000.00		19.91		2.76		199.10	23.90	53.00	103,747	4,090
6+020.00		38.04		2.76		579.50		55.20	104,327	4,035
6+040.00		19.50		2.76		575.40		55.20	104,902	3,980
6+060.00		24.03		2.63		435.30		53.90	105,338	3,926
6+080.00		28.45		2.78		524.80		54.10	105,862	3,872
6+100.00		18.49		2.91		469.40		56.90	106,332	3,815
6+120.00		8.81		2.91		273.00		58.20	106,605	3,757
6+140.00		1.03	1.46	2.60		98.40	14.60	55.10	106,689	3,701
6+160.00			10.33	2.54		10.30	117.90	51.40	106,581	3,650
6+180.00			18.57	2.67			289.00	52.10	106,292	3,598
6+200.00			21.78	2.84			403.50	55.10	105,888	3,543
6+220.00			27.64	2.84			494.20	56.80	105,394	3,486
6+240.00			21.26	2.62			489.00	54.60	104,905	3,431
6+260.00			6.91	2.25			281.70	48.70	104,624	3,383
6+280.00		0.52	0.45	2.63		5.20	73.60	48.80	104,555	3,334
6+300.00		5.69		2.76		62.10	4.50	53.90	104,613	3,280
6+320.00		7.10		2.76		127.90		55.20	104,741	3,225
6+340.00		9.61		2.69		167.10		54.50	104,908	3,170
6+360.00		15.37		2.62		249.80		53.10	105,158	3,117
6+380.00		16.88		2.62		322.50		52.40	105,480	3,065
6+400.00		17.50		2.62		343.80		52.40	105,824	3,012
6+420.00		25.65		2.62		431.50		52.40	106,255	2,960
6+440.00		32.97		2.62		586.20		52.40	106,842	2,908
6+460.00		32.80		2.62		657.70		52.40	107,499	2,855
6+480.00		0.01	9.05	2.54		328.10	90.50	51.60	107,737	2,804
6+500.00			58.73	2.94		0.10	677.80	54.80	107,059	2,749
6+520.00			31.53	3.11			902.60	60.50	106,157	2,688
6+540.00		0.23	11.07	3.00		2.30	426.00	61.10	105,733	2,627
6+560.00			1.91	2.54		2.30	129.80	55.40	105,605	2,572
6+580.00		0.42	0.01	2.51		4.20	19.20	50.50	105,590	2,521
<b>TOTALES (m³)</b>					<b>2,433</b>	<b>52,292</b>	<b>46,701</b>	<b>17,479</b>		

Anexo B. Planta del tramo



### Anexo C. Perfiles del tramo



UNIVERSIDAD DON VASCO A.C.  
INCORPORADA A LA UNAM  
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

**PERFIL**

CARRERA: INGENIERIA DE LA CONSTRUCCION  
MATERIA: ESTADISTICA-GRAFICAS  
ALUMNO: CARLOS DE JESUS M.  
DE ESTADISTICA: CARLOS DE JESUS M.  
CATEDRA: ESTADISTICA - I 2009

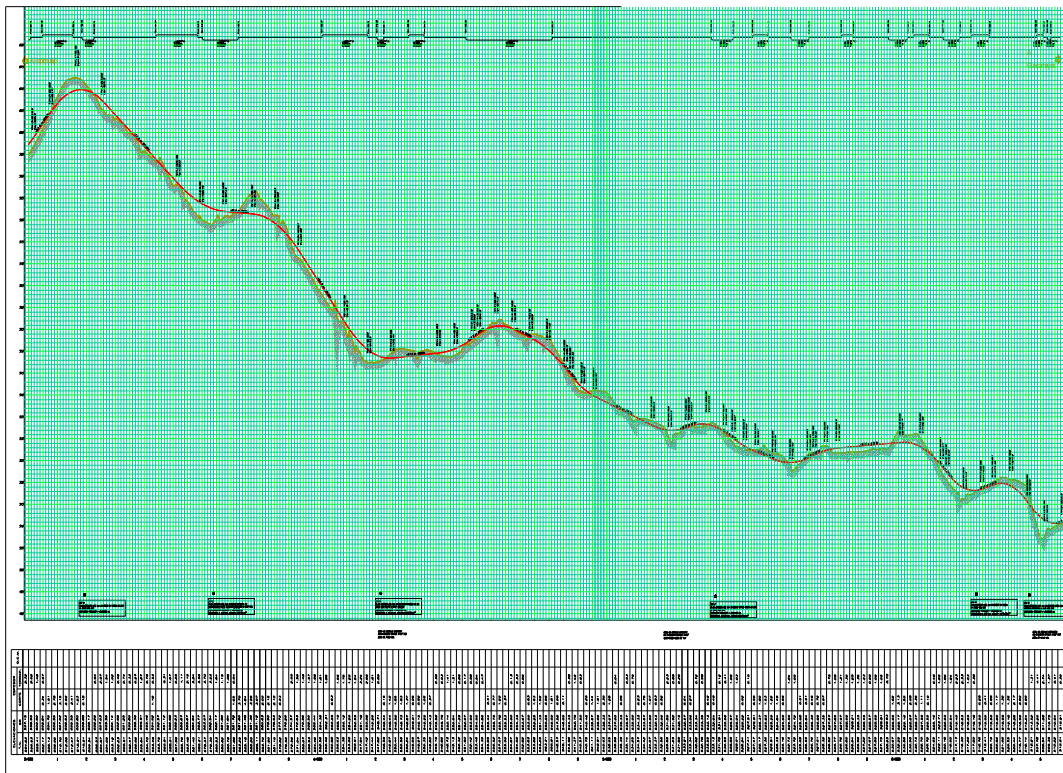
PROCESO ELECTRONICO

ESPECIFICACIONES DE PROYECTO	
Alcance	1:500
Formato	A3
Fecha	15/11/2009
Escalas	1:500

CANTIDADES DE OBRA

TERRACERIAS	
Excavacion	1.50
Replanteo	1.50
Despeje	1.50
Asfalto	1.50
Grava	1.50
Acera	1.50
Alcantarilla	1.50
Iluminacion	1.50
Arbolado	1.50
Señalizacion	1.50
Alcantarilla	1.50
Iluminacion	1.50
Arbolado	1.50
Señalizacion	1.50

ACEROS PARA TERRACERIAS



UNIVERSIDAD DON VASCO A.C.  
INCORPORADA A LA UNAM  
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

**PERFIL**

CARRERA: INGENIERIA DE LA CONSTRUCCION  
MATERIA: ESTADISTICA-GRAFICAS  
ALUMNO: CARLOS DE JESUS M.  
DE ESTADISTICA: CARLOS DE JESUS M.  
CATEDRA: ESTADISTICA - I 2009

PROCESO ELECTRONICO

ESPECIFICACIONES DE PROYECTO	
Alcance	1:500
Formato	A3
Fecha	15/11/2009
Escalas	1:500

CANTIDADES DE OBRA

TERRACERIAS	
Excavacion	1.50
Replanteo	1.50
Despeje	1.50
Asfalto	1.50
Grava	1.50
Acera	1.50
Alcantarilla	1.50
Iluminacion	1.50
Arbolado	1.50
Señalizacion	1.50
Alcantarilla	1.50
Iluminacion	1.50
Arbolado	1.50
Señalizacion	1.50

ACEROS PARA TERRACERIAS

## Anexo D. Secciones Tipo

