



**UNIVERSIDAD MICHOACANA DE
SAN NICOLAS DE HIDALGO**

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL



**“ESTUDIO DEL PROYECTO EJECUTIVO DEL CAMINO ETÚCUARO-
PARRITAS DEL KM 3+000 AL 9+000 EN EL MUNICIPIO DE VILLA MADERO
MICHOACAN”**

TESIS

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERO CIVIL**

**PRESENTA:
URIEL BALTAZAR MÉNDEZ**

**ASESOR:
DR. JORGE ALARCON IBARRA**

MORELIA MICHOACÁN; JULIO, 2013

ÍNDICE GENERAL

INTRODUCCIÓN.....	1
ANTECEDENTES	3
OBJETIVOS	7
 CAPÍTULO 1	
DATOS GENERALES DE LA REGIÓN DEL PROYECTO.....	8
1.1.- GENERALIDADES.....	8
 CAPÍTULO 2	
TOPOGRAFÍA DEL LUGAR	12
2.1.- ESTUDIOS INICIALES.	12
2.2.- REGISTRO DE NÍVEL	13
2.3.- SECCIONES DE T.N.....	17
2.4.- REGISTRO DE TRAZO	18
2.5.- REFERENCIAS DE TRAZO	24
2.6 REGISTRO DE DRENAJE	24
2.7.- PROYECTO GEOMÉTRICO	31
2.8.-SECCIONES DE TERRENO NATURAL.....	317
 CAPÍTULO 3	
GEOTECNIA	48
GENERALIDADES	48
3.1.- EXPLORACIÓN Y MUESTREO	49
3.1.1.- PERFILES ESTRATIGRAFICOS.....	49
3.2.- ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS.....	52
3.2.1.- TRABAJOS DE LABORATORIO	56
3.2.2.- TRABAJOS RECOMENDADOS EN BASE AL TIPO DE SUELO ENCONTRADO:	57
3.2.3.-OBRAS DE DRENAJE	59
3.2.3.1.-OBRAS DE DRENAJE MENOR.	59
3.2.3.2.- TRABAJOS RECOMENDADOS PARA LA FORMACION DE TERRAPLENES.	59
3.3.- CALIDAD DE MATERIALES PARA TERRACERIAS.....	60
3.4.- ESTABILIDAD DE TALUDES	66
3.4.1.- MÉTODO DE FELLENIOUS.....	67
3.4.2.- ESTUDIO DE ESTABILIDAD DE TALUDES	70
3.4.3.- OBSERVACION DEL ESTUDIO DE ESTABILIZACION DE TALUDES	73
 CAPÍTULO 4	
DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO	76
4.1.- AFORO ETÚCUARO KM 3+000	77
4.2.- AFORO ETUCUARO KM 9+150.00	84
4.3.- ESTUDIO DE TDPA	90
4.4.- DISEÑO DE PAVIMENTO CON DISPAV 5. MÉTODO DE LA UNAM	91
4.4.1.- PARÁMETROS REQUERIDOS POR EL PROGRAMA.	91
4.4.1.1.- TIPO DE CARRETERA.....	91

4.4.1.2.- TRANSITO DE PROYECTO.....	92
4.4.1.3.- CAPAS CONSIDERADAS.	92
4.4.1.4.- VALOR RELATIVO DE SOPORTE CRÍTICO (VRSZ).	92
4.4.1.5.- MÓDULOS ELÁSTICOS DE LAS CAPAS NO ESTABILIZADAS.	93
4.4.1.6.- MODULO DE RIGIDEZ DE LA CARPETA.	93
4.4.1.7.- RELACIÓN DE POISSON.	93
4.4.1.8.- NIVEL DE CONFIANZA DE PROYECTO.....	94
4.4.2.- MEMORIA DE CÁLCULO	94
4.4.2.1.- DISEÑO DE PAVIMENTO DEL CADENAMIENTO 3+000 AL 7+000	94
4.4.2.2.- DISEÑO DE PAVIMENTO DEL CADENAMIENTO 7+000 AL 9+000	96
4.4.3.-DATOS Y RESULTADOS DEL DISEÑO	98

CAPÍTULO 5

ESTUDIOS COMPLEMENTARIOS	99
5.1 ESTUDIO DE DRENAJE.....	99
5.1.1.- OBRAS DE DRENAJE MENOR	100
5.2.- UBICACIÓN DE LAS OBRAS DE DRENAJE MENOR.....	101
5.3.- OBRAS DE DRENAJE TIPO.....	104
5.4.- DETERMINACION DE LAS AREAS DE LA CUENCA.....	107

CAPÍTULO 6

6.-CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	9913
6.1.-CONCLUSIONES	9913
6.2.- RECOMENDACIONES	9915
BIBLIOGRAFIA.....	9917

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.- clasificación de tipos de camino de acuerdo a su topografía.	6
Tabla 2.1.- coordenadas en utm de la brecha existente.	13
Tabla 2.2.- formato de registro de nivel con las elevaciones correspondientes a cada veintena y puntos importantes, así como la ubicación del banco de nivel de inicio.	15
Tabla 2.3.- cálculo de la comprobación aritmética (check) que le corresponde a cada nivelación entre cada banco de nivel, en este caso para el b.n. 3 a b.n. 3-1.	16
Tabla 2.4. distancias izquierdas y derechas con la elevación de t.n correspondiente.	17
Tabla 2.5.- croquis y datos de los elementos de las curvas y tangentes que se presentan del km 2+900 al 3+119.27. se presenta la geometría de tangente a una curva circular con espirales.	18
Tabla 2.6.- registro de trazo del km 3+120 al 3+300. donde se presenta una curva circular con espiral.	19
Tabla 2.7.- registro de trazo del km 3+780 al 3+960 donde se presenta una curva circular con espiral y una curva circular simple.	20
Tabla 2.8.- registro de trazo del km 6+821.68 al 7+046.74. donde se presenta una curva circular simple.	21
Tabla 2.9.- registro de trazo del km 8+120 al 8+252.91. donde se presenta una curva circular simple.	22
Tabla 2.10.- registro de trazo del km 9+110.6 al 9+283.3. donde se presentan dos curvas circulares simples separadas por una tangente libre.	23
Tabla 2.11. referencias de trazo definitivo. en esta tabla se presentan los puntos de referencia, ángulos y distancias necesarias para ubicar cada una de las referencias de trazo.	25
Tabla 2.12.- registro de drenaje del cl 3+400.07 que contiene las elevaciones de su sección transversal al eje, con un esviaje normal en tangente y un dren hacia la derecha en el sentido del cadenamamiento.	27
Tabla 2.13.- registro de drenaje de la obra con cl en 3+068.46 con sus elevaciones de la sección transversal al eje, en este caso el esviaje es radial en tangente y con un dren hacia la derecha en el sentido del cadenamamiento.	28
Tabla 2.14.- registro de drenaje de la obra con cl en 6+091.50 con sus elevaciones de su sección transversal al eje, en este caso el esviaje es 31°27'47" izquierda y con un dren hacia la izquierda en el sentido del cadenamamiento.	29
Tabla 2.15.- registro de drenaje de la obra con cl en 8+698.04 con sus elevaciones de la sección transversal al eje, en éste caso el esviaje es de 24°40'00" derecha y con un dren hacia la izquierda en el sentido del cadenamamiento.	30
Tabla 3.1.- tabla de resultados de los ensayos realizados en los cadenamamientos del km 3+200, 3+700, 4+200, 4+700.	53
Tabla 3.2.- tabla de resultados de los ensayos realizados en los cadenamamientos 5+200, 5+700, 6+200, 6+700.	54
Tabla 3.3.- tabla de resultados de los ensayos realizados en los cadenamamientos 7+200, 7+700, 8+200, 8+700.	55

Tabla 3.4.- informe de calidad del material del banco de préstamo no. 1.....	61
Tabla 3.5.- informe de calidad del material de banco de préstamo no. 2.....	62
Tabla 3.6.- informe de calidad del material de banco de préstamo no. 3.....	63
Tabla 3.7.- informe de calidad del material de banco de préstamo no. 4.....	64
Tabla 3.8.- bancos de material recomendados para la formación de las capas de la estructura del pavimento.	65
Tabla 3.9.- cálculo para de estabilidad de taludes para 0.75:1.0.	71
Tabla 3.10.- cálculo para de estabilidad de taludes para 0.5:1.	72
Tabla 4.1.- clasificación vehicula de acuerdo a la sct	77
Tabla 4.2.- aforo del día 11/07/2011	78
Tabla 4.3.- aforo del día 12/07/2011	80
Tabla 4.4.- aforo del día 13/07/2011	82
Tabla 4.5.- aforo del día 11/07/2011	84
Tabla 4.6.- aforo del día 12/07/2011	86
Tabla 4.7.- aforo del día 13/07/2011	88
Tabla 4.8.- resumen de estudio de aforo vehicular.	90
Tabla 5.1.- relación de obras de drenaje propuestas a lo largo del tramo.	103
Tabla 5.1.- hoja de cálculo del área necesaria por el método talbot.	111
Tabla 5.2.- valores de coeficiente k de acuerdo al tipo de terreno.....	110

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1.1.- Macro localización de la regio de etúcuaro.	9
FIGURA 1.2.- Micro localización del tramo de etúcuaro parritas.....	10
FIGURA 1.3.- Fotografía de la brecha existente y topógrafo visando puntos. ..	10
FIGURA 1.4.- Prespectiva del lugar en estudio.....	122
FIGURA 2.1.- Topografía de la brecha existente a partir del km 3+000.....	12
FIGURA 2.2.- Representación grafica de la medición con un nivel topográfico.	13
FIGURA 2.3.- Medición con nivel topográfico cuando se presenta un cambio de aparato.	14
FIGURA 2.4.- Caja de mampostería para alcantarilla con tubo corrugado de polietileno de 1.20 Ø.	26
FIGURA 2.5.- Losa de concreto armado para librar una obra de drenaje mayor.	26
FIGURA 2.6.- Se muestra la planta general con su respectivo cadenamamiento del eje de proyecto, elementos de las curvas, curvas de nivel, brecha existente, referencias de trazo y localización de los bancos de nivel.	32
FIGURA 2.7.- Planta de km del km 3+00.00 a 4+000.00	33
FIGURA 2.8.- Planta de km del km 4+000.00 a 5+000.00 donde se encuentran los datos que le corresponden a su kilometraje.	34
FIGURA 2.9.- Planta de km del km 5+000.00 a 6+000.00 donde se encuentran los datos que le corresponden a su kilometraje.	34
FIGURA 2.10.- Planta de km del km 6+000.00 a 7+000.00 donde se encuentran los datos que le corresponden a su kilometraje.	35
FIGURA 2.11.- Planta de km del km 7+000.00 a 8+000.00 donde se encuentran los datos que le corresponden a su kilometraje.	35
FIGURA 2.12.- Planta de km del km 8+000.00 a 9+000.00 donde se encuentran los datos que le corresponden a su kilometraje.	36
FIGURA 2.13.- Planta de km del km 9+000.00 a 9+300.00 donde se encuentran los datos que le corresponden a su kilometraje	36
FIGURA 2.14.- Perfil general	37
FIGURA 2.15.- Secciones de terreno natural del km 2+900 a 3+700.	39
FIGURA 2.16.- Secciones de terreno natural del km 3+720 a 4+393.	39
FIGURA 2.17.- Secciones de terreno natural del km 4+400 a 5+460.	40
FIGURA 2.18.- Secciones de terreno natural del km 5+480 a 6+180.	40
FIGURA 2.19.- Secciones de terreno natural del km 6+200 a 6+800.	41
FIGURA 2.20.- Secciones de terreno natural del km 6+820 a 7+120.	41
FIGURA 2.21.- Secciones de terreno natural del km 7+140 a 7+450	42
FIGURA 2.22.- Secciones de terreno natural del km 7+460 a 7+660	42
FIGURA 2.23.- Secciones de terreno natural del km 7+680 a 7+840.	43
FIGURA 2.24.- Secciones de terreno natural del km 7+860 a 8+060	43
FIGURA 2.25.- Secciones de terreno natural del km 8+080 a 8+120.	44
FIGURA 2.26.- Secciones de terreno natural del km 8+140 a 8+180	44
FIGURA 2.27.- Secciones de terreno natural del km 8+200 a 8+300.	45
FIGURA 2.28.- Secciones de terreno natural del km 8+320 a 8+360	46
FIGURA 2.29.- Secciones de terreno natural del km 8+380 a 8+520	46
FIGURA 2.30.- Secciones de terreno natural del km 8+540 a 8+840	47

FIGURA 2.31.- Secciones de terreno natural del km 8+860 a 9+284.	47
FIGURA 3.1.- Tipos de deslizamientos rotacionales.....	66
FIGURA 3.2.- Tipos de deslizamientos en laderas.	67
FIGURA 3.4.- Análisis unitario de las dovelas.....	68
FIGURA 3.5.- Análisis de cambio de estratigrafía en talud, en la zona de estudio.....	74
FIGURA 3.6.- Análisis de cambio de estratigrafía en talud, en la zona de estudio.....	74
FIGURA 3.7.- Análisis de cambio de estratigrafía en talud, en la zona de estudio.....	75
FIGURA 5.1.- Secciones tipo de las obras de drenaje.....	105
FIGURA 5.2.- Vista preliminar de la totalidad del tramo en estudio por el cual se ubicaron las obras de drenaje. (vista desde google eath en base a las coordenadas en geográficas).	106
FIGURA 5.3.- Imagen del tramo en estudio desde el km 3+000 siguiendo la brecha existente por la cual se ubicaron las obras de drenaje. (vista desde google eath en base a las coordenadas en geográficas).	106
FIGURA 5.4.- Imagen de la topografía preliminar del tramo en estudio, vista desde el km 9+000 que es el final del cadenamiento del tramo en estudio. (vista desde google eath en base a las coordenadas en geográficas).	107
FIGURA 5.5.- Mapa de cuencas que pasan por el eje de proyecto y tabla de áreas.	108

INTRODUCCIÓN

Los caminos surgieron como respuesta al impulso del hombre por alcanzar mejores condiciones de vida. La palabra camino proviene del celtolatio *camminus*, y significa tierra hollada por donde se transita habitualmente. De lo anterior se tiene un principio de definición de camino, que es: tierra pisada con tanta persistencia que permite el tránsito de un lugar a otro, sin mayores esfuerzos y sin perder el rumbo (Damián M. 2006).

Desde la antigüedad la construcción de 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. en el siglo I d.C. el geógrafo griego Estrabón registró un sistema de carreteras que partían de la antigua babilonia; los escritos de Herodoto, historiador griego del siglo V a.C., mencionan las vías construidas en Egipto para transportar los materiales con los que construyeron las pirámides (Damián M. 2006).

De las carreteras aun existentes, las más antiguas fueron construidas por los romanos. La Vía Apia empezó a construirse alrededor del 312 a.C. las calzadas romanas tenían un espesor de 90 a 120 cm y estaban compuestas por tres capas de piedras argamasadas cada vez más finas, con una capa de bloques de piedras encajadas en la parte superior (Damián M. 2006).

Durante las tres primeras décadas del siglo XIX, dos ingenieros británicos, Thomas Telford y John Loudon Mcdam, y un ingeniero de caminos francés, Pierre-Marrie-Jerome Tresaguet, perfeccionaron los métodos y técnicas de construcción con carreteras. El sistema de Telford implicaba cavar una zanja e instalar cimientos de roca pesada. Los cimientos se levantaban en el centro para que la carretera se inclinara hacia los bordes permitiendo el desagüe. La parte superior de la carretera consistía en una capa de 15 cm de piedra quebrada compacta (Damián M. 2006).

McAdam mantenía que la tierra bien drenada soportaría cualquier carga. En el método de construcción de carreteras de McAdam, la capa final de piedra quebrada se colocaba directamente sobre un cimientado de tierra que se eleva sobre el terreno circundante para asegurarse que el cimientado desaguaba. El sistema de McAdam, llamado “macadamización”, se adoptó en casi todas partes, sobre todo en Europa. Sin embargo, los cimientados de tierra de las carreteras macadamizadas no pudieron soportar los camiones pesados que se utilizaron en la I Guerra Mundial. Como resultado, para construir carreteras de carga pesada se adoptó el sistema de Telford (Damián M. 2006).

La popularidad de la bicicleta, que comenzó en la década de 1880, y la introducción del automóvil 10 años más tarde, llevó a la necesidad de tener más y mejores carreteras. El considerable aumento del tráfico de automóviles durante la siguiente década demostró la ineficacia de los viejos métodos de pavimentación.

Durante la I Guerra Mundial, la construcción de carreteras influía el drenaje de subsuelo, una cimentación adecuada, una base de hormigón y una capa superficial adicional de hormigón o pavimento bituminoso para soportar el repentino aumento de tráfico pesado (Damián M. 2006).

Para cualquier país una de las principales fuentes de desarrollo es su infraestructura carretera, esto debido a que se conectan los grandes centros de población y las zonas industriales, a su vez proporcionan al campo una vía comercial para los productos agrícolas y ganaderos.

Debido a la importancia que tienen las carreteras para cada país, es importante construirlas con la calidad debida, pues el éxito en el transporte de bienes o servicios depende en gran medida de la situación del viaje en su medio principal de traslado, así como el de las carreteras.

La estructura de la carretera está formada por un conjunto de capas sensiblemente horizontales, de diferentes espesores y calidades, las cuales soportan de manera adecuada las cargas y permiten la circulación de vehículos de manera rápida, cómoda y segura, permaneciendo sus características a lo largo del tiempo, con un mantenimiento adecuado.

Sin embargo, la situación física de las carreteras en México, es sin duda alguna, inadecuada para el paso constante de automóviles, transporte de pasajeros o de carga.

Los daños que presentan los pavimentos son en general, gran cantidad de baches, deformaciones, así como poca durabilidad. Lo que ocasiona un costo elevado de mantenimiento, demora en el tránsito de mercancías de los centros de producción a los centros de consumo, daños en los vehículos, congestionamiento y pérdida de tiempo, así como gran cantidad de accidentes.

ANTECEDENTES

El avance tecnológico permanente en que se encuentra la ingeniería de Vías Terrestres, los múltiples problemas que se presentan en la construcción y mantenimiento de la infraestructura carretera, portuaria, ferroviaria, aeroportuaria, etc., y la necesidad de brindar soluciones económicas de calidad, que garanticen una adecuada y eficiente operación de los sistemas anteriores, crean la necesidad de investigar con profundidad cada uno de los elementos fundamentales que constituyen cada sistema: las estructuras que los integran, (como pavimentos, puentes, alcantarillas, etc.).

La infraestructura carretera es indispensable para el desarrollo de México, dado el planeamiento del desarrollo económico y la necesidad de enlazar las principales ciudades y los entornos urbanos a través de vías rápidas, cómodas y seguras.

Ante ello, México ha adoptado una política resumida en elevar la cobertura, calidad y competitividad de su infraestructura, con el aprovechamiento de su posición geográfica y los tratados internacionales. El desarrollo de las redes de transporte y el crecimiento urbano son innegables. Las áreas donde se instalan y desarrollan sistemas de transporte (carreteras, ferrocarril, metro, etc.) son las preferidas para la expansión urbana; estos espacios experimentan, cambios en los usos del suelo e instalación de actividades urbanas diferentes a las anteriores, respondiendo a las nuevas dotaciones de accesibilidad que proporcionan las nuevas redes de transporte (Serrano et. Al 2003).

En el caso de México, la red carretera nacional constituye la columna vertebral del sistema de transporte, ya que por vía terrestre, particularmente por las carreteras se desplaza el 53% de la carga nacional y el 98% de los pasajeros que se trasladan a lo largo y ancho del país. Por autotransporte se movilizan cerca de 479 millones de toneladas y 3,170 millones de pasajeros cada año. (GONZÁLEZ, MARIO A. *Abril-junio 2011*).

México cuenta con:

- 76 aeropuertos (12 nacionales y 64 internacionales, que también dan servicio a nivel nacional).
- 117 puertos marítimos (49 de cabotaje y 68 de altura y cabotaje).
- 27 mil kilómetros de vías férreas.
- 133 mil kilómetros de carreteras pavimentadas (120 mil kilómetros de carreteras de dos carriles y 13 mil kilómetros de autopistas de cuatro carriles o más.

(Secretaría de Economía, 2012)

De acuerdo a la gran importancia financiera que para el país representa la infraestructura terrestre, se han hecho estrategias de rutas en los diferentes estados y regiones del país, de esta manera se ha logrado comunicar lugares marginados que por su difícil acceso terrestre, es complicado el traslado de artículos de primera necesidad y por consiguiente se torna costoso para las personas que habitan la región.

Para el año 2011 Michoacán recibió 499 millones de pesos (mdp) para la ejecución de 100.4 kilómetros de proyectos carreteros etiquetados en el Presupuesto de Egresos de la Federación (PEF) 2011. Esta cifra complementó los 6,740 mdp que ya estaban asignados.

Para mediados del año 2011 la Secretaría de Comunicaciones y Transporte (SCT) de acuerdo a dicho presupuesto asignado durante el año 2011 decidió lanzar una licitación para realizar el proyecto de la obra vial Etúcuaro-Parritas, Tramo El Arco-Parritas el cual fue asignado a la empresa ML Construcciones S.A. de C.V.

El Proyecto Ejecutivo, se elaboró bajo una serie de consideraciones de acuerdo a las características topográficas de la zona de Estudio.

El Proyecto inicia en el cadenamiento 3+000, el origen del mismo se encuentra ubicado en la Comunidad de Etúcuaro, Municipio de Villa Madero, en el Estado de Michoacán. El Proyecto del km 0+000 al km 3+000 fue realizado por otra empresa, por lo que el tramo comprendido del km 3+000 en adelante, se hizo ligando al proyecto anterior, y arrancando con las referencias del trazo tanto para el Alineamiento Vertical, como en el Horizontal.

Lo anterior se llevó a cabo haciendo un Levantamiento Topográfico en campo con Estación Total, partiendo de las referencias del trazo anterior, así como las coordenadas que se localizaron en campo, y ubicando las mismas en el Proyecto de Terracerías que le fue entregado a ésta Empresa por parte del Residente a cargo del tramo. Se realizó el levantamiento partiendo desde el cadenamiento 2+900 para seguir con la tangente y ligar en el Alineamiento horizontal. Lo mismo se realizó para el alineamiento vertical, partiendo del Banco de Nivel ubicado en el km 3+000.

El tipo de camino, fue considerado para cumplir los requerimientos y Normas de la SCT para un Camino tipo "C" (tabla 1.1) por lo que los grados de curvatura máximos y las pendientes, fueron respetando dichos lineamientos, hasta el km 7+000 ya que debido a las condiciones topográficas de la zona. Del km 7+000 al km 9+150 el Proyecto se consideró como Tipo "D". Lo anterior, tomando en cuenta que para poder cumplir con el cometido de respetar en gran parte la brecha existente, fue necesario reducir los radios de curvatura y la velocidad del proyecto para cumplir con dicho fin.

Para la aprobación del Proyecto, se hicieron las propuestas necesarias y éstas fueron revisadas, analizadas y comentadas previamente por personal del centro SCT (Servicios Técnicos) a fin de sustentar una buena propuesta final a lo largo del tramo en estudio; tendiendo en cuentas todas las consideraciones mencionadas anteriormente.

En el Km 8+220 existe una Obra de drenaje Mayor, Puente "El Aguacate" con una Longitud de 20 m., que fue construido por el H. Ayuntamiento del Municipio de Madero, Mich; Debido a lo anterior, esto fue punto obligado a considerar en el Proyecto Geométrico para respetar y aprovechar dicho puente; por lo que fue necesario considerar una curva anterior a la entrada del puente y lo mismo a la

salida, ya que dicho puente fue construido en tangentes vertical y horizontal respectivamente, por lo que fue necesario ajustar el Proyecto para que se aprovechara la obra en mención.

Finalmente se llevó a cabo un Estudio Hidrológico para hacer una revisión del Puente antes mencionado, encontrándose que éste, cumple con las características Hidrológicas necesarias. Sin embargo, queda fuera de los Alcances de este Proyecto el Diseño Estructural, Estudio Topo-hidráulico, diseño de la Cimentación y Socavación del Puente. Por lo tanto esta Empresa y La Secretaría de Comunicaciones y Transportes Delegación Michoacán, no se hacen responsables de la realización de dichos Estudios.

El tramo se cubrió hasta el km 9+384.64 en la Comunidad conocida como “Parritas”, por lo que los 500 m antes de la llegada a dicho cadenamiento se ajustaron para no afectar las construcciones existentes y llegar al punto a donde llegan y salen los transportes urbanos a la comunidad.

Tabla 1.- Clasificación de tipos de camino de acuerdo a su topografía.

Tipo de camino	Plana o con lomerío	Con lomerío fuerte	Montañoso pero poco escarpado	Montañoso pero muy escarpado
Tipo especial	110 km/h	110 km/h	90 km/h	80 km/h
Tipo A	70 km/h	60 km/h	50 km/h	40 km/h
Tipo B	60 km/h	50 km/h	40 km/h	35 km/h
Tipo C	50 km/h	40 km/h	30 km/h	25 km/h
Tipo D	40 km/h	30 km/h	25 km/h	20 km/h

OBJETIVO GENERAL

El objetivo general de esta tesis es analizar el proyecto de pavimentación del camino Etúcuaro - Parritas en el tramo El Arco - Parritas del km 3+000 al 9+000 en el municipio de Villa Madero, Michoacán y todos sus estudios previos. Como parte de este análisis se evaluarán aspectos como el desarrollo del Proyecto Geométrico, trazo, geotecnia, estudio de drenaje, diseño del pavimento y los estudios complementarios que se requieren para la construcción de carreteras y de esta forma dejar un precedente para un uso a futuro.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Análisis del proceso de obtención de características topográficas del tramo en estudio, Trazo del eje de proyecto, Diseño de alineamiento horizontal y vertical basado en la brecha existente.
- Análisis y revisión del estudio de geotecnia que se realizó a lo largo del tramo.
- Exploración de la metodología de diseño del pavimento para el tramo en estudio, considerando el resultado del aforo vehicular y especificaciones técnicas.
- Análisis del estudio de drenaje requerido a lo largo del proyecto.
- Contribuir a resolver la problemática de las vías terrestres del país, haciendo un análisis, observaciones y recomendaciones en proyectos ejecutivos de carreteras.

CAPÍTULO

1

DATOS GENERALES DE LA REGIÓN DEL PROYECTO.

1.1.- GENERALIDADES

Geográficamente la región de Etúcuaro se localiza en el centro del Estado de Michoacán, en las coordenadas longitud $101^{\circ}16'39''$ y una latitud de $19^{\circ}23'27''$, con una altura sobre el nivel del mar de 2220 metros; colinda como municipio con sus localidades o rancherías, al norte con los municipios de Morelia y Tzitzio, al sur con los de Nocupétaro y Carácuaro; al este con Tiquicheo de Nicolás Romero y Tzitzio y al oeste con sus similares de Tacámbaro y Acuitzio. Su cabecera municipal, que es el pueblo de Villa Madero, se encuentra bien comunicada por una cinta asfáltica o carretera, con las ciudades de Morelia y Tacámbaro; tocando lateralmente al pueblo de Acuitzio, es decir, atraviesan por Villa Madero “las provincias volcánicas: el eje Neovolcánico por una porción y por la otra la provincia de la Sierra Madre del Sur”, en otras palabras sus relieves están constituidos por el Sistema Volcánico Transversal de norte a oeste, por una cordillera de árboles de espeso follaje, pino, encino y pinabete principalmente.

Su clima es frío, con lluvias abundantes en el verano, es decir, durante los meses de junio hasta agosto y principios de septiembre, con un ambiente campirano, en donde se respira un aire fresco, con olor a tierra y a humedad, con un verde encendido que inunda la campiña; provisto de abundantes manantiales, ojos de agua, arroyos, riachuelos y ríos más importantes, como el río San Diego que desemboca en el Balsas; o el Río Etúcuaro, o el ojo de agua de Porúa y el “Chorrito”. Este sistema de aguas es aprovechado para irrigar

cerca de 2000 hectáreas en el municipio, para la siembra de maíz, trigo, avena, cebada, frijol y en alguna ocasión arroz y caña de azúcar, así como hortalizas.

Las corrientes del río Porúa y afluentes se aprovechaban en la generación de energía eléctrica que abastecían los servicios de alumbrado de la cabecera, las tenencias de Etúcuaro y los municipios circunvecinos como son Acuitzio y parte de Morelia, esto hasta la década de los años sesentas del recién concluido siglo XX, por medio de la Planta Generadora de San Pedro de la Comisión Federal de Electricidad.

La flora aunque menos densa y exuberante que hace algunas décadas, debido a la tala inmoderada producto de la ambición voraz e irracional de unos cuantos, todavía es considerable; predominan los bosques y montes, bosque mixto, con pino, encino, montañoso, aile, eucalipto, cedro, oyamel, palo de Brasil, caoba, Parota, cedro, cascalote y ceiba, estos últimos en la región de San Diego Curucupaseo; también existe una gran variedad de árboles frutales como capulín, durazno, manzana, tejocote, membrillo, aguacate, limón, toronja; higo, granado, zapote, chabacano y mango. En hortalizas y verduras existen las condiciones naturales que aunadas con la tecnología pueden producir calabacitas, habas, zanahorias, rábanos, lechugas, cebollas, jitomates, cilantro, chiles serranos, perón, betabel, repollo y coliflor entre otras.

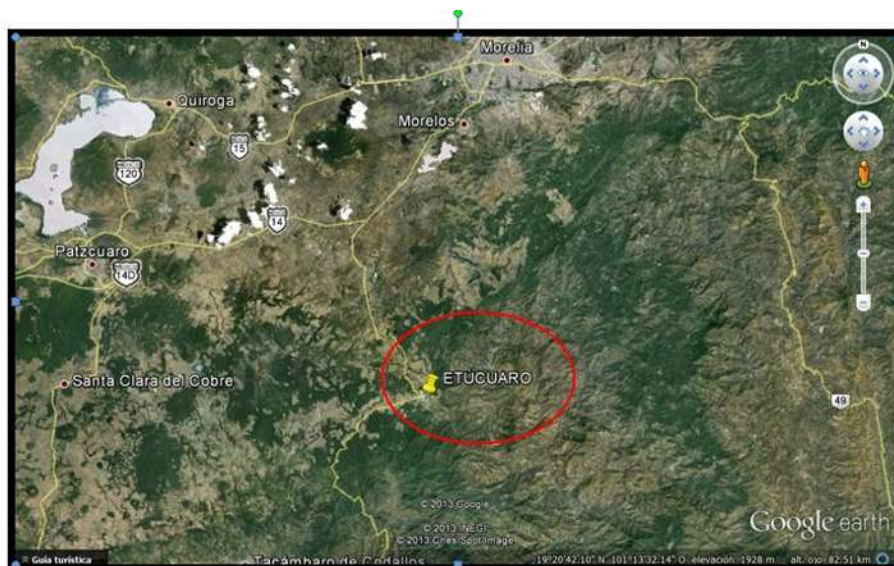


Figura1.1.- Macro localización de la región de Etúcuaro. Fuente: Google Earth de acuerdo a sus coordenadas geográficas.



Figura 1.2.- Micro localización del tramo de Etúcuaro Parritas.

Fuente: Google Earth



Figura1.3.- Fotografía de la brecha existente y topógrafo visando puntos



Figura 1.4.- Perspectiva del tramo en estudio.

CAPÍTULO

2

TOPOGRAFÍA DEL LUGAR

2.1.- ESTUDIOS INICIALES.

Inicialmente se procedió a realizar una visita para reconocimiento del lugar, en donde se proyectó el eje carretero y para esto se hizo un recorrido de los 6 km del tramo para conocer la topografía del lugar y al mismo tiempo tomar la geo-referencia correspondiente para iniciar el proceso de proyección de la carretera.

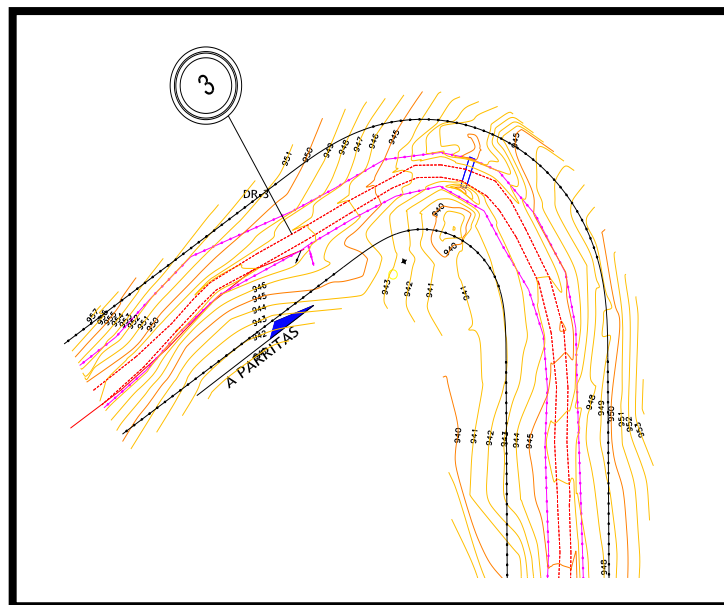


Figura 2.1.- Topografía de la brecha existente a partir del km 3+000.

En la figura 2.1 podemos observar las curvas de nivel con sus elevaciones correspondientes que representan la topografía del lugar, así como la delimitación de la brecha existente y detalles que fueron levantados en campo.

En ésta visita se obtuvieron las coordenadas de inicio en UTM (tabla 2.1) de la terracería existente y se presentan a continuación.

Tabla 2.1.- Coordenadas en UTM de la brecha existente.

UTM		
	km 3 + 000	km 9+ 150
X	269599	273021
Y	2147157	2145730
Altitud (msnm)	1,537	1,350

2.2.- REGISTRO DE NÍVEL

En campo se hizo el levantamiento de toda la brecha existente así como la ubicación de referencias de trazo y bancos de nivel. Dentro de éste registro se elaboró una comprobación aritmética (check) de la nivelación anteriormente mencionada iniciando en el km 3+000 terminando en el 9+000. **Figura 2.2.1.**

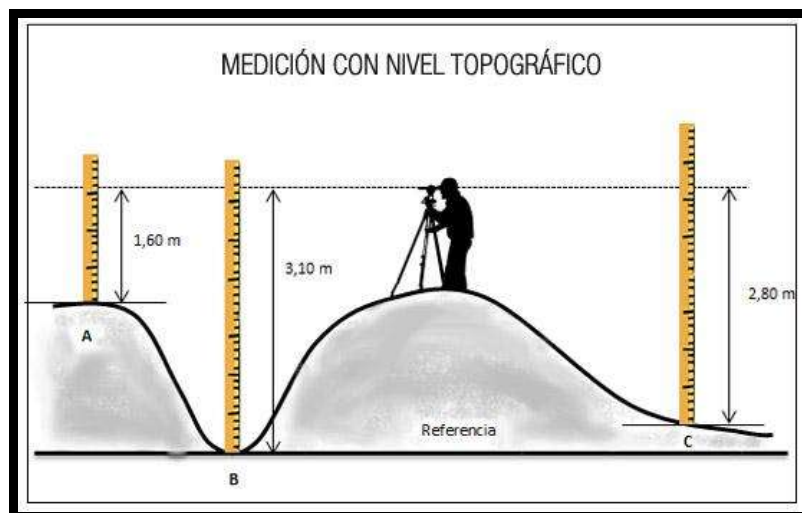


Figura 2.2.- Representación gráfica de la medición con un nivel topográfico.

En la **tabla 2.2** se presenta la información obtenida del registro de nivel que se hizo en el tramo Etúcuaro-Parritas. A cada nivelación entre un banco de nivel y otro, le corresponde una comprobación aritmética (check) **tabla 2.3**.

En ocasiones por lo accidentado del terreno en estudio, cuando se comenzó la nivelación se complicaba la medición de longitudes mayores a 20 metros o en ocasiones en distancias menores, ya que el Nivel topográfico no tiene movimiento vertical y por esto se tiene que hacer un “cambio de lugar del aparato” que consiste en conservar la ultima altura medida en el estadal (PL), hacer el movimiento del aparato y tomar las lecturas intermedias posibles.

Figura 2.3.

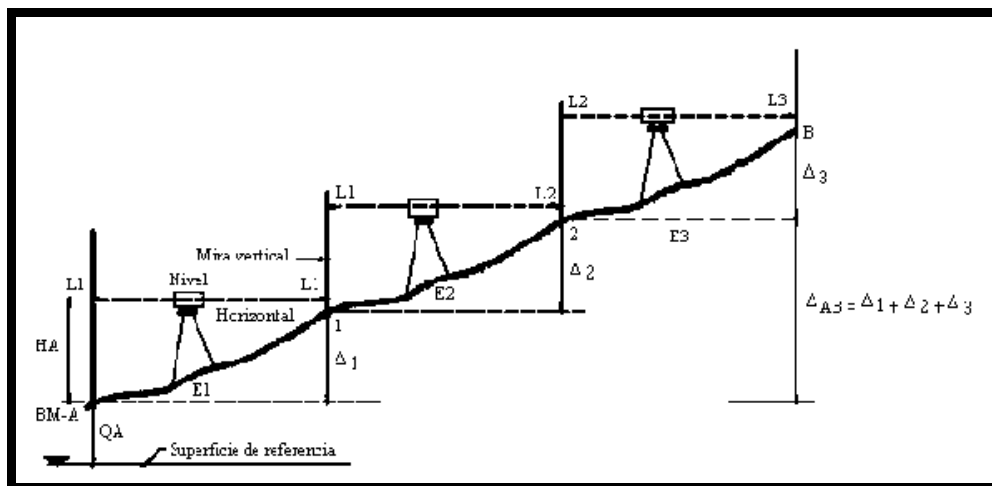


Figura 2.3.- Medición con nivel topográfico cuando se presenta un cambio de aparato.

Los bancos deben ubicarse en sitios accesibles, preferentemente dentro del derecho de vía, en estructuras inamovibles y duraderas y claramente señaladas, en sitios inhabitados, montañas, bosques o selvas, a falta de estructuras donde ubicar los bancos se recurre a troncos de árboles grandes donde se acondiciona una pequeña área de referencia y se colocan grapas para ubicar un punto con su elevación fija y que servirá de referencia para futuras nivelaciones al rehacer el trazo

Tabla 2.2.- Formato de registro de nivel con las elevaciones correspondientes a cada veintena y puntos importantes, así como la ubicación del banco de nivel de inicio.

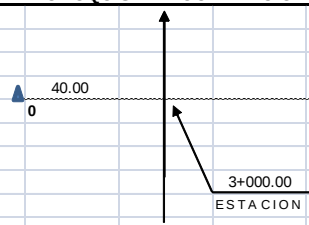
SCT SECRETARÍA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES		DIRECCION GENERAL DE CARRETERAS ALIMENTADORAS									
		SUBDIRECCION DE PROYECTO DE CARRETERAS									
REGISTRO DE NIVEL											
CAMINO:	ETUCUARO-PARRITAS										
TRAMO:	EL ARCO-PARRITAS						DEL KM	3+000.00	AL KM	9+000.00	
SUBTRAMO:	DEL KM 3+000 AL KM 9+000						NIVELLO:				
ORIGEN:	ETUCUARO 0+000.00						FECHA	MAYO DE 2011			
ESTACION	(+)		(-)	LECTURA INTERMEDIA	ELEVACION	UBICACIÓN BANCO DE NIVEL					
BN 3-0	3.500	946.241			942.741						
PL	3.212	949.195	0.258		945.983						
2+900.00				-	949.195	BN 3-0	SOBRE ROCA CON PINTURA AZUL				
2+920.00				0.320	948.875	A	42.00	DERECHA	DE EST.	3+000.00	
2+940.00				0.785	948.410	Elevación promedio =		942.741	m.		
2+960.00				1.910	947.285						
2+980.00				1.283	947.912	CROQUIS DE LOCALIZACION					
3+000.00				2.087	947.108						
3+005.961				2.232	946.963						
3+020.00				3.332	945.863						
PL	0.15	945.834	3.511		945.684						
3+035.86				1.020	944.814						
3+040.00				1.370	944.464						
3+060.00				2.430	943.404						
3+068.47				2.640	943.194						
PL	2.368	945.622	2.58		943.254						
3+080				2.210	943.412						
3+100.00				1.970	943.652						
3+119.27				1.590	944.032						
3+120.00				1.570	944.052						
3+140.00				1.100	944.522						
3+149.27				0.740	944.882						
PL	2.545	947.425	0.742		944.880						
3+160.00				2.030	945.395						
3+180.00				1.130	946.295						
3+200.00				1.540	945.885						
3+220.00				2.160	945.265						
3+240.00				3.180	944.245						
PL	0.114	943.594	3.945		943.480						

Tabla 2.3.- Cálculo de la comprobación aritmética (check) que le corresponde a cada nivelación entre cada banco de nivel, en este caso para el B.N. 3 a B.N. 3-1.

[illegible]

2.3.- SECCIONES DE T.N.

Del levantamiento topográfico que se llevó a cabo en campo y del registro de nivel, también se obtuvieron las elevaciones de cada veintena del tramo al igual en cada una de estas (veintenas) a su izquierda (longitudes con signo negativo) y a su derecha (longitudes positivas) así como también se obtuvieron estos mismos datos de los detalles importantes como pueden ser bajos o altos importantes en una topografía accidentada que se van presentando a lo largo del tramo en el sentido del cadenamamiento, procurando levantar la mayor cantidad de puntos posibles en cada sección para una configuración del terreno más detallada.

El registro de los datos de las secciones de terreno natural se presenta en la **tabla 2.4.**

Tabla 2.4. Distancias izquierdas y derechas con la elevación de T.N correspondiente.

LADO IZQUIERDO								LADO DERECHO						
-25.38	-16.28	-8.20	-6.76	-2.70	-2.13	-0.95	3+000.00	3.62	5.90	13.07	14.65	21.69	30.00	
4.60	3.23	2.00	0.38	0.21	-0.24	0.05	951.48	0.05	-0.10	-1.06	-0.93	-2.12	-3.28	
		-26.70	-17.25	-5.71	-4.39	-3.20	2+980.00	1.66	3.42	8.93	10.61	19.19	30.00	
		4.98	3.16	0.59	-0.38	-0.07	952.29	0.02	-0.29	-2.07	-2.32	-4.25	-6.38	
		-23.30	-18.04	-6.91	-5.35	-1.81	2+960.00	0.41	10.39	22.56	29.45			
		6.07	4.75	0.99	1.06	1.00	951.66	-0.24	-3.23	-5.70	-6.49			
				-23.48	-13.71	-3.17	2+940.00	1.30	6.55	17.00	29.05			
				5.98	3.01	-0.72	952.78	0.24	-3.35	-6.03	-8.00			
		-23.21	-21.64	-19.66	-3.11	-1.34	2+920.00	4.66	12.81	18.73	27.78			
		8.12	7.03	7.04	1.39	0.08	953.25	-0.10	-3.13	-4.96	-6.59			
	-7.33	-5.99	-4.35	-3.87	-2.60	-0.24	2+900.00	0.48	6.59	8.10	15.61	26.39		
	2.81	2.97	2.42	0.87	0.00	0.11	953.57	-0.20	-0.28	-1.01	-2.90	-5.29		

2.4.- REGISTRO DE TRAZO

En el registro de trazo se hizo el cálculo de las curvas horizontales así como los elementos que las componen al igual que las longitudes de las tangentes anexando a la cada tramo su croquis gráfico para ubicar con exactitud cada elemento y cada parte del trazo. **Tabla 2.5.**

Tabla 2.5. Croquis y datos de los elementos de las curvas y tangentes que se presentan del km 2+900 al 3+119.27. Se presenta la geometría de tangente a una curva circular con espirales.

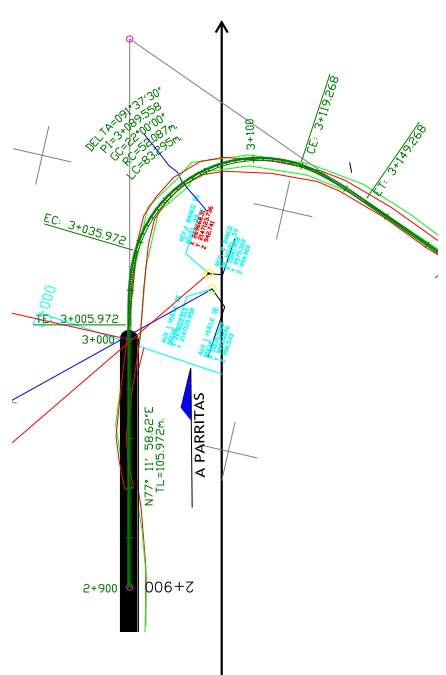
REGISTRO DE TRAZO DEFINITIVO					
					
OBRA VIAL:	ETUCUARO-PARRITAS				
TRAMO:	EL ARCO-PARRITAS	DE KM:	3+000.00	A KM:	9+000.00
		ORIGEN:	ETUCUARO 0+000.00		
SUBTRAMO:	DEL KM 3+000 AL KM 9+000	HOJA No.	1	DE:	34
ESTACION	IDENT.	DEFLEXION	DATOS DE CURVA	A.Z.A.C	OBSERVACIONES
3+119.27	CE	78°26'46"			
3+100.00		54°01'52"			
3+080.00		33°29'26"	PI=3+121.563 DT=124°37'30.10" DER		
3+060.00		17°50'20"	Dc=91°37'30" Gc=22.00' Rc=52.087 m. ST=115.591 m. Lc=83.295 m.		
3+040.00		7°04'35"	Oc=16°30'00" Le=30.00 Xc=29.751 m Yc=2.864 m K=14.957 P=0.719 V=40.00 KPH		
3+035.97	EC				
3+020.00					
3+005.97	TE				
3+000.00					
2+980.00					
2+960.00					
2+940.00					
2+920.00					
2+900.00	PST				
TRAZO:					
FECHA:					
REVISO:					
FECHA:					
APROBO:					
FECHA:					

Tabla 2.6.- Registro de trazo del km 3+120 al 3+300. Donde se presenta una curva circular con espiral.

REGISTRO DE TRAZO DEFINITIVO					SCT SECRETARÍA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES		
OBRA VIAL:		ETUCUARO-PARRITAS					
TRAMO:		EL ARCO-PARRITAS		DE KM:	3+000.000	A KM:	9+000.00
				ORIGEN:	ETUCUARO 0+000.00		
SUBTRAMO:		DEL KM 3+000 AL KM 9+000		HOJA No.	2	DE:	34

ESTACION	IDENT.	DEFLEXION	DATOS DE CURVA	AZAC	OBSERVACIONES
3+300.00		17°23'19"	PI=3+318.738 DT=44°13'41" IZQ Dc=26°43'42"		
3+280.00		30°38'59"	Gc=14°00' Rc=81.851 m. ST=45.879 m. Lc=38.183 m.		
3+297.86	EC	2°55'01"	0c=8°45'00" Le=25.00 Xc=24.942 m Yc=1.271 m K=12.490 P=0.318 V=40.00 KPH		
3+280.00		0°14'16"			
3+272.86	TE				
3+260.00					
3+240.00					
3+220.00					
3+200.00					
3+180.00					
3+160.00					
3+149.27	ET	125°29'22"			
3+140.00		109°46'43"			
3+120.00		79°27'38"			

TRAZO:

FECHA:

REVISO:

FECHA:

APROBO:

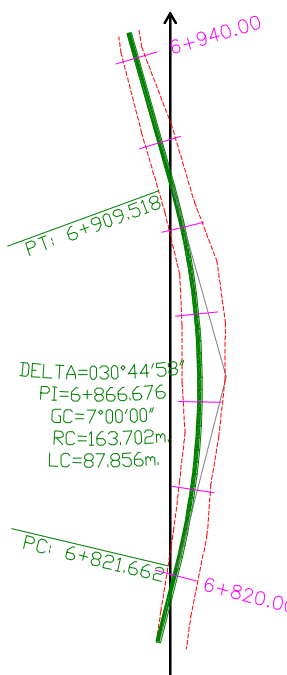
FECHA:

Tabla 2.7.- Registro de trazo del km 3+780 al 3+960 donde se presenta una curva circular con espiral y una curva circular simple.

REGISTRO DE TRAZO DEFINITIVO					SCT SECRETARÍA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES		
OBRA VIAL:		ETUCUARIO-PARRITAS		DE KM:	3+000.00	A KM:	9+000.00
TRAMO:		EL ARCO-PARRITAS		ORIGEN:	ETUCUARIO 0+000.00		
SUBTRAMO:		DEL KM 3+000 AL KM 9+000		HOJA No.	5	DE:	34
ESTACION	IDENT.	DEFLEXION	DATOS DE CURVA	AZ.AC	OBSERVACIONES		
3+960.00		8°35'36"	PI= 3+938.545 Dc=19°10'24" IZQ Gc=7°00'00" Rc= 163.702 m. ST= 27.649 m. Lc= 54.781 m.	TANG. LIBRE= 28.782 m. Azac= 180°01'42"			
3+940.00		5°05'36"					
3+920.00		1°35'36"					
3+910.90	PC						
3+900.00							
3+882.12	ET	0°00'00"	PI=3+318.738 DT=44°13'41" IZQ Dc=26°43'42" Gc=14°00' Rc=81.851 m. ST=45.879 m. Lc=38.183 m.				
3+880.00		0°01'19"					
3+855.12	CE	3°35'54"	Oc=8°45'00" Le=25.00 Xc=24.942 m Yc=1.271 m K=12.490 P= 0.318 V=40.00 KPH	TANG. LIBRE= 33.340 m. Azac= 145°49'04.939"			
3+840.00		3°46'30"					
3+839.35	EC	3°35'59"					
3+820.00		0°17'20"					
3+812.35	TE						
3+800.00							
3+780.00							
TRAZO:				REVISO:	APROBO:		
FECHA:				FECHA:	FECHA:		

Tabla 2.8.- Registro de trazo del km 6+821.68 al 7+046.74. Donde se presenta una curva circular simple.

REGISTRO DE TRAZO DEFINITIVO						
OBRA VIAL:		ETUCUARO-PARRITAS				
TRAMO:		EL ARCO-PARRITAS			DE KM:	3+000.00 A KM: 9+000.00
					ORIGEN:	ETUCUARO 0+000.00
SUBTRAMO:		DEL KM 3+000 AL KM 9+000			HOJA No.	21 DE: 34

ESTACION	IDENT.	DEFLEXION	DATOS DE CURVA	AZAC	OBSERVACIONES
7+046.74	TE				
7+040.00					
7+020.00					
7+000.00					
6+980.00				TANG. LIBRE= 127.432 m.	
6+960.00				Azac= 108°46'41.588"	
6+940.00					
6+920.00					
6+909.54	PT	15° 22' 31"			
6+900.00		13° 42' 21"			
6+880.00		10° 12' 21"	PI=6+866.696 Dc=30°44'58.500" IZQ. Gc=7°00'00" Rc=163.702 m. STe=45.014 m. Lc=87.856 m.		
6+860.00		6° 42' 21"			
6+840.00		3° 12' 21"			
6+821.68	PC				

TRAZO:	REVISO:	APROBO:
FECHA:	FECHA:	FECHA:

Tabla 2.9.- Registro de trazo del km 8+120 al 8+252.91. Donde se presenta una curva circular simple.

REGISTRO DE TRAZO DEFINITIVO					SCT SECRETARÍA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES		
OBRA VIAL:		ETUCUARO-PARRITAS		DE KM:	3+000.00	A KM:	9+000.00
TRAMO:		EL ARCO-PARRITAS		ORIGEN:	ETUCUARO 0+000.00		
SUBTRAMO:		DEL KM 3+000 AL KM 9+000		HOJA No.	28	DE:	34
ESTACION	IDENT.	DEFLEXION	DATOS DE CURVA	AZAC	OBSERVACIONES		
8+252.91	PC						
8+240.00							
8+220.00							
8+201.204	PT	62° 18' 09"					
8+200.000		61° 14' 56"					
8+180.000		43° 44' 56"					
8+160.000		26° 14' 56"	PI=8+288.352 Dc=94°32'38.216" DER. Gc=35°00'00" Rc=32.740 m. STe=35.446 m. Lc=54.025 m.				
8+140.000		8° 44' 56"					
8+130.001	PC						
8+120.000							
TANG. LIBRE=20.833 m. Azac=338°09'12.888"							
TRAZO: _____					APROBO: _____		
FECHA: _____					FECHA: _____		

Tabla 2.10.- Registro de trazo del km 9+110.6 al 9+283.3. Donde se presentan dos curvas circulares simples separadas por una tangente libre.

REGISTRO DE TRAZO DEFINITIVO					SCT SECRETARÍA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES		
OBRA VIAL:		ETUCUARO-PARRITAS					
TRAMO:		EL ARCO-PARRITAS		DE KM:	3+000.00	A KM:	9+000.00
				ORIGEN:	ETUCUARO 0+000.00		
SUBTRAMO:		DEL KM 3+000 AL KM 9+000		HOJA No.	34	DE:	34

ESTACION	IDENT.	DEFLEXION	DATOS DE CURVA	AZ.AC	OBSERVACIONES
9+283.33	PST	FINAL			
9+280.00					
9+260.00					
9+240.00					
9+235.06	PT	20° 40' 12"	PI=9+221.914 Dc=41°20'33.877" IZQ. Gc=30°00'00" Rc=38.197 m. STe=14.412 m. Lc=27.562 m.	TANG. LIBRE= 48.261 m. Azac=41°03'11.549"	
9+220.00		09° 22' 30"			
9+207.50	PC				
9+200.000					
9+180.000					
9+174.480	PT	55° 53' 23"	PI=9+158.944 Dc=111°46'44.619" IZQ. Gc=35°00'00" Rc=32.740 m. STe=48.338 m. Lc=63.874 m.	TANG. LIBRE= 33.03 m. Azac=82°23'45.426"	
9+160.000		43° 13' 11"			
9+140.000		25° 43' 11"			
9+120.000		08° 13' 11"			
9+110.606	PC				

TRAZO:		REVISO:		APROBO:	
FECHA:		FECHA:		FECHA:	

2.5.- REFERENCIAS DE TRAZO

En la topografía del lugar del proyecto y en su registro de campo, también se deben hacer referencias que sirvan para el replanteo del proyecto cuando se tenga que asistir a campo y ubicar todos y cada uno de los puntos geométricos y para ello se ubican 2 referencias de trazo en lugares estratégicos a lo largo del tramo en sentido del cadenamiento y se anexan a este registro coordenadas de ubicación y distancias que con la ayuda de una pequeña descripción de donde se puso la referencia, ésta sea fácil de ubicar.

En la tabla 2.11. Se hizo el cálculo donde se organizaron las referencias de trazo del tramo.

2.6 REGISTRO DE DRENAJE

Para la ejecución en campo de las obras de drenaje que se presentan a lo largo del tramo, primeramente se fueron ubicando de acuerdo a su cadenamiento y con la estación total se obtuvieron a distancias variadas (de acuerdo a la disposición del terreno) los desniveles de la topografía y con la ayuda de la elevación de CL de la obra de drenaje, se calculó la elevación de cada punto del lado izquierdo (longitudes con signo negativo) y derecha (longitudes positivas).

También se calculó el esviaje que se presenta en cada obra de drenaje que esta referenciado respecto a la normal que se forma gráficamente entre la obra de drenaje y el eje de proyecto, ya sea que drene hacia la izquierda o derecha. Dicho registro se organizó de la siguiente manera y anexando datos hidráulicos y topográficos.

Dentro de este cálculo de obras de drenaje se presenta, de acuerdo al volumen que drena cada uno de los causes, se asigna si se trata de una obra de drenaje menor como es un tubo de 1.20 Ø (figura 2.5.1) o si se trata de una obra de drenaje mayor como es una losa (figura 2.5.2).

Tabla 2.11. Referencias de trazo definitivo. En esta tabla se presentan los puntos de referencia, ángulos y distancias necesarias para ubicar cada una de las referencias de trazo.



REFERENCIAS DEL TRAZO DEFINITIVO

OBRA VIAL: ETUCUARO-PARRITAS

TRAMO: EL ARCO-PARRITAS

SUBTRAMO: DEL KM 3+000 AL KM 9+300

DE KM: 3+000

ORIGEN: ETUCUARO 0+000

HOJA No. 1

A KM: 9+300

DE: 1

PTO. REFER. (P)		ANGULOS A LA DERECHA DESDE PROL. TANG. AT. Y DISTANCIAS (D) DE P a R							
IDENT	KM	Φ	DR1	DR2	EN	Φ	DR3	DR4	EN
PST	3+000.00	239°36'55"	39.535	56.824	MOJONERA-RAIZ ARBOL	307°25'58"	23.24	52.374	MOJONERA-SOBRE ARBOL
PI	3+318.00	256°35'32"	28.15	41.13	MOJONERA-SOBRE ARBOL	328°25'27"	24.74	36.71	MOJONERA-SOBRE ROCA
PI	3+552.668	225°48'42"	53.39	165.2	MOJONERA-SOBRE ROCA	314°13'05"	100.97	119.97	MOJONERA-RAIZ ARBOL
PI	3+748.005	223°56'55"	23.33	40.91	MOJONERA-ROCA	315°31'55"	19	34.83	MOJONERA-RAIZ ARBOL
PI	3+938.545	226°23'09"	28.207	46.867	SOBRE ROCA	280°50'12"	21.507	32.269	SOBRE ROCA
PI	4+136.679	36°21'49"	12.11	39.57	MOJONERA-ROCA	134°01'48"	12.06	27.22	MOJONERA-ROCA
PI	4+536.690	39°51'55"	16.44	32.09	MOJONERA-ROCA	132°03'05"	13.3	33.33	MOJONERA-ROCA
PI	4+634.106	30°55'07"	23.129	31.085	SOBRE TRONCO-ROCA	302°23'44"	25.124	36.604	SOBRE TRONCO-ROCA
PI	5+155.28	256°53'42"	16.713	42.455	MOJONERA-TRONCO ARBOL	359°15'11"	11	20.69	MOJONERA-ARBOL
TE	5+243.773	49°14'12"	26.724	45.051	ROCA-RAIZ DE ARBOL	141°06'04"	23.891	33.984	SOBRE PIEDRA
PI	5+487.00	74°10'56"	20.81	31.824	MOJONERA-TRONCO ARBOL	142°48'56"	22.883	37.293	MOJONERA-ROCA
PI	5+740.00	194°55'39"	21.3	56.274	ROCA-RAIZ ARBOL	291°57'26"	23.062	47.071	MOJONERA-RAIZ ARBOL
PI	5+986.572	288°37'19"	47.87	71.043	MOJONERA-ROCA	321°57'09"	32.946	50.294	MOJONERA-ROCA
PT	6+117.765	232°28'56"	50.348	80.946	MOJONERA-TRONCO ARBOL	310°31'14"	42.337	61.219	MOJONERA-ROCA
PI	6+333.233	222°57'15"	23.32	55.159	SOBRE TRONCO HUIZACHE	339°22'02"	25.413	53.15	ROCA-TRONCO HUIZACHE
PI	6+571.014	207°31'36"	23.483	36.004	SOBRE MOJONERA-ROCA	287°20'58"	29.269	41.064	MOJONERA-ROCA
PI	6+866.696	230°11'06"	25.955	37.09	SOBRE ROCA	286°08'11"	31.296	56.878	SOBRE ROCA
PC	7+185.00	203°13'34"	24.326	55.531	ROCA-MOJONERA	355°33'58"	26.181	62.723	MOJONERA-ROCA
PC	7+521.00	34°26'31"	37.053	67.958	SOBRE ROCA	88°45'32"	16.979	38.534	MOJONERA-ROCA
PI	7+779.00	149°29'46"	13.652	29.171	SOBRE ROCA	350°42'48"	14.004	46.36	SOBRE MOJONERA
PT	8+201.182	150°24'39"	9.551	43.173	MOJONERA-ROCA	262°32'37"	21.565	55.17	SOBRE MOJONERA
PT	8+544.873	91°30'02"	13.167	28.744	SOBRE ROCA-ARBOL	139°50'30"	52.042	36.495	SOBRE ROCA
PT	8+955.863	82°46'31"	17.57	32.115	MOJONERA-ARBOL	132°30'05"	17.94	25.956	SOBRE ROCA
PST	9+283.00	73°37'23"	10.072	18.734	SOBRE ROCA	219°32'18"	58.59	76.89	MOJONERA-POSTE CFE

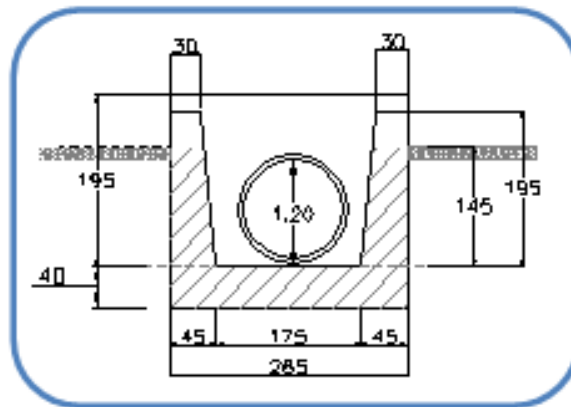


Figura 2.4.- Losa de concreto armado para librar una obra de drenaje mayor.

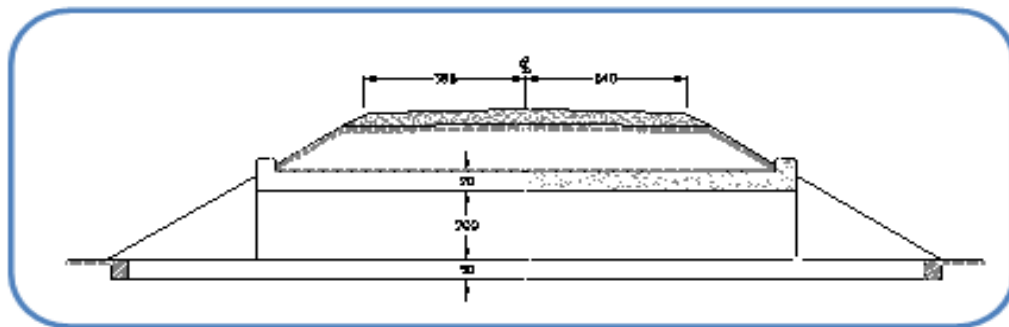


Figura 2.5.- Caja de mampostería para alcantarilla con tubo corrugado de polietileno de 1.20 Ø.

Tabla 2.12.- Registro de drenaje del CL 3+400.07 que contiene las elevaciones de su sección transversal al eje, con un esviaje Normal en Tangente y un dren hacia la derecha en el sentido del cadenamamiento.

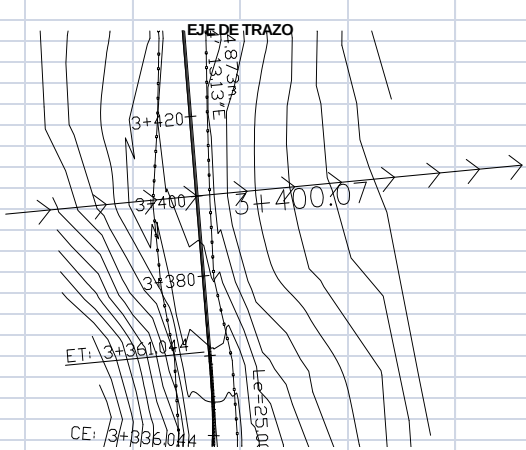
 DIRECCION GENERAL DE CARRETERAS DIRECCION TECNICA SUBDIRECCION DE PROYECTO DE CARRETERAS DEPARTAMENTO DE PROYECTO PRELIMINAR									
REGISTRO DE OBRA DE DRENAJE MENOR									
CARRETERA:	ETUCUARO-PARRITAS					DEL KM:	3+000.00	AL KM:	9+280.00
TRAMO:	EL ARCO-PARITAS					ORIGEN:	ETUCUARO		
ORIGEN:	ETUCUARO 0+000.00					EQUIPO DE MEDICION:	NIVEL ELECTRONICO MARCA LEICA MODEL SPRINTER 150M		
TOPOGRAFO:						ESTADO DEL TIEMPO:	CALUROSO, DESPEJADO		
ESTACION	(+)		(-)	LECTURA INTERMEDIA	ELEVACIONES	DATOS EN EL CRUCE DE LA OBRA:			
3+420.00	-0.135				942.04	CADENAMIENTO DE LA OBRA:	3+400.07		
						ESVIAJE:	NORMAL EN TANGENTE		
-30.00	T.I.			3.591	938.32	AREA POR DRENAR:	8.72	ha .	
-24.62	T.N.			2.792	939.12	COEF. RUGOSIDAD DEL TERRENO:		(TALBOT)	
-18.62	T.N.			1.352	940.56	AREA HID. NECESARIA:	0.74	m ² .	
-16.94	T.N.			0.506	941.40	MATERIAL EN EL CAUCE:			
-15.00	T.I.			0.089	941.82	ARRASTRES:			
-12.07	T.N. CERCA			1.045	940.86	PENDIENTE DEL CAUCE:			
-8.34	T.N.			0.23	941.68	DRENA HACIA LA :	DERECHA		
-6.14	T.N.			0.19	941.72	CROQUIS DE LOCALIZACION			
-5.34	T.N.			-0.55	942.45				
-3.93	AZOLVE			-1.35	943.26				
-3.92	TUBO			-0.84	942.74				
-3.83	CABEZOTE			-0.40	942.31				
-2.24	CAMINO			0.08	941.83				
3+400.07	CL			0.00	941.91				
1.44	CAMINO			0.13	941.78				
3.16	TN			-0.11	942.01				
3.62	CABEZOTE			-0.55	942.46				
3.78	TUBO			-1.01	942.91				
3.80	AZOLVE			-1.26	943.16				
10.35	T.N.			-2.16	944.06				
15.00	TD			-2.73	944.64				
22.78	T.N.			-3.60	945.51				
30.00	T.D.			-4.24	946.14				
3+180.00					946.30				

Tabla 2.13.- Registro de drenaje de la obra con CL en 3+068.46 con sus elevaciones de la sección transversal al eje, en este caso el esviaje es Radial en Tangente y con un dren hacia la derecha en el sentido del cadenamiento.

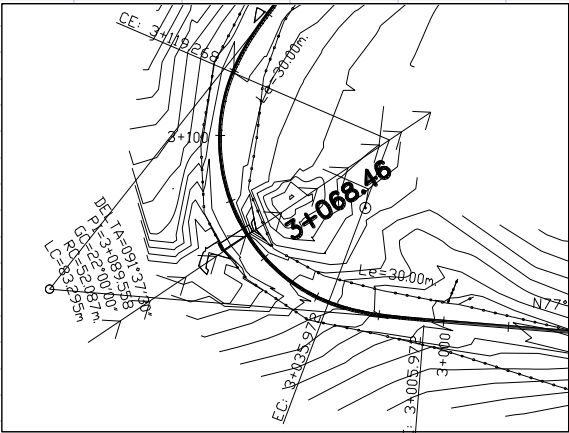
3+080.00	0.189	947.96			947.77	CADENAMIENTO DE LA OBRA:	3+068.46	
						ESVIAJE:	RADIAL EN C.E.	
-30.00	T.I.			-2.016	949.97	AREA POR DRENAR:	27.26	ha.
-27.62	T.N.			-2.534	950.49	COEF. RUGOSIDAD DEL TERRENO:		(TALBOT)
-19.40	T.N.			-3.175	951.13	AREA HID. NECESARIA:	1.75	m ² .
-19.25	T.N.			-3.467	951.42	MATERIAL EN EL CAUCE:		
-15.00	T.I.			-3.557	951.51	ARRASTRES:		
-12.91	T.N.			-3.639	951.59	PENDIENTE DEL CAUCE:		
-9.95	T.N.			-4.00	951.96	DRENA HACIA LA :	DERECHA	
-9.62	BOVEDA			-1.07	949.03	CROQUIS DE LOCALIZACION		
-9.34	CABEZOTE			-0.43	948.39	EJE DE TRAZO		
-9.05	CABEZOTE			-0.41	948.36			
-8.11	T.N.			-0.40	948.36			
-5.16	CAMINO			0.20	947.76			
-1.09	CAMINO			0.08	947.88			
3+068.466	CL			0.00	947.96			
1.00	T.N.			-0.45	948.41			
1.91	CABEZOTE			-0.67	948.62			
2.24	CABEZOTE			-0.60	948.56			
2.34	BOVEDA			-1.26	949.22			
2.44	T.N.			-4.18	952.13			
6.58	T.N.			-4.19	952.15			
6.64	TN			-4.90	952.85			
12.47	T.N.			-4.75	952.70			
15.00	T.D.			-4.50	952.46			
19.51	T.N.			-4.51	952.47			
27.03	T.N.			-5.22	953.17			
30.00	T.D.			-5.52	953.48			

Tabla 2.14.-Registro de drenaje de la obra con CL en 6+091.50 con sus elevaciones de su sección transversal al eje, en este caso el esviaje es $31^{\circ}27'47''$ izquierda y con un dren hacia la izquierda en el sentido del cadenamamiento.

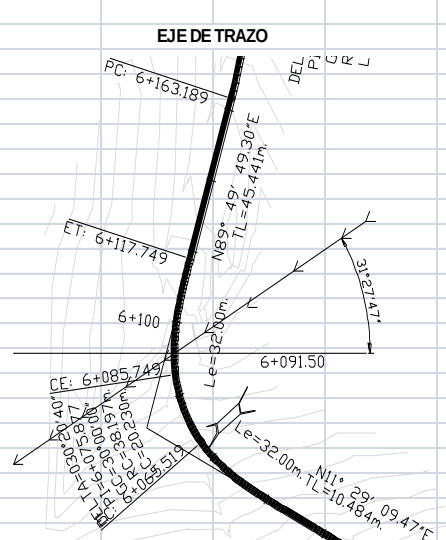
6+100.00	-0.915	941.91			807.19	CADENAMIENTO DE LA OBRA:	6+091.50	
						ESVIAJE:	$31^{\circ}27'47''$ IZQUIERDA	
-30.00	TI-2			-0.67	938.32	AREA POR DRENAR:	9.18	ha .
-23.23	TN			1.78	940.13	COEF. RUGOSIDAD DEL TERRENO:		(TALBOT)
-15.00	TI-1			-2.45	944.36	AREA HID. NECESARIA:	0.77	m ² .
-9.17	TN			-2.63	944.53	MATERIAL EN EL CAUCE:		
-1.04	LOZA			-3.12	945.03	ARRASTRES:		
-0.95				-0.61	942.52	PENDIENTE DEL CAUCE:		
-0.90	CABEZOTE			0.01	941.90	DRENA HACIA LA :		
-0.46	CAMINO			-0.05	941.96	CROQUIS DE LOCALIZACION		
6+091.50	CL			0.00	941.907			
7.66	CAMINO			-0.22	942.13			
7.96	CABEZOTE			-0.21	942.11			
8.02				-0.84	942.75			
8.04	LOZA			-3.34	945.25			
12.17	LOZA			-3.42	945.33			
14.39	TN			-4.39	946.30			
16.00	TD-1			-3.36	945.27			
25.01	TN			-2.32	944.22			
30.00	TD-2			-2.18	944.08			
6+080.00	-0.28				807.03			

Tabla 2.15.- Registro de drenaje de la obra con CL en 8+698.04 con sus elevaciones de la sección transversal al eje, en éste caso el esviaje es de 24°40'00" derecha y con un dren hacia la izquierda en el sentido del cadenamiento.

8+680.00			0.59	706.68	CADENAMIENTO DE LA OBRA:	8+698.04	
-33.02	T-2		-7.88	699.39	ESVIAJE:	24°40' DERECHA	
-24.36	TI-1		-5.56	701.71	AREA POR DRENAR:	1.84	ha .
-23.18			-4.54	702.73	COEF. RUGOSIDAD DEL TERRENO:		(TALBOT)
-18.51			-1.70	705.57	AREA HID. NECESARIA:	0.23	m ² .
-17.18			-1.82	705.45	MATERIAL EN EL CAUCE:		
-14.88			-1.42	705.85	ARRASTRES:		
-13.85			-1.63	705.64	PENDIENTE DEL CAUCE:		
-0.90			-0.07	707.20	DRENA HACIA LA :	IZQUIERDA	
					CROQUIS DE LOCALIZACION		
8+698.04				707.27			
2.37			0.44	707.71			
10.87			3.29	710.56			
18.69	TD-1		4.90	712.17			
20.32			5.27	712.54			
24.60	TD-2		5.78	713.05			
8+700.00			-0.19	707.46			

2.7.- PROYECTO GEOMÉTRICO

El diseño geométrico es la parte más importante del proyecto de una carretera, estableciendo, con base en las condicionantes o factores existentes, la configuración geométrica definitiva del conjunto tridimensional que supone, para satisfacer al máximo los objetivos fundamentales, es decir, la funcionalidad, la seguridad, la comodidad, la integración en su entorno, la armonía o estética, la economía y la elasticidad.

La funcionalidad vendrá determinada por el tipo de vía a proyectar y sus características, así como por el volumen y propiedades del tránsito, permitiendo una adecuada movilidad por el territorio a los usuarios y mercancías a través de una suficiente velocidad de operación del conjunto de la circulación.

La seguridad vial debe ser la premisa básica en cualquier diseño vial, inspirando todas las fases del mismo, hasta las mínimas facetas, reflejada principalmente en la simplicidad y uniformidad de los diseños.

La comodidad de los usuarios de los vehículos debe incrementarse en consonancia con la mejora general de la calidad de vida, disminuyendo las aceleraciones y, especialmente, sus variaciones que reducen la comodidad de los ocupantes de los vehículos. Todo ello ajustando las curvaturas de la geometría y sus transiciones a las velocidades de operación por las que optan los conductores a lo largo de los alineamientos.

La integración en su entorno debe procurar minimizar los impactos ambientales, teniendo en cuenta el uso y valores de los suelos afectados, siendo básica la mayor adaptación física posible a la topografía existente.

La armonía o estética de la obra resultante tiene dos posibles puntos de vista: el exterior o estático, relacionado con la adaptación paisajística y el interior o dinámico vinculado con la comodidad visual del conductor ante las perspectivas cambiantes que se agolpan a sus pupilas y pueden llegar a provocar fatiga o distracción, motivo de peligrosidad. Hay que obtener un diseño geométrico en conjunto que ofrezca al conductor un recorrido fácil y agradable, exento de sorpresas y desorientaciones.

La economía o el menor costo posible, tanto de la ejecución de la obra, como del mantenimiento y la explotación futura de la misma, alcanzando siempre una solución de compromiso con el resto de objetivos o criterios.

La elasticidad suficiente de la solución definitiva para prever posibles ampliaciones en el futuro. (DG-2001).

2.7.1.- PLANTA GENERAL.

Una vez reunida toda la topografía del tramo en estudio, se trabajó en gabinete para en base a ésta información, trazar el eje definitivo, cercas que delimitan las propiedades de las personas que habitan el lugar, la ubicación y referencia de bancos de nivel así como las coordenadas de las referencias de trazo.

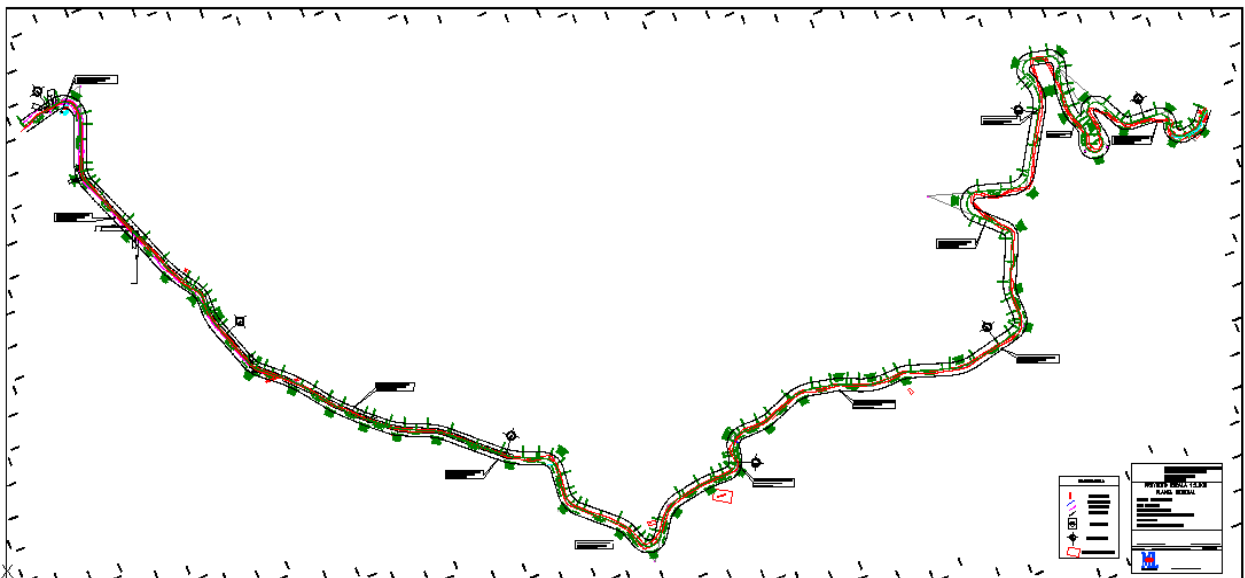


Figura 2.6.- Se muestra la Planta General con su respectivo cadenamiento del eje de proyecto, elementos de las curvas, curvas de nivel, brecha existente, referencias de trazo y localización de los bancos de nivel.

2.7.2 .- PLANTAS DE KILÓMETRO

Dentro del proyecto geometrico de carreteras se encuentra una plantilla donde se organiza informacion de cada kilometro del tramo en estudio, ésta información se concentra con la finalidad de tener organizados los datos de cada kilómetro como son: las referencias de trazo, geometria del alineamiento vertical, ordenada curva masa, la seccion tipo y cantidades de obra de terracerías, los acarreos y las cantidades de obra de drenaje menor; de esta manera cuando se requiere ubicar algun elemento o dato del tramo, basta con dirigirse al kilómetro que le corresponde al punto en cuestión y se puede encontrar la información antes mencionada asi, como la planta del kilómetro que le corresponde a cada plantilla.

En las figuras 2.7, 2.8, 2.9, 2.10, 2.11, 2.12, 2.13. se presentan las plantas de kilómetro (seis kilómetros) correspondientes al tramo que se está analizando.

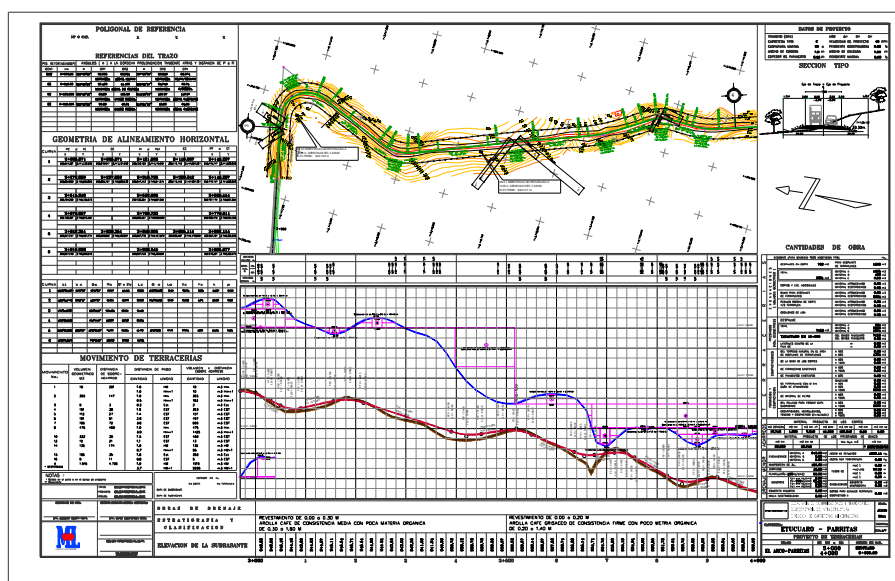


Figura 2.7.-Planta de km del 3+000 al 4+000

En la figura 2.7 se puede observar la planta del primer kilómetro que de acuerdo a la topografía de la brecha existente y a la rasante de proyecto, no hay gran movimiento de tierra, en ocasiones se terraplenará y en otras se realizarán cortes pero en los dos casos no pronunciados.

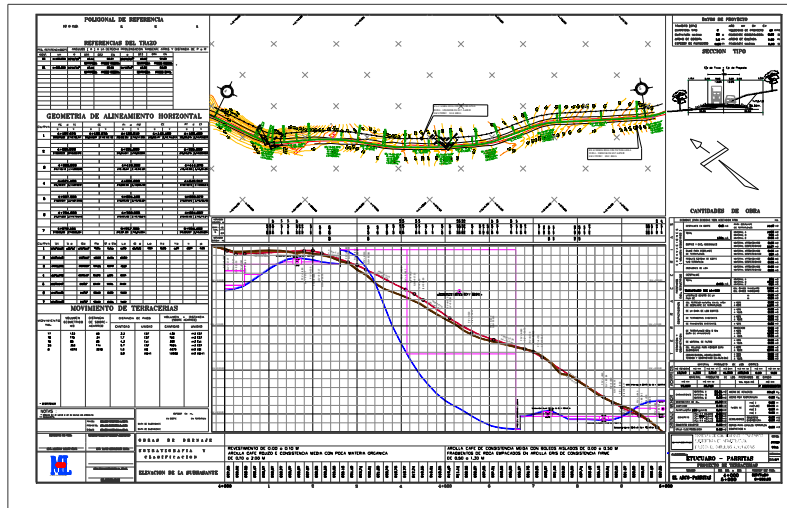


Figura 2.8.- Planta de km del 4+000.00 a 5+000.00 donde se encuentran los datos que le corresponden a su kilometraje.

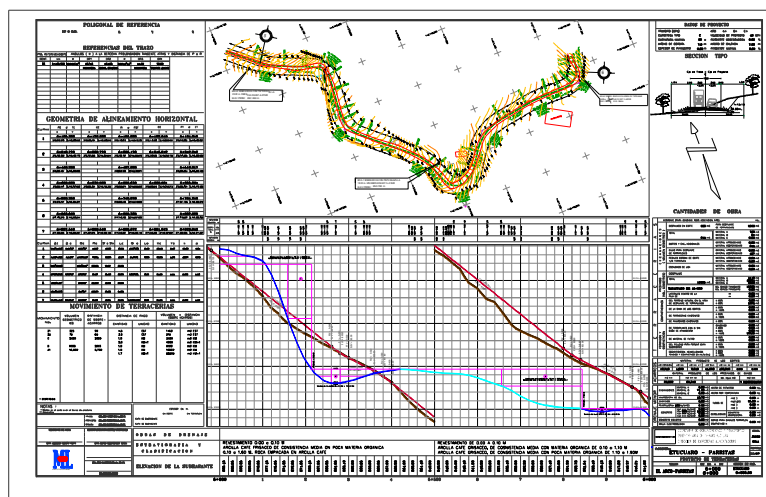


Figura 2.9.- Planta de km del 5+000.00 a 6+000.00 donde se encuentran los datos que le corresponden a su kilometraje.

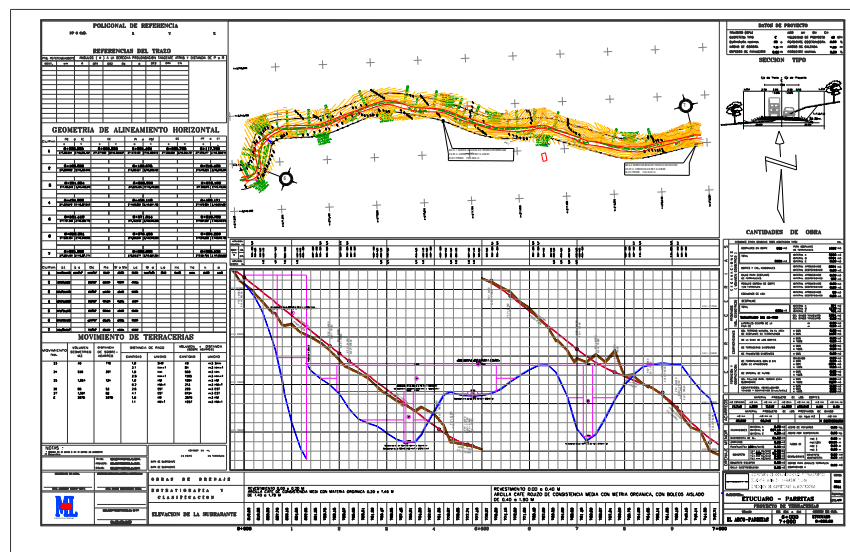


Figura 2.10.-Planta de km del 6+000.00 a 7+000.00 donde se encuentran los datos que le corresponden a su kilometraje.

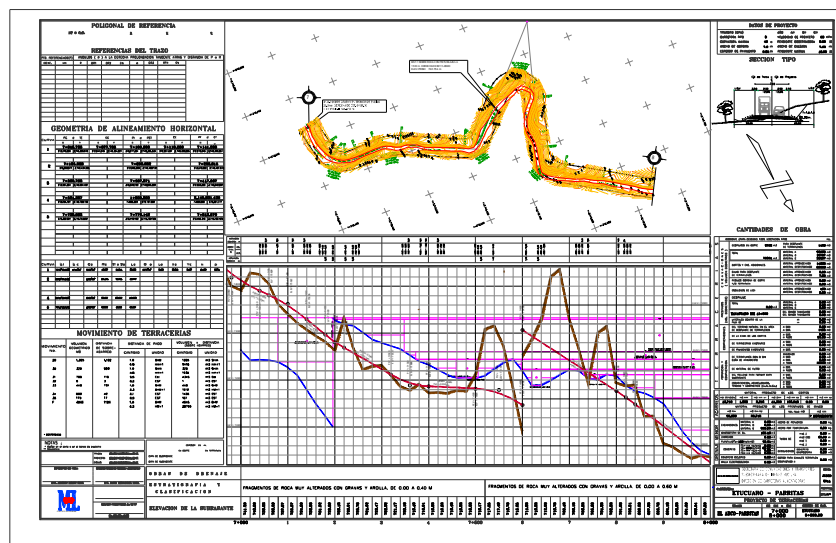


Figura 2.11.-Planta de km del 7+000.00 a 8+000.00 donde se encuentran los datos que le corresponden a su kilometraje.

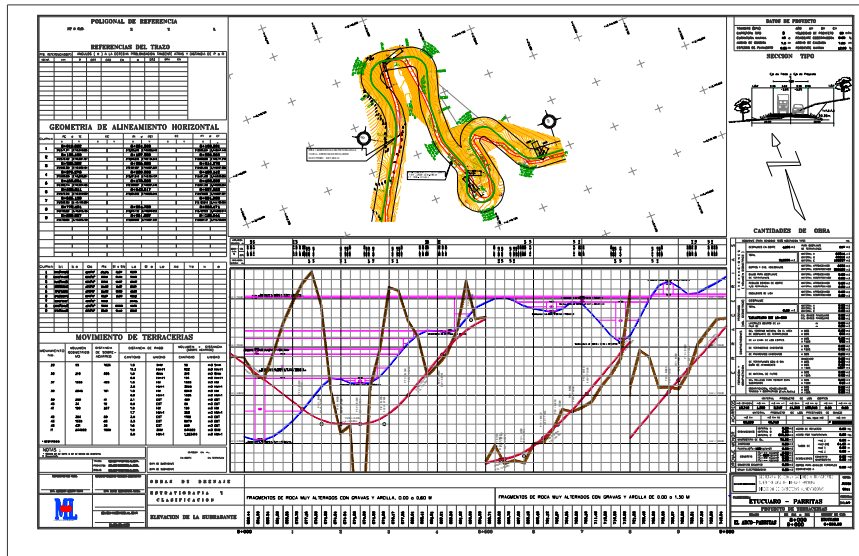


Figura 2.12.-Planta de km del 8+000.00 a 9+000.00 donde se encuentran los datos que le corresponden a su kilometraje.

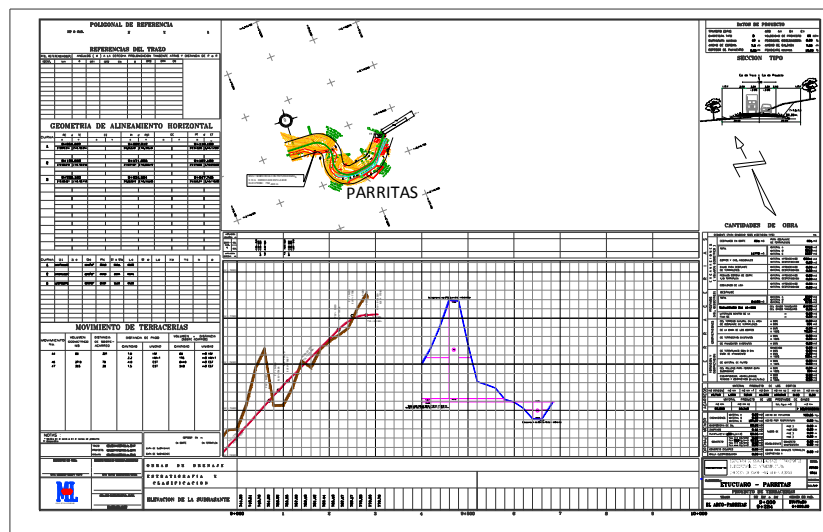


Figura 2.13.- Planta de km del +000.00 a 9+300.00 donde se encuentran los datos que le corresponden a su kilometraje.

2.8.- PERFIL GENERAL

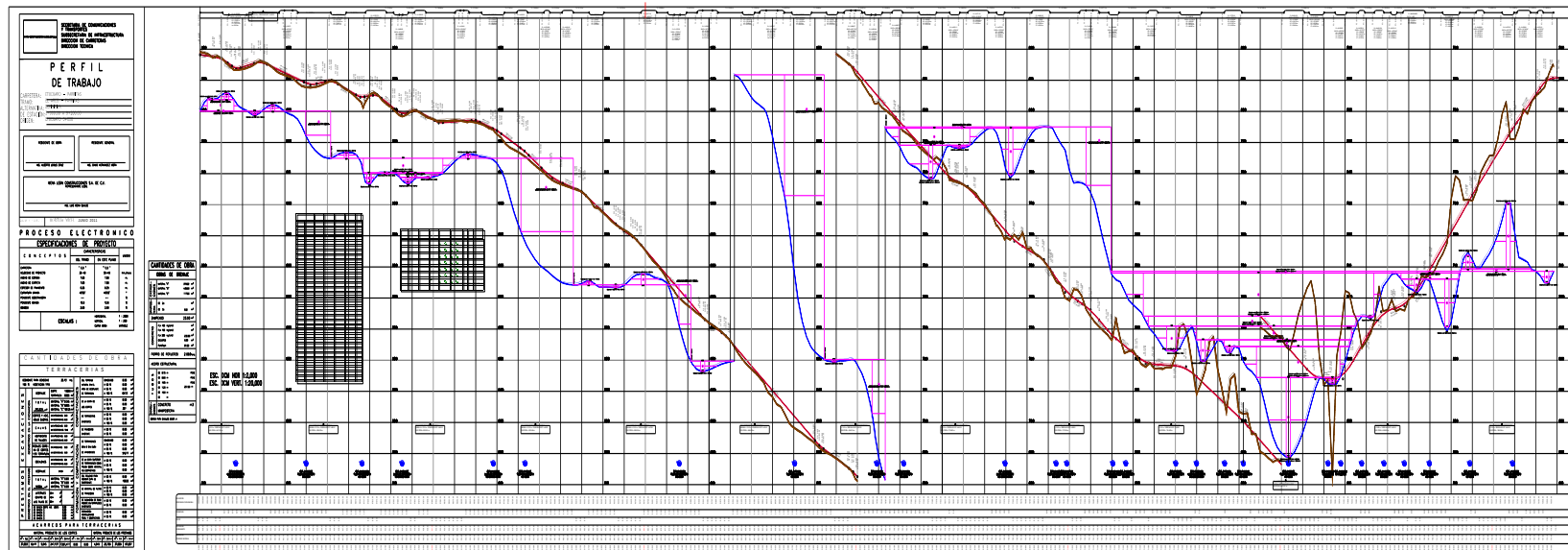


Figura 2.14.- PERFIL GENERAL

En el perfil general del proyecto, se muestra el perfil de la rasante de proyecto y la de terreno natural, la información del alineamiento vertical, así como los movimientos de tierra que se requieren, distancias y cantidades. En la parte superior de la figura 5.4.1 podemos observar los datos de los elementos de las curvas verticales en toda la longitud del tramo. También podemos observar dentro de la plantilla del lado izquierdo (fig. 5.4.1) los conceptos y las características del proyecto, así como lo son: tipo de carretera, velocidad de proyecto, ancho de corona y de carpeta, espesor de pavimento, curvatura máxima, pendiente gobernadora, pendiente máxima y el porcentaje de bombeo. En la parte izquierda de la plantilla se encuentran las cantidades de obra tanto de las terracerías como de las obras de drenaje.

2.9.- SECCIONES DE TERRENO NATURAL

De acuerdo a los puntos que fueron levantados a lo largo del tramo, se dibujaron las secciones del terreno natural existente. En cada plantilla se encuentran las especificaciones del proyecto como son: tipo de carretera, velocidad de proyecto, ancho de corona y de carpeta, espesor de pavimento, curvatura máxima, pendiente gobernadora, pendiente máxima y el porcentaje de bombeo. También podemos observar los significados de las abreviaturas para designar el tipo de material que se ha cuantificado sección por sección (proceso electrónico) y de acuerdo a esos datos, procesarlos y finalmente conocer el volumen de cada concepto obtenido.

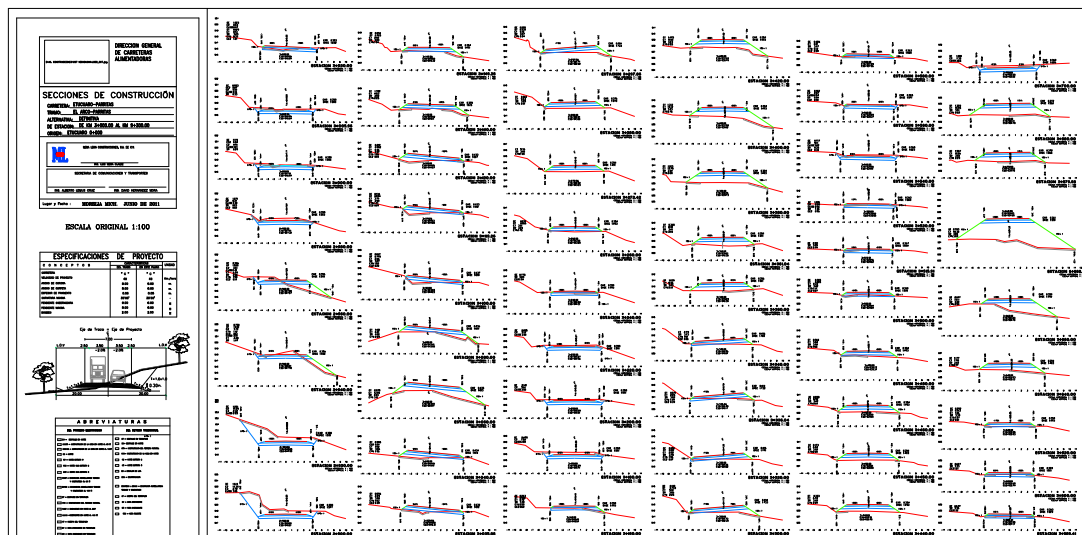


Figura 2.15.- Secciones de terreno natural del km 2+900 al 3+700.

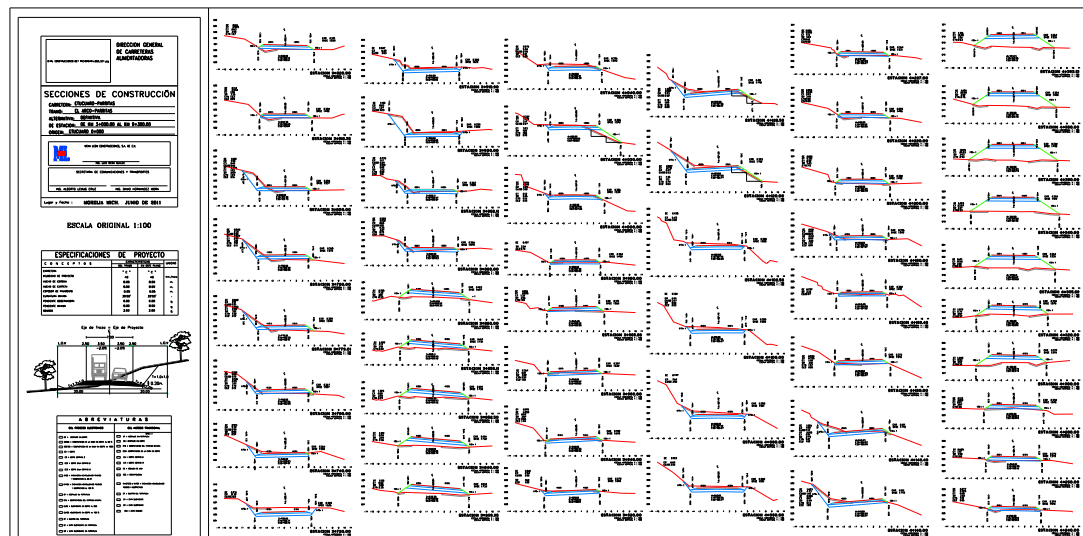


Figura 2.16.- Secciones de terreno natural del km 3+720 al 4+393.

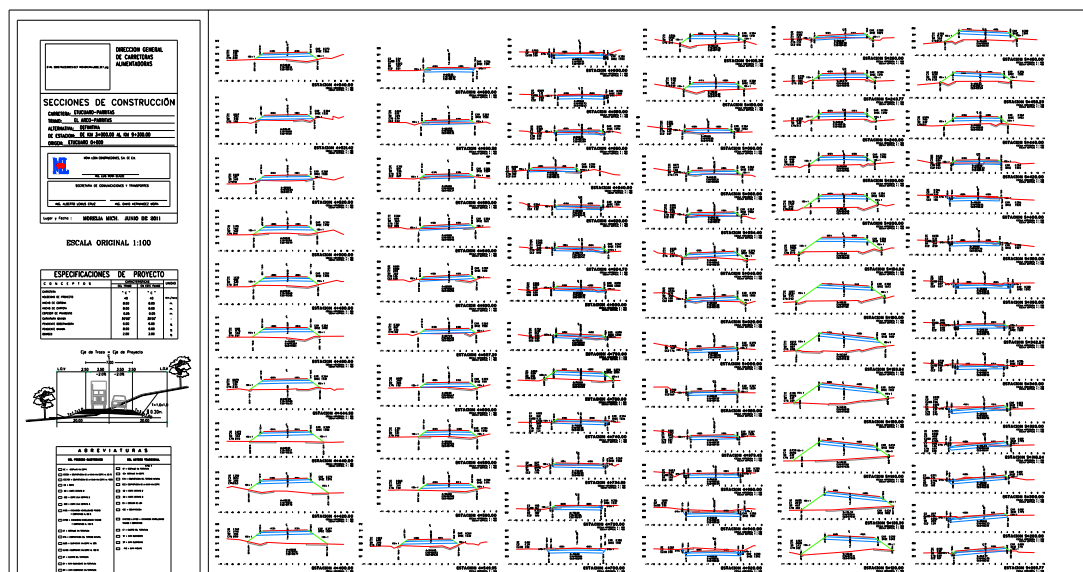


Figura 2.17.- Secciones de terreno natural del km 4+400 al 5+460.

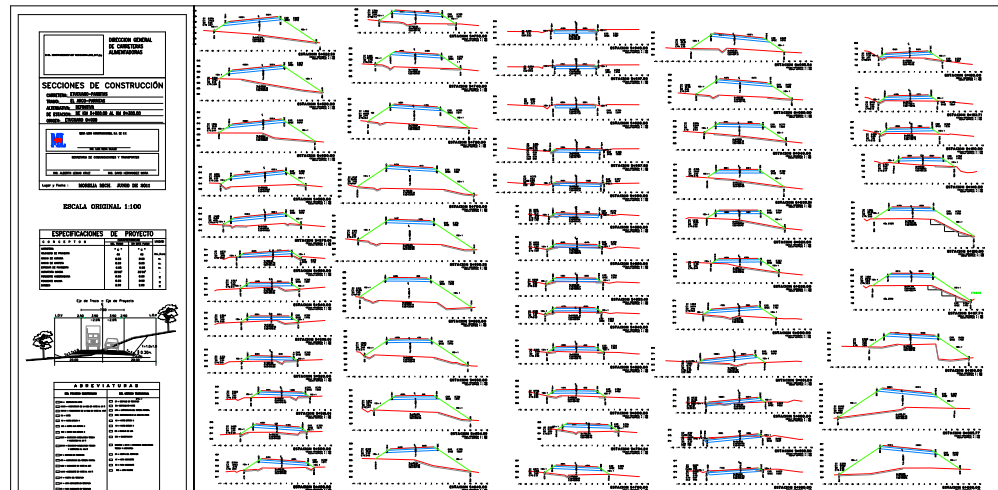


Figura 2.18.- Secciones de terreno natural del km 5+480 al 6+180.

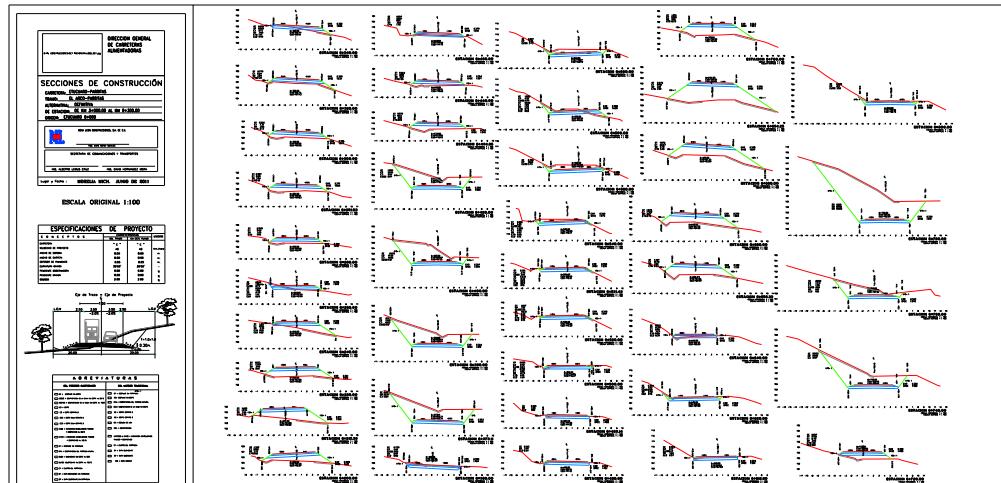


Figura 2.19.- Secciones de terreno natural del km 6+200 a 6+800.

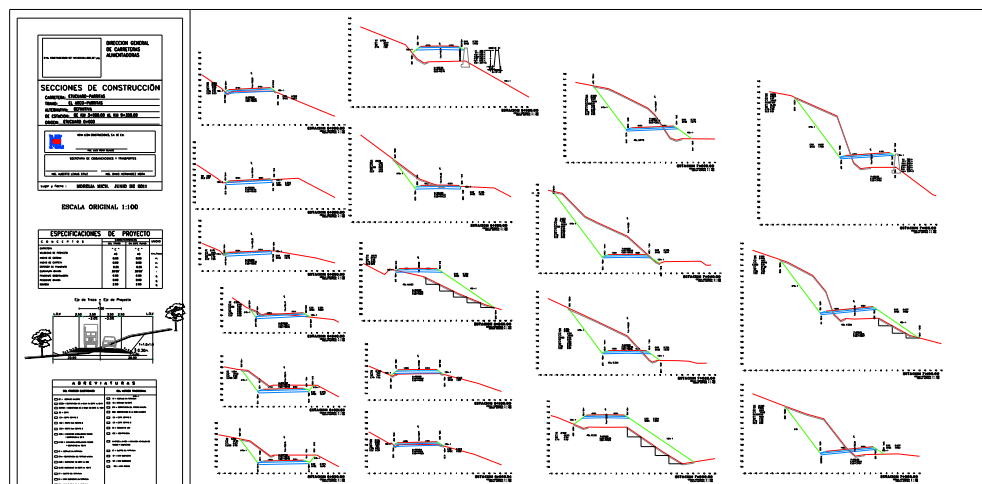


Figura 2.20.- Secciones de terreno natural del km 6+820 a 7+120.

A partir de la sección del km 7+020 se marca una notable diferencia de altura en la topografía del tramo, a partir de aquí los taludes son muy inestables debido a su proporción de altura, esto provoca que se presenten movimientos de tierra muy importantes ya que para llegar al nivel de la rasante de proyecto se necesita de cortes y/o terraplenes.

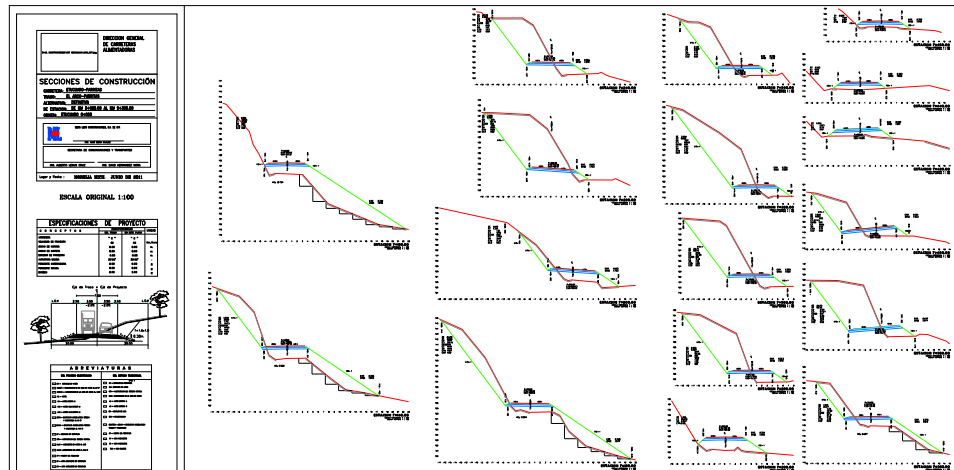


Figura 2.21.- Secciones de terreno natural del km 7+140 a 7+450

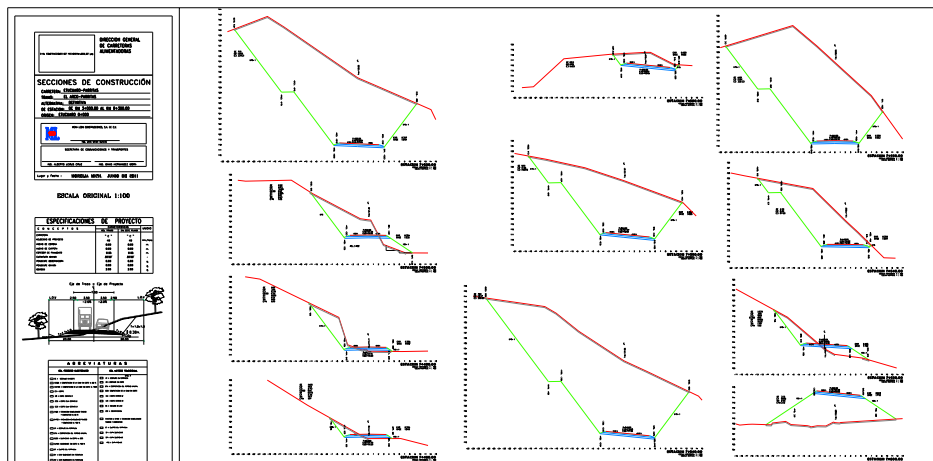
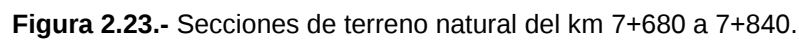


Figura 2.22.- Secciones de terreno natural del km 7+460 a 7+660



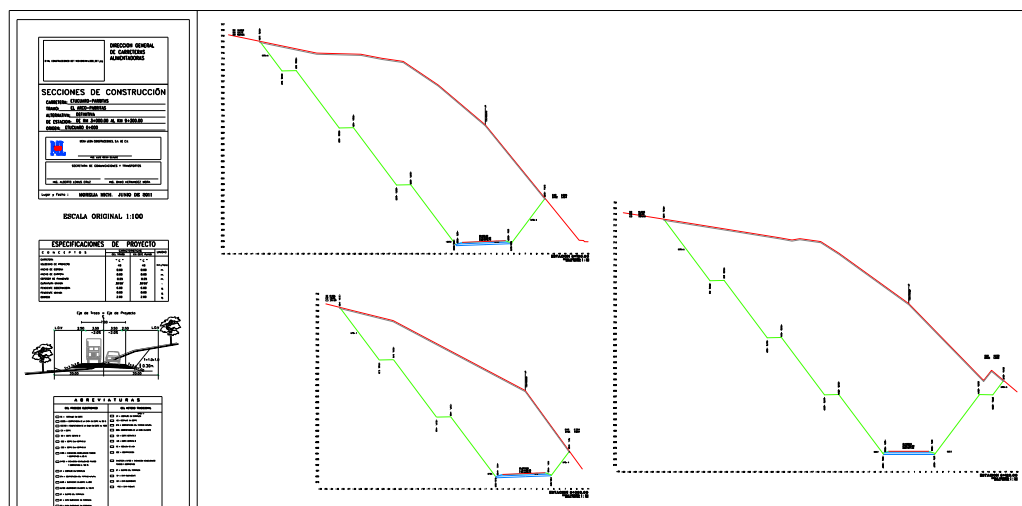


Figura 2.25.- Secciones de terreno natural del km 8+080 a 8+120.

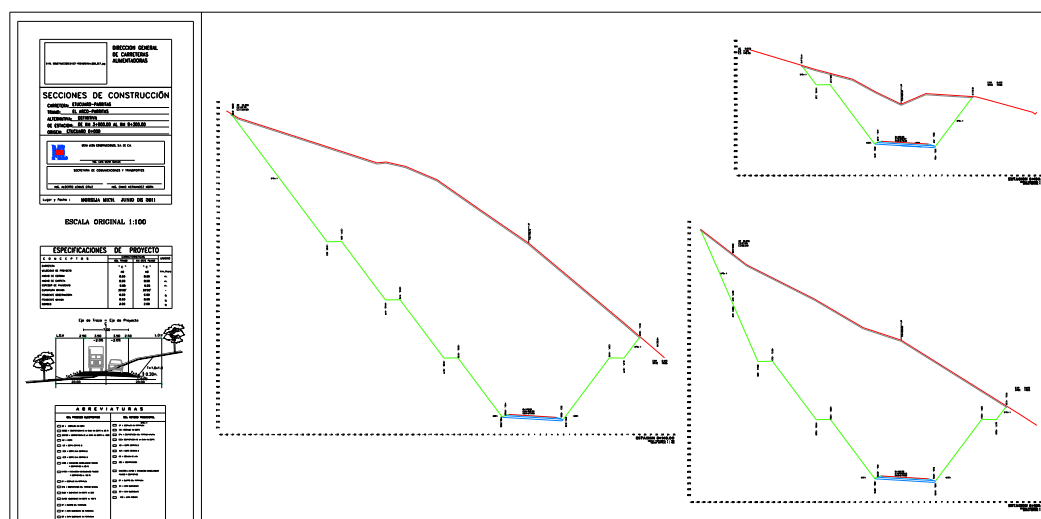


Figura 2.26.- Secciones de terreno natural del km 8+140 a 8+180

En la sección 8+140 se puede apreciar una diferencia de altura de más de 40 metros respecto a la rasante de proyecto y el terreno natural, lo cual origina la construcción de bermas para la estabilidad del talud como protección ya que la función de las bermas es la retención de material granular que se pueda disgregar, causando accidentes al caer el material sobre la carretera. El cálculo de la estabilidad de los taludes a lo largo del tramo se tratará en el subcapítulo 3.4 de esta tesis.

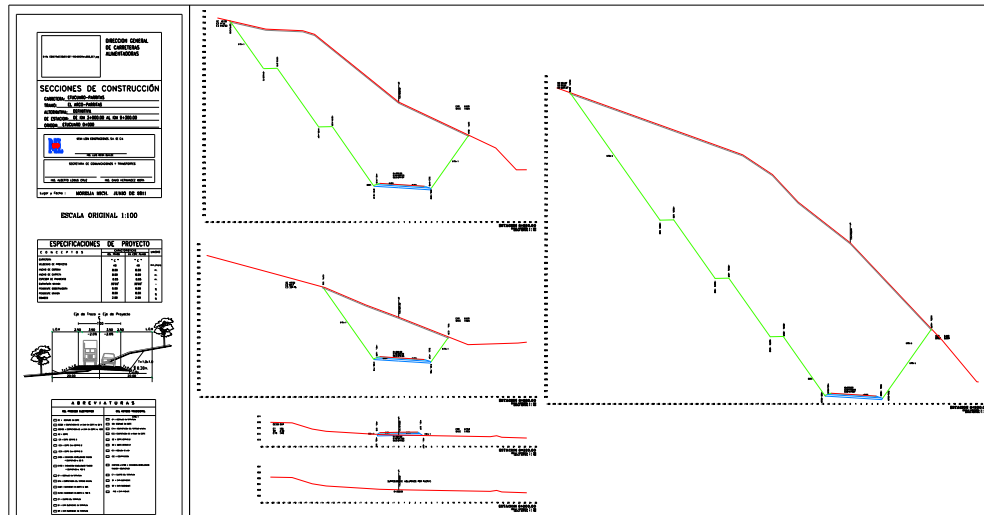


Figura 2.27.- Secciones de terreno natural del km 8+200 a 8+300.

Como se puede observar en la sección con cadenamiento en el km 8+200 existe una supresión de volúmenes debido a que esta sección pasa por el puente “El Aguacate” que tiene una longitud de 20 m y el cual de acuerdo a petición del departamento de Servicios Técnicos del Centro SCT Michoacán el eje de proyecto tiene que pasar por el eje de este puente y es por ese motivo se suprimieron volúmenes.

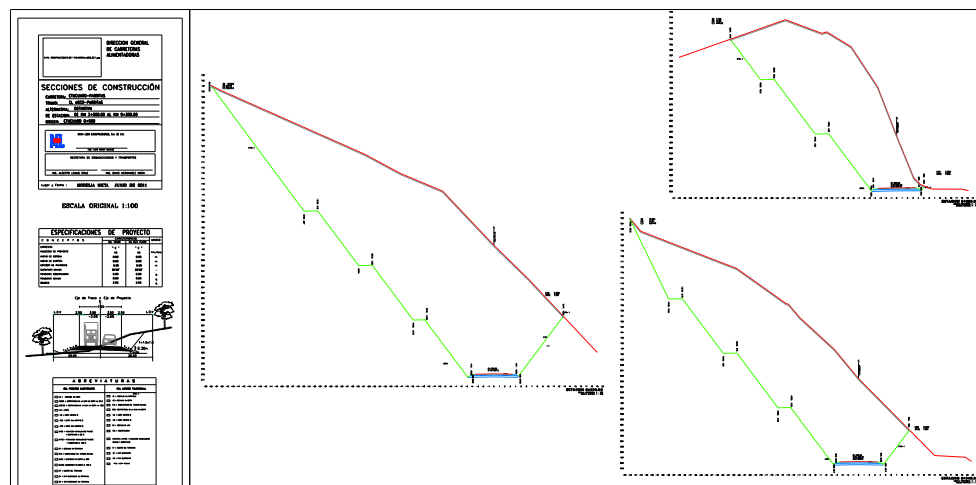


Figura 2.28.- Secciones de terreno natural del km 8+320 a 8+360

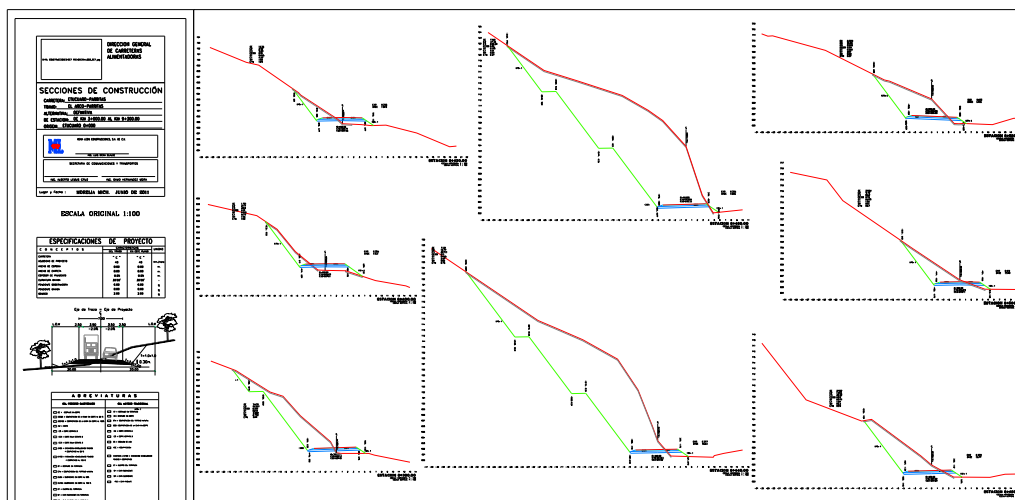


Figura 2.29.- Secciones de terreno natural del km 8+380 a 8+520.



CAPÍTULO

3

GEOTECNIA

Los estudios de geotecnia dentro de la obra civil, se hacen especialmente para conocer las propiedades mecánicas, hidráulicas e ingenieriles de los materiales provenientes del suelo en estudio. La finalidad del estudio de geotecnia es conocer las condiciones del suelo y rocas por debajo de la superficie para poder determinar sus condiciones y así diseñar la estructura de la cimentación de estructuras tales como edificios, puentes, centrales hidroeléctricas, estabilizar taludes, construir túneles y carreteras.

Para realizar un estudio de geotecnia es de especial importancia el dominio de conceptos básicos de geología ya que es necesario conocer la estratigrafía del suelo, a qué tipo de intemperismo está expuesto, los procesos que ha sufrido, su estado actual y la futura exposición a la que se verá afectado para poder determinar la mejor estructura para que elegir la mejor estructura y que resista las solicitaciones de los esfuerzos verticales que se le exigirán en un futuro.

GENERALIDADES

El objeto de este estudio, se limita a conocer las características del estrato superficial, hasta una profundidad de 2.00 metros, que nos permita determinar el diseño de la estructura del pavimento, del cadenamiento 7+200 al 8+700 por el tipo de material detectado no fue posible realizar los sondeos a mayor profundidad.

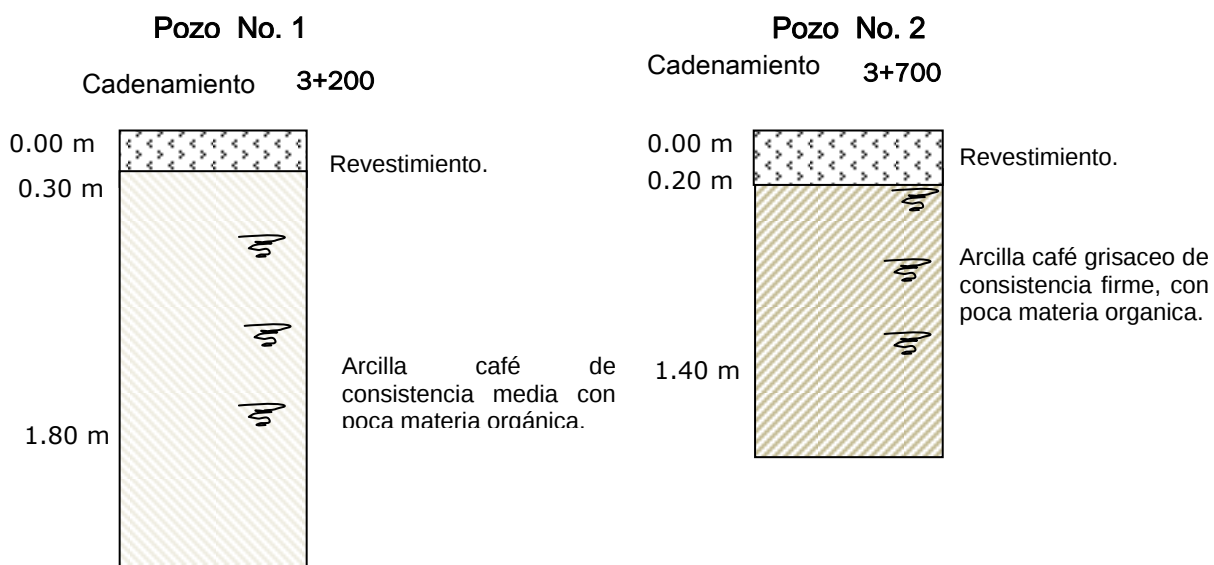
El terreno en estudio en donde se pretende pavimentar el camino El Arco – Parritas, actualmente cuenta con un revestimiento formado con gravas empacadas en arcilla café claro, con un espesor muy variable.

El tipo de terreno que se detecto superficialmente está formado por arcillas de consistencia media hasta el cadenamiento 3+000 al 6+700 y del 7+200 al 8+700 se detectaron fragmentos de roca que afloran sobre la superficie.

3.1.- EXPLORACIÓN Y MUESTREO

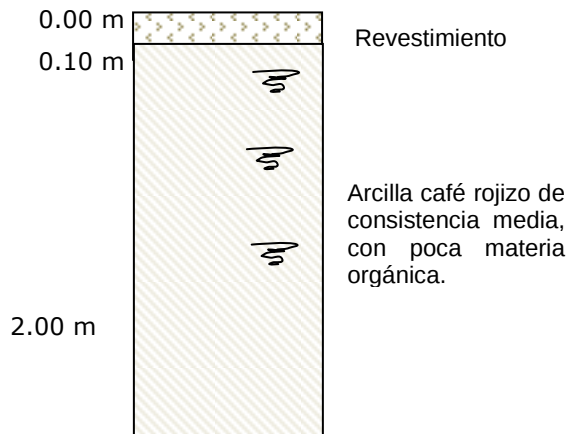
Sobre el trazo existente del camino, se realizaron 12 pozos a cielo abierto, a partir del cadenamiento 3+000 al 9+000, obteniendo en estos la siguiente estratigrafía:

3.1.1.- PERFILES ESTRATIGRÁFICOS

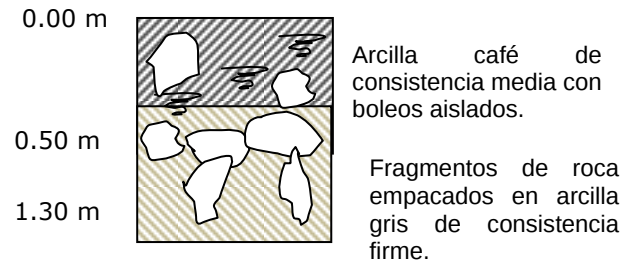


Pozo No. 3

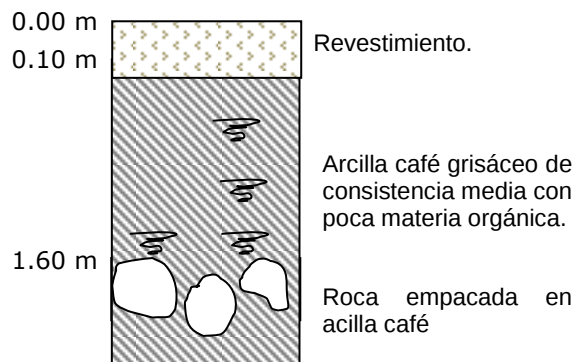
Cadenamiento 4+200

**Pozo No. 4**

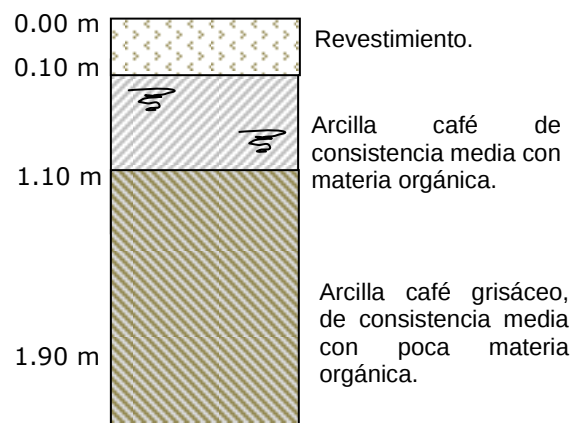
Cadenamiento 4+700

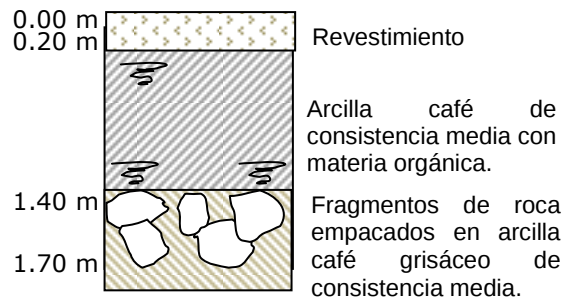
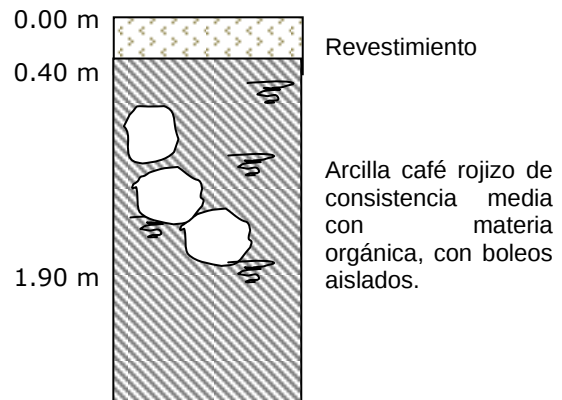
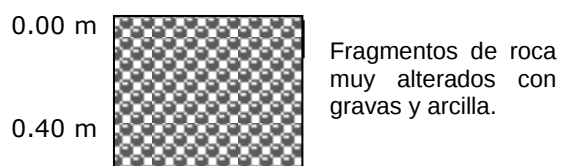
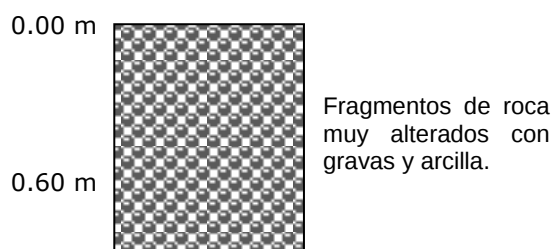
**Pozo No. 5**

Cadenamiento 5+200

**Pozo No. 6**

Cadenamiento 5+700



Pozo No. 7**Cadenamiento 6+200****Pozo No. 8****Cadenamiento 6+700****Pozo No. 9****Cadenamiento 7+200****Pozo No. 10****Cadenamiento 7+700****Pozo No. 11****Cadenamiento 8+200****Pozo No. 12****Cadenamiento 8+700**

Los trabajos de muestreo consistieron en tomar una muestra alterada de los estratos más representativos de cada uno de los pozos, que nos permitan diseñar la estructura del pavimento.

Durante la excavación de los pozos a cielo abierto, no se detectó el nivel de aguas freáticas, filtraciones o escurrimientos.

3.2.- ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS

Se realizó un estudio de pruebas de laboratorio a las muestras extraídas a lo largo del tramo a cada 500 metros; a estas muestras se le realizaron pruebas índices como: humedad natural, límite líquido, límite plástico, índice plástico, contracción lineal y su clasificación SUCS. También se obtuvo el porcentaje de expansión, el porcentaje de CBR y sus pesos volumétricos. Esto se hizo para cada muestra extraída en cada uno de los pozos. Tabla 3.1, tabla 3.2., tabla 3.3.

Tabla 3.1.- Tabla de resultados de los ensayos realizados en los cadenamientos del km 3+200, 3+700, 4+200, 4+700.

ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS									
TABLA DE RESULTADOS DE LOS ENSAYES REALIZADOS									
OBRA:	CAMINO: ETUCUARO - PARRITAS								
TRAMO:	EL ARCO - PARRITAS DEL CADENAMIENTO 3+000 AL 9+000								
SOLICITANTE:	MENA LEON CONSTRUCCIONES, S.A.. DE C.V.			LOCALIDAD:		MUNICIPIO DE VILLA MADERO, MICOACAN.			
DETERMINACIÓN DE LAS PRUEBAS ÍNDICES									
GRANULOMETRÍA					LÍMITES DE CONSISTENCIA				
POZO No.	1	2	3	4	POZO No.	1	2	3	4
ESTRATO	1	1	1	1	ESTRATO No.	1	1	1	1
CAD. KM	3+200	3+700	4+200	4+700	CADEMANIENTO KM.	3+200	3+700	4+200	4+700
MALLA No.	PASA EN (%)				HUMEDAD NATURAL (%)	10,8	14,3	9,8	17,6
					LÍMITE LIQUIDO (%)	52,9	56,9	54,2	64,7
3"	100,0	100,0	100,0	100,0	LÍMITE PLÁSTICO (%)	23,0	25,1	23,8	29,1
2"	100,0	100,0	100,0	100,0	ÍNDICE PLÁSTICO (%)	29,9	31,8	30,4	35,6
1 1/2"	100,0	100,0	100,0	100,0	C. LINEAL (%)	13,5	13,9	12,8	14,5
1"	100,0	100,0	100,0	100,0	CLASIFICACIÓN SUCS	CH	CH	CH	CH
3/4"	100,0	100,0	100,0	100,0	CH = ARCILLA INORGANICA DE ALTA PLASTICIDAD				
1/2"	100,0	100,0	100,0	100,0	VALOR RELATIVO DE SOPORTE ESTANDAR				
3/8"	100,0	100,0	100,0	100,0	EXPANSION %	3,0	2,8	2,8	2,10
4	100,0	100,0	100,0	100,0	V.R.S. %	11,6	12,9	10,5	11,6
10	91,8	81,2	90,3	93,5					
20	91,5	79,7	89,8	93,2					
40	90,0	67,7	84,3	91,1					
60	89,1	61,7	79,5	90,3					
100	88,1	56,2	74,5	89,5					
200	87,1	51,9	70,1	88,8	PESOS VOLUMETRICOS				
PORCENTAJES DEL SUELO					P.V.S.S. Kg/M3	1171	1131	1211	1131
GRAVAS %	0,0	0,0	0,0	0,0	P.V.S.M. Kg/M3	1480	1370	1360	1335
ARENAS %	12,9	48,1	29,9	11,2	HUMEDAD OPTIMA %	22,5	27,4	27,6	25,2
FINOS %	87,1	51,9	70,1	88,8					

Tabla 3.2.- Tabla de resultados de los ensayos realizados en los cadenamientos 5+200, 5+700, 6+200, 6+700.

ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS									
TABLA DE RESULTADOS DE LOS ENSAYES REALIZADOS									
OBRA:		CAMINO: ETUCUARO - PARRITAS							
TRAMO:		EL ARCO - PARRITAS DEL CADENAMIENTO 3+000 AL 9+000							
SOLICITANTE:		MENA LEON CONSTRUCCIONES, S.A.. DE C.V.			LOCALIDAD:		MUNICIPIO DE VILLA MADERO, MICHOACAN.		
DETERMINACIÓN DE LAS PRUEBAS ÍNDICES									
GRANULOMETRÍA					LÍMITES DE CONSISTENCIA				
POZO No.	5	6	7	8	POZO No.	5	6	7	8
ESTRATO	1	1	1	1	ESTRATO No.	1	1	1	1
CAD. KM	5+200	5+700	6+200	6+700	CADEMANIENTO KM.	5+200	5+700	6+200	6+700
MALLA No.	PASA EN (%)				HUMEDAD NATURAL (%)	16,5	14,5	13,8	17,5
					LÍMITE LIQUIDO (%)	72,3	36,9	39,2	46,7
3"	100,0	100,0	100,0	100,0	LÍMITE PLÁSTICO (%)	30,3	15,5	17,5	20,5
2"	100,0	100,0	100,0	100,0	ÍNDICE PLÁSTICO (%)	42,0	21,4	21,7	26,2
1 1/2"	100,0	100,0	100,0	100,0	C. LINEAL (%)	15,2	10,9	11,2	9,6
1"	100,0	100,0	100,0	100,0	CLASIFICACIÓN SUCS	CH	CL	CL	CL
3/4"	100,0	100,0	100,0	100,0	CH = ARCILLA INORGANICA DE ALTA PLASTICIDAD				
1/2"	100,0	100,0	100,0	100,0	CL = ARCILLA ARENOSA DE MEDIANA PLASTICIDAD				
3/8"	100,0	100,0	100,0	100,0	VALOR RELATIVO DE SOPORTE ESTANDAR				
4	100,0	100,0	100,0	92,0					
10	95,6	98,1	84,3	80,3	EXPANSION %	4,9	1,1	2,33	2,10
20	93,1	95,6	78,0	79,6	V.R.S. %	10,0	16,5	11,2	14,10
40	91,3	92,5	74,0	74,6					
60	90,5	90,3	68,0	70,7					
100	89,6	87,1	65,6	64,6					
200	89,1	80,6	57,4	56,1	PESOS VOLUMETRICOS				
PORCENTAJES DEL SUELO					P.V.S.S. Kg/M3	1131	1264	1244	1291
GRAVAS %	0,0	0,0	0,0	8,0	P.V.S.M. Kg/M3	1429	1420	1395	1404
ARENAS %	10,9	19,4	42,6	35,9	HUMEDAD OPTIMA %	24,4	20,2	23,2	23,9
FINOS %	89,1	80,6	57,4	56,1					

Tabla 3.3.- tabla de resultados de los ensayos realizados en los cadenamientos 7+200, 7+700, 8+200, 8+700.

ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS									
TABLA DE RESULTADOS DE LOS ENSAYES REALIZADOS									
OBRA:	CAMINO: ETUCUARO - PARRITAS								
TRAMO:	EL ARCO - PARRITAS DEL CADENAMIENTO 3+000 AL 9+000								
SOLICITANTE:	MENA LEON CONSTRUCCIONES, S.A.. DE C.V.			LOCALIDAD:		MUNICIPIO DE VILLA MADERO, MICOHACAN.			
DETERMINACIÓN DE LAS PRUEBAS ÍNDICES									
GRANULOMETRÍA					LÍMITES DE CONSISTENCIA				
POZO No.	9	10	11	12	POZO No.	9	10	11	12
ESTRATO	1	1	1	1	ESTRATO No.	1	1	1	1
CAD. KM	7+200	7+700	8+200	8+700	CADEMANIENTO KM.	7+200	7+700	8+200	8+700
MALLA No.	PASA EN (%)				HUMEDAD NATURAL (%)	8,1	7,8	6,7	6,1
					LÍMITE LIQUIDO (%)	40,3	32,1	33,7	32,8
3"	100,0	100,0	100,0	100,0	LÍMITE PLÁSTICO (%)	18,1	19,9	18,0	22,0
2"	94,0	96,7	90,6	96,2	ÍNDICE PLÁSTICO (%)	22,2	12,2	15,7	10,8
1 1/2"	92,5	84,8	71,6	89,7	C. LINEAL (%)	8,0	7,4	7,7	6,3
1"	83,1	65,9	65,8	74,3	CLASIFICACIÓN SUCS	GC	GC	GC	GC
3/4"	78,6	59,0	59,0	70,1	GC = GRAVA ARCILLOSA				
1/2"	72,4	51,1	51,4	63,7					
3/8"	66,3	41,6	40,7	58,3	VALOR RELATIVO DE SOPORTE ESTANDAR				
4	54,4	30,7	28,4	49,3					
10	49,2	15,8	27,5	45,1	EXPANSION %	0,8	0,6	0,56	0,63
20	44,6	15,1	21,3	41,7	V.R.S. %	55,5	62,1	64,1	58,70
40	42,3	11,6	18,6	35,9	PESOS VOLUMETRICOS				
60	39,9	10,3	16,1	32,0					
100	38,0	9,1	13,5	27,8	P.V.S.S. Kg/M3	1379	1610	1582	1503
200	35,3	7,9	6,5	24,1	P.V.S.M. Kg/M3	2110	2111	2089	1900
PORCENTAJES DEL SUELO					HUMEDAD OPTIMA %	9,7	9,2	10,2	9,3
GRAVAS %	45,6	69,3	71,6	50,7					
ARENAS %	19,1	22,8	21,9	25,2					
FINOS %	35,3	7,9	6,5	24,1					

3.2.1.- TRABAJOS DE LABORATORIO

Las pruebas realizadas a las muestras alteradas obtenidas de los sondeos a cielo abierto son las siguientes:

PRUEBAS ÍNDICES

- **Humedad natural**
- **Granulometría**
- **Límites de consistencia**
 - Límite líquido
 - Límite plástico
 - Índice plástico
 - Contracción lineal
- Expansión (%)
- Valor Soporte de California CBR (%)
- Peso volumétrico seco suelto
- Peso volumétrico seco máximo
- Contenido de humedad óptima

En el estudio de geotecnia, después de las pruebas realizadas a las extracciones hechas en campo y estudios realizados en laboratorio se establece lo siguiente:

El terreno objeto de este estudio en donde se pretende pavimentar el camino: Etucuario - Parritas del tramo: El Arco - Parritas del cadenamiento 3+000 al 9+000 que se localiza en el municipio de Villa Madero, Michoacán.

- Sobre la superficie del camino se tiene un revestimiento con un espesor variable, formado por un material producto de bancos de préstamo que se tienen sobre el camino.
- El terreno natural detectado durante la excavación de los pozos a cielo abierto, está formado por Arcillas de consistencia media, con materia orgánica.
- Subyaciendo a este estrato se detectaron boleos o fragmentos de roca empacados en arcilla
- Del cadenamiento 7+000 al 9+000 se tienen mantos rocosos con roca muy alterada, con gravas y arcilla.

3.2.2.- TRABAJOS RECOMENDADOS EN BASE AL TIPO DE SUELO ENCONTRADO:

- Renivelar la superficie del camino y compactar los 20 cm superficiales con rodillo vibratorio hasta obtener el 90% de su peso volumétrico seco máximo y posteriormente colocar la estructura del pavimento que estará formada por las siguientes capas y espesores:

Del cadenamiento 3+000 al 7+000 la estructura es la siguiente:

- Carpeta Asfáltica = 5 cm
 - Carpeta Base = 20 cm
 - Carpeta Sub-rasante = 40 cm
-
- Sobre la superficie renivelada y compactada (revestimiento), colocar dos capas de 20 cm cada una con características de **SUB-RASANTE**, para la formación de esta capa se puede utilizar un material con características de filtro, formadas por partículas inertes de 1 a 3" de tamaño máximo la cual deberá ser acomodada con equipo vibratorio hasta obtener un buen acomodo, o una grava arena cementada que deberá de cumplir con los siguientes parámetros: Tamaño máximo 3", porcentaje de finos = 25 % máximo, Límite líquido = 40% máximo, Índice plástico = 12 % máximo y Valor Soporte de California = 30 % mínimo, expansión = 2% máximo y compactarla con rodillo vibratorio hasta obtener el 95% de su peso volumétrico seco máximo, determinado mediante la prueba AASTHO ESTANDAR, con una humedad cercana a la óptima.
 - Sobre la capa de sub-rasante colocar una capa de **20 cm** con características de **BASE**, para la formación de esta capa esta deberá de cumplir con los siguientes parámetros: Tamaño máximo 1^{1/2}", porcentaje de finos = 10 % máximo, equivalente de arena = 30% mínimo, Límite líquido = 25% máximo, Índice plástico = 6 % máximo y valor soporte de california = 90 % mínimo, desgaste de los ángeles = 35% máximo y compactarla con rodillo vibratorio hasta obtener el 100% de su peso volumétrico seco máximo, determinado mediante la prueba AASTHO MODIFICADA, con una humedad cercana a la óptima.

Del cadenamiento 7+000 al 9+000 la estructura es la siguiente:

▪ Carpeta asfáltica	=	5	cm
▪ Capa de base	=	20	cm
▪ Capa de sub-rasante	=	30	cm

- Sobre la superficie renivelada y compactada (revestimiento), colocar una capa de 30 cm con características de **SUB-RASANTE**, para la formación de esta capa se puede utilizar un material con características de filtro, formadas por partículas inertes de 1 a 3" de tamaño máximo la cual deberá ser acomodada con equipo vibratorio hasta obtener un buen acomodo, o una grava arena cementada que deberá de cumplir con los siguientes parámetros: Tamaño máximo 3", porcentaje de finos = 25 % máximo, Límite líquido = 40% máximo, Índice plástico = 12 % máximo y Valor Soporte de California = 30 % mínimo, expansión = 2% máximo y compactarla con rodillo vibratorio hasta obtener el 95% de su peso volumétrico seco máximo, determinado mediante la prueba AASHTO ESTANDAR, con una humedad cercana a la optima.
- Sobre la capa de sub-rasante colocar una capa de **20 cm** con características de **BASE**, para la formación de esta capa esta deberá de cumplir con los siguientes parámetros: Tamaño máximo 1^{1/2}", porcentaje de finos = 10 % máximo, equivalente de arena = 30% mínimo, Límite líquido = 25% máximo, Índice plástico = 6 % máximo y valor soporte de california = 90 % mínimo, desgaste de los angeles = 35% máximo y compactarla con rodillo vibratorio hasta obtener el 100% de su peso volumétrico seco máximo, determinado mediante la prueba AASTHO MODIFICADA, con una humedad cercana a la optima.
- Para evitar la pérdida de humedad y evitar que el grado de compactación se vea afectado se deberá de aplicar un riego de impregnación, con un producto asfáltico de rompimiento rápido (RR-2K) a razón de 1.5 l/m², la penetración no debe ser menor de 4 mm.
- Sobre el riego de impregnación colocar un riego de liga a razón de 1.0 l/m² con una emulsión de rompimiento rápido (RR-2K). Posteriormente colocar la carpeta asfáltica de 5.0 cm de espesor, mediante una carpeta en caliente, la cual deberá de cumplir con las normas vigentes de la SCT. y compactarla con neumático (duopactor) hasta obtener el 95% de su peso específico, para la elaboración de la carpeta asfáltica se recomienda utilizar materiales producto de trituración.

- Si se requiere la aplicación de un riego de sello se recomienda aplicar un riego de sello tipo 3-A
- Si por niveles de proyecto se requiere incrementar el espesor de la estructura del pavimento, la capa que se recomienda incrementar es la de sub-rasante.
- Los espesores indicados en este informe son los mínimos indicados en estado compacto.

3.2.3.-OBRAS DE DRENAJE

3.2.3.1.-OBRAS DE DRENAJE MENOR.

Es importante la construcciones de obras de drenaje necesarios para evitar filtraciones de agua hacia las capas inferiores de la estructura del pavimento.

Se recomienda la construcción de obras de drenaje como: cunetas, contra cunetas, bordillos, alcantarillas y cualquier otra obra que sirva como protección al cuerpo de la estructura del pavimento. Las cunetas y las contra cunetas deberán revestirse con concreto simple con un $f'c = 150 \text{ Kg/cm}^2$.

En general, este tipo de obras será para desalojar y dar paso a los escurrimientos superficiales.

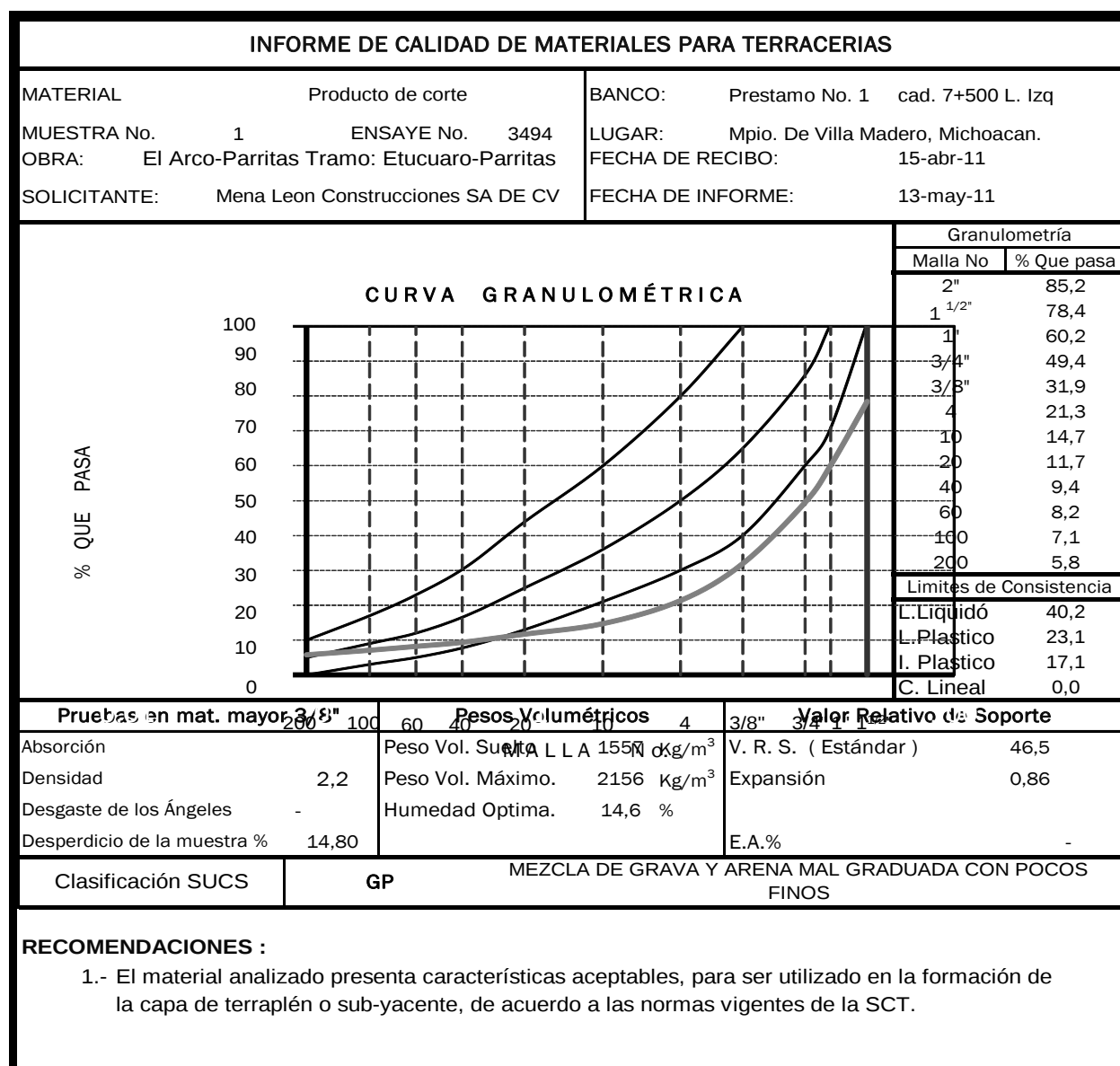
3.2.3.2.- TRABAJOS RECOMENDADOS PARA LA FORMACIÓN DE TERRAPLENES.

- Para la formación de estos terraplenes, estos podrán ser contruidos con los siguientes materiales: Limo arenoso (Tepetate), material en greña (grava arena) o grava arena cementada, para la formación de los terraplenes este deberán de cumplir con los siguientes parámetros: porcentaje de finos 40 % máximo, Límite líquido = 50 % máximo, Índice plástico = 20% máximo, Valor Soporte de California = 10 % Mínimo, expansión = 5% máximo y compactarlo con rodillo vibratorio hasta obtener el 90% de su peso volumétrico seco máximo mediante la prueba AASHTO ESTANDAR, con una humedad cercana a la óptima.

- El terraplén deberá ser construido hasta el nivel de proyecto, procurando dejar el espacio necesario para la colocación de la estructura de pavimento indicada en este informe.
- Se recomienda que la geometría de los taludes de las terracerías y la estructura del pavimento sea 1.5: 1.0.
- Para la formación de los terraplenes se puede utilizar el terreno natural producto de corte, este material cumple con las especificaciones establecidas por la SCT, del cadenamiento del Km 7+000 a 9+000.
- Por las condiciones que presenta el camino y en particular del cadenamiento 7+000 al 9+000, se tendrá que ampliar y en esta zona se encuentra un material formado por fragmentos de rocas alteradas, el talud que se recomienda en los cortes de acuerdo al tipo de material es a razón de 0.75: 1.0. Al final de este Estudio se presenta una revisión de los taludes.
- Se recomienda que durante los trabajos se lleve un estricto control de calidad, para garantizar que los materiales empleados cumplan con lo indicado.

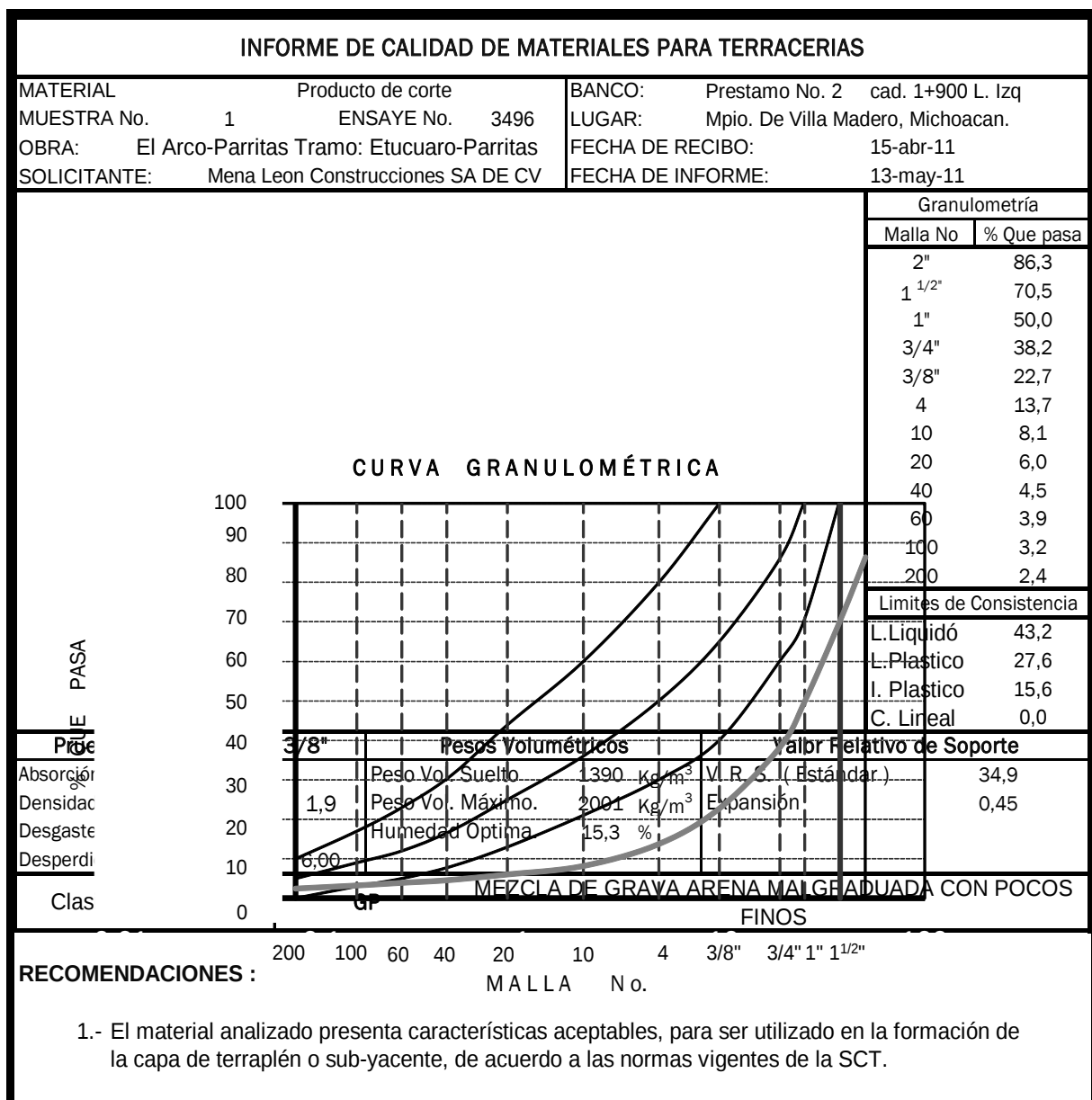
3.3.- CALIDAD DE MATERIALES PARA TERRACERIAS

Una vez ubicados los Bancos de Materiales más cercanos al tramo que se va a modernizar, se requieren conocer las características físicas y mecánicas de los materiales granulares que nos ofrecen cada uno de los Bancos y poder asignar que uso se le puede dar en la estructura del pavimento ya sea que el material nos sirva para la formación de la capa del terraplén, subyacente, sub-rasante o ya sea para formar la sub-base. Dichos informes se presentan en las tablas 3.4, tabla 3.5, tabla 3.6.

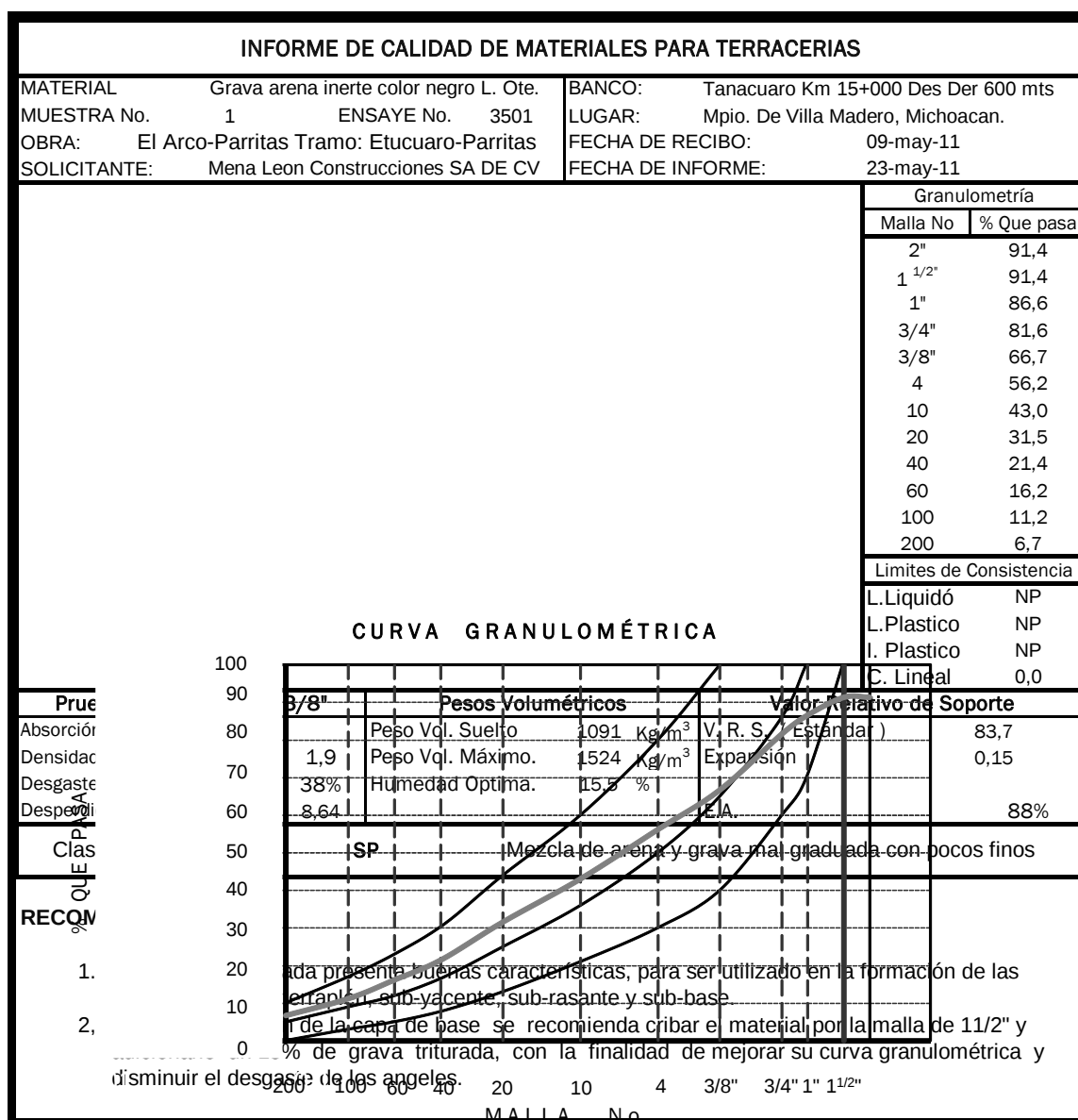
Tabla 3.4.- Informe de calidad del material del banco de préstamo No. 1.

En éste Banco se encuentra material producto de corte, al cual se clasificó granulométricamente y de acuerdo a los procesos adecuados se realizaron las pruebas de límites de consistencia para obtener sus porcentajes, densidad, pesos volumétricos, CBR así como la clasificación S.U.C.S. que le corresponde a dicho material analizado. En este caso es una mezcla de grava y arena graduada con pocos finos.

Una vez hechas estas pruebas y con los porcentajes correspondientes se realiza un análisis que nos arroja una recomendación específica para la cual es adecuado el uso del material de éste Banco de Material.

Tabla 3.5.- Informe de calidad del material de banco de préstamo No. 2.

En éste Banco de material producto de corte ubicado en el km 1+900 del lado izquierdo en el Municipio de Villa Madero, se realizaron las pruebas anteriormente mencionadas en la tabla 3.4 de manera que en la clasificación S.U.C.S. el resultado fue que se trata de una mezcla de grava arena mal graduada con pocos finos (GP) y la recomendación de uso de éste material es aceptable para la formación de la capa de terraplén o sub-yacente, de acuerdo a las normas vigentes de la S.C.T.

Tabla 3.6.- Informe de calidad del material de banco de préstamo No. 3.

En éste Banco de material grava arena inerte color negro lado oriente, ubicado a la altura de Tanacuaro km 15+000 desviación Derecha a 600 m. en el Municipio de Villa Madero, se realizaron las pruebas anteriormente mencionadas en la tabla 3.4 pero por tratarse de una grava arena no se realizaron las pruebas de consistencia ya que es innecesaria para dicho material, de manera que en la clasificación S.U.C.S. el resultado fue que se trata de una Mezcla de arena y grava mal graduada con pocos finos (SP) y la recomendación para el uso de éste material es que presenta buenas características para ser utilizado en la formación de las siguientes capas: terraplén, sub-yacente, sub-rasante y sub-base. Por otro lado para la formación de la capa base se recomienda cribar el material por la malla de 1 1/2" y

adicionarle un 15% de grava triturada, esto con la finalidad de mejorar su curvatura granulométrica y disminuir el desgaste de los ángeles.

Tabla 3.7.- Informe de calidad del material de banco de préstamo No. 4.

INFORME DE CALIDAD DE MATERIALES PARA TERRACERIAS					
MATERIAL	Grava arena inerte color rojo L. Pte.		BANCO:	Tanacuaro Km 15+000 Des Der 600 mts	
MUESTRA No.	1	ENSAYE No.	35000	LUGAR:	Mpio. De Villa Madero, Michoacan.
OBRA:	El Arco-Parritas Tramo: Etucuar-Parritas		FECHA DE RECIBO:	09-may-11	
SOLICITANTE:	Mena Leon Construcciones SA DE CV		FECHA DE INFORME:	23-may-11	
			Granulometría		
			Malla No	% Que pasa	
			2"	100,0	
			1 1/2"	92,5	
			1"	89,1	
			3/4"	86,1	
			3/8"	70,5	
			4	54,7	
			10	39,8	
			20	29,3	
			40	21,2	
			60	16,0	
100	10,8				
200	6,2				
			Limites de Consistencia		
			L.Liquidó	NP	
			L.Plastico	NP	
			I. Plastico	NP	
			C. Lineal	0,0	
Pruebas en mat. mayor 3/8"		Pesos Volumétricos		Valor Relativo de Soporte	
Absorción		Peso Vol. Suelto	1151 Kg/m³	V. R. S. (Estándar)	88,3
Densidad	2,0	Peso Vol. Máximo.	1643 Kg/m³	Expansión	0,09
Desgaste de los Ángeles	35%	Humedad Optima.	13,4 %		
Desperdicio de la muestra %	0,00				
CURVA GRANULOMÉTRICA					
Clas	100	SP Mezcla de arena y grava mal graduada con pocos finos			
RECON	90				
	80				
	70				
	60				
	50				
	40				
	30				
% QUE PASA					

En éste Banco de material grava arena inerte color negro lado oriente, ubicado a la altura de Tanacuaro km 15+000 desviación derecha a 600 m. en el Municipio de Villa Madero, se realizaron las pruebas anteriormente mencionadas en la tabla 3.4 pero por tratarse de una grava arena no se realizaron las pruebas de consistencia

ya que es innecesaria para dicho material, de manera que en la clasificación S.U.C.S. el resultado fue que se trata de una Mezcla de arena y grava mal graduada con pocos finos (SP) y la recomendación para el uso de éste material es que presenta buenas características para ser utilizado en la formación de las siguientes capas: terraplén, sub-yacente, sub-rasante y sub-base. Por otro lado para la formación de la capa base se recomienda cribar el material por la malla de 11/2" y adicionarle un 15% de grava triturada, esto con la finalidad de mejorar su curvatura granulométrica y disminuir el desgaste de los ángeles.

Para la formación de las capas de la estructura del pavimento se recomiendan los siguientes bancos de material. (Tabla 3.8).

BANCO	LOCALIZACION	TIPO DE MATERIAL	MATERIAL RECOMENDADO PARA	DENSIDAD	Cnc	E. A.. %
Préstamo	Tramo: Etucuario-parritas km 7+500 Lado Izquierdo	Gravas Arcillosas	Terraplén y Subyacente	2.2	terraplén 0.98 Sub-yacente 0.98	
Préstamo	Tramo: Etucuario-parritas km 1+500 Lado Izquierdo	Gravas Arcillosas	Terraplén y Subyacente	2.4	terraplén 0.98 Sub-yacente 0.98	
Tanacuaro lado Oriente	Mpio. De Villa Madero a 16 km del inicio del camino	Grava Arena inerte color negro	Terraplén y Subyacente, Sub-rasante, Sub-base y base	1.9	terraplén 0.98 Sub-yacente 0.98 Sub-rasante 0.97 Sub-base 0.98 base 0.96	88
Tanacuaro lado Poniente	Mpio. De Villa Madero a 16 km del inicio del camino	Grava Arena inerte color rojo	Terraplén y Subyacente, Sub-rasante, Sub-base y base	2	terraplén 0.98 Sub-yacente 0.98 Sub-rasante 0.97 Sub-base 0.98 base 0.96	85

Tabla 3.8.- Bancos de material recomendados para la formación de las capas de la estructura del pavimento.

De acuerdo al tipo de material que contiene cada banco, se recomendó un determinado uso dentro de la construcción de la estructura del pavimento.

3.4.- ESTABILIDAD DE TALUDES

Un talud es cualquier superficie inclinada con respecto a la horizontal adoptando esa posición de forma temporal o permanente y con estructura de suelo o de roca.

Son apoyados sobre la base de laderas de pendiente muy alta. Estos taludes son conformados por bloques de roca depositados por gravedad, especialmente por caídos de roca y/o suelo.

Los deslizamientos de taludes que afectan a la superficie terrestre dan lugar a movimientos del terreno de diversas características, magnitud y velocidad.

Los más frecuentes y extendidos son los movimientos de ladera, que engloban a los procesos gravitacionales que tiene lugar en las laderas.

La acción de la gravedad, el debilitamiento progresivo de los materiales, debido principalmente a la meteorización y a la actuación de otros fenómenos naturales y ambientales, hacen que los movimientos del terreno sean relativamente habituales en el medio geológico.

Estos procesos llegan a constituir riesgos geológicos potenciales, ya que pueden causar daños económicos y sociales al afectar a las actividades y construcciones humanas.

Para abordar su estudio es necesario conocer los materiales rocosos y los suelos, sus características y propiedades geológicas, geomecánicas e hidrogeológicas, y su comportamiento, así como los factores que condicionan y desencadenan los movimientos.

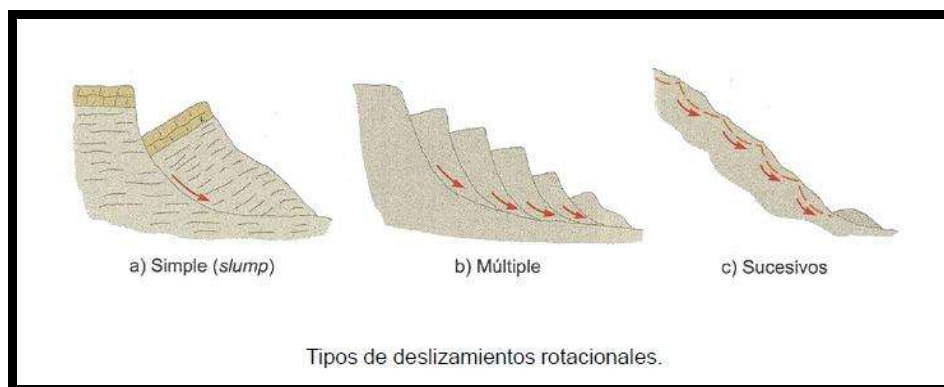


Figura 3.1.- Tipos de deslizamientos rotacionales

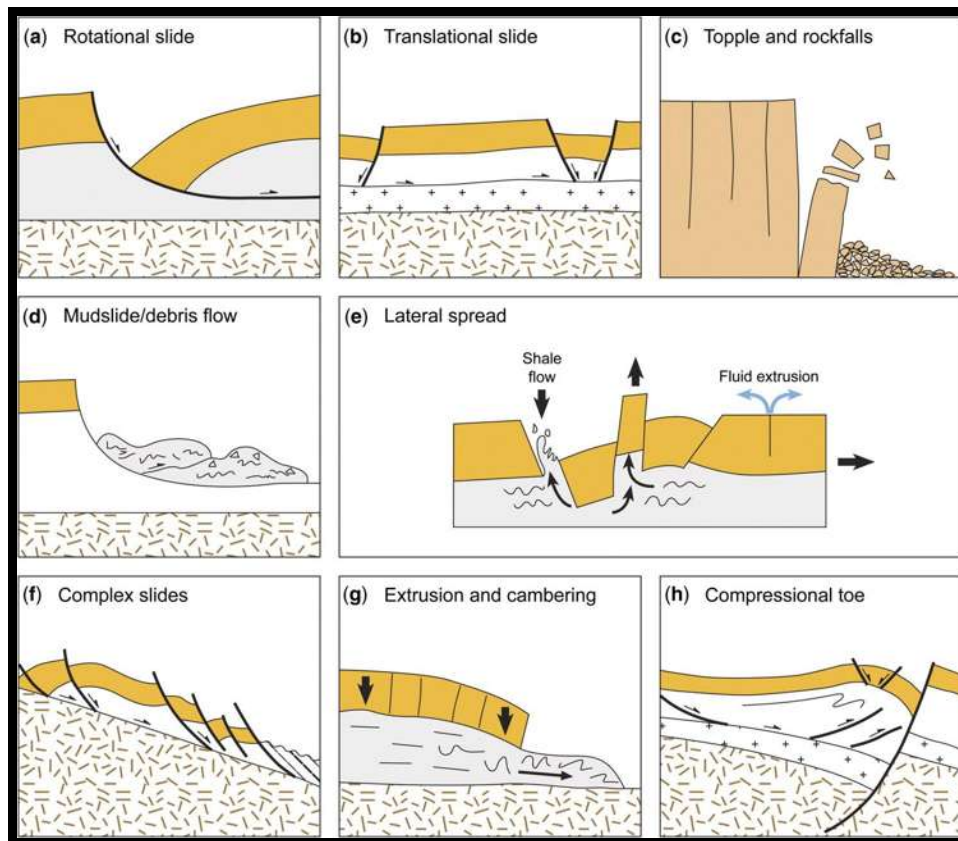


Figura 3.2.- Tipos de deslizamientos en laderas.

3.4.1.- MÉTODO DE FELLENIUS

La gran mayoría de los métodos de equilibrio límite utilizados en la actualidad, se basan en el denominado método de las rebanadas o dovelas, propuesto por Fellenius. El cual consiste en dividir la masa de suelo potencialmente deslizante, en rebanadas verticales.

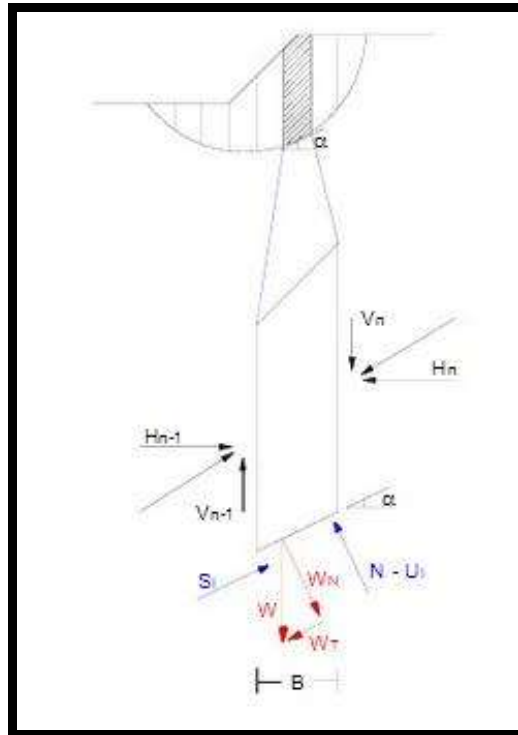


Figura 3.3.- Análisis unitario de las dovelas.

Una vez que se dividió la masa de suelo en rebanadas verticales, se calcula el equilibrio de cada una de las dovelas, para finalmente analizar el equilibrio global, obteniéndose así un Factor de Seguridad (FS), al que se le puede definir como la relación entre fuerzas o momentos resistentes y fuerzas o momentos actuantes según sea el método, sobre la masa a deslizarse.

Observándose la Figura 3.3, se puede apreciar que el peso de la rebanada (W) se descompone en una componente tangencial (W_t) y otra componente normal (W_n), paralela y perpendicularmente a la base de la rebanada, respectivamente.

La componente tangencial W_t origina una fuerza cortante, inducida a lo largo de la base de la rebanada, a la que se le opone la propia resistencia al corte (S_i) del terreno. Mientras que la componente normal W_n , actúa perpendicularmente al plano de la base de la rebanada, a la cual disminuida en la fuerza producida por la presión de poros (U_i), se opone a la reacción normal del suelo que se encuentra en la base de la rebanada (N).

Las fuerzas V y H, con sus respectivos subíndices, definen la interacción entre las rebanadas, y es la evaluación de estas reacciones internas lo que establece la diferencia fundamental entre los métodos; en el caso de Fellenius no se considera estas fuerzas en el cálculo del Factor de Seguridad. Por lo tanto:

Donde:

$$W_N = W \cos \alpha$$

$$W_T = W \sin \alpha$$

$$U_i = u \cdot B$$

W : Peso de la dovela.

W_N : Componente normal del peso de la dovela.

W_T : Componente tangencial del peso de la dovela.

N : Reacción normal del suelo sobre la dovela.

u : Presión de poros.

U_i : Fuerza producida por la presión de poros.

B : Base de la dovela.

c : Cohesión del suelo.

ϕ : Ángulo de fricción del suelo.

α : Ángulo de la superficie de falla en la dovela.

Si : Resistencia al corte del terreno = $c + (W \cos \alpha - u \cdot B) \tan \phi$.

$H_{n,n-1}$: Fuerzas horizontales de interacción entre dovelas.

$V_{v,v-1}$: Fuerzas verticales de interacción entre dovelas.

FS: Factor de seguridad.

$$FS = \frac{\sum (c \cdot B + (W \cdot \cos \alpha - u \cdot B) \cdot \tan \phi)}{\sum W \cdot \sin \alpha} \quad (\text{Ecuación 3.1})$$

Si las circunstancias así lo requieren puede ser necesario considerar la incidencia de sobrecargas, fijas o temporales, las fuerzas de filtración a través de la masa de suelo, así como las acciones sísmicas.

Una vez que se calcula el FS para una determinada potencial superficie de falla, se repite el mismo proceso para otra supuesta superficie de falla, y así sucesivamente hasta llegar a un mínimo FS, asumiéndose así que dicha superficie es la más crítica y a través de la cual se producirá la falla.

Como se puede observar, el cálculo manual de este proceso es lento y tedioso, prestándose a errores durante la utilización de un gran número de parámetros, y quedando siempre la duda, si el valor del FS que hayamos finalmente es realmente el mínimo, o todavía podemos encontrar otra curva que lo minimice más, y aunque hay procedimientos para ir acotando progresivamente los FS, se necesitaría un número significativamente elevado de horas de trabajo manual para llegar a un valor fiable.

Con el cálculo electrónico el procesamiento es prácticamente instantáneo, y permite analizar un gran número de alternativas, por lo que el valor mínimo de FS puede acotarse dentro de un intervalo razonablemente aceptable en un tiempo muy corto (Ale José D. 2002)

3.4.2.- ESTUDIO DE ESTABILIDAD DE TALUDES

Se presenta el cálculo de estabilidad de Taludes para dos alternativas de inclinación de 0.75: 1.0 (Tabla 3.9) el cual resulta estable, y otro 0.5: 1.0 que resultó no estable. Tabla 3.10.

Tomando en cuenta lo explicado anteriormente se recomienda construir el talud con una inclinación mínima de 0.75: 1.0 con la finalidad de garantizar la estabilidad del mismo.

Tabla 3.9.- cálculo para de estabilidad de Taludes para 0.75:1.0.

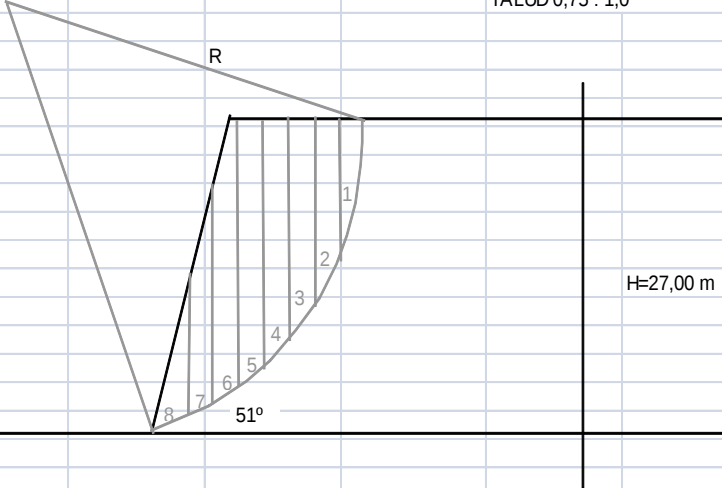
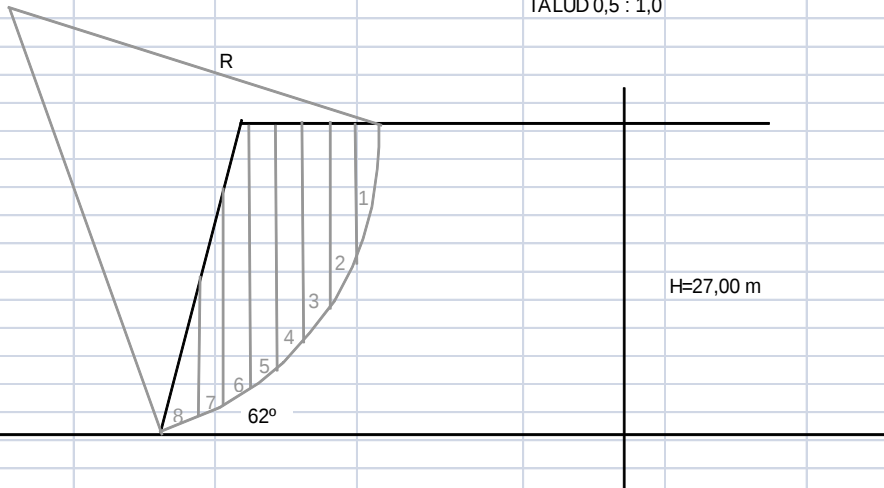
CALCULO DE ESTABILIDAD DE TALUDES								
METODO DOVELAS								
C=	17 T/M2		OBRA: CAMINO ETUCUARO					
°=	9							
Ym=	2.4 T/M2							
ESQUEMA ILUSTRATIVO:			TALUD 0,75 : 1,0					
								
DOVELA	AREA	Wi	ái	Ni	Ti	ΔLi	σi	siΔLi
1	20.8	49.92	69	19.47	45.93	11.6	1.68	203.90
2	52	124.8	55	83.49	92.73	6.97	11.98	147.24
3	69.28	166.272	44	132.69	99.93	5.56	23.86	140.21
4	67.2	161.28	36	144.83	70.64	4.94	29.32	133.85
5	56.4	135.36	25	129.40	39.53	4.41	29.34	119.53
6	43.2	103.68	20	102.33	16.17	4.25	24.08	107.49
7	26.8	64.32	14	64.26	1.09	4.12	15.60	92.17
8	8.8	21.12	8	21.10	0.36	4	5.27	75.26
	335.7	826.752			366.37			1019.64
F _s =					Mr	Mm		
					1019.64	/ 366.37	=	2.78 > 1.5
ESTABLE								
METODO LEY DE LA PROPORCIONALIDAD DE LA COHESION.								
(COHESION HOMOGENEA EN CUERPO DEL TALUD Y TERRENO DE CIMENTACION DEL MISMO).								
REFERENCIA:	β= 51° < 53°							
DE TABLAS:	0.12							
DE LA ECUACION:	F _s =	$\frac{C}{\sum N_e X Y_m X H} = \frac{17.0}{0.12 \times 2,400 \times 27,0} = 2.09 > 1,5$ ESTABLE						

Tabla 3.10.- cálculo para de estabilidad de Taludes para 0.5:1.

CALCULO DE ESTABILIDAD DE TALUDES									
METODO DOVELAS					OBRA: CAMINO ETUCUARO				
C=	17 T/M2								
°=	9								
Ym=	2.4 T/M2								
ESQUEMA ILUSTRATIVO:					TALUD 0,5 : 1,0				
									
DOVELA	AREA	Wi	ái	Ni	Ti	ΔLi	σi	siΔLi	
1	20.4	48.96	68	19.09	45.04	9.67	1.97	82.24	
2	64.5	154.8	53	103.56	115.02	5.64	18.36	71.61	
3	70.4	168.96	42	134.83	101.54	5.18	26.03	75.93	
4	83.4	200.16	32	179.74	87.67	4.61	38.99	82.86	
5	93.2	223.68	25	213.84	65.31	4.31	49.61	89.18	
6	85.6	205.44	18	202.77	32.05	4.2	48.28	85.47	
7	54.8	131.52	11	131.39	2.24	4.07	32.28	66.17	
8	36	86.4	4	86.31	1.47	6	14.39	70.08	
	472.3	1219.92			450.34			623.54	
					Mr	Mm			
Fs=					623.54	/	450.34	=	1.38 < 1.5
INESTABLE									
METODO LEY DE LA PROPORCIONALIDAD DE LA COHESION.									
(COHESION HOMOGENEA EN CUERPO DEL TALUD Y TERRENO DE CIMENTACION DEL MISMO).									
REFERENCIA:	β= 62° > 53°								
DE TABLAS:	0.18								
DE LA ECUACION:	Fs =	$\frac{C}{Ne \times Ym \times H} = \frac{17.0}{0,18 \times 2,400 \times 27,0} = 1.46 < 1,5$							
INESTABLE									

En el cálculo de la estabilidad de taludes que se realizó para el tramo en estudio, se utilizó el método de las dovelas que con anterioridad se trato en el apartado 3.4.1 en el que se hizo mención a su procedimiento que consiste en fraccionar en franjas verticales en el círculo de falla que genera una masa de suelo. En el esquema ilustrativo del estudio realizado por la empresa que se le asignó el estudio, se toma como un suelo de una carga de 17 ton/m², ángulo de fricción de 9° y una altura del talud de 27 metros. Se calculó el factor de seguridad con la ecuación 3.2 en donde arrojó un resultado de 2.09 para un talud 0.75:1, el cual es mayor a 1.5, lo que nos dice que $2.09 > 1.5$ tomando como un talud ESTABLE para esta relación de suelo de acuerdo con el método de Fellenius.

En el segundo caso, de igual manera se calculó el FS con el mismo metodología, utilizando la ecuación 3.2 y aplicándolo para una relación 0.2:1, se obtuvo un resultado de $1.46 < 1.5$, el cual nos indica que el talud es INESTABLE para esta relación de suelo.

$$FS = \frac{C}{\gamma \cdot X \cdot Y \cdot m \cdot XH}$$

(Ecuación 3.2)

3.4.3.- OBSERVACIÓN DEL ESTUDIO DE ESTABILIZACIÓN DE TALUDES

De acuerdo a la metodología que se aplicó en el estudio de la estabilidad de taludes para el suelo del tramo en estudio, se observó que de una forma errónea, dentro del cálculo del talud de 27 metros de altura, se generalizó como un solo estrato de suelo, lo que no es lógico ya que para cada estrato de suelo le corresponde un estudio independiente porque de acuerdo las propiedades de cada uno, varía su comportamiento mecánico. Este cambio estratigráfico se aprecia en las figuras 3.4, 3.5, 3.6.

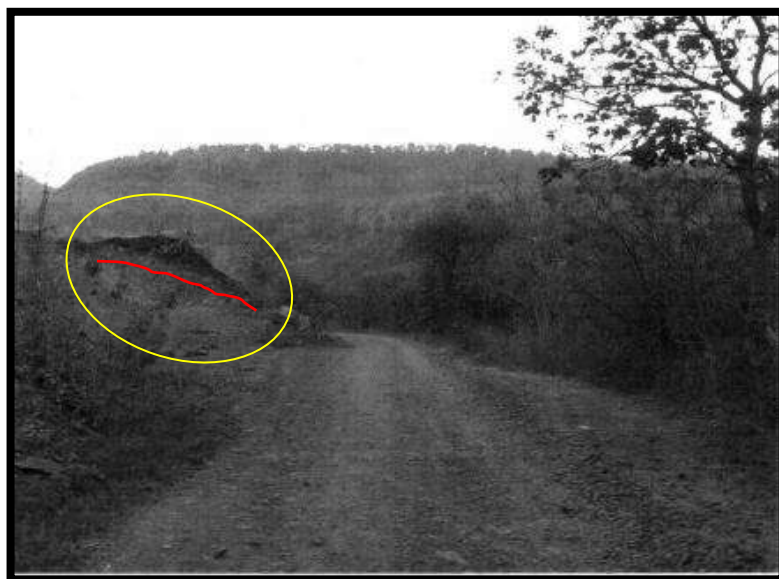


Figura 3.4.- Análisis de cambio de estratigrafía en talud, en la zona de estudio.

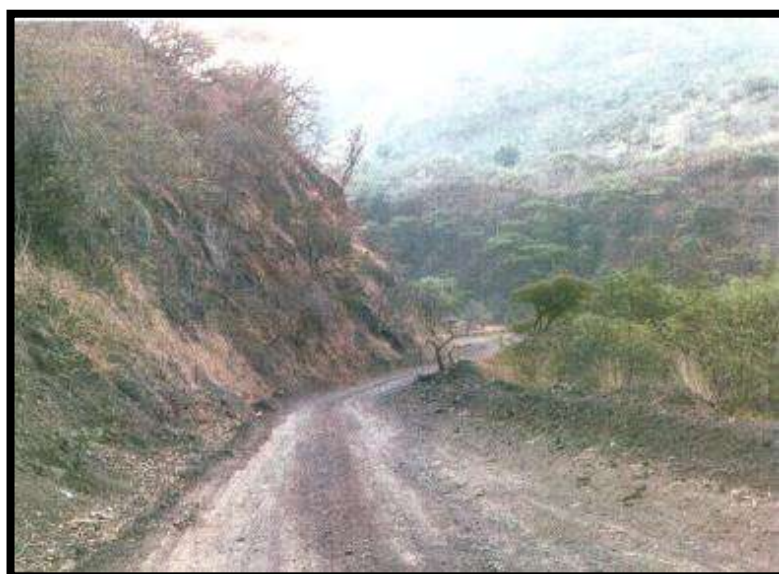


Figura 3.5.- Análisis de cambio de estratigrafía en talud, en la zona de estudio.



Figura 3.6.- Análisis de cambio de estratigrafía en talud, en la zona de estudio.

En la figura 3.6 se puede observar del lado derecho, un talud que tiene un material arcilloso en la parte superior con algo de roca, y en la parte inferior existe depositacion de material erosionado.

CAPÍTULO

4

DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO

Se entiende por pavimento al conjunto de capas de material seleccionado que reciben en forma directa las cargas de tránsito, es decir, de los vehículos que las transmiten a los estratos o capas inferiores en forma proporcional, obteniendo una superficie de rodamiento formada por una capa o franja. Dependiendo del tipo de pavimento, puede ser de asfalto o de concreto hidráulico, el cual debe funcionar eficientemente.

Las condiciones necesarias para un adecuado funcionamiento son las siguientes: anchura, trazo horizontal y vertical, resistencia adecuada a las cargas para evitar las fallas y los agrietamientos, además de una adherencia adecuada entre el vehículo y el pavimento aun en condiciones húmedas y críticas. Así mismo, deberá presentar una resistencia adecuada a los esfuerzos destructivos del tránsito, de la intemperie y del agua, también debe tener color y textura apropiados.

Pasando a las funciones que tienen los pavimentos además de proporcionar una superficie de rodamiento, otra muy importante es la estructural que consiste en recibir y distribuir las cargas y disipar los esfuerzos transmitidos por los vehículos.

Por este motivo es importante estudiar perfectamente el tipo de material que se va utilizar, los de mayor capacidad de carga se colocaran en las capas superiores ya que los esfuerzos se van disipando conforme a la profundidad, los materiales de menor capacidad se colocaran en las capas inferiores.

La división de las capas que se hace en el pavimento obedece a un factor económico, ya que cuando determinamos el espesor de una capa, el objetivo es darle el espesor mínimo que reduzca los esfuerzos sobre la capa inmediata inferior. La resistencia de las diferentes capas no solo dependerá del material que la

constituye, también resulta de gran influencia el procedimiento constructivo; siendo la compactación y la humedad dos factores importantes, ya que cuando un material no se acomoda adecuadamente, éste se consolida por efecto de las cargas y es cuando se producen deformaciones permanentes (Hernández G. Erik. 2005).

4.1.- AFORO ETÚCUARO KM 3+000

El conocimiento del volumen y tipo de vehículos que circulan en la red de carreteras, permite determinar el grado de ocupación y las condiciones en que opera cada segmento de la red; el análisis de su evolución histórica es fundamental para definir las tendencias de su crecimiento y para planear con oportunidad las acciones que se necesitan para evitar que alguno de sus tramos deje de prestar el nivel de servicio que demanda el tránsito usuario.

Por lo que se refiere a la infraestructura, dicha información es básica para estudiar el potencial de captación de tránsito de nuevos tramos, así como para definir sus características geométricas y estructurales. En la red en operación o reconstrucción e identificar la necesidad de rutas alternas.

Tabla 4.1.- Clasificación vehicula de acuerdo a la SCT

CLASE	NOMENCLATURA
AUTOBUS	B
CAMION UNITARIO	C
CAMION REMOLQUE	C-R
CAMION ARTICULADO	T-S
TRACTOCAMION DOBLEMENTE ARTICULADO	T-S-R Y T-S-S

El aforo que se hizo en el camino Etúcuaro-Parritas comenzó en el km 3+000 en ambos sentidos los días de 11, 12 y 13 de julio del 2011 para cada kilómetro. Se aforó de las 9:00 a las 17:00 hrs. Para vehículos tipo: A,P,B2,B3,C2,C3,C4,T2-S1,T2-S2,T2-S3,T2-S1-R2,T3-S2,T3-S3,T3-S1-R2,T3-S2-R2,T3-S2-R3,T3-S2-R4,C3-R2,C3-R3. Éste estudio se organizó en las tablas por cada día de aforo.

Tabla 4.2.- Aforo del día 11/07/2011

 		CENTRO SCT MICHOACAN																			
 SECRETARÍA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES		DIRECCION GENERAL DE CARRETERAS ALIMENTADORAS																			
CAMINO:		ETUCUARO-PARRITAS																			
Km:	3	+	0	0	0	ESTACION:					SENTIDO: AMBOS					11/07/2011					
HORA	9:00 - 10:00				TOTAL	10:00 - 11:00				TOTAL	HORA	9:00 - 10:00				TOTAL	10:00 - 11:00				TOTAL
TIPO DE VEHICULO	00-15	15-30	30-45	45-60		00-15	15-30	30-45	45-60		TIPO DE VEHICULO	00-15	15-30	30-45	45-60		00-15	15-30	30-45	45-60	
A	3	2	3	3	11	3	1	2	3	9	T 2 - S1 - R2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P	4	3	2	5	14	2	3	2	4	11	T 3 - S2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
B2	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1	T 3 - S3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
B3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	T 3 - S1 - R2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C2	1	0	0	1	2	0	1	0	1	2	T 3 - S2 - R 2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C3	0	1	0	0	1	0	0	1	1	2	T 3 - S2 - R 3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	T 3 - S2 - R 4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T 2 - S1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	C 3 - R 2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T 2 - S2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	C 3 - R 3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T 2 - S3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	TOTAL AFORO					29					25

Km:		3	+	0	0	0	ESTACION:				SENTIDO: AMBOS				11/07/2011								
HORA		11:00 - 12:00				TOTAL	12:00 - 13:00				TOTAL	HORA		11:00 - 12:00				TOTAL	12:00 - 13:00				TOTAL
TIPO DE VEHICULO	00-15	15-30	30-45	45-60		00-15	15-30	30-45	45-60		TIPO DE VEHICULO	00-15	15-30	30-45	45-60		00-15	15-30	30-45	45-60			
A	3	2	2	1	8	1	1	2	3	7	T 2 - S1 - R2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
P	2	3	2	3	10	2	3	2	2	9	T 3 - S2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
B2	0	0	0	1	1	0	0	1	0	1	T 3 - S3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
B3	0		0	0	0	0	0	0	0	0	T 3 - S1 - R2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
C2	1	0	1	1	3	0	1	0	1	2	T 3 - S2 - R 2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
C3	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	T 3 - S2 - R 3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
C4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	T 3 - S2 - R 4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
T 2 - S1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	C 3 - R 2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
T 2 - S2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	C 3 - R 3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
T 2 - S3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	TOTAL AFORO					23					19		

Estudio del Proyecto Ejecutivo del Camino Etúcuaro - Parritas del Km 3+000 al 9+000 en el Municipio de Villa Madero, Michoacán.

Tabla 4.3.- Aforo del día 12/07/2011

		CENTRO SCT MICHOACAN																					
		DIRECCION GENERAL DE CARRETERAS ALIMENTADORAS																					
CAMINO:		ETUCUARO-PARRITAS																					
Km:		3	+	0	0	0	ESTACION:		SENTIDO: AMBOS		12/07/2011												
HORA		9:00 - 10:00				TOTAL	10:00 - 11:00				TOTAL	HORA		9:00 - 10:00				TOTAL	10:00 - 11:00				TOTAL
TIPO DE VEHICULO		00-15	15-30	30-45	45-60		00-15	15-30	30-45	45-60		TIPO DE VEHICULO		00-15	15-30	30-45	45-60		00-15	15-30	30-45	45-60	
A		2	3	4	5	14	4	2	3	2	11	T 2 - S1 - R2		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P		5	2	3	6	16	0	2	0	1	3	T 3 - S2		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
B2		0	0	1	0	1	0	0	0	1	1	T 3 - S3		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
B3		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	T 3 - S1 - R2		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C2		2	2	1	2	7	1	2	2	1	6	T 3 - S2 - R 2		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C3		2	0	1	0	3	0	1	1	1	3	T 3 - S2 - R 3		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C4		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	T 3 - S2 - R 4		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T 2 - S1		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	C 3 - R 2		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T 2 - S2		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	C 3 - R 3		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T 2 - S3		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	TOTAL AFORO						41					24

Km:		3	+	0	0	0	ESTACION:		SENTIDO: AMBOS		12/07/2011												
HORA		11:00 - 12:00				TOTAL	12:00 - 13:00				TOTAL	HORA		11:00 - 12:00				TOTAL	12:00 - 13:00				TOTAL
TIPO DE VEHICULO		00-15	15-30	30-45	45-60		00-15	15-30	30-45	45-60		TIPO DE VEHICULO		00-15	15-30	30-45	45-60		00-15	15-30	30-45	45-60	
A		4	2	4	4	14	4	2	3	4	13	T 2 - S1 - R2		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P		3	4	3	6	16	3	4	2	3	12	T 3 - S2		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
B2		0	0	1	0	1	0	0	0	1	1	T 3 - S3		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
B3		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	T 3 - S1 - R2		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C2		1	2	1	0	4	1	1	1	2	5	T 3 - S2 - R 2		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C3		1		1	0	2	0	1	0	0	1	T 3 - S2 - R 3		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C4		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	T 3 - S2 - R 4		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T 2 - S1		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	C 3 - R 2		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T 2 - S2		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	C 3 - R 3		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T 2 - S3		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	TOTAL AFORO						37					32

Estudio del Proyecto Ejecutivo del Camino Etúcuaro - Parritas del Km 3+000 al 9+000 en el Municipio de Villa Madero, Michoacán.

SCT		CENTRO SCT MICHOACAN							
SECRETARIA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES		DIRECCION GENERAL DE CARRETERAS ALIMENTADORAS							
CAMINO:		ETUCUARO-PARRITAS							
Km:	3 + 0 0 0	ESTACION:	SENTIDO: AMBOS						
		13/07/2011							
HORA	9:00 - 10:00	TOTAL	10:00 - 11:00	TOTAL	HORA	9:00 - 10:00	TOTAL	10:00 - 11:00	TOTAL
TIPO DE VEHICULO	00-15 15-30 30-45 45-60		00-15 15-30 30-45 45-60		TIPO DE VEHICULO	00-15 15-30 30-45 45-60		00-15 15-30 30-45 45-60	
A	3 3 3 3	12	3 2 2 3	10	T 2 - S1 - R2	0 0 0 0	0	0 0 0 0	0
P	4 3 3 5	15	2 3 2 4	11	T 3 - S2	0 0 0 0	0	0 0 0 0	0
B2	0 1 1 1	3	0 0 1 1	2	T 3 - S3	0 0 0 0	0	0 0 0 0	0
B3	0 0 0 0	0	0 0 0 0	0	T 3 - S1 - R2	0 0 0 0	0	0 0 0 0	0
C2	2 0 0 3	5	0 1 1 1	3	T 3 - S2 - R2	0 0 0 0	0	0 0 0 0	0
C3	1 1 1 0	3	0 1 1 1	3	T 3 - S2 - R3	0 0 0 0	0	0 0 0 0	0
C4	0 0 0 0	0	0 0 0 0	0	T 3 - S2 - R4	0 0 0 0	0	0 0 0 0	0
T 2 - S1	0 0 0 0	0	0 0 0 0	0	C 3 - R2	0 0 0 0	0	0 0 0 0	0
T 2 - S2	0 0 0 0	0	0 0 0 0	0	C 3 - R3	0 0 0 0	0	0 0 0 0	0
T 2 - S3	0 0 0 0	0	0 0 0 0	0	TOTAL AFORO		38		29
Km:		3 + 0 0 0		ESTACION:	SENTIDO: AMBOS		13/07/2011		
HORA	11:00 - 12:00	TOTAL	12:00 - 13:00	TOTAL	HORA	11:00 - 12:00	TOTAL	12:00 - 13:00	TOTAL
TIPO DE VEHICULO	00-15 15-30 30-45 45-60		00-15 15-30 30-45 45-60		TIPO DE VEHICULO	00-15 15-30 30-45 45-60		00-15 15-30 30-45 45-60	
A	3 2 2 3	10	2 2 2 3	9	T 2 - S1 - R2	0 0 0 0	0	0 0 0 0	0
P	2 3 3 3	11	3 3 2 2	10	T 3 - S2	0 0 0 0	0	0 0 0 0	0
B2	0 1 1 1	3	0 1 1 0	2	T 3 - S3	0 0 0 0	0	0 0 0 0	0
B3	0 1 1 0	2	0 0 0 0	0	T 3 - S1 - R2	0 0 0 0	0	0 0 0 0	0
C2	1 1 1 1	4	0 1 1 1	3	T 3 - S2 - R2	0 0 0 0	0	0 0 0 0	0
C3	0 1 1 0	2	0 0 0 0	0	T 3 - S2 - R3	0 0 0 0	0	0 0 0 0	0
C4	0 0 0 0	0	0 0 0 0	0	T 3 - S2 - R4	0 0 0 0	0	0 0 0 0	0
T 2 - S1	0 0 0 0	0	0 0 0 0	0	C 3 - R2	0 0 0 0	0	0 0 0 0	0
T 2 - S2	0 0 0 0	0	0 0 0 0	0	C 3 - R3	0 0 0 0	0	0 0 0 0	0
T 2 - S3	0 0 0 0	0	0 0 0 0	0	TOTAL AFORO		32		24

Estudio del Proyecto Ejecutivo del Camino Etúcuaro - Parritas del Km 3+000 al 9+000 en el Municipio de Villa Madero, Michoacán.

4.2.- AFORO ETUCUARO KM 9+150.00

Tabla 4.5.- Aforo del día 11/07/2011

		CENTRO SCT MICHOACAN DIRECCION GENERAL DE CARRETERAS ALIMENTADORAS																			
CAMINO: ETUCUARO-PARRITAS																					
Km: 9 + 1 5 0		ESTACION:				SENTIDO: AMBOS				11/07/2011											
HORA	9:00 - 10:00				TOTAL	10:00 - 11:00				TOTAL	HORA	9:00 - 10:00				TOTAL	10:00 - 11:00				TOTAL
TIPO DE VEHICULO	00-15	15-30	30-45	45-60		00-15	15-30	30-45	45-60		TIPO DE VEHICULO	00-15	15-30	30-45	45-60		00-15	15-30	30-45	45-60	
A	4	4	4	5	17	4	3	3	4	14	T 2 - S1 - R2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P	4	6	4	5	19	4	3	4	5	16	T 3 - S2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
B2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	T 3 - S3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
B3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	T 3 - S1 - R2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C2	0	1	1	1	3	2	1	0	2	5	T 3 - S2 - R2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C3	0	1	0	0	1	0	0	0	1	1	T 3 - S2 - R3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	T 3 - S2 - R4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T 2 - S1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	C 3 - R2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T 2 - S2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	C 3 - R3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T 2 - S3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	TOTAL AFORO					40					36

Km: 9 + 1 5 0		ESTACION:				SENTIDO: AMBOS				11/07/2011											
HORA	11:00 - 12:00				TOTAL	12:00 - 13:00				TOTAL	HORA	11:00 - 12:00				TOTAL	12:00 - 13:00				TOTAL
TIPO DE VEHICULO	00-15	15-30	30-45	45-60		00-15	15-30	30-45	45-60		TIPO DE VEHICULO	00-15	15-30	30-45	45-60		00-15	15-30	30-45	45-60	
A	2	4	2	3	11	2	3	2	3	10	T 2 - S1 - R2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P	2	4	3	5	14	2	5	2	3	12	T 3 - S2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
B2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	T 3 - S3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
B3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	T 3 - S1 - R2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C2	3	1	3	2	9	0	2	2	1	5	T 3 - S2 - R2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C3	1	0	1	0	2	1	0	1	0	2	T 3 - S2 - R3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	T 3 - S2 - R4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T 2 - S1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	C 3 - R2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T 2 - S2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	C 3 - R3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T 2 - S3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	TOTAL AFORO					36					29

Km:		9	+	1	5	0	ESTACION:				SENTIDO: AMBOS				11/07/2011						
HORA	13:00 - 14:00				TOTAL	14:00 - 15:00				TOTAL	HORA	11:00 - 12:00				TOTAL	12:00 - 13:00				TOTAL
TIPO DE VEHICULO	00-5	5-30	30-45	45-60		00-5	5-30	30-45	45-60		TIPO DE VEHICULO	00-5	5-30	30-45	45-60		00-5	5-30	30-45	45-60	
A	2	4	3	2	11	2	3	1	2	8	T 2 - S1 - R2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P	2	1	3	2	8	2	4	3	2	11	T 3 - S2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
B2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	T 3 - S3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
B3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	T 3 - S1 - R2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C2	0	1	1	0	2	0	1	0	1	2	T 3 - S2 - R2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C3	0	0	0	1	1	0	0	1	0	1	T 3 - S2 - R3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	T 3 - S2 - R4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T 2 - S1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	C 3 - R2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T 2 - S2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	C 3 - R3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T 2 - S3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	TOTAL AFORO					22					22

Km:		9	+	5	0	0	ESTACION:				SENTIDO: AMBOS				11/07/2011						
HORA	15:00 - 16:00				TOTAL	16:00 - 17:00				TOTAL	HORA	15:00 - 16:00				TOTAL	16:00 - 17:00				TOTAL
TIPO DE VEHICULO	00-5	5-30	30-45	45-60		00-5	5-30	30-45	45-60		TIPO DE VEHICULO	00-5	5-30	30-45	45-60		00-5	5-30	30-45	45-60	
A	2	4	2	2	10	3	4	2	3	12	T 2 - S1 - R2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P	6	2	3	4	15	4	5	4	4	17	T 3 - S2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
B2	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	T 3 - S3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
B3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	T 3 - S1 - R2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C2	0	0	1	0	1	0	2	0	1	3	T 3 - S2 - R2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C3	0	1	0	1	2	0	0	1	1	2	T 3 - S2 - R3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	T 3 - S2 - R4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T 2 - S1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	C 3 - R2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T 2 - S2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	C 3 - R3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T 2 - S3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	TOTAL AFORO					29					34

Tabla 4.6.- Aforo del día 12/07/2011

		CENTRO SCT MICHOACAN																					
		DIRECCION GENERAL DE CARRETERAS ALIMENTADORAS																					
CAMINO:		ETUCUARO-PARRITAS																					
Km:		9	+	1	5	0	ESTACION:					SENTIDO: AMBOS					12/07/2011						
HORA		9:00 - 10:00				TOTAL	10:00 - 11:00				TOTAL	HORA		9:00 - 10:00				TOTAL	10:00 - 11:00				TOTAL
TIPO DE VEHICULO		00-15	15-30	30-45	45-60		00-15	15-30	30-45	45-60		TIPO DE VEHICULO		00-15	15-30	30-45	45-60		00-15	15-30	30-45	45-60	
A		3	3	2	6	14	3	2	3	2	10	T 2 - S1 - R2		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P		5	4	3	4	16	3	4	4	6	17	T 3 - S2		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
B2		0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	T 3 - S3		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
B3		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	T 3 - S1 - R2		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C2		0	1	0	1	2	2	1	0	2	5	T 3 - S2 - R 2		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C3		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	T 3 - S2 - R 3		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C4		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	T 3 - S2 - R 4		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T 2 - S1		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	C 3 - R 2		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T 2 - S2		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	C 3 - R 3		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T 2 - S3		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	TOTAL AFORO						33					32

Km:		9	+	1	5	0	ESTACION:					SENTIDO: AMBOS					12/07/2011						
HORA		11:00 - 12:00				TOTAL	12:00 - 13:00				TOTAL	HORA		11:00 - 12:00				TOTAL	12:00 - 13:00				TOTAL
TIPO DE VEHICULO		00-15	15-30	30-45	45-60		00-15	15-30	30-45	45-60		TIPO DE VEHICULO		00-15	15-30	30-45	45-60		00-15	15-30	30-45	45-60	
A		1	3	1	2	7	1	2	2	1	6	T 2 - S1 - R2		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P		2	3	2	6	13	3	4	2	2	11	T 3 - S2		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
B2		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	T 3 - S3		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
B3		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	T 3 - S1 - R2		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C2		2	1	2	3	8	2	2	1	1	6	T 3 - S2 - R 2		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C3		1	0	1	1	3	0	0	2	0	2	T 3 - S2 - R 3		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C4		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	T 3 - S2 - R 4		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T 2 - S1		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	C 3 - R 2		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T 2 - S2		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	C 3 - R 3		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T 2 - S3		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	TOTAL AFORO						31					25

CAMINO: EL ZAPOTAL - EJIDO LA PIÑA																							
Km: 9 + 1 5 0					ESTACION:					SENTIDO: AMBOS					12/07/2011								
HORA		13:00 - 14:00				TOTAL	14:00 - 15:00				TOTAL	HORA		11:00 - 12:00				TOTAL	12:00 - 13:00				TOTAL
TIPO DE VEHICULO		00-15	15-30	30-45	45-60		00-15	15-30	30-45	45-60		TIPO DE VEHICULO		00-15	15-30	30-45	45-60		00-15	15-30	30-45	45-60	
A		1	2	2	1	6	1	2	0	1	4	T 2 - S1 - R2		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P		1	1	2	1	5	1	3	2	1	7	T 3 - S2		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
B2		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	T 3 - S3		0	0	0	0	0	0	0	0	0	
B3		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	T 3 - S1 - R2		0	0	0	0	0	0	0	0	0	
C2		0	0	1	0	1	0	0	1	1	2	T 3 - S2 - R2		0	0	0	0	0	0	0	0	0	
C3		0	1	0	0	1	0	0	0	1	1	T 3 - S2 - R3		0	0	0	0	0	0	0	0	0	
C4		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	T 3 - S2 - R4		0	0	0	0	0	0	0	0	0	
T 2 - S1		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	C 3 - R 2		0	0	0	0	0	0	0	0	0	
T 2 - S2		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	C 3 - R 3		0	0	0	0	0	0	0	0	0	
T 2 - S3		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	TOTAL AFORO						13				14	

Km: 9 + 1 5 0																							
Km: 9 + 1 5 0					ESTACION:					SENTIDO: AMBOS					12/07/2011								
HORA		15:00 - 16:00				TOTAL	16:00 - 17:00				TOTAL	HORA		15:00 - 16:00				TOTAL	16:00 - 17:00				TOTAL
TIPO DE VEHICULO		00-15	15-30	30-45	45-60		00-15	15-30	30-45	45-60		TIPO DE VEHICULO		00-15	15-30	30-45	45-60		00-15	15-30	30-45	45-60	
A		1	1	1	1	4	1	0	2	2	5	T 2 - S1 - R2		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P		2	3	2	3	10	2	4	3	3	12	T 3 - S2		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
B2		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	T 3 - S3		0	0	0	0	0	0	0	0	0	
B3		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	T 3 - S1 - R2		0	0	0	0	0	0	0	0	0	
C2		1	0	1	0	2	0	2	0	3	5	T 3 - S2 - R2		0	0	0	0	0	0	0	0	0	
C3		0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	T 3 - S2 - R3		0	0	0	0	0	0	0	0	0	
C4		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	T 3 - S2 - R4		0	0	0	0	0	0	0	0	0	
T 2 - S1		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	C 3 - R 2		0	0	0	0	0	0	0	0	0	
T 2 - S2		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	C 3 - R 3		0	0	0	0	0	0	0	0	0	
T 2 - S3		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	TOTAL AFORO						17				22	

[illegible]

Km:		9	+	1	5	0	ESTACION:				SENTIDO: AMBOS				13/07/2011								
HORA		13:00 - 14:00				TOTAL	14:00 - 15:00				TOTAL	HORA		11:00 - 12:00				TOTAL	12:00 - 13:00				TOTAL
TIPO DE VEHICULO	00-5	5-30	30-45	45-60		00-5	5-30	30-45	45-60		TIPO DE VEHICULO	00-5	5-30	30-45	45-60		00-5	5-30	30-45	45-60			
A	2	2	3	2	9	2	2	1	2	7	T 2 - S1 - R2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
P	2	1	1	2	6	2	2	1	2	7	T 3 - S2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
B2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	T 3 - S3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
B3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	T 3 - S1 - R2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
C2	0	0	1	0	1	0	0	0	1	1	T 3 - S2 - R2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
C3	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	T 3 - S2 - R3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
C4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	T 3 - S2 - R4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
T 2 - S1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	C 3 - R2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
T 2 - S2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	C 3 - R3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
T 2 - S3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	TOTAL AFORO					16					16		

Km:		9	+	1	5	0	ESTACION:				SENTIDO: AMBOS				13/07/2011								
HORA		15:00 - 16:00				TOTAL	16:00 - 17:00				TOTAL	HORA		15:00 - 16:00				TOTAL	16:00 - 17:00				TOTAL
TIPO DE VEHICULO	00-5	5-30	30-45	45-60		00-5	5-30	30-45	45-60		TIPO DE VEHICULO	00-5	5-30	30-45	45-60		00-5	5-30	30-45	45-60			
A	2	4	2	2	10	3	2	2	3	10	T 2 - S1 - R2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
P	2	2	3	2	9	3	3	4	3	13	T 3 - S2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
B2	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	T 3 - S3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
B3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	T 3 - S1 - R2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
C2	0	0	1	0	1	0	1	0	1	2	T 3 - S2 - R2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
C3	0	0	1	0	1	0	0	0	1	1	T 3 - S2 - R3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
C4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	T 3 - S2 - R4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
T 2 - S1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	C 3 - R2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
T 2 - S2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	C 3 - R3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
T 2 - S3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	TOTAL AFORO					22					26		

4.3.- ESTUDIO DE TDPA

Uno de los elementos primarios para el diseño de las carreteras es el volumen del Tránsito Promedio Diario Anual, conocido en forma abreviada como TPDA, que se define como el volumen total de vehículos que pasan por un punto o sección de una carretera en un período de tiempo determinado, que es mayor de un día y menor o igual a un año, dividido por el número de días comprendido en dicho período de medición. Tratándose de un promedio simple, el TPDA no refleja las variaciones extremas que, por el límite superior, pueden llegar a duplicar los volúmenes promedios del tránsito en algunas carreteras, razón por la cual en las estaciones permanentes de registro de volúmenes se deben medir y analizar las fluctuaciones del tránsito a lo largo de los diferentes períodos del año, sean estos semanales, mensuales o estacionales. No obstante, se ha tomado el TPDA como un indicador numérico para diseño, tanto por constituir una medida característica de la circulación de vehículos, como por su facilidad de obtención.

Constituye así el TPDA un indicador muy valioso de la cantidad de vehículos de diferentes tipos (livianos y pesados) y funciones (transporte de personas y de mercancías), que se sirve de la carretera existente como su tránsito normal y que continuará haciendo uso de dicha carretera una vez sea mejorada o ampliada, o que se estima utilizará la carretera nueva al entrar en servicio para los usuarios.

El estudio de tránsito referente al camino: **Etúcuaro-Parritas, tramo: el arco parritas, del km 3+000 al km 9+150** de acuerdo al aforo vehicular realizado, arrojo los datos de la tabla 4.8.

Tabla 4.8. Resumen de estudio de aforo vehicular.

TDPA	400 VHS
A	75%
B	20%
C2	5%
T2-S1	0%
T2-S2	0%
TASA DE CRECIMIENTO	3.0%

4.4.- DISEÑO DE PAVIMENTO CON DISPAV 5. MÉTODO DE LA UNAM

El DisPav es un programa de tipo interactivo que permite calcular tanto Carreteras de altas especificaciones, como carreteras normales, su fundamento es teórico-experimental y para su aplicación se emplean conceptos y métodos de cálculo mecanicistas.

El programa utiliza los planteamientos presentados en los informes 325 y 444 del instituto de ingeniería de la UNAM, además esta complementado con los resultados de numerosas investigaciones realizadas de 1964 a 1988 y la información existente en el ámbito internacional.

Entre las mejoras incluidas, respecto al método original publicado en 1974, está la de incorporar un modelo mecanicista para determinar las deformaciones unitarias de fatiga, basadas en los estudios experimentales realizados en el instituto de ingeniería de la UNAM.

También se agrego un nuevo modelo desarrollado para diseñar estructuras de carreteras de altas especificaciones tomando en cuenta, tanto la deformación permanente acumulada (rodera) como el agrietamiento a fatiga en las capas ligadas con asfalto (Carlos A. Jiménez 2009).

4.4.1.- PARÁMETROS REQUERIDOS POR EL PROGRAMA.

4.4.1.1.- TIPO DE CARRETERA.

El programa so licita la elección de un tipo de carretera, y permite elegir entre una carretera de altas especificaciones y una carretera normal.

La elección de una carretera de altas especificaciones se recomienda para los casos en los que se requiere mantener un alto nivel de servicio en la superficie de rodamiento hasta el final de la vida de diseño. Para este caso, el programa considerara una deformación máxima de 1.2 cm al termino de la vida de diseño del pavimento, además de que el agrietamiento de la carpeta será ligero o medio.

La elección de una carretera normal es adecuada para aquellos casos en los que la deformación permanente aceptada al final de la vida de diseño sea de hasta 2.5 cm, en este tipo de diseño la carpeta tendrá un agrietamiento medio o fuerte, además de que será necesario realizar mantenimiento de rutina frecuentemente (Carlos A. Jiménez 2009).

4.4.1.2.- TRÁNSITO DE PROYECTO.

Para el diseño del pavimento el programa requiere de dos tránsitos de proyecto; un tránsito equivalente será empleado en el diseño por fatiga (daño superficial), el otro tránsito equivalente será empleado para el diseño por deformación permanente (daño profundo).

El tránsito equivalente se refiere a ejes sencillos con llantas gemelas y peso estándar de 8.2 toneladas; y produce el mismo daño que el tránsito mezclado real.

El DisPav, permite ingresar de dos maneras el tránsito de proyecto; cuando es conocido, bastará con ingresar el número expresado en millones de ejes equivalentes, en caso contrario, el número de ejes equivalentes será obtenido a partir de datos de tránsito mezclado, cuando se opta por la segunda opción, el DisPav requerirá de los siguientes datos: tránsito promedio diario, composición del tránsito, proporción de vehículos cargados y vacíos, tasa de crecimiento anual y periodo de proyecto (Carlos A. Jiménez 2009).

4.4.1.3.- CAPAS CONSIDERADAS.

Al iniciar el diseño, el proyectista deberá proponer el número de capas con las que desea contar en el pavimento, el DisPav permite incluir un máximo de 5 capas en el diseño y requiere un mínimo de 2; las cinco capas que podrán ser empleadas en el diseño serán: Carpeta, base (granular o estabilizada con cemento asfáltico), sub-base, subrasante y terracería (Carlos A. Jiménez 2009).

4.4.1.4.- VALOR RELATIVO DE SOPORTE CRÍTICO (VRS_z).

Este valor es solicitado para cada una de las capas de material no estabilizado (base granular, sub-base, subrasante y terracería), deberá ser razonable, de

acuerdo a las condiciones esperadas en el camino durante la vida en servicio del pavimento (Carlos A. Jiménez 2009).

4.4.1.5.- MÓDULOS ELÁSTICOS DE LAS CAPAS NO ESTABILIZADAS.

Estos parámetros son requeridos para el diseño por fatiga, cuando el proyectista desconoce estos módulos, el DisPav ofrece la alternativa de calcularlos a partir del VRSz mediante la expresión $E = 130 \text{ VRSz } 0.7$ (formula desarrollada por el propio Instituto de ingeniería de la UNAM).

Aunque el método permita estimar el modulo elástico con la expresión anotada, se sugiere que el proyectista ingrese los valores reales, obteniéndolos de la prueba de Modulo de Resiliencia (Carlos A. Jiménez 2009).

4.4.1.6.- MÓDULO DE RIGIDEZ DE LA CARPETA.

Este valor puede ser obtenido mediante un programa de nombre MODULO-5, el cual está incluido en el paquete de programas del DisPav; MODULO-5 permite estimar el modulo de rigidez de la carpeta basado en la experiencia de diferentes instituciones como: Shell, Asphalt Institute, Instituto del Transporte de Texas y Witzack (Carlos A. Jiménez 2009).

Para la obtención del módulo de rigidez es necesario conocer la composición volumétrica de la mezcla (volumen de vacíos, volumen de asfalto), composición volumétrica del pétreo (Retenido en malla $\frac{3}{4}$ ", retenido en malla $\frac{3}{8}$ " retenido en malla # 4 y porcentaje que pasa la malla 200), las características del asfalto (penetración, temperatura de reblandecimiento, tipo de asfalto empleado), frecuencia de aplicación de las cargas (en segundos) y la temperatura de servicio de la carpeta (Carlos A. Jiménez 2009).

4.4.1.7.- RELACIÓN DE POISSON.

Este parámetro es obtenido de cualquier prueba que permita medir la deformación horizontal y vertical de un espécimen, como el ensaye triaxial o la prueba de modulo de Resiliencia. Cuando la relación de Poisson no es conocida por el proyectista, el DisPav proporciona valores promedio para cada capa del pavimento por analizar.

4.4.1.8.- NIVEL DE CONFIANZA DE PROYECTO.

Este valor se refiere a la probabilidad de que el pavimento tenga una vida útil al menos igual a la esperada en el proyecto. El DisPav propone un valor de 85%, permitiendo cambiar este valor de acuerdo al criterio y experiencia del proyectista.

Con los parámetros enunciados en los párrafos anteriores, el DisPav iniciará el diseño del pavimento y propondrá los espesores de las capas que el proyectista haya considerado (Carlos A. Jiménez 2009).

4.4.2.- MEMORIA DE CÁLCULO

El diseño de la estructura del pavimento flexible, puesto para la construcción del camino EL ARCP-PARRITAS, del tramo: Etúcuaro-Parritas del kilómetro 3+000 al 9+000 en el municipio de Villa Madero, Michoacán.

- 1.- Los espesores determinados en el diseño de la estructura del pavimento, son los recomendados de acuerdo al cálculo del tránsito y a la calidad de los materiales.
- 2.- El método utilizado para el diseño de la estructura del pavimento del Instituto de Ingeniería de la Universidad Autónoma de México.
- 3.- Para la superficie de rodadura, se recomienda utilizar carpeta asfáltica en caliente hecha en planta, con un cemento asfáltico de acuerdo a las condiciones del lugar:
- 4.- A continuación, se presentan los parámetros para el diseño del pavimento flexible.

4.4.2.1.- DISEÑO DE PAVIMENTO DEL CADENAMIENTO 3+000 AL 7+000

INGENIERÍA DE TRÁNSITO		
TDPA	300	Vehículos
TASA DE CRECIMIENTO	3	%
ZONA 1	10	%

PERIODO DE DISEÑO A 15 AÑOS			
CLASIFICACIÓN VEHICULAR			
TIPO	A	75	%
TIPO	B	20	%
TIPO	C2	5	%

CALIDAD DE LOS MATERIALES			
CBR	Terreno Natural	10	%
CBR	Sub-rasante	20	%
CBR	Base	90	%
M.R.	Carpeta asfáltica	30000	kg/cm ²
Presión de contacto		6	kg/cm ²
Nivel de confianza		85	%

Número de millones de ejes equivalentes	
Por fatiga	0.8
Por deformación	1.3

Número de millones de ejes equivalentes	
Por fatiga	0.8
Por deformación	1.3

COEFICIENTE DE EQUIVALENCIA DE EJES EQUIVALENTES							
Tipo de vehículo	Eje	Z=5	Z=15	Z=30	Z=60	Z=90	Z=120
B2	1	1.12	0.62	0.37	0.29	0.28	0.27
	2	1.28	2.11	3.55	4.69	5.01	5.14
	suma	2.4	2.73	3.92	4.98	5.29	5.41
C2	1	1.12	0.62	0.37	0.29	0.28	0.27
	2	1.28	2.11	3.55	4.69	5.01	5.14
	suma	2.4	2.73	3.92	4.98	5.29	5.41

Se considera un pavimento normal, con deformaciones de la rodada del orden de 2.5 cm y agrietamientos de medio a fuerte al final de la vida útil de proyecto.

Tránsito de proyecto en millones de ejes estándar, para una profundidad de:	
Z=5	1.1
Z=15	0.8
Z=30	1.1
Z=60	1.3
Z=90	1.4
Z=120	1.4

Por lo anterior, el diseño de la estructura del pavimento es la siguiente:

Carpeta Asfáltica	5	cm
Base Hidráulica	20	cm
Sub-rasante	40	cm

4.4.2.2.- DISEÑO DE PAVIMENTO DEL CADENAMIENTO 7+000 AL 9+000

INGENIERIA DE TRÁNSITO		
TDPA	300	Vehículos
TASA DE CRECIMIENTO	3	%
ZONA 1	10	%

PERIODO DE DISEÑO A 15 AÑOS			
CLASIFICACIÓN VEHICULAR			
TIPO	A	75	%
TIPO	B	20	%
TIPO	C2	5	%

CALIDAD DE LOS MATERIALES			
CBR	Terreno Natural	55	%
CBR	Sub-rasante	20	%
CBR	Base	90	%
M.R.	Carpeta asfáltica	30000	kg/cm ²
Presión de contacto		6	kg/cm ²
Nivel de confianza		85	%

Número de millones de ejes equivalentes	
Por fatiga	1.0
Por deformación	1.5

COEFICIENTE DE EQUIVALENCIA DE EJES EQUIVALENTES							
Tipo de vehículo	Eje	Z=5	Z=15	Z=30	Z=60	Z=90	Z=120
B2	1	1.12	0.62	0.37	0.29	0.28	0.27
	2	1.28	2.11	3.55	4.69	5.01	5.14
	suma	2.4	2.73	3.92	4.98	5.29	5.41
C2	1	1.12	0.62	0.37	0.29	0.28	0.27
	2	1.28	2.11	3.55	4.69	5.01	5.14
	suma	2.4	2.73	3.92	4.98	5.29	5.41

Se considera un pavimento normal, con deformaciones de la rodada del orden de 2.5 cm y agrietamientos de medio a fuerte al final de la vida útil de proyecto.

Tránsito de proyecto en millones de ejes estándares, para una profundidad de:	
Z=5	1.1
Z=15	0.8
Z=30	1.1
Z=60	1.3
Z=90	1.4
Z=120	1.4

Por lo anterior, el diseño de la estructura del pavimento es la siguiente:

Carpeta Asfáltica	5	cm
Base Hidráulica	20	cm
Sub-rasante	30	cm

4.4.3.-DATOS Y RESULTADOS DEL DISEÑO

Camino de tipo normal. Nivel de confianza en el proyecto: 85 %

Capa	H (cm)	CBR z (%)	E (kg/cm ²)	V	Vida previsible	
					def	fatiga
Carpeta	5		30000	0.35		1.8
Base granular	20	90	3033	0.35	1.2	
Sub rasante	40	20	1058	0.45	10.6	
Terracería	semi-inf	10	652	0.45	>150	

Vida previsible	Tránsito proyecto	
Deformación	1.2	1.3
Fatiga	1.8	0.8

La vida previsible es cercana o mayor que la vida de proyecto el diseño parece adecuado. La tolerancia es +/- 10% del tránsito de proyecto crítico.

¿Quiere explorar otras alternativas? (s/n)

DATOS Y RESULTADOS DEL DISEÑO

Camino de tipo normal. Nivel de confianza en el proyecto: 85 %

Capa	H (cm)	CBRz (%)	E (kg/cm ²)	V	Vida previsible	
					def	fatiga
Carpeta	5		30000	0.35		1.6
Base granular	20	90	3033	0.35	1.2	
Sub rasante	30	20	1058	0.45	10.6	
Terracería	semi-inf	55	652	0.45	>150	

Vida previsible	Tránsito proyecto	
Deformación	1.2	1.3
Fatiga	1.6	0.8

La vida previsible es cercana o mayor que la vida de proyecto el diseño parece adecuado. La tolerancia es +/- 10% del tránsito de proyecto crítico.

¿Quiere explorar otras alternativas? (s/n)

CAPÍTULO

5

ESTUDIOS COMPLEMENTARIOS

5.1 ESTUDIO DE DRENAJE

Una vía de comunicación no solo exige una adecuada planeación económica y la selección más conveniente de la ruta y materiales de construcción a emplear, sino también el diseño de las estructuras de drenaje que sean capaces de desalojar, en todo momento y en forma eficiente, los volúmenes de escurrimiento aportados por las lluvias en cualquier tramo de la carretera en proyecto. La importancia de un adecuado sistema de drenaje es todavía más relevante si se piensa que del costo total de una carretera, un porcentaje considerable se gasta en el pago de estas estructuras y que deben justificar la inversión protegiendo la vía de comunicación de los ataques del agua. La razón principal de la construcción de las obras complementarias de drenaje, es la de proteger los cortes y terraplenes, controlar la erosión en suelos y prevenir los problemas de estabilidad en suelos y rocas.

Se consideran como obras complementarias de drenaje a las siguientes: el bombeo, las guarniciones, los bordillos, los lavaderos, las bajadas, las bermas, el uso apropiado de la vegetación, los bordos, las cunetas, las contracunetas y los canales incolectores.

Estas obras de drenaje, por sus características y número, han de ser recomendadas, según a la experiencia de especialistas, con base en estudios minuciosos y detallados, ya que no existe hasta el momento una metodología específica y digna de confianza (Gómez M 1996).

5.1.1.- OBRAS DE DRENAJE MENOR

Imposible diseñar las obras de drenaje menor si no se tiene la topografía precisa del sitio. Son muchos los casos de fracasos en la ubicación de las alcantarillas, ya sean losas, bóvedas o tubos, con resultado de que el agua erosiona el terraplén, daña el pavimento, se encharca o almacena aguas arriba de la carretera y hasta provoca fallas del terraplén al saturarlo indebidamente. Este tipo de situaciones ocurre cuando la obra de drenaje se proyecta y ubica atendiendo a las indicaciones de una Topografía imprecisa.

El paso de los cauces de drenaje natural a través del terraplén de la carretera se efectúa por medio de conductos cerrados o alcantarillas, de puentes de vados o puentes vado, los cuales varían en tamaño y número.

La práctica comúnmente aceptada en la S.C.T. considera como obras menores aquellos conductos bajo la carretera, de cualquier forma y tamaño con longitudes hasta de 6 metros. Las estructuras de mayor claro son tratadas como puentes.

Aunque el costo unitario de las obras menores es mucho menor que el de los puentes, ellas son más numerosas, y en conjunto representan por lo regular un costo total mayor que el de los puentes.

El problema que se presenta en este tipo de obras son fundamentalmente de tipo hidrológico e hidráulico de arroyos y difieren en su planteamiento; en el estudio de cada una de estas estructuras se deben hacer consideraciones especiales en lo relativo a los datos que se obtengan en el campo, a los procedimientos de cálculo hidrológico y su diseño hidráulico.

En general, la altura y la longitud de una obra menor, dependen del área hidráulica, del tirante y velocidad, que deben tenerse para permitir el paso del agua en una avenida extraordinaria del cauce bien debe seguir los lineamientos que se requieren

para la proyección de un puente, estas generalmente quedan supeditadas al alineamiento general para el camino.

Para conocer el gasto de las obras menores se deberán efectuar análisis hidrológicos detallados. Los trabajos hidráulicos de campo no serán tan completos como los que se realizan para los puentes ya que se trata de corrientes efímeras, de poco caudal, en las que generalmente se carece de datos de campo relativo a las elevaciones alcanzadas por el agua en las crecientes máximas extraordinarias.

El diseño hidráulico permite determinar las dimensiones necesarias de las estructura componentes para desalojar los volúmenes aportados por las lluvias o producto de las infiltraciones en el subsuelo, atendiendo a la eficiencia que se requiera en la eliminación de a las aguas. Para realizar este diseño es necesario contar con la topografía de la zona del cruce, así como las secciones transversales y la pendiente media del cauce (Gómez A. Moisés 1996).

5.2.- UBICACIÓN DE LAS OBRAS DE DRENAJE MENOR.

A lo largo del tramo, se detectaron cauces transversales que pasan por la brecha existente de manera visual y de acuerdo a la experiencia del proyectista como se mencionó anteriormente, se realizó un recorrido desde el inicio (km 3+000) del tramo en estudio y así se detectaron las obras de drenaje a proyectar y calcular.

Una vez ubicadas estas obras de drenaje, se procedió con la estación total a visar los puntos sobre el cauce transversal (izquierda y derecha) que pasa por la brecha existente, esto haciéndolo de manera que cubra con topografía detallada toda el área necesaria para diseñar la obra y su funcionamiento de drenaje. La longitud de la poligonal sobre el centro del cauce y la de sus secciones transversales es variable dependiendo del tipo de terreno y de las dificultades particulares del drenaje en esa obra

En la tabla 5.1 podemos observar la relación de las obras de drenaje propuestas, primeramente se encuentra enumerada cada una de las obras. En la columna: **Estación** se puso el cadenamiento correspondiente de cada obra. En la columna: **C** se encuentra el valor del coeficiente “C” Coeficiente de eficiencia de la tubería (típicamente de 0.1 a 0.7) que multiplica al factor de escorrentía “K” que depende del tipo de terreno en estudio (tabla 5.1). En la columna: **Área de la Cuenca** se indicó el valor del área de la cuenca (en Has.). En la columna **Área Hidráulica** se hizo el cálculo del área hidráulica necesaria (en m²), esto con la ayuda de la fórmula del Método de Talbot. Para la columna: **Obra Propuesta** en base al área hidráulica a drenar (columna 4) se propuso el tipo de obra necesaria, ya sea tubo, losa, bóveda, puente o en el caso de la cercanía con otra obra de drenaje, algunos gastos se pueden canalizar a la sucesiva. En la columna: **Cruce** se indicó el esviate de cada una de las obras de drenaje a lo largo del tramo. Finalmente en la columna de **Observaciones** se señalaron las obras existentes, a lo largo del tramo, por haber una brecha en uso continuo, se encontraron tubos, losas, gastos canalizados a otras obras, así como anteriormente se indicó, una obra mayor “ Puente el Aguacate”.

Tabla 5.1.- Relación de obras de drenaje propuestas a lo largo del tramo.

		SECRETARIA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES							
		DIRECCIÓN GENERAL DE CARRETERAS ALIMENTADORAS							

5.3.- OBRAS DE DRENAJE TIPO

De acuerdo al funcionamiento de drenaje (apartado 5.2) se evaluaron todas y cada una de las obras existentes a lo largo del tramo en estudio, de esta manera se asignó el tipo de obra que le corresponde a cada gasto que pasa por la brecha existente, en algunos casos se necesita una losa de concreto armado, en otros casos tubos corrugados de 60, 90 y 1.20 m de diámetro, en otros casos se canalizó a una obra de drenaje menor como puede ser una cuneta, también se presentaron casos de obras de alivio y finalmente se presentó una obra mayor como es un puente que ya existe y de acuerdo a especificaciones de los datos de la licitación que lanzó la S.C.T. donde exigen que el proyecto pase específicamente por éste puente.

Dentro de la plantilla se muestra en la parte superior (figura 5.1), la sección transversal de la obra de drenaje, que en este caso se propuso una losa armada de 2.0 x 1.0 m. en la parte media y en la parte de abajo se muestra que fueron propuestos tubos corrugados de polietileno de 1.20m de diámetro. Para la losa se puso el diseño estructural, al igual que para las cajas de mampostería donde se instalan los tubos.





Figura 5.2.- Vista preliminar de la totalidad del tramo en estudio por el cual se ubicaron las obras de drenaje. (Vista desde google eath en base a las coordenadas en geográficas).

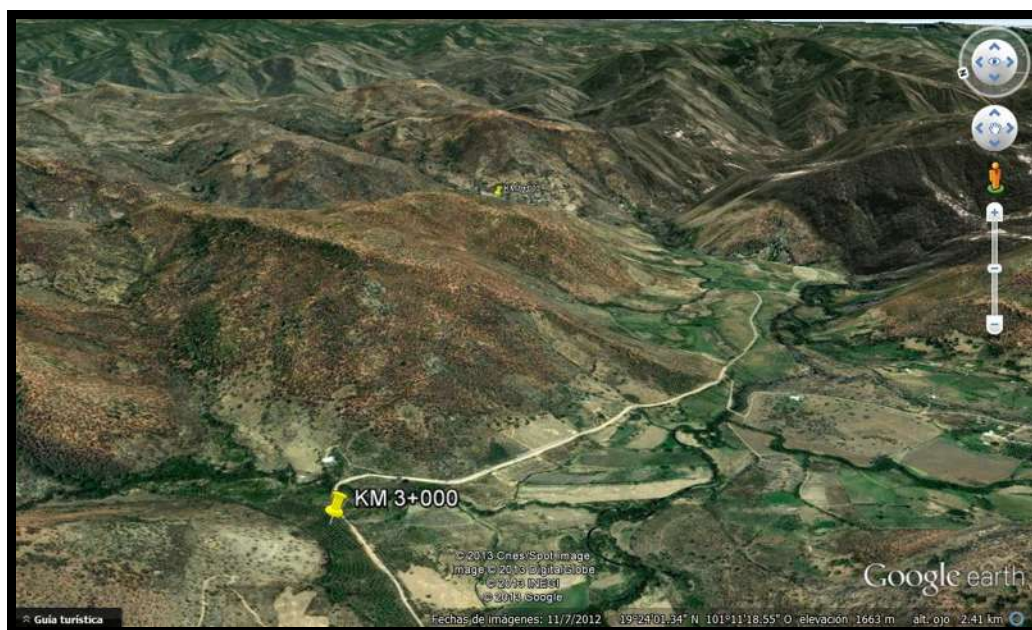


Figura 5.3.- imagen del tramo en estudio desde el km 3+000 siguiendo la brecha existente por la cual se ubicaron las obras de drenaje. (Vista desde google eath en base a las coordenadas en geográficas)



Figura 5.4.- Imagen de la topografía preliminar del tramo en estudio, vista desde el km 9+000 que es el final del cadenamiento del tramo en estudio. (Vista desde google eath en base a las coordenadas en geográficas).

5.4.- DETERMINACIÓN DE LAS ÁREAS DE LA CUENCA

Una cuenca hidrográfica es una zona delimitada topográficamente que desagua mediante un sistema fluvial, es decir la superficie total de tierras que desaguan en un cierto punto de un curso de agua o río. Constituye una unidad hidrológica descrita como una unidad físico-biológica y también como unidad socio-política para la planificación y ordenación de los recursos naturales”.

También se define como la unidad del territorio, normalmente delimitada por un parteaguas o divisoria de las aguas, en donde ocurre el agua en distintas formas y ésta se almacena o fluye hasta un punto de salida que puede ser el mar u otro cuerpo receptor interior, a través de una red hidrográfica de cauces que convergen en uno principal.

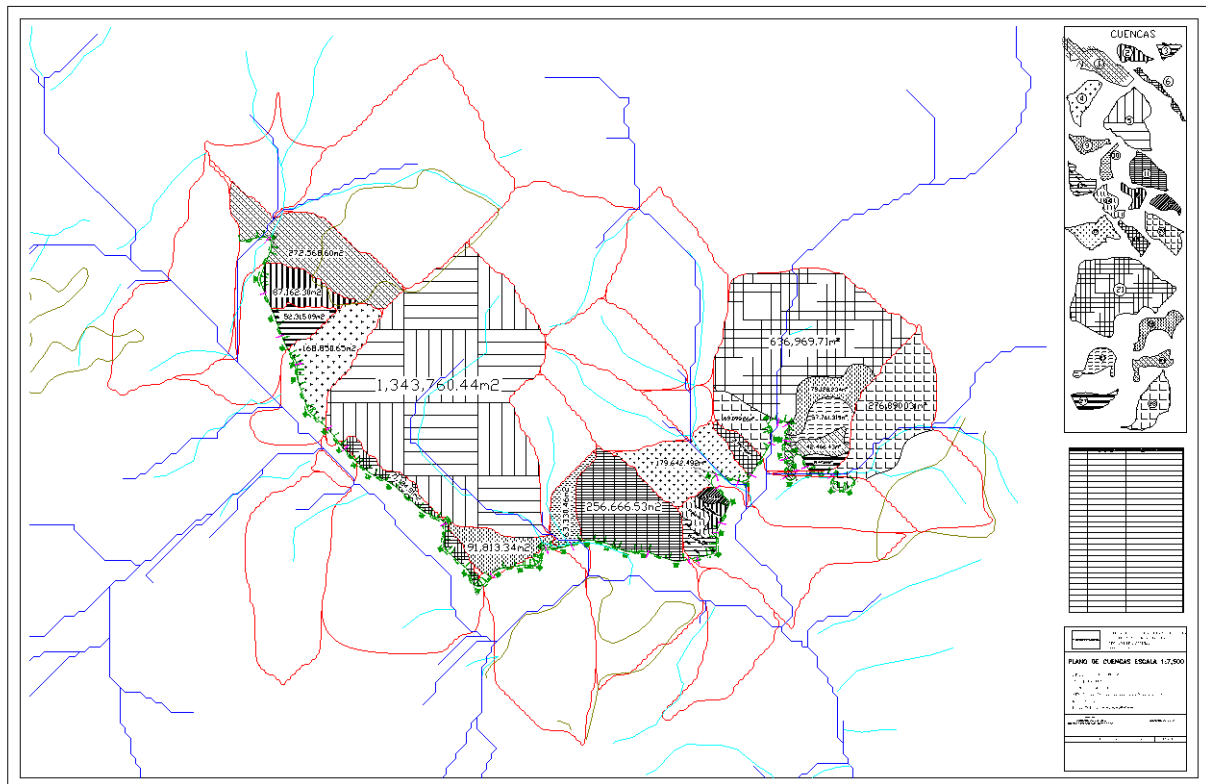


Figura 5.2.- Mapa de cuencas que pasan por el eje de proyecto y tabla de áreas.

Las cuencas constituyen el área que por razones de la topografía, capta el agua de lluvia, que al escurrir superficialmente confluye en un punto determinado. Al proyectar una carretera, se cruzan cuencas obstruyendo el paso natural de las corrientes hacia las partes bajas y finalmente hacia el mar. Es entonces necesario conocer en qué lugar y cuánta agua va a llegar a la carretera, para darle paso a través de puentes, alcantarillas, canales, cunetas y contra cunetas.

Para conocer cuánta agua va a llegar a la carretera, se necesita saber la intensidad de la lluvia, cual es el área que va a recoger esa agua de lluvia, y por qué tipo de terreno va a escurrir esa agua hasta llegar a la carretera. Con esto, se calculan las obras de drenaje necesarias. Del resultado de un buen estudio de drenaje depende en mucho evitar la prematura destrucción de las carreteras.

Después de dar instrucciones al topógrafo, el drenajista se abocará al estudio de la cuenca. A partir de las fotografías aéreas debe ya contar con la delimitación de las cuencas, de manera que en este recorrido de inspección, solo debe verificar, hasta donde sea posible, la veracidad de dicha delimitación, y sobre todo, clasificar el tipo

de terreno que constituye dicha cuenca, que bien pudieran ser varias zonas con diferentes tipos de terreno. Es necesario conocer qué tan rápido se desplaza el agua de lluvia de toda la cuenca hacia la alcantarilla, y también qué posibilidades hay de que parte del agua se infiltre en lugar de escurrir; el drenajista debe observar y tomar nota del tipo de terreno de la cuenca, o si está dividida en varios tipos de terreno. El terreno puede ser montañoso, lomerío fuerte, lomerío suave, ondulado, semiplano y plano. En relación a las posibilidades de infiltración, el suelo puede ser, rocoso forestado, rocoso árido, deforestado para cultivo, potreros, etc.

En la tabla 5.1 se hizo el cálculo del área necesaria con la fórmula del método de talbot, dentro de esta fórmula se encuentra un factor “K” que va de acuerdo al tipo de terreno donde se encuentra la zona en estudio, para este caso se eligió un valor de 0.1832 ya que corresponde a un terreno montañoso con pendientes fuertes (tabla 5.2). Este factor “K” va multiplicado por un coeficiente de 0.8 y quiere decir que la tubería está trabajando a un 80% de su capacidad máxima. Finalmente haciendo operaciones obtenemos el área hidráulica necesaria (Ecuación 5.1).

Tabla 5.2.- valores de coeficiente K de acuerdo al tipo de terreno.

TIPO DE TERRENO	K
Terreno montañoso con pendientes fuertes	0.18
Terreno ondulado con pendientes moderadas	0.12
Valles aislados muy anchos en relación a su longitud	0.09
Terreno agrícola con cuenca o desaguar de longitud tres o cuatro veces su ancho	0.06
Terreno muy llano sujeto a nevadas o inundaciones	0.04

La fórmula de talbot relaciona la seccion de desagüe necesaria con el área de la cuenca de la forma siguiente:

$$S = K \sqrt[4]{A^3}$$

(Ecuación. 5.1)

Donde:

S.- Es la sección de desagüe de la obra de fábrica, en m²

K.- Es un coeficiente variable con las características topográficas y físicas de la cuenca aportadora.

A.- Es la superficie de la cuenca aportadora, en Ha.

De esta manera se dimensiono la obra necesaria para cubrir el area hidraulica y se hizo el llenado de los conceptos de la tabla 5.1.

5.5 METODO TALBOT

Tabla 5.1.- Hoja de cálculo del área necesaria por el método Talbot.



SECRETARÍA DE
COMUNICACIONES
Y TRANSPORTES

SECRETARÍA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES
CENTRO S.C.T. MICHOACÁN
SUBSECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA
UNIDAD GENERAL DE CARRETERAS ALIMENTADORAS

HOJA DE CÁLCULO DEL ÁREA NECESARIA

Método de Talbot

Obra: **CAMINO ETUCUARO-PARRITAS**

Tramo: **EL ARCO-PARRITAS**
Kms: **DEL KM 3+000 AL KM 9+150**
Origen: **ETUCUARO 0+000.00**

Fórmula de Talbot: $A_n = 0.1832 C \sqrt[4]{(A_c)^3}$ donde:

A_n = Área hidráulica necesaria [m²]
 C = Coeficiente que depende del terreno
 A_c = Área hidráulica por drenar [Ha]

Tipo de terreno= Montañoso $C =$ **0.80**

Nº de Cuenca	Ubicación de Cuenca	Area de la Cuenca [Ha]	TALBOT Area Hidráulica Necesaria [m ²]	Area Tubería Trabajando 80% [m ²]	Tipo de Obra Recomendada	Dimensiones de la Obra Hid. [m]
	TRAMO KM 3+000 AL KM. 9+150					
1	3+068.47	27.26	1.75	6.00	Boveda de 2.0X3.0	2.0x3.0
2	3+400.07	8.72	0.74	0.94	Tubo Concreto	1.22
3	3+664.26	5.23	0.51	0.94	Tubo Concreto	1.22
4	3+852.61	16.89	1.22	1.60	Losa de C. 2.0 x 1.0	2.0X1.0
5	4+283.00	0.00	0.00	0.80	Losa de C. 1.0 x 1.0	1.0X1.0
6	4+433.45	7.12	0.64	0.80	Losa de C. 1.0 x 1.0	1.0X1.0
7	5+160.00	0.00	0.00	0.94	Tubo Concreto	1.22
8	5+620.00	0.00	0.00	0.94	Tubo Concreto	1.22
9	5+704.81	9.18	0.77	0.94	Tubo Concreto	1.22
10	6+091.50	9.18	0.77	0.94	Losa de C. 3.0 x 2.5	1.22
11	6+218.62	6.33	0.59	0.94	Tubo Concreto	1.22
12	6+696.60	25.67	1.67	1.60	Losa de C. 2.0 x 1.0	2.0X1.0
13	6+937.10	0.00	0.00	0.94	Tubo Concreto	1.22
14	6+987.96	2.63	0.30	0.94	Tubo Concreto	1.22
15	7+204.86	2.46	0.29	0.94	Tubo Concreto	1.22
16	7+266.07	1.67	0.22	1.60	Tubo Concreto	1.22
17	7+501.72	1.15	0.16	1.60	Tubo Concreto	1.22
18	7+600.00	17.96	1.28	4.80	Losa de C. 2.0 x 3.0	2.0X3.0
19	7+732.36	0.00	0.00	0.94	Tubo Concreto	1.22
20	7+820.68	3.18	0.35	0.94	Tubo Concreto	1.22
21	8+033.17	6.91	0.62	0.94	Tubo Concreto	1.22
22	8+220.00	63.70	3.30	-	PUENTE	20.0X6.0
23	8+280.00	7.91	0.69	-	CANALIZADA	-
24	8+378.79	5.78	0.55	0.94	Tubo Concreto	1.22
25	8+483.59	4.25	0.43	0.94	Tubo Concreto	1.22
26	8+594.45	1.84	0.23	0.94	Tubo Concreto	1.22
27	8+698.04	1.84	0.23	0.94	Tubo Concreto	1.22
28	8+889.12	1.84	0.23	0.94	Tubo Concreto	1.22
29	9+090.00	27.69	1.77	1.60	Losa de C. 2.0 x 1.0	2.0X1.0

CAPÍTULO 6

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 CONCLUSIONES

El trabajo de análisis que dio origen a la presente tesis profesional “Estudio del Proyecto Ejecutivo del Camino Etúcuaro – Parritas del km 3+00 al 9+000 en el Municipio de Villa Madero, Michoacán”, nos ha llevado al objetivo principal de este trabajo, el cual fue el análisis y revisión de la compilación de los elementos ejecutivos que se requieren para proyectar una carretera ante diversas condiciones de terreno que pueden presentarse, las cuales pueden estar sujetas a alteraciones físicas, ocasionando errores en los estudios o que por condiciones de la topografía del lugar se requiere de habilidades y experiencia de quien proyecta.

Una vez conjuntados, procesados y analizados todos los elementos que conforman el Proyecto Ejecutivo se concluyó que en el caso particular de este tramo de terracerías, en gran porcentaje del total de la brecha existente, se tiene una topografía muy accidentada, presentando taludes que tienden casi a la vertical, lo cual involucra grandes movimientos de tierras, generando un mayor costo en la ampliación de curvas horizontales principalmente ya que por los grados de curvatura existentes, se tuvieron que ampliar para mejorar la seguridad del usuario.

Como parte de estos estudios se encuentra la geotecnia, dentro de la cual se realizaron estudios del suelo, se planearon visitas a campo para hacer perforaciones a cielo abierto a cada 500 metros a lo largo del tramo y sobre la brecha existente, de esta manera se obtuvo que del km 3+000 a 7+000 se encontró a una profundidad de 2.50 m. un suelo con características geotécnicas suaves, a diferencia del tramo restante del km 7+000 al 9+000 donde se encontró a una profundidad de 1.30 m estratos de roca. Estos resultados influyeron directamente en el diseño de la

estructura del pavimento, el cual se concluyó que en el segundo tramo se requiere un espesor menor de sub-rasante para llegar a la altura de pavimento.

Se realizaron pruebas de laboratorio donde se clasifica el material para destinarlo a diferentes utilidades de la estructura del pavimento, así como la ubicación de bancos de materiales cerca del tramo para su utilización.

Se realizó el aforo vehicular para conocer el volumen de tránsito y con esos datos se procesaron en el programa DISPAV 5 de la UNAM, para hacer el diseño de la estructura del pavimento el cual es muy eficiente y común para este estudio, se hicieron dos cálculos el V_{rsz} y el módulo de elasticidad (E) de la subrasante por el motivo de la estratigrafía del suelo, arrojándonos dos diferentes diseños de espesores de estructura de pavimento resultado de este estudio, el cual se concluye que es aceptable.

En la parte del estudio la estabilidad de taludes se encontró una incongruencia, de acuerdo al análisis que se realizó en esta tesis, se concluyó que éste estudio no es válido ya que se generaliza un talud de una altura de 24 m de altura como conjunto de un solo estrato, es decir, de acuerdo a la visita de campo se puede ver que existe una estratigrafía variada en los taludes, así como depositación de material en la parte baja en zonas a lo largo de la brecha existente lo cual significa, que si se toma por válido este estudio, el círculo envolvente de falla en el talud no tendría estabilidad, siendo que para cada estrato se requiere un estudio particular.

Finalmente se revisó y analizó la hidrología del proyecto ejecutivo en estudio, concluyendo que de manera acertada se calcularon las dimensiones de las obras de drenaje de acuerdo a su área necesaria, dejando estas dimensiones de manera que también sean factibles constructivamente. También se observó que se analizaron acertadamente los coeficientes utilizados en tablas que van relacionados con la topografía del sitio, y éstos a su vez en función de las fórmulas utilizadas en el método.

En el tramo en estudio, se encuentra la existencia de una obra de drenaje mayor (Puente el Aguacate) la cual que fuera de los alcances del proyecto, por lo que, por parte de la empresa proyectista no hizo el cálculo hidrológico del Puente.

Con este análisis y revisión de este tipo de proyectos se puede optimizar la forma de trabajo en el área de las vías terrestres, apegándose a las especificaciones que marca la normativa SCT, podemos decir que es de gran importancia porque del

proyecto ejecutivo depende que la ejecución de la obra tenga éxito, ya que como se menciono con anterioridad es una gran inversión de infraestructura económica para el país y se requiere proyectar una carretera segura, cómoda, económica. Es de gran importancia cada uno de los puntos que conlleva este proyecto ya que de la geometría depende que la carretera sea segura, cómoda y el trazo sea por la topografía más adecuada. De geotecnia podemos destacar el estudio de la estructura del suelo que se hace para saber sobre qué material se desplazará la obra, ya que de no hacerse con precisión este estudio, se pueden presentar asentamientos. El estudio de estabilidad de taludes se puede decir que para la topografía que se tiene en este proyecto, es indispensable ya que se pueden evitar derrumbes y/o deslizamientos de grandes masas de suelo que pueden causar daños excesivos en costo económico e incluso la vida de personas. El diseño de la estructura del pavimento se requiere forzamente ya que de éste depende la calidad de la estructura de la carretera, evitando rompimientos de la carpeta asfáltica y/o agrietamientos.

La importancia del buen funcionamiento de las obras de drenaje depende directamente de su cálculo, lo cual es muy importante ya que el flujo del agua es uno de los principales factores por los cuales una carretera falla, la importancia de estas obras de drenaje reside en evitar la humedad directa en la estructura de los materiales del pavimento y su función es canalizar el flujo de agua que de acuerdo a la topografía y la hidrología del lugar pasa por ciertos puntos del proyecto de la carretera.

6.2 RECOMENDACIONES

Primeramente se mencionó que, no hay cosa alguna que esté exenta de errores, ya sea por factores ajenos a quien proyecta la vialidad o que sean factores directamente responsables del último en mención, esto quiere decir que la idea principal es que el equipo de trabajo de cada estudio sea supervisado para aminorar errores.

Ahora habiendo aclarado el punto anterior, podemos exponer las siguientes recomendaciones:

1. Se recomienda hacer un estudio de costo-beneficio detallado en relación a la consigna que el departamento de servicios técnicos de SCT Michoacán marco en la licitación, siendo que piden el paso del proyecto por un punto obligado que es el Puente “El Aguacate” que es una obra de drenaje mayor

existente, la cual se quería aprovechar en la ejecución de esta nueva obra, lo cual desde el análisis de este proyecto se toma como un punto en cuestión, ya que para que esta consigna se cumpla, se tienen que hacer grandes movimientos de tierra, cortes y terraplenes, lo cual genera un gran costo. La otra opción sería elevar el nivel de la rasante de proyecto a una altura donde se generen menos movimientos de tierra y hacer el estudio hidrológico para un nuevo puente, con la ventaja de proyectarlo para un mayor tiempo de aprovechamiento.

2. Se recomienda hacer un estudio más detallado y preciso de la estabilidad de taludes de este proyecto, ya que se concluyó que éste era erróneo por el motivo que se generaliza un talud de 24 metros de altura, como un talud de un solo estrato, tomando en cuenta que para cada estrato de suelo se tiene que hacer un estudio independiente.

BIBLIOGRAFIA

- Martínez, V. Damián. 2006. Caracterización y comportamiento mecánico del tezontle para su utilización en la capa base. Tesis posgrado UMSNH.
- Serrano, M. et al (2003). Implicaciones Territoriales de los Trazados de las Carreteras Orbitales de la Comunidad de Madrid mediante Teledetección: Bases Metodológicas. En el X Congreso de Teledetección, Cáceres, España.
- González P. Mario, La planificación carretera en el marco del cambio climático: el caso México. *Revista fuente, Año 2. No. 7, Abril-junio 2011. ISBN 2007-0713.*
- Secretaría de Economía, Instituto Nacional de Geografía y Estadística, 2012, Infraestructura en México.
- DG-2001. Manual de diseño geométrico de carreteras-Editorial: Macro Eirl-primera edición. Lima, Marzo del 2001. ISBN 978-6124034671
- Ale José d. método de estabilización de taludes mediante estructuras de suelo reforzado; capítulo 2: estabilización de taludes; universidad nacional de ingeniería; ingeniería civil; pág. 19.
- Hernández Gutiérrez Erik. Pavimentación de la carretera México-Tuxpan, tramo: Tejocotal- Nuevo Necaxa. Tesis de licenciatura; Asesor: Ing. Arq. Juan Manuel Gutiérrez González. México 2005; Instituto Politécnico Nacional; Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura, Unidad Zacatenco. Of. No. SAC. EP:- 087-111-2005.
- Tesis para obtener el título de ingeniero civil; Diseño de Pavimentos Flexibles: Método del Instituto de Ingeniería de la UNAM. Autor: Carlos Alberto Jiménez García. México d.f. 2009.
- Gómez Ayala, Moisés. Estudio geotécnico para el proyecto de vías terrestres y ejemplo / Moisés Gómez Ayala.-- Hermosillo, Sonora: Editorial Universidad de Sonora. División de Ingeniería, 1996