



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

UNIVERSIDAD DON VASCO A.C.

Incorporación No. 8727 – 15

a la Universidad Nacional Autónoma de México.

Escuela de Ingeniería Civil

DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO PARA EL TRAMO CAMINO A SANTA ROSA DEL KM 0+000 AL 0+952 EN LA CIUDAD DE URUAPAN, MICHOACÁN.

Tesis

que para obtener el título de

Ingeniero Civil

Presenta:

Salvador Adame Ruiz.

Asesor:

I.C. Guillermo Navarrete Calderón.

Uruapan, Michoacán, 13 de Febrero del 2014.



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

AGRADECIMIENTOS.

A mis papas por haberme brindado la oportunidad de estudiar la carrera en la Universidad Don Vasco, por su esfuerzo, dedicación y entera confianza.

Pa: gracias por tu apoyo, por la orientación que me has dado y por darme la oportunidad de ser quien soy. Agradezco todos esos consejos que me das que me han servido en toda mi vida para no dejarme caer y siempre salir adelante, por ayudarme a tomar las decisiones que a veces me han costado trabajo, pero que han sido buenas y sobre todo gracias por ser como eres, aunque dices que nunca te tomo en cuenta, no es así, eres y serás siempre mi ejemplo a seguir, te quiero mucho.

Ma: eres la persona que siempre me ha ayudado en las buenas y en las malas, eres aquella en la que puedo contar para aquellos momentos difíciles y los momentos buenos, aunque a veces peleamos bastante y nos enojamos y todo eso, pero pues eres mi mama y sé que siempre voy a contar contigo para todo, te agradezco por el sacrificio que hicieron en darme una carrera profesional y decirte que te quiero mucho.

Mario: pues gracias por esas des madrugadas de 4 años y medio que sacrificaste por todos, pero en especial por mí, y te quiero decir que mejor hermano no pude tener la verdad y que sigas siendo como eres, gracias y te quiero mucho.

Y no me queda más que decirles pa, ma, que no los defraudare que esto es lo que me gusta y como les dije yo sé que ahora viene lo bueno y lo más importante de mi

vida, si me dieran a elegir qué y no tener, volvía a elegir esto que tengo, estos padres, este hermano y esta vida que tengo. No fue fácil pero le echare ganas en todo lo que venga para que sigan estando orgullosos de mí. Gracias por todo.

También quiero agradecer a mi Tío Mario, que es aquella persona en la que se puedo contar en las buenas y en la malas, por sus consejos y por darme la oportunidad de tener la experiencia laboral que tuve, tengo y sé que seguiré teniendo a lo largo de la vida, que nunca me dejara caer, por todo esto gracias.

En general a mi familia, abuelos, tíos, primos, sobrinos y amigos que sé que estarán allí cuando los necesite, que fueron y serán esenciales en mi vida tanto personal como laboral, gracias a todos ustedes.

A mis maestros que en este andar, influyeron con sus lecciones y experiencias en formarme como una persona bien y preparada para los retos que pone la vida, a todos y a cada uno de ellos les doy las gracias, a mi asesor el Ing. Guillermo Navarrete Calderón por apoyarme en este proceso de mi carrera.

INDICE.

Introducción.

Antecedentes.	1
Planteamiento del Problema.	2
Objetivo.	3
Pregunta de investigación.. . . .	3
Justificación.	4
Marco de Referencia.	4

Capítulo 1.- Vías Terrestres.

1.1.- Concepto de vías terrestre.	8
1.2.- Historia de las vías terrestres.	8
1.3.- Vías de comunicación.	10
1.4.- Las vías terrestres de México.	11
1.4.1.- La aparición del automóvil.	13
1.5.- Factores económicos y regionales en las vías terrestres.	15
1.5.1.- Caminos de integración nacional.	16
1.5.2.- Caminos entre zonas desarrolladas.	17
1.6.- Clasificación de los caminos.	18

1.7.- Secciones transversales en las vías terrestres.	23
1.8.- Terracerías.	24
1.8.1.- Finalidades y características de las terracerías.	25
1.9.- Volumen de tránsito.	25
1.9.1.- Tipos de Tránsito.. . . .	26
1.9.2.- Previsión de Tránsito.	28
1.10.- Elementos de la ingeniería de Tránsito usados en las Vías Terrestres.	28
1.11.- Elementos de una carretera.	31
Capítulo 2.- Pavimentos.	
2.1.- Concepto de pavimento.	33
2.2.- Generalidades de los pavimentos.	34
2.3.- Capas en los pavimentos.	37
2.4.- Factores que afectan el diseño de los pavimentos.	39
2.5.- Pavimentos rígidos.	43
2.6.- Losas de concreto hidráulico.	45
2.7.- Juntas en los pavimentos rígidos.	46
2.8.- Control de calidad en los pavimentos rígidos.	50

2.9.- Asfaltos.	51
2.10.- Carpetas asfálticas.	52
2.11.- Drenaje en pavimentos flexibles.	54

Capítulo 3.- Resumen de Macro y Micro Localización.

3.1. Generalidades.	56
3.2. Objetivo.	57
3.3. Resumen Ejecutivo.	57
3.4. Entorno Geográfico.	57
3.5. Macro y Micro Localización.	59
3.6. Hidrografía y Clima.	60
3.7. Actividades de la Región.	61
3.8. Informe Fotográfico.	61

Capítulo 4.- Metodología.

4.1. Método científico.	69
4.1.1. Método matemático.	69
4.2. Enfoque de la investigación.	70
4.2.1. Alcance de la investigación.	70

4.3. Tipo de diseño de la investigación.	71
4.3.1. Investigación transeccional.	72
4.4. Instrumentos de recopilación de datos.	72
4.5. Descripción del proceso de investigación.	73

Capítulo 5.- Análisis e Interpretación de Resultados.

5.1. Aforo Vehicular.	75
5.2. Levantamiento Topográfico.	78
5.3. Valor Relativo de Soporte (VRS).	81
5.4. Diseño del Pavimento Rígido por el Método PCA.	84
CONCLUSIÓN.	99
BIBLIOGRAFIA.	101

ANEXOS

INTRODUCCIÓN

Antecedentes.

De acuerdo con Salazar (1998), se puede entender por pavimento a la capa o conjunto de capas entre la subrasante y la superficie de rodamiento de cualquier obra vial, que tiene como finalidad es proporcionar una superficie de rodamiento uniforme que sea resistente para el paso de los vehículos y a todos los agentes naturales que se presenten. Se sabe también que una vialidad urbana es todo espacio o camino que se encuentra destinado al libre tránsito tanto de vehículos como de personas, también conocido como calle.

Acerca de lo que es el diseño de pavimentos, en la biblioteca de la Universidad Don Vasco A.C, se encuentran las siguientes investigaciones, la tesis Diseño de la Estructura de Pavimento Rígido para el Boulevard Industrial del Km 9+800 al 10+900 en la Ciudad de Uruapan, Michoacán, por Cristian Pérez Sepúlveda, 2011, cuyo objetivo es mostrar la manera adecuada para el diseño de la estructura del pavimento rígido, llegando a la conclusión esperada, demostrando cuales son las reparaciones que se le deben dar al pavimento; también se encuentra la investigación Propuesta de Metodología para Supervisión de Pavimentos Rígidos, realizada por Omar Amezcua Sánchez, 2008, cuyo objetivo era establecer una metodología que sea practica para cualquier persona relacionada con el área de la construcción, además que esta sea un apoyo para la supervisión de cualquier obra de este tipo, llegando a la conclusión del uso de formatos de supervisión, y por último se encuentra la investigación Diseño del Pavimento Flexible del Camino Libramiento

Oriente a la Colonia Manuel Pérez Coronado en Uruapan, Michoacán, por Octavio Martínez Chávez, 2001, cuyo objetivo es mostrar la manera adecuada para el diseño de un pavimento flexible, llegando a la conclusión esperada, demostrando cuales son los espesores de la base y sub-base hidráulicas, mediante los tres métodos de diseño que se manejan en el diseño de pavimentos flexibles.

El desarrollo de la infraestructura carretera comenzó con la necesidad de comunicar dos puntos o lugares, a los cuales el hombre le surge la inquietud de trasladarse, pero cada vez con la necesidad de hacer más cortos los tiempos de traslado, para esto era necesario tener alternativas de rutas por las cuales se iba a transitar y tener así accesos a los puntos a los cuales se requería llegar.

El automóvil vino a dar lo que es el concepto de carretera, la cual se podría definir como la vía de comunicación cuyo objetivo es permitir el flujo de la circulación de los automóviles. En la actualidad las carreteras se han ido mejorando dependiendo del uso que se les dé y así será el tipo de pavimento que requieran.

Planteamiento del problema.

En la presente investigación se pretende utilizar el diseño de pavimento rígido para el tramo Camino a Santa Rosa del Km 0+000 al 0+952 en la ciudad de Uruapan, Michoacán, ya que esta serviría como vía de acceso a lo que es la colonia Santa Rosa, al no estar pavimentada muchas de las personas no utilizan dicho camino, por lo cual es necesario darle solución para acortar tiempos de traslados. Por lo anterior cabe mencionarse ¿Cuál es el diseño óptimo de pavimento rígido para

el tramo Camino a Santa Rosa del km 0+000 al 0+952 en la ciudad de Uruapan, Michoacán?

Objetivos.

Objetivo General.

Diseñar el pavimento rígido para el tramo Camino a Santa Rosa del Km 0+000 al 0+952 en la ciudad de Uruapan, Michoacán.

Objetivos Particulares.

1. Definir el concepto de vías terrestres.
2. Definir el concepto de pavimento.
3. Definir un pavimento rígido.
4. Determinar el aforo vehicular.
5. Determinar el beneficio para la sociedad.
6. Determinar el rendimiento del material.

Pregunta de investigación.

Se quiere conocer ¿Cuál es el diseño óptimo de pavimento rígido para el tramo Camino a Santa Rosa del km 0+000 al 0+952 en la ciudad de Uruapan, Michoacán?

Justificación.

En esta investigación se pretende que se realice el pavimento idóneo de un pavimento rígido, para que este proyecto beneficie principalmente a los habitantes de la colonia Santa Rosa para contar con otra vía de acceso, también sería de importancia para la gente que habita en la colonia Mapeco ya que estas dos están cercanas y conectadas por el mismo tramo.

También tendría una importancia para la biblioteca de la Universidad Don Vasco A.C, ya que muchos lectores asisten a ella para consultar ejemplares de varios ámbitos y a la vez a los próximos tesis de la carrera de Ingeniería Civil.

Marco de referencia.

De acuerdo con www.inegi.com.mx (2013), con los resultados del Censo de Población y Vivienda de 2005 del Instituto Nacional de Estadística y Geografía, el municipio de Uruapan cuenta con una población total de 315,350 habitantes, de los cuales 152,442 son del sexo masculino y 162,908 del sexo femenino.

El Municipio de Uruapan se destaca por ser uno de los 113 municipios en que se encuentra dividido el estado mexicano de Michoacán de Ocampo. Es el segundo municipio más poblado del estado y el segundo más importante después de la capital del estado la cual se llama Morelia, situada en el centro-occidente del territorio y su cabecera es la ciudad de Uruapan.

Se localiza en la zona centro-occidente del estado de Michoacán, cuenta con una extensión territorial total de 954.17 kilómetros cuadrados que equivalen al 1.62%

de la extensión total del estado. Sus límites son al norte con el municipio de Charapan, el municipio de Paracho y el municipio de Nahuatzen, al este con el municipio de Tingambato, al municipio de Ziracuaretiro y el municipio de Tarentan, al sur con el municipio de Gabriel Zamora y al oeste con el municipio de Nuevo Parangaricutiro, con el municipio de Peribán, con el municipio de Tancítaro y con el municipio de Los Reyes. El municipio se encuentra totalmente inmerso en el Eje Neovolcánico Transversal, por lo que su territorio es accidentado y montañoso, destacando los cerros Charanda, la Cruz, Jicalán y Magdalena, hacia el oeste, y ya fuera del municipio se encuentra el volcán Pico de Tancítaro, la mayor elevación del estado. Se encuentra a una altura al nivel del mar de 417.9 msnm como mínima y una altura Máxima de 1664 msnm.

La principal corriente del municipio es el río Cupatitzio, que nace en el territorio y fluye en sentido norte a sur, existen además los embalses de Caltzontzin, Salto Escondido y Cupatitzio y una cascada conocida como La Tzaráracua. Todo el territorio del municipio con excepción de su extremo más occidental, forma parte de la Cuenca del río Tepalcatepec-Infiernillo y el extremo oeste a la Cuenca del río Tepalcatepec, ambas forman parte de la Región hidrológica Balsas.

La ciudad de Uruapan está dividida en barrios, los cuales contienen su capilla con el santo que se venera, uno de los más importantes es el barrio de San Pedro, Barrio de la Magdalena, Barrio de Santo Santiago, Barrio de San Juan Evangelista, entre otros. Estos barrios cuentan con una fecha al año en la cual se les celebra y en donde la gente que vive a los alrededores hacen verbenas populares ofreciendo alimentos, eventos culturales y deportivos y diversión.

El clima del municipio de Uruapan es uno de los más variados del estado de Michoacán pues se ve influenciado por las diferencias de altitud en el terreno, existen cinco tipos diferentes de clima. La zona norte tiene un clima Templado subhúmedo con lluvias en verano, en la zona central del municipio, la más elevada, tiene un clima Templado húmedo con abundantes lluvias en verano, en la misma zona central otro sector tiene clima Semi-cálido húmedo con abundantes lluvias en verano, hacia el sur otra zona registra clima Semi-cálido subhúmedo con lluvias en verano y finalmente en el extremo sur del municipio el clima es clasificado como Cálido subhúmedo con lluvias en verano. La temperatura media anual del territorio también se encuentra dividida en tres zonas, la zona norte del municipio tiene un rango de 12 a 16 °C, la zona centro y sur tiene un promedio entre 16 y 24 °C, y finalmente dos porciones del extremo sur registran de 24 a 28 °C; el centro del municipio de Uruapan es una de las zonas que registran mayor promedio pluvial anual en el estado de Michoacán, superando los 1,500 mm al año, hacia el norte y sur de esta zona el promedio va de 1,200 a 1,500 mm, y hacia el sur se suceden dos zonas más, donde el promedio es de 1,000 a 1,200 mm y de 800 a 1,000 mm.

El tramo denominado Camino a Santa Rosa se ubica entre la colonia Mapeco y la colonia Santa Rosa entrando por lo que se conoce como libramiento norte por la cementera CEMEX (Cementos Mexicanos) en la ciudad de Uruapan, Michoacán. Estas colonias cuentan con los servicios públicos de agua, luz y teléfono, así como de tele cable y algunas personas con internet. La colonia Santa Rosa esta retirada en cuanto a tiempo por lo mismo de que varias de sus calles aun no se encuentran pavimentadas por lo que hace un poco difícil su acceso, en cambio la colonia

Mapeco cuenta con todas sus calles pavimentadas y la distancia del libramiento a esta es más corta por lo que está más habitada. Existe el transporte público para ambas colonias con la ruta 28 la cual hace su recorrido por varias calles de la ciudad llegando al parque nacional y retornando hacia la colonia Mapeco para posteriormente pasar a la colonia Santa Rosa, el transporte es de la línea tata lázaro, la cual transita por dicha ciudad, también se puede llegar por medio de taxi o bien en carro particular.

CAPÍTULO 1

VÍAS TERRESTRES

En el presente capítulo se abordarán los temas relacionados con lo que son las vías terrestres, así como los inicios de las mismas, explicando una breve reseña de lo que han sido las vías de comunicación, la evolución que ha desarrollado en la historia y en la actualidad de México, además de los tipos de caminos que existen, sus características y su integración a las zonas desarrolladas. Por otra parte, se abordarán los temas relacionados con las terracerías, teniendo en cuenta sus características, finalidades y cómo se compone un cuerpo de terraplén.

1.1. Concepto de vías terrestres.

Las vías terrestres, que de acuerdo con Olivera (2006), son los medios de comunicación que más ha desarrollado el hombre, las cuales son estructuras basadas en la superficie de la tierra,

1.2. Historia de las vías terrestres.

Por necesidad, los primeros caminos fueron vías de tipo peatonal que las tribus nómadas hacían cuando exploraban las regiones en busca de alimento, posteriormente cuando estos se volvieron sedentarios, los caminos peatonales tuvieron finalidades religiosas, comerciales y de conquista. En América y en México particularmente, existieron estos tipos de camino durante la aparición de las civilizaciones maya y azteca.

Cuando las vías peatonales se formaban sobre terrenos blandos o de lodazales, estas tribus trataban de mejorarlas y acondicionarlas poniendo piedras en el camino para evitar un accidente como que llegaran a resbalarse o bien se les sumergían los pies en el lodo. El revestimiento en los lodazales de caminos peatonales también tenía la finalidad de que las vías recibieran las cargas sin ruptura estructural, así como de distribuir los esfuerzos en zonas cada vez más amplias con la profundidad necesaria para que los soportara el terreno natural.

Mientras que el hombre se desarrollaba y se establecía en su civilización, fue creando nuevas formas de llegar más rápido y cómodamente al lugar donde lo conducía el camino acortando tiempos de traslado; entonces es así que surge la idea de la invención de la rueda y con esto el primer medio de transporte al cual se le llamo carreta, la cual debía de tener movimiento por lo que se requirió que fuera jalada por personas o por animales, los cuales iban a atados con cuerdas en la parte delantera, la finalidad de ésta era transportar a personas de un lado a otro.

Las vías terrestres son parte de la infraestructura de los países, que comúnmente estas obras en su mayoría están a cargo del gobierno: “los caminos son la infraestructura de la infraestructura, pues una vez que se han construido uno de ellos, es más fácil de proporcionar el resto de los servicios.” (Olivera; 2006:21); los caminos tienen otras ventajas que las vías férreas o los aeropuertos, porque estos pueden ofrecer un servicio de manera en que se van terminando los tramos en construcción, es decir, no se necesita que esté terminada toda la obra para comenzar a desempeñar su finalidad. Las vías terrestres son de gran importancia, por tal motivo deben de programarse y llevarse a cabo teniendo como fin el beneficio

tanto como económico como social para los seres humanos, y así mismo darles el uso y el cuidado necesario para que su vida útil perdure por muchas generaciones y se tenga una buena perspectiva de lo que se realizó y de lo que se seguirá realizando.

1.3. Vías de Comunicación.

De acuerdo con Olivera (2006), las vías de comunicación son los medios que se emplean para vencer los desafíos que opone la distancia a las relaciones entre los seres humanos. Cuando el hombre tuvo su existencia sobre la tierra, tuvo la necesidad de caminar, correr o desplazarse de un lado a otro, queriendo ir cada vez más lejos para poder así satisfacer la necesidad de crear aquellos elementos útiles que lo describan en su desarrollo como ser humano y como sociedad, teniendo la infraestructura que necesita la sociedad. Es así como surgen las vías de comunicación con la necesidad del hombre de comunicarse con gente en otros sitios del planeta, teniendo en cuenta que lo podría realizar por la vía marítima, por la vía aérea o bien por la vía terrestre que es la más común.

Las vías de comunicación son los elementos con los que el hombre cuenta para transportarse de un lugar a otro conocidos como carreteras o caminos, vías ferroviarias o mediante vías marítimas, esto según Olivera (2006), con los diferentes medios de transporte que existen desde sus inicios hasta los que se ven en la actualidad; teniendo como en todo ventajas y desventajas del uso de las diferentes vías de traslado.

Las creaciones del hombre son precisamente las que mueve el ambiente en el que se ha desarrollado, ha llegado a crear elementos y uno de los más importantes ha sido sin duda las vías de comunicación, estos elementos de infraestructura que son utilizables para el transporte de personas y mercancías, constituyen un desarrollo de cada sociedad que va dependiendo de las necesidades de que se tienen en cada ubicación donde se pretende acondicionar alguno de estos elementos que vienen a reducir las necesidades del ser humano el cual tiene que trasladarse de un sitio donde desarrolla actividades con fines de profesionales, personales y de trabajo.

Otros elementos que en su momento fueron también muy importantes y que es necesario que se mencionen son los teléfonos y los telégrafos, estos constituyen una de las vías de comunicación que tuvieron gran auge en sus tiempos y que fueron elementos esenciales para que el país fuera desarrollando y ser capaz de tener una infraestructura que pueda competir con las demás naciones y ser así considerado una potencia mas.

1.4. Las vías terrestres de México.

Según lo mencionado por Olivera (2006), en lo que hoy es la República Mexicana existían un gran número de caminos peatonales, los cuales debido a su utilización para los diferentes fines fueron cambiados hasta llegar a ser como los que conocemos ahora. Los españoles introdujeron lo que fueron las carreteras y las primeras brechas o veredas se dieron con un monje franciscano de nombre Fray

Sebastián de Aparicio, con lo cual se dió la conexión con las ciudades más importantes en aquellos tiempos como Acapulco, el puerto de Veracruz, Puebla, etc.

Las vías férreas se construyeron a partir de la segunda mitad del siglo XIX, la actividad ferroviaria tuvo su mayor auge durante el Porfiriato, ya que este sector fue impulsado para el desarrollo del país, y en tiempos actuales se está yendo a la baja gracias al desconocimiento gubernamental de la utilidad del ferrocarril como medio de transporte cuando es administrada de forma correcta, sino para el trasporte de materia prima, esto puede llegar a formar parte de la infraestructura que lleve al país a tener una economía un poco más estable y así se consigan grandes beneficios para el país.

A partir de 1925 se comenzó con la implementación y construcción de de vías con técnicas avanzadas, los cuales eran caminos que iban de la ciudad de México hacia el puerto de Veracruz, a Laredo y a una de las ciudades más importantes del país que es Guadalajara; estos fueron proyectados y firmados por parte de Estados Unidos, pero desde 1940 la ingeniería mexicana es la que se encarga de todos los trabajos y ahora se cuenta con una red de caminos pavimentados de 85000 km más 120000 km de caminos secundarios, con superficies de rodamiento revestidos, esto para asegurar el tránsito de los vehículos en todo momento.

Con los caminos en el país no se hizo esperar el impuesto que pondría el gobierno una vez que existiera un medio de transporte, así durante el gobierno del general Plutarco Elías Calles se estableció un impuesto que de manera indirecta

impactaba en los caminos, así subió tres centavos por litro al precio que tenía la gasolina en ese tiempo.

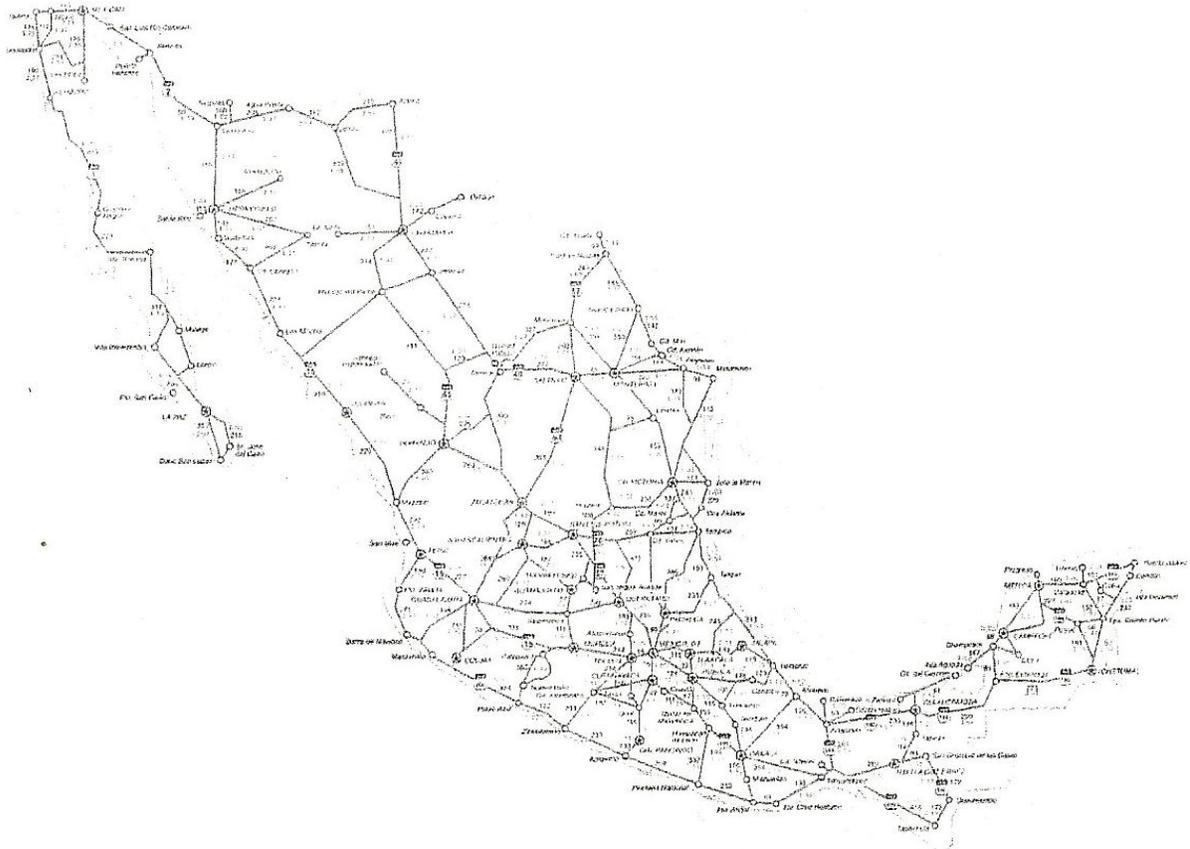


Fig. 1.1.- Mapa de las carreteras en México.

Fuente: Olivera; 2006: 13.

1.4.1. La aparición del automóvil.

De acuerdo por Mier (1987), uno de los elementos más importantes y el que más es utilizado en la actualidad como medio de transporte recurrido en la sociedad es el automóvil, el cual desde su aparición en el siglo XIX vino a ser quién en realidad diera lugar a la infraestructura carretera, porque desde que existió, los caminos fueron la vía mediante la cual se pondría en marcha la circulación, es por

eso, que los caminos empezaron a tener el revestimiento y mantenimiento adecuado y así llegar a ganar el término de carretera, para emplearlo en las condiciones necesarias y a su vez llegar a tener un término que a medida de que vaya evolucionando, por consecuencia éste también.

CARACTERÍSTICAS		VEHICULO DE PROYECTO					
		DE-335	DE-480	DE-610	DE-720	DE-1325	
DIMENSIONES EN CM.	Longitud total del vehículo	L	980	730	915	1525	1678
	Distancia entre ejes extremos del vehículo	DE	335	480	610	1220	1525
	Distancia entre ejes extremos del tractor	DE ^T	---	---	---	397	463
	Distancia entre ejes del semirremolque	DE ^S	---	---	---	732	610
	Vista delantera	V ^T	92	100	122	122	92
	Vista trasera	V ^T	153	180	183	183	61
	Distancia entre ejes tractor	T ^T	---	---	---	---	122
	Distancia entre ejes tractor semirremolque	T ^S	---	---	---	122	122
	Distancia entre ejes interiores tractor	D ^T	---	---	---	397	463
	Dist. entre ejes interiores tractor y semirremolque	D ^S	---	---	---	701	793
	Ancho total del vehículo	A	214	244	259	259	259
	Entejeo del vehículo	E ^V	183	244	255	259	259
	Altura total del vehículo	H ^T	187	214-412	214-412	214-412	214-412
	Altura de los ojos del conductor	H ^C	114	114	114	114	114
	Altura de los faros delanteros	H ^F	61	61	61	61	61
Altura de los faros traseros	H ^F	61	61	61	61	61	
Ángulo de desviación del haz de luz de los faros	CC	1°	1°	1°	1°	1°	
Radio de giro mínima (cm)	R _g	732	1040	1281	1220	1372	
Peso total (Kq)	Vehículo vacío	W _v	2500	4	7000	11000	14000
	Vehículo cargado	W _c	3000	10000	17000	25000	30000
Relación Peso/Potencia (Kg/HP)	W _v /P	45	90	120	180	180	
VEHICULOS REPRESENTADOS POR EL DE PROYECTO		A ₀ A ₁	C2	U-C3	T2-S1 T2-S2	T3-S2 OTROS	
PORCENTAJE DE VEHICULOS DEL TIPO INDICADO CUYA DISTANCIA ENTRE EJES EXTREMOS (DE) ES MENOR QUE LA DEL VEHICULO DE PROYECTO	A ₀ A ₁	94	100	100	100	100	
	C2	30	90	99	100	100	
	C3	10	75	97	100	100	
	T2-S1	0	0	1	80	99	
	T2-S2	0	0	1	93	100	
PORCENTAJE DE VEHICULOS DEL TIPO INDICADO CUYA RELACION PESO/POTENCIA ES MENOR QUE LA DEL VEHICULO DE PROYECTO	A ₀ A ₁	93	100	100	100	100	
	C2	52	88	100	100	100	
	C3	20	82	100	100	100	
	T2-S1	6	15	100	100	100	
	T2-S2	5	42	98	96	94	
T3-S2	2	35	80	30	80		

Fig. 1.2.- Tipos de Vehículos.

Fuente: www.wikipedia.com: 2013.

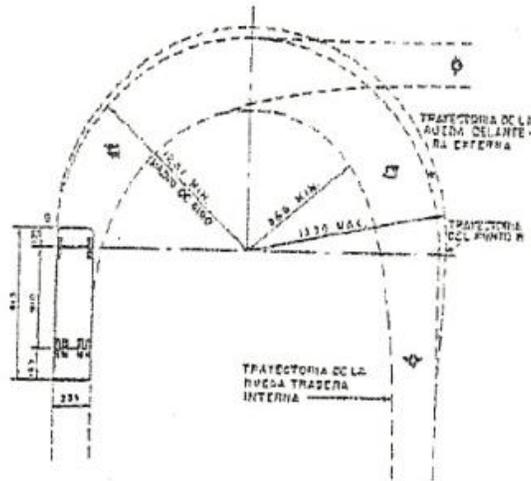


Fig. 1.3.- Radios de Giro.

Fuente: www.wikipedia.com: 2013.

1.5. Factores económicos y regionales en las vías terrestres.

Las obras de ingeniería de acuerdo con Olivera (2006), deben realizarse en la forma más económica posible, pero cumpliendo adecuadamente con las finalidades para las cuales fueron proyectadas. Se debe entender que una obra es económica cuando los costos de construcción, conservación y operación son mínimos en relación con otras alternativas.

Los profesionales están obligados a considerar variantes en los proyectos, así como de recomendar y defender las opciones de menor costo, ya que es factible realizar obras sobrediseñadas que pudieran ser el resultado de proyectos efectuados por personas ajenas a la ingeniería o bien sin estudios, la misión de un ingeniero es proyectar y construir con el menor costo posible y que cumplan con los objetivos para los cuales se concibieron.

Para la programación de los diferentes tipos de caminos no es necesario clasificarlos en una sola categoría, pues cada uno se evalúa de manera diferente y la elección de construcción ha quedado en la actualidad a criterio de las autoridades. Sin embargo, se debe estudiar un modelo matemático con el cual se haga la programación no solo de las diferentes clases de caminos, sino de todo los tipos de comunicación terrestre, aérea y marítima, que se evalúan con factores de costo-beneficio para proporcionar o alentar el desarrollo nacional. Para reducir las inversiones iniciales, las obras se pueden programar por etapas, principalmente cuando se trata de caminos se desarrolla, donde el número de vehículos es muy reducido en el momento de abrirlos al tránsito, al inicio se utilizaban carpetas con mezcla asfáltica en el lugar y después, cuando lo requiere el tránsito, se levanta la carpeta anterior, se rigidiza la base y se coloca concreto asfáltico como superficie de rodamiento.

1.5.1. Caminos de integración nacional.

Los caminos de integración nacional “son aquellos que principalmente sirven para unir el territorio de un país.” (Olivera; 2006:14); así, en México los primeros caminos troncales se programaron para comunicar en primera instancia a la capital de la república con las demás capitales de los estados y más tarde a las cabeceras municipales.

En la actualidad se ha dado importancia a la terminación de los caminos costeros del Golfo y del Pacífico, además de los fronterizos del norte y del sur, los cuales fueron de mucha importancia para el desarrollo de México ya que dieron lugar

a que muchas personas visitaran el país y con esto creciera la economía y tuviera una fuerte competencia con las naciones aledañas a esta.

La evaluación para programar la construcción de estos caminos queda a criterio de los gobernantes, que en su carácter de estadística, deciden el monto y las obras que se deben realizar, para esto se requieren técnicas de incorporación al desarrollo nacional que justifican las causas y consecuencias de la manera en que se están realizando estas evaluaciones.

1.5.2. Caminos entre zonas desarrolladas.

En lo mencionado por Olivera (2006) los caminos entre zonas desarrolladas son aquellos que se comunican entre y se construyen para disminuir los costos de operación del usuario, además de mejorar el tránsito en los caminos regionales. Estos caminos tienen como objeto comunicar solo los puntos que han alcanzado un mayor desarrollo dentro de la sociedad; por tanto; se les denomina de carácter directo, con lo que produce que se reduzcan las distancias de recorrido y el servicio será mejor que el de otros caminos.

La operación de estos caminos se hace en base a un cierto número de pruebas las cuales se rigen dentro del país, por esta razón es que son más cómodas y a la vez son más seguras. Con frecuencia los caminos que propician el desarrollo de una zona son aquellos que fomentan principalmente las actividades comerciales, industriales o turísticas de la zona de influencia, y su evaluación económica se realiza de acuerdo con el índice de productividad, estos son caminos con control de acceso y dependiendo del tránsito, pueden ser de dos, cuatro o más carriles. A este

grupo pertenecen las llamadas autopistas, que en general son caminos de cuota cuya administración está a cargo de una dependencia oficial o privada, y es por eso que la economía del país siempre estará en crecimiento porque comparando con otros países del continente Europeo son administrados por compañías particulares.

La evaluación de estos caminos se hace a través de la relación beneficio-costos, denominado índice de recuperación, que se calcula al dividir los ahorros que se tendrán cuando la nueva obra entre en funcionamiento, entre el costo de construcción. Existen ahorros de combustible, lubricantes, horas-hombre, así como otras ventajas menos utilizadas, como la comodidad y la seguridad, de la cual se puede tener alguna idea si se calculan los ahorros que se obtendrán al disminuir los accidentes con base en los daños materiales, pues resulta muy difícil conocer las reducciones que se tendrán por el menor número de muertos y heridos.

1.6. Clasificación de los caminos.

Los caminos de acuerdo con Dittenhoeffer (1999), es en primer lugar un medio de transporte, los cuales se deben de construir con la finalidad de poder sostener y mantener de una manera adecuada y segura el tránsito vehicular; con la finalidad que se requiere, el diseño de los caminos se centra principalmente en cumplir con las necesidades de resistencia, seguridad y uniformidad. Para poder formar un diseño adecuado sobre los caminos se tiene que llevar a cabo utilizando la experiencia que con la práctica se va adquiriendo a través de los años, sin embargo influye otro factor como lo es la investigación que ha favorecido para plantear un diseño de camino adecuado, los caminos están ligados de manera íntima con la superficie de la tierra

que en mucha de las ocasiones no permiten que se tengan datos matemáticos exactos para su proyección.

Los caminos se clasifican dependiendo del tipo y fin que se tenga por su funcionamiento, los caminos pueden ser clasificados desde aquellos que son de tierra hasta las carreteras donde el acceso es limitado, es decir, aquellas que en la actualidad se les da el nombre de supercarreteras; se han clasificado a las carreteras en México, de acuerdo a Crespo (2008) dependiendo del tipo y uso que estos tengan una vez realizada su construcción de esta manera:

- Clasificación administrativa.

Consiste en separar las carreteras por medio de los aspectos administrativos, así como se hace con las carreteras federales siendo todas aquellas que se encuentran a cargo de la federación y son costeadas por la misma institución; las carreteras estatales surgen cuando el gobierno del estado donde se va a construir el camino tiene la colaboración de los gastos con una aportación del 50% y la otra mitad la aporta la federación, quedando a cargo la carretera de la Junta Local de Caminos. Caminos rurales o vecinales siendo estos construidos por medio de la aportación monetaria de los usuarios que se beneficiarán con su construcción colaborando económicamente con una tercera parte, un tercio lo aporta la federación y el resto lo aporta el estado en beneficio, la construcción de estos caminos así como su administración la realiza la Junta Local de Caminos (JLC).

Los caminos de cuota entran esta clasificación, ya que son administrados por la dependencia que se conoce como Caminos y Puentes Federales (CAPUFE), así

como de las carreteras concesionadas y autopistas las cuales se construyen con la iniciativa privada, y una vez que se recupera la inversión queda a cargo de la ya mencionada comisión.

- Clasificación por transitabilidad.

En segundo lugar se clasifican por su transitabilidad, siendo en esta clasificación donde tiene cabida la construcción de la carretera, por este aspecto la carretera puede ser de terracería, siendo este tipo cuando solo se tiene la construcción del camino hasta la etapa de tener la subrasante la cual es transitable; revestida, cuando ya se supera la terracería, es decir, cuando la superficie de subrasante recibe un material granular que por lo general es de mayor calidad que la terracería y es transitable, sin embargo cuando la parte de la carretera que esta revestida se coloca una capa de pavimento se clasifica como pavimentada. Esta clasificación es de gran importancia, ya que sirve de mucha utilidad para la cartografía, ya que dependiendo del tipo de carretera que se tenga así le da una representación en sus cartas geográficas y es de mucha ayuda porque facilita su búsqueda.

- Clasificación Técnica Oficial.

Esta clasificación permite distinguir en forma más precisa la categoría física en que se tiene el camino, ya que por medio de los volúmenes de tránsito vehicular clasifica al camino. En México, el organismo encargado de clasificar los caminos de esta manera es la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT):

a) Camino Tipo Especial: Se tiene esta clasificación para tránsito promedio diario anual mayor de 3000 automóviles, lo que equivale a un tránsito horario máximo anual de 360 vehículos o cantidades por arriba de esta, por lo que su estudio resulta de ser tipo especial, llegando estos a estar formados por una capacidad de dos a cuatro carriles en un solo cuerpo, llamado o representados como A2 y A4 según sea, o siendo de cuatro carriles en dos cuerpos diferentes denominándoles A4, S.

b) Camino Tipo A: Son caminos por los cuales ocurre un tránsito promedio diario anual de 1500 a 3000 vehículos, con un equivalente a un máximo horario por año de 180 a 360 automóviles, siendo así el tipo de camino o de suelo que es mas estudiado y al cual se le hacen pruebas de mecánica de suelos.

c) Camino Tipo B: Caminos acondicionados para un tránsito promedio diario anual de 500 a 1500 vehículos, lo cual también interpretado como un tránsito máximo horario anual de 60 a 180 automóviles.

d) Camino Tipo C: Este se clasifica como tipo c porque su tránsito promedio diario anual es de 50 a 500 vehículos, que se da en un tránsito horario máximo anual de 6 a 60 automóviles.

En la clasificación técnica se considera un 50% el tránsito de vehículos pesados los cuales son los que contienen un peso de tres toneladas por eje del vehículo o una cantidad mayor. El número de los vehículos que se tiene para dar clasificación es aquel que circula en ambas direcciones y sin ninguna consideración de transformar aquellos vehículos que son de uso comercial como pasar a formar parte de aquellos que son ligeros.

Cuando se proyecta una red caminera con visión nacional, que según Mier (1987) son una serie de rutas de caminos ya sea pavimentados o no, los cuales comunican varios puntos importantes donde se desea llegar, se debe de tomar en cuenta todos aquellos caminos ya sean los que su construcción son de muy elevado costo hasta los caminos de terracerías que su construcción no representa un costo muy grande, pero que también son de importancia en una red de caminos.

CONCEPTO	UNIDAD	TIPO DE CARRETERA									
		E		D		C		B		A	
TDPA en el horizonte de proyecto	Veh/día	Hasta 100		100 a 500		500 a 1500		1500 a 3000		Mas de 3000	
TERRENO	Montañoso	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Lomerío	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Plano	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Velocidad de proyecto	Km/hr	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
Distancia de visibilidad de parada	m	30	40	55	75	95	115	135	155	175	195
Distancia de visibilidad de rebase	m	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Grado máximo de curvatura	°	60	50	40	30	20	15	10	7.5	5	3.5
CURVAS VERTICALES	K	Cresta	4	4	4	4	4	4	4	4	4
		Cohmpio	4	4	4	4	4	4	4	4	4
	Longitud mínima	m	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Pendiente gobernadora	%	9	8	6	5	4	3	2	1	0	-
Pendiente máxima	%	13	12	8	7	6	5	4	3	2	1
Longitud crítica	m	Ver tabla long. crítica									
Ancho de calzada	m	4.0	6.0	6.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0
Ancho de corona	m	4.0	6.0	6.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0
Ancho de acotamientos	m	-	-	0.5	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Ancho de faja separadora central	m	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bombeo	%	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2
Sobreelevación máxima	%	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Sobre elevaciones para grados menores al máximo	%	Ver tabla									
Ampliaciones y longitudes mínimas de transiciones	m	Ver tabla									

Fig. 1.4.- Tipo de Carreteras.

Fuente: Olivera; 2006: 12.

1.7. Secciones transversales en las vías terrestres.

De acuerdo con Olivera (2006), la estructuración de las secciones transversales se debe construir de tal manera que los esfuerzos que lleguen a los materiales con los que fueron hechos, sean menores a los que puede resistir para poder evitar las fallas y las fracturas. Existen tres secciones transversales típicas en las vías terrestres, que son en terraplén, en cajón y en balcón.

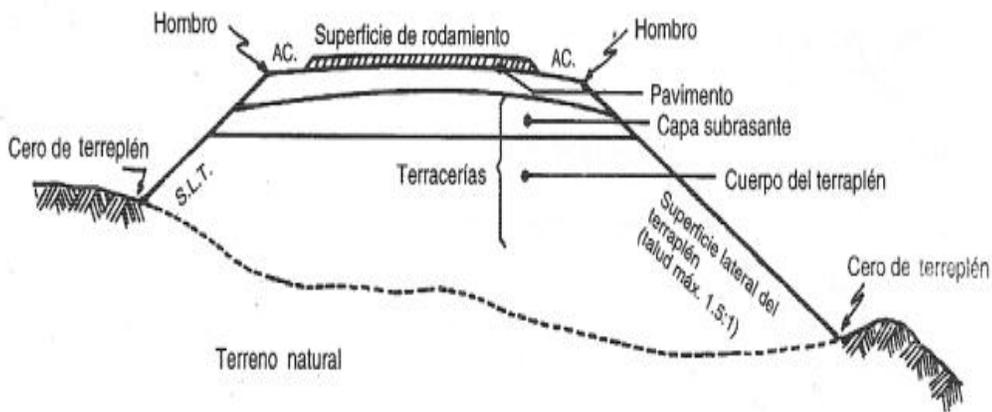


Fig. 1.5.- Sección Transversal en Terraplén.

Fuente: Olivera: 2006: 17.

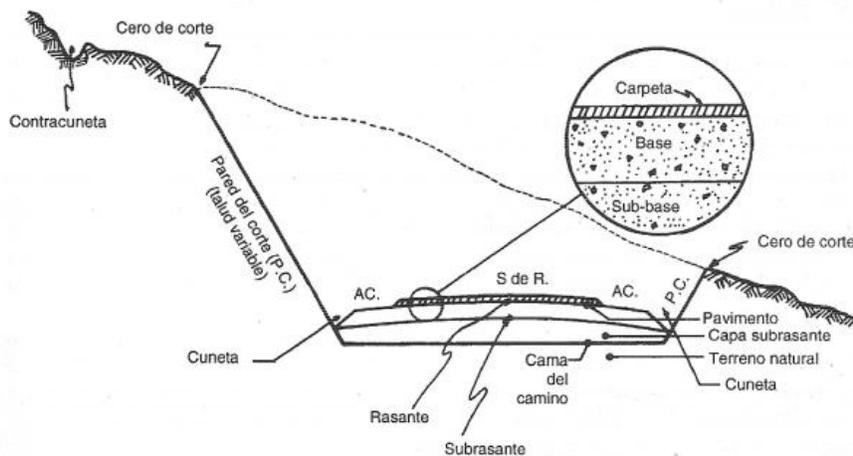


Fig. 1.6.- Sección Transversal en Corte.

Fuente: Olivera; 2006: 17.

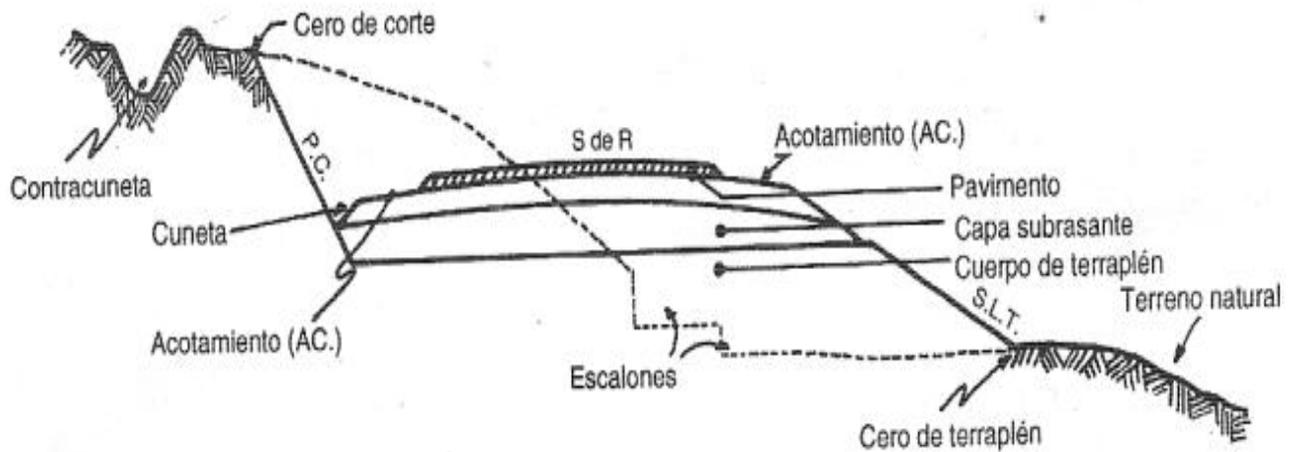


Fig. 1.7.- Sección Transversal en Balcón.

Fuente: Olivera; 2006: 17.

1.8. Terracerías.

Dentro de la infraestructura y de las vías terrestres existe un tipo de camino muy importante para la transitabilidad de vehículos, personas y animales, este camino se define como terracerías que de acuerdo con Olivera (2006) son volúmenes de materiales que se extraen o que sirven de relleno en la construcción de una vía terrestre.

La extracción puede hacerse a lo largo de la línea de la obra y si este volumen de material se usa en la construcción de los terraplenes o los rellenos, las terracerías son compensadas y el volumen de corte que no se usa es denominado con el nombre de desperdicio. Si el volumen que se extrae en la línea no es suficiente para construir los terraplenes o los rellenos, se necesita extraer material de fuera a lo que se le conoce como zonas de préstamo. Si estas zonas se ubican cerca de la obra, de

10 a 100 m a partir del centro de la línea, se le llaman zonas de préstamo laterales, y si se encuentran a más de 100 m se le conocen como zonas de préstamos de banco.

En la operación de las terracerías es muy importante conocer cuál sería el aforo vehicular que tendría el camino que se va analizar, ya que existen reglas y normas que rigen dentro de las vías terrestres, pero una de las más comunes y de las más utilizadas es para cuando el aforo vehicular es mayor a 5000 vehículos diarios, se tendrá que construir en el cuerpo del terraplén los últimos 50 cm con material compactable, ya que por seguridad, por una mayor eficacia y una vida útil mayor es necesario acomodar el material en la capa de rodamiento, ya que es por donde se tendrá la transitabilidad de los vehículos, así mismo de llevar la construcción de pavimentos a tener mayor auge y participación dentro de la infraestructura de las vías terrestres, así como de la carrera de Ingeniería Civil.

1.8.1.- Finalidades y características de las terracerías.

Como en todo, las terracerías tienen ventajas y tienen desventajas, pero lo importante de estas es que se puedan corregir a tiempo en caso de suscitarse un problema o bien una emergencia. Las características de las terracerías son partes importantes porque hablan de cómo están conformadas, cuales son las finalidades de que se hicieran de la manera que están, de porque fueron hechas y conocer los diferentes tipos que existen.

1.9.- Volumen de Tránsito.

Según Crespo (2005), el volumen de tránsito es la cantidad de vehículos que circulan por un camino en un determinado tiempo y en el mismo sentido. Las

unidades normalmente empleadas son vehículos por hora o vehículos por día. El Transito Promedio Diario (T.P.D) se refiere a la cantidad promedio de los volúmenes que circulan por un punto del camino en 24 horas en un periodo.

El tránsito promedio diario es usado comúnmente en estudios económicos, porque representa la utilización de la vía y sirve para efectuar distribuciones de fondos, sin embargo, no se puede emplear para determinar características geométricas del camino, debido a que no se muestran las variaciones de tránsito que existen ya sea en las horas, días y meses del año. Los volúmenes horarios resultan de dividir el número de vehículos que transitan por un punto determinado en un periodo, entre el valor del periodo en horas.

1.9.1.- Tipos de Tránsito.

De acuerdo con Crespo (2005), menciona que va a depender el tipo de camino que se tenga para ver qué tipo de tránsito va a circular por el. Para un camino donde su utilidad sea principalmente para transportar turistas se van a tener automóviles personales de pasajeros, por otra parte en un camino, el cual sirve para trabajar en alguna mina, se utilizan vehículos de mayor carga dependiendo de las condiciones que se requieran. El tipo de tránsito de un camino es muy determinante a la hora de que se haga el proyecto, ya que con el se afecta lo que es el aspecto geométrico como a la estructura del camino, es por eso que se deben de hacer los estudios necesarios para en un futuro evitar cualquier tipo de problemas o de fallas.

Es muy fácil determinar el tipo de tránsito cuando el camino ya está construido, se realizan conteos que determinan el volumen de tránsito e incluso el

tipo de vehículos que circulan por él, de lo contrario, cuando aún no se construyen es más complicado. Aquí se tienen que realizar más estudios diferentes que son necesarios para determinar este aspecto, dentro de estos estudios están el geográfico-fisco, socioeconómicos y políticos del lugar donde se piensa construir.

El método más utilizado para el conteo de vehículos es el automático, en el cual se utiliza un tubo de hule cerrado por una membrana en un extremo, este tubo es colocado transversalmente en el camino, y cada que pase sobre el un eje de cualquier vehículo, se genera un impulso de aire que mediante un aparato eléctrico se hace un conteo por cada impulso recibido. La gran desventaja del conteo automático es que no se pueden clasificar el tipo de vehículos que ha pasado por la vía ya que se basa solamente en los impulsos.

Por otra parte se tiene el conteo manual, aparte de que se puede llevar un conteo de los vehículos que pasan, también se puede determinar el tipo de vehículo que circula por el camino. El problema es que en este método se debe de tener una persona por cada mil vehículos por hora en la vía, los cuales estén haciendo las anotaciones correspondientes de cada uno de los vehículos, puede salir caro, es por eso que normalmente se opta por la opción del contador automático

La capacidad de una carretera se mide en vehículos por hora y por carril o dos carriles, dependiendo del caso que se tenga. Se ha tomado en cuenta teniéndose como valor de velocidad promedio de 70 y 80 kilómetros por hora y una distancia entre vehículo y vehículo de 30 metros, y utilizando la formula $Q = \frac{1000v}{s}$ se obtuvo una cifra de dos mil vehículos por hora aproximadamente, donde se entiende por v a

la velocidad media de los vehículos en ese momento y s al intervalo medio entre ellos.

1.9.2.- Previsión de tránsito.

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

a) Tránsito actual: es el volumen actual de tránsito que tendría un camino nuevo o mejorado si fuera abierto a la circulación; considerando que su uso depende del ahorro que represente para los usuarios disminuyendo costos, tiempo, longitud y riesgos.

b) Aumento de tránsito: se puede dividir en tres partes, normal que es el aumento general del número de usuarios y vehículos, generado que es cuando está constituido por los viajes de vehículos que no se harían si el camino no se hubiera construido y el resultante el cual se debe al mejoramiento de las tierras adyacentes al camino.

1.10.- Elementos de la ingeniería de tránsito usados en las vías terrestres.

Conforme a lo dicho por Mier (1987), la ingeniería de tránsito es una rama de la ingeniería que se encarga del estudio del movimiento de personas y vehículos en las calles y caminos, con el fin de hacerlos eficaces, rápidos y seguros. En la actualidad el problema de tránsito radica en las diferentes formas de los vehículos,

los modernos y los que resultan ser obsoletos, no se puede pasar por alto la existencia de vehículos con características distintas, vías de comunicación inadecuadas que cuentan con trazos anacrónicos, calles y caminos muy angostos, fuertes pendientes y banquetas insuficientes; falta de planificación en el tránsito de los caminos proyectados con especificaciones anticuadas, falta de educación vial y ausencia del reglamento de tránsito que obedezcan a las demandas actuales de los conductores.

Aunque para esto existen algunas soluciones, que van desde la creación de nuevos tipos de caminos que se adapten a los vehículos modernos, con el inconveniente que se tendría que prescindir de todo lo existente, resultando imposible tal adecuación en las ciudades hasta soluciones parciales de menor costo en las que se realizarán las modificaciones necesarias a las calles y caminos para satisfacer las necesidades del tránsito actual; esta segunda solución requería de fuertes inversiones y en algunos casos resultaría imposible hacer tales adecuaciones, sin embargo existe una tercera opción con carácter parcial y bajo costo, la cual consiste en aprovechar a toda su capacidad las condiciones actuales y maximizar la regulación del tránsito mediante la aplicación de leyes y reglamentos adaptados a los requerimientos de hoy.

Cabe mencionar que el peatón tiene una gran capacidad de movimiento y se adapta con facilidad a las condiciones existentes, sin embargo en la mayor parte de los accidentes que ocurren, el peatón es el culpable, ya que desconoce las características de los vehículos actuales y las restricciones del conductor para detenerse, por tal motivo, es necesario crear conciencia en el peatón sobre su

responsabilidad ante el peligro que constituyen los automóviles; así mismo, enseñarle que la utilización de las carreteras solo es posible cuando existe una plena seguridad. Las banquetas son los caminos para los peatones y de igual forma, deben ser proyectadas adecuadamente para funcionar con fluidez.

El conductor según Mier (1987), es el medio humano que controla el vehículo, para lo cual, debe contar con una adecuada educación vial, con pleno conocimiento de las características y limitaciones de los vehículos y factores importantes como una adecuada visibilidad, la cual involucra tanto las características físicas del conductor, como las características con las que ha sido proyectado un camino, el tiempo de reacción de un conductor ante la presencia de obstáculos o señales.

CUADRO 10
MUERTES POR ACCIDENTES AUTOMOVILÍSTICOS, POR CONTORNOS
DE LA ZMCM AL FINAL DEL SIGLO XX

Diferencial	Promedio de años de vida perdidos (PAVP)					
	Sin secundaria concluida			Con secundaria concluida y más		
Sexo	Hombres	Mujeres	Diferencias	Hombres	Mujeres	Diferencias
Ciudad central	1.83	0.52	1.30			
Primer contorno	1.78	0.57	1.22			
Segundo contorno	1.84	0.51	1.33			
Tercer contorno	2.07	0.28	1.79			
<i>Educación</i>						
Ciudad central	1.26	0.60	0.66	1.44	0.90	0.54
Primer contorno	1.67	0.68	0.99	1.71	0.64	1.07
Segundo contorno	1.91	0.44	1.47	1.93	0.42	1.51
Tercer contorno	2.16	0.19	1.98	1.62	0.25	1.37
<i>Condición en el trabajo</i>						
	Sin trabajo			Con trabajo		
Ciudad central	0.49	1.14	-0.65	1.41	0.86	0.55
Primer contorno	0.70	1.65	-0.95	2.10	0.24	1.86
Segundo contorno	0.74	1.61	-0.87	2.15	0.20	1.95
Tercer contorno	0.52	0.91	-0.40	2.21	0.14	2.08
<i>Estado civil</i>						
	No unido			Unido		
Ciudad central	1.19	0.78	0.41	1.24	1.02	0.22
Primer contorno	1.26	1.09	0.17	1.94	0.41	1.53
Segundo contorno	1.70	0.65	1.05	1.83	0.52	1.31
Tercer contorno	2.04	0.11	1.93	2.06	0.29	1.77

Fuente: cálculos propios.

Fig. 1.8.- Tabla de Índice de Muertes por Accidentes Vehiculares.

Fuente: www.wikipedia.com: 2013.

1.11.- Elementos de una carretera.

Los elementos principales que se toman en cuenta en las carreteras son varios, pero principalmente estos se comprenden en la sección transversal que conforme a Mier (1987), es un corte de la estructura en estudio, en la cual aparecen las partes que lo conforman, en si la carretera que de acuerdo a Bañon (2010) son los siguientes:

Superficie de Rodamiento: Es la parte de la carretera que tiene como finalidad la circulación adecuada de los vehículos, esta puede ser de uno o varios carriles según sea el tipo de carretera que se trate así mismo puede ser de uno o dos sentidos, estos parámetros los determina la finalidad para la que se proyecta la obra.

Bombeo: Es el desnivel o inclinación lateral que se le da al pavimento para que este tenga un desagüe de la superficie de rodamiento para que no sea afectada y en su defecto sea un obstáculo de transitabilidad.

Carril: Es la franja longitudinal en que se puede dividir la calzada, delimitada por los señalamientos viales horizontales, debe tener un ancho necesario para que este sea propicio para la circulación siendo a 3.50 metros el ancho estándar de carriles.

Arcén: Es una franja que va de manera longitudinal, la cual no es de uso frecuente para los automóviles solo en excepciones se llega a utilizar.

Berma: Es la zona que se encuentra longitudinalmente ubicada entre el borde exterior del arcén y de la cuneta o del terraplén. Este elemento por lo regular llega a utilizarse como espacio para la colocación de iluminación o para los señalamientos de la misma carretera.

Mediana: Tiene como finalidad separar dos calzadas que van en distinto sentido siendo una franja a lo largo de la vía, su ancho es variable dependiendo del proyecto y puede contener las barreras que separan al tránsito.

Cunetas: Son los conductos que están de manera longitudinal en la orilla de las carreteras con el fin de acaparar y evacuar el agua que se tiene, además conducirla a un sitio donde no tenga contacto con la carretera y pueda ocasionar un deterioro de la calzada.

CAPÍTULO 2

PAVIMENTOS

En el presente capítulo se abordarán los temas relacionados con lo que son los pavimentos, así como algunas de las características con las cuales se deben de diseñar, además se especifica porque reciben el nombre de pavimentos rígidos y flexibles. Los materiales que se utilizan en la formación de pavimentos también se mencionan en el presente capítulo, se mencionarán las partes de las cuales se compone un pavimento y cuál es el nombre que reciben cada una de sus partes y los factores que influyen en la economía de los mismos.

2.1.- Concepto de pavimento.

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

En palabras técnicas “el pavimento es la superestructura de la obra vial, que hace posible el tránsito expedito de los vehículos con la comodidad, seguridad y economía previstas por el proyecto” (SOP:1975;7). Así, de acuerdo con la Secretaría de Obras Públicas (1975), la estructuración o la misma disposición de los elementos que conforman el pavimento, como lo son también las características que tienen los elementos que son empleados en su construcción, tienen la ventaja por ejemplo que se pueden formar por una capa o como normalmente se ve compuesta por varias, así las diferentes capas que conforman a este pueden estar constituidas por materiales naturales seleccionados que en la mayoría de las ocasiones son sometidos a algún tratamiento, con respecto a la superficie de rodamiento se puede conformar mediante una carpeta asfáltica, una losa de concreto hidráulico así como la acumulación de materiales compactados.

2.2.- Generalidades de los pavimentos.

De la misma forma en que los vehículos fueron evolucionando en los diferentes aspectos como lo son su peso, la velocidad que venían desarrollando incrementándola cada vez más, la comodidad y su misma autonomía, así mismo la necesidad que se fue adquiriendo para que estos se desarrollaran de la mejor manera, se fue mejorando la superficie de circulación en los diferentes aspectos como primeramente se fueron perfeccionando en las condiciones de la curvatura de los caminos, su misma pendiente, el elemento de la sección transversal por mencionar algunos, esto porque la demanda era cada vez mayor, la idea de mejorar los caminos se originó a raíz de la evolución del automóvil, ya que este cada vez era más sofisticado y necesitaba una superficie con mejores características.

Por el factor económico en la construcción de pavimentos, se emplean en las terracerías materiales con características que ayuden a disminuir espesores de las capas, por estas mismas razones desde el inicio de su construcción se emplearon materiales como son los fragmentos de roca, además de la utilización de algunos suelos; como son los materiales pétreos fueron utilizados para la construcción de las terracerías, estos solo soportaban las cargas para el tránsito de esa época por lo que después no fue suficiente y tuvieron que recurrir a otros métodos para solucionar el problema. Estos materiales que se empleaban podían proporcionar condiciones de circulación adecuadas solo que eran por periodos de tiempo cortos.

El factor de la economía es quien marca el tipo de superficie que recibirá la terracería, un ejemplo de esta aplicación es en caminos de muy bajo tránsito, por lo que superficie que tendrá no será de costo elevado por el mismo tráfico que se transportará por ella, generalmente estas superficies son formadas por una mezcla de gravas y arenas, conglomerados, rocas alteradas, suelos, es así como mediante la implementación de estos elementos se pueden proporcionar superficies de rodamiento con un costo bajo pero que así mismo serán de menor tiempo de funcionalidad.

Las superficies de rodamiento deben cumplir con diferentes características, y las que la Secretaria de Obras Publicas de México ha considerado que son de mayor importancia son las siguientes:

- Debe de ser estable ante el intemperismo.
- Ser económica.

- Debe de ser durable.
- Debe de tener una textura adecuada por el rodamiento.
- Ser resistente a las cargas producidas por el tránsito.
- Deben cumplir las condiciones de permeabilidad.

Todas estas características antes mencionadas, hacen la labor de buscar en el medio donde se desarrollará la obra, los materiales más convenientes para que la construcción de esta capa sea de buena calidad, es evidente que no serán materiales en su totalidad naturales, en el caso de los suelos naturales cohesivos estos no suelen soportar las cargas generadas por el flujo vehicular, es aquí donde la economía del proyecto se ve afectada por los elementos naturales.

Esta capa de la que se habla es por lo general de mayor costo que el gasto que se tiene en el material de las terracerías, es por eso que esta superficie se realiza en muchos casos de espesores muy pequeños, por lo que esta no puede recibir cargas considerables. Respecto a la economía se tienen en cuenta dos intereses que se deben precisar con respecto a la capa de pavimento:

1.- La capa que recibe inicialmente las cargas se construye de un espesor adecuado con una calidad tal, que se logre con los esfuerzos que se transmiten a la terracería sean compatibles con la calidad de dicha capa.

2.- La superficie de rodamiento se logra mediante una carpeta bituminosa relativamente delgada, siendo de muy alto costo y alta calidad, pero entre ella y la terracería se tiene un sistema de capas de varios materiales seleccionados, que su

calidad de los materiales utilizados para formar estas capas va disminuyendo conforme sea la profundidad de su ubicación.

2.3.- Capas en los pavimentos.

De acuerdo con Badillo y Rodríguez (2004), dentro de los pavimentos flexibles se encuentran las siguientes capas:

- Sub-base.

Para la mayoría una de las principales funciones de la sub-base para un pavimento aumento en el espesor total del pavimento.

Otra de las funciones con que cuenta la sub-base es la de servir de transición entre el material de base, por lo general granular más o menos grueso dependiendo de las necesidades y la propia sub-rasante. La subflexible se trata de lo económico. En esta capa se trata de formar un espesor requerido del pavimento con el material más económico y funcional posible. Todo el espesor podría construirse con un material de calidad como el usado en la base, pero se prefiere hacer aquella más delgada y sustituirla en gran parte por una sub-base de menos calidad, sin importar que con esto traiga un error y la base actúa como filtro de esta e impide la incrustación en la subrasante.

La sub-base puede ser también colocada para absorber deformaciones que perjudiquen en la subrasante, un ejemplo claro sería en cambios volumétricos asociados a los cambios de humedad, impidiendo con eso que se reflejen en la superficie del pavimento. La sub-base también sirve como dren para desalojar el

agua que se infiltre al pavimento y con esto impedir la capilaridad hacia la base de agua procedente de la terracería.

- Base.

En la base existe una función también de índole económica ya que permite reducir el espesor de la carpeta que es más costosa, aunque la función fundamental de la base de cualquier pavimento consiste en proporcionar un elemento resistente para que transmita a la sub-base y a la subrasante los esfuerzos producidos por el tránsito en una intensidad debidamente apropiada.

La base en la mayoría de los casos debe también drenar el agua que se introduzca a través de la carpeta o por los acotamientos del pavimento, así como también impedir la capilaridad.

- Carpeta.

La carpeta no tiene otra función más que la de proporcionar una superficie de rodamiento adecuada, con textura y color convenientes y con esto resistir los efectos abrasivos del tráfico hasta donde sea posible. También debe impedir a toda costa el paso del agua al interior del pavimento.

Ahora dentro de los pavimentos rígidos existen 2 capas principales las cuales se explican a continuación:

- Base

Sus funciones son análogas a las de una sub-base en un pavimento flexible y sirve también para proporcionar una superficie uniforme que sirva de apoyo a la losa

y facilite su colado. Otra de su función es proteger a la losa de cambios volumétricos en la subrasante, que de otra manera inducirían a esfuerzos adicionales a aquella. Los efectos de bombeo y otros análogos pueden controlarse bastante bien con una base apropiada y bien generada. En este caso en especial la base no tiene ningún fin estructural, pues la losa debe ser suficiente para soportar las cargas, en la mayoría de los casos la base no influye en el espesor de la losa en caminos e influye muy poco en aeropistas.

- Losa.

Las funciones de la losa en el pavimento rígido son las mismas de la carpeta en el pavimento flexible, más la función estructural de soportar y transmitir en nivel adecuado los esfuerzos que se le apliquen en el momento y en un futuro.

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

De conformidad con Badillo y Rodríguez (2004), los factores que, independientemente del método y calidad del diseño de un pavimento, afectan en forma significativa, pueden estar comprendidos en los siguientes tres grupos:

- a) Características de los materiales que constituyen la terracería y la capa subrasante.

Los materiales que componen la terracería y la capa subrasante de cualquier camino o aeropista juegan un papel fundamental en el comportamiento y espesor requerido de un pavimento flexible e influyen poco en el espesor de la losa, pero bastante en su comportamiento en un pavimento rígido. Por ello es importante la

determinación de las características del suelo que formará la terracería y la capa subrasante. El fin se logra aplicando los principios y métodos de trabajo usuales e indispensables en la Mecánica de Suelos y es precisamente en el que los pavimentos caen dentro de la especialidad objeto de esta obra y esto no solo se refiere a la terracería y subrasante, sino también a sub-base y base, en las cuales la propiedades mecánicas e hidráulicas definen en buena parte un problema de pavimentación.

Los métodos de exploración y muestro en una obra vial pueden dividirse principalmente en dos tipos, según los objetivos que se quieran. En primer lugar es indispensable conocer las características de los materiales con los que se construirá la terracería. Hay dos modos clásicos de obtener material para este fin: por préstamo lateral y por préstamo de banco, en el primer caso el material de los terraplenes se obtiene de excavaciones poco profundas a lo largo del camino y a relativa poca distancia de este, en el segundo caso, naturalmente casi siempre es de índole más costosa debido a que el material es acarreado de algún lugar donde exista en la cantidad y calidad requeridas.

En el primer caso, la exploración se circunscribe normalmente a la realización de posos a cielo abierto en el número y profundidad adecuados para que se dé de manera correcta, de los cuales se extraen muestras alteradas que permitan clasificar el suelo, a fin de establecer su posibilidad de utilización en el cuerpo de la terracería. Si no son realizados estos estudios expertos capaces en Mecánica de Suelos en cuyo criterio se pueda confiar, lo que es sin duda la mejor opción, se podrá señalar

un criterio rutinario para la separación de pozos que son ubicados generalmente a cada 100 m.

En el segundo caso se tendrá que localizar el banco convenientemente y muestra sus materiales a fin de fijar sus características. El segundo tipo de exploración consiste en conocer las características del terreno de cementación en que la obra vial estará colocada. Se explorarán especialmente aquellas zonas en que recele la presencia de fuentes de problemas.

b) El clima.

El principal factor climático que afecta a los pavimentos suele ser la precipitación pluvial, ya por su acción directa o por elevación de aguas freáticas. Generalmente, el proyectista se ve obligado al diseño y construcción de estructuras adicionales de drenaje, aparte del drenaje normal que nunca podrá faltar en la obra vial o empleo de diseños especiales para el pavimento.

Las heladas, en los climas más fuertes y en suelos susceptibles pueden ser fuente de un gran número de problemas en los pavimentos. Sin embargo, en México esta situación no presenta grandes problemas. Así mismo, las temperaturas y sus variaciones abruptas afectan los diseños, sobre todo en las losas de concreto, pues inducen a esfuerzos muy importantes en estas estructuras.

c) El tránsito.

El tránsito produce las cargas a que el pavimento va a estar sujeto. Respecto al diseño de los pavimentos interesa conocer la magnitud de esas cargas, las

presiones de inflado de las llantas, así como su área de contacto, su disposición y arreglo en el vehículo, la frecuencia y número de repeticiones de las cargas y las velocidades de aplicación.

Una buena parte de estas características de las cargas son muy difíciles o imposibles de reproducir en los laboratorios con fines de investigación y en ellos radica una buena parte de la dificultad que deja notar en este campo. Por distintas razones, el estudio de los pavimentos es hasta hoy algo casi puramente por prácticas, en muy pocos casos se ha logrado incorporar la teoría de forma satisfactoria.

La magnitud de las cargas que se aplican a los pavimentos es bastante importante, llega a 8 ton (16, 000 lb) por eje, en camiones, hasta las 150 ton (300,000 lb) que pesa aproximadamente el total. Las presiones de inflado de las llantas son del orden de 4 a 6 kg/cm² (60 a 90 lb/pulg²) en los camiones y llegan a 13 ó 14 kg/cm². Las aplicaciones de las cargas suelen referirse al concepto de repetición. Se dice que en un camino o aeropista ha tenido lugar una repetición cuando ocurren dos pasadas sucesivas de una misma llanta por un mismo punto.

En los pavimentos rígidos existe un efecto que por su frecuencia e indeseabilidad merece mención especial. Cuando la carga pasa sobre una grieta o junta de la losa, esta desciende y transmite presión al material que está debajo de ella. Si este material está muy húmedo o saturado, la mayor parte de la presión la tomara el agua, que tiende a escapar por la grieta o junta. Después de pasar la carga, la losa se recupera y levanta y este movimiento produce una succión que

ayuda al movimiento del agua bajo la losa. Si el agua tiene la capacidad de arrastrar partículas del suelo, saldrá sucia, creando progresivamente un vacío bajo la losa, que tiende a hacer el fenómeno se acentúe, además, el remoldeo que este efecto produce al suelo tiene a hacer que este forme un lodo o suspensión con el agua, con lo que el fenómeno se agudiza.

2.5.- Pavimentos rígidos.

Partiendo de lo mencionado por Rico (1994), un pavimento rígido se compone principalmente de un elemento estructural el cual es fundamental la cual es una losa de concreto hidráulico. Esta capa está apoyada sobre una capa de material seleccionado, a la que se conoce como sub-base cuando la subrasante del pavimento tenga una calidad suficientemente buena, la losa de concreto puede colocarse directamente sobre ella, pudiéndose así ahorrarse de una sub-base especial. Como se ve, la distinción de una sub-base, subrasante o aun parte superior de una terracería es en este caso, en buena parte, un problema de nomenclatura.

De lo que se trata principalmente es de que la losa de concreto este con un apoyo suficientemente uniforme y estable, para garantizar que no quede con falta de soporte, como se logre esto y que capas de suelo hay que adecuar para ello depende de la calidad de los materiales que se estén utilizando, de los niveles de compactación que se den y de las condiciones locales como lo son el clima y el drenaje.

Los concretos que generalmente son utilizados en una losa suelen ser de resistencia alta, comprendida entre 200 y 400 kg/cm². Las losas pueden estar

constituidas por concreto simples, reforzadas o pre-esforzadas. Cuando es empleado el concreto simple o reforzado, el tamaño de las losas es similar, tendiendo a ser cuadradas con 3 a 5 m de lado, pero en la actualidad se usan áreas más extensas. El concreto pre-esforzado permite utilizar superficies continuas de área superior, esto debido a que significan ahorros en el espesor e inducir una tendencia a favor del uso cada vez más frecuente del concreto pre-esforzado.

Los factores que afectan al espesor de la losa son principalmente el nivel de carga que han de soportar, las presiones de inflado de las llantas de los respectivos vehículos, el modulo de reacción del suelo de apoyo y las propiedades mecánicas del concreto que en ellas se utilice. Es una hipótesis usual en todos los métodos de diseño el que existe un íntimo y completo contacto entre la losa y el suelo de apoyo en todo instante, esta hipótesis obliga a realizar consideraciones adicionales a los resultados de los cálculos, pues afectaciones como el bombeo o el alabeo hacen que ese contacto supuesto se pierda parcialmente en ocasiones, creándose situaciones que han de prevenirse independientemente, generalmente por situaciones y reglas de "arte".

Se ha demostrado que el espesor requerido para la losa depende relativamente poco del modulo de reacción del terreo de apoyo, que es el parámetro principal en el cual a través la calidad del suelo influye en el diseño de la losa de concreto. Esto ha provocado a que en la mayor parte de los diseños de pavimentos rígidos se conceda poca atención a la calidad de los materiales de sub-base, a los que se permite variar entre límites amplios, estableciendo algunas especificaciones de carácter básicamente empírico con el objeto de prevenir el bombeo u otros

efectos que sean perjudiciales. De esta manera, la Mecánica de Suelos ha jugado un papel sumamente importante en el desarrollo de la tecnología en los pavimentos rígidos.

2.6.- Losas de concreto hidráulico.

De conformidad con Olivera (2006), la parte superior de cualquier pavimento rígido son las losas de concreto hidráulico que son construidas sobre la subbase y proporcionan la superficie de rodamiento. El concreto hidráulico es un material pétreo artificial, que es elaborado mezclando parte de agua y cemento Portland, con arena y grava en proporciones establecidas para que se genere la resistencia y densidad óptimas. Las principales propiedades que deben ser observadas en las gravas y las arenas son: dureza, plasticidad, sanidad, forma de la partícula y granulometría.

En lo referente a la plasticidad, la grava y la arena deben ser materiales inertes, es decir, que deben tener un índice plástico y una contracción lineal de 0, deben también, cumplir las normas de desgaste y de intemperismo acelerado, con lo cual es asegurado la dureza y durabilidad, aunque también es necesario conocer si los agregados tiene álcalis y si estos son perjudiciales al concreto a través del tiempo.

En cuanto a las formas de las partículas es preferente que sean lo más rugosas posibles, es decir, que tengan un alto valor de fricción, ya que así se alcanza un buen valor de adherencia con la pasta agua-cemento, lo cual no sucedería con las partículas de forma redonda, como lo son los materiales de arroyos y ríos. Es necesario conocer a fondo la granulometría para garantizar la resistencia y la

densidad del concreto endurecido, sin embargo es importante mencionar que no es un elemento determinante para aceptar o rechazar los materiales. Así si un determinado concreto no satisface la densidad o la dureza de un concreto endurecido o los vacíos del concreto fresco, se pueden variar las proporciones de los agregados o de la lechada en relación a aquéllos, para obtener resultados satisfactorios.

2.7.- Juntas en los pavimentos rígidos.

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

- Juntas de contracción.

Estas juntas son necesarias para que el agrietamiento que un pavimento rígido no sea de manera irregular, sino de la forma perpendicular al eje colado y asegurar el trabajo en conjunto de las losas a distancias predeterminadas. De acuerdo al tipo de juntas de contracción que se utilicen, se pueden utilizar de tres tipos:

- a) De concreto simple.
- b) De concreto con pasa juntas de sujeción.
- c) De concreto armado.

Se dice también que un pavimento rígido es de concreto simple cuando no se usa dentro de la masa ninguna otra cantidad de acero, para asegurar que las grietas

no se abran más de 3 mm, se debe tener en cuenta una relación de largo a ancho de las losas menor de 1.25, siendo por esta razón muy usual el valor de 1.15. Es por tradición que las losas no sean mayores en este caso, de 4.5 m.

La grieta puede ser inducida efectuando una muesca por aserrado en la parte superior de la losa de 5 cm como mínimo de profundidad y de 4 a 6 mm de ancho. Esto se hace con la intención de disminuir el costo del aserrado, ya que el desgaste del disco de diamante de tungsteno es significativo, se puede introducir una lámina delgada a todo lo ancho de la losa cuando el concreto todavía no fragua, retirándola de 10 a 15 min después y rellenando la ranura con lechada fresca. Utilizando las llanas de los operarios, para que al paso de 24 horas, en el mismo lugar, se efectúe la muesca de aserrado. Con este procedimiento se evitaban cortes en las gravas, que fueron desalojadas hacia los lados.

También se puede reducir la profundidad del aserrado si en la parte inferior, sobre la base impregnada en los mismos sitios en donde se va a aserrar, son colocados pequeñas tiras de madera de sección triangular, con una arista hacia arriba.

- Juntas de dilatación.

Para evitar que cuando las losas de concretos lleguen a su punto de dilatación, se tengan fuertes esfuerzos de compresión al chocar con algún obstáculo, que pueden ser tanto paredes como las columnas de alguna bodega, o el pavimento rígido de una avenida importante intercepta al de una secundaria, o la unión de una pista de aterrizaje y una calle de rodaje en un aeropuerto, se deben colocar juntas de

expansión. Este tipo de juntas pueden ser de dos tipos, a tope o con pasajuntas de transferencia de carga.

Las juntas de expansión a tope son colocadas en donde un pavimento rígido se encuentra con algún obstáculo. Estas juntas son elaboradas dejando un espacio de 2 a 4 cm entre ellas, el cual se rellena después con cartón o fibras asfálticas que son comprimidas cuando se presentan los esfuerzos de compresión y se expanden, aunque sea parcialmente, al cesar los esfuerzos ejercidos. En aquellas zonas en donde son cercanas al lugar en el cual se tiene algún obstáculo, se pueden colocar juntas de expansión con pasajuntas para con esto reducir la abertura que se tenga en la junta a tope.

Un ejemplo claro sería en una calle de rodaje en donde se puedan colocar juntas de expansión, una a 2 losas y otra a 4 losas antes de llegar a la pista, en donde se tendrá la junta a tope, solo que a aquellas, se les colocarán pasajuntas que aseguren la transmisión de las cargas de una losa a las siguientes. A este tipo de juntas son llamadas de expansión con pasajuntas de transferencia de cargas.

“Estas juntas se forman haciendo que la sección transversal de las losas sea vertical (aunque también pueden ser aserradas) y se colocan varillas lisas que queden embebidas aproximadamente a 40 cm en cada una de ellas hacia el centro del espesor y para asegurar el libre movimiento, en un extremo de las varillas se coloca un casquillo metálico engrasado.” (Olivera; 2006: 145)

- Juntas de construcción

De conformidad con Olivera (2006), dentro de estos tipos de juntas se encuentran las juntas transversales las cuales se forman cuando por algún motivo en específico se suspende el colado del concreto fresco, estos motivos pueden ser de carácter fortuito o por procedimiento de construcción. Dentro de los motivos fortuitos se pueden encontrar que se terminen los áridos o que se descomponga la mezcladora que se esté utilizando, o que el concreto premezclado no llegue a su debido tiempo, o bien, empiece un fuerte aguacero y que el colado se suspenda por más de 30 min, etc. Y por procedimiento de construcción, se puede suspender un colado al terminarse la jornada de trabajo o al terminarse el ancho de la franja del colado.

Cuando es suspendido el colado por alguna situación de emergencia que se presente, o porque se finalizó la franja del colado o se terminó la jornada de trabajo, se procurará que de alguna manera se cuele una losa de manera completa, en donde se le forma una sección vertical lisa y se insertan varillas corrugadas, que a la vez no permiten alguna abertura de la grieta, también sirven como transmisoras de carga, la varilla debe ser embebida 40 cm dentro de la losa ya construida y deberán quedar 40 cm hacia afuera, los cuales serán cubiertos por el nuevo concreto que se pondrá al reanudar el colado.

El otro tipo de juntas que se encuentran en este tipo son las juntas longitudinales de construcción las cuales al colocar las franjas de las losas, lateralmente se debe colocar una cimbra que contenga el concreto fresco y forma

estas juntas que son de tipo machimbrado, llamado también bisagra. En algunas ocasiones también se colocan pasajuntas de liga, cuya separación a lo largo de la junta se puede encontrar por medio de graficas. Cuando son coladas las franjas laterales, se coloca cemento asfáltico en la parte lateral de la junta de las losas de la franja colada con cierta anterioridad.

2.8.- Control de calidad en los pavimentos rígidos.

En lo mencionado por Olivera (2006), para que se efectúe un el control de calidad adecuado es necesario que se realice la prueba de revenimiento en muchas ocasiones, con esto se podrá tener una idea de la calidad del concreto que se ha estado utilizando, si se están obteniendo asentamientos aceptables y en algún momento cambian, por distintas razones, será indicativo de que no se están efectuando las cantidades y especificaciones requeridas. Una de las causas por las cuales cambie el revenimiento, es que la humedad de los agregados varíe con el paso del tiempo, por esta razón es recomendable tenerlos saturados y superficialmente húmedos de forma prolongada, para reducir este efecto.

Otro elemento de control de calidad puede hacerse elaborando especímenes para verificar el modulo de ruptura y la resistencia a la compresión simple. Por cada 10 m^3 se elabora un par de cilindros y por cada 50 m^3 un par de vigas. Con el primer punto se podrá tener indicios de la resistencia a los 28 días, a los 2 días, si se usa curado a vapor o a los 7 días si se curan en cámara húmeda o se saturan en agua.

También es importante tener un control de los siguientes elementos geométricos: ancho de la franja, pendientes transversales, profundidad de

depresiones y espesor de la losa, terminado de la superficie de rodamiento, ejecución del aserrado y sellos de juntas de contracción y dilatación.

2.9.- Asfaltos.

De conformidad con Crespo (1996), los asfaltos son aquellos componentes naturales de muchos petróleos en los cuales se encuentran disueltos y tienen una historia de hace más de 5 mil años debido a que las recientes excavaciones arqueológicas muestran que 3200 a 540 años antes de Cristo se empleó demasiado en Mesopotamia como cemento para conformar mamposterías, así como también de capa impermeabilizante en los baños de los templos y tanques de agua. Después se tiene que 300 años antes de Cristo el asfalto fue empleado en la momificación. En el año de 1802 en Francia se emplea lo que se conoce como roca asfáltica de Filadelfia para ser utilizada en pisos.

La mayor parte del asfalto es empleado hoy en día en América proviene del proceso de la refinación del petróleo. El asfalto refinado es producido en gran variedad de tipos desde los sólidos, duros y quebradizos hasta los fluidos casi tan líquidos como el agua.

Existen distintos tipos de asfalto los cuales se irán definiendo de forma breve a continuación:

- cemento asfáltico.

Es un asfalto refinado por destilación al vapor de los residuos más pesados del proceso de fraccionación, continuándose la destilación hasta obtener la penetración deseada.

- Asfalto pulverizado.

Es un asfalto duro el cual es molido hasta reducirlo a polvo.

- Mastique asfáltico.

Es un asfalto proveniente de un cemento asfáltico y material mineral en proporciones tales que al calentarse se vuelve una masa bastante espesa, con lenta fluidez que puede vaciarse y compactarse con tan solo una cuchara de albañil hasta obtener una superficie completamente lisa.

“Los asfaltos deben ser sometidos a pruebas de laboratorio con el fin de conocer sus características y ver si se encuentran dentro de las especificaciones marcadas por la fuente de producción. Nuestros asfaltos deben cumplir con los requisitos que marcan las especificaciones de Petróleos Mexicanos.” (Crespo; 1996:236)

2.10.- Carpetas asfálticas.

En lo mencionado por Olivera (2006), la carpeta asfáltica es aquella capa superior de un pavimento flexible y proporciona la superficie de rodamiento para todos los vehículos que transiten por ella. Cabe mencionar que es elaborada con materiales pétreos y productos asfálticos.

Los materiales pétreos para la construcción de carpetas son suelos, inertes, provenientes de ríos o arroyos, de depósitos naturales denominados comúnmente como minas, o de rocas, que generalmente necesitan de cribado, triturado o en muchos casos de ambos para poder ser utilizados. Las características más importantes que deben tener los materiales pétreos para carpetas asfálticas son: granulometría, dureza, forma de la partícula y las propiedades de adherencia con el asfalto.

La granulometría es muy importante y debe satisfacer las normas establecidas, pues como los materiales pétreos deben cubrirse en su totalidad con el asfalto, si la granulometría cambia, cambiará también la superficie que este destinada a cubrirse. Debido que al aumentar o disminuir los finos, se afecta más la superficie por cubrir, que cuando hay un cambio en las partículas gruesas, las especificaciones toleran más los cambios a estas que en aquellos. Al estudiar cada uno de los tipos de carpetas asfálticas, se harán mencionar y establecer las granulometrías necesarias y de las tolerancias correspondientes.

El contenido óptimo de asfalto para una carpeta, es la cantidad de asfalto que forma alrededor de las partículas una membrana, de un espesor suficiente para resistir los elementos del intemperismo, es decir, que el asfalto no llegue a oxidarse con mucha rapidez y que no sea tan grueso como para que la mezcla pierda estabilidad o resistencia y no pueda soportar las cargas de los vehículos que transiten.

En relación a la forma de las partículas, conviene que estas sean lo más cúbicas posibles, por lo que no deberán utilizarse materiales que contengan una cantidad grande en forma de lascas o de aguja, puesto que tienen a romperse con gran facilidad haciendo que cambie la granulometría.

La dureza puede conocerse por medio de las pruebas de densidad y de desgaste, si el material tiene buena adherencia o no, se conoce al efectuar tres pruebas: de desprendimiento por fricción, de pérdida de estabilidad, por inmersión de agua y la prueba inglesa. Si la característica de los pétreos no es de forma aceptable, se podrá utilizar algún otro producto, el que resulte más eficaz y económico, de los cuales existe gran variedad en el mercado para cambiar la tensión superficial de los pétreos.

2.11.- Drenaje en pavimentos flexibles.

La precipitación pluvial es el principal factor que reduce el rendimiento de los pavimentos, el principal problema es que este fenómeno natural puede introducirse hacia las capas inferiores y así debilitar la estructura del pavimento, por esta razón el drenaje es un elemento esencial en el diseño de los pavimentos, por esto el camino se le debe de dar una inclinación adecuada para que drene el agua.

Esta inclinación debe llevar el agua hacia las cunetas y estas a su vez llevarlas a un lugar donde no afecten la estructura del pavimento, que por lo general son barrancos, ríos o arroyos adyacentes al camino, para que al momento de que se arrojen los resultados deben de ser de manera exacta, dando por concluido los aspectos tratados en la inclinación que transporta el agua.

Existe la posibilidad de que por debajo de la estructura se encuentre agua, que puede penetrar en el pavimento por medio de la ascensión capilar a través de grietas y juntas de los pavimentos, para prevenir estos efectos del agua, se usa el drenaje subsuperficial para extraer aquella agua que pueda existir en la subrasante, la forma de drenar esta agua se realiza colocando en la zona de infiltración un tubo con perforaciones encausando este fuera de la estructura del pavimento, generalmente hacia un arroyo o cuerpo de agua cercano por el mismo costo que pueda representar, y así mismo dar un mayor rendimiento a la obra construida y dar más vida útil de lo que se establece en un principio.

CAPÍTULO 3

RESUMEN DE MACRO Y MICRO LOCALIZACIÓN

En el presente capítulo se presentará la ubicación del predio general que se analiza en la presente investigación, así como también las características físicas y condiciones en las que se encuentra.

3.1.- Generalidades.

La presente investigación se realiza para la integración de un diseño de pavimento rígido destinado al tramo Camino a Santa Rosa del Km 0+000 al 0+952 en la ciudad de Uruapan, Michoacán, diseño que tome encuenta todos los aspectos teóricos y normativas referidas a este tipo de estructuras.

Una de las bases que se deberá de tomar en cuenta para el diseño es el estudio geotécnico, el cual es requerido para la obtención del de las características portantes del suelo de cimentación y/o desplante de la estructura del pavimento, dentro de este estudio.

Otra variante importante dentro del diseño es el tránsito y distribución del mismo, el cual proporciona un número de vehículos que se proyectan estarán transitando por el tramo mencionado anteriormente, así como el total de ejes equivalentes que estarán afectando al pavimento en el transcurso de su vida útil o de servicio.

3.2.- Objetivo.

El objetivo principal de la presente tesis es el diseño de un pavimento tipo rígido, que cumpla con las condiciones de servicio y funcionalidad adecuadas durante la vida útil estimada para este, así como de la realización de un diseño de pavimento que considere todos los factores teóricos que puedan influenciar a la estructura que formara el pavimento.

3.3.- Resumen Ejecutivo.

El tramo sujeto de estudio de esta investigación se encuentra en la zona Sur-Oriente de la ciudad de Uruapan, Michoacán. Así mismo en esta investigación se hizo el levantamiento topográfico el cual nos ayudará a estimar el tránsito a futuro que tendrá que soportar el pavimento motivo de la investigación.

Otra de las variantes a verificar es la normativa de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, dentro de la cual se especifica los parámetros de calidad y características generales de los materiales a utilizar en la conformación de los pavimentos tanto flexibles como rígidos, que se tomarán en cuenta para cada una de las capas que conformaran la estructura del diseño.

3.4.- Entorno Geográfico.

El estado de Michoacán se encuentra ubicado en el Centro-Oeste del territorio mexicano. Limita al Norte con los Estados de Guanajuato y Querétaro, al Este con el Estado de México, al Sur con Guerrero, al Suroeste con el Océano Pacífico y el Noroeste con Colima y Jalisco, cuenta con una superficie de 58,585 km², que

representan el 3% de la superficie total del país, ocupando el lugar número 16 en extensión entre las 32 entidades federativas de México. Se encuentra ubicado entre las coordenadas 17°55´ y 20°24´ de latitud Norte, y las coordenadas 100°04´ y 103°44´ de longitud Oeste.



Imagen 3.1.- Ubicación del Estado de Michoacán dentro del país.

Fuente: <http://es.wikipedia.org>.

La ciudad de Uruapan se localiza al Oeste del estado de Michoacán de Ocampo en las coordenadas 19°25´ de latitud Norte y 102°03´ de longitud Oeste, a una altura de 1620 metros sobre el nivel del mar. Limita al Norte con los municipios de Charapan, Paracho y Nahuatzen, al Este con Tingambato, Ziracuaretiro y Taretan, al Sur con Gabriel Zamora y al Oeste con Nuevo Parangaricutiro, Periban y

Los Reyes. Su distancia a la capital del Estado es de 120 km y lleva por nombre Morelia.

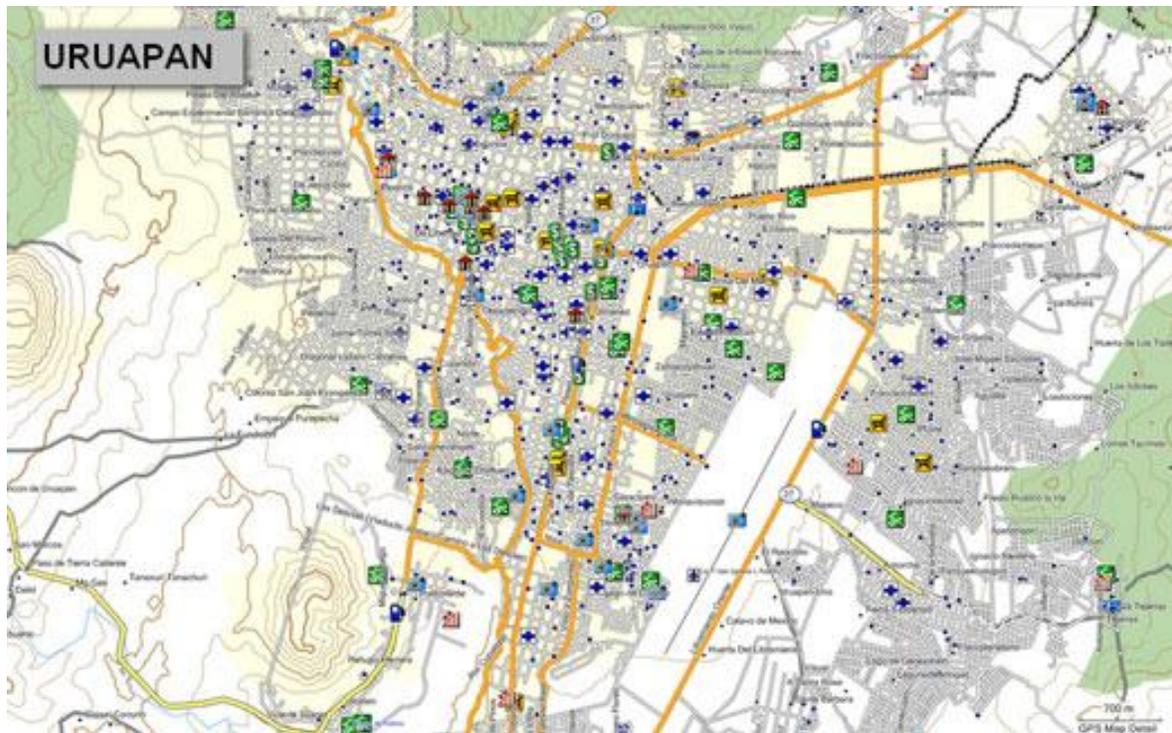


Imagen 3.2.- Ubicación de la Ciudad de Uruapan, Michoacán.

Fuente: <http://es.wikipedia.org>.

. 3.5.- Macro y Micro localización.

La ubicación geográfica del tramo en cuestión queda comprendida en las coordenadas 19°23'26.48" de latitud Norte y 102°02'01.11" de longitud Oeste, a una altura de 1603 metros sobre el nivel del mar. Limita al Norte con la Colonia Mapeco, al Este con el Fraccionamiento los Fresnos, al Sur con la Colonia Santa Rosa y al Oeste con la Colonia San Francisco Uruapan. El tramo destinado a la urbanización de dicho tramo con 952 metros para vialidad.

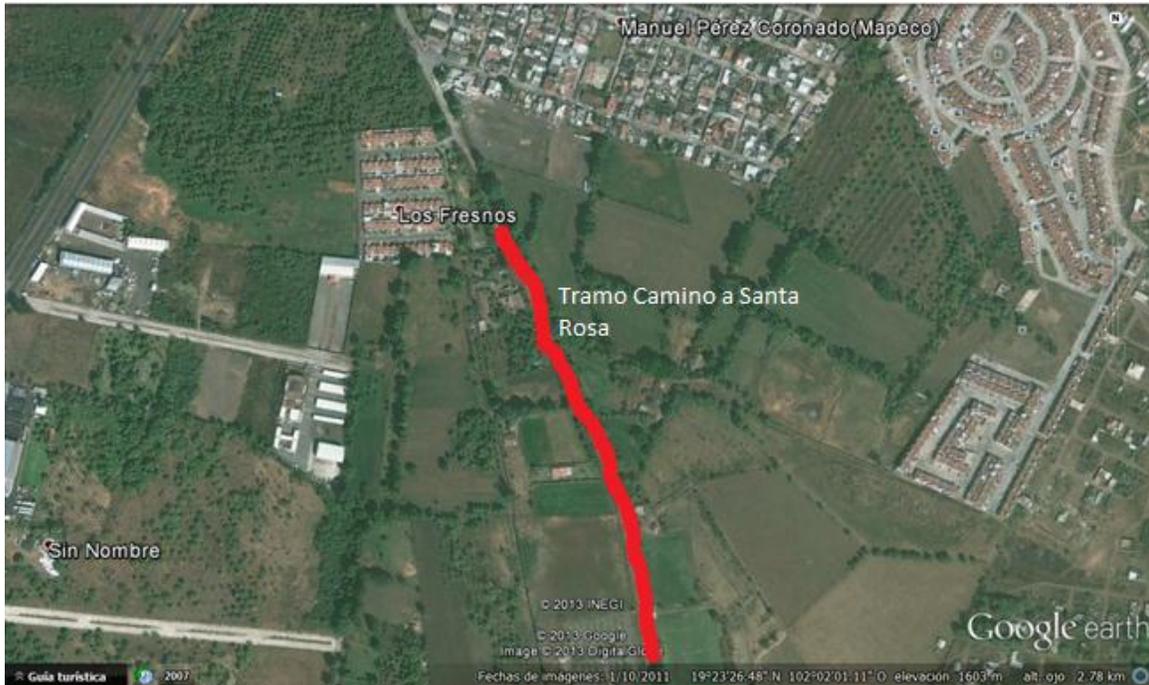


Imagen 3.3.- Ubicación del predio dentro de la Ciudad de Uruapan, Michoacán.

Fuente: Google Earth.

3.6.- Hidrografía y Clima.

El municipio se encuentra dentro de la región hidrológica del Río Balsas, dentro de la cuenca del río Tepalcatepec – Infiernillo, sus principales afluentes son la Presa de Caltzontzin, Salto Escondido, la Tzararacua y el Río Cupatitzio, con una precipitación pluvial media de 1760 mm, según el INEGI.

El clima, de acuerdo con el INEGI, se considera templado y tropical con lluvias en verano y templado subhumano con lluvias en verano, con temperaturas que van desde 12°C a 24°C.

3.7.- Actividades de la Región.

Las actividades principales de la región son la agricultura y el comercio, principalmente del fruto del aguacate, aquí podemos mencionar que el uso actual de este fruto adoptó el nombre del “oro verde” por su riqueza en minerales, sabor, olor y color. El resto del municipio se encuentra rodeado por bosque en el en las zonas más elevadas se encuentran pinos y encinos, dando así la tala de estos árboles para la fabricación de artesanías.

3.8.- Informe Fotográfico.

En la imagen 3.4 se puede observar el inicio del tramo a pavimentar, el cual da acceso a la Colonia Santa Rosa, podemos notar que existe un tramo ya pavimentado, pero con la realización del siguiente proyecto se quiere dar continuidad con el trabajo antes realizado y dar una solución a la problemática que existe en el lugar.



Imagen 3.4.- Acceso al Tramo Camino a Santa Rosa.

Fuente: Elaboración Propia.

En la siguiente imagen se puede observar la parte frontal del predio, así como el camino de acceso, el cual podemos mencionar consta una vialidad conformada con diferente superficie de rodamiento, empedrado y terracería, el cual se tendrá que evaluar y mejorar para conformar una vialidad funcional y cómoda para las personas que transitan dicho tramo.



Imagen 3.5.- Acceso al tramo, parte frontal.

Fuente: Elaboración Propia.

En la imagen 3.6 y 3.7 se puede observar la vegetación y pastizal que hay en ambos lados del camino, obviamente esto se modificará de acuerdo al proyecto de urbanización que se pretende.



Imagen 3.6.- Vegetación a los costados del camino.

Fuente: Elaboración Propia.



Imagen 3.7.- Vegetación a los costados del camino.

Fuente: Elaboración Propia.

En las imágenes 3.8, 3.9 y 3.10 se muestra como en tiempos de lluvia se llega a escurrir el agua por los costados, ya que no existe un drenaje en el sitio, el cual provoca que se hagan charcos en la superficie de rodamiento y por consecuencia se deforma la terracería.



Imagen 3.8.- Esguerrimiento del agua.

Fuente: Elaboración Propia.



Imagen 3.9.- Esguerrimiento del agua.

Fuente: Elaboración Propia.



Imagen 3.10.- Esguerrimiento del agua.

Fuente: Elaboración Propia.

Por último en las figura 3.11 y 3.12 se muestra como es el nivel de dificultad que tienen los habitantes del lugar para poder transitar por este tramo, ya que por lo general lo hacen en vehículos o bien prefieren caminar para que no haya un desgaste del vehículo.



Imagen 3.11.- Tránsito en el tramo.

Fuente: Elaboración Propia.



Imagen 3.12.- Tránsito en el tramo.

Fuente: Elaboración Propia.

CAPÍTULO 4

METODOLOGÍA

En el presente capítulo se darán a conocer y a explicarán las bases y tipos de investigación que se utilizaron para la realización de esta tesis, así como los instrumentos de recopilación de datos que fueron necesarios utilizara para realizar una investigación eficaz.

4.1. Método científico.

De acuerdo con Tamayo (2000), se puede decir que entre la investigación científica y el conocimiento científico se encuentra el método científico, que es el procedimiento para descubrir las condiciones en que se presentan sucesos específicos caracterizado generalmente por ser tentativo, verificable, de razonamiento riguroso y observación empírica.

Es útil ya que permite sacar y obtener datos claros y objetivos sin divagar se usa este método generalmente debido a su eficacia y buen procedimiento. Es importante y fundamental no descubrir verdades en todo momento, sino más bien el determinar cuál ha sido el procedimiento para demostrar que un enunciado es así, pues cada ciencia plantea y requiere de un método especial.

4.1.1. Método matemático.

De acuerdo con Mendieta (2005), el método en las matemáticas es el genético que indica el origen del objeto, el número entero es originado por la adición indefinida de la unidad así misma. Una de las primeras nociones del ser humano, es la noción

de cantidad, así mismo sin darse cuenta de que se aplica un procedimiento científico, comparar cantidades para obtener nociones derivadas, de importancia, de valor económico y capacidad.

Es importante para la investigación porque se asientan números de relaciones constantes, variedad de hipótesis, diversidad de comprobaciones y estas se toman en cuenta para afirmar o negar algo.

4.2. Enfoque de la investigación.

El enfoque que se requirió en esta investigación es el llamado enfoque cuantitativo, el cual consiste en utilizar la recolección y análisis de datos las cuales ayudan a contestar preguntas de investigación y probar hipótesis que se establezcan previamente, este enfoque confía en la medición numérica, el conteo y en el uso de la estadística para establecer con exactitud patrones de comportamiento que se generen en una población.

Esta investigación debe tener este enfoque ya que se tienen que utilizar cálculos para la realización de obras como lo es en este caso en particular, el pavimento rígido de una calle, dichos cálculos son realizados mediante estudios previos y basados en la experiencia y el comportamiento de los suelos.

4.2.1. Alcance de la investigación.

Partiendo de lo mencionado por Hernández y colaboradores (2003), en el pasado distintos autores de la metodología de la investigación clasificaron los tipos de investigación en tres: estudios exploratorios, descriptivos y explicativos. Sin

embargo actualmente son mejor conocidos y divididos en: exploratorios, descriptivos y correlacionales.

El alcance descriptivo tiene como finalidad especificar las propiedades, las características y los perfiles importantes de personas, grupos, comunidades o cualquier otro fenómeno que se someta a un análisis, esto es importante ya que gracias a la implementación de estos enfoques es más sencillo realizar y llegar a dar una conclusión de lo que se va o se está realizando.

Esta investigación es de carácter descriptiva, ya que pretende medir, recoger y analizar información de manera independiente mediante cálculos y bases de datos, llegando así a la obtención de los conceptos y las variables en la elaboración de un pavimento, que en este caso se trata de un pavimento rígido.

4.3. Tipo de diseño de la investigación.

Como cita Hernández y colaboradores (2003), el diseño de la investigación es el plan o estrategia que se desarrollará para obtener la información necesaria para una buena investigación. Existen los diseños experimentales, no experimentales y cuasiexperimentales.

El diseño de investigación no experimental puede definirse como la investigación que se realiza sin manipular deliberadamente la variables, es decir, no se varían en forma intencional las variables independientes, ya que si llega a ocurrir una situación como esta los datos obtenidos no serian exactos y se tendría que realizar cuantas veces sea necesaria la prueba.

Esta investigación es de tipo no experimental debido a que se toman las variables tal y como son, sin manipularlas debido a que se conoce el comportamiento que tomará el pavimento rígido ante el diseño y calculo previo.

4.3.1. Investigación transeccional.

Estos diseños recolectan datos en un sólo momento, en un tiempo único, tienen como propósito describir variables y analizar si incidencia e interrelación en un momento dado, es decir, se captura el momento de algo importante que está sucediendo o está por suceder y esto hace que sea más factible la recopilación de datos y poderlos llevar a los cálculos para tener una investigación satisfactoria.

Esta investigación es transeccional ya que los datos que se recopilan en los levantamientos topográficos, son tomados en una sola vez y no pueden ser alterados o cambiados porque afectarían el proceso de construcción y tiraría consecuencias peligrosas a lo largo de la vida útil del pavimento.

4.4. Instrumentos de recopilación de datos.

En este apartado se describirá los instrumentos utilizados para la recopilación de datos y para la elaboración del proyecto:

- Estación Total: Es un aparato electro-óptico utilizado en topografía, cuyo funcionamiento se apoya en la tecnología electrónica. Consiste en la incorporación de un distanciómetro y un microprocesador a un teodolito electrónico.

- AutoCAD: Es un software de diseño asistido por computadora para dibujo en dos y tres dimensiones. Es un software reconocido a nivel internacional por sus amplias capacidades de edición, que hacen posible el dibujo digital de planos de edificios o la recreación de imágenes en 3D, es uno de los programas más usados por arquitectos, Ingenieros y diseñadores industriales.

4.5. Descripción del proceso de investigación.

Para dar comienzo con la presente investigación fue necesario llevar a cabo un proceso o plan de obra como bien se conoce dentro de la Ingeniería Civil, así como una serie de pasos ordenadamente para tener una investigación buena y correcta.

Se pensó y se eligió el tema de pavimento rígido, ya que es uno de las mejores soluciones a la problemática que se tiene en el tramo Camino Viejo a Santa Rosa, tales como acortamiento en tiempos, mejoramiento del acceso y congestiónamiento vehicular.

Se plantearon algunos antecedentes del dicho tema, así como el problema que se quería resolver, utilizando objetivos principales y secundarios para poder generar una pregunta de investigación y con esto justificar por qué era importante dar solución a la problemática.

Posteriormente se acudió al tramo para identificar la micro y macro localización, y así hacer un levantamiento topográfico, sacando niveles, áreas de despalme, perímetros y longitud total del tramo, etc. Y a su vez tomar fotografías para tener de manera gráfica y representativa el problema. Se hicieron los cálculos

necesarios siguiendo los pasos de manera ordenada para la elaboración del pavimento rígido así como de su proceso constructivo tomando en cuenta los datos obtenidos del levantamiento, para tener un trabajo correcto y una solución al problema.

CAPÍTULO 5

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

En el presente capítulo se mostrarán los análisis y los procedimientos necesarios para el diseño de pavimento rígido para el tramo camino a Santa Rosa del km 0+000 al 0+952, se darán a conocer también todos los elementos que se utilizarán para realizar un diseño eficiente y exitoso, cumpliendo todos los requisitos para que funcione de manera óptima.

5.1.- Aforo Vehicular.

De acuerdo con Crespo (1996), se entiende por volumen de tránsito a la cierta cantidad de vehículos de motor que transiten por un camino en determinado tiempo y en el mismo sentido. Las unidades comúnmente usadas son: vehículos por día o vehículos por hora. Es llamado tránsito promedio diario (T.P.D.) al promedio de los volúmenes de tránsito que circulan durante 24 horas en un determinado periodo.

La clase de vehículos que transitan o transitarán por un camino variará según el tipo de camino que se vaya a tratar. Así, para un camino de tipo turístico que conduzca a unas ruinas arqueológicas se puede asegurar que casi en su totalidad el tránsito será de automóviles de pasajeros, mientras que por otro lado en un camino minero la mayoría de los vehículos serán de carga mayor o menor tonelaje dependiendo del mineral que se trate y de las distintas condiciones. El tipo de tránsito influye de una manera decisiva en el proyecto de un camino, ya que afectará notablemente en la parte geométrica.

La manera de conocer el tipo de tránsito en un camino ya construido no llega a presentar una dificultad ya que se reduce a una serie de conteos horarios que indican el volumen de dicho tránsito y su tipo. No sucede lo mismo cuando apenas se está proyectando el camino debido a que es necesario llevar a cabo distintos estudios geográfico-físicos, socioeconómicos y políticos de la región para llegar a obtener datos con los cuales se apoyará para proyectar.

Para el conteo de los vehículos el método más empleado es el automático que consiste en un tubo de hule cerrado en un extremo por una membrana, dicho tubo se coloca transversalmente a la vía y al paso de cada eje de un vehículo sobre el tubo, se produce un impulso de aire sobre la membrana que establece un contacto eléctrico con un aparato que va sumando el número de impulsos recibidos. Los contadores automáticos tienen una gran desventaja la cual es que no pueden clasificar los vehículos por tipo, cosa que si es factible cuando el conteo se hace de manera manual.

A continuación se mostrará un aforo vehicular en la cual se indican el tipo de vehículos de acuerdo a la norma y como complemento se muestran los peatones, bicicletas y motocicletas que circulan por el tramo camino a Santa Rosa, también se indica el día y la hora en la cual se asistió para realizar dicho aforo. Cabe mencionar que se usó el método manual.

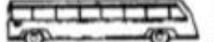
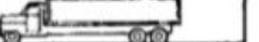
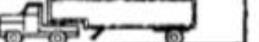
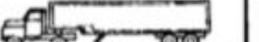
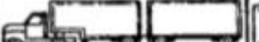
TIPO DE VEHICULO	NUM. DE EJES	ESQUEMAS		SIMBOLO	PORCENTAJE RESPECTO AL TOTAL DE CAMIONES	PORCENTAJE RESPECTO AL TOTAL DE VEHICULOS		
		PERFIL	PLANTA					
VEHICULOS LIGEROS	AUTOMOVILES	2		Ap	---	46	58	
	CAMIONETAS	2		Ac		12		
VEHICULOS PESADOS	AUTOBUSES	2		B	---	12	42	
	CAMIONES	2		C2	73	100		30
		3	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

Imagen 5.1.- Clasificación general de los vehículos.

Fuente: Manual de proyecto geométrico de carreteras; 1991: 70.

DÍAS	HORAS	AUTOS TIPO A2	MOTOS	CAMIONETAS PICK-UP TIPO C2	AUTOBUSES TIPO B2	CAMIONES TIPO C2	TRES O MAS EJES TIPO C3	BICICLETAS	PEATONES
16/09/2013	10:00 A 11:00	15	4	11	3	0	0	2	9
17/09/2013	12:00 A 13:00	12	3	9	4	0	0	3	11
18/09/2013	15:00 A 16:00	22	6	13	2	0	0	3	8
19/09/2013	16:00 A 17:00	13	3	8	3	0	0	2	7
20/09/2013	12:00 A 13:00	20	5	7	3	0	0	4	5

Imagen 5.2.- Aforo Vehicular.

Fuente: Propia.

Al apreciar la tabla del aforo vehicular puede distinguirse que el día en el que circularon más vehículos sin contar bicicletas, peatones y motocicletas fue el martes 17 de septiembre con 28 en total. Y también cabe mencionar que las columnas que están remarcadas en color amarillo son las que se requieren para el cálculo del diseño del pavimento.

En consecuencia, se puede observar que el tramo camino a Santa Rosa no es muy transitado a pesar de no estar pavimentado, tanto de vehículos como de peatones, esto debido a que no es el único acceso a los hogares que están dentro del mismo y existe otra ruta de .

5.2.- Levantamiento topográfico.

Partiendo de lo dicho por Bannister (2002), la topografía se puede definir como el arte o tecnología de hacer mediciones de las posiciones relativas de accidentes naturales y todas aquellas obras hechas por el hombre sobre la superficie de la Tierra, así como la representación gráfica o numérica de esta información. El método más común de representación es mediante un plano a escala exacta de un área en

las dos dimensiones que forman la planta horizontal. La tercera dimensión, es decir, la altura, es normal a la horizontal y puede representarse sobre el plano de distintas maneras. Una de ellas es la nivelación la cual se refiere a las operaciones por medio de las cuales se obtiene la diferencia relativa de alturas entre varios puntos sobre la superficie terrestre.

Los levantamientos se dividen en geodésicos y topográficos, los geodésicos se distinguen por la técnica y el uso que se les da, las redes de mediciones de ángulos y distancias entre puntos son necesarias para controlar todos los levantamientos de este tipo y al levantar grandes áreas, como un país completo, mediciones que deben hacerse con los estándares de precisión mas altos y rigurosos posibles. Los métodos modernos para esta tarea incluyen sistemas de posicionamiento por satélite, los cuales son capaces de obtener coordenadas tridimensionales de cualquier punto sobre la superficie de la Tierra con su campo gravitatorio que es conocido como Geodesia, de ahí el nombre al levantamiento de este tipo.

Los levantamientos topográficos producen mapas y planos de accidentes naturales hechos por el hombre. En realidad no existe una diferencia lo suficientemente clara entre mapa y plano, pero en general se acepta que en un plano los detalles quedan dibujados a escala exacta, mientras que en un mapa muchas de las características se deben representar por símbolos a escala pequeña. La información sobre alturas puede agregarse como alturas de puntos, que representan puntos de altura individual, o como curvas de nivel, que ofrecen menos detalles, pero

más representación visual del área. Con frecuencia las alturas de puntos específicos o individuales se muestran sólo en planos.

Los levantamientos para proyectos de ingeniería abarcan todos los trabajos topográficos requeridos antes, durante y después de cualquier trabajo de ingeniería o de infraestructura. Antes de comenzar cualquier tipo de trabajo se requiere de un mapa topográfico a gran escala o plano que sirva de base al diseño que se quiera realizar. La posición propuesta de cualquier nuevo tipo de construcción debe marcarse en el terreno, tanto en planta como en elevación, operación conocida como replanteo o trazado.

En especial para el diseño y construcción de nuevas rutas, por ejemplo, caminos y vías férreas, pero también en muchos otros aspectos de los levantamientos, se requiere calcular las áreas y volúmenes de terracerías y los datos para trazar las curvas de alineamiento para rutas terrestres.

Para el diseño de pavimento rígido para el tramo camino s Santa Rosa fue necesario hacer un levantamiento topográfico para el cual se utilizó una estación total, el cual es un aparato electro-óptico utilizado en la topografía y cuyo objetivo es la de medir ángulos, distancias y niveles mediante puntos. Estos puntos fueron bajados desde el aparato al software AutoCAD y con ayuda del software CivilCAD se mostró con esto como se encuentran los desniveles, curvas, y en si el tramo en general, se sacó 1 perfil de elevación debido a que se encuentra en terracería todo el camino. Este levantamiento topográfico se muestra en los anexos.

5.3.- Valor Relativo de Soporte (VRS).

Según con Rico y Del Castillo (1994), en el ensaye de Valor Relativo de Soporte o mejor conocido como VRS, dicho ensaye fue originalmente desarrollado por el Departamento de Carreteras del Estado de California; el VRS de un suelo, se obtiene de una prueba de penetración, en la que un vástago de 19.4cm^2 (3 plg^2), de área se hace penetrar en un molde con un suelo que es previamente compactado a 2,000 psi, la penetración de dicho vástago se realiza con una velocidad de 0.127 cm/min (0.05 plg/min), registrando la carga de penetración a cada 0.25 cm (0.1"); El espécimen de suelo en el cual se realiza el ensaye, está confinado en un molde de acero de 15.2 cm (6") de diámetro, y una altura de 20.30 cm (8"), el suelo se prepara cribando el material seco por la malla de 2.54 cm (1"), para después agregar el agua necesaria para con esto obtener la humedad optima de compactación, pesando 4kg de material húmedo el cual se colocará en el molde distribuido en tres capas varillas, es decir poner 1 capa por vez y penetrando con una varilla por varias veces hasta completar las 3 capas, para posteriormente colocarlo en una prensa que le aplicará una carga de 140 kg/cm^2 , carga aplicada uniformemente en la superficie del suelo al interior del molde, este proceso se denominaba ensaye Porter, en la actualidad con la aplicación del ensaye AASHTO tanto Estándar como Modificado, se debe igualar las características de Masa Volumétrica Seco Máximo y Humedad óptima de compactación obtenidas en los ensayes previos, y posteriormente aplicar la penetración que nos determinará el VRS del material que se está estudiando.

Existen diversos factores los cuales pueden afectar los resultados de VRS de un suelo lo cuales son: la textura del suelo en la superficie interior del molde, el

contenido de agua el cual no sea el óptimo, y la condición de compactación dada al espécimen. En seguida se mostrará el cálculo del VRS en el cual se muestran los resultados obtenidos de esta prueba.

LECTURAS DE ENSAYE		
CTE CARGA:	3079.11(LECT)-5.96 EN KG	
DEF. (MM)	LEC. (MM)	CARGA (KG)
2.00	0.095	286.55
4.00	0.164	499.01
6.00	0.229	699.15
8.00	0.274	837.71

FORMULA DEL VRS
$VRS = \frac{2da\ Lect.}{1425} \times 100$

VALOR RELATIVO DE SOPORTE	
VRS (%) 2a LECTURA	35%

	VRS (MIN)
TERRAPLEN	5
SUBYACENTE	10
SUBRASANTE	20
SUBBASE	50/60
BASE	80

CALIDAD DE LA MUESTRA
SUBRASANTE DE MUY BUENA CALIDAD

Imagen 5.3.- Lecturas y determinación de VRS.

Fuente: Propia.

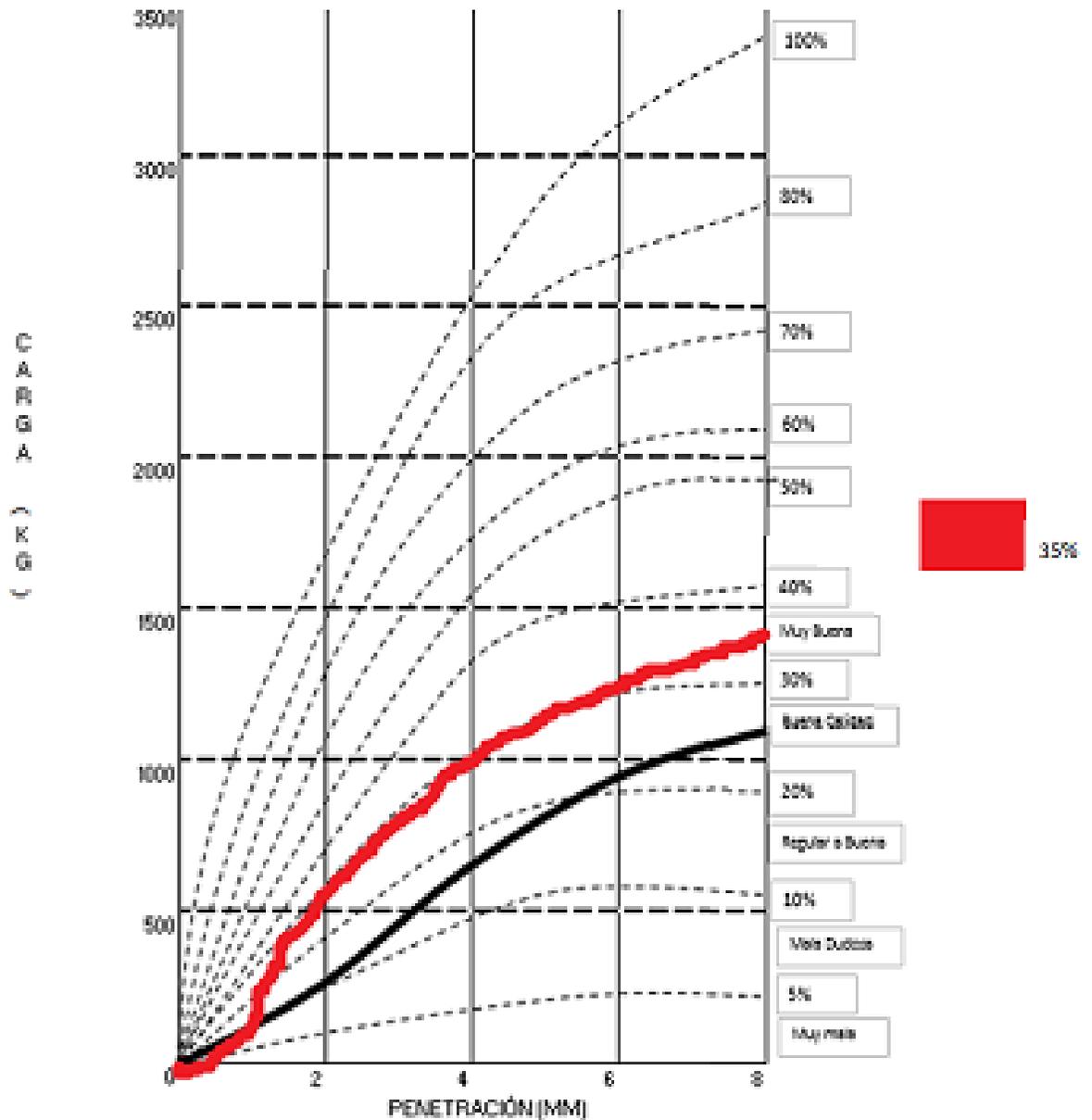


Imagen 5.4.- Gráfica de ensaye de VRS.

Fuente: Propia.

Por lo tanto se determinó un VRS de 35% el cual es un valor que se deberá tomar en cuenta para la realización del cálculo para el diseño de pavimento rígido.

5.4.- Diseño del pavimento rígido por el método PCA.

Según con Rico y Del Castillo (1994), el método que se eligió para el diseño de pavimento rígido para el tramo camino a Santa Rosa fue el de Portland Cement Association (PCA), el cual se basa principalmente en el concepto de consumo de resistencia, este método calcula las distintas tensiones que son producidas por el tránsito en cada rango de carga, comparándolas con la resistencia de diseño, estableciendo con esto el número de repeticiones permitidas en cada rango de carga, que comparado con el número de repeticiones esperadas, permite establecer un porcentaje de consumo de resistencia por cada rango, y cuya suma no debe exceder de un 100% así mismo dentro de este método existe el análisis por erosión el cual limita los efectos de la deflexión del pavimento en los bordes y esquinas de las losas, y con ello controlar la erosión del material de cimentación.

Existen diversos factores que se deben tomar en cuenta para este método principalmente son el Valor Relativo de Soporte (VRS), el tipo y cantidad de vehículos que pasan por la vialidad y con ello obtener el Tránsito de Proyecto Diario Anual (TPDA). A continuación se muestran los cálculos para obtener este valor.

DÍAS	HORAS	AUTOS TIPO A2	MOTOS	CAMIONETAS PICK-UP TIPO C2	AUTOBUSES TIPO B2	CAMIONES TIPO C2	TRES O MAS EJES TIPO C3
16/09/2013	10:00 A 11:00	15	4	11	3	0	0
17/09/2013	12:00 A 13:00	12	3	9	4	0	0
18/09/2013	15:00 A 16:00	22	6	13	2	0	0
19/09/2013	16:00 A 17:00	13	3	8	3	0	0
20/09/2013	12:00 A 13:00	20	5	7	3	0	0

Imagen 5.5.- Resumen de aforo vehicular.

Fuente: Propia.

Se muestra un resumen del aforo vehicular en el cual solo se considerarán los vehículos que estén clasificados en la norma de la SCT, dejando a un lado las motocicletas, peatones y bicicletas.

PROMEDIO DE VEHICULOS SEMANALES		
TIPO	TOTAL	PROMEDIO
A2	82	16.4
C2	48	9.6
B2	15	3
C3	0	0

Imagen 5.6.- Promedio de vehículos semanales.

Fuente: Propia.

Para después hacer un promedio de vehículos que transitan por la vialidad, de acuerdo al aforo realizado se toma el total de los vehículos que transitan, para después dividirlo por los días que se asistió a realizar el aforo vehicular que en este caso corresponde a 5 días, como se ve en el ejemplo siguiente, continuando con los demás tipo de vehículos:

$$A2 = \frac{82}{5} = 16.4$$

El cálculo del TPDA (Tránsito de Proyecto Diario Anual), se obtiene multiplicando el promedio de vehículos semanales, los cuales fueron obtenidos en la tabla 5.6, con un periodo de 12 horas, siguiendo el siguiente proceso:

$$A2 = (16.4)(12) = 196.8$$

$$C2 = (9.6)(12) = 115.2$$

CALCULO DEL TPDA		
TIPO	PROM. VEHICULOS SEMANALES	PERIODO 12HRS
A2	16.4	196.8
C2	9.6	115.2
B2	3	38
C3	0	0
	TPDA	350

Imagen 5.7.- Cálculo del TPDA.

Fuente: Propia.

Obteniendo el valor de TPDA se hace una distribución de tránsito expresada en porcentaje, esta distribución tiene que sumar el 100% que representa el total de los vehículos.

PORCENTAJES DE ACUERDO AL TIPO DE VEHICULOS	
TIPO	PORCENTAJES
A	40%
A2	20%
C2	16%
B2	15%
C3	7%
TS-S1	2%
	TOTAL 100%

Imagen 5.8.- Resumen de porcentajes de acuerdo al tipo de vehículo.

Fuente: Propia.

Para los efectos de diseño se sacó un resumen de los vehículos expresado en porcentajes, los cuales fueron distribuidos de manera conveniente y bajo criterios de diseño. Se distribuyó el tránsito del tipo A2 para agregar el tipo A y tomar un porcentaje mínimo para el tipo TS-S1.

Otro factor a considerar será el periodo de diseño del pavimento el cual es seleccionado en función del tipo de vía, nivel de tránsito y un análisis económico y de servicio, generalmente para pavimento rígidos es de 20 años, este valor será utilizado para el diseño y se utilizará una tasa de crecimiento anual de 1.20%.

Otro dato necesario es el FP (factor de proyección) el cual se obtiene con la siguiente fórmula:

$$FP = (1 + \text{tasa de crecimiento})^{\text{Periodo de diseño}}$$

Calculando se tiene:

$$FP = (1 + 1.20)^{20}$$

$$FP = 1.27$$

Para determinar el factor de seguridad se basa principalmente del tipo de camino así como el volumen de tránsito.

Para efectos del presente diseño de pavimento rígido y de las características del camino se tomará un factor de seguridad de 1.2. Así mismo con todos los datos obtenidos anteriormente se puede calcular el volumen total de vehículos esperados en la vida de proyecto mediante la siguiente formula:

$$V_t = \frac{TPDA (FP)}{N} \left(\frac{TCP}{100}\right) \left(\frac{CCP}{100}\right) (365)(n)$$

Donde:

V_t = Volumen total de vehículos esperados en la vida de proyecto.

FP = Factor de proyección.

TPDA = Tránsito Promedio Diario Anual.

N = Número de carriles.

CCP = Factor corrección de tránsito en el carril de diseño.

n = Periodo de diseño.

TCP = Porcentaje de vehículos pesados. (Suma de porcentaje de vehículos excluyendo tipo A1 y tipo A2).

Calculando:

$$VT = \frac{350 (1.27)}{1} \left(\frac{40}{100}\right) \left(\frac{1}{100}\right) (365) (20)$$

$$VT = 1, 297,361.92$$

Así para este diseño se tiene un valor de vehículos total de 1, 297, 367.92 y este valor será utilizado para las repeticiones esperadas. El método seleccionado, establece que en base a la distribución de los tipos de vehículos esperados en la vida de proyecto, se determine el número de ejes equivalente, tanto sencillos con tándem y al peso que tiene cada uno de ellos en la estructura, nos determinarán el total de ejes por cada 1,000 vehículos y por ende las repeticiones de cargas esperadas para cada tipo y peso de los ejes. Esto se obtuvo mediante el uso de una hoja de cálculo que se mostrará a continuación y fue previamente realizada para determinar la primer parte antes de calcular el espesor de la estructura de pavimento.

DATOS GENERALES DEL AFORO DE CAMPO									
CLASIFICACIÓN DEL TRÁNSITO EN PORCENTAJE:						DATOS GENERALES:			
A =	40.00%	A2 =	20.00%	B2, B3 =	15.00%	TPDA 1 =	350.0		
C2 =	16.00%	C3 =	7.00%	T2 - S1 =	2.00%	TASA CRECIMIENTO ANUAL	1.20%		
T2 - S2 =	0.00%	T3 - S2 =	0.00%	T3 - S3 =	0.00%	PERIODO DE DISEÑO AÑOS	20.0		
Suma Porcentaje =	100.00%								

CALCULO DEL VOLUMEN TOTAL DE VEHICULOS EN LA VIDA DE PROYECTO.										
TPDA1	350.0	Tránsito promedio diario anual.	$n =$	20.0	P. de diseño (años).					
FP =	1.27	Factor de Proyección.								
N =	1.0	Numero de carriles en un sentic	$vt = \frac{TPDA (FP)}{N} \left(\frac{Tcp}{100} \right) \left(\frac{CCP}{100} \right) (365) (n)$							
r =	1.20%	Tasa de crecimiento anual.								
Tcp =	40.00%	Porcentaje de vehículos pesados.								
CCP =	1.0	Factor corrección de tránsito en el carril de diseño.					vt =	1,297,361.92		

Se colocaron los valores y porcentajes obtenidos anteriormente en las tablas y se hizo el cálculo correspondiente para el volumen total de vehículos esperados en la vida del proyecto.

DETERMINACION DE REPETICIONES ESPERADAS.																
Tipo de Vehículo.	Peso Total (Ton)	Composición de Tránsito	Número de Vehículos	Número de Ejes del Vehículo			Peso de los Ejes. (Ton)			Tipo de Vehículo.	Peso Total (Ton)	Composición de Tránsito	Clasificación de Ejes		Total Ejes	REPETICIONES ESPERADAS
				Delanteros	Traseros	TOTALES	Delanteros	Traseros				Peso Eje	Total Ejes	C/1000 Vehic		
EJES SENCILLOS																
A2	2.0	60.0%	210	210	210	420	1.0	1.0	A2	2.0	60.0%	1	420	1200.00	1,556,834.30	
B2	15.5	15.0%	53	53	53	106	5.5	10.0	B2	15.5	15.0%	5.5	141	402.86	522,651.52	
C2	15.5	16.0%	56	56	---	56	5.5	---	C2	15.5	16.0%	10	53	151.43	196,457.66	
C3	23.0	7.0%	25	25	---	25	5.5	---	C3	23.0	7.0%					
T2-S1	24.5	2.0%	7	7	---	7	5.5	---	T2-S1	24.5	2.0%					
T2-S2	31.5	0.0%	0	0	---	0	5.5	---	T2-S2	31.5	0.0%					
T3-S2	39.0	0.0%	0	0	---	0	5.5	---	T3-S2	39.0	0.0%					
T3-S3	43.0	0.0%	0	0	---	0	5.5	---	T3-S3	43.0	0.0%					
EJES TANDEM																
C2	15.5	16.0%	56	---	56	56	---	18.0	C2	15.5	16.0%	18	95	271.43	352,141.09	
C3	23.0	7.0%	25	---	25	25	---	18.0	C3	23.0	7.0%	22.5	0	0.00	0.00	
T2-S1	24.5	2.0%	7	7	7	14	18.0	18.0	T2-S1	24.5	2.0%					
T2-S2	31.5	0.0%	0	0	0	0	18.0	18.0	T2-S2	31.5	0.0%					
T3-S2	39.0	0.0%	0	0	0	0	18.0	22.5	T3-S2	39.0	0.0%					
T3-S3	43.0	0.0%	0	0	0	0	18.0	22.5	T3-S3	43.0	0.0%					

Composición de Tránsito: Suma de la clasificación del tránsito en porcentaje, en este caso el tipo A y A2:

$$A2 = (40) + (20) = 60\%$$

Numero de Vehículos: En este paso se multiplica el TPDA 1, por la Composición de Transito:

$$\text{Numero de Vehiculos} = (350)(0.60) = 210$$

Numero de Ejes del Vehículo: Se multiplica 1 eje, por el número de vehículos, cabe mencionar que a partir del tipo C2 nomas se cuenta con eje delantero por lo que el eje trasero ya no se toma en cuenta:

$$\text{Numero de Ejes: } (1)(210) = 210$$

Después de tener todos los totales se hace la suma de los ejes delanteros, tanto como de los ejes traseros para así mismo obtener el total de los dos ejes.

Clasificación de Ejes: Aquí se suman los pesos de los ejes en una escala del 1 al 10, proponiendo en 3 partes, los cuales fueron de la siguiente manera:

Peso 1: 420

Peso 5.5: 141

Peso 10: 53

Total de Ejes: Ya que se obtienen los pesos totales de cada eje, se prosigue a sacar el total de ejes, lo cual se realiza mediante la siguiente formula:

$$\text{Total de Ejes: } \frac{(1000)(\text{Total de Ejes})}{TPDA 1}$$

$$\text{Total de Ejes: } \frac{(1000)(420)}{350} = 1200$$

Repeticiones Esperadas: Por último se obtiene el total de repeticiones esperadas:

$$Rep. Esperadas: \frac{(Total de Ejes)(Vt)}{1000}$$

$$Rep. Esperadas: \frac{(1200)(1,297,361.92)}{1000} = 1,556,834.30$$

Y así, siguiendo los mismos procedimientos, se realiza para los ejes sencillos y para los ejes tándem.

CALCULANDO ESPESOR.					
Modulo de Ruptura kg/cm ² =	36.00	Concreto f'c kg/cm2 =	300.00		
Factor de seguridad=	1.0	Vialidad Urbana Principal.			
Determinación de la capacidad portante de la capa de apoyo.					
%VRS sat.	12.00	VRS de diseño saturado:		12.00	
Obtención del Módulo de reacción de la capa de apoyo "K", utilizando una subbase de buena calidad y espesor (cm):					
VRS mínimo de 50%. Módulo de Reacción "k" =	7.50	(modulo mejorado)			20.00
Tomando en cuenta los datos del tránsito y las propiedades mecánicas del concreto y la capa de apoyo, determinaremos la fatiga consumida, haciendo uso de la tabla de cálculo siguiente:					

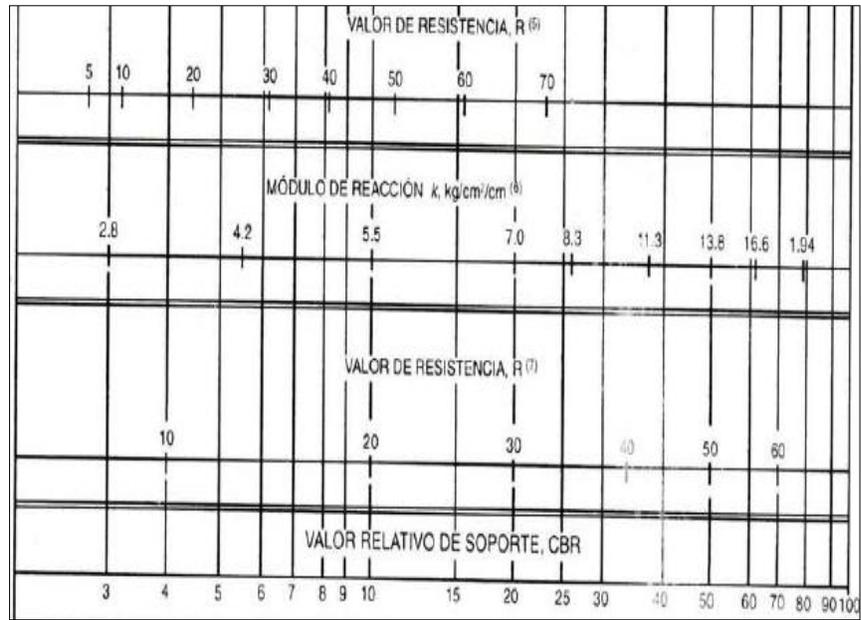


Imagen 5.9.- Valor Relativo de Soporte.

Fuente: Propia.

SUPONIENDO UN ESPESOR DE LOSA DE 20 CM.						
Peso por Eje	Peso afectado por F.S.	Esfuerzo actuante	Relación de Esfuerzos	Repeticiones permisibles	Porcentaje de Fatiga consumido	
EJES SENCILLOS						
1.0	1.0	< 18	0.50	INFINITAS	0.0%	
5.5	5.5	< 18	0.50	INFINITAS	0.0%	
10.0	10.0	20.0	0.50	INFINITAS	0.0%	
EJES TANDEM						
18.0	18.0	18.0	0.50	400,000.00	88.0%	
22.5	22.5	22.0	0.61	490.00	0.0%	
				SUMA =	88%	MENOR AL 100%, OK

Para suponer el espesor de la losa se requirieron las tablas que se muestran a continuación tales para los ejes sencillos como para los ejes tándem, cabe mencionar que el espesor de la losa en este caso de 20 cm fue de forma empírica.

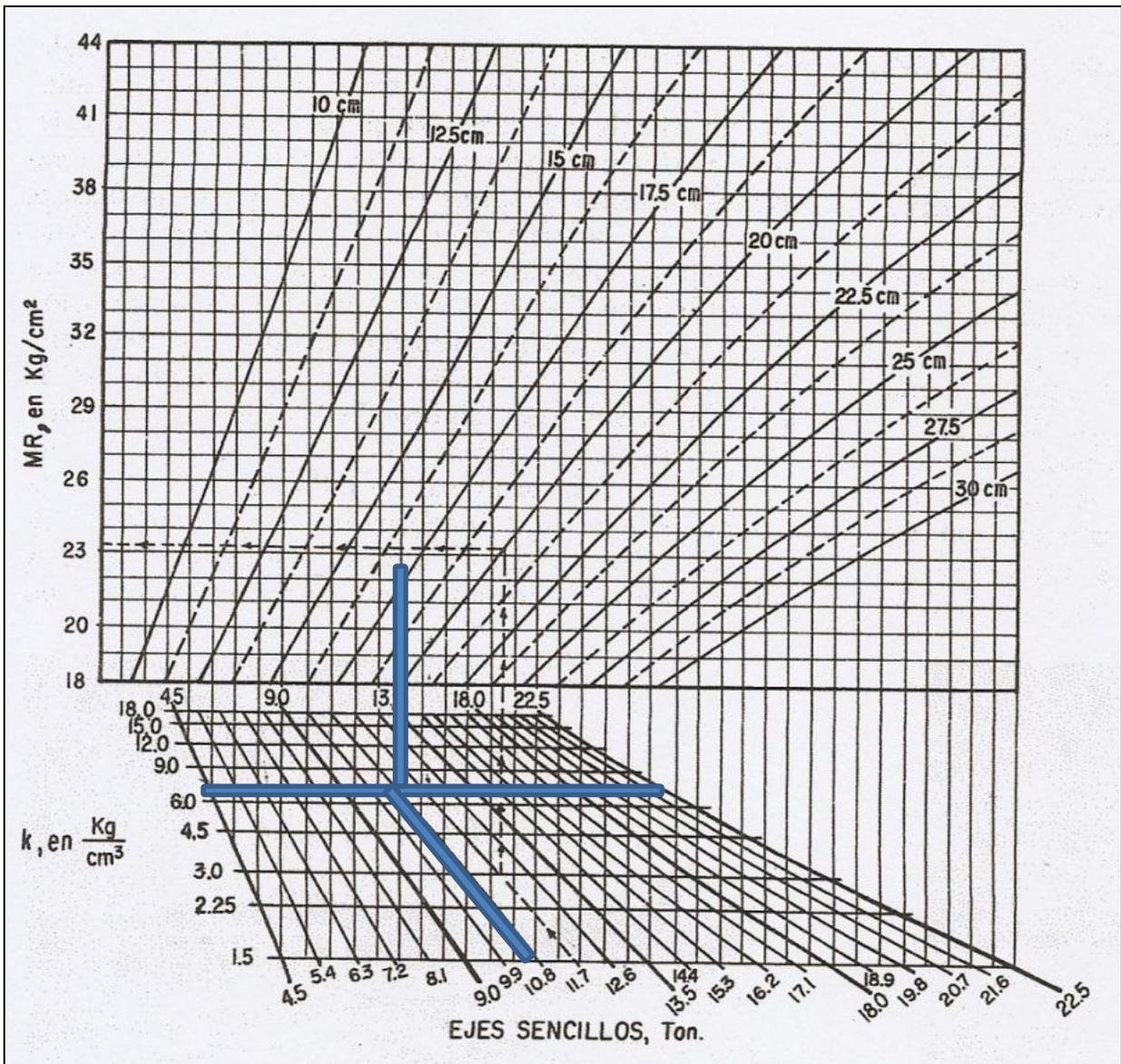


Imagen 5.10.- Gráfica de Diseño para Cargas en Ejes Sencillos.

Fuente: Propia.

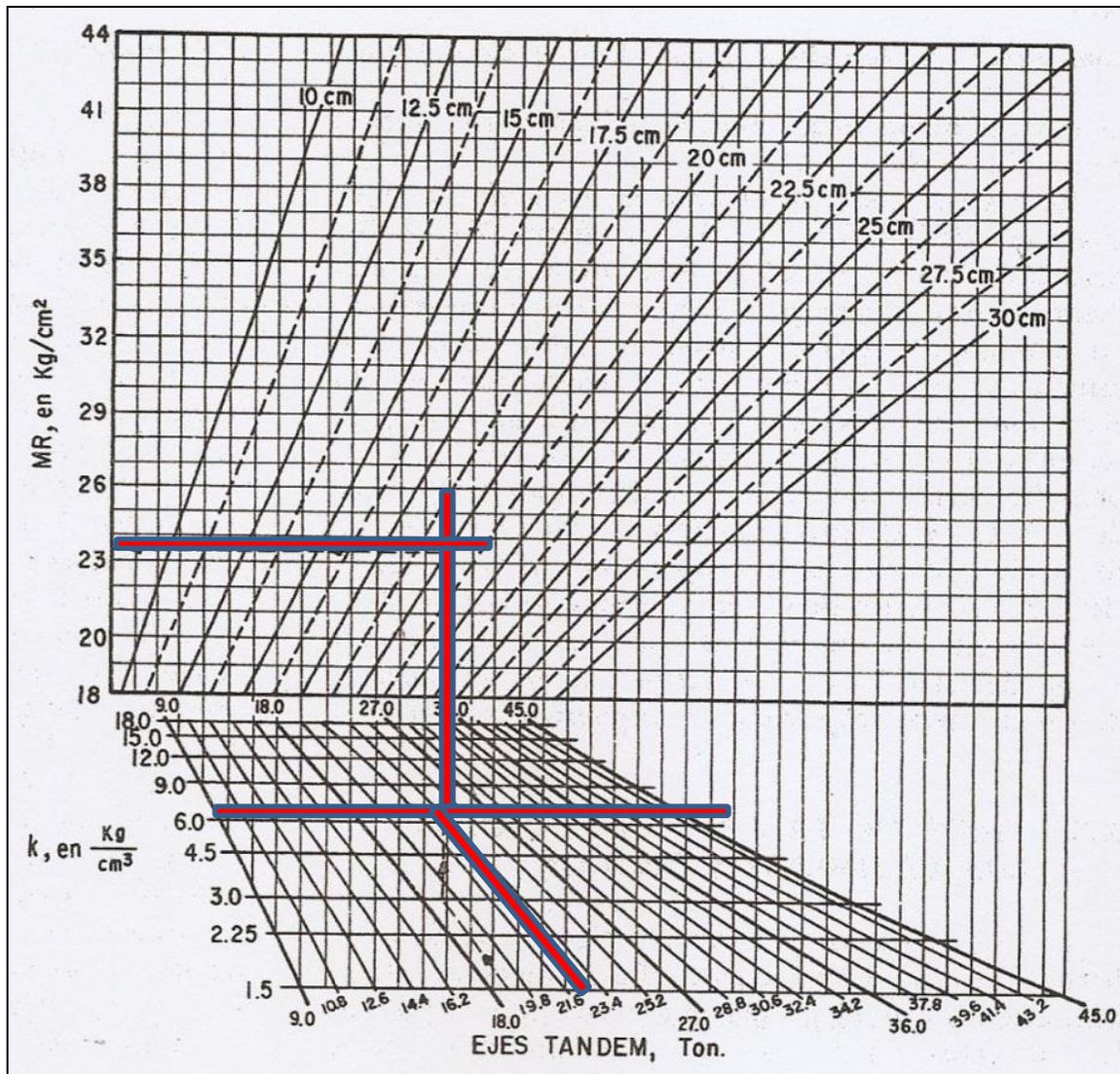


Imagen 5.11.- Gráfica de Diseño para Cargas en Ejes Tándem.

Fuente: Propia.

En este proceso se tomaba como base el módulo de reacción K, que en este caso es de 7.5, para posteriormente subir hacia el esfuerzo actuante, ya que se tenía ubicado se divide entre el módulo de ruptura para dar como resultado a la relación de esfuerzos.

Teniendo la relación de esfuerzos se continúa a buscar el valor en la siguiente

tabla:

Correlación entre la Relación de Resistencias de un pavimento rígido carretero y el número de repeticiones de la carga correspondiente que se puede soportar sin falla (Ref. 2)

<i>Relación de Resistencias</i>	<i>Número permisible de repeticiones</i>	<i>Relación de Resistencias</i>	<i>Número permisible de repeticiones</i>
0.51	400,000	0.69	2,500
0.52	300,000	0.70	2,000
0.53	240,000	0.71	1,500
0.54	180,000	0.72	1,100
0.55	130,000	0.73	850
0.56	100,000	0.74	650
0.57	75,000	0.75	490
0.58	57,000	0.76	360
0.59	42,000	0.77	270
0.60	32,000	0.78	210
0.61	24,000	0.79	160
0.62	18,000	0.80	120
0.63	14,000	0.81	90
0.64	11,000	0.82	70
0.65	8,000	0.83	50
0.66	6,000	0.84	40
0.67	4,500	0.85	30
0.68	3,500		

Imagen 5.12.- Tabla de Relación de Esfuerzos.

Fuente: Propia.

Para encontrar el valor en la tabla se hicieron las siguientes fórmulas las cuales están representadas en la memoria de cálculo:

Peso Afectado por F.S:

$$\text{Peso Afectado por F.S} = \frac{\text{Peso por Eje}}{\text{Factor de Seguridad}}$$

$$\text{Peso Afectado por F.S} = \frac{1}{1} = 1$$

Relación de Esfuerzos: En este paso se toman los criterios del esfuerzo actuante ≤ 18 y en el caso de 22.5 se redondea a 22 es el esfuerzo actuante entre el módulo de ruptura de igual manera para ejes sencillos como para ejes tándem:

$$\text{Relacion de Esfuerzos: } \frac{\text{Esfuerzo Actuante}}{\text{Modulo de Ruptura}}$$

$$\text{Relacion de Esfuerzos: } \frac{18}{36} = 0.50$$

$$\text{Relacion de Esfuerzos: } \frac{22}{36} = 0.61$$

Y así encontrar el número de repeticiones permisibles, el valor que corresponde a la relación de resistencias se coloca en la hoja de cálculo para dar un porcentaje menor al 100% de fatiga consumida, en caso de que diera mayor al 100% se tiene que proponer un espesor de losa mayor.

ESTRUCTURA DE PAVIMENTO PROPUESTO:		
ESPEJOR (CM)	ESTRUCTURA DE PAVIMENTO	NOTAS GENERALES.
20.00		CONCRETO HIDRAULICO MR 36 KG/CM2
20.00		SUBBASE VRS MIN 50
-		TERRENO NATURAL

Se muestra la estructura del pavimento propuesto con las medidas que facilitaron una estructura eficaz las cuales son de 20cm de concreto y 20cm de subbase.

Por último se colocan las barras de amarre a lo largo de la junta longitudinal para amarrar dos losas, con la finalidad de que se mantengan juntas y asegurar que la carga se transfiera a través de la junta. La longitud de la barra de amarre está determinada por el esfuerzo de adhesión permitido, este esfuerzo para barras corrugadas se puede asumir en 350 psi.

La modulación de losas se refiere a definir la forma que tendrán los tableros de losas del pavimento. Esta forma se da en base a la dimensión de los tableros, así como de la separación entre juntas tanto transversales como longitudinales. La modulación de losas va a estar regida por la separación de las juntas transversales que a su vez depende del espesor del pavimento. En el cálculo realizado se llegaron a definir las juntas longitudinales de var $\frac{1}{2}$ " de 76 de longitud @ 76cm, y para las transversales var 1" de 46 de longitud @ 30 cm siempre y cuando respetando los límites los cuales dieron menor al propuesto.

Var 1/2" de 76 de Long @ 76 cm

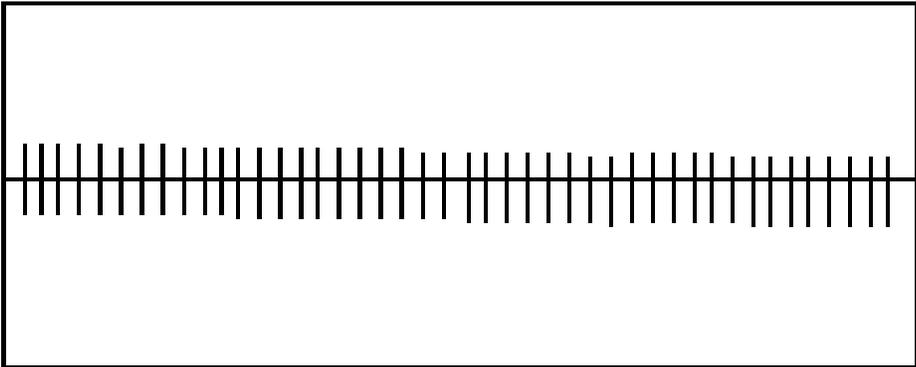


Imagen 5.13.- Juntas en sentido Longitudinal.

Fuente: Propia.

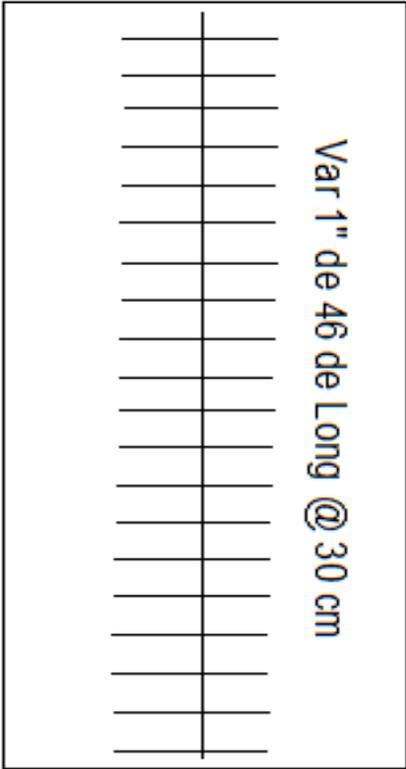


Imagen 5.14.- Juntas en sentido Transversal.

Fuente: Propia.

CONCLUSIÓN

Dentro de la presente tesis se ha diseñado la estructura de pavimento rígido del tramo camino a Santa Rosa del km 0+000 al 0+952, mediante el uso y compresión de uno de los métodos más utilizados en la actualidad para este tipo de estructuras, siendo la opción que resulto mejor y la cual se propone para la sección del pavimento.

La estructuración del pavimento se da con una losa de concreto hidráulico con un espesor de 20 cm, una sub-base de 20 cm siendo mínima al dato de VRS la cual corresponde a 50 cm y lo que es terreno natural. La modulación de losas se refiere a definir la forma que tendrán los tableros de losas del pavimento. Esta forma se da en base a la dimensión de los tableros, así como de la separación entre juntas tanto transversales como longitudinales. La modulación de losas va a estar regida por la separación de las juntas transversales que a su vez depende del espesor del pavimento. En el cálculo realizado se llegaron a definir las juntas longitudinales de var 1/2" de 76 de longitud @ 76cm, y para las transversales var 1" de 46 de longitud @ 30 cm siempre y cuando respetando los limites los cuales dieron menor al propuesto.

Con los resultados obtenidos del diseño de pavimento realizado se concluye que el objetivo principal de esta investigación ha sido satisfactoriamente realizado.

De igual manera, dentro de la investigación realizada, se dio respuesta a los demás objetivos de la presente tesis como el de establecer que es un pavimento, explicando que un pavimento es una estructura que recibe de forma directa las cargas de tránsito y las transmite hacia las capas inferiores de la estructura, y que la

parte superior de dicha estructura es conocida como superficie de rodamiento la cual debe de ser funcional, uniforme y resistente a las condiciones aplicadas.

Así también se mencionó que los pavimentos están conformados por diferentes capas de material seleccionado y el cual va aumentando de calidad y control del mismo con forme se acerca a la capa de rodamiento, que existen normas de calidad para cada tipo de capa o proponer o construir, las cuales permiten la uniformidad de las características en los diferentes materiales utilizados para una denominada capa específica de la estructura de un pavimento.

Se mencionó uno de los principales métodos de diseño para los pavimentos rígidos, siendo el Portland Cement Association (PCA), el cual se basa principalmente en el procedimiento para el cálculo que se realizó, por lo cual la presente tesis se basó en el método por medio de graficas siendo el método satisfactorio y exitoso para la realización del pavimento rígido de dicho tramo.

Y, por último, se definió la estructura de pavimento más adecuada para nuestra investigación de la cual ya se mencionó en párrafos anteriores. Así mismo dentro de la investigación se mencionan las características de los materiales que intervienen en la realización del concreto hidráulico, los aditivos más comunes utilizados, los tipos y principales características de los pavimentos de concreto hidráulico o pavimentos rígidos.

BIBLIOGRAFIA

Olivera Bustamante, Fernando (2006).

Estructuración de Vías Terrestres.

Ed. CECSA, México.

Olivera Bustamante, Fernando (2008).

Estructuración de Vías Terrestres.

Ed. CECSA, México.

Cemex Concretos (2003).

Manual del Constructor.

Ed. Cemex.

Tamayo y Tamayo, Mario (2000).

El Proceso de la Investigación Científica.

Ed. Limusa, México.

Secretaría de Comunicaciones y Transportes (1986).

Manual de dispositivos para el control del tránsito en calles y carreteras.

Rico Rodríguez, Alfonso y Del Castillo, Hermilo (1994).

La Ingeniería de Suelos en las Vías Terrestres: Carreteras, Ferrocarriles y Aeropistas.

Ed. Limusa, México.

Mier Suárez, José Alfonso (1987).

Introducción a la Ingeniería de Caminos.

Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, México.

Crespo Villalaz, Carlos (1996).

Vías de Comunicación: Caminos, Ferrocarriles, Aeropuertos, Puentes y Puertos.

Ed. Limusa, México.

Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto A.C. (2002).

Pavimentos de Concreto para Carreteras.

Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto A.C.

Coronado Iturbide, Jorge. (2002).

Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos.

Secretaría de Investigación Económica Centroamericana.

OTRAS FUENTES DE INFORMACION

www.google.com

www.inegi.com

www.wikipedia.com

www.cemex.com

ANEXOS

