



**BUAP**

# **BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA**

**Facultad de Ingeniería**

**Secretaría de Investigación y Estudios de Posgrado**

## **VALUACIÓN DE PAVIMENTOS RÍGIDOS Y FLEXIBLES DENTRO DEL PATIO CENTRAL PARA RESGUARDO DE VEHICULOS EN PLANTA VOLKSWAGEN, PUEBLA**

**TESIS**

Que para obtener el grado de

**MAESTRA EN VALUACIÓN**

Presenta:

**LORENA HERNÁNDEZ ESPINO**

Asesor de tesis:

M.I. Jorge A Caraza Islas

Coasesor de tesis:

M.V. David A Sánchez Jiménez

Puebla, Pue.

Septiembre 2014

## Introducción

La infraestructura vial impacta positiva o negativamente en la economía de un país al facilitar o dificultar el transporte requerido para producir y comercializar los bienes y servicios que requiere la población, pero su valor no se puede medir sólo por su costo inicial, sino también por los gastos que implica su mantenimiento y el costo que implica el material con el que es construida.

En el caso de la rama automotriz se plantea la necesidad de proporcionar infraestructuras viales eficientes y eficaces a un costo razonable, lo que sin duda se convierte en caldo de cultivo para el debate sobre qué tipo de material se debe utilizar en su construcción.

En el transcurso del tiempo el diseño de los pavimentos ha ido cambiando en respuesta al tipo de uso, los pavimentos han ido evolucionando de acuerdo a sus cargas y a sus aforos vehiculares. Es por esto que hemos visto distintos procedimientos constructivos al momento de realizar superficies de rodamiento. Enfocándonos el área de pavimentos para resguardo de vehículos hemos visto que en varias ocasiones el estado físico de los pavimentos se encuentra en muy mal estado, muchas veces por falta de mantenimiento, en otras ocasiones por inadecuados procesos constructivos o por falta de conocimiento en cuanto al diseño de los mismos.

En términos generales los especialistas coinciden en que existen dos clases de estructuras de pavimento, los flexibles (asfalto) y los rígidos (concreto o hormigón), y la principal diferencia entre estos es la forma en cómo se reparten las cargas.

A lo largo del tiempo, en México, como en otras partes del mundo, muchos de los pavimentos utilizados se desgastan de manera prematura, la planta de Volkswagen en Puebla no está ajena a esta problemática; en lo que respecta a los

procedimientos constructivos derivados del tipo de terreno y usos específicos, que serán objeto de estudio y análisis en el desarrollo de este trabajo.

En este estudio, lo correcto es que se comparen ambos materiales bajo igualdad de condiciones, es decir, que si se va a diseñar un pavimento de asfalto con durabilidad de 20 años, entonces se presente un diseño alternativo de concreto o viceversa, los dos con la misma durabilidad, y que se consideren los costos de mantenimiento en las dos propuestas para determinar cuál es la mejor inversión

En esta investigación expondremos en los primeros 5 capítulos los conceptos de los dos sistemas constructivos antes mencionados, primero el de concreto hidráulico y sus elementos fundamentales describiendo todos sus componentes así como sus especificaciones técnicas y posteriormente el de pavimento asfáltico y sus componentes, describiremos el sistema constructivo de los dos materiales tomando en cuenta las mismas condiciones físicas para poder hacer comparables, en el capítulo 6 definiremos el concepto de vida útil y durabilidad, comportamiento de los pavimentos, composición de tránsito y posteriormente determinaremos las condiciones en las que se construirá el patio de resguardo con las mismas condiciones de suelo y el mismo aforo vehicular, obteniendo los resultados de diseño de cada uno de los procesos.

En el capítulo 7 se definirán algunos conceptos de valuación correspondientes al tema que estamos desarrollando, obtendremos el presupuesto del pavimento asfáltico e hidráulico, posteriormente realizaremos un avalúo de enfoque físico para cada uno de los procedimientos para finalizar con un avalúo por capitalización de rentas, lo que nos llevará a una conclusión de cuál de los dos diseños constructivos es más rentable y así poder demostrar nuestra hipótesis.

## **Dedicatorias**

A la mejor pareja de ingenieros con experiencia y pasión por su trabajo, que me guiaron y me brindaron los escalones para llegar a concluir esta presentación Ing. Rufino Hernández e Ing. Jorge Caraza.

A mi mamá que con una palabra me hace sentir feliz...

A Carlos que ha sido mi compañero de vida y me ha brindado su apoyo incondicional, además de ser mi razón de ser.

A mis maestros de la vida que han estado en el lugar y momento precisos.

## **ÍNDICE**

### **INTRODUCCIÓN**

### **DEDICATORIAS**

## **CAPÍTULO 1.- PRELIMINARES**

1.1.- Justificación.	1
1.2.- Objetivo General.	2
1.3.- Marco Jurídico.	3
1.4.- Marco Teórico.	3
1.5.- Planteamiento del problema.	4
1.6.- Hipótesis.	4
1.7.- Método de trabajo.	4
1.8.- Descripción del método de trabajo.	5

## **CAPÍTULO 2.- FUNDAMENTOS DEL CONCRETO**

2.1 Características de los pavimentos	6
2.2 Definición de concreto hidráulico	7
2.3 Concreto recién mezclado	8
2.4 Trabajabilidad	8
2.5 Sangrado	9
2.6 Hidratación, tiempo de fraguado y endurecimiento	9

2.7 Curado	10
2.8 Resistencia	11
2.9 Masa volumétrica	11
2.10 Durabilidad	12
2.11 Módulo de ruptura	12
2.11.1 Datos técnicos para la elaboración de un concreto	12
2.11.2 Resistencia a la flexión del concreto	13
<b>CAPÍTULO 3.- PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DE LOS PAVIMENTOS DE CONCRETO HIDRÁULICO</b>	
3.1 Componentes pavimento hidráulico	14
3.1.1 Subrasante	14
3.1.2 Sub-base	15
3.1.3 Riego de impregnación	15
3.1.4 Superficie de rodadura	16
3.2 Proceso constructivo de la losa de concreto	16
3.2.1 Elaboración de concreto hidráulico	17
3.2.2 Cimbrado del concreto hidráulico	17
3.2.3 Colocación del concreto	18
3.2.4 Barras de amarre	18
3.2.5 Barras pasajuntas (juntas trasnversales)	19

3.2.6 Vibrado y perfilado	19
3.2.7 Acabado superficial del pavimento	20
3.2.8 Microtexturizado longitudinal	20
3.2.9 Macrottexturizado Trasnversal	21
3.2.10 Curado del concreto	22
3.2.11 Modulaci3n de las losas	22
3.2.12 Juntas frías	23
3.2.13 Corte de juntas en el concreto	23
3.2.14 Ensanche de juntas	24
3.2.15 Limpieza y sello de juntas	24
<b>CAPÍTULO 4.- COMPONENTES DE LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS</b>	
4.1 Variables de dise1o de los pavimentos	26
4.2 Mezclas asfálticas	27
4.3 Proporci3n de vacíos en la mezcla asfáltica	27
4.4 Clasificaci3n por el tama1o m1ximo del agregado pétreo	28
4.5 Clasificaci3n por la estructura del agregado pétreo	28
4.6 Clasificaci3n por la granulometría del material pétreo	29
4.7.1 Procedencia	29
4.7.2 Tama1o:	30
4.8 Cemento asfáltico	30

4.8.1 Propiedades básicas del cemento asfáltico	30
4.8.2 Reacciones del cemento asfáltico	31
4.8.3 Características requeridas del cemento asfáltico	31
4.9 Características requeridas para la mezcla asfáltica	32
4.10 Carpeta asfáltica	32
4.11 Características de los materiales de la carpeta asfáltica	32
4.12 Clasificación de las carpetas asfálticas	34
4.13 Componentes de la carpeta asfáltica	35
4.14 Riego de sello	35

## **CAPITULO 5.- PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DEL PAVIMENTO ASFÁLTICO**

5.1.1 Subrasante	37
5.1.2 Base	37
5.1.3 Riego de impregnación	38
5.2 Producción de la mezcla asfáltica	38
5.2.1 Planta discontinua	39
5.2.2 Planta continua	39
5.3 Procedimiento constructivo de la carpeta en obra	40
5.3.1 Determinación de la compactación	41

## **CAPITULO 6.- DISEÑO Y ESTRUCTURACIÓN DEL PATIO DE RESGUARDO DE LA VW MEDIANTE PAVIMENTOS RÍGIDOS Y**

## **FLEXIBLES**

6.1 Vida útil	43
6.2 Durabilidad	44
6.3 Comportamiento de los pavimentos	46
6.4 Composición del tránsito	48
6.5 Proyecto patio de resguardo de la planta VW	48
6.5.1 Ubicación	48
6.5.2 Aforo vehicular	48
6.6 Consideraciones para el diseño de pavimentos rígidos	49
6.6.1 Resultados	49
6.6.2 Barras de amarre	50
6.6.3 Croquis esquemático	50
6.6.4 Detalles de juntas	51
6.7 Datos del pavimento flexible	52
6.7.1 Total de ejes equivalentes	53
6.7.2 Resultados	53

## **CAPITULO 7.- VALUACIÓN PATIO DE RESGUARDO**

7.1 Tipos de evaluaciones	54
7.2 Indicadores	55
7.3 Presupuesto pavimento asfáltico	57

7.4 Presupuesto pavimento hidráulico	58
7.5 Estudio de mercado terreno comercial	59
7.6 Avalúo de concreto hidráulico	60
7.7 Avalúo de pavimento asfáltico	66
7.8 Avalúo por capitalización de rentas pavimento hidráulico	71
7.9 Avalúo por capitalización de rentas pavimento asfáltico	74
CONCLUSIONES	77
BIBLIOGRAFÍA	80
ANEXOS	

# **CAPITULO 1.- PRELIMINARES**

Dentro de las empresas en general así como las enfocadas a la rama automotriz existen requerimientos de infraestructura muy puntuales, en el término de pavimentos el tema es aún más importante ya que sus procesos de producción están íntimamente relacionados con las superficies de rodamiento.

A través de este estudio se analizan los principales criterios que deben regir la utilización de materiales de distinta naturaleza dentro de la estructuración general y la influencia de las características geotécnicas de los materiales del conjunto. Se analiza la influencia que en los costos de conservación y de operación del transporte llega a tener la estructuración que se adopte y se contemplan esos costos con referencia al de la construcción inicial, lo que permite llegar a una propuesta sobre la estructuración del pavimento.

## **1.1.- Justificación**

Existe una disyuntiva entre el uso de pavimentos rígidos o flexibles para la realización de un pavimento óptimo dentro de un patio de resguardo. En primer lugar se discute el papel fundamental que juegan las características del comportamiento mecánico de los materiales térreos utilizado, dentro del comportamiento general, considerando el efecto del tránsito y los que provienen del intemperismo y efecto del agua.

En este estudio nos enfocaremos a realizar el diseño de dos procesos constructivos recomendados para superficies utilizadas como patio de resguardo, uno a base de

superficies de concreto hidráulico y otro a base de concreto asfáltico para así poder valorar el costo de ambos y obtener un fundamento técnico para conocer la durabilidad así como el costo de los mismos.

Para poder obtener menores costos globales de los pavimentos muy bien contruidos para una situación presente, que sean capaces de afrontar el desarrollo futuro por intervenciones de refuerzo hacia arriba, en adición a lo antes hecho en comparación a secciones débiles no útiles para la aplicación de esas políticas y necesidades de frecuentes reconstrucciones

## **1.2.- Objetivo general**

Valorar la vida útil y rentabilidad económica de los pavimentos de concreto hidráulicos y pavimentos asfálticos para la realización óptima de un patio de maniobras

### **Objetivos específicos**

- Entender los componentes y procedimientos constructivos de los concretos hidráulicos
- Entender los componentes y procedimientos constructivos de los concretos asfálticos
- Entender el adecuado diseño estructural debido al tipo de carga y materiales requeridos para los patios de resguardo
- Conocer el proceso constructivo indicado para el correcto funcionamiento de los patios de maniobras
- Comparar de la rentabilidad económica de ambos procesos

### **1.3.- Marco Jurídico**

En este capítulo observaremos el conjunto de códigos y manuales en los que se rige nuestro tema, comenzando por el COREMUN en el capítulo 294 así como el manual AASHTO y PCA

- CODIGO REGLAMENTARIO DEL MUNICIPIO DE PUEBLA.

#### **ARTÍCULO 294 DE LOS ESTACIONAMIENTOS**

- AASHTO. “AASHTO

Guide for Design of Pavement Structures

1993” American Association of State Highway and Transportation Officials, 1993.

- PCA.

“Thickness design for Concrete Highways and street Pavements”. Portland Cement Association 1984.

### **1.4.- Marco Teórico**

El objeto de estudio será conocer el proceso constructivo adecuado para la realización de un pavimento dentro de un patio de resguardo, mediante el conocimiento de los términos de cada uno de los elementos de los pavimentos, así como sus procesos constructivos, materiales a utilizar, las plantas que los producen y los métodos de conservación de cada uno. Para poder desarrollar una metodología orientada a

controlar y verificar la calidad, en cada uno de los procesos constructivos así como el conocimiento puntual de los costos de producción.

Para poder calcular los costos de colocación así como su vida útil, para poder demostrar el costo de cada uno de los dos sistemas a través de un tiempo definido

### **1.5.- Planteamiento del problema**

Cuando realizamos la construcción de pavimentos cuyo uso en particular es para resguardo de vehículos, muchas veces no contamos con el diseño adecuado lo que provoca fallas en el pavimento.

Para las empresas en el ramo industrial es de primera necesidad realizar pavimentos durables que cumplan con las normas y características específicas requeridas, ya que esto les representa pérdidas o ganancias en la comercialización de sus productos, en este trabajo nuestro objeto es demostrar lo siguiente: ¿El pavimento de concreto hidráulico es más costoso que el pavimento asfáltico, cuál de los dos sistemas tiene una mayor vida útil?

### **1.6.- Hipótesis**

La vida útil de los pavimentos de concreto hidráulico es mayor que la de los pavimentos asfálticos, así como su rentabilidad económica

## **1.7.- Método de trabajo**

Desarrollar los fundamentos de los pavimentos rígidos y flexibles, conocer los procesos constructivos de cada uno, realizar un diseño de pavimento adecuado, valorar los costos de los pavimentos y realizar una gráfica con los resultados

## **1.8.- Descripción del método de trabajo**

- Definir los conceptos del pavimento rígido, materiales y mano de obra.
- Definir de los procesos constructivos y vida útil del pavimento rígido.
- Definir los conceptos del pavimento asfáltico, materiales y mano de obra.
- Definir los procesos constructivos y vida útil del pavimento asfáltico.
- Conocer las cargas específicas a requerir
- Proponer un diseño estructural para el pavimento rígido.
- Proponer un diseño estructural para el pavimento asfáltico.
- Conocer el funcionamiento de los patios de maniobras
- Valorar los costos de los dos procedimientos
- Realizar una tabla de la vida útil de los dos procesos constructivos.
- Obtener conclusiones del estudio

## **CAPÍTULO 2 FUNDAMENTOS DEL CONCRETO**

El pavimento es la estructura formada por un conjunto de capas sobre el suelo de fundación de un camino, destinada a facilitar y hacer más confortable y seguro el tránsito de vehículos, en este capítulo analizaremos los conceptos fundamentales para la realización de pavimentos de concreto hidráulico.

Existen 3 tipos de pavimentos utilizados más comúnmente:

- Pavimentos flexibles: la capa superior es asfáltica
- Pavimentos rígidos: la capa superior es concreto hidráulico
- Pavimentos articulados: Adoquines

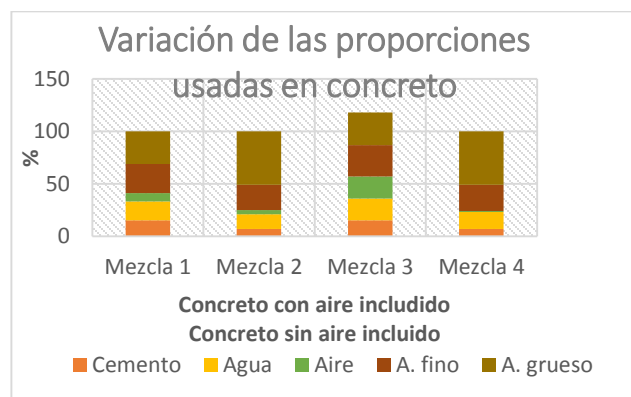
### **2.1.- Características de los pavimentos**

Al momento de realizar un pavimento esperamos que tenga un comportamiento funcional, es decir que sea resistente a través de aspectos que afectan a la calidad de rodadura para lograr comodidad y seguridad de los usuarios esto se define como serviciabilidad

También se espera que cuenten con un comportamiento estructural. Las fallas que sobrevienen por insuficiencia en la capacidad de resistir las solicitaciones de tránsito producen un agrietamiento por fatiga produciendo deterioros superficiales y deformaciones

## 2.2.- Definición de concreto hidráulico

El concreto es una mezcla de dos componentes: agregados y pasta. La pasta, compuesta de cemento Portland y agua, une los agregados, normalmente arena y grava, creando una masa similar a una roca. Esto ocurre por el endurecimiento de la pasta en consecuencia de la reacción química del cemento con el agua. La pasta se compone de materiales cementantes, agua y aire atrapado, la pasta constituye del 25% al 40% del volumen total del concreto, los agregados constituyen del 60% al 75% del volumen total del concreto. Los agregados deben de componerse de partículas con resistencia mecánica adecuada y con resistencia a las condiciones de exposición y no deben contener materiales que puedan causar deterioro del concreto. La calidad del concreto depende de la calidad de la pasta y el agregado y de la unión entre los dos. En un concreto altamente confeccionado, cada y toda partícula de agregado es completamente cubierta por la pasta y todos los espacios entre las partículas de agregados se llenan totalmente con pasta. Para cualquier grupo de materiales y condiciones de curado, la calidad del concreto endurecido es fuertemente influenciada por la cantidad del agua usada con relación a la cantidad de cemento.



**Fig. 1 Variación de las proporciones usadas en concreto, en volumen absoluto. Las barras 1 y 3 representan mezclas ricas con agregados de pequeño tamaño. Las barras 2 y 4 representan mezclas pobres con agregados gruesos** <sup>1</sup>

<sup>1</sup>. KOSMATKA Steven H, KERKHOFF Beatrix, C.PANARESE William, TANESI Jussara *Diseño y Control de Mezclas de Concreto*, Portland Cement Association, Skokie, Illinois EE.UU. 2004, página 1

### **2.3.- Concreto recién mezclado**

Debe ser plástico y semifluido, capaz de ser moldeado a mano. Una mezcla de concreto muy húmeda se puede moldear en el sentido de que pueda colarse o colocarse en el molde o cimbra. El volumen del concreto mezclado en relación con el tamaño del tambor de la mezcladora, el tiempo transcurrido entre el proporcionamiento y el mezclado, el diseño, configuración y condiciones del tambor y de las paletas de la mezcladora son factores importantes en el mezclado. Las mezcladoras aprobadas, correctamente operadas y conservadas garantizan un intercambio de materiales de extremo a extremo a través de la acción del rolado, plegado y mezclado del volumen del concreto sobre sí mismo mientras que el concreto se mezcla.

### **2.4.- Trabajabilidad**

La palabra trabajabilidad se define como la facilidad de colocación, consolidación, acabado del concreto fresco y el grado que resiste a la segregación. El concreto debe ser trabajable pero los ingredientes no deben separarse durante el transporte y el manejo.

Factores que influyen en la trabajabilidad del concreto:

- Método y duración del transporte
- Cantidad y características de los materiales cementantes
- Consistencia del concreto (cono de Abrams o revenimiento)
- Tamaño, forma y textura superficial de los agregados finos y gruesos
- Aire incluido
- Cantidad de agua
- Temperatura del concreto y del aire

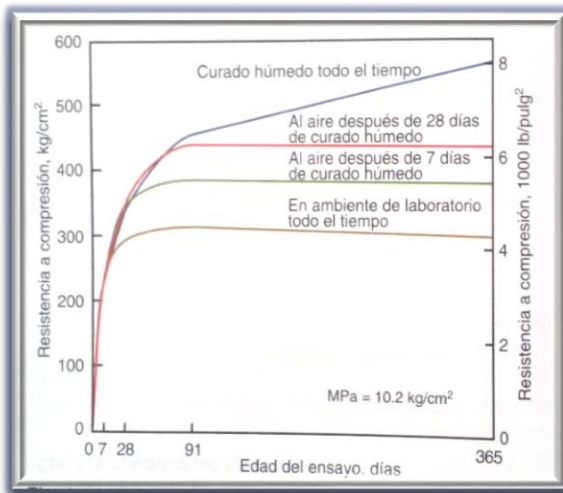
- La distribución uniforme de las partículas de agregado y la presencia del aire incorporado ayudan en el control de la segregación y a la mejoría de la trabajabilidad

## **2.5.- Sangrado**

Es el desarrollo de una lámina de agua en el tope o en la superficie del concreto recién colocado. Causado por la sedimentación (asentamiento) de las partículas sólidas (cemento y agregados) y la subida del agua hacia la superficie. Un poco de sangrado es útil en el control de la fisuración por contracción plástica. Por otro lado si es excesiva aumenta la relación agua-cemento cerca de la superficie; puede ocurrir una capa superficial débil y con poca durabilidad, particularmente si se hace el acabado cuando el agua del sangrado aún está presente. Después de que toda el agua de sangrado se evapore, la superficie endurecida va a quedar un poco más baja que la superficie recién colocada. Esta disminución de altura desde el momento de la colocación hasta el inicio del fraguado se llama contracción por sedimentación.

## **2.6.- Hidratación, tiempo de fraguado y endurecimiento**

La calidad de adherencia de la pasta de cemento portland se debe a las reacciones químicas entre el cemento y el agua, conocidas como hidratación. El cemento portland es una mezcla de muchos compuestos. Cuatro de ellos totalizan 90% del peso del cemento: silicato tricálcico, silicato dicálcico, aluminato tricálcico y ferroaluminato tetracálcico. Los dos silicatos de calcio, los cuales constituyen el 75% del peso del cemento portland, reaccionan con el agua para formar dos compuestos: hidróxido de calcio y silicato de calcio hidratado, las propiedades de ingeniería del concreto, fraguado, resistencia y estabilidad dimensional dependen de este compuesto



**Fig 2 La resistencia del concreto aumenta con la edad, desde que haya adecuada humedad y temperatura favorable para la hidratación del cemento (Gonnnerman y Shuman 1928<sup>2</sup>)**

Mientras el concreto se endurece, su volumen bruto permanece casi inalterado, pero el concreto endurecido contiene poros llenos de agua y aire, los cuales no tienen resistencia. Cuanto menos porosa es la pasta de cemento, más resistente es el concreto. Se necesitan 0.4 gramos de agua por gramo de cemento para su hidratación completa. El conocimiento de la velocidad de reacción entre el cemento y el agua es importante porque determina el tiempo de fraguado y endurecimiento. La reacción principal debe ser suficientemente lenta para que haya tiempo para transportar y colocar el concreto, una vez colocado y acabado es deseable su endurecimiento rápido.

## 2.7.- Curado

El concreto no se endurece o se cura con el secado. El concreto necesita de humedad para hidratarse y endurecerse. Cuando el concreto se seca, la resistencia para de crecer; el hecho es que el secado no indica que haya ocurrido suficiente hidratación para que se obtengan las propiedades físicas deseables. El conocimiento de la velocidad de desecación es útil para el entendimiento de las propiedades o condiciones

<sup>2</sup> KOSMATKA Steven H, KERKHOFF Beatrix, C.PANARESE William, TANESI Jussara *Diseño y Control de Mezclas de Concreto*, Portland Cement Association, Skokie, Illinois EE.UU. 2004, página 1

físicas del concreto, el concreto necesita tener suficiente humedad durante el periodo de curado para que el concreto se hidrate hasta que se puedan lograr las propiedades deseables. Los concretos recién colocados tienen abundancia de agua, pero a medida que el secado progresa de la superficie hacia el interior del concreto, el aumento de resistencia continúa sólo hasta cada profundidad, desde que la humedad relativa en aquella profundidad permanezca arriba de los 80%. En la superficie de los pisos de concreto que no tuvo suficiente curado húmedo, se vuelve débil y el tráfico sobre él crea polvo, al secarse, el concreto se retrae por pérdida de agua. La contracción por secado es la principal causa de fisuración.

## **2.8.- Resistencia**

La resistencia a compresión se puede definir como la medida máxima de la resistencia a carga axial de especímenes de concreto, normalmente se expresa en kg por cm<sup>2</sup> a una edad a 28 días. La resistencia a los 7 días se estima como al 75% de la resistencia total, la resistencia a la compresión se designa con el símbolo  $f'_c$

## **2.9.- Masa volumétrica**

El concreto convencional, usado en pavimentos tiene una masa volumétrica que varía entre los 2200 y 2400 kg/m<sup>3</sup>. La masa volumétrica del concreto varía dependiendo de la cantidad y la densidad del agregado, la cantidad de aire atrapado y las cantidades de agua cemento.

## **2.10.- Durabilidad**

La durabilidad del concreto se puede definir como la habilidad del concreto en resistir a la acción del ambiente, al ataque químico y a la abrasión, manteniendo sus propiedades de ingeniería.

## 2.11.- Módulo de ruptura

El Concreto MR Resistente a la Flexión o Módulo de Ruptura (MR) es el concreto ideal para las condiciones de carga en la estructura de concreto soportadas sobre terreno, se utiliza especialmente en pavimentos

Características principales:

- El concreto MR está diseñado para resistir los esfuerzos de compresión y tensión que resultan de la flexión de las losas
- Más resistente a los esfuerzos causados por el alabeo de las losas por efectos de los cambios de temperatura
- Mayor resistencia al desgaste por el paso de los vehículos ya que, sometiendo la losa a cargas dinámicas, los esfuerzos de flexión internos en una losa de concreto se encuentran más cercanos a su resistencia última a la flexión (MR), que los esfuerzos internos de compresión contra su resistencia última a la compresión ( $f'c$ )

### 2.11.1.- Datos Técnicos para la elaboración de un concreto

A continuación se muestran las características de un concreto en estado fresco y uno en estado endurecido.

#### Concreto Fresco:

- Revenimiento hasta 12 cm
- Masa Unitaria de 2,100 a 2,400 kg/m<sup>3</sup>
- El mayor tamaño de agregado pétreo que se pueda emplear

## Concreto Endurecido:

- Módulo de Ruptura (MR) de 32 a 50 kg/cm<sup>2</sup>
- Características antiderrapantes y reflejantes
- La resistencia a la flexión se determina a través de la prueba de Módulo de Ruptura (MR) de acuerdo con la norma ASTM C 78

### 2.11.2.- Resistencia a la Flexión del concreto

En la que se aplica la carga a los tercios del claro en una viga de concreto

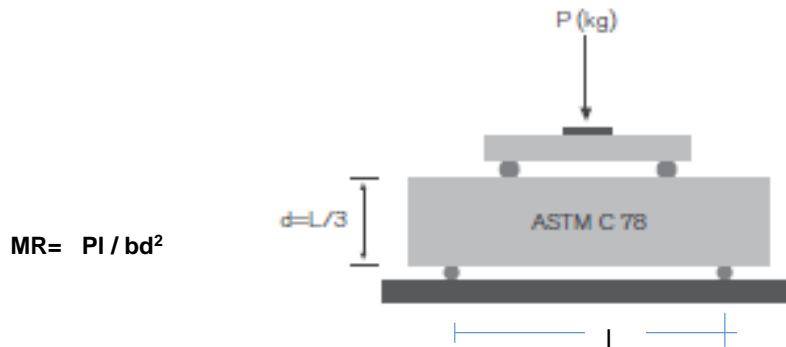


Fig 3 Esquema carga concreto MR<sup>3</sup>

En donde:

P= Carga (kg)

d= Peralte de la viga (cm)

l= Distancia entre apoyos (cm)

b= Ancho de la viga (cm)

---

<sup>3</sup> Pavimentos de concreto Cemex, *Impulsando el desarrollo de México*, México 2010 p.49-139

## **CAPÍTULO 3 PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DE LOS PAVIMENTOS DE CONCRETO HIDRÁULICO**

Cada año, las empresas invierten una alta parte de su presupuesto en el mantenimiento de áreas deterioradas de estacionamientos. Con un estacionamiento de concreto hidráulico, este ritual anual se reduce virtualmente a nada. Se diseña un área de estacionamiento de concreto hidráulico empleando principios de ingeniería bien establecidos para soportar el tránsito esperado durante 20 años. Los requisitos de mantenimiento son mínimos, porque el pavimento es rígido, lo que elimina la formación de baches y depresiones.

En este capítulo describiremos el procedimiento constructivo de los pavimentos de concreto hidráulico así como los elementos necesarios requeridos para su colocación

### **3.1.- Componentes pavimento de concreto hidráulico**

El espesor de pavimento dependerá en gran parte de la calidad de la subrasante, por lo que ésta debe cumplir con los requisitos de resistencia, incompresibilidad e inmunidad a la expansión y contracción por efectos de la humedad.

#### **3.1.1.- Subrasante**

Es la capa de terreno de una carretera que soporta la estructura de pavimento y que se extiende hasta una profundidad que no afecte la carga de diseño que corresponde al tránsito previsto. Esta capa puede estar formada en corte o relleno y una vez compactada debe tener buena calidad en secciones transversales y pendientes especificadas en los planos finales de diseño.

### **3.1.2.- Sub-base**

Se emplea por las siguientes razones:

- Control de bombeo
- Control de las heladas
- Drenaje
- Control de la contracción y expansión de las terracerías
- Facilidad de construcción

La sub-base proporciona alguna capacidad estructural, aunque no se coloca con ese fin, pues la losa debe ser suficiente para soportar las cargas y por consiguiente la sub base no influye en el espesor de la losa, influye muy poco en aeropistas.

### **3.1.3.-Riego de impregnación**

Se utiliza por procedimiento constructivo para que la sub-base no se deteriore durante las maniobras de construcción de la losa de concreto hidráulico, además permitirá que la losa se deslice libremente al presentarse los cambios volumétricos por temperatura, permitiendo su función a los elementos de liga y pasajuntas con los que se estructura la losa. También sirve como impermeabilizante evitando la pérdida de agua del concreto fresco. La calidad de esta capa es similar a la base de los pavimentos asfálticos.

Se emplea un producto asfáltico emulsificado, a veces diluida con agua a una proporción aproximada de 1.1 a 1.4 lt/m<sup>2</sup>, dependiendo de la textura de la capa de sub-base

### 3.1.4.-Superficie de rodadura

Es la capa superior de la estructura de pavimento, construida con concreto hidráulico, por lo que debido a su rigidez y alto módulo de elasticidad, basan su capacidad portante en la losa, más que en la capacidad de las capas inferiores

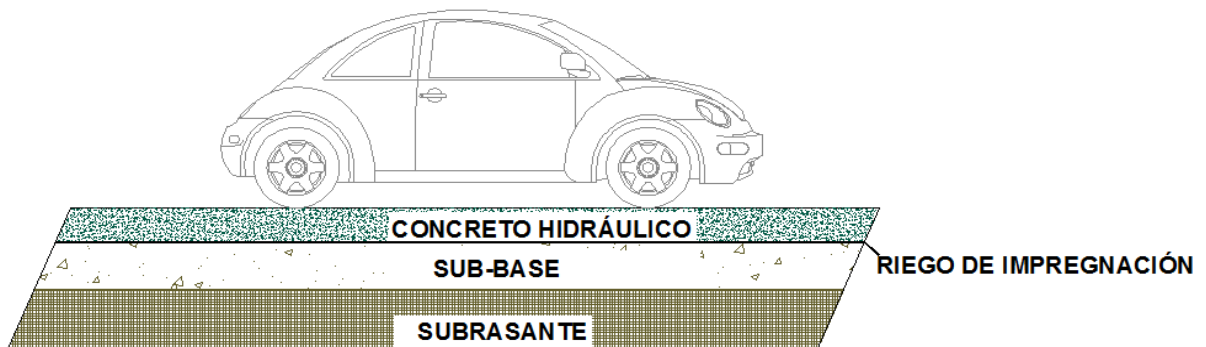


Fig.4 Estructura pavimento rígido

Fuente: Propia

### 3.2.- Proceso constructivo de la losa de concreto

El diseño del procedimiento constructivo se determinará de acuerdo a las mismas condiciones respecto a sus capas inferiores en las que diseñaremos ambos pavimentos, variando únicamente en la capa superior, ya sea concreto hidráulico o concreto asfáltico para poder hacer la comparativa con las mismas condiciones. Para el pavimento de concreto hidráulico, para su colocación existen 2 métodos:

- **Pavimentación con Cimbra Deslizante:** Utilizada para autopistas, carreteras y avenidas urbanas de alto volumen de tránsito.
- **Pavimentación con Cimbra Fija:** Utilizada para pavimentos urbanos y estacionamientos en áreas pequeñas

### **3.2.1- Elaboración de concreto hidráulico**

El Concreto se recomienda que sea Premezclado Profesionalmente de resistencia a la Flexión o Módulo de Ruptura. El Revenimiento apropiado para colocación del concreto con cimbra fija es:

- En superficies planas con pendientes ligeras 10 cm +- 2 cm
- En superficies con pendientes mayores al 8% 8 cm +-2 cm

Es importante garantizar la calidad del concreto y que el suministro sea constante y continuo para mantener la homogeneidad del pavimento, se recomienda que entre el tendido de una olla mezcladora y otra no transcurran más de 25 minutos, aunque de preferencia este tiempo deberá ser menor.

### **3.2.2.- Cimbrado del concreto hidráulico**

El cimbrado consiste en colocar montenes metálicos calibre 10 cuyo peralte corresponda con el espesor del pavimento. Estos deberán ser reforzados con soleras @ 30 cm para darle rigidez. La colocación de la cimbra deberá ir siguiendo el alineamiento y los niveles, se sujetan con troqueles de varilla #3 a #5 cuya longitud mínima es igual al doble del espesor del pavimento y se colocan @ 1.0 m aproximadamente. Se deberá de contar con una cantidad suficiente de tramos de cimbra para alcanzar avances significativos de colado continuo durante varias jornadas de trabajo. La cimbra deberá realizarse en franjas previamente establecidas para mantener las condiciones de igualdad superficial entre losa y losa.

### **3.2.3.- Colocación del concreto**

El concreto que se mezcla en ollas revolventoras se vacía sobre la sub-base, se esparce a lo todo lo ancho del pavimento a paleo manual. Deberá limpiarse y humedecerse previamente la superficie que recibe al concreto para evitar que se absorba el agua de la mezcla. Se deberán colar franjas longitudinales de longitud correspondiente a un día de pavimentación.

### **3.2.4.-Barras de Amarre**

Las barras de amarre se colocan a lo largo de la junta longitudinal para amarrar dos losas, con la finalidad de que se mantengan juntas y de que se asegure que la carga se transfiera a través de la junta.

Se deberán colocar en las juntas que se indican en nuestro proyecto con el propósito de evitar el corrimiento o desplazamiento de las franjas de losas. Las barras serán corrugadas, de acero estructural con un límite de fluencia ( $F_y$ ) de cuatro mil doscientos (4200) mitad del espesor y en la posición indicada en el proyecto.

Todas las barras corrugadas deberán protegerse contra la corrosión si es que los estudios climatológicos y químicos del lugar demuestran que puede presentarse este fenómeno. Las barras de amarre se colocan en las juntas longitudinales, independientemente de si son juntas frías o de corte, el diámetro, longitud y separación serán los mostrados en el proyecto.

### 3.2.5.- Barras pasajuntas (juntas transversales)

Las pasajuntas se usan en las juntas transversales para transeferir las cargas a las losas adyacentes, minimiza el fenómeno de bombeo; las pasajuntas son barras de acero redondo liso  $f_y = 4,200 \text{ kg/cm}^2$  la cual no se debe de adherir al concreto permitiendo el libre movimiento de losas longitudinalmente, pero si debe de transferir verticalmente parte de la carga aplicada en una losa a la adyacente. Se colocan perfectamente alineadas a la mitad del espesor de la losa.

El diámetro, longitud y separación de las pasajuntas está en función del espesor de las losas principalmente.



Fig. 5 Detalle pasajuntas en losas de concreto<sup>4</sup>

### 3.2.6.- Vibrado y perfilado

Una vez colocado el concreto se deberá acomodar en las orillas cercanas a la cimbra utilizando un vibrador manual, posteriormente se pasa la regla o el rodillo vibratorio que le dan el vibrado final a la masa del concreto, las barras de amarre se deberán colocar inmediatamente antes de que pase la regla o el rodillo, con ayuda de un escantillón para colocarlas exactamente a la mitad del espesor. Después de pasado el rodillo deberá utilizarse una flotadora de aluminio o magnesio en sentido transversal para dar el perfilado definitivo al pavimento.

---

<sup>4</sup> Pavimentos de concreto Cemex, *Impulsando el desarrollo de México*, México 2010 p.452-139

### **3.2.7.- Acabado superficial del pavimento**

Es el acabado de la superficie del concreto al proceso de obtener una textura acorde a las especificaciones del proyecto, homogénea, segura y durable, mediante técnicas sencillas y de rápida ejecución y usando las herramientas adecuadas. Primero se realiza el afine, con el afine se busca conseguir una superficie adecuada para obtener un buen texturizado, resistente a la fricción del tráfico y sin afectar la geometría dejada por el extrusado. No se debe hacer el terminado mientras se observe la presencia de agua en la superficie.

Las llanas metálicas más comúnmente usadas son las de tipo perfil acanalado. Los concretos para pavimentos sangran poco o nada y con una buena labor de vibrado se deja una superficie con suficiente mortero como para que no haya ninguna dificultad en obtener un buen acabado, el exceso de vibrado creara superficies con exceso de mortero lo que a su vez ocasiona baja resistencia a la fricción.

Normalmente la primera pasada de la llana abre poros y permite salida de pequeñas cantidades de agua y aire presente cerca a la superficie, la segunda pasada o el uso de otra herramienta busca cerrar los poros abiertos y sacar a la superficie granos de arena, esta otra herramienta puede ser una llana fina tipo fresno.

### **3.2.8.- Microtexturizado Longitudinal**

Buena parte de la seguridad que un pavimento nos pueda ofrecer esta dada por la correcta ejecución de esta etapa, la distancia de frenado de los vehículos tiene relación

directa con el grado de adherencia o fricción que hay entre la superficies de contacto neumático - concreto.

El microtexturizado se realiza corriendo una tela de yute húmeda a lo largo del tramo de concreto una vez que se ha logrado un buen afinado y que la superficie esta seca para que permita la presencia de granos de arena después del paso de la tela. Las variables a controlar son: la humedad de la tela, el tiempo de aplicación y la velocidad de aplicación.

El exceso de humedad se percibe con la presencia de burbujas de agua detrás del paso de la manta, por el contrario la falta de humedad causa levantamiento de concreto. El tiempo de aplicación debe ser al cambio de tono del concreto de brillante a mate, la velocidad debe ser suficiente para no levantar concreto.

### **3.2.9.- Macrotexturizado Transversal**

El macrotexturizado o texturizado transversal que normalmente se realiza con peine metálico, permite la rápida evacuación de agua de la superficie del pavimento, permitiendo el contacto entre los neumáticos de los vehículos a alta velocidad y el pavimento y evitando el peligroso acuaplaneo.

Las variables a tener en cuenta son el tiempo de aplicación, la profundidad del texturizado y la separación de las cerdas. La profundidad de texturizado debe estar entre los 3 mm y los 6 mm que es suficiente como para que se marque suficientemente el peine, pero de tal forma que el agregado grueso no se levante o se mueva y no se marque en exceso. Es importante utilizar peines de texturizado en buen estado, con todos sus dientes, limpios y bien alineados a fin de no producir un efecto irregular

### **3.2.10.- Curado del Concreto**

Esta operación se efectuara aplicando en la superficie una membrana de curado a razón de un litro por metro cuadrado (1 lt/ m<sup>2</sup>), para obtener un espesor uniforme de aproximadamente un milímetro (1 mm), que deje una membrana impermeable y consistente de color claro que impida la evaporación del agua que contiene la mezcla del concreto fresco. Los compuestos curadores más adecuados tienen un pigmento de color blanco, esto les da la ventaja de no concentrar el calor en el concreto y permiten distinguir las zonas ya tratadas y la uniformidad de su aplicación. El compuesto curador se aplica inmediatamente después de efectuarse el texturizado transversal, aunque en ocasiones y con el fin de proteger el concreto de la acción del sol y vientos fuertes rasantes, se puede hacer en dos etapas aplicando la primera antes del microtexturizado y la segunda después del texturizado transversal. Durante el tiempo de endurecimiento del concreto, deberá protegerse la superficie de las losas contra acciones accidentales de origen climático, de herramientas o del paso del equipo o seres vivos.

### **3.2.11.- Modulación de las Losas**

La modulación de las losas es proveer la geometría de tableros. El mayor cuidado se debe tener en garantizar que la junta quede en el mismo sitio donde fueron colocados los pasa juntas. La señal para la localización de las canastillas y de la junta debe quedar suficientemente separada de la losa y del sector de tránsito de la máquina para que no sea borrada en el trabajo de pavimentación y revise que la modulación se haga con base a las marcas de los dos extremos de la losa y que la señal se haga siempre de la misma forma a fin de evitar confusiones.

### **3.2.12.- Juntas Frías**

Son similares a las juntas trasnversales, es necesario realizar una planeación adecuada de juntas frías, para mantener la uniformidad en el pavimento y evitar desperdicios o faltantes de concreto. La junta fría se debe construir en todo el ancho de colado, se deben utilizar canastas de barras pasajuntas para garantizar la transferencia de cargas entre las losas. La alineación de las pasajuntas y su correcta instalación dependen en gran medida de la cimbra utilizada para formar la junta. Siempre que sea posible se deberá de tratar de hacer coincidir la junta fria con una junta de contracción.

### **3.2.13.- Corte de Juntas en el Concreto**

El corte de las losas de concreto es una generalidad de todos los pavimentos de concreto, la profundidad del corte es de un tercio del espesor de la losa.

Este corte deberá realizarse cuando el concreto presente las condiciones de endurecimiento propicias para su ejecución y antes de que se produzcan agrietamientos no controlados. Es importante iniciar el corte en el momento adecuado, ya que de empezar a cortar antes de tiempo podemos generar despostillamientos de las losas, en el caso de realizar el corte en forma tardía se estaría permitiendo que el concreto definiera los patrones de agrietamiento y de nada servirían los cortes por realizar. Este tiempo depende de las condiciones de humedad y clima en la zona, así como de la mezcla de concreto, por lo general el proceso de corte debe iniciar deberá iniciar entre las 4 o 6 horas de haber colocado el concreto y deberá terminar antes de 12 horas después del colado del pavimento. Deberán realizarse primero los cortes transversales y posteriormente los longitudinales.

### **3.2.14.- Ensanche de Juntas**

El ensanche de la junta o segundo corte se realiza para obtener suficiente espacio donde alojar el material que se usara en el sello y de esta forma ofrecer un factor de forma apropiado (en profundidad y ancho) para el correcto desempeño del sellador. El factor de forma especificado para cada proyecto debe ser incluido en las especificaciones constructivas. El corte de ensanche se hace con cortadoras de corte húmedo y la forma se obtiene ya sea con un disco de 6 mm de espesor o apilando dos discos de 3 mm de espesor y cortando a una profundidad menor.

### **3.2.15.- Limpieza y Sello de Juntas**

La limpieza de juntas es necesaria para evitar que dentro de la junta se alojen materiales incompresibles y permitir una perfecta adherencia entre el sellador y el concreto.

Las actividades generales de esta etapa son:

- Lavado de la junta con agua a presión
- Limpieza de la junta
- Secado con aire a presión.
- Inserción de la Cintilla de Respaldo
- Aplicación del material de sello

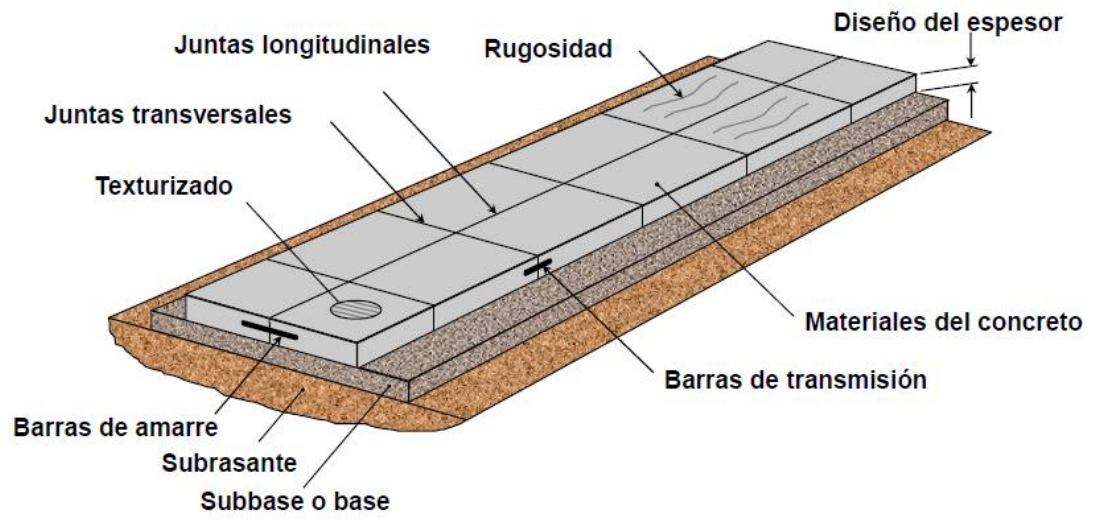


Fig 6 Esquema estructura pavimento de concreto<sup>5</sup>

---

<sup>5</sup> Consulta mayo 2014 [http://libro-pavimentos.blogspot.mx/2010\\_02\\_01\\_archive.html](http://libro-pavimentos.blogspot.mx/2010_02_01_archive.html)

## CAPITULO 4 COMPONENTES DE LAS MEZCLAS ASFALTICAS

En este capítulo describiremos los elementos que integran a las mezclas asfálticas para la comprensión de los elementos que integran a los pavimentos flexibles así como las diferencias entre los distintos tipos de pavimento.

### 4.1.- Variables de diseño de los pavimentos

Los factores que intervienen en el comportamiento de un pavimento, modificando su capacidad de servicio, constituyen argumentos fundamentales que deben hacerse intervenir en las gráficas de diseño, en las cuales también deberá aparecer el nivel de falla aceptado o el parámetro de comportamiento. Las variables de diseño pueden agruparse en 3 categorías:

- **Variables estructurales:** Comprenden características tales como los espesores de las capas, medidas de resistencia de los materiales y resistencia de conjunto del pavimento.
- **Variables de carga:** Dentro de este grupo deben considerarse aquellas características como tipo de ejes, cargas aplicadas, presiones de contacto, tránsito mezclado y tránsito equivalente.
- **Variables climáticas y regionales:** incluyen todas aquellas características climáticas, topográficas y aspectos locales que afectan el comportamiento de los pavimentos, así como los factores de temperatura y lluvia

## **. 4.2.- Mezclas asfálticas**

Son productos que se obtienen mediante la incorporación de un material pétreo y un material asfáltico que puede ser cemento asfáltico o una emulsión asfáltica.

Las mezclas asfálticas, también reciben el nombre de aglomerados asfálticos, están constituidas aproximadamente por un 90 % de agregados pétreos grueso y fino, un 5% de polvo mineral filler (fino no activo) y otro 5% de ligante asfáltico. Los componentes mencionados anteriormente son de gran importancia para el correcto funcionamiento del pavimento y la falta de calidad en alguno de ellos afecta el conjunto.

Es de gran importancia conocer la cantidad de asfalto por emplearse, debiéndose buscar un contenido óptimo; ya que en una mezcla este elemento forma una membrana alrededor de las partículas de un espesor tal que sea suficiente para resistir los efectos del tránsito y de la intemperie, pero no debe resultar muy gruesa ya que puede provocar una pérdida de la estabilidad, además este exceso de asfalto puede hacer resbalosa la superficie, para calcular este óptimo se tienen las pruebas de compresión simple para mezclas en frío, la prueba Marshall para muestras en caliente.

## **4.3. Proporción de Vacíos en la mezcla asfáltica**

Este parámetro suele ser imprescindible para que no se produzcan deformaciones plásticas como consecuencia del paso de las cargas y de las variaciones térmicas. Debido a la cantidad de vacíos, las mezclas se pueden clasificar de la siguiente manera:

- **Mezclas Cerradas o Densas:** La proporción de vacíos no supera el 6 %.
- **Mezclas Semi-cerradas o Semi-densas:** La proporción de vacíos está entre el 6 % y el 10 %.
- **Mezclas Abiertas:** La proporción de vacíos supera el 12 %.
- **Mezclas Porosas o Drenantes:** La proporción de vacíos es superior al 20 %.

#### 4.4.- Clasificación por el tamaño máximo del agregado pétreo:

- **Mezclas Gruesas:** Donde el tamaño máximo del agregado pétreo excede los 10 mm.
- **Mezclas Finas:** También llamadas microaglomerados, pueden denominarse también morteros asfálticos, pues se trata de mezclas formadas básicamente por un árido fino incluyendo el polvo mineral y un ligante asfáltico. El tamaño máximo del agregado pétreo determina el espesor mínimo con el que ha de extenderse una mezcla que vendría a ser del doble al triple del tamaño máximo

#### 4.5.- Clasificación por la estructura del agregado pétreo

- **Mezclas con Esqueleto mineral:** Poseen un esqueleto mineral resistente, su componente de resistencia debida al rozamiento interno de los agregados es notable.
- **Mezclas sin Esqueleto mineral:** No poseen un esqueleto mineral resistente, la resistencia es debida exclusivamente a la cohesión de la masilla. Ejemplo, los diferentes tipos de masillas asfálticas.

#### 4.6.- Clasificación por la Granulometría del material pétreo

- **Mezclas Continuas:** Una cantidad muy distribuida de diferentes tamaños de agregado pétreo en el uso granulométrico.

- **Mezclas Discontinuas:** Una cantidad muy limitada de tamaños de agregado pétreo en el uso granulométrico.

#### 4.7.- Componentes pétreos de las mezclas asfálticas

Se clasifican de acuerdo al tamaño de los materiales y la procedencia de los materiales pétreos, se clasifican en 3 tipos:}

- **Naturales:** Depósitos que no requieren realizar ningún tratamiento para procesarlos. Partículas formadas por procesos de erosión y degradación como la acción del viento, el agua, el hielo y los químicos
- **Procesados:** Son materiales que requieren de algún tratamiento para su obtención. Ya sea Cribado, triturado o los que proceden de fragmentos (mantos de roca o gravas naturales) que son trituradas para reducir su tamaño
- **Sintéticos o artificiales:** No existen en estado natural, son el producto del procesamiento físico o químico de materiales, subproductos de procesos industriales de producción como el refinamiento de minerales como la escoria de altos hornos.

#### 4.7.1.- Tamaño:

También se clasifican por su tamaño dependiendo de la malla se dividen en 3 tipos:

- **Gravas:** Tamaño mayor a la malla No. 4
- **Arena:** Tamaño menor que la malla No. 4 pero mayor que la malla No. 200
- **Finos:** Tamaño menor que la malla No. 200, para este caso los finos son el filler (material que pasa la malla No. 200 pero es inerte)

En conjunto, el material debe cumplir con la composición granulométrica, según sea el tipo de mezcla asfáltica requerida

#### 4.8.- Cemento asfáltico

Material negro, cementante, que varía ampliamente en consistencia entre sólido y semisólido a temperaturas ambientes normales. Se obtiene por destilación del petróleo crudo. El asfalto es un material bituminoso, sólido o semisólido con propiedades aglutinantes y que se licua gradualmente al calentarse.

##### 4.8.1.- Propiedades básicas del cemento asfáltico

- **Físicas:**

Durabilidad

Adhesión

Susceptibilidad térmica

Envejecimiento

Endurecimiento

– **Químicas:**

Hidrocarburo (hidrógeno y carbono) + S, O, N.

Disuelto en el heptano: se disuelven los Maltenos y quedan los Asfaltenos

Maltenos: Resinas y aceites

#### **4.8.2- Reacciones del cemento asfáltico**

Los cambios que pueden producirse son por la evaporación de los compuestos más volátiles, la oxidación por los cambios con el oxígeno, la polimerización (combinación de dos o más moléculas para formar una molécula más pesada), las resinas se transforman gradualmente en asfaltenos y los aceites en resinas ocasionando aumento de viscosidad por envejecimiento.

Las proporciones pueden variar por altas temperaturas, exposición a la luz y al Oxígeno, por el tipo de agregados y por el espesor de la película de asfalto en el pétreo

#### **4.8.3.- Características requeridas del Cemento Asfáltico**

**Tipo: Cemento asfáltico AC-20**

- Viscosidad S.S.F. 120 min
- Penetración 25°C, 100 g 5 seg 60 min

- Ductilidad 50 cm min
- Punto de inflamación 232°C min
- Punto de reblandecimiento °C de 48 a 56

#### **4.9.- Características requeridas para la mezcla asfáltica**

- Estabilidad 816 kg mínimo
- Flujo de 2 a 4 mm
- Vacíos de 3 a 5%
- V.A.M. 14% mín.
- V.F.A. de 65 a 75%
- Compactación mínima 95%

#### **4.10.- Carpeta asfáltica**

Es la capa que se coloca sobre la base, su función es propiciar al tránsito una superficie estable, impermeable, uniforme, de textura apropiada y que soporte las cargas necesarias de tránsito. La carpeta asfáltica está constituida de 95% a 90% de materiales pétreos y de 5% a 9% de producto asfáltico, esto motiva a un control muy estricto de la dosificación de los materiales. Una sobrecarpeta es la que se coloca sobre otra carpeta construida con anterioridad.

#### 4.11.- Características de los materiales de la carpeta asfáltica

##### Para el material pétreo:

- **Granulometría adecuada** ( agregado menor a una pulgada de diámetro)
- **Dureza** para lo cual se le efectuarán los ensayos de desgaste
- **Forma de las partículas** deberá ser lo más cúbica posible, recomendamos no usar material en forma de laja o aguja pues se rompen con facilidad alterando la granulometría y pudiendo provocar fallas en la carpeta.

##### Para la mezcla asfáltica:

- **Durabilidad** Está en función de la cantidad de vacíos, un alto contenido de vacíos provoca que entre el agua y el aire causando deterioro. Un contenido bajo, puede producir exudación del asfalto, entre más alta es la densidad, menor es la cantidad de vacíos.
- **Vacíos** Es necesario que todas las mezclas densamente graduadas, contengan cierto porcentaje de vacíos.
- **Densidad o Peso volumétrico** El tener alta densidad de la mezcla terminada, trae como consecuencia un rendimiento duradero. La densidad del laboratorio es una referencia patrón de la densidad de la obra. La comparación de estas densidades es la Compactación
- **Control del contenido de asfalto** Cuando existe aumento de asfalto en la mezcla se reduce la resistencia, baja la estabilidad, reduce vacíos, aumenta la deformación, aumenta el flujo y con temperatura alta se

vuelve inestable. Cuando existe disminución de asfalto aumentan los vacíos, la carpeta se vuelve más rígida, se reduce el peso volumétrico, se disminuye la deformación y se puede disgregar

#### 4.12.- Clasificación de las carpetas asfálticas

- **Mezclas asfálticas en Caliente:** Se fabrican con asfaltos a unas temperaturas elevadas, en el rango de los 150 grados centígrados, según la viscosidad del ligante, se calientan también los agregados, para que el asfalto no se enfríe al entrar en contacto con ellos. La puesta en obra se realiza a temperaturas no menores a 130 grados centígrados, pues en caso contrario, estos materiales no pueden extenderse y menos aún compactarse adecuadamente.
- **Mezclas asfálticas en Frío:** El ligante suele ser una emulsión asfáltica (debido a que se sigue utilizando en algunos lugares los asfaltos fluidificados), se fabrica y la puesta en obra se realiza a temperatura ambiente.

#### 4.13.- Componentes de la carpeta asfáltica

- **Agregados pétreos.**
- **Material asfáltico.** Cemento asfáltico o emulsiones (En Mexico se utiliza el AC-20)
- **Emulsión asfáltica.** Aniónicas (-), catiónicas (+) y de rompimiento rápido, medio y lento que dependerá del tipo de material y condiciones de la zona

Para lograr una adherencia entre la capa de base impregnada y la mezcla asfáltica que conformará la carpeta, se realiza la aplicación de un riego con un producto asfáltico

este producto actualmente consiste en una emulsión asfáltica de rompimiento rápido, con intención que el asfalto constituyente de la emulsión se deposite rápidamente y permita continuar con el tendido de la mezcla asfáltica. A este riego asfáltico se le denomina como **riego de liga**.

Y para que exista una transición adecuada entre la base y la liga, previamente se aplicó un riego asfáltico sobre la base que recibe el nombre de **riego de impregnación**. Este riego asfáltico, se aplica sobre la capa de base con el objeto de impermeabilizarla y favorecer la adherencia entre ella y la carpeta asfáltica, como anteriormente se indicó; el material asfáltico que se utiliza normalmente es una emulsión, ya sea de rompimiento lento o especial para impregnación o bien un asfalto rebajado.

#### **4.14.- Riego de sello**

Consiste en la aplicación de un material asfáltico, cubierto con una capa de material pétreo, para impermeabilizar la carpeta, protegerla del desgaste y proporcionar una superficie antiderrapante

El material pétreo, corresponde al existente en la parte superficial de la corteza terrestre, el que está constituido por rocas, las que pueden ser Ígneas, Metamórficas o Sedimentarias, mismas que para su empleo requieren de un proceso de barrenación y voladura (empleo de explosivos), para crear fragmentos de ella, siendo estos fragmentos, los que también por un proceso de trituración total y cribado, nos proporcionen el material adecuado para la elaboración de mezcla asfáltica para carpeta, siendo estos materiales los más sanos y apropiados para este empleo.

Sin embargo estos materiales (rocas) con el paso del tiempo han formado suelos de diferentes tipos (interesándonos los suelos gruesos), por la descomposición química o desintegración mecánica de estas rocas, siendo los conglomerados y/o aglomerados, parcial o débilmente cementados, los valles con gravas y arenas, los

lechos de los ríos, etc. Formaciones que se han logrado por el paso del tiempo y como anteriormente se comentó de las rocas originales, y que para su explotación, u obtención, no es necesario el empleo de explosivos como es en el caso de las rocas sanas, procediendo únicamente a explotar por medio de algún tractor, (actualmente sustituido por retroexcavadoras poderosas) que aflojan el material y se realiza posteriormente una trituración parcial y cribado para lograr obtener material requerido.

De los materiales pétreos se requiere principalmente dureza y resistencia que por medio de pruebas de laboratorio esta se puede determinar.

La importancia del pétreo influye, ya que el 95% en peso aproximadamente es la cantidad requerida para su empleo contra un 5% aproximadamente del cemento asfáltico, en la elaboración de mezclas asfálticas. Por esto mismo, es muy importante y conveniente contar con un material de buena calidad, en beneficio de las obras, por lo que el material debe contar además con composición granulométrica, peso específico, densidad, absorción sanidad entre otras características, que se determinan en el laboratorio de pavimentos y que deben estar cumpliendo con las normas vigentes al respecto, para ser aceptados como material pétreo para constituir carpetas asfálticas, una prueba también de importancia es la de afinidad con el producto asfáltico, ya que esta prueba nos determinará un buen comportamiento del pétreo en la mezcla asfáltica.

## **CAPITULO 5 PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DEL PAVIMENTO ASFALTICO**

El espesor de pavimento dependerá en gran parte de la calidad de la subrasante, por lo que ésta debe cumplir con varios requisitos, por consiguiente, el diseño de un pavimento es esencialmente el ajuste de la carga de diseño por rueda a la capacidad de la subrasante.

### **5.1.1 Subrasante**

Es la capa de terreno que soporta la estructura de pavimento y que se extiende hasta una profundidad que no afecte la carga de diseño que corresponde al tránsito previsto. Esta capa puede estar formada en corte o relleno y una vez compactada debe tener buena calidad en secciones transversales y pendientes especificadas en los planos finales de diseño.

### **5.1.2. Base**

Es un elemento fundamental, desde el punto de vista estructural, su función consiste en proporcionar un elemento resistente que transmita a las capas inferiores, los esfuerzos producidos por el tránsito en una intensidad apropiada . La base en muchos casos debe también drenar el agua que se introduzca a través de la carpeta o por los acotamientos del pavimento, así como impedir la ascensión capilar.

### **5.1.3. Riego de impregnación**

Se emplea para proteger a la capa terminada de la base, permitiendo que posteriormente se coloque la carpeta asfáltica y la superficie no se destruya con el tiempo previo a su construcción

Se emplea un producto asfáltico emulsificado, a veces diluida con agua a una proporción aproximada de 1.1 a 1.4 lt/m<sup>2</sup>, dependiendo de la textura de la capa de Base. La estructura de un pavimento asfáltico se compone de todas las capas que se colocan arriba de la subrasante preparada. La carpeta superior es la de rodamiento, esta puede tener un espesor variable dependiendo de una gran variedad de factores y circunstancias, construcción y mantenimiento. Mientras una gran variedad de bases pueden ser utilizadas en las estructuras de los pavimentos asfálticos, a menudo éstas consisten de material granular compactado ó suelo estabilizado. Una de las principales ventajas de los pavimentos asfálticos es la economía asegurada por la utilización de materiales disponibles localmente. Generalmente, es preferible tratar los materiales granulares utilizados en las bases. En este capítulo definiremos el proceso constructivo de los pavimentos flexibles

### **5.2.- Producción de la mezcla asfáltica**

Para la elaboración de la mezcla asfáltica en planta en caliente, consiste en incorporar perfectamente dosificados tanto los componentes pétreos como el producto asfáltico, y para poderlo lograr se requiere contar con plantas apropiadas que permitan calentar, dosificar y mezclar los materiales a temperaturas ambos superiores a los 150 °C, estas plantas tradicionalmente pueden ser de dos formas para lograrlo planta discontinua o continua.

### **5.2.1.- Planta discontinua**

En la planta de concreto asfáltico se deberá tener el material pétreo del diámetro adecuado (menor de una pulgada) que de preferencia deberá estar triturado y cumplir con las especificaciones que marca la SCT. Este material se eleva a un cilindro de calentamiento y secado hasta llegar a una temperatura de 160 a 175° C, de ahí se pasa a la unidad de mezclado donde se criba para alimentar 3 o 4 tolvas con material de diferente tamaño, se pesa la cantidad de material necesaria de pétreo y se depositan en las cajas mezcladoras donde se le provee de cemento asfáltico el cual deberá estar a una temperatura de 130 a 150° C, se recomienda no exceder estos valores para evitar que se pierdan propiedades, se realiza la mezcla hasta su homogenización y ésta se vacía a los vehículos a una temperatura de entre 120 y 130° C, de preferencia esta mezcla se cubre con una lona para evitar se enfríe en el trayecto.

### **5.2.2.- Planta continua**

Una planta asfáltica continua es una instalación que entrega mezcla asfáltica ininterrumpidamente, por lo que es necesario alimentarla continuamente con agregados pétreos y asfalto. Para conocer el funcionamiento de esta instalación, se la dividirá en cuatro sectores o áreas básicas

- Descarga de materias primas (áridos y asfalto)
- Alimentación y secado de áridos
- Mezclado de áridos y asfalto
- Transporte de la mezcla al silo de almacenamiento final.

Además, se incluyen los riesgos presentes en el control de calidad (laboratorio de control) tanto por los materiales como por los equipos que se emplean.

### **5.3.- Procedimiento constructivo de la carpeta en obra**

En el lugar donde se va a colocar la carpeta, unas dos horas antes de que llegue el concreto asfáltico, se efectúa un riego de emulsión asfáltica de rompimiento rápido que se conoce como riego de liga, esta capa de asfalto nos ayudará a que exista una adherencia adecuada entre el suelo de la base y la carpeta, este riego se efectúa en una proporción de 0.7lt/m<sup>2</sup>, se barren los charcos de asfalto excesivo y se elimina el total de la basura y materiales extraños, para evitar que este riego sea desprendido por las ruedas de los vehículos, se recomienda efectuar un poreo con mezcla asfáltica del primer viaje de material.

La mezcla asfáltica deberá llegar a una temperatura no menor a 135°C, esto se verifica con un termómetro de varilla. La mezcla se vacía en la máquina extendedora o pavimentadora (finisher) que formará una capa de mezcla asfáltica debidamente mezclada y con el espesor suelto apropiado para posteriormente a su compactación obtener el espesor compacto requerido, se recomienda tener una cuadrilla de rastrillos que apoyen para aseguren una textura conveniente en la superficie y que borren las juntas longitudinalmente entre franjas. A una temperatura superior a 120° C se le aplica una compactación con un compactador de rodillo liso para armar la mezcla asfáltica; los rodillos se moverán paralelamente al eje del camino y de la orilla hacia el centro, y del lado interior hacia el exterior en las curvas. En los aeropuertos además de lo anterior se pasa el equipo en la dirección perpendicular y oblicua con respecto al eje del camino. Después de hacer esto con el compactador de rodillos lisos, se pasa un compactador neumático hasta alcanzar el grado de compactación que marca el proyecto (min. 95%), para posteriormente pasar nuevamente el equipo de compactación de rodillos lisos, con el fin de borrar la huellas dejadas por el equipo de compactación con neumático.

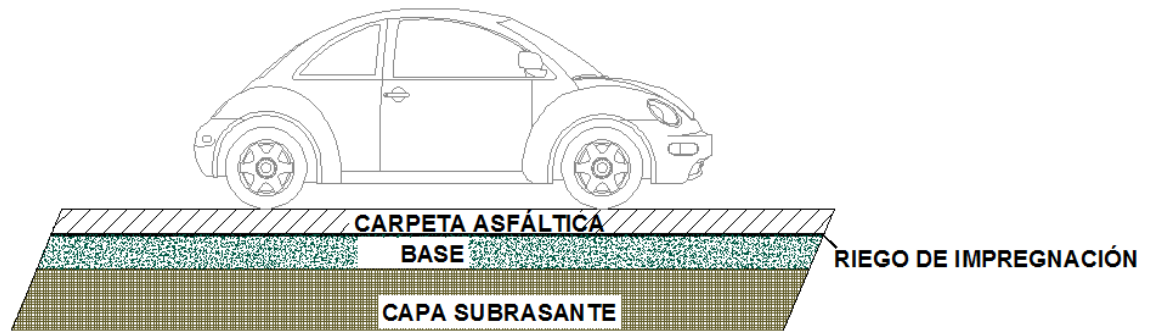


Fig 7 Estructura pavimento flexible

Fuente: Propia

En el tendido se va verificando el acabado de la mezcla colocada; si la extendidora no cuenta con sensores, se verifica con la ayuda de un escantillón, el espesor suelto de la carpeta que se va colocando, se realizan las correcciones de las irregularidades superficiales, así como se verifica la temperatura.

### 5.3.1.- Determinación de la compactación

El peso volumétrico del lugar se realiza en campo, mediante la extracción de un núcleo, se toma el peso volumétrico máximo por el sistema Marshall y se compara con el peso volumétrico del lugar para conocer la compactación.

Para la aceptación del trabajo se deberá verificar el alineamiento, el perfil, la sección, la compactación, el acabado y el espesor con las siguientes tolerancias:

En donde:

$e$  = espesor de proyecto

$\sim e$  = espesor promedio

Ancho de la carpeta del eje a la orilla	+/- 1.0 cm
Profundidad de las depresiones en regla de 3.0 m para carreteras	+/- 0.5cm
Espesor del 93% de los casos como mínimo	$[e - e] < 0.2 \sim e$
Espesor promedio de todas las determinaciones	$\sim e < -0.98 e$

El número de corazones por extraer se determinará por:  $c=L/50$

Siendo:

C=número de corazones

L= longitud del tramo construido en un día de trabajo (m)

Que el índice del perfil de la última capa de la carpeta compactada en un tramo de 200m de longitud sea de 14 cm por km como máximo dentro de las siguientes 48 horas a la terminación de las compactaciones

## **CAPITULO 6 DISEÑO Y ESTRUCTURACIÓN DEL PATIO DE RESGUARDO DE LA VW MEDIANTE PAVIMENTOS RÍGIDOS Y FLEXIBLES**

El objeto de este capítulo es desarrollar dos procedimientos constructivos, uno para el pavimento rígido y uno para el pavimento asfáltico, considerando las mismas condiciones particulares del suelo y las mismas especificaciones del material de la capa de sub-base o base, para poder realizar una comparativa entre los dos tipos de pavimentos. En este capítulo definiremos el concepto de vida útil y durabilidad ya que serán parámetros importantes en el diseño de nuestros pavimentos.

### **6.1.- Vida útil**

Se entiende por vida útil el periodo de tiempo en el que la estructura del pavimento conserva sus características geométricas, de funcionalidad y de seguridad para las cuales fue proyectado sin costos inesperados de reparación o mantenimiento.

El periodo de iniciación ( $T_0$ ) es aquel en el que el concreto permanece inalterado, mientras que penetran los agentes agresivos provenientes del entorno.

El periodo de propagación ( $t_p$ ) comienza en el momento en el que los agentes agresivos en contacto con el concreto inducen su deterioro y comienza la reacción degradante hasta un estado límite en el que la integridad estructural o la funcionalidad de la estructura deja de ser aceptable. Los efectos principales son la fisuración y la disgregación.

El estado límite para la estructura es difícil de determinar ya que intervienen una amplia serie de factores interrelacionados, tal como el grado de deterioro mínimo aceptable para la seguridad de la estructura o para emprender una reparación efectiva y económica. Sin embargo, existen recomendaciones para estimar la capacidad resistente residual.

La predicción del periodo de vida útil residual, es decir, mientras que se desarrolle el proceso de corrosión se puede estimar si se conoce la velocidad de transporte de los agentes agresivos y esta se puede considerar como constante.

Penetración de agentes agresivos de concreto

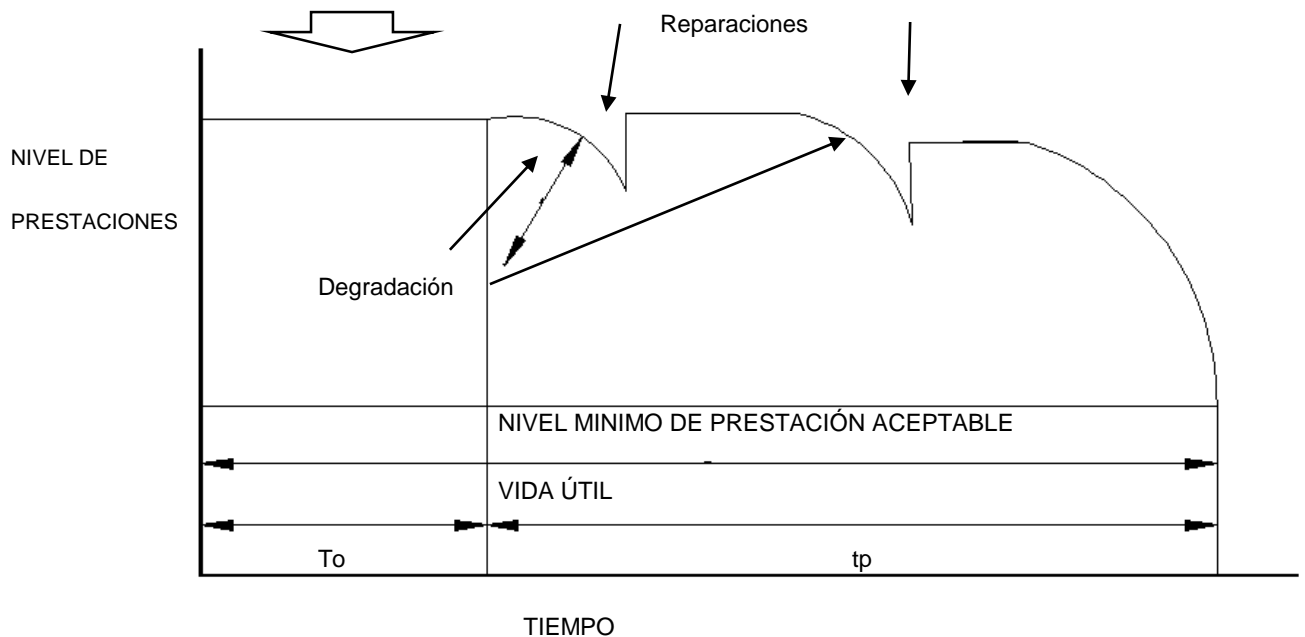


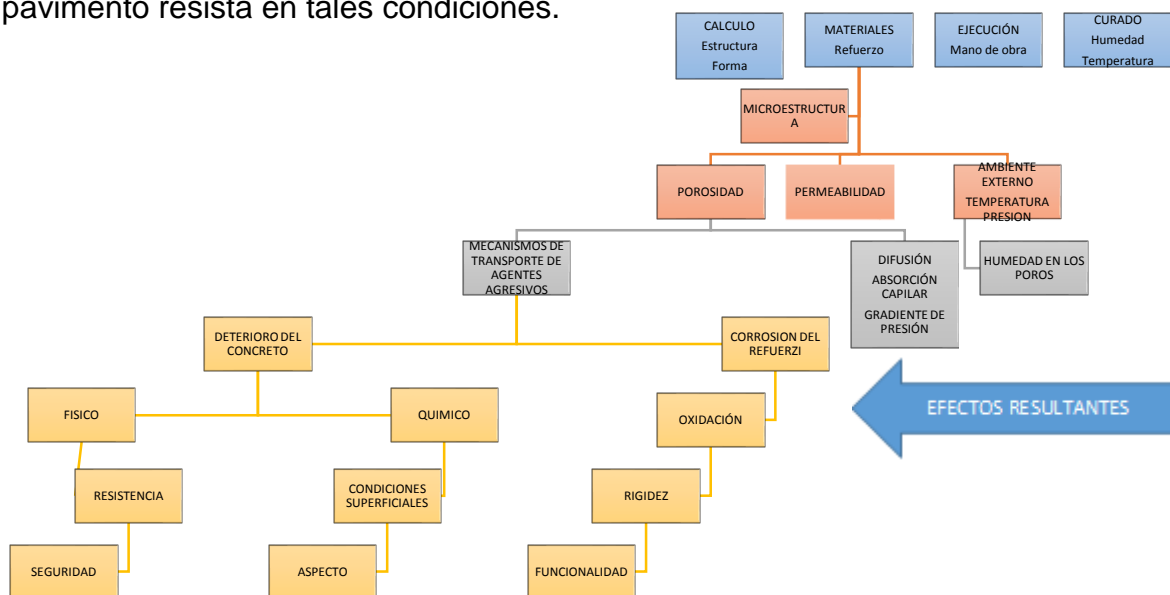
Fig 8 Esquema representando la vida útil de una estructura de concreto <sup>6</sup>

## 6.2.- Durabilidad

En el caso de la durabilidad de un pavimento hay que recordar que pueden experimentar alteraciones como consecuencia de la acción de agentes agresivos internos o externos, los cuales se caracterizan por producir efectos nocivos que se manifiestan en forma de erosiones, fisuras, expansiones, etc.

<sup>6</sup> BARBUDO, M.A. San Juan, Acción de los agentes químicos y físicos sobre el concreto, Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto AS, México DF, p.3-46

En el concreto, la durabilidad dependerá tanto de las características del concreto y del acero como de la interrelación entre ambos, así mismo, la estructura porosa resultante y la fase acuosa contenida en los poros influirán de forma decisiva sobre la accesibilidad de agentes agresivos externos hasta la armadura, ya que el contenido de fase líquida en los poros influye enormemente en la velocidad de difusión de gases e iones, a la vez que dicha fase acuosa actúa como medio electrolítico en los procesos de corrosión del acero. Los factores que pueden dañar a los pavimentos pueden ser físicos, químicos o biológicos. Entre los físicos se encuentran la erosión, abrasión, impacto, hielo-deshielo y las cargas; entre los químicos las aguas puras, marinas, ácidas y sulfáticas; y entre los biológicos los microorganismos, algas y moluscos. Estos, a su vez, pueden coexistir y actuar de forma simultánea, teniendo entonces que considerar efectos combinados.. La magnitud del daño dependerá del agente implicado, por un lado, y de la calidad del concreto por otro. A continuación se exponen las actuaciones características de diferentes medios agresivos y se propondrán métodos eficaces para que el pavimento resista en tales condiciones.



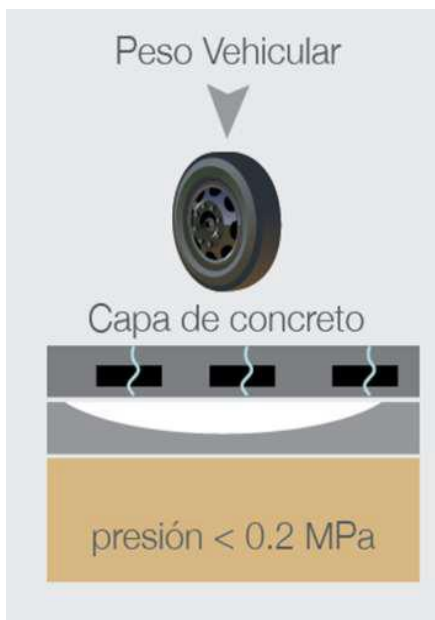
**Fig. 9 Factores que influyen en la durabilidad del concreto<sup>7</sup>**

<sup>7</sup> BARBUDO, M.A. San Juan, Acción de los agentes químicos y físicos sobre el concreto, Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto AS, México DF, p.3-46

### 6.3.- Comportamiento de los pavimentos

En un pavimento de concreto hidráulico, debido a la rigidez de la losa de hormigón se produce una buena distribución de las cargas de las ruedas de los vehículos, dando como resultado tensiones muy bajas en la subrasante. En un pavimento flexible, el concreto asfáltico, al tener menor rigidez, se deforma y transmite tensiones mayores en la subrasante. Debido a la rigidez y alto módulo de elasticidad del concreto, los pavimentos rígidos basan su capacidad portante en la losa de concreto más que en la capacidad de la subrasante.

Los pavimentos flexibles se caracterizan por ser sistemas multicapa con las capas de mejor calidad cerca de la superficie donde las tensiones son mayores. Siendo la capa superior de concreto asfáltico. Un pavimento flexible trabaja distribuyendo la carga hasta que llegue a un nivel aceptable para la subrasante.



## 6.4.- Composición del tránsito

Se indica con la siguiente figura una composición del tránsito común, solo como ejemplo, ya que en ocasiones se emplean otros tipos de vehículos además.












	Imagen	Descripción	Cargados (Tons)	Vacios (Tons)	%	Cargados %	Vacios %
A2		Automovil	2.00	1.60	70.15	100.00	0.00
A'2		Camion Ligero	5.49	2.50	0.00	0.00	100.00
B2		Autobús de dos ejes	15.47	10.48	1.19	75.00	25.00
B3		Autobús de tres ejes	19.46	11.98	5.07	75.00	25.00
B4		Autobús de cuatro ejes	20.96	12.97	0.00	0.00	100.00
C2		Camión de dos ejes	15.47	6.49	0.00	0.00	100.00
C3		Camión de tres ejes	23.45	8.48	7.25	75.00	25.00
C4		Camión de cuatro ejes	27.94	12.47	0.70	75.00	25.00
T2-S1		Tractor de dos ejes con semirremolque de un eje	25.45	9.98	0.00	0.00	100.00
T2-S2		Tractor de dos ejes con semirremolque de dos ejes	33.43	11.48	1.12	75.00	25.00
T3-S2		Tractor de tres ejes con semirremolque de dos ejes	41.41	11.98	4.18	75.00	25.00
T3-S3		Tractor de tres ejes con semirremolque de tres ejes	45.90	12.97	3.14	75.00	25.00
C2-R2		Camión de dos ejes con remolque de dos	35.43	10.48	0.00	0.00	100.00

Fig 9 Datos del tráfico Método Aashto<sup>8</sup>

<sup>8</sup> Pavimentos de concreto, Manual del usuario Diseño y Construcción de Pavimentos, México 2007, p.32

## 6.5.- Proyecto patio de resguardo de la planta VW

A continuación analizaremos las condiciones físicas en las que se considera la realización de los pavimentos

### 6.5.1.- Ubicación

El patio central para resguardo de vehículos se encuentra ubicado dentro del Parque Finsa, autopista México-Puebla Km 116, San Lorenzo Almecatla, San Juan Cautlancingo, Puebla.

### 6.5.2.- Aforo Vehicular

Dado a que el uso del patio será como almacenamiento temporal de vehículos fabricados por la Planta de VW, se consideró un Transito Diario Promedio Anual (TDPA), distribuidas en el área más crítica y de acuerdo a la clasificación AASHTO de la siguiente manera:

COMPOSICIÓN VEHICULAR		
TIPO DE VEHICULO	TOTAL	%
A2	1400	70
A'2	580	29
C2	20	1

## 6.6.- Consideraciones para el diseño de pavimentos rígidos

TABLA DE DATOS	RESULTADOS
Confiabilidad (R)	55%
Periodo de diseño	20 años
Desviación estándar (So)	0.35
Módulo de ruptura (MR)	38 kg/cm <sup>2</sup>
Coeficiente de transferencia de carga (J)	3.2
Módulo de subreacción del suelo apoyo (k)	260 pci
Coeficiente de drenaje (Cd)	1.1
Índice de servicio inicial (Po)	4.5
Índice de servicio final (Pt)	1.8

### 6.6.1.- Resultados:

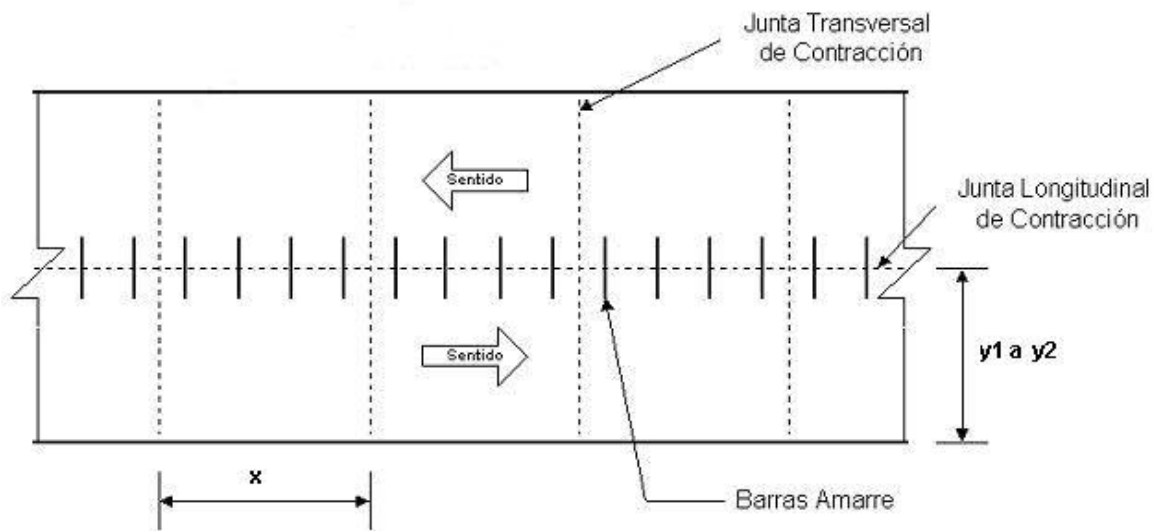
CONCEPTO	RESULTADO
Espesor del pavimento	12 cm
Módulo de ruptura	38 kg/cm <sup>2</sup>
Separación máxima de la junta trasversal	3.00 m

### 6.6.2.- Barras de amarre

Rango de separación de las juntas longitudinales				2.5 a 3.0 m		
ESPELOR DEL PAVIMENTO (cm)	DIAMETRO (in)	LONGITUD (cm)	DISTANCIA AL EXTREMO LIBRE (m)			
12	1/2	64	3.05	3.66	4.27	7.32
			76	76	76	64

Separación en cm, según la distancia al extremo libre.

### 6.6.3.- Croquis esquemático

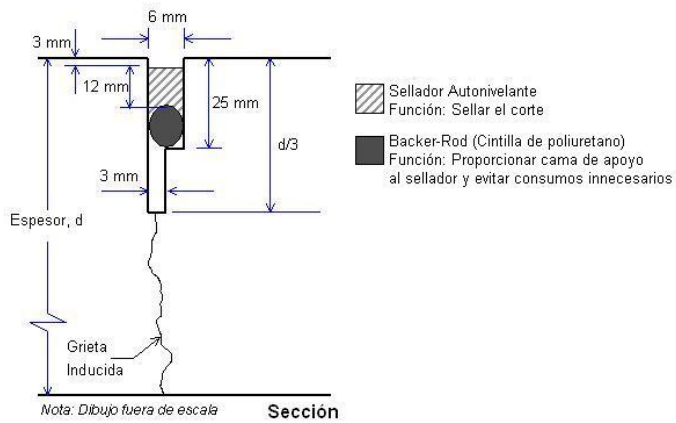


\*La relación largo ancho de las losas debe estar entre 0.71 y 1.40

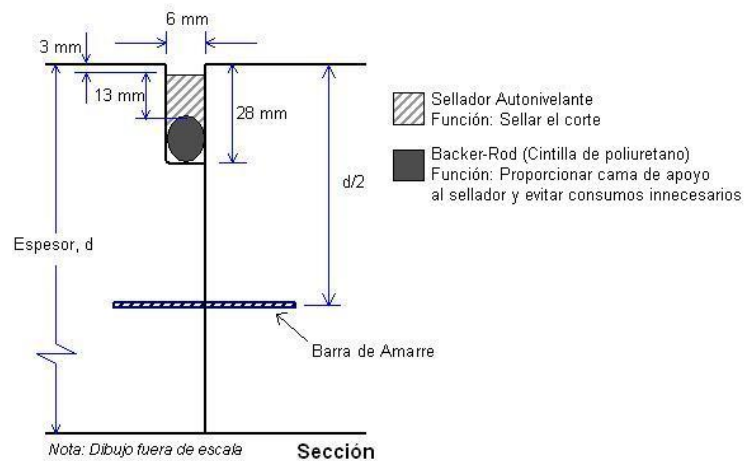
$x = 2.5$  metros    $y1 = 2.0$  metros    $y2 = 3.0$  metros \*

### 6.6.4.- Detalles de juntas:

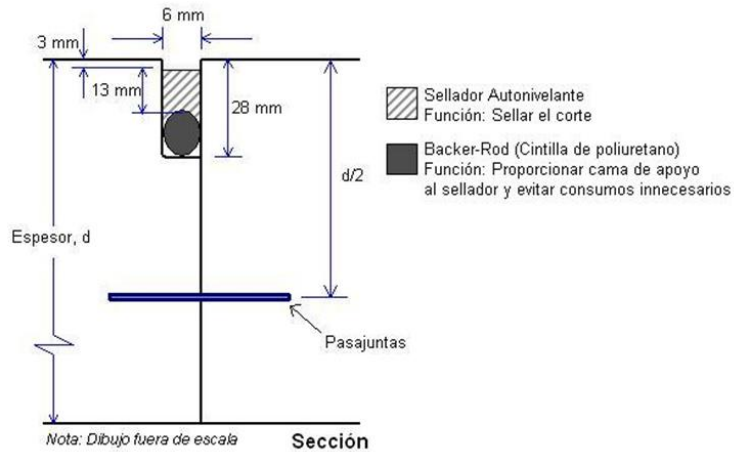
- Detalle de junta de contracción transversal aserrada con disco de diamante de 1 de espesor



- Detalle de junta longitudinal



– Detalle de junta de construcción



6.7.- Datos para el pavimento flexible

TABLA DE DATOS	RESULTADOS
TOTAL DE VEHICULOS	2000
Automoviles A2	70%
Vehículos de carga ligeros (A´2)	29%
Vehículos pesados de dos ejes (C2)	1%
Valor relativo de soporte subrasante (VRS)	20%
Años de servicio	20%
Tasa de crecimiento anual	0.1%
Distribución del tránsito	.08%
Nivel de confianza (qu)	0.8%

### 6.7.1 Total de ejes equivalentes

Con base en los datos anteriores se calcula el total de ejes equivalentes de 8.2 ton con una superficie total de ejes equivalentes de  $1.6 \times 10^6$

Para una profundidad de 15 cm el total de ejes equivalentes es de  $2.9 \times 10^5$

Para una profundidad de 30 cm el total de ejes equivalentes es de  $1.9 \times 10^5$

Requiriéndose un total equivalente de 23 cm, los que se estructurarán de la siguiente forma:

### 6.7.2 Resultados

CONCEPTO	RESULTADO
Espesor de Base	15 cm
Riego de impregnación	1.5 l/m <sup>2</sup>
Riego de liga	0.7 m <sup>2</sup>
Espesor de Carpeta	7 cm

## **CAPITULO 7 VALUACIÓN: PATIO DE RESGUARDO**

Como todas las estructuras de ingeniería, un pavimento representa un balance entre durabilidad y costo. Por lo tanto, un diseño correcto será el que llegue a satisfacer los requerimientos de servicio y durabilidad a costo mínimo. En general los pavimentos rígidos demandan poco gasto de conservación y se deterioran poco, pero su costo de construcción es alto y están circunscritos a la disponibilidad de los materiales necesarios y a un equipo de construcción especializado. Los pavimentos flexibles requieren menos inversión inicial, pero una conservación más costosa. La degradación estructural de los materiales constitutivos para carga repetida es otro aspecto importante a reflejarse en los requerimientos de conservación de los pavimentos, ya que sufren falta de conservación sistemática por lo que su vida se acorta. La pregunta que nos hacemos a menudo en el diseño de un pavimento, ¿asfalto o concreto hidráulico? La propuesta alternativa que muestre el menor costo será considerada como la mejor siempre y cuando su resultado final sea idéntico al de las propuestas con las cuales está compitiendo, en este capítulo valuaremos el diseño de los dos sistemas constructivos para poder definir diferencias concretas y conocer la rentabilidad de ambos.

### **7.1 Tipos de evaluaciones**

#### **– Evaluación Privada: Rentabilidad del proyecto**

Destinada a evaluar la rentabilidad de un proyecto de inversión desde el punto de vista de una entidad privada, analiza flujos de ingresos (peajes, pagos por contratos) contra egresos a cargo del privado (costos de construcción y/o conservación). Incidencia del costo financiero de obtención del capital de trabajo.

- **Evaluación Social: Beneficios contra costos de la población**

Analiza la rentabilidad social de un proyecto, tiene en cuenta todos los costos involucrados e incorpora el análisis de los costos de operación vehicular y tiempos de viaje

## 7.2 Indicadores

Los aspectos financieros son fundamentales en la valuación de bienes inmuebles, especialmente cuando se realizan cálculos con fines de determinar rentas por alquileres, es por ello que se deben tener en cuenta conceptos básicos para entender el análisis financiero que está involucrado en las inversiones en bienes inmuebles, a fin de obtener un beneficio económico.

- **Tasa Pasiva.-** Es la tasa que los bancos pagan a sus clientes por las inversiones que estos realizan, dependen del plazo y del tipo de moneda.
- **Tasa activa.-** Es la tasa que los bancos cobran a sus clientes por los créditos que se otorgan, depende del sector que lo solicita y del tipo de moneda.
- **Tasa nominal y tasa efectiva.-** La tasa nominal es la tasa pasiva sin capitalizar. La tasa efectiva es la que resulta de capitalizar la tasa nominal, la cual depende de los periodos de capitalización ya sea diario, semanal, mensual, semestral o anual
- **Tasa inflacionaria.-** Es el aumento porcentual en un año que experimenta el nivel general de precios medido generalmente por el Índice de Precios al Consumidor (IPC)

- **Tasa real.**- Representa la utilidad neta de una inversión de capital en una entidad financiera, es decir, la tasa real es el rendimiento por encima de la inflación que se paga o se recibe en operaciones financieras. Esta determinada en función de la tasa efectiva y la tasa inflacionaria con la siguiente fórmula

$$TR=[TE-TI/1+TI]x100$$

TR=Tasa real

TE=Tasa efectiva

TI=Tasa inflacionaria

- **Factor de capitalización.**- El factor de capitalización es el que capitaliza una inversión. Considera tres componentes: la tasa de riesgo, la tasa de rendimiento y el porcentaje de incremento de las rentas, se determina mediante lo siguiente:

$$n=0.301/\log(1+TR)$$

n= número de años para para recuperar la inversión

TR=Tasa real

El factor de capitalización es equivalente al valor presente de los valores futuros de los incrementos que se producen en el contrato, descontados a la tasa activa anual

- **Período de análisis:** Lapso durante el cual se evalúan y cuantifican los flujos de costos y beneficios. Puede coincidir o no con el período de diseño de un camino, o con la vida útil estimada

- **Tasa de descuento:** Indicador de rentabilidad mínima que debería tener un proyecto.
- **Valor residual:** Valor de la infraestructura al finalizar el período de análisis. Diferencia entre costo de una infraestructura nueva, y costo de llevar la infraestructura existente a que quede como nueva
- **Valor Actualizado Neto (VAN):** Descuenta en forma anual los costos y beneficios, en función de la tasa “t” de descuento adoptada y del año “i” que se esté analizando

$$VAN = \sum \{ BNi(m,n) / (1+t)^i \}$$

Una alternativa es rentable si  $VAN > 0$

Flujos en los años iniciales sufren descuentos menores que en años más distantes en el tiempo, la alternativa más conveniente será aquella que tenga mayor VAN de beneficios respecto a la Alternativa Base, si no hay restricciones presupuestarias

### 7.3 Presupuesto pavimento asfáltico

A continuación se presenta el catálogo de conceptos del patio de resguardo, en este catálogo se consideran únicamente los conceptos necesarios para realizar el pavimento asfáltico incluyendo las terracerías previas.

**PAVIMENTO ASFALTICO**

OBRA: CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO ASFÁLTICO, UBICADO DENTRO DEL PATIO DE RESGUARDO DE LA PLANTA VOLKSWAGEN, PARQUE FINSA, SAN LORENZO ALMECATLA, PUEBLA

P-22.- Catálogo de conceptos, conteniendo descripción, unidades de medición, cantidades de trabajo

No.	Clave	Descripción	Cantidad	Unidad	P.U.	Importe \$
<i>TODOS LOS CONCEPTOS PRECIO POR UNIDAD DE OBRA TERMINADA (P.U.O.T.)</i>						
<b>TERRACERIAS Y PAVIMENTOS</b>						
1	10700.007	TRAZO Y NIVELACIÓN	230,000.00	m2	\$ 6.81	\$ 1,566,300.00
2	10700.007	EXCAVACION EN CAJA PARA CONSTRUCCION EN MATERIAL TIPO A	34,500.00	m3	\$ 10.26	\$ 353,970.00
3	10100.007	ACARREO EN CAMION DE MATERIAL MIXTO. PRIMER KILOMETRO, CARGA MECANICA	44,850.00	m3	\$ 24.52	\$ 1,099,722.00
4	83219	ACARREO DE MATERIAL NO UTILIZABLE PRODUCTO DE EXCAVACION KM SUBSECUENTE	466,440.00	m3/km	\$ 4.88	\$ 2,276,227.20
5	11400.003	BASE HIDRAULICA CON MATERIAL QUE CUMPLA LAS NORMAS VIGENTES DE LA SCT COMPACTADA AL 100% DE SU P.V.S.M. DE 15 CM. DE ESPESOR ( P.V.S.M. COMPRENDIDO EN TR 1850 A 1950 KG/CM3, NO TEZONTLE) V.R.S. DE 100% INCLUYE: INCORPORACION DE AGUA, SUMINISTRO DE	230,000.00	m2	\$ 32.34	\$ 7,438,200.00
6	086-E.02	OPERACION DE MEZCLADO, TENDIDO Y COMPACTACION EN LA CONSTRUCCION DE SUB-BASES O BASES (INCISO 074-H.01):	230,000.00	m2	\$ 49.02	\$ 11,274,600.00
7	11400.002	BARRIDO A MAQUINA DE LA SUPERFICIE A TRATAR	230,000.00	m2	\$ 3.20	\$ 736,000.00
8	11400.025	RIEGO DE IMPREGNACION CON PRODUCTO ASFALTICO EMULSIFICADO CATIONICO DE ROMPIENTO LENTO (ECI-60) PARA PROTEGER BASE A RAZÓN PROMEDIO DE 15 LTS/M2, TENDIDO A 80 C INCLUYE: SUMINISTRO DE MATERIALES, MANO DE OBRA, MAQUINARIA Y ACARREO DE MATERIALES A	345,000.00	lt	\$ 13.20	\$ 4,554,000.00
9	11400.026	RIEGO DE LIGA CON EMULSION ASFALTICA TIPO ECR-60 RR, 0.5 LT/M2 PROM. TENDIDO A 80° C INCLUYE SUMINISTRO DE MATERIALES, MANO DE OBRA, MAQUINARIA, ACARREO DE MATERIALES A LA OBRA, P.U.T.	16,000.00	lt	\$ 13.20	\$ 158,000.00
10	11400.006	CARPETA DE CONCRETO ASFALTICO TIPO PA-5 DE 7 CM DE ESPESOR COMPACTO (NO INCLUYE RIEGOS) INCLUYE ACARREO.	230,000.00	m2	\$ 158.74	\$ 36,510,200.00
<b>SubTotal</b>						<b>\$ 67,327,219.20</b>
<b>I.V.A. 16%</b>						<b>\$ 10,772,355.07</b>
<b>TOTAL</b>						<b>\$ 78,099,574.27</b>

## 7.4 Presupuesto pavimento hidráulico

A continuación se presenta el catálogo de conceptos del patio de resguardo, en este catálogo se consideran únicamente los conceptos necesarios para realizar el pavimento asfáltico incluyendo las terracerías previas.

**PAVIMENTO HIDRÁULICO**

OBRA: CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO HIDRÁULICO, UBICADO DENTRO DEL PATIO DE RESGUARDO DE LA PLANTA VOLKSWAGEN, PARQUE FINSA, SAN

FECHA DE INICIO: 01/sep/2013

DURACIÓN: 25 DÍAS NATURALES ECHA DE TERMINACIÓN: 25/SEP/2013

P-22.- Catálogo de conceptos, conteniendo descripción, unidades de medición, cantidades de trabajo

No.	Clave	Descripción	Cantidad	Unidad	P.U.	Importe \$
<i>TODOS LOS CONCEPTOS PRECIO POR UNIDAD DE OBRA TERMINADA (P.U.O.T.)</i>						
<b>TERRACERIAS Y PAVIMENTOS</b>						
1	10700.007	TRAZO Y NIVELACIÓN	230,000.00	m2	\$ 6.81	\$ 1,566,300.00
2	10700.007	EXCAVACION EN CAJA PARA CONSTRUCCION EN MATERIAL TIPO A	34,500.00	m3	\$ 10.26	\$ 353,970.00
3	10100.007	ACARREO EN CAMION DE MATERIAL MIXTO. PRIMER KILOMETRO, CARGA MECANICA	44,850.00	m3	\$ 24.52	\$ 1,099,722.00
4	83219	ACARREO DE MATERIAL NO UTILIZABLE PRODUCTO DE EXCAVACION KM SUBSECUENTE	466,440.00	m3/km	\$ 4.88	\$ 2,276,227.20
4	11400.003	SUBASE HIDRAULICA CON MATERIAL QUE CUMPLA LAS NORMAS VIGENTES DE LA SCT COMPACTADA AL 100% DE SU P.V.S.M. DE 15 CM. DE ESPESOR ( P.V.S.M. COMPRENDIDO EN TR 1850 A 1950 KG/CM3, NO TEZONTLE) V.R.S. DE 100%, INCLUYE: INCORPORACION DE AGUA, SUMINISTRO DE	230,000.00	m2	\$ 32.34	\$ 7,438,200.00
6	086-E.02	OPERACIÓN DE MEZCLADO, TENDIDO Y COMPACTACION EN LA CONSTRUCCION DE SUB-BASES O BASES (INCISO 074-H.01);	230,000.00	m2	\$ 49.02	\$ 11,274,600.00
5	11400.002	BARRIDO A MAQUINA DE LA SUPERFICIE A TRATAR	230,000.00	m2	\$ 3.20	\$ 736,000.00
6	11400.025	RIEGO DE IMPREGNACION CON PRODUCTO ASFALTICO EMULSIFICADO CATIONICO DE ROMPIMIENTO LENTO (EC1-60) PARA PROTEGER BASE A RAZÓN PROMEDIO DE 15 LTS/M2, TENDIDO A 80 C INCLUYE: SUMINISTRO DE MATERIALES, MANO DE OBRA, MAQUINARIA Y ACARREO DE MATERIALES A	345,000.00	lt	\$ 13.20	\$ 4,554,000.00
8	11400.006	PAVIMENTO DE CONCRETO HIDRÁULICO, ESPESOR 12 CM, MODULO DE RUPTURA MR=38 KG/CM2, SEPARACIÓN MÁXIMA DE LA JUNTA TRANSVERSAL REFORZADA CON ACERO DE REFUERZO FY=4200,X(M) DE 3.00, RANGO DE SEPARACIÓN DE LAS JUNTAS LONGITUDINALES CON UNA SEPARACIÓN Y(M) 2.5 A 3.0, BARRA DE AMARRE ACERO DE REFUERZO 1/2" FY=JUNTAS DE CONTRACCIÓN TRANSVERSAL ASERRADA CON DISCO DE DIAMANTE DE 1/8" DE ESPESOR,SELLADO AUTONIVELANTE, CINTILLA DE POLIURETANO,(BACKER-ROD)	230,000.00	m2	\$ 258.20	\$ 59,386,000.00
<b>SubTotal</b>						<b>\$ 88,685,019.20</b>
<b>I.V.A. 16%</b>						<b>\$ 14,189,603.07</b>
<b>TOTAL</b>						<b>\$ 102,874,622.27</b>

## 7.5 Estudio de mercado terreno comercial

En este apartado se realizó un estudio de mercado con factores de homologación para determinar el precio real del terreno sobre el cual se desarrolló el proyecto y así poder obtener un avalúo sobre el terreno.

## ESTUDIO DE MERCADO TERRENO COMERCIAL

### NIVEL DE OFERTA

MUY ALTA	0.80	MEDIA	0.95	1.10
ALTA	0.85	MEDIA BAJA	1.00	1.20

### INVESTIGACION DE MERCADO DE INMUEBLES SIMILARES:

Nº	UBICACIÓN DE LA OFERTA:	INFORMANTE
1	En Sanctorum muy cerca de planta VW y parque Parque Finsa	Tel 2224027005
2	Corredor industrial Cuautlancingo calle Papaloapan sin	Tel 6512023
3	Frente a puerta 6 de la VW junto al Outlet Puebla	Proyecto Inmuebles 2222321889
4	Calle Emiliano Zapata, Periférico Ecológico y Autopista México, Puebla	Tel 2221824386
5	Calle Mirador atrás del Hotel One por Parque Industrial Finsa	Tel 2221824386

OFERTA	PRECIO OFERTADO VENTA	SUP. M2	PRECIOM2	FACTORES DE HOMOLOGACION					FRe	VALOR RESULT.\$/M2
				Uso	Ubicac.	Sup.	Otro	Negoc.		
1	\$3,500,000	2,916.00	1,200.27	0.90	1.00	0.70	1.00	1.00	0.63	756.17
2	\$12,750,000	8,500.00	1,500.00	0.90	0.90	0.80	1.00	1.00	0.65	972.00
3	\$119,000,000	140,000.00	850.00	1.00	1.05	1.00	1.00	1.00	1.05	892.50
4	\$5,025,000	6,700.00	750.00	0.90	0.95	0.75	1.00	1.00	0.64	480.94
5	\$16,200,000	12,000.00	1,350.00	0.95	0.90	0.80	1.00	1.00	0.68	923.40

	PROMEDIO: \$	805.00
<b>Nota:</b> Cuando el Factor de Homologación es menor a la unidad denota que la OFERTA es mejor que EL BIENVA LUADO.	Valor/m2. mercado aplicado:	805.00
	m2 de construcción:	-
	<b>VALOR MERCADO EN N.R. \$</b>	<b>805.00</b>

## 7.6 Avalúo físico pavimento hidráulico

Después del estudio de mercado se obtuvo el valor comercial del terreno, a continuación se realizó el avalúo físico del patio de resguardo de la VW propuesto de pavimento hidráulico. Y posteriormente se realizó una comparativa con el avalúo de pavimento asfáltico

**I IDENTIFICACION DEL VALUADOR****AVALÚO NÚMERO**

<b>VALUADOR</b>	Arq. Lorena Hernández Espino
<b>CEDULA PROFESIONAL:</b>	

**II INMUEBLE QUE SE VALÚA:**

<b>VALOR DEL INMUEBLE:</b>	\$282,880,891.16
<i>(DOSCIENTOS OCHENTA Y DOS MILLONES OCHOCIENTOS OCHENTA MIL OCHOCIENTOS NOVENTA Y UN PESOS 16/100 M.N.)</i>	

<b>FECHA DE AVALÚO:</b>	01/06/2014	<b>VIGENCIA DEL AVALÚO:</b>	diciembre 2014
-------------------------	------------	-----------------------------	----------------

**III ANTECEDENTES**

<b>SOLICITANTE DEL AVALÚO:</b>	Planta Volkswagen
<b>PROPOSITO DEL AVALÚO:</b>	Conocimiento de valor
<b>PROPIETARIO DEL INMUEBLE:</b>	Constructora Alhemos Sa de CV
<b>REGIMÉN DE PROPIEDAD:</b>	Privada
<b>SUPERFICIE DE TERRENO EN M2:</b>	230000.00 m2
<b>SUPERFICIE CONSTRUIDA EN M2:</b>	230000.00 m2
<b>TIPO DE PREDIO:</b>	Urbano
<b>NÚM. DE CUENTA PREDIAL:</b>	U-000000
<b>CLAVE CATASTRAL:</b>	000-0-0-0-0-0
<b>UBICACIÓN DEL INMUEBLE</b>	
<b>CALLE Y NÚMERO OFICIAL:</b>	Parque Finsa, autopista México-Puebla Km 116
<b>COLONIA:</b>	San Lorenzo Almecatla, San Juan Cuautlancingo, Puebla.

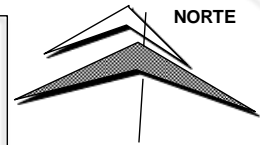
**IV. CARACTERÍSTICAS URBANAS**

<b>CLASIFICACIÓN DE LA ZONA:</b>	Mixto
<b>TIPO DE CONSTRUCCIÓN:</b>	Industria
<b>INDICE DE SATURACIÓN DE LA ZONA:</b>	40%
<b>DENSIDAD DE POBLACIÓN:</b>	Normal
<b>ESTRATO SOCIOECONOMICO:</b>	medio
<b>CONTAMINACIÓN AMBIENTAL:</b>	Media alta causada por automotores
<b>USO DE SUELO PERMITIDO:</b>	Agrícola
<b>VÍAS DE ACCESO E IMPORTANCIA DE LAS MISMAS:</b>	Periférico, autopista México Puebla
<b>SERVICIOS PÚBLICOS:</b>	Agua potable , drenaje y alcantarillado (mixto), redes de electrificación y telefónica (aéreas), alumbrado público (a postes de lámina), vialidades exteriores (calle con un ancho de 15.00 m. (pavimento asfáltico), transporte urbano.
<b>EQUIPAMIENTO URBANO:</b>	Señalética, paradas de autobús, transporte urbano y suburbano

**V. TERRENO**

<b>TRAMOS DE CALLES TRANSVERSALES Y ORIENTACIÓN:</b>	L. Cárdenas al poniente, camino a Sanctorum al norte
<b>MEDIDAS Y COLINDANCIAS SEGÚN:</b>	
<b>NORTE</b>	772.06 m. con camino a Sanctorum
<b>SUR</b>	757.16 m. con propiedad privada
<b>ORIENTE</b>	248.92 m. con propiedad privada
<b>PONIENTE</b>	317 m. con calle L. Cárdenas
<b>SUPERFICIE DEL TERRENO:</b>	230000.00 m2.
<b>SUPERFICIE DE CONSTRUCCIÓN:</b>	230000.00 m2
<b>TOPOGRAFÍA Y CONFIGURACIÓN:</b>	Topografía plana, regular de forma irregular
<b>NÚMERO DE FRENTES DE CALLE:</b>	uno
<b>CARACTERÍSTICAS PANORAMICAS:</b>	Urbanas.
<b>DENSIDAD HABITACIONAL:</b>	Hasta 50 viv./ha (según plano de clasificación de densidades).
<b>INTENSIDAD DE CONSTRUCCIÓN:</b>	Hasta 0.5 m2 de construcción por m2 de terreno
<b>SERVIDUMBRE Y RESTRICCIONES:</b>	Las que marca el Municipio.

(Ubicación del Inmueble a valuar con la medida a la esquina más cercana)



**VI. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL INMUEBLE**

<b>USO ACTUAL Y DISTRIBUCIÓN DEL INMUEBLE:</b>	Patio de resguardo
<b>TIPOS DE CONSTRUCCION:</b>	Estacionamiento de vehiculos
<b>CALIDAD Y CLASIFICACION DE LA CONSTRUCCION:</b>	Bueno
<b>NUMERO DE NIVELES:</b>	0
<b>EDAD APROXIMADA DE LA CONSTRUCCION:</b>	1 año
<b>VIDA UTIL REMANENTE:</b>	19 años
<b>ESTADO DE CONSERVACION:</b>	Bueno
<b>CALIDAD DEL PROYECTO:</b>	Bueno
<b>UNIDAD RENTABLE O SUSCEPTIBLES A RENTARSE:</b>	Una

**VII. ELEMENTOS DE LA CONSTRUCCION**

<b>CIMENTACIÓN</b>	No aplica
<b>ELEMENTOS ESTRUCTURALES</b>	No aplica
<b>TECHO</b>	No aplica
<b>PISOS</b>	Pavimento de concreto hidráulico

AVALÚO NÚMERO 0

**IX. VALOR FISICO O DIRECTO**

a) **DEL TERRENO**

Lote tipo predominante: variable Valor de calle o zona \$/M<sup>2</sup>: \$805.00

Fracción	Sup. M <sup>2</sup>	Valor Unitario \$/M <sup>2</sup>	Coefficiente	Motivo Coeficiente	Valor unitario resultante	Valor Parcial \$
I	230000.00	\$805.00	1.00	íntegro	\$805.00	\$185,150,000.00
II						
III						

<b>Total</b>	230000.00	Valor unitario medio	\$805.00	Subtotal (1)	<b>\$185,150,000.00</b>
--------------	-----------	----------------------	----------	--------------	-------------------------

b) **DE LA CONSTRUCCION**

TIPO	Uso o destino	Area m <sup>2</sup>	Valor unitario de reposición nuevo	Demérito %	Motivo demerito	Valor unitario neto de reposición	Valor parcial \$
1	Industrial	230,000.00	\$447.28	5.00%	Edad	\$424.92	\$97,730,891.16
2							
3							
4							

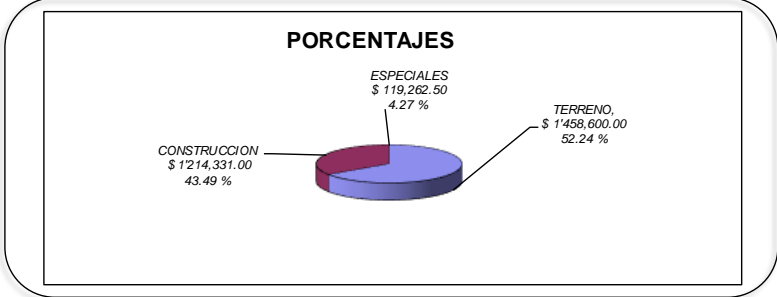
<b>Total</b>	230000.00 m <sup>2</sup>	Valor unitario medio	\$424.92	Subtotal (2)	<b>\$97,730,891.16</b>
--------------	--------------------------	----------------------	----------	--------------	------------------------

c) **INSTALACIONES ESPECIALES, ELEMENTOS ACCESORIOS Y OBRAS COMPLEMENTARIAS**

Concepto	Unidad	Cantidad	Valor unitario de reposición nuevo	Demérito %	Valor unitario de reposición	Valor Parcial

<b>Total</b>	Valor unitario medio	Subtotal (3)	<b>\$0.00</b>
--------------	----------------------	--------------	---------------

**VALOR FISICO O DIRECTO (1) + (2) + (3) \$282,880,891.16**



**X. VALOR DE MERCADO**

- a) PREVIA HOMOLOGACION DEL ANÁLISIS DE MERCADO DE TERRENOS SIMILARES EN LA ZONA O EN ZONAS SIMILARES
  - b) PREVIA HOMOLOGACION DEL MERCADEO DE CONSTRUCCIONES SIMILARES EN LA ZONA O EN ZONAS SIMILARES
  - c) PREVIA HOMOLOGACION DEL ANÁLISIS DE MERCADO EN EL CONCEPTO DE RENTAS DE INMUEBLES EN LA ZONA O ZONAS SIMILARES
- VALOR DE MERCADO PROMEDIO HOMOLOGADO \$ **\$282,880,891.16**

**XI. VALOR POR CAPITALIZACIÓN DE RENTAS**

- a) EN BASE A DETERMINACION Y SUMA DE DEDUCCIONES
  - b) CALCULO DE LA TASA DE CAPITALIZACIÓN
- DE ACUERDO A LA TASA DE CAPITALIZACIÓN APLICABLE AL CASO RESULTA UN VALOR DE \$

**XII. RESUMEN DE VALORES OBTENIDOS**

VALOR FISICO O INDIRECTO:	<b>\$282,880,891.16</b>
VALOR DE CAPITALIZACION DE RENTAS:	
VALOR DE MERCADO:	<b>\$0.00</b>

**XII. CONSIDERACIONES PREVIAS A LA CONCLUSIÓN**

DADO QUE SE TRATA DE UN AVALÚO DE INMUEBLE ESPECIAL, NO EXISTEN COMPARABLES, POR LO TANTO EL VALOR FÍSICO ES EL VALOR DEL MERCADO

**XIII. CONCLUSIÓN**

**VALOR COMERCIAL** **\$282,880,891.16**  
(DOSIENTOS OCHENTA Y DOS MILLONES OCHOCIENTOS OCHENTA MIL OCHOCIENTOS NOVENTA Y UN PESOS 16/100 M.N.)

**PERITO VALUADOR**

\_\_\_\_\_  
**ARQ. LORENA HERNANDEZ ESPINO**

MAESTRA EN VALUACIÓN

## 7.7 Avalúo físico pavimento asfáltico

Como se mencionó anteriormente se realizaron los dos avalúos para hacer la comparativa entre los dos sistemas constructivos

I IDENTIFICACION DEL VALUADOR		AVALÚO NÚMERO
VALUADOR CEDULA PROFESIONAL:	Arq. Lorena Hernández Espino	
II. INMUEBLE QUE SE VALUA:		
		
VALOR DEL INMUEBLE:	\$259,343,860.00 (DOSIENTOS CINCUENTA Y NUEVE MILLONES TRECIENTOS CUARENTA Y TRES MIL OCHOCIENTOS SESENTA PESOS 16/100 M.N.)	
FECHA DE AVALÚO:	01/06/2014	VIGENCIA DEL AVALÚO: diciembre 2014
III. ANTECEDENTES		
SOLICITANTE DEL AVALÚO:	Planta Volkswagen	
PROPOSITO DEL AVALÚO:	Conocimiento de valor	
PROPIETARIO DEL INMUEBLE:	Constructora Alhemos Sa de CV	
REGIMÉN DE PROPIEDAD:	Privada	
SUPERFICIE DE TERRENO EN M2:	230000.00 m2	
SUPERFICIE CONSTRUIDA EN M2:	230000.00 m2	
TIPO DE PREDIO:	Urbano	
NÚM. DE CUENTA PREDIAL:	U-000000	
CLAVE CATASTRAL:	000-0-0-0-0	
UBICACIÓN DEL INMUEBLE		
CALLE Y NÚMERO OFICIAL:	Parque Finsa, autopista México-Puebla Km 116	
COLONIA:	San Lorenzo Almecatla, San Juan Cuautlancingo, Puebla.	

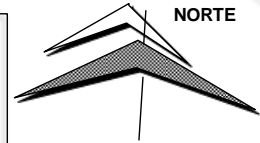
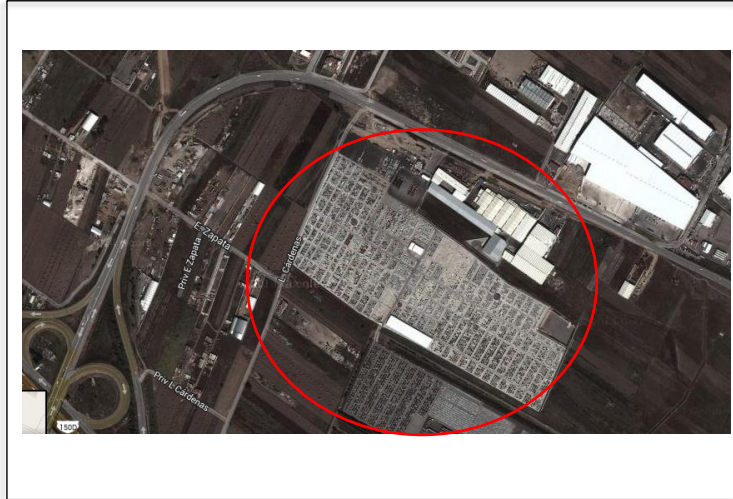
**IV. CARACTERÍSTICAS URBANAS**

<b>CLASIFICACIÓN DE LA ZONA:</b>	Mixto
<b>TIPO DE CONSTRUCCIÓN:</b>	Industria
<b>INDICE DE SATURACIÓN DE LA ZONA:</b>	40%
<b>DENSIDAD DE POBLACIÓN:</b>	Normal
<b>ESTRATO SOCIOECONOMICO:</b>	medio
<b>CONTAMINACIÓN AMBIENTAL:</b>	Media alta causada por automotores
<b>USO DE SUELO PERMITIDO:</b>	Agrícola
<b>VÍAS DE ACCESO E IMPORTANCIA DE LAS MISMAS:</b>	Periférico, autopista México Puebla
<b>SERVICIOS PÚBLICOS:</b>	Agua potable , drenaje y alcantarillado (mixto), redes de electrificación y telefónica (aéreas), alumbrado público (a postes de lámina), vialidades exteriores (calle con un ancho de 15.00 m. (pavimento asfáltico), transporte urbano.
<b>EQUIPAMIENTO URBANO:</b>	Señalética, paradas de autobús, transporte urbano y suburbano

**V. TERRENO**

<b>TRAMOS DE CALLES TRANSVERSALES Y ORIENTACIÓN:</b>	L. Cárdenas al poniente, camino a Sanctorum al norte
<b>MEDIDAS Y COLINDANCIAS SEGÚN:</b>	
<b>NORTE</b>	772.06 m. con camino a Sanctorum
<b>SUR</b>	757.16 m. con propiedad privada
<b>ORIENTE</b>	248.92 m. con propiedad privada
<b>PONIENTE</b>	317 m. con calle L. Cárdenas
<b>SUPERFICIE DEL TERRENO:</b>	230000.00 m2.
<b>SUPERFICIE DE CONSTRUCCIÓN:</b>	230000.00 m2
<b>TOPOGRAFÍA Y CONFIGURACIÓN:</b>	Topografía plana, regular de forma irregular
<b>NÚMERO DE FRENTES DE CALLE:</b>	uno
<b>CARACTERÍSTICAS PANORAMICAS:</b>	Urbanas.
<b>DENSIDAD HABITACIONAL:</b>	Hasta 50 viv./ha (según plano de clasificación de densidades).
<b>INTENSIDAD DE CONSTRUCCIÓN:</b>	Hasta 0.5 m2 de construcción por m2 de terreno
<b>SERVIDUMBRE Y RESTRICCIONES:</b>	Las que marca el Municipio.

(Ubicación del Inmueble a valorar con la medida a la esquina más cercana)



**VI. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL INMUEBLE**

<b>USO ACTUAL Y DISTRIBUCIÓN DEL INMUEBLE:</b>	Patio de resguardo
<b>TIPOS DE CONSTRUCCION:</b>	Estacionamiento de vehiculos
<b>CALIDAD Y CLASIFICACION DE LA CONSTRUCCION:</b>	Bueno
<b>NUMERO DE NIVELES:</b>	0
<b>EDAD APROXIMADA DE LA CONSTRUCCION:</b>	1 año
<b>VIDA UTIL REMANENTE:</b>	19 años
<b>ESTADO DE CONSERVACION:</b>	Bueno
<b>CALIDAD DEL PROYECTO:</b>	Bueno
<b>UNIDAD RENTABLE O SUSCEPTIBLES A RENTARSE:</b>	Una

**VII. ELEMENTOS DE LA CONSTRUCCION**

<b>CIMENTACIÓN</b>	No aplica
<b>ELEMENTOS ESTRUCTURALES</b>	No aplica
<b>TECHO</b>	No aplica
<b>PISOS</b>	Pavimento de concreto asfáltico

AVALÚO NÚMERO 0

**IX. VALOR FISICO O DIRECTO**

a) **DEL TERRENO**

Lote tipo predominante: variable Valor de calle o zona \$/M<sup>2</sup>: \$805.00

Fracción	Sup. M <sup>2</sup>	Valor Unitario \$/M <sup>2</sup>	Coefficiente	Motivo Coeficiente	Valor unitario resultante	Valor Parcial \$
I	230000.00	\$805.00	1.00	íntegro	\$805.00	\$185,150,000.00
II						
III						

<b>Total</b>	230000.00	Valor unitario medio	\$805.00	Subtotal (1)	<b>\$185,150,000.00</b>
--------------	-----------	----------------------	----------	--------------	-------------------------

b) **DE LA CONSTRUCCION**

TIPO	Uso o destino	Area m <sup>2</sup>	Valor unitario de reposición nuevo	Demérito %	Motivo demerito	Valor unitario neto de reposición	Valor parcial \$
1	Industrial	230,000.00	\$339.56	5.00%	Edad	\$322.58	\$74,193,860.00
2							
3							
4							

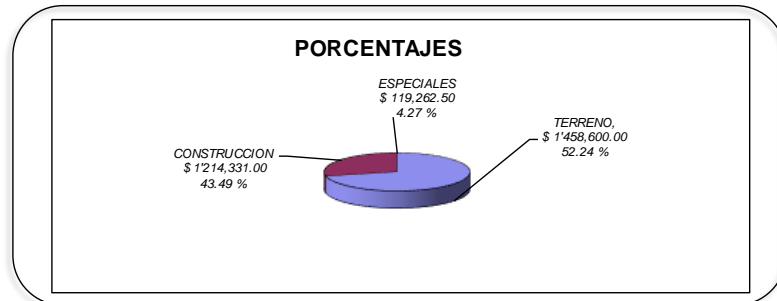
<b>Total</b>	230000.00 m <sup>2</sup>	Valor unitario medio	\$322.58	Subtotal (2)	<b>\$74,193,860.00</b>
--------------	--------------------------	----------------------	----------	--------------	------------------------

c) **INSTALACIONES ESPECIALES, ELEMENTOS ACCESORIOS Y OBRAS COMPLEMENTARIAS**

Concepto	Unidad	Cantidad	Valor unitario de reposición nuevo	Demérito %	Valor unitario de reposición	Valor Parcial

<b>Total</b>	Valor unitario medio	Subtotal (3)	<b>\$0.00</b>
--------------	----------------------	--------------	---------------

**VALOR FISICO O DIRECTO (1) + (2) + (3) \$259,343,860.00**



**X. VALOR DE MERCADO**

- a) PREVIA HOMOLOGACION DEL ANÁLISIS DE MERCADO DE TERRENOS SIMILARES EN LA ZONA O EN ZONAS SIMILARES
  - b) PREVIA HOMOLOGACION DEL MERCADEO DE CONSTRUCCIONES SIMILARES EN LA ZONA O EN ZONAS SIMILARES
  - c) PREVIA HOMOLOGACION DEL ANÁLISIS DE MERCADO EN EL CONCEPTO DE RENTAS DE INMUEBLES EN LA ZONA O ZONAS SIMILARES
- VALOR DE MERCADO PROMEDIO HOMOLOGADO \$ **\$259,343,860.00**

**XI. VALOR POR CAPITALIZACIÓN DE RENTAS**

- a) EN BASE A DETERMINACION Y SUMA DE DEDUCCIONES
  - b) CALCULO DE LA TASA DE CAPITALIZACIÓN
- DE ACUERDO A LA TASA DE CAPITALIZACIÓN APLICABLE AL CASO RESULTA UN VALOR DE \$

**XII. RESUMEN DE VALORES OBTENIDOS**

VALOR FISICO O INDIRECTO:	<b>\$259,343,860.00</b>
VALOR DE CAPITALIZACION DE RENTAS:	
VALOR DE MERCADO:	<b>\$0.00</b>

**XII. CONSIDERACIONES PREVIAS A LA CONCLUSIÓN**

DADO QUE SE TRATA DE UN AVALÚO DE INMUEBLE ESPECIAL, NO EXISTEN COMPARABLES, POR LO TANTO EL VALOR FÍSICO ES EL VALOR DEL MERCADO

**XIII. CONCLUSIÓN**

**VALOR COMERCIAL** **\$259,343,860.00**  
*DOSCIENTOS CINCUENTA Y NUEVE MILLONES TRECIENTOS CUARENTA Y TRES MIL OCHOCIENTOS SESENTA PESOS 16/100 M.N.)*

**PERITO VALUADOR**

**ARQ. LORENA HERNANDEZ ESPINO**

MAESTRA EN VALUACIÓN

## 7.8 Avalúo capitalización de rentas concreto hidráulico

En este apartado se obtiene el valor del proyecto mediante la justipreciación de rentas del patio de resguardo hecho a base de pavimento hidráulico

<b>ESTUDIO DE JUSTIPRECIACION DE RENTAS DE PATIO DE RESGUARDO UBICADO EN PARQUE FINSA, AUTOPISTA MÉXICO-PUEBLA KM 116 SAN LORENZO ALMECATLA, SAN JUAN CUAUTLANCINGO, PUEBLA</b>			
<b>Cálculo de alquiler de bienes inmuebles utilizando el valor neto de reposición:</b>			
<p>Los aspectos financieros son fundamentales en la valuación de bienes inmuebles, especialmente cuando se realizan cálculos con fines de determinar las rentas por alquileres. Es por ello que se deben tener conceptos básicos para comprender el análisis financiero que está involucrado en las inversiones de bienes inmuebles, afin de obtener un beneficio económico.</p> <p><b>TASA PASIVA:</b> Es la tasa que los bancos pagan a sus clientes por las inversiones que estos realizan, depende del plazo y del tipo de moneda.</p> <p><b>TASA ACTIVA:</b> es la tasa que los bancos cobran a sus clientes por los créditos que se otorgan. depende del sector que lo solicita y del tipo de moneda.</p> <p><b>TASA NOMINAL Y TASA EFECTIVA:</b> la tasa nominal es la tasa pasiva sin capitalizar, la tasa efectiva es la que resulta de capitalizar la tasa nominal, la cual depende de los periodos de capitalización (diario, semanal, mensual, semestral, anual).</p> <p><b>TASA INFLACIONARIA:</b> Es el aumento porcentual en un año que experimenta el nivel general de precios, medido generalmente por el índice de precios al consumidor.</p> <p><b>TASA REAL:</b> Representa la utilidad neta de una inversión de capital en una entidad financiera. Es decir la tasa real es el rendimiento por encima de la inflación que se paga o se recibe en operaciones financieras</p> <p><b>FACTOR DE CAPITALIZACION:</b> Es el que capitaliza una inversión. Considera tres componentes: la tasa de riesgo, la tasa de rendimiento y el porcentaje de incremento de las rentas o alquileres</p>			
<b><u>N O M E N C L A T U R A:</u></b>			
n =	periodo de recuperación de la inversión		
TR =	TIIE - i tasa real		
TIIE =	tasa de interés interbancaria de equilibrio		
i =	inflación		
TAM =	tasa activa mensual		
TA =	tasa activa para prestamo		
k =	número de periodos de capitalización:		
IA =	incremento anual del alquiler		
RN =	renta neta		
VNR =	valor neto de reposición		
FC =	factor de capitalización		
RB =	renta bruta		
RN =	renta neta		
m <sup>2</sup> =	m <sup>2</sup> de construcción		
RBm <sup>2</sup> =	renta bruta x m <sup>2</sup>		
valor neto de reposición		VNR =	\$282,880,891.16
porcentaje de deducciones		% =	0.40%
tasa de interés interbancaria de equilibrio		TIIE =	3.309%
inflación		i =	3.51%
tasa real		TR =	-0.20%
tasa activa para préstamo (tie + 7 puntos)		TA =	10.31%
tasa de interés de depósito (cetes 28 días)			2.92%
incremento anual del alquiler		IA =	0.00%
metros cuadrados de construcción		m <sup>2</sup> =	230000.00

<b>• PERIODO DE RECUPERACION DE LA INVERSION</b>			
$n =$	$\frac{0.301}{\log(1 + TR)}$	$=$	$\frac{0.301}{\log(1 + 0.035)}$
		$=$	$\frac{0.301}{0.015}$
		$=$	20.09
		$\approx$	<b>20.00 años</b>
<b>• TASA ACTIVA MENSUAL</b>			
TAM =	$\left\{ \left[ 1 + \frac{TA}{100} \right]^{1/12} - 1 \right\} \times 100$	$=$	$\left\{ \left[ 1 + \frac{10.31}{100} \right]^{1/12} - 1 \right\} \times 100$
		$=$	<b>0.82 %</b>
<b>• FACTOR DE CAPITALIZACION</b>			
FC =	$\frac{(1 + TA) - 1}{TAM} \times \left\{ \frac{(1 + IA)^n - 1}{IA - TA} \right\}$		
	$= \frac{0.10}{0.0082} \times \left\{ \frac{(1.10)^{20} - 1}{-0.10} \right\}$		
	$= 12.56 \times \frac{-0.859466116}{-0.10}$		
	$= 104.69 \approx$		<b>105</b>
<b>• RENTA NETA</b>			
RN =	$\frac{VNR}{FC} = \frac{\$282,880,891.16}{105}$	$=$	<b>\$2,694,104</b>
<b>• RENTA BRUTA</b>			
RB =	$\frac{RN}{1 - \% \text{ deducciones}}$	$=$	$\frac{\$2,694,104}{0.9960}$
		$=$	<b>\$2,704,923</b>



## 7.9 Avalúo capitalización de rentas pavimento asfáltico

En este apartado se presenta el avalúo de justipreciación de rentas del proyecto hecho a base de pavimento asfáltico, lo que permite tener una comparativa entre los dos procedimientos.

<b>ESTUDIO DE JUSTIPRECACION DE RENTAS DE PATIO DE RESGUARDO UBICADO EN PARQUE FINSA, AUTOPISTA MÉXICO-PUEBLA KM 116 SAN LORENZO ALMECATLA, SAN JUAN CUAUTLANCINGO, PUEBLA</b>			
<b>Cálculo de alquiler de bienes inmuebles utilizando el valor neto de reposición:</b>			
<p>Los aspectos financieros son fundamentales en la valuación de bienes inmuebles, especialmente cuando se realizan cálculos con fines de determinar las rentas por alquileres. Es por ello que se deben tener conceptos básicos para comprender el análisis financiero que está involucrado en las inversiones de bienes inmuebles, afin de obtener un beneficio económico.</p> <p><b>TASA PASIVA:</b> Es la tasa que los bancos pagan a sus clientes por las inversiones que estos realizan, depende del plazo y del tipo de moneda.</p> <p><b>TASA ACTIVA:</b> es la tasa que los bancos cobran a sus clientes por los créditos que se otorgan. depende del sector que lo solicita y del tipo de moneda.</p> <p><b>TASA NOMINAL Y TASA EFECTIVA:</b> la tasa nominal es la tasa pasiva sin capitalizar, la tasa efectiva es la que resulta de capitalizar la tasa nominal, la cual depende de los periodos de capitalización (diario, semanal, mensual, semestral, anual).</p> <p><b>TASA INFLACIONARIA:</b> Es el aumento porcentual en un año que experimenta el nivel general de precios, medido generalmente por el indice de precios al consumidor.</p> <p><b>TASA REAL:</b> Representa la utilidad neta de una inversión de capital en una entidad financiera. Es decir la tasa real es el rendimiento por encima de la inflación que se paga o se recibe en operaciones financieras</p> <p><b>FACTOR DE CAPITALIZACION:</b> Es el que capitaliza una inversión. Considera tres componentes: la tasa de riesgo, la tasa de rendimiento y el porcentaje de incremento de las rentas o alquileres</p>			
<b><u>N O M E N C L A T U R A:</u></b>			
n =	periodo de recuperación de la inversión		
TR =	TIIE - i tasa real		
TIIE =	tasa de interés interbancaria de equilibrio		
i =	inflación		
TAM =	tasa activa mensual		
TA =	tasa activa para prestamo		
k =	número de periodos de capitalización:		
IA =	incremento anual del alquiler		
RN =	renta neta		
VNR =	valor neto de reposición		
FC =	factor de capitalización		
RB =	renta bruta		
RN =	renta neta		
m <sup>2</sup> =	m <sup>2</sup> de construcción		
RBm <sup>2</sup> =	renta bruta x m <sup>2</sup>		
valor neto de reposición		VNR =	\$259,343,860.00
porcentaje de deducciones		% =	0.50%
tasa de interés interbancaria de equilibrio		TIIE =	3.309%
inflación		i =	3.51%
tasa real		TR =	-0.20%
tasa activa para préstamo (tie + 7 puntos)		TA =	10.31%
tasa de interés de depósito (cetes 28 días)			2.92%
incremento anual del alquiler		IA =	0.00%
metros cuadrados de construcción		m <sup>2</sup> =	230000.00

• PERIODO DE RECUPERACION DE LA INVERSION			
n =	$\frac{0.301}{\log(1 + TR)}$	=	$\frac{0.301}{\log(1 + 0.035)}$
		=	$\frac{0.301}{0.015}$
		=	20.09
		≈	<b>20.00 años</b>
• TASA ACTIVA MENSUAL			
TAM =	$\left\{ \left[ 1 + \frac{TA}{100} \right]^{1k} \right\} - 1 \times 100$	=	$\left\{ \left[ 1 + \frac{10.31}{100} \right]^{112} \right\} - 1 \times 100$
		=	<b>0.82 %</b>
• FACTOR DE CAPITALIZACION			
FC =	$\left[ \frac{(1 + TA) - 1}{TAM} \right] \times \left\{ \frac{1 + IA}{1 + TA} \right\}^n - 1$		
	=	$\frac{0.10}{0.0082} \times \left\{ \frac{1.00}{1.10} \right\}^{20} - 1$	
	=	12.56 x $\frac{-0.859466116}{-0.10}$	
	=	104.69 ≈	<b>105</b>
• RENTA NETA			
RN =	$\frac{VNR}{FC}$	=	$\frac{\$259,343,860.00}{105} = \mathbf{\$2,469,942}$
• RENTA BRUTA			
RB =	$\frac{RN}{1 - \% \text{ deducciones}}$	=	$\frac{\$2,469,942}{0.9950}$
		=	<b>\$2,482,353</b>

• <b>RENTA BRUTA x m<sup>2</sup></b>									
		RBm <sup>2</sup> =	$\frac{RB}{m^2}$	=	$\frac{\$2,482,353}{230000.00}$	=	<b>\$10.79</b>	<b>/m<sup>2</sup></b>	
<p>EL VALOR DE RENTA OBTENIDO SEGÚN CÁLCULO DE ALQUILERES DE BIENES INMUEBLES,  UTILIZANDO EL VALOR NETO DE REPOSICIÓN DEL LOCAL VALUADO, EN LAS CONDICIONES  ECONÓMICAS ACTUALES DEL PAIS ES DE:</p> <p><b>\$ 2,482,353 (DOS MILLONES CUATROCIENTOS OCHENTA Y DOS MIL TRESCIENTOS CINCUENTA Y TRES PESOS 00/100)</b></p>									
PERITO VALUADOR									
<b>ARQ. LORENA HERNÁNDEZ ESPINO</b>									
MAESTRA EN VALUACION									
									01/06/2014

## CONCLUSIONES

A continuación se realizarón 2 métodos de valuación para comprobar la hipótesis siguiente “la vida útil de los pavimentos de concreto hidráulico es mayor que la de los pavimentos asfálticos, así como su rentabilidad económica”

Como primer punto se observó que la vida útil de los pavimentos depende directamente del diseño del pavimento y de la correcta ejecución del mismo, lo que quiere decir que utilizando un procedimiento constructivo correctamente, los dos pavimentos podrán tener la misma vida útil.

La rentabilidad económica se demuestra tomando en cuenta los siguientes factores:

El cemento portland es un producto fabricado mediante un proceso industrial a partir de la caliza y la arcilla, de amplia abundancia en prácticamente todos los países. De los 193 países en el mundo, 113 fabrican cemento portland, con sus propias plantas y su propia materia prima. Es por esto que el precio del cemento es más estable, predecible y razonable ya que tiene menos fluctuaciones, anteriormente el precio del asfalto era mucho más económico por tener subsidio, hoy en día al no contar con este el asfalto ha tenido fuertes incrementos y es muy probable que en pocos años se eleve mucho más.

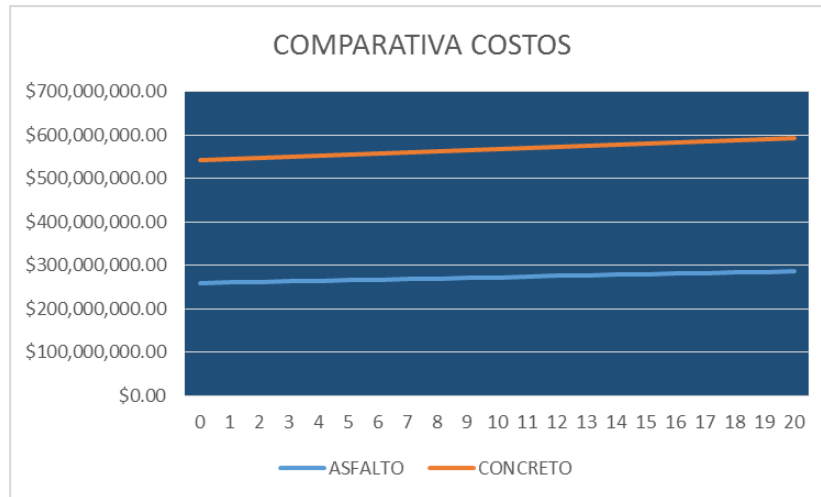
En este estudio se compararon los dos pavimentos tomando en cuenta las mismas condiciones físicas y se realizó un diseño de pavimentos similar en donde se consideró una vida útil de 20 años en ambos casos, en donde se concluyó que el pavimento de concreto hidráulico actualmente sigue siendo más costoso en la inversión inicial. En el avalúo se obtuvo que el pavimento hidráulico es 24% más costoso.



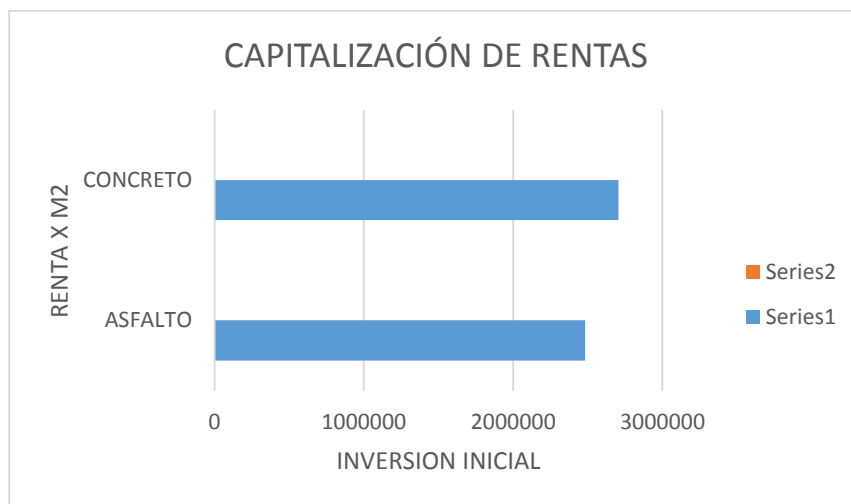
En el pavimento hidráulico se consideró un 5% en el costo del mantenimiento a 20 años, esto por la sustitución de alguna losa o el relleno de juntas, lo que significa un .4% anual, dentro de nuestra gráfica se observó que el concreto hidráulico es 24% más alto como inversión inicial e incrementa solo .4% en su mantenimiento anualmente, ya que prácticamente el mantenimiento es nulo.

En comparación con el pavimento asfáltico se comprobó que a pesar de que la inversión inicial es 24% menor, dentro del diseño para poder mantener la vida útil a 20 años se deben realizar 3 riegos de sello uno cada 5 años que se calcularon a valor futuro, en porcentaje al monto de la inversión inicial nos arroja un .5% anual.

El resultado que arroja la siguiente gráfica, es que a lo largo de la vida útil de ambos pavimentos que está calculada a 20 años, y a pesar de que el costo de mantenimiento en el pavimento asfáltico es mayor, el porcentaje solo aumenta un .1% en comparación al pavimento de concreto hidráulico, porcentaje que no es suficiente para equilibrar los 2 costos por lo que el pavimento de concreto hidráulico sigue siendo mayor.



En cuanto al avalúo por capitalización de rentas observamos que el precio de renta por M2 es directamente proporcional al costo de la inversión inicial, es decir mientras mayor es la inversión mayores rentas se obtienen



## BILIOGRAFIA

<http://www.construaprende.com/docs/trabajos/310-pavimentos-flexibles>

[http://libro-pavimentos.blogspot.mx/2010\\_02\\_01\\_archive.html](http://libro-pavimentos.blogspot.mx/2010_02_01_archive.html)

<http://ingenieriacivilapuntes.blogspot.mx/2009/05/elementos-que-integran-el-pavimento.html>

[http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08\\_2802\\_C.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_2802_C.pdf)

MONTEJO FONSECA, Alfonso, Ingeniería de pavimentos, Evaluación estructural, obras de mejoramiento y nuevas tecnologías, Universidad Católica de Colombia, 2008 p.187-192 p.495

RONDON Q, Hugo Alexander, REYES L, Fredy Alberto Comportamiento de materiales granulares en pavimentos flexibles Grupo de Investigación de Pavimentos y Materiales de Ingeniería Universidad Católica de Colombia, 2008 p.120

RICO RODRIGUEZ, Ing. Alfonso, Secretaría de Obras Públicas, seminario de pavimentos, Estructuración de los pavimentos , México D.F. 1975 p.19-22 p.43

Análisis metodológico de valor de un terreno rústico con cultivo de piña variedad Cayena Lisa, comparado los métodos de mercado y productividad en loma bonita Ing. Ramón –Cambiamba Cano, Facultad de ingeniería secretaria de investigación y estudios de posgrado

CORRO, Santiago, Investigaciones en desarrollo sobre el diseño de pavimentos flexibles Instituto de ingeniería, México Df 1967

CORRO Santiago, PRADO Guillermo Diseño estructural de carreteras con pavimento flexible, UNAM 1975

SECRETARIA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES, Normas para construcción e instalaciones Carreteras y autopistas, Pavimentos, México 1983 p.91 p.244

## **ANEXOS**

### **Fallas**

Tenemos como objeto evitar la aparición de todo un conjunto de deterioros y fallas; se ha logrado ir estableciendo una relación causa-efecto. La descripción y discusión de las fallas de los pavimentos no es una tarea sencilla; su variedad y diferencia de matices bastarían para que no lo fuese, sin contar con otras dificultades, incluso ajenas a los hechos ingenieriles propiamente dichos. En pavimentos, es común que la palabra falla se utilice tanto para verdaderos colapsos o desastres locales, como para describir deterioros simples o lugares de posible evolución futura desfavorable. Las fallas de los pavimentos pueden dividirse en tres grupos fundamentales:

#### **Fallas por insuficiencia estructural**

Estas fallas se dan en pavimentos construidos con materiales inapropiados en cuanto a resistencia; podría ser el caso también de materiales de buena calidad pero con un espesor insuficiente. Esta es la falla que se produce cuando las combinaciones de la resistencia al esfuerzo cortante de cada capa y los respectivos espesores, no son los adecuados para que se establezca un mecanismo de resistencia apropiado.

#### **Fallas por defectos constructivos**

Es el caso de pavimentos que puedan estar bien proporcionados y conformados por materiales suficientemente resistentes, pero que durante su

construcción se han producido errores que comprometen el comportamiento del conjunto.

### Fallas por fatiga

Se trata de pavimentos que originalmente se encontraban en situaciones apropiadas, pero debido a las cargas de tránsito, sufrieron efectos de fatiga y degradación estructural. Este tipo de fallas es muy común luego de un largo tiempo de servicio.

Las fallas de los pavimentos flexibles, además de clasificarse por su origen, pueden dividirse también por el modo en que suceden y se manifiestan:

**Tabla VIII. Tipos, manifestaciones y causas de fallas en pavimentos flexibles**

TIPO	MANIFESTACIÓN	CAUSAS
Fracturamiento	Agrietamiento	Exceso de carga (insuficiencia estructural) Repetición de carga (fatiga) Cambios de temperatura Cambios de humedad (defecto constructivo) Ondulamiento por fuerzas horizontales (deficiencia estructural o defecto constructivo) Contracción
	Dstrucción por Agrietamiento	Exceso de carga (insuficiencia estructural) Repetición de carga (fatiga) Cambios de temperatura Cambios de humedad (defecto constructivo)
Deformación	Deformación permanente	Exceso de carga (insuficiencia estructural) Proceso de deformación viscosa (fatiga, insuficiencia estructural y defecto constructivo) Aumento de compacidad (defecto constructivo, rotura de granos) Consolidación Expansión
	Falla	Exceso de carga (insuficiencia estructural) Aumento de compacidad (defecto const. rotura de granos) Consolidación Expansión
Desintegración (falla de carpeta)	Remoción	Pérdida de adherencia en la carpeta Reactividad química Abrasión por efecto del tránsito
	Desprendimiento	Pérdida de adherencia en la carpeta Reactividad química Abrasión por efecto del tránsito Degradación de los agregados

Dentro de estos tipos de fallas se pueden encontrar otras subdivisiones provenientes de las mismas, según la gravedad del defecto, asociándose con las causas mecánicas más comunes y los orígenes típicos. En general, estas fallas se relacionan con el efecto del tránsito, las características y estructuración del pavimento y la naturaleza del apoyo que proporciona la terracería; teniéndose en cuenta que las variables específicas principales que más influyen en cada tipo de falla, pueden ser distintas.

**Tabla IX. Principales factores que afectan a los tres tipos básicos de fallas de un pavimento flexible**

TIPO DE FALLA	TRÁNSITO	PAVIMENTO	CIMENTACIÓN (apoyo)
Fracturamiento	Carga por rueda (magnitud) Repeticiones Área de influencia de la carga Velocidad Arreglo y disposición de ruedas y ejes	Rigidez de las diversas capas Flexibilidad (adaptabilidad a la fatiga) Durabilidad Deformación plástica Deformación elástica	Rigidez en base y sub base Deformación plástica Deformación elástica
Deformación	Carga por rueda (magnitud) Repeticiones Área de influencia de la carga Velocidad Arreglo y disposición de ruedas y ejes	Espesor Resistencia Compresibilidad Susceptibilidad a cambios de volumen Deformación plástica Deformación elástica	Susceptibilidad a los cambios de volumen Deformación plástica Deformación elástica
Desintegración (fallas de carpetas)	Presión de la llanta Repeticiones Velocidad	Características del asfalto Características del agregado (porosidad, falta de adherencia con el asfalto)	Resistencia en las capas de pavimento Infiltración de agua Cambios de temperatura

En el cuadro anterior puede observarse que las fallas por insuficiencia estructural, defecto constructivo o fatiga, pueden estar presentes en cualquiera de los tres tipos fundamentales. Se presentan a continuación algunas de las fallas más comunes en los pavimentos flexibles:

### **Agrietamiento tipo “piel de cocodrilo”**

Se trata de un agrietamiento que se presenta en la superficie de rodadura del pavimento, generando un aspecto que da nombre al fenómeno. Este tipo de falla es indicio de movimiento excesivo de una o más de las capas del pavimento o fatiga, en muchos casos hasta en la propia carpeta. Este agrietamiento es muy común en pavimentos flexibles construidos sobre terracería deficientes; se da también en bases débiles o con mala compactación. Este fenómeno puede ser progresivo, terminando en destrucciones locales del pavimento, que comienzan con desprendimientos de la carpeta en lugares determinados y en la remoción acelerada de materiales granulares expuestos. Cuando se llega a estas condiciones, puede afirmarse con mayor certeza que la falla está ligada a deficiencias estructurales en la base.

#### **Causas:**

En la mayoría de los casos, los agrietamientos son causados por deflexiones excesivas de una superficie apoyada sobre una sub rasante o capas inferiores inestables de pavimento.

El soporte inestable es generalmente, la consecuencia de la saturación de bases granulares o subrasantes. Generalmente, el área afectada no es grande; sin embargo, algunas veces puede cubrir el ancho completo de la carretera. Cuando esto ocurre, probablemente es debido a la acción de cargas repetidas que exceden la capacidad de carga del pavimento.

#### **4.6.4.2 Reparación:**

Como las grietas son usualmente el resultado de la saturación de bases o sub rasantes, la corrección debe incluir la remoción del material húmedo y la instalación del drenaje necesario. Para obtener un bache resistente, se debe emplear únicamente un material asfáltico mezclado en planta (esta puede ser la reparación menos costosa, debido a que se realiza en una sola operación usando un solo material). Si no se dispone de material asfáltico mezclado en planta, se puede colocar un nuevo material granular de base, compactándolo en capas que no excedan de 15 centímetros de espesor. La base granular debe ser luego imprimada y bacheada. Cuando sea necesario, pueden realizarse reparaciones temporales, aplicando baches superficiales o capas de sello con agregado en las áreas afectadas. En todos los casos, las reparaciones deben hacerse lo más inmediatamente posible después de que aparezcan las grietas, para evitar mayores daños al pavimento. En el caso de agrietamiento por sobrecarga, un recubrimiento debidamente diseñado corregirá la falta

#### **Fallas por cortante (Roderas)**

Están típicamente asociadas a falta de resistencia al esfuerzo cortante en la base o sub base del pavimento y más raramente en la sub rasante. Consisten en surcos profundos, nítidos y bien marcados, cuyo ancho no excede mucho al de la llanta. En este caso suele haber también elevación del material de carpeta a ambos lados del surco, pero la falla se distingue fácilmente de un simple desplazamiento de carpeta por la mayor profundidad afectada.

## **Agrietamiento longitudinal**

Consiste en la aparición de grietas longitudinales de no gran abertura (en el orden de 0.5 centímetros) y en toda el área que corresponde a la de la circulación de las cargas más pesadas. Agrietamientos de este tipo son debidos a movimientos de las capas de pavimento que tienen lugar predominantemente en dirección horizontal; el fenómeno puede ocurrir en la base, en la sub base, o con cierta frecuencia, en la sub rasante.

### **Causas:**

Una causa corriente de agrietamiento de las juntas entre el pavimento y el hombro, se debe al cambio alternativo de húmedo a seco de la superficie bajo el hombro. Puede deberse a drenaje deficiente ocasionado por hombros más altos que el pavimento, por una elevación formada por la grama o el material que rellena la junta o por depresiones en el borde del pavimento. Estos factores estancan el agua y permiten que se mantenga a lo largo de las juntas, filtrándose a través de ellas. Otros factores pueden ser el asentamiento del hombro, la retracción de la mezcla y los daños ocasionados a las juntas por los camiones que se montan sobre ellas.

### **Reparación:**

Cuando la causa es el agua, el primer paso consiste en mejorar el drenaje, eliminando la causa de su estancamiento. Luego se repara la grieta.

## **Tipos de fallas en los pavimentos rígidos**

### **— Deformaciones**

#### **Variación del nivel de losas**

Pérdida del nivel de uniformidad en la subrasante por bombeo. Subrasante expansiva e infiltración de agua. Compactación deficiente de las capas inferiores

### **— Desprendimientos**

Expansión del concreto por el uso del cemento con alto contenido de álcalis que reaccionan con los constituyentes silíceos de los agregados pétreos

### **— Fisuras y grietas**

Agrietamiento del pavimento en diversas direcciones y asemejando el cuero de caimán o piel de cocodrilo

### **— Longitudinales**

Grietas más o menos paralelas al eje del pavimento, en ocasiones tienden a ser parabólicas

### **— Transversales**

A causa del fenómeno del bombeo, las losas quedan en voladizo y posteriormente se agrietan y se rompen

### **— De esquina**

Falta de soporte uniforme de las losas y acción de cargas pesadas

### **— Voladura o despostillamiento**

Esfuerzo de compresión en la junta transversal cuando en ella han penetrado algún material incomprensible y las losas no han podido dilatarse al aumentar la temperatura