



**INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL**  
**ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA**  
**UNIDAD PROFESIONAL TICOMAN**

**INGENIERÍA AERONÁUTICA**

**“SISTEMAS AEROPORTUARIOS”**

**“GUÍA DE INSPECCIÓN EN PAVIMENTOS  
AEROPORTUARIOS”**

**TESINA**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
INGENIERO EN AERONÁUTICA**

**PRESENTAN:**

**ATIENZO LÓPEZ JOSÉ GUILLERMO  
ROSALES RODRÍGUEZ JOSÉ BERNARDO**

**ASESORES:**

**M. EN C. DEMETRIO GALINDEZ LÓPEZ  
DR. ALONSO PÉREZ ESQUIVEL**

México, D.F. 2008

**INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL**  
**ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA**  
UNIDAD TICOMÁN

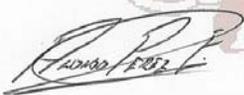
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE: INGENIERO EN AERONÁUTICA  
POR LA OPCIÓN DE TITULACIÓN: SEMINARIO  
«DEBERAN» PRESENTAR: LOS CC. PASANTE:  
**ATIENZO LÓPEZ GUILLERMO**  
**ROSALES RODRÍGUEZ JOSÉ BERNARDO**

**“GUÍA DE INSPECCIÓN EN PAVIMENTOS AEROPORTUARIOS”**

CAPÍTULO I **INTRODUCCIÓN**  
**GENERALIDADES DE LOS PAVIMENTOS Y SU**  
**MANTENIMIENTO**  
CAPÍTULO II **MARCO NORMATIVO**  
CAPÍTULO III **METODOLOGÍA**  
CAPÍTULO IV **DESARROLLO GUÍA RÁPIDA DE INSPECCIÓN**  
**CONCLUSIONES**  
**GLOSARIO**  
**BIBLIOGRAFÍA**

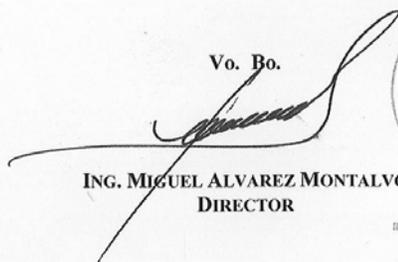
México, DF., a 31 de Octubre de 2008.

**A S E S O R E S**

  
**DR. ALONSO PÉREZ ESQUIVEL**

  
**M. EN C. DEMETRIO GALINDEZ LÓPEZ**

Vo. Bo.

  
**ING. MIGUEL ALVAREZ MONTALVO**  
**DIRECTOR**



**I. P. N.**  
ESCUELA SUPERIOR DE  
INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA  
UNIDAD TICOMÁN  
**DIRECCIÓN**

## **GRACIAS**

### *A DIOS*

*Por darme la gracia y dicha de existir, también por proveerme de la suficiente fortaleza así como valor para superar una etapa más en mi vida*

### *A MIS PADRES*

*Por haberme dado el amor, cariño, comprensión y apoyo sin escatimar esfuerzo alguno que se requiriera en los momentos necesarios. Por compartir alegrías y tristezas, éxitos y fracasos, por todos los detalles que me han brindado durante mi vida como estudiante y por hacer de mi lo que soy ahora.*

*Por ser los mejores padres, los amo*

### *A MIS HERMANOS*

*Jaime y Yadira a quienes jamás encontrare la forma de agradecer el cariño, comprensión y apoyo brindados en las derrotas y logros obtenidos haciendo de esté, un triunfo compartido, ya que gracias a su esfuerzo y palabras de aliento pude lograr este objetivo, el cual también es inspirado en ustedes*

*Por ser los mejores hermanos, los quiero mucho*

### *A MI ABUELITA*

*Por haberme dado el amor, comprensión y apoyo que requería en momentos difíciles, por ser tan linda conmigo*

*Por ser la mejor abuelita, te quiero mucho abuelita*

### *A MI ESPOSA*

*Por haberme dado el amor, cariño, comprensión y apoyo durante todo el tiempo que hemos estado juntos*

*Por compartir alegrías y tristezas, éxitos y fracasos, por todos los detalles que me has brindado*

*Por ser la mejor esposa, te amo*

**J. GUILLERMO ATIENZO LÓPEZ**

## **AGRADECIMIENTOS**

### **A MI MADRE:**

Mamita eres la mujer más bella, linda, tierna que jamás he conocido, a ti te debo mis éxitos, lo que soy, simplemente todo, eres mi dios en carne viva, el no me pudo dar una mejor mamá que tu, TE AMO MUCHO GRACIAS POR TODO.

### **A MI PADRE:**

Papá tu eres mi ejemplo a seguir, gracias por estar siempre a mi lado y confiar en mí, eres un padre maravilloso TE AMA TU HIJO.

### **A MI HERMANO:**

Carnal gracias por ser mi mejor amigo, por apoyarme, por estar a mi lado en las buenas y en las malas por ser el mejor hermano del mundo, TE QUIERO UN CHINGO y sigue siendo así de chingón como hasta ahora.

### **A MI ESPOSA:**

Flaquita de mis amores gracias por estar a mi lado siempre y confiar en mi eres lo mejor que me ha pasado en la vida eres mi amor, TE AMO MUCHOTE.

### **A MI HIJA:**

Gracias alexita por ser mi lucerito que alumbrá, alegra mis días y me hace seguir adelante por ti, TE AMO MI GORDITA.

### **A MIS ABUELOS:**

Que día con día me daban su bendición para que me cuidara los ADORO abuelitos.

### **A MIS TIAS:**

Que me cuidaron, me enseñaron lo mas que pudieron y estuvieron a mi lado desde chiquito LAS QUIERO MUCHO TIAS.

**A MIS AMIGOS:**

Que siempre me esperaban para salir a cotorrear gracias bandita.

**GRACIAS A TODOS POR SU APOYO**

---

**Ing. José Bernardo Rosales Rodríguez**

## ***INDICE***

<i>INTRODUCCIÓN</i>	1
<i>OBJETIVO</i>	2
<i>JUSTIFICACIÓN</i>	3
<i>ALCANCE</i>	4

### **CAPITULO I.- GENERALIDADES DE LOS PAVIMENTOS Y SU MANTENIMIENTO**

1.1 Antecedentes	6
1.2 La importancia de la calidad en los pavimentos aeroportuarios.	7

### ***CAPITULO II.- MARCO TEÓRICO***

2.1 Marco Normativo Nacional	9
2.2 Normatividad Internacional	11
2.3 Publicaciones OACI	12

### **CAPITULO III.- METODOLOGÍA**

3.1 Metodología	16
-----------------	----

### **CAPITULO IV.- DESARROLLO GUIA DE INSPECCIÓN**

4.1 Pavimentos	19
4.2 Estructura de un pavimento	20
4.3 Pavimentos rígidos	24
4.4 Pavimentos flexibles	26
4.5 Composición de la mezcla asfáltica.	29
4.6 Mezclas asfálticas reforzadas	29
4.7 Pavimentos de ornato	32
4.8 Pavimento de concreto armado	33

4.9 Pavimento de concreto pretensado	39
4.10 Pavimentos de concreto de cemento microarmado con fibras	40
4.11 Concreto seco compactado	44
4.12 Características de los materiales utilizados en los pavimentos	46
4.13 Pavimentos "sándwich" o invertidos	53
4.14 Concretos y mezclas asfálticas porosas	53
4.15 Mezclas alquitranadas	57
4.16 Pavimentos reforzados para el frenado de las aeronaves	58
4.17 Pistas de malla metálica	60
4.18 Inspección de pavimentos.	62
4.19 Métodos de construcción	67
4.20 Patología de pavimentos de concreto	69
4.21 Patología de pavimentos asfálticos	76
<i>CONCLUSIONES</i>	94
<i>GLOSARIO</i>	95
<i>BIBLIOGRAFIA</i>	100

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad los pavimentos son uno de los puntos medulares en cuanto a operación de los aeropuertos se refiere, es por eso que el objetivo de esta tesina es proveer la información necesaria acerca de los pavimentos aeroportuarios mas comunes.

Debido a que en algunos aeropuertos de México se ha detectado que las pistas, calles de rodaje y plataformas no se encuentran en condiciones optimas de funcionamiento, a causa de varios factores como pueden ser, el tipo de terreno natural que no cumpla con las especificaciones de resistencia y estabilidad, malas inspecciones que no detecten deterioros y fallas, una mala elaboración, ejecución de las tareas preventivas y correctivas del programa de mantenimiento, entre otras.

El presente trabajo tiene como finalidad proporcionar una “GUIA DE INSPECCIÓN DE PAVIMENTOS AEROPORTUARIOS” para así tener un mejor control del mantenimiento e inspecciones realizadas en los diferentes pavimentos aeroportuarios en México.

El objetivo básico de esta tesina es proporcionar una guía de inspección de pavimentos aeroportuarios, así como la suficiente cantidad de información para poder tener un mejor control del mantenimiento, inspecciones y operación de los pavimentos aeroportuarios en México, ya que manteniendo los pavimentos en buen estado el aeropuerto puede declarar en condiciones seguras al menos por sus pavimentos-

## PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En algunos aeropuertos de México se ha detectado que las pistas, calles de rodaje y plataformas no se encuentran en condiciones óptimas de funcionamiento, a causa de varios factores como pueden ser, el tipo de terreno natural que no cumpla con las especificaciones de resistencia y estabilidad, malas inspecciones que no detecten deterioros y fallas, una mala elaboración, ejecución de las tareas preventivas y correctivas del programa de mantenimiento, entre otras.

## OBJETIVO

Desarrollar una guía de inspección para la evaluación del estado de pavimentos rígidos y flexibles en aeropuertos de México.



**Fig. 1.- Inspección de pavimentos**

## JUSTIFICACIÓN

Los aeropuertos no pueden tener pavimentos con bajo desempeño y arriesgar las operaciones aéreas, esto puede causar el cierre parcial o total del aeropuerto, por obras de mantenimiento correctivo a causa de malas reparaciones, de igual manera sufrir sanciones por el incumplimiento de las normas en cuanto a conservación y mantenimiento, además de tener un alto costo seguro por su baja seguridad. Otro factor importante es saber si las aeronaves que operan ese aeropuerto son el tipo de aeronave crítica establecida en su manual de aeródromo y de no ser el caso proponer un alargamiento de la pista en base a las normas mencionadas por el anexo 14 de la OACI, para evitar el frenado brusco y disminuir la vida útil del pavimento en la pista, o en su caso realizar inspecciones con mayor frecuencia para detectar inmediatamente la falla.

Es ampliamente reconocido que cuando un pavimento se le realizan inspecciones de manera continua, trabajos de mantenimiento, éste tendrá un mejor desempeño y una mayor demanda. En pocas palabras se convierte en un aeropuerto mas seguro.

Otro motivo por lo que se realiza esta tesina es para que cualquier persona os conozca de manera rápida y sencilla los diversos tipos de pavimentos utilizados en aeropuertos.

Es por todas estas razones que se decidió realizar una tesina enfocada a la inspección generando una guía para facilitar la evaluación de los pavimentos aeroportuarios en México y con esto proponer soluciones a las fallas encontradas dependiendo el grado de severidad, y a su vez reduciendo el costo de mantenimiento.

## ALCANCE

Con la presente tesina se pretende elaborar una guía de inspección para la evaluación del estado de los pavimentos aeroportuarios en México, para así proponer posibles estrategias de mantenimiento en función al tipo de fallas, al grado de severidad y con esto poder cumplir de acuerdo al marco regulatorio nacional e internacional, dando soluciones de seguridad, competencia y economía.

También este trabajo puede servir de apoyo para alumnos enfocados al mantenimiento aeroportuario de la Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica Unidad Ticomán de igual manera para realizar visitas practicas y determinar los tipos de fallas existentes en los pavimentos así como dar posibles soluciones a los problemas presentados.

# ***CAPÍTULO I***

## ***GENERALIDADES DE LOS PAVIMENTOS Y SU MANTENIMIENTO***

## 1.1 ANTECEDENTES

El origen de los aeropuertos se remonta a la época de construcción de los primeros campos de vuelo (terrenos llanos de grandes extensiones donde por seguridad aterrizaron los aviones) en el siglo XX, destinados a abastecer y controlar el aterrizaje de las aeronaves pioneras que surcaron el cielo. En un principio los aeropuertos eran de terracería y/o pasto, pero durante las temporadas de lluvias éstas las dejaban inservibles, por lo que la aviación sufrió un duro recorte durante estas temporadas. Debido a ello, se crearon estaciones de meteorología, tanto en los aeródromos permanentes como en los provisionales, en los cuales las estaciones se situaban en camiones equipados con radio receptores.

Por ende, en algunas ciudades importantes tales como Nueva York, París, Berlín, Londres, entre otros, tuvieron la idea de pavimentar estos terrenos de una forma rudimentaria, tomando en cuenta que aún no se contaba con un profundo estudio de factibilidad ni con el diseño y mucho menos con la tecnología para desarrollar los pavimentos que tenemos en la actualidad.

Conforme el paso de los años, el mundo entero se dio cuenta de la importancia en el desarrollo del transporte aéreo y del papel fundamental que éste juega en las comunicaciones, el abastecimiento, el turismo y el transporte, por lo que los aeropuertos han experimentado un notable crecimiento tanto en infraestructura, operación y desarrollo comercial, lo cual ha llevado al diseño de nuevos aeródromos y aeropuertos a lo largo de todas las ciudades importantes del mundo y zonas económicamente activas, distinguiendo a los aeropuertos para el tráfico regular de personas y mercancías, y los aeródromos para uso militar, de adiestramiento o privado.

## 1.2 LA IMPORTANCIA DE LA CALIDAD EN LOS PAVIMENTOS AEROPORTUARIOS

Los pavimentos se han utilizado ampliamente para construir pistas, calles de rodaje y plataformas en los aeropuertos.

Los procedimientos de diseño, construcción y mantenimiento empleados en pavimentos de aeropuertos han evolucionado con la experiencia, la práctica, las pruebas de campo y la aplicación de las consideraciones teóricas.

El cierre de pistas, calles de rodaje, plataformas, es causa de fallas no detectadas por malas inspecciones, una baja calidad en los trabajos de mantenimiento o simplemente por el tipo de terreno natural, lo que provoca realizar trabajos de mantenimiento correctivo que llevan al cierre casi total de el aeropuerto el cual tiene un impacto significativo en las ganancias, además de las innecesarias demoras para los viajeros.

El desempeño deseable de un pavimento puede obtenerse al asegurarse de que se detecten a través de una inspección de calidad y realicen adecuadamente las tareas del programa de mantenimiento.

A partir de esto se decidió generar una guía de inspección rápida para la evaluación del estado de pavimentos.

# ***CAPÍTULO II***

## ***MARCO NORMATIVO***

## MARCO NORMATIVO

En el ámbito de la aeronáutica existen leyes y autoridades que regulan el funcionamiento de la aviación, tienen la finalidad de marcar límites máximos y mínimos de funcionalidad para entidades que presten sus servicios.

### 2.1 MARCO NORMATIVO NACIONAL

Dentro del Marco Normativo Nacional existen varios documentos que regulan la construcción, administración, operación y explotación de los aeródromos algunos de estos documentos son:

#### LEY DE AEROPUERTOS

La presente Ley es de orden público y tiene por objeto regular la construcción, administración, operación y explotación de los aeródromos civiles, los cuales son parte integrante de las vías generales de comunicación.

#### REGLAMENTO DE LA LEY DE AEROPUERTOS

El presente ordenamiento tiene por objeto regular la construcción, administración, operación y explotación de los aeródromos civiles, como partes integrantes de las vías generales de comunicación aérea, conforme a la Ley de Aeropuertos.

En la ley de Aeropuertos a través del capítulo III:

Específicamente en el artículo 27 sección X establece las “concesiones y permisos” e indica que se revocará la concesión o el permiso por el incumplimiento de las obligaciones de conservación y mantenimiento del aeropuerto.

En el capítulo V:

Dentro de los artículos 38 y 39 establece el tipo de “infraestructura” que debe de ser propuesto por los permisionarios o responsables del Aeropuerto, esto mediante la elaboración un programa de inversiones en materia de conservación y mantenimiento, en el que se incluyan medidas específicas de seguridad y protección del ambiente.

De igual manera, en el capítulo XV,

Que se refiere a “sanciones” en el artículo 81, sección XV, establece que el incumplimiento de las obligaciones de conservación y mantenimiento del aeródromo civil genera una multa de mil a treinta mil días de salario mínimo.

Por otro lado, en el Reglamento de la Ley de Aeropuertos en el capítulo II del Título III, establece que el permisionario deberá considerar y tomar en cuenta los estándares de seguridad, calidad y eficiencia establecidos en el título de concesión (contrato) y en dicho Reglamento.

En síntesis la legislación Nacional marca la obligación del operador a invertir, conservar y mantener el Aeropuerto en un estado de seguridad

## 2.2 MARCO NORMATIVO INTERNACIONAL

Dentro del Marco Normativo Internacional, en el **Anexo 14 volumen 1** existen 2 capítulos de suma relevancia en el mantenimiento de los pavimentos.

El capítulo 2: “Datos sobre los Aeródromos” y el capítulo 10: “Mantenimiento de Aeródromos” hacen referencia a las recomendaciones que se deben de considerarse.

Algunas de las recomendaciones.

En primer lugar, se determinara la resistencia de los pavimentos, la cual se establece en el capítulo 2.6, esta información es proporcionada por el mismo aeropuerto identificando la resistencia máxima que puede soportar dicho pavimento.

Para esto se debe de tomar en cuenta lo que a continuación se menciona:

- a) el número de clasificación de pavimentos (PCN);
- b) el tipo de pavimento para determinar el valor ACN \ PCN;
- c) la categoría de resistencia del terreno de fundación;
- d) la categoría o el valor de la presión máxima permisible de los neumáticos;

El número de clasificación de pavimentos (PCN) notificado indicará que una aeronave con número de clasificación de aeronaves (ACN) igual o inferior al PCN notificado puede operar sobre ese pavimento, a reserva de cualquier limitación con respecto a la presión de los neumáticos, o a la masa total de la aeronave para un tipo determinado de aeronave. También es posible notificar diferentes PCN si la resistencia de un pavimento está sujeta a variaciones climáticas de importancia.

También nos recomienda que en cada aeródromo debería establecerse un programa de mantenimiento incluyendo, cuando sea apropiado, un programa de mantenimiento preventivo, para asegurar que las instalaciones se conserven en condiciones tales que no afecten desfavorablemente a la seguridad, regularidad o eficiencia de la navegación aérea.

Por "mantenimiento preventivo" se debe entender la elaboración de una programada de mantenimiento llevado a cabo para evitar fallas de las instalaciones o una reducción de la eficiencia de los mismos.

Así mismo, por "instalaciones" se denotan los pavimentos, ayudas visuales, vallas, sistemas de drenaje y edificios.

## 2.3 PUBLICACIONES OACI.

La OACI para orientar la construcción y mantenimiento de los pavimentos se puede consultar:

Manual de diseño de aeródromos (Doc 9157)

Referente a la parte 3 del manual de diseño de aeródromos este esta conformado por un glosario de términos, por siete capítulos y un y 5 apéndices.

En el capítulo 1 trata lo relativo a resistencia de pavimentos, el método ACN-PCN y los procedimientos para los pavimentos de las aeronaves ligeras.

En capítulo 2 lo referente a la guía en las operaciones de sobrecarga., incluyendo criterios en el Anexo 14.

Lo concerniente al capítulo 3 es la evaluación de los pavimentos, donde encontraremos sus generalidades evaluación de los pavimentos, el ACN-PCN, también la evaluación de la magnitud y composición del transito, la evaluación de las aeronaves usuarias y técnicas y equipos para la evaluación técnica.

Con respecto a los capítulos 4, trata sobre prácticas de estados a Canadá, Francia, Reino Unido y Estados Unidos para el proyecto y evaluación de los pavimentos.

Sobre el capítulo 5 refiere a los métodos para mejorar la textura superficial de las pistas, su objeto las consideraciones básicas tratamientos de la superficie de pistas y su glosario.

Acerca del capítulo 6 se describe la protección de pavimentos asfálticos, el problema, su tratamiento, los revestimientos protectores y sus materiales, la aplicación y la protección lograda entre otros puntos afines.

Las cuestiones estructurales relativas a las alcantarillas y a los puentes es pertinente al capítulo 7.

Y por ultimo los apéndices 1 características de aeronaves que afectan a la resistencia del pavimento, 2 procedimientos para determinar el numero de clasificación de una aeronave, 3 gráficos para el calculo y evaluación de pavimentos de Francia, 4 información sobre los antecedentes de la práctica de los Estados Unidos para el cálculo y evaluación, y el 5 ACN para varios tipos de aeronaves

Manual de servicios de aeropuertos (Doc 9137)

- Parte 2: “Estado de la superficie de los pavimentos” la cual se emite orientación sobre los métodos utilizados para medir la textura de la superficie y se presenta un gráfico que se basa en los resultados de ensayos llevados a cabo sobre determinadas superficies cubiertas de hielo o nieve, en el que se muestra la correlación que existe entre ciertos dispositivos de medición del rozamiento en superficies cubiertas de hielo o de nieve, también se ofrece orientación sobre la utilización de productos químicos en los pavimentos de los aeródromos.

-

Se proporciona además orientación sobre la metodología para determinar los valores de rozamiento correspondientes al objetivo de diseño, al nivel previsto de mantenimiento y al nivel mínimo de rozamiento respecto de medidores del rozamiento.

- Parte 9: “Métodos de mantenimiento de aeropuertos” En ésta parte establece que la superficie de las pistas debería mantenerse en un estado que impida la formación de irregularidades dañosas o el desprendimiento de material que pudiera representar un peligro para el funcionamiento de las aeronaves.

Esta especificación exige una vigilancia continua del estado del pavimento y su reparación, cuando sea necesario. La reparación de pavimentos es costosa y con frecuencia impone restricciones en el tráfico del aeropuerto, aún cuando las zonas dañadas sean pequeñas. En consecuencia, el mantenimiento preventivo reviste gran importancia para la administración del pavimento del aeropuerto.

# ***CAPÍTULO III***

## ***METODOLOGÍA***

### 3.1 METODOLOGÍA

La metodología empleada para la búsqueda de las soluciones optimas en el desarrollo de la tesina parten del planteamiento del método científico deductivo (observación, medición, experimentación, hipótesis-deductiva en los procesos de mantenimiento) cuyos resultados permitirán decidir el mejor método a seguir para el mantenimiento de los pavimentos en Aeropuertos Mexicanos.

En este proyecto de investigación se hizo una descripción documental analítica de acuerdo a las prioridades y orden de la tesina. La metodología del trabajo esta basada principalmente en alcanzar conocimientos válidos mediante instrumentos confiables con un enfoque sistemático deductivo (de lo general a lo particular), lo cual ayudó a analizar por completo el mantenimiento de los pavimentos a través de una guía de inspección rápida. Para esto se llevo a cabo una investigación documental en diversos artículos relacionados con el tema.

Se investigó sobre los métodos existentes para la evaluación y detección de los daños en pavimentos aeroportuarios detectándose que muy pocos aeropuertos contaban con una guía de inspección.

Para integrar el marco regulatorio en el que se basará el estudio, se realizó una revisión de los aspectos normativos que aplican para los pavimentos aeroportuarios. Se estudiaron las recomendaciones que hace la Organización de Aviación Civil Internacional, la Ley de Aeropuertos, el Reglamento de Aeropuertos, entre otros, identificando aquellas que pudieran ser aplicables para el mantenimiento de pavimentos.

Para el desarrollo de la guía rápida de inspección primeramente se fundamento el marco teórico de la investigación, así como los antecedentes, causas y orígenes de la inspección de los pavimentos, sobre que es un pavimento y los tipos de pavimentos existentes para el uso aeroportuario. De igual manera se hizo el estudio profundo de los antecedentes, generalidades y actualizaciones que se han llevado a cabo en la inspección de los pavimentos, también se hizo referencia a

los estudios realizado a diversos tipos de pavimentos para la corrección de fallas, resumimos investigaciones sobre actualizaciones de inspecciones a pavimentos y finalmente se efectuó una síntesis de actividades a realizar en periodos cortos de tiempo lo cual será reflejado en la guía de inspección.

# ***CAPÍTULO IV***

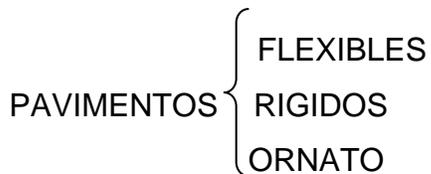
## **DESARROLLO GUÍA RÁPIDA DE INSPECCIÓN**

# DESARROLLO GUÍA RÁPIDA DE INSPECCIÓN

Empezaremos definiendo la palabra Pavimento (del latín pavimentu), es la capa constituida por uno o más materiales que se colocan sobre el terreno natural o nivelado, para aumentar su resistencia y servir para la circulación de personas o vehículos. Entre los materiales utilizados en la pavimentación urbana, industrial o vial están los suelos con mayor capacidad de soporte, los materiales rocosos, el concreto y las mezclas asfálticas . En la actualidad se encuentra en investigación pavimentos que ayudan al medio ambiente como el formado por noxer.

## 4.1 PAVIMENTOS

Los pavimentos para aeropuertos y todo tipo de vialidades se dividen en pavimentos rígidos, flexibles y semi rígido o semi flexible.



## 4.2 ESTRUCTURA DE UN PAVIMENTO

La estructura que forma tanto una vialidad como una pista, un rodaje o una plataforma esta conformada por dos grandes capas: las terracerias y el pavimento.

La capa de terraceria esta formada por el terreno de cimentación, el terraplén y la sub rasante..

El pavimento esta formado por las capas de sub-base, base y carpeta

A continuación se exponen las principales características de cada una de estas capas.

### Terracerias

Suelo de cimentación o Terreno natural.

Es el apoyo directo de la estructura y por lo tanto, se hace necesario su estudio con el fin de poder determinar sus condiciones de estabilidad y resistencia, ya sea de ella dependerá del comportamiento de la pista o de los rodajes.

Es conveniente que se encuentre libre de materias orgánicas, lodo u otros materiales que tengan grado de compactación baja.

Ordinariamente se ejecuta una operación de remoción entre 30 y 40 cm, con el fin de eliminar la capa de contenido vegetal, a esta operación se le da el nombre de despalme.

## Terraplenes

Aquellos materiales que apoyándose sobre terreno natural, permite obtener una superficie uniforme a los niveles fijados por el proyecto. En general, los terraplenes se forman por el material de los cortes o de los bancos de préstamo, su formación no tiene un control estricto, haciéndose únicamente por bandeado, teniendo por lo tanto una baja compactación razón por la cual no es recomendable ordenar la pavimentadota inmediatamente después de su contracción.

### Capa Sub rasante.

La capa sub rasante es la que sirve de apoyo al pavimento esta constituido por el mismo material que la tercería, solo que con una compactación controlada y uniforme, por lo tanto ,es en realidad una capa la que forma la sub rasante, cuyo espesor es variable, dependiendo de las características de las terracerias.

Además la sub rasante tiene otros objetivos:

- A) Controlar o eliminar en lo posible los cambios perjudiciales que puedan tener el terreno de cimentación.
- B) Interrumpirla ascensión capilar del agua proveniente de la capas freáticas, protegiendo a los otros elementos contra la humedad.
- C) Actuar como capa aislante que impida la ascensión de los finos arcillosos de la sub rasante.
- D) Actuar como capa de transición entre la sub rasante y la base, debido a esto, hay ocasiones en que la capa de la sub base no se hace necesario, cuando la capa de la sub-rasante tiene las características requeridas, se elimina la sub-base .

## Carpeta de concreto

Sirve para proteger el material de la plataforma de sustentación al transmitir directamente los esfuerzos producidos por las cargas aplicadas. Si aplicamos una carga a la superficie del pavimento, la presión ejercida tiende a distribuirse en una superficie mayor a medida que crece la profundidad de la capa, de tal manera que la presión ejercida sobre las terracerías será considerablemente menor que la existencia en la superficie del pavimento.

Debe hacerse notar que la capacidad de soporte de la base y la sub base, depende en gran parte del espesor que se le da a la carpeta, por lo tanto la base y la carpeta son los elementos más costosos en toda la construcción del pavimento, por lo que es recomendable conseguir de dichos elementos la mayor resistencia y estabilidad posibles.

## Sub Base.

Es la capa de materiales seleccionados que se colocan sobre la sub rasante cuya función es soportar los esfuerzos que le transmiten la base para distribuirlos a la sub rasante, de tal manera que se produzcan deformaciones perjudiciales.

## Base

La base, además de su función principal de soportar las cargas que le transmiten la carpeta y distribuir las a la sub base, debe tener los mismos fines indicados que la sub base.

La capa de base, como consecuencia de su posición vulnerable bajo las carpetas, es una parte estructural muy importante de los pavimentos, por lo tanto, el material empleado en su construcción debe ser resistente al desplazamiento para evitar la

acción de amasado producida por el tránsito, y además debe estar constituida por partículas duras, tenaces, duraderas y libres de materia orgánica.

Los materiales que constituyen la base, deberán ser homogéneas de la calidad requerida y se debe colocar en capas de espesor uniforme, compactándose hasta alcanzar un mínimo del 95% de su peso volumétrico seco máximo.

#### NOTA

Tanto la base como la sub base pueden ser estabilizadas y los estabilizadores pueden ser:

- A) Cal
- B) Cemento
- C) Asfalto

#### Carpeta.

En la actualidad se dispone de una serie muy amplia de categorías, desde las de costo muy elevado y alta resistencia, hasta las de bajo costo, lo que permite proyectar en cada caso la mas adecuada, necesaria y suficiente para cada tránsito.

La carpeta es un elemento constitutivo de importancia, por lo tanto su elección debe hacerse cuidadosamente para determinar el tipo mas económico dentro de las funciones a que esta destinado, además deberá satisfacer las características adecuadas para que el tránsito pueda efectuarse en condiciones de comodidad, seguridad y economía.

Dependiendo de la forma de elaboración de la mezcla asfáltica, la carpeta puede ser a base de riegos, mezclados en el sitio y con mezcla en planta. En el primer caso puede ser de cuatro riegos y como material cementante se utilizan los

asfaltos rebajados, y para la elaboración de las mezclas en planta o en sitio se utilizan los concretos asfálticos.

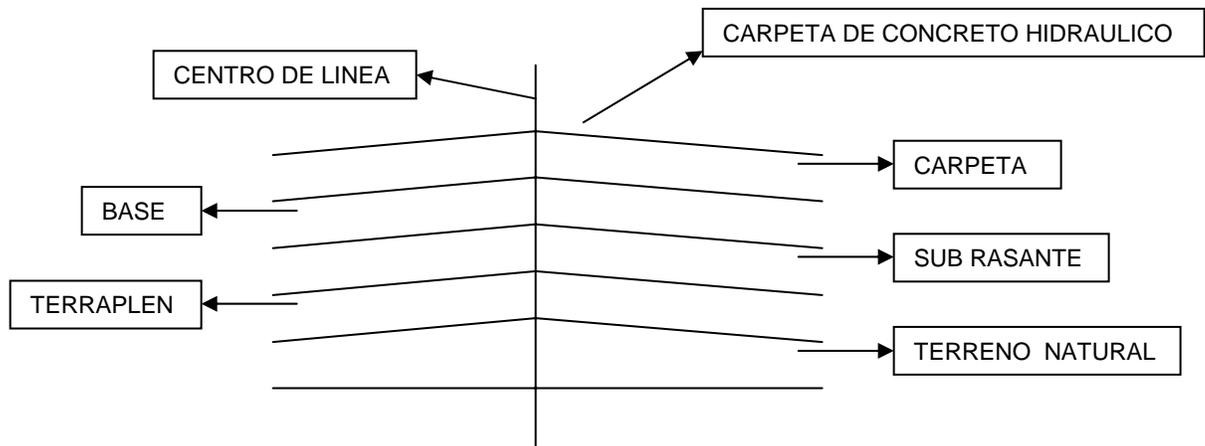
Las carpetas deben ser de material pétreo con una granulometría mejor adicionado con un cementante.

### 4.3 PAVIMENTOS RIGIDOS

Los pavimentos rígidos son los que utilizan como material cementante, el cemento Pórtland, se construyen a base de losas de concreto, formadas por una mezcla de cemento Pórtland, material pétreo y agua alcanzando su fraguado y resistencia máxima a los 28 días.



## Estructura de los pavimentos rígidos



Esta es una representación del pavimento rígido en un corte transversal  
La carpeta y la base forman la súper estructura o el pavimento  
La sub rasante, el terraplén y el terreno natural forman la subestructura o terracería.

Las principales ventajas de estos pavimentos son:

- A) Mayor resistencia
- B) Mayor durabilidad

Su principal característica, es que no se adapta a las deformaciones que pudieran tener las capas interiores. Su principal ventaja es que resulta más durable y requiere menor mantenimiento que los otros tipos de pavimento.

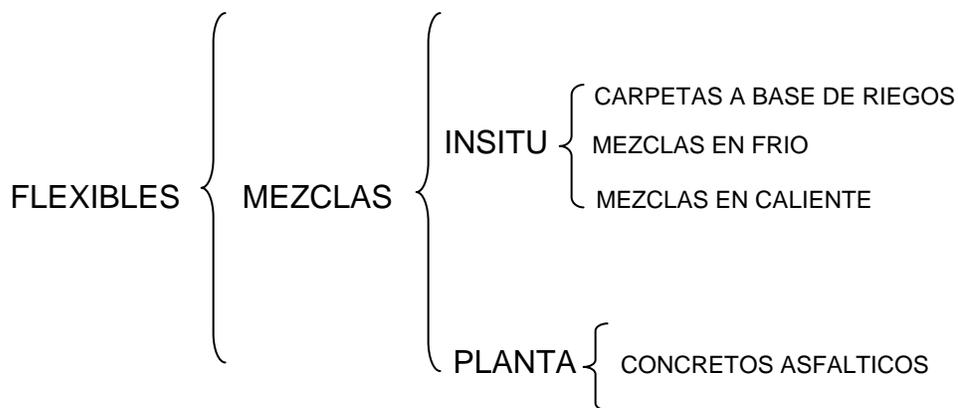
Los pavimentos rígidos, semi rígidos o semi flexibles son superficies de rodamiento formadas por adoquines y empedrados, que se utilizan básicamente en avenidas turísticas o paseos residenciales.

El pavimento rígido está constituido por una losa de concreto, cuya capacidad de flexión es limitada.

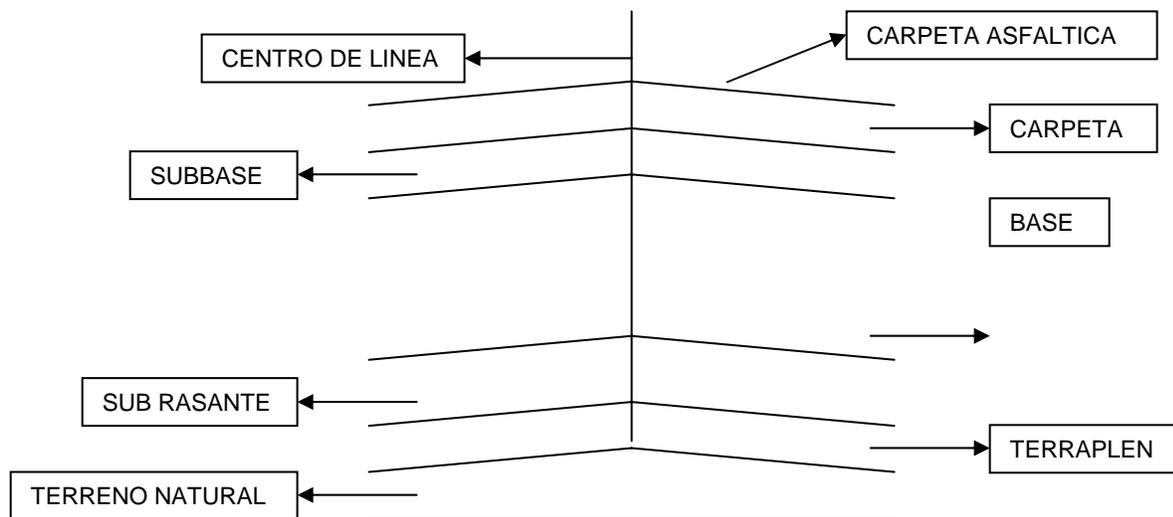
A veces, la capa de soporte de la losa se mejora con cemento, cal, cenizazo escoria de altos hornos. Cuando esta última capa se ha estabilizado con cemento, bien directamente o en centrales y la rodadura es asfáltica o de alquitrán, el pavimento se denomina *compuesto* o *semi-rígido* ya que constituye un caso intermedio entre los dos “clásicos”.

#### 4.4 PAVIMENTOS FLEXIBLES

El pavimento flexible es aquel que por sus condiciones elásticas es capaz de absorber deformaciones ante cargas circulantes, recuperándose total o parcialmente al cesar aquéllas, su carpeta está construida de un concreto asfáltico, los pavimentos de este tipo tienen la particularidad de adaptarse a las pequeñas deformaciones producidas por diferencias de valor soportantes de las bases, del terreno o de las terracerías, producidas por algún incremento de carga o por efecto de humedad.



## Estructura de los pavimentos flexibles



La carpeta, sub base y la fase forman la súper estructura o pavimento

La sub rasante, el terraplén y el terreno natural forman la sub estructura o terracería.

En este tipo de pavimentos la capa sub rasante debe ser de material pétreo o árido (grava y arena), estos materiales proporcionan mejores características de resistencia al desgaste, permeabilidad y granulometría.

Las carpeta flexibles, transmiten las cargas a la base a través de los áridos y el asfalto actúa solamente como agente cementante para fijarlos en una posición adecuada, que permita la transmisión, se concluye que el contenido óptimo de asfalto para elaborar una mezcla para carpeta es el que proporciona un equilibrio adecuado entre la estabilidad y la durabilidad de la carpeta.

Las cargas para las que un pavimento flexible se proyecta, en función del valor soportante de sus elementos, determinan el espesor del mismo y el procedimiento constructivo que debe emplearse.

Cuando el envejecimiento o la magnitud de las cargas producen una superación del límite elástico, llega la rotura o la deformación permanente.

Los pavimentos flexibles, tienen como material cementante la resina y conjuntamente con el asfalto, los aceites y el material pétreo, forma la capa bituminosa con la que se construye las carpetas asfálticas.

Por las características de los materiales utilizados se adaptan a las pequeñas deformaciones que pudieran sufrir las capas inferiores. Son más económicos y más rápidos de construir que los otros tipos de pavimentos.

Para la construcción económica de los caminos, se utilizan los materiales disponibles en el sitio, o bien los cercanos a él y mediante algún procedimiento se mejoran sus propiedades hasta donde esta es posible y dentro de la economía.

Están formados por unas capas granulares pavimentadas con mezclas de áridos, como asfalto o alquitrán, a los que pueden añadirse eventualmente algunos aditivos en busca de mejorar determinadas características: resinas, cal, cemento, caucho, vinilos, etc.

Los pavimentos flexibles se fundamentan en una materia prima derivada del petróleo, de importación en muchos países y por tanto, con incidencia negativa en la balanza de pagos: el pavimento rígido utiliza un producto comúnmente de fabricación nacional, aspecto a considerar en el momento de la planificación.

La ventaja del pavimento flexible es su adaptabilidad a cualquier tipo de terreno y su relativa facilidad de reparación.

## 4.5 COMPOSICIÓN DE LA MEZCLA ASFÁLTICA.

Los requerimientos para la planta de elaboración del concreto asfáltico en caliente deberá estar regido por el manual del Asfalto .

La mezcla asfálticas, elaborada en planta estará compuesta de una combinación de agregados, llenarte minerales si fueran requeridos y material asfáltico poroso.

Las distintas fracciones de los agregados deberán ser uniformemente graduados combinados en tales proporciones que llenen los requisitos de graduación de la formula de la mezcla de trabajo.

## 4.6 MEZCLAS ASFÁLTICAS REFORZADAS

De forma similar al caso de los concreto de cemento, se utiliza crecientemente en las mezclas asfálticas para pavimentos algún tipo de refuerzos además del que geológicamente significa la modificación por adición de polímeros.

El refuerzo estructural lo podemos clasificar en:

- Mezclas armadas con mallazo de fibra de vidrio.
- Mezclas bituminosas reforzadas con fibras poliméricas
- Mezclas armadas con mallazo metálico.
- Mezclas armadas con mallazo de polímero.

Con ello lo que se busca, una vez más, es un aumento en la resistencia a tracción, un control de la fisuración del aglomerado y evitar la propagación de grietas reflejadas de sub bases rígidas, como gravas, cemento o suelo-cemento de las losas existentes en el caso de refuerzos.

Estas soluciones tienen, por el momento, aplicaciones restringidas a casos particulares, fundamentalmente refuerzos sobre capas deterioradas tanto asfálticas como de concreto.

Las fibras son de propileno o de polivinilo, con dimensiones de unos 10 mm. de longitud y dotación de alrededor del 0,3% en peso de la mezcla con ellas se consigue mejorar la resistencia a tracción y disminuir las fisuras y las deformaciones. Es preciso aumentar la dotación de betún en un porcentaje similar al contenido de fibras.

Otra alternativa es utilizar láminas, de 10 a 50 mm. de longitud y de 2 a 10 de anchura con espesores de décimas de mm., consiguiendo efectos similares al de las fibras. En el caso del polivinilo se produce una disolución parcial en el aglomerante, que debe ser blando. Las mezclas ensayadas se comportan mejor con alquitrán que con betún, y tanto en este caso como en el de las fibras el problema es la temperatura de trabajo que puede fundirlas.

Para controlar las fisuras en refuerzos se emplea un mallazo metálicos embebido en la mezcla asfáltica; al estar sometido a oxidación se parten alambres, lo que ha llevado a abandonar esta alternativa.

Más actual y prometedora, por cubrir un campo mucho más amplio que el de los pavimentos, es el de los mallazos de polímero también denominados de "geotextil" o "geomallas", que empezaron a utilizarse hace unos veinte años.

Con ellas se puede obtener aumentos en la resistencia a tracción de hasta el 50% con, respecto a la mezcla sin malla.

Se colocan estas cuadrículas entre dos capas de aglomerado, normalmente entre las capas intermedia y de rodadura o entre aquélla y la de base o se extiende previamente una capa de regularización. El espesor de la capa sobre el mallado no debe ser menor de 4 cm. El solape entre mallas, de 25 cm. en sentido longitudinal y 15 en transversal.

Es necesario dar un riego de adherencia, con contenido en betún residual de 0,6 a 1,0 Kg./m<sup>2</sup> a fin de asegurar la unión de la malla a la capa de apoyo. En algún caso es conveniente clavarlas: si van sobre mezclas de cemento, o si se emplean anchos grandes de malla (superiores a los 3 m).

La compactación debe hacerse sin vibración y dando previamente unas pasadas con rodillos ligeros que asienten la capa.

Al material constituyente se le debe exigir:

- Alta resistencia a esfuerzos de tracción, flexión y cortadura.
- Alargamientos pequeños para cargas altas.
- Buena adherencia y buen coeficiente de rozamiento con la mezcla bituminosa.
- Durabilidad.
- Estabilidad a altas temperaturas.

Las características principales para el empleo en pavimentos de aeropuertos que deben cumplir son:

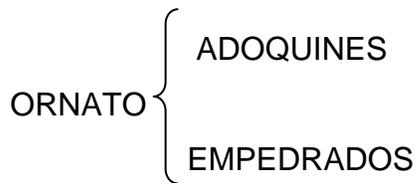
- Resistencia a tracción: >80 kN/m
- Deformación máxima: 16/30%
- Temperatura de fusión: >160°C (podría rebajarse, según la temperatura de extensión del aglomerado prevista).

Deben llevar además un tratamiento, hecho en fábrica, para aumentar la adhesividad al betún.

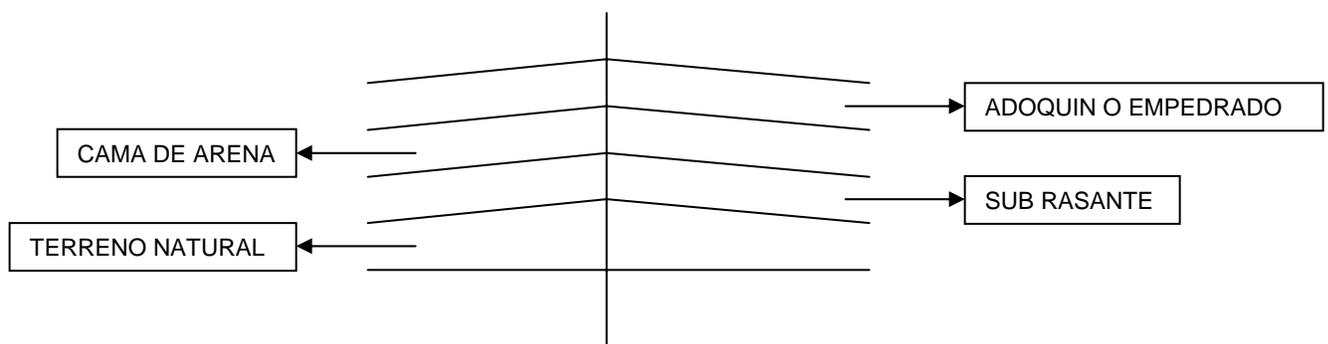


Fig. 4.1 Aplicación de las mezclas asfálticas

## 4.7 PAVIMENTOS DE ORNATO



### Estructura de los pavimentos de ornato



En el inicio de los aeródromos y hasta hace 50 ó 60 años, algunas de las superficies destinadas especialmente a estacionamiento de aviones y zonas de repostado, mantenimiento o lavado se construyeron adoquinadas, de manera similar a las calles de las grandes ciudades. Estos adoquines estaban labrados en piedra natural y su uso se fue abandonando al aparecer técnicas industriales en la construcción de pavimentos y al aumentar las masas de los aviones y las necesidades de superficies pavimentadas.

Además, la piedra se iba puliendo y llegaba un momento en que resultaba deslizante.

A finales de los años cuarenta, en algunos países deficitarios en roca y que utilizaban tradicionalmente ladrillo para pavimentar calles y aceras, se empezó a fabricar un tipo de adoquín artificial de mortero de cemento, técnica que fue evolucionando en calidad y en alcance y que se extendió por Europa Central y más lentamente a otros países.

No hace más de diez años que se pensó que tal tipo de pavimento podría ser útil en aeropuertos, siendo los ingleses los primeros en hacer un estudio sistemático en el aeropuerto de Lutón del que se deducen interesantes conclusiones. En Australia se han utilizado, e investigado, en los últimos años para varios aeropuertos.

Los adoquines de hormigón deben cumplir con las premisas que se le exigen a un buen pavimento de aeropuerto, y las resistencias pueden ser :

- Resistencia mecánica elevada y vida prolongada.
- Resistencia a esfuerzos térmicos y al alabeo.
- Buenas características retracción-dilatación por variación de la temperatura.
- Buenos coeficientes de rozamiento a los neumáticos de los trenes de aterrizaje.
- Inalterabilidad a la exposición de temperaturas altas, como las del chorro de los motores.
- Inalterabilidad química a los vertidos: combustibles, lubricantes, líquidos, antihielo, etc.
- Indeformabilidad a las torsiones por giro de los neumáticos.

Todas ellas las cumplen bien los adoquines de hormigón, cuyas características: Geométricas, para utilización en aeropuertos son curvas, rectangulares o con formas, con dimensiones en planta de 20 x 10 cm. Y espesores variables (6, 8 y 10 cm.). Son recomendables las formas cúbicas, ya que los bordes curva se rompen antes.

Resistentes, resistencia característica no inferior a 60 MN/m<sup>2</sup> y con tenido mínimo de cemento superior a 350 Kg./m<sup>3</sup> y deseablemente cercano a los 400.

La colocación debe hacerse sobre una cama de arena, con granulometría pasando el 90% como mínimo el tamiz de 5 mm. y no más del 3 ó 4% por el tamiz de 0,08 y con espesor de 6 a 8 cm. sobre un hormigón o grava-cemento de buenas características.

En el caso de Lutón, sobre un suelo de CBR se ensayó una sección de 10 de suelo-cemento, 25 cm. de hormigón y encima los adoquines sobre la cama de arena.

A fin de asentar los bloques, se da una pasada con una placa vibrante; las juntas se rellenan con una arena con un 10% de limo y se sellan con un líquido polimérico, de forma que la estructura tiene una cierta flexibilidad a los movimientos.

#### Cualidades físicas

Otra de las grandes virtudes del adoquín cerámico radica en sus cualidades físicas.

Dichas cualidades le hacen resistir la acción de las heladas y los ambientes donde la contaminación, las lluvias ácidas y el resto de agentes agresivos acabarían con otros materiales.

Los pavimentos con adoquines cerámicos no se deforman con la acción de temperaturas altas en verano.

La resistencia a compresión de los adoquines cerámicos sólo puede ser comparable a los de piedra natural. Además su elevada resistencia al desgaste, su dureza frente al rayado y su excepcional resistencia a la flexo tracción, les permite obtener mejores resultados que otros adoquines de grueso muy superior, lo que se traduce en un menor peso de la pieza y un mayor rendimiento en su colocación.

Esta gran resistencia mecánica de los adoquines cerámicos les permite resistir cargas puntuales importantes que en otros tipos de firme provocarían indentaciones o punzonamientos.

#### Mantenimiento económico

Bajo la acción agresiva del ambiente exterior y de las cargas actuantes, cualquier pavimentación requiere unos niveles mínimos de mantenimiento con el fin de asegurar la calidad impuesta a estas superficies.

En concreto, en un pavimento flexible de adoquines, la conservación se reduce a eliminar posible vegetación que pueda producirse en las juntas, y rellenar éstas cada vez que la acción erosiva del ambiente así lo exija.

#### Facilidad en las reparaciones

Existe la posibilidad en los pavimentos flexibles adoquinados de levantamiento de las piezas sin provocar deterioros en los mismos, caso por ejemplo de que sea necesario reparar algún servicio urbano.

Por tanto, en los pavimentos de aceras, plazas, patios, etc, la característica de reutilización de los adoquines es muy válida, ya que en estos emplazamientos debe contarse siempre con posteriores trabajos en el sub suelo, como red de gas, eléctrica, de alcantarillado, etc, pudiendo volverse a utilizar los adoquines cerámicos cuando y cuantas veces sea necesario.

También es apropiado el uso de adoquinado para terrenos con gran inestabilidad, en los que deben efectuarse alguna corrección de regularidad de superficies debido a asientos localizados.

Una vez concluida la reparación del pavimento, ésta no se aprecia.

#### Facilidad de ejecución

La facilidad de ejecución queda evidenciada por el empleo incluso de personal no especialista haciendo uso de herramientas manuales.

Además, otra ventaja es que inmediatamente después de haber terminado el adoquinado se puede utilizar, tanto para tráfico pesado como para tráfico peatonal.

La temperatura ambiente durante la ejecución no afecta al pavimento con adoquín cerámico, lo que evita esperas innecesarias durante la ejecución.

## Vida útil

Se considera para pavimentación con adoquín cerámico una vida útil superior a 30 años, siendo ésta muy superior a la de otros pavimentos.



Fig.4.2 Compactación del adoquinado

## 4.8 PAVIMENTO DE CONCRETO ARMADO

La técnica constructiva del concreto armado (o mallazo) consiste en la utilización de concreto reforzado con barras o mallas de acero, llamadas armaduras. También es posible armarlo con fibras, tales como fibras plásticas, fibra de vidrio, fibras de acero o combinaciones de barras de acero con fibras dependiendo de los requerimientos a los que estará sometido.

La utilización de acero cumple la misión de resistir los esfuerzos de tracción y cortante a los que está sometida la estructura. El concreto tiene gran resistencia a la compresión pero su resistencia a la tracción es pequeña.



Fig.4.3 Armaduras antes del armado.

## 4.9 PAVIMENTO DE CONCRETO PRETENSADO

Se denomina concreto pretensado a un concreto al que, antes de la puesta en servicio, se le introducen refuerzos mediante cables o alambres de acero. El esfuerzo de pretensado se puede transmitir al concreto de dos formas: mediante armaduras pretensadas (disminución alambres), método utilizado disminución en elementos prefabricados; o mediante armaduras potenzadas (disminución torones, grupos de cables), método utilizado en piezas de concreto *insitu*. disminución de el preesfuerzo se induce por medio de cables de acero de alta resistencia, que se tensan y a isminución se anclan. Los torones deben ser capaces de precomprimir el concreto mediante la adherencia de los mismos con el concreto, como ocurre en el concreto pretensado. También se pueden dejar intencionadamente conductos con un perfil predeterminado dentro del elemento para luego pasar cables de acero por los mismos, y isminución aplicarles la fuerza de pretensado mediante gatos hidráulicos. Por último, se deben anclar los torones en los extremos. Este procedimiento se conoce como concreto postensado. Normalmente al aplicar esta técnica, se emplea concreto y acero de altas resistencias para resistir los enormes esfuerzos inducidos.

El principio es el mismo que el aplicado en el concreto postensado. Se trata de lograr que las tracciones que producirían las cargas de servicio se reduzcan a una isminución de la compresión ya existente en el material, pero se diferencia de aquel en que los cables o alambres son tensados antes del vertido del concreto fresco.

Por esta razón es un método constructivo que suele reservarse a piezas prefabricadas en instalaciones industriales, tales como columnas, vigas, viguetas, pequeñas losas, etcétera.

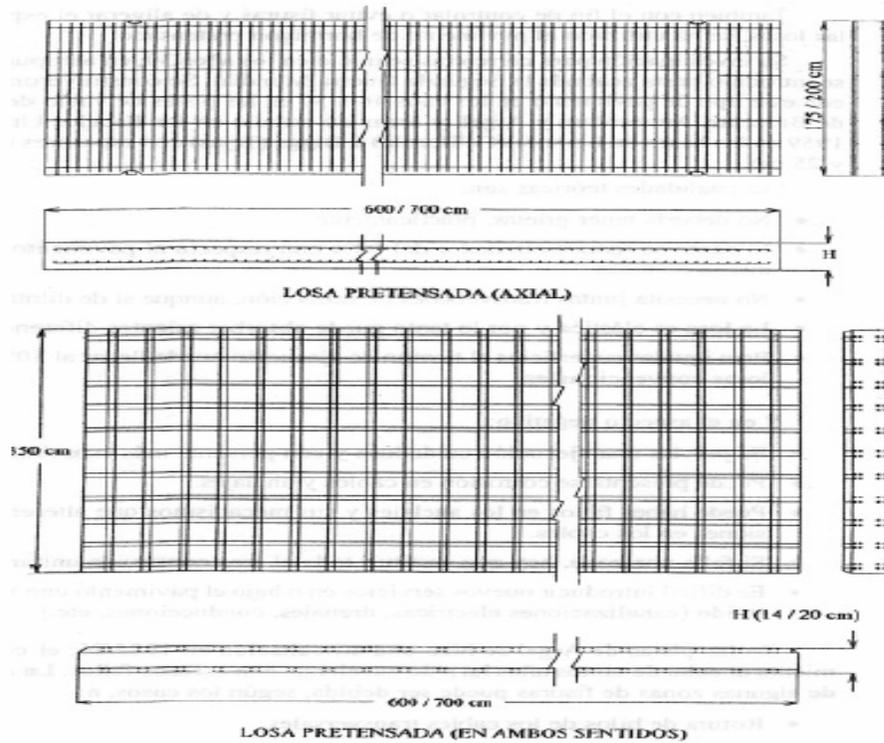


Fig.4.4 Representación de las losas pretensadas

#### 4.10 PAVIMENTOS DE CONCRETO DE CEMENTO MICROARMADO CON FIBRAS

El concreto, también en algunos países de iberoamérica (se trata de un calco semántico), resulta de la mezcla de uno o más conglomerantes (generalmente  cemento) con áridos (grava, gravilla y arena), agua y, eventualmente, aditivos y adiciones. El cemento se hidrata en contacto con el agua, iniciándose complejas reacciones químicas que derivan en el fraguado y endurecimiento de la mezcla, obteniéndose al final del proceso un material con consistencia pétreo.

La principal característica estructural del concreto es que resiste muy bien los esfuerzos de compresión. No tiene buen comportamiento a tracción, siendo ésta unas diez veces menor que su resistencia a compresión, por este motivo es habitual usarlo asociado con el acero, recibiendo el nombre de concreto armado comportándose el conjunto muy favorablemente tanto a los esfuerzos de compresión como a los de tracción. Cuando se proyecta un elemento de concreto armado se establecen las dimensiones, el tipo de concreto y la cantidad y calidad del acero que hay que colocar en función los esfuerzos que deberá resistir.

Los aditivos se utilizan para modificar las características básicas, existiendo una gran variedad de ellos: colorantes, aceleradores, retardadores de fraguado, fluidificantes, impermeabilizantes, etc. Es un material profusamente utilizado en la construcción.

Se ha utilizado experimentalmente:

- Acero, en forma de pequeñas agujas o de flejes con distintas formas geométricas, dependiendo del centro investigador o del fabricante.
- Materiales sintéticos (polivinilo, polietileno, polipropileno, nylon, seda artificial, etc.).

- Fibra de vidrio.

Las fibras sirven para evitar las fisuras por retracción plástica del concreto. Son fibras de polipropileno fibrilado e imprimado, de 19 mm . de longitud y 10 um, para agregar al concreto o mortero cuando se desee eliminar las fisuras por retracción de las masas en estado plástico. Dichas fibras están recubiertas para mejorar el mojado y la dispersión con la pasta de cemento e incrementar la capacidad de contacto y adhesión entre fibras y el concreto en estado sólido endurecido.



Fig. .4.5 Fibras utilizadas en pavimentos

Otras fibras naturales, como el asbesto o el amianto, tienen el inconveniente de que son tóxicas y absorben agua en cantidades elevadas por lo que exigen cantidades mayores de cemento. Se emplean en prefabricados ligeros como tuberías o canalones.

La fibra utilizable preferentemente en concreto para pavimentos es la de acero, generalmente de bajo contenido en carbono y con forma de agujas o de pequeños flejes arqueados en los extremos. Las dimensiones usuales son: para agujas, diámetros de 0,15 a 0,75 mm. y para flejes, anchuras de 0,25 a 0,90 mm. con espesores de 0,15 a 0,40 mm. Las longitudes están entre 6 y 70 mm. con dosificaciones entre 20 y 80 Kg./m<sup>3</sup>.

La longitud dividida por el diámetro equivalente se denomina en inglés "aspect ratio", que se ha traducido al español por "presencia", "aspecto" y "esbeltez". La esbeltez típica de una fibra de acero para pavimentos está entre 30 y 150.

Las primeras utilizaciones se hicieron para refuerzo de losas, empleando morteros de arena o de arena y gravilla de tamaño máximo 9,5 mm.; posteriormente se extendió a losas de grosor normal para utilización tanto en aeropuertos como en carreteras.

De los tramos experimentales se dedujo que, además de los efectos esperados, se producía una mejora a la fatiga dinámica y superficies con mejores coeficientes de resistencia al desgaste y de rozamiento.

La fabricación de este tipo de concretos es similar a la del concreto en masa, entrando las fibras como un componente más.

Para que éstas ejerzan su misión deben estar uniformemente envejecidas en la masa, por lo que es conveniente aumentar la proporción de finos para ir a proporciones de pasta del orden del 40%, es decir, un 10% más que en las dosificaciones normales, y limitar el tamaño máximo de árido a 20 mm. Para concretos de pavimentos con áridos de 20 mm., debe ser inferior a 100 y la proporción en volumen de fibras de alrededor del 2% de la pasta o del 1 % del volumen total.

En ensayos realizados por la USS (United States Steel), se ha llegado a incrementar las características del concreto con fibras de tipo aguja con respecto al concreto en masa. Los porcentajes de estos son los siguientes:

- Resistencia al impacto 1%
- Resistencia a rotura 200%
- Resistencia a tracción 200%
- Resistencia a torsión 200%
- Resistencia a cortadura 200%
- Módulo de rotura a flexión 200%
- Resistencia a fatiga 50%
- Resistencia a la abrasión 30%
- Resistencia a compresión 15%

#### 4.11 CONCRETO SECO COMPACTADO

Una tecnología recientemente recuperada con buenos rendimientos es la del concreto seco compactado, ampliamente utilizada desde cerramientos de presas a carreteras secundarias.

Consiste en utilizar un concreto con una humedad muy baja (del 4,5 al 6,5% próxima a la óptima del Proctor Modificado), contenido de cemento del orden del 10% en peso y con asentamiento cero. Se consiguen resistencias a flexión del orden de los 5 kN/m<sup>2</sup>, similares o algo superiores a la del concreto convencional y es posible colocarlos en obra con la maquinaria usual de suelos-cemento.

Como todos, este tipo de pavimento tiene ventajas e inconvenientes.

En principio, y debido a las dificultades en obtener superficies regulares, no parece adecuado para aeronaves de gran porte, ni en pistas en que se circule a velocidades altas.

Se emplean en la dosificación árida similares a los del concreto normal, con tamaños máximos de 20 ó 25 mm, aunque con proporciones e finos menores: el cernido por el tamiz de 5 mm. (aprox. 4 ASTM) entre 50-70; por el tamiz, 0,4 mm. (40 ASTM), 20-30 y por el 0,08 mm. (200 ASTM) 10-20.

En aeropuertos, su utilización sería como base de un pavimento mixto es decir, con pavimento de aglomerado asfáltico, o sub base de una losa de concreto de cemento.

Las ventajas que se presentan son, en general, mayores que las desventajas, y fundamentalmente un menor costo de construcción (por llevar menos cemento, puede utilizar áridos en una gama amplia se rápido de ejecución y necesitar pocos recursos humanos), la resistencia a agentes químicos típica de las mezclas de cemento, poco mantenimiento, posibilidad de colocarlo con circunstancias meteorológicas adversas (lluvia, temperaturas extremas), reducción en el espesor de las rodaditas, etc.

Por contra, la terminación superficial no es buena, tiene fisuras de retracción pequeña y múltiple, necesita un período de curado que puede ir, según el clima, de una semana a un mes, es poco confortable en el sentido de que no se puede moldear ni acabar en esquinas o recovecos retracción pequeña y múltiple, necesita un período de curado que puede ir, según el clima, de una semana a un mes, es poco conformable en el sentido de que no se puede moldear ni acabar en esquinas o recovecos.



Fig.4.6 Mecánico del concreto

## 4.12 CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES UTILIZADOS EN LOS PAVIMENTOS.

Los materiales utilizados en las diferentes capas que conforman el pavimento deben de cumplir determinados requisitos de operación y ser sometidos a diversas pruebas para garantizar su adecuado funcionamiento y operación. A continuación se describen algunas de estas características.

Materiales de Base y sub base.

Para que las bases y sub bases cumplan adecuadamente con sus funciones, deben satisfacer, entre otras, las siguientes condiciones:

- A) Una cuidadosa selección de los materiales empleados.
- B) Un tratamiento adecuado de ellos desde que son extraídos de los bancos, hasta que son compactados en el camino o pista.
- C) Un diseño racional de los espesores de las capas en función de la Sub rasante y el tipo y frecuencia de las cargas.

Los materiales para base y sub base, de acuerdo al tratamiento al que deben sujetarse, después de que se extrajeran del banco, de acuerdo a las características que presentan para su empleo, se han clasificado en los siguientes grupos.

- A) materiales que no requieren trituración ni cribado, entre los que se encuentra en materiales friccionantes como gravas, arenas y limos, materiales cohesivos como tepetates, caliches y conglomerados, los cuales solo requieren un proceso de disgregación para desbaratar grumos y terrones.

- b) materiales que requieren un cribado para eliminar la partículas mayores a 2", cuando éstas se encuentren en proporción comprendida entre 5% y el 25% en los materiales no cohesivos.
- c) También se califican dentro de este grupo, aquellos materiales a los que además de eliminar el material mayor de 2", sea necesario eliminar los materiales de ¼ por ser de calidad inadecuada.
- d) Materiales que requieren ser sometido a un proceso de trituración parcial y un cribado a través de la maya 1 ½" que son los materiales no cohesivos que representan más del 5% de partículas mayores del 2%.
- e) Los materiales que requieren un triturado total y un cribado por la maya de 1 ½", que pueden ser producto de la explotación de bancos de roca, o bien depósitos naturales y aun trazos obtenidos por pepena.

Los materiales para sub base pueden ser mas finos que los de la base, principalmente si las terrecerías son finas y arcillosas en cuyo caso la sub base requiere una textura cerrada para aislar los finos o impedir que puedan ascender con el tiempo y contaminar la base.

Debe en todo caso, construirse con materiales que contengan pocos finos a fin de evitar problemas en el momento de aplicar el riego de impregnación.

En los casos en que el material contenga tamaño de 2" o más, se debe eliminar, por que la presencia de estas partículas presenta defectos de compactación ya que al medir algunas en la superficie, impiden la compactación correcta del material que las rodea quedando sueltos, principalmente cuando se usa rodillo metálicos lisos.

Cuando se extrae material de los ríos, es necesario mejorarlos, agregando un material cohesivo, máximo si son partículas redondeado que adolecen de una trabazón mecánica, en ocasiones es necesario darle una trituración parcial con el fin de proporcionar dicha trabazón.

Otra ventaja que se obtienen al triturarlo, es aumentar la fracción interna entre las partículas y tener un mejor acuñamiento, lo cual redundará en una mejor estabilidad del material ya compactado, los materiales parcialmente triturados se utilizan preferentemente en la construcción de bases.

### Materiales para las carpetas asfálticas

Las mezclas asfálticas se forman con materiales pétreos y con materiales asfálticos, dependiendo de la forma de su elaboración se clasifican como: mezclas en plantas y mezclas “insitu” que son mezclas elaboradas en el sitio.

Las mezclas elaboradas en plantas son conocidas también como concreto asfáltico y son lo más utilizados para la construcción de carpetas y para los trabajos de conservación de las mismas.

Las condiciones que una carpeta debe llenar son:

- a) Tener la resistencia adecuada para soportar el tránsito al que deberá estar sometida, deberá ser dura y tenaz.
- b) Ha de ser impermeable, para evitar que el agua penetre y la destruya rápidamente, sin perder estabilidad.
- c) Tener un coeficiente de fricción adecuado para que el tránsito pueda efectuarse en las mejores condiciones de seguridad, ya sea seca o mojada.

Requisitos que debe satisfacer una buena carpeta.

#### 1. estabilidad

Es la resistencia de la carpeta a las deformaciones provocadas por las cargas del tránsito.

Esta propiedad de la carleta de resistir los desplazamientos laterales (sin depresiones anormales o surcos), depende de la resistencia al esfuerzo cortante de la estructura, la cual es función de los efectos combinados de la fricción interna y la cohesión.

La fricción interna se obtiene mediante la correcta granulometría del agregado pétreo que da lugar a un buen acuñamiento mecánico, esencial para la estabilidad, que se mantiene por la cohesión que proporciona el cementante usado, que es películas de espesor adecuado rodea las partículas de material pétreo, ligándolas fuertemente entre si.

## 2. Durabilidad

Es la resistencia de la carpeta al deterioro, tanto por la acción del intemperismo como del tránsito.

Para que una carpeta pueda conservar durante largo tiempo sus condiciones iniciales sin deterioro, debe estar constituida por agregados pétreos durables y ser prácticamente impermeables para que la acción destructora del intemperismo sea solo superficial.

El asfalto que se use debe ser un poco susceptible a los cambios de temperatura y debe formar una película de espesor adecuado a su consistencia, para que envuelva al agregado pétreo, protegiéndolo contra el intemperismo y la abrasión. El asfalto expuesto al intemperismo en películas delgadas, tiende a convertirse en un material duro y quebradizo, pero una película demasiado gruesa funciona como lubricante entre las partículas del material pétreo, haciendo inestable la carpeta.

El espesor de la película de asfalto, es función de la consistencia del mismo, a menor penetración mayor espesor se requiere, para tener un buen recubrimiento.

La carpeta para ser durable, debe tener un mínimo de vacíos, para evitar la entrada de agua.

Cuando los agregados pétreos son hidrofílicos (tienen afinidad al agua) el agua tiende a desplazar la película de asfalto y se provoca la desintegración.

En cuanto al material pétreo, este debe ser:

De baja absorción.

Duro.

Resistencia a la abrasión.

Resistencia al intemperismo.

Debe tener una granulometría adecuada para obtener la máxima compacidad.

En resumen, una carpeta es durable cuando tiene un techo impermeable y un sótano seco.

### 3. Flexibilidad

Es la propiedad para resistir sin agrietarse las deformaciones normales de la base.

La finalidad de una carpeta, se debe fundamentalmente a la calidad y al espesor de la película de asfalto, que cubre el material pétreo y a la granulometría de este.

El asfalto en películas muy delgadas, rápidamente es intemperizada perdiendo su ductibilidad y propiedades cohesivas.

Las carpetas con granulometría abierta, no tienen la flexibilidad que se obtiene con la granulometría cerrada.

La carpeta debe tener mayor flexibilidad con la base y esta mayor que la sub base.

#### 4. Textura de la superficie.

Deberá ser uniforme y ligeramente áspera, para dar seguridad al conductor evitando el patinaje.

El acabado de las carpetas debe ser una superficie ligeramente áspera, que aumente los puntos de contacto con las llantas y en consecuencia la fricción, también se logre que la superficie tenga una gran cantidad de finos canales por donde el agua fluya rápidamente fuera del camino y finalmente queda una superficie que refleja la luz dando mayor visibilidad sobre la carpeta.

Las carpetas están constituidas de dos tipos de materiales:

- a) material pétreo.
- b) Material ligante (asfalto)

La eliminación de los solventes, para ambas condiciones, se hará colocando la charola con mezcla en horno o fuente de calor adecuada a una temperatura comprendida entre cuarenta y cincuenta grados (40 y 50) grados centígrados, revolviendo, la mezcla con la cuchara de albañil y haciendo pesadas con frecuencia, con objeto de suspender la operación de curado cuando se haya eliminado la cantidad calculada de solventes.

Al ocurrir esto, la charola se dejara a la temperatura ambiente el tiempo necesario para que la mezcla se enfríe.

De cada una de las mezclas ya frías y aireadas se seleccionaran dos muestras de 50 grs., aproximadamente de material de tamaño comprendido entre las mallas de  $\frac{1}{2}$ " y  $\frac{1}{4}$ ", y del material fino menor de  $\frac{1}{4}$ ", las cuales se colocaran en frasco de vidrio de 500 centímetros cúbicos de capacidad. Se añadirán 200 centímetros cúbicos de agua pura, de preferencia destilada, y se taparan herméticamente los frascos, que se dejaran en reposo durante cuatro horas. Si al cabo de este tiempo el desprendimiento de asfalto es desconsideración, el material puede clasificarse como altamente hidrófilo.

Si no ha a ocurrido un desprendimiento apreciable de la película asfáltica, las muestras se sujetaran a un proceso de agitación en aparato que gire a la velocidad de 45 a 60 r.p.m.

Las muestras se sujetan a un proceso de agitación de 15 minutos, después del cual se examinaran y por inspección visual se determinara aproximadamente el porcentaje del área total cubierta, en que ha habido desprendimiento. Si este no es de consideración se repetirá.

Una clasificación principal de los asfaltos es:

- A) Cementos asfálticos
- B) Asfaltos rebajados
- C) Emulsiones asfálticas

#### 4.13 PAVIMENTOS "SANDWICH" O INVERTIDOS

Consiste en intercalar entre un pavimento de mezcla asfáltica y una base de grava-cemento, suelo-cemento o concreto pobre, una capa de zahorra, o mezcla de grava y arena bien graduada. Se persigue con ello transmitir al terreno menores tensiones (y en principio se tanteó para su utilización en suelos 4 poca capacidad portante), así como evitar el reflejo de las grietas de las bases con cemento en las capas de rodadura asfálticas.

#### 4.14 CONCRETOS Y MEZCLAS ASFALTICAS POROSAS

Las mezclas asfálticas están compuestas por una combinación de áridos y ligantes hidrocarbonados que mezclados a altas temperaturas forman una película continua que envuelve a los áridos. Los áridos son un material elastoplástico y el betún viscoelástico, por lo tanto se considera que las mezclas asfálticas son un material viscoelastoplástico.

Éstas mezclas se fabrican en centrales fijas o móviles y posteriormente se transportan a obra para su extendido y compactación.

Debido a las características del betún, las mezclas asfálticas tienen un comportamiento que depende de la temperatura y la velocidad de aplicación de las cargas. Sólo en determinadas condiciones se puede considerar que tienen un comportamiento elástico y lineal. Estas condiciones son cuando las temperaturas son bajas y la velocidad de aplicación de las cargas es elevada.

En estudios realizados por el Dr. Little [4] se demostró que en condiciones de carga y temperatura similares a las condiciones de servicio del pavimento, cualquier ensayo se puede considerar con un comportamiento viscoelástico lineal. Esta linealidad permite la superposición de acciones y respuestas de las probetas ensayadas.

El comportamiento viscoelástico se puede aproximar por la variación del módulo de rigidez en función de la temperatura y la velocidad de aplicación de la carga. Este módulo de rigidez es una relación entre la tensión aplicada y la deformación resultante.

Según las condiciones de temperatura y de aplicación de las cargas, este módulo se aproximará más a un módulo de elasticidad o viscosidad.

### Composición

Como se ha comentado anteriormente, las mezclas asfálticas están formadas por una combinación de un ligante hidrocarbonado, áridos (incluido el polvo mineral) y, eventualmente aditivos, de manera que todas las partículas del árido quedan recubiertas por una película homogénea de ligante.

### Áridos

El árido es un conjunto de partículas minerales de distintos tamaños que proceden de la fragmentación natural o artificial de las rocas. Aunque habitualmente se considera su naturaleza inerte y discreta, cada día cobra mayor importancia su actividad química y superficial frente al agua y a los ligantes asfálticos. Normalmente los áridos utilizados en carreteras proceden de la explotación de canteras y graveras. Entre los áridos artificiales tenemos escorias granulares de altos hornos, cenizas volantes de centrales térmicas y algún otro fabricado con procedimientos especiales o bien como subproductos de algunas industrias.

Los áridos pueden ser de grueso, árido fino y filler. El porcentaje de cada fracción de árido viene determinado según el tipo de mezcla.

## Propiedades

El comportamiento de un árido depende de las propiedades físicas y químicas de las partículas, así como de su granulometría.

Las propiedades físico-químicas de los áridos dependen de la roca de origen, y aunque difícilmente se puede actuar sobre ellas, la composición de un árido con materiales procedentes de distintas rocas y los procesos de trituración pueden proporcionar áridos adecuados. Respecto a la granulometría, ésta debe componerse o corregirse en cada caso.

## Propiedades físicas de las partículas Porosidad

El número, tamaño, distribución, continuidad y accesibilidad de los poros son factores que influyen directamente sobre la permeabilidad, absorción, peso específico aparente, textura superficial, resistencia a la helada y generalmente también en la dureza, resistencia y el pulimento de las partículas.

## Peso específico real

Es el peso específico de su propio material mineral, prescindiendo de todos los poros accesibles o no accesibles desde el exterior. Suele ser un valor bastante característico de la composición mineralógica y naturaleza de la roca.

## Textura superficial

Está determinada por las irregularidades superficiales de las partículas. Ésta puede variar desde ser muy rugosa hasta pulida, según sean las irregularidades apreciables o prácticamente inexistentes. Influye de manera decisiva en el rozamiento interno del esqueleto mineral. Además tiene influencia en la resistencia al deslizamiento de los neumáticos en la superficie de rodadura.

## Forma

Afecta principalmente a la resistencia mecánica de las partículas, y por lo tanto, al esqueleto mineral del árido. Las partículas pueden ser redondeadas o angulosas, y a su vez, pueden ser cúbicas, lajas o agujas.

## Dureza

Es una característica que depende de la petrografía del árido, pero que se puede evaluar indirectamente, por ejemplo, mediante la resistencia al desgaste.

Además existen muchas más propiedades entre las que destacamos la friabilidad, el peso específico aparente, la absorción y la resistencia a compresión.

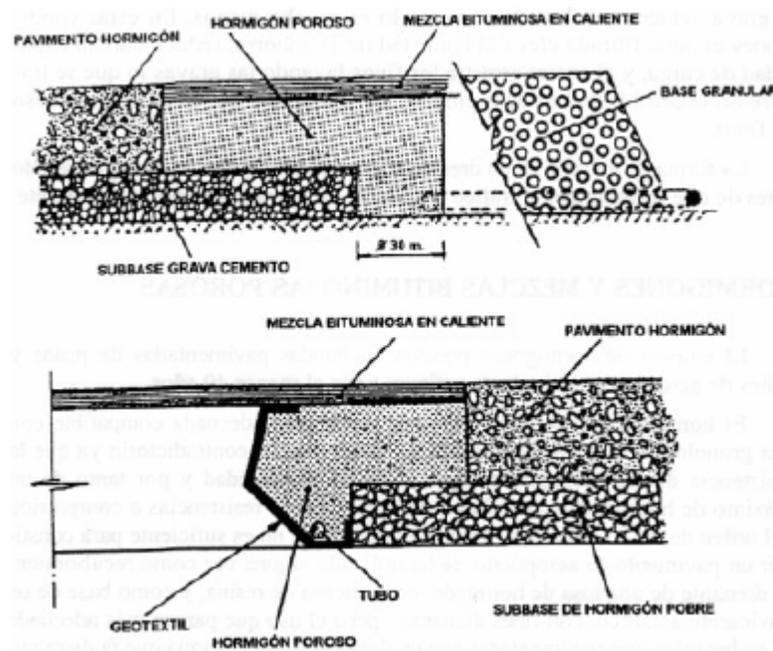


Fig.4.7 Concreto poroso

## 4.15 MEZCLAS ALQUITRANADAS

Como solución al problema que tienen las cabeceras y las plataformas de los aeropuertos de vertidos de combustibles y lubricantes que disuelven los betunes se utilizan tradicionalmente el pavimento de concreto de cemento.

A veces, esa opción plantea problemas bien de poco volumen y por tanto alto precio unitario, o de no disponibilidad de algún material o de maquinaria o de plazo de ejecución.

Si bien existen tratamientos anticarburantes de alquitrán, epoxy o resina de poliuretano, de los que se extiende una delgada capa o un riego que protege a la mezcla asfáltica, los aglomerados con alquitrán se han empleado y siguen utilizándose como alternativa.

El alquitrán procede de la destilación con rotura de la hulla y por la química de sus componentes no es atacable por los aceite derivados del petróleo presente en combustibles y lubricantes.

El alquitrán es un producto poco viscoso, muy susceptible térmicamente, con dificultades de adhesividad a los áridos y que envejece con relativa rapidez ante los agentes atmosféricos.

Para mejorar estas características se ha empleado en aeropuertos el alquitrán - vinilo; este polímero termoplástico mejora la estabilidad, aumenta la viscosidad y amplía la gama de temperaturas de trabajo, además de reforzar las características anticarburantes.

El problema de estos aglomerados reside en la fabricación y el extendido; necesita una planta, similar a la de aglomerado asfáltico, con un control muy estricto de todos los parámetros y dispositivos suplementarios para la adición del vinilo.

El control de laboratorio tiene que ser continuo y cuidadoso, ya que la dosificación es bastante rígida.

Precisa, además, un riego muy bien dosificado, y muy uniforme de adherencia entre la mezcla asfáltica y el alquitrán- vinilo, ya que en otro caso se despegaría la capa superior.

La reparación y el mantenimiento también son difíciles. No obstante lo anterior, se han construido zonas antichorro, cabeceras o estacionamientos con este material cuando la solución de concreto era inviable por plazos o por costes, especialmente en islas o en lugares aislados donde no era fácil llevar plantas y maquinaria para pavimentos de concreto.

Agregados finos.

El agregado fino consistirá de partículas angulares limpias, sanas y durables, producidas por trituración de piedra o para que cumpla con los requisitos de desgaste y solidez especificados para el agregado grueso.

Las partículas deberán estar libres de arcilla ,limo, u otro material objetable y no debe de contener bolsa de arcilla.

Si es necesario para obtener la graduación o para la manejabilidad de la mezcla podrá ser utilizada arena natural. La cantidad de arena adicional será ajustada para producir una mezcla que reúna los requisitos de esta especificación.

El porcentaje de arena natural deberá mantenerse por debajo del 20% para obtener las propiedades optimas del pavimento ya que la adición de arena natural tiene a disminuir la estabilidad del pavimento.

## 4.16 PAVIMENTOS REFORZADOS PARA EL FRENADO DE LAS AERONAVES

En los últimos años y para prevenir accidentes por salida de las aeronaves del extremo de pista, se ha desarrollado una tecnología denominada "Sistema de detención de sobre rodadura de aeronaves", (EMAS; Engineering Materials Arresting System for Aircraft Overrun).

Las estadísticas indican que los accidentes por esta causa han tenido lugar en el 90% de los casos dentro de los 350 m siguientes al extremo de pista, con velocidades no superiores a 170 Km./h (70 kts), lo que aconsejó incorporar en los aeropuertos un área de seguridad que no siempre es posible que tenga la longitud antes indicada.

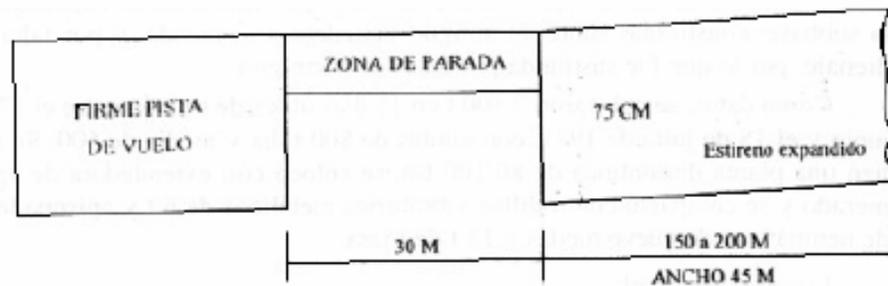


Fig.4.8 pavimentos de frenado con estireno

Por ello en algunos aeropuertos se están construyendo superficies que contribuyen a detener a las aeronaves que puedan salirse de la pista en las menores distancias posibles compatibles con la seguridad, siendo el primero de ellos el John F. Kennedy en la Ciudad de Nueva York.

Los materiales utilizados han sido concreto celular, o bloques de estireno de forma que por rozamiento o por rasgado se absorbe energía cinética G.G.

La FAA ha publicado algunos gráficos que relacionan la velocidad de salida de pista con la longitud de detención.

#### 4.17 PISTAS DE MALLA METÁLICA

Otro pavimento típico que se utiliza para aeródromos eventuales o de campaña es el de entramado metálico. Consiste en unas placas o tiras de malla metálica, con diversas configuraciones dependiendo de la masa del avión y de sus actuaciones. Varía desde un verdadero mallazo hasta placas agujereadas. Su poco peso por m<sup>2</sup>, entre 5 y 50 kg., las hace sencillas de transportar y de colocar; se sujetan unas piezas a otras por ganchos, pasadores o por solape, anclándose al suelo con clavos especiales.

En terrenos fértiles se cubren de hierba o maleza rápidamente, lo que puede activarse con una siembra o el riego; otras veces se cubren ligeramente con arena y si las aeronaves son más pesadas o el tráfico va a ser intenso, se puede colocar sobre ellas una capa de concreto.

Estos entramados o mallazos metálicos, al deformarse verticalmente bajo las ruedas entran en tensión que se equilibra parcialmente con la reacción del suelo transmitiendo las cargas en un área muy superior a la de contacto de la rueda; por otra parte, la presión fuera del área de contacto actúa como una sobrecarga del terreno mejorando su resistencia.

Su utilización es fundamentalmente militar o para improvisar pistas de emergencia.



Fig.4.9 Doble malla metálica

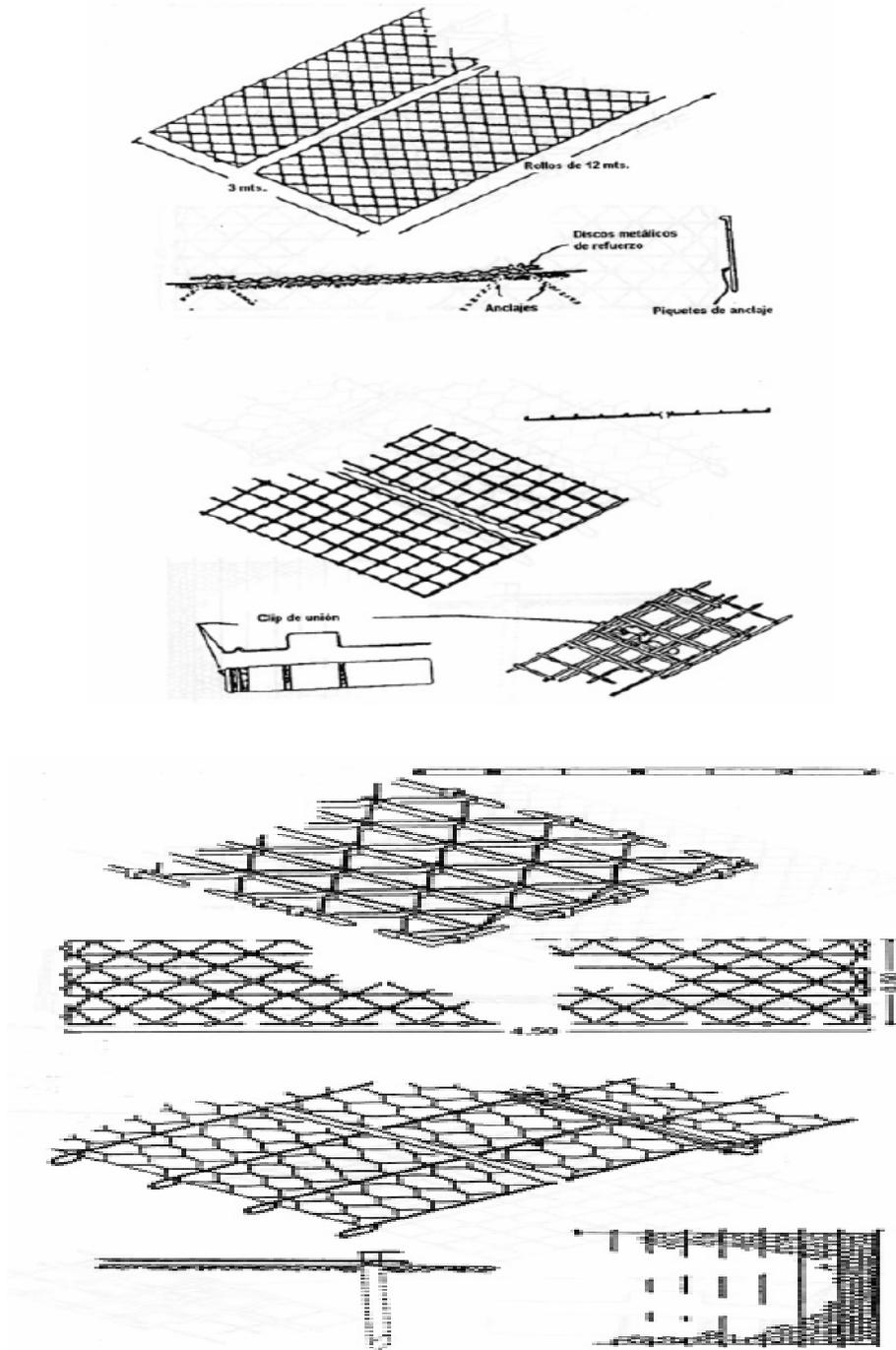


Fig.4.10 Paneles metálicos

#### 4.18 INSPECCIÓN DE PAVIMENTOS.

La inspección de pavimentos ha de planearse según varios niveles. Debe haber una inspección visual frecuente que permita detectar los deterioros o fallos evidentes; una inspección rutinaria periódica, cada 3, 6, 12 ó 24 meses dependiendo de los parámetros que se quieren comprobar; e inspecciones rigurosas.

En la guía de Inspección, además de las características que deben vigilarse, es conveniente que se incluyan impresos que faciliten el trabajo sistemático, incluso por personal poco experto, y eviten omisiones. Deben ser lo más sencillos posibles, como por ejemplo una representación de la pista cuadriculada o zonas en la que se puedan anotar o dibujar las anormalidades advertidas: fisuras, desconchones, peladuras, vertidos o cualquier tipo de falla en el pavimento o causas que lo provoquen como es el caso de el agua al no tener en buenas condiciones su sistema de desagüe y drenaje.

De esta manera, el inspector verá fácilmente la entidad de los deterioros y su localización para una nueva inspección.



Fig. 4.11 Inspección de pavimentos

En los pavimentos flexibles, las principales incidencias a vigilar son:

- **Envejecimiento del ligante:** Por efecto de las radiaciones solares, de la oxidación y de la acción del agua, el ligante pierde adhesividad y se hace quebradizo con lo que deja de sujetar a los áridos y él mismo se desprende en escamas. El envejecimiento puede advertirse visualmente porque el pavimento se pone ceniciento o blanquecino, perdiendo el color oscuro característico.

El alquitrán resiste mejor el envejecimiento que los betunes asfálticos; la adición de asfalto natural, de sales de manganeso, de humo de hulla o de algunos termoplásticos mejora la vida del ligante.

Si el envejecimiento es por causa del agua, los ligantes deben mejorarse con potenciadores de la adhesividad, como cemento, cal apagada o algunos productos químicos preparados para este fin.

Este proceso de deterioro del ligante se traduce en descarnaduras en áreas superficiales apreciables y en las juntas de construcción, especialmente sensibles.

- **Baches:** Son hundimientos localizados, que pueden deberse a un fallo de las capas inferiores del pavimento o a que un defecto de construcción ha causado una descomposición de la mezcla asfáltica.

- **Blandones:** Son hundimientos o movimientos del pavimento en áreas relativamente extensas, llegando a lo que se denomina "colchón" o "flaneo" en las que el movimiento es claramente visible al paso de las cargas.

Puede deberse a un reflejo de la mala ejecución de las capas subyacentes granulares, de la existencia en éstas de bolsas arcillosas o limosas, de entumecimiento por penetración de helada, o falta de dureza del ligante.

- **Fisuras y grietas:** La causa actualmente más generalizada, por la estructura de los pavimentos, es el reflejo de las de bases y sub bases mejoradas con cemento debidos a la retracción. Otras veces, es una sobre compactación, la falta de espesor o de elasticidad de las capas de rodadura lo que provoca las fisuras, que en este caso van de arriba a abajo.

Las grietas muy extendidas, que llegan al aspecto conocido como "escamas de cocodrilo", se deben generalmente a un fallo en la base granular.

- **Roderas:** No son muy comunes en los pavimentos de aeropuertos, aunque pueden producirse en los situados en regiones con temperaturas muy altas. Como es sabido, la insolación sobre la superficie negra de las mezclas bituminosas hace subir la temperatura varios grados más que los ambientales.

Si se ha utilizado un ligante blando, mezclas deformables, el espesor es insuficiente, o las capas asfálticas no están bastante adheridas entre sí, pueden producirse deformaciones laterales y fluencias, ayudadas por el hecho de que las ruedas de los neumáticos del tren hacen las rodadas en una banda estrecha.

- **Pulimento y falta de rozamiento:** Se advierte por el aspecto especular de la superficie. Puede deberse a la presencia de árido blando, o a falta de rugosidad por granulometría inadecuada con carencia de gruesos o caras de fractura en los áridos. Es de todos los defectos citados el más peligroso en pistas de vuelo, ya que puede ser causa de deslizamiento de las ruedas, especialmente en presencia de humedad, y de necesitar mayores carreras de aterrizaje para conseguir la reducción de velocidad.

Referente a los pavimentos de concretos, en la inspección pueden registrarse, principalmente:

- **Desconchones:** Superficiales o profundos. Los primeros pueden tener su causa en una excesiva fluencia del mortero durante la vibración y colocación del concreto, dejando en superficie zonas de lechada o mortero que con las cargas y el agua se agrietan y rompen.

Desconchones profundos se deben, generalmente, a defectos de construcción con falta de granulometría del concreto.

- **Fisuras y grietas:** Se consideran fisuras hasta 0,5 mm. y grietas las de mayor anchura. Pueden ser longitudinales (en el sentido en que se hizo la puesta en obra), transversales, diagonales, de junta o de esquina y ser aisladas o formarse en grupos.

Las causas más frecuentes de la formación de fisuras y grietas son los esfuerzos de compresión por falta de juntas de dilatación o por ser las de retracción o de construcción incapaces de absorber los aumentos de volumen del concreto; por fallo en la sub base de asiento o falta de capacidad portante, con apoyo no continuo de la sub base de la losa; por exceso de anchura de la losa.

Las transversales pueden causarlas: la ejecución de las juntas de retracción con retraso; falta de deslizamiento losa-sub base, por estar trabadas en exceso (por ello, se suele colocar una capa de papel de estraza, una lámina de material

artificial o un riego de parafina); mal funcionamiento de la transferencia de cargas en las juntas; losa demasiado larga; y si hay armaduras, solape escaso o corrosión.

A veces estas fisuras se presentan en un grupo de pequeña longitud durante el primer período de fraguado, debidas a pérdida de humedad por el viento, las altas temperaturas o la absorción de agua por los áridos. La utilización de filmógenos las evita casi totalmente.

Las grietas longitudinales son un reflejo de fallos en las capas que sustentan la losa: diferencias en composición, por cambio de humedad o por la presencia de agua o arrastre de finos.

Las fisuras en las juntas suelen aparejar roturas y desconchones.

La primera causa es una ejecución con el concreto demasiado fresco, o un mal tratamiento de acabado. Terminar las juntas redondeando las esquinas y eliminando los "labios" es importante para evitar desportillados. Otros motivos son la falta de verticalidad de la caja de junta, el estar mal alineados los pasadores o anclajes, mala limpieza antes del sellado quedando restos o gravillas, y un mal sellado o relleno.

- Movimiento de las losas: Generalmente por alabeo o por existir

"escalones" entre losas adyacentes debido a mala ejecución o por mal acabado o arrastres en la superficie de apoyo. El alabeo por los gradientes de humedad y temperatura entre las caras se evita en gran parte colocando pasadores o anclajes del diámetro adecuado.

- Asiento de las losas: La causa evidente es asientos y deformaciones en la capa de apoyo. Su corrección puede hacerse con inyección de mortero de cemento.

En la tabla que a continuación se muestra se presentan las principales patologías en pavimentos de concreto y asfálticos, su descripción y la forma de medir el grado de severidad.

Esta tabla servirá de gran ayuda para poder llenar la guía de inspección aeroportuaria.

#### 4.19 METODOS DE CONTRUCCIÓN

El trabajo no podrá ser realizado durante lluvia o clima en estado de humedad mayor del 75% del ambiente.

Equipos de transporte.

El transporte de mezcla asfáltica se debe de ejecutar de forma hermética utilizando para ellos, volquetes que estén limpios y con base de platón suave, si depresiones o hundimiento. Para evitar que la mezcla se adhiera, a la superficie del cajón debe ser suavemente cubierta con aceite de parafina u otro material aprobado. Cada volquete debe estar provisto de una cubierta protectora (lona, capa o similar), para proteger la mezcla del tiempo adverso. Para que la mezcla sea integrada en el sitio a la temperatura especificada los platones estarán herméticamente cerrados y las capas aseguradas debidamente.

## Compactación

Los equipos de compactación deberán de ser del tipo vibratorio, de ruedas metálicas o de llantas neumáticas. Deben estar en buenas condiciones de funcionamiento, poder dar marcha atrás sin tirones y operar a baja velocidad para evitar el desplazamiento de la mezcla. El mortero, tipo y peso de los compactadores deberán ser suficientes para compactar la mezcla a la densidad requerida sin detenimiento del material ya compactado.

## Preparación del material asfáltico.

El asfalto deberá ser calentado a la temperatura especificada evitando sobrecalentamiento. Debe de ser suministrado a la mezcladora en forma continua a temperatura uniforme. La temperatura del asfalto enviado a la mezcladora deberá tener la viscosidad conveniente para un adecuado cubrimiento de las partículas de agregado , pero no debe exceder mas de cuatro grados centígrados por encima de la temperatura especificada de los agregados.

## 4.20 PATOLOGIA DE PAVIMENTOS DE CONCRETO

Patología	Descripción	Grado de severidad bajo	Grado de severidad medio	Grado de severidad alto	Forma de medición
<b>Estallidos</b>	Los estallidos ocurren usualmente en las juntas o fisuras transversales. Generalmente ocurren en climas cálidos debido a expansiones adicionales del hormigón. Los estallidos ocurren usualmente en las juntas o fisuras transversales que no son lo suficientemente anchas para permitir la expansión de las losas de hormigón. El ancho insuficiente puede deberse a la infiltración de material no compresible en el espacio de la junta o a un cierre gradual de la junta debido a la expansión del hormigón producida por las reacciones alcalino-silicias del agregado. Cuando la presión debida a la expansión no puede ser liberada, un movimiento localizado hacia arriba en los bordes de la losa (pandeo) o una fragmentación.	Diferencia en elevación. Pistas y calles de rodaje de alta velocidad = <13 mm. Plataformas y otras calles de rodaje = 6 a 25 mm	Diferencia en elevación. Pistas y calles de rodaje de alta velocidad = 13 a 25 mm. Plataformas y otras calles de rodaje = 25 a 51 mm	Diferencia en elevación. Pistas y calles de rodaje de alta velocidad = Inoperable. Plataformas y otras calles de rodaje = Inoperable	Un estallido normalmente ocurre en una junta o fisura transversal. En una fisura, una losa debe ser contabilizada, en una junta, la falla debe ser contabilizada en dos losas. Registrar el estallido en una losa solo si la falla es evidente. La severidad de la falla puede ser diferente en losas adyacentes. Si un estallido ha sido reparado con un bacheo, la severidad se establece determinado la diferencia de elevación entre las dos losas.
<b>Rotura de esquina</b>	Una rotura de esquina se manifiesta con una fisura que intercepta las juntas a una distancia menor o igual a la mitad de la longitud de la losa en ambos sentidos, medida desde la esquina de la losa. Por ejemplo, una losa de 25' x 25' (7.5 m x 7.5 m) con una fisura que intercepta la junta a los 5' (1.50 m) desde la esquina en un lado y a 17' (5 m) en el otro no es considerada como una rotura de esquina, es una losa con una fisura diagonal. Sin embargo, una fisura que intercepta un lado a 7' (2 m) y el otro a 10' (3 m) es considerada una rotura de esquina. Una rotura en esquina se diferencia de un desprendimiento en esquina en que la fisura se extiende verticalmente a la superficie del pavimento y en todo el espesor del mismo. En un desprendimiento de esquina la fisura intercepta la junta a un ángulo cualquiera. La combinación de repetición de cargas con la pérdida de soporte y los esfuerzos ondulatorios normalmente causan las roturas de esquina.	La fisura tiene desprendimiento leve o ninguno (no hay peligro de FOD). (1) Si la fisura no está sellada su ancho promedio no debe ser mayor a 1/8" (3 mm), (2) si la fisura está sellada puede ser de cualquier espesor pero el material de sello debe estar en buenas condiciones, (3) El área entre la fisura y la esquina no está fisurada.	Se presenta alguna de las siguientes condiciones: (1) la fisura sellada o abierta presenta desprendimientos moderados (potencial moderado de FOD); (2) una fisura no sellada presenta un ancho que varía entre 3 a 25 mm; (3) una fisura sellada presenta desprendimientos leves o no tiene desprendimientos pero tiene el material de relleno en malas condiciones; (4) el área entre la rotura de esquina y las juntas se encuentra	Se presenta alguna de las siguientes condiciones: (1) fisura sellada o abierta con serios desprendimientos y es definitivamente un FOD potencial; (2) una fisura sin relleno que tiene un ancho medio mayor a 25 mm, creando un daño potencial para las ruedas de las aeronaves; (3) el área entre la rotura de esquina y las juntas está severamente fisurada.	Una losa con este tipo de falla debe ser contabilizada si presenta una rotura de esquina, contiene más de una rotura de la misma severidad, o si contiene dos o más roturas de diferentes severidades. Para dos o más roturas, el máximo grado de severidad debe ser registrado. Por ejemplo, una losa con roturas de esquina con severidades leves y medias debe ser contabilizada como una losa con rotura de esquina de severidad media. Las fisuras deben ser medidas entre las paredes verticales y no entre los bordes de los desprendimientos.

			levemente fisurada. Levemente fisurada quiere decir que una fisura de severidad baja divide el área en dos piezas.		
<b>Fisuras longitudinales, transversales y diagonales</b>	Estas fisuras, que dividen a la losa en dos o tres piezas, normalmente se deben a una combinación de repetición de cargas, esfuerzos ondulatorios y esfuerzos de retracción. Las fisuras de baja severidad se deben normalmente al alabeo y fricción y no se consideran fallas estructurales menores. Fisuras de media y alta severidad se deben a sollicitaciones de servicio y son consideradas como fallas estructurales mayores.	La fisura tiene leves desprendimientos (no hay potencial de FOD). Si la fisura esta abierta, su espesor medio es menor a Aproximada ente 3 mm. La fisura puede ser de cualquier espesor si está debidamente rellenada con un sellador en buenas condiciones. La losa queda dividida en tres piezas con fisuras de baja severidad.	Se presenta alguna de las siguientes condiciones: (1) la fisura sellada o abierta presenta desprendimientos moderados (potencial moderado de FOD); (2) una fisura no rellenada presenta un ancho que varia entre 3 a 25 mm; (3) una fisura rellenada presenta desprendimientos leves o no tiene desprendimientos pero tiene el material de relleno en malas condiciones; (4) la losa esta dividida en tres piezas por dos o más fisuras, por lo menos una de las cuales es de media severidad.	Se presenta alguna de las siguientes condiciones : (1) fisura rellenada o abierta presenta serios desprendimientos y es definitivamente un FOD potencial; (2) una fisura sin relleno tiene un ancho medio mayor a 25 mm, creando un daño potencial para las ruedas de las aeronaves; (3) la losa esta dividida en tres piezas por dos o más fisuras, por lo menos una de las cuales es de alta severidad.	Una vez que la severidad ha sido identificada, la falla es registrada para una losa. Las fisuras utilizadas para definir y clasificar roturas de esquina, fisuras de durabilidad ("D"), bacheos, fisuras por retracción y desprendimientos no deben ser registradas como fisuras longitudinales, transversales o diagonales.
<b>Fisura "D" de durabilidad</b>	La fisura "D" usualmente aparece como una secuencia o tendencia de fisuras en proximidad o paralela a una junta o a una fisura lineal. Está causada por la incapacidad del hormigón de soportar factores ambientales como los ciclos de hielo y deshielo, congelamiento y descongelamiento, debido a agregados expansivos variables. Este tipo de fisuramiento puede llevar eventualmente a la	Se caracteriza por fisuras superficiales localizadas en una o dos esquinas o a lo largo de una junta sin representar peligro de FOD.	Las fisuras superficiales se han propagado en un área limitada de la losa con desintegración y riesgo de FOD mínimos y se identifican desprendimie	Las fisuras se han propagado en un área considerable de la losa con desintegración del pavimento y riesgo de FOD.	Forma de medición Cuando esta patología se presenta en una losa con un grado de severidad, esta es contabilizada como Fisura "D". Si más de un nivel de severidad es detectado, la losa es contabilizada con la más alta severidad registrada. Por ejemplo

	desintegración del hormigón a una distancia de 300 a 600 mm de la junta o la fisura. Este tipo de fisura se caracteriza por presentarse en los bordes y esquinas de las losas, llegando a desprendimientos a causa del grado de severidad que tengan.		ntos de la superficie.		una losa con severidad baja y media, esa losa es contabilizada con severidad media.
<b>Daño en el sellado de juntas</b>	El daño en el sello de juntas se refiere a cualquier condición que permita la acumulación de suelo o piedras en las juntas o que permita la infiltración de agua a la sub base. La acumulación de material incompresible en la junta restringe la expansión de las losas y puede resultar en desintegración, desprendimiento y alabeo del pavimento. Un sello de juntas flexible adherido a las paredes de la junta protege a la junta de la acumulación de materiales incompresibles y la infiltración de agua y la debilitación del terreno de fundación sosteniendo a la losa. Tipos típicos de daño en el sello de juntas son: (1) Retiro del sello (2) Expulsión del sello (3) Crecimiento de hierbas (4) Endurecimiento del sello (5) Pérdida de adherencia a los bordes de la losa (6) Falta o ausencia de sello en la junta.	El sellador se encuentra, de manera general, en buenas condiciones y los daños enunciados precedentemente se han manifestado levemente. El material sigue en contacto con los bordes del hormigón a pesar de ya no estar adherido a los mismos. Esta condición es característica si se puede introducir la hoja de un cuchillo entre el sellador y el borde del hormigón sin mucha resistencia.	El sellador de juntas se encuentra en condiciones regulares con daños moderados. El sellador requiere ser reemplazado dentro los próximos dos años. Se identifica cualquiera de las siguientes condiciones: (1) El sellador esta en la junta pero permite el paso del agua por aberturas de no más de 3 mm de ancho. Si la hoja de un cuchillo no se puede introducir fácilmente entre el sellador y el borde hormigón esta situación no existe (2) el bombeo de desperdicios es evidente en la junta (3) el sellador esta oxidado y "sin vida" pero plegable (como una cuerda), y generalmente llena la junta o (4) la vegetación en la junta es obvia pero no oscurece la junta.	El sellador de junta se encuentra en condiciones pobres en toda la losa inspeccionada con uno o más de los daños ocurriendo en un grado severo. El sellado debe ser reemplazado o inmediatamente. El daño en el sellado de juntas es severo o si más del 10% excede el criterio establecido en la descripción o si más del 10% del sellador se ha perdido.	El daño en el sello de juntas no se contabiliza en base a cada losa, mas bien se lo califica en función a las condiciones de toda la unidad de muestra inspeccionada.
<b>Parches, bacheos menores</b>	El parche es un área del pavimento que ha sido reemplazada por un material de	El parche está funcionando de manera	El parche tiene desprendimie	Parche deteriorado por	Si uno o más parches y/o bacheos tienen un nivel de severidad, la

	relleno, cuya superficie no supere 0,5 m2.	adecuada o con leve deterioro.	nto o deterioro moderado, o ambos, en sus bordes. El material de relleno se puede remover con considerable esfuerzo representando un peligro potencial menor de FOD.	desprendimiento en sus bordes o fisuramiento o en su superficie que hacen necesario su reemplazo.	losa se computa con el correspondiente grado de severidad. Una losa con dos o más bacheos, con diferentes niveles de severidad, se considera el de mayor grado.
<b>Parches, bacheos mayores</b>	El parche es un área del pavimento que ha sido reemplazada por un material de relleno, especialmente debido a cortes efectuados en el pavimento para el paso de instalaciones. Un corte para las instalaciones, se refiere al material utilizado para rellenar el área en el que se ha removido el pavimento original a causa de una instalación subterránea posterior. Superficie mayor a 0,5m2.	El parche está funcionando de manera adecuada o con leve deterioro.	El parche tiene desprendimiento o deterioro moderado, o ambos, en sus bordes. El material de relleno se puede remover con considerable esfuerzo representando un peligro menor de FOD.	Parche deteriorado por desprendimiento en sus bordes o fisuramiento o en su superficie, o ambos, con riesgo evidente de FOD, que hace necesario su reemplazo.	Si uno o más parches y/o bacheos en un área, que ha sido reemplazada por un material de relleno, debido a cortes efectuados en el pavimento, para el paso de instalaciones, la losa se computa con el correspondiente grado de severidad. Una losa con dos o más bacheos, con diferentes niveles de severidad, se considera el de mayor grado.
<b>Perdidas repentinas</b>	Una pérdida repentina se manifiesta por una pequeña pieza del pavimento que se desprende a causa de los ciclos de hielo y deshielo, en combinación con agregados expansivos. Las pérdidas repentinas varían aproximadamente entre 25 y 100 mm en diámetro y entre 13 y 51 mm de profundidad.	No están definidos niveles de severidad para las pérdidas repentinas, sin embargo, su densidad debe alcanzar un mínimo de tres desprendimientos, por metro cuadrado en toda el área de la losa, antes de ser consideradas como una patología.			Más de tres desprendimientos por losa.
<b>Bombeo</b>	El bombeo se caracteriza por la expulsión de agua y material del subsuelo o la sub-base a través de juntas o fisuras del pavimento, causada por la deflación de la losa al recibir la carga del tránsito de las aeronaves. A medida que el agua es expulsada, transporta partículas de grava, arena, arcilla, o limo, resultando en una pérdida progresiva del soporte para el pavimento que puede llevar al fisuramiento. Manchas en la superficie y la presencia de material de la sub-base o del subsuelo próximo a las juntas del pavimento son evidencia del bombeo. El bombeo próximo a las juntas, indica un sellado de juntas en pobres condiciones y/o la presencia de aguas subterráneas.	No se definen grados de severidad			Para la medición se considera que una junta con bombeo entre dos losas, se deben considerar que las dos losas están afectadas. Si una junta alrededor de una losa tiene el efecto del bombeo, una losa es adicionada por cada junta que tiene bombeo.

<p><b>Desprendimiento superficial, mapa de fisuras, fisuras erráticas</b></p>	<p>Un mapa de fisuras o fisuras erráticas, esta patología se refiere a una red de fisuras poco profundas que se extienden solo a través de la superficie superior del hormigón. Las fisuras erráticas resultan usualmente por un curado inapropiado y/o acabado del hormigón y puede llevar al desprendimiento y desgranamiento superficial de la superficie. El desprendimiento superficial es la desintegración de la capa de rodadura. El desprendimiento superficial también puede ocurrir a causa de una superficie debilitada por un curado o acabado inadecuado, y por ciclos de hielo y deshielo. La reacción alcalino-silicia es otra causa de esta patología, asociada con el desprendimiento superficial. El deterioro se produce por la reacción expansiva entre los agregados reactivos y las soluciones alcalinas en el hormigón.</p>	<p>El mapa de fisuras o las fisuras erráticas se manifiestan en un área significativa de la losa. No existe desprendimiento superficial y el pavimento se encuentra en buenas condiciones. La tendencia de la fisura debe estar claramente definida. Las fisuras deben mostrar señales de desgaste individualmente. Las fases iniciales de esta patología son descartadas. La severidad media es una indicación de desprendimiento superficial potencial en el futuro.</p>	<p>Losa con desprendimiento superficial en aproximadamente 5% de su superficie y con posible riesgo de FOD.</p>	<p>Losa con desprendimiento superficial de más del 5% de su superficie y riesgo evidente de FOD.</p>	<p>Si existen dos o más niveles de severidad en una losa, la losa se debe considerar con el máximo grado de severidad que tiene.</p>
<p><b>Asentamientos y fallas</b></p>	<p>Los asentamientos o fallas son diferencias de elevación en una junta o fisura, causados por una patología de la losa o consolidación no uniforme del material de la sub-base o del subsuelo. Esta condición puede ser el resultado de la pérdida de material fino, elevación de la losa debido a congelamiento, la pérdida de los elementos para la transferencia de cargas, barras de transferencia de cargas, o suelos expansivos.</p>	<p>Diferencia en elevación. Pistas y calles de rodaje = &lt;6 mm. Plataformas = 3 a 13 mm</p>	<p>Diferencia en elevación. Pistas y calles de rodaje = 6 a 13 mm. Plataformas = 13 a 25 mm</p>	<p>Diferencia en elevación. Pistas y calles de rodaje = &gt;13 mm. Plataformas = &gt;25 mm</p>	<p>El asentamiento o falla entre dos losas, se debe contabilizar una losa con esta patología. Se debe usar una regla o nivel, como ayuda para medir la diferencia de elevación entre losas. Las diferencias de elevación, producto de la construcción del pavimento, no son consideradas fallas. Cuando existan estas diferencias, atribuidas a la construcción, el lado más elevado de la junta, puede ser aserrado hasta encontrar el nivel más bajo de la losa.</p>
<p><b>Losa fragmentada, cuarteada, destrozada</b></p>	<p>Fisuras que se interceptan. Una losa fragmentada se define como aquella en la que las fisuras que se interceptan la dividen en cuatro o más piezas. Esto se debe a sobrecargas y/o un soporte inadecuado de la fundación. Si todas las piezas o fisuras están contenidas</p>	<p>La losa está dividida en cuatro o cinco piezas predominantemente definidas por fisuras de baja severidad.</p>	<p>La losa está dividida en cuatro o cinco piezas por fisuras en las que por lo menos el 15% tiene un grado medio de severidad (no</p>	<p>A este nivel de severidad se define la losa como fragmentada y/o destrozada: (1) la losa está</p>	<p>Por metro cuadrado y/o losa</p>

	dentro una rotura de esquina, entonces la patología debe ser identificada como una rotura en esquina severa.		fisuras con grado alto de severidad), o la losa está partida en seis o más piezas, con fisuras que en un 85% son de baja severidad.	dividida en cuatro o cinco piezas siendo algunas o todas las fisuras de alto grado de severidad o (2) la losa está dividida en seis o más piezas con mas del 15% de sus fisuras consideradas de media o alta severidad.	
<b>Fisuras por retracción</b>	Las fisuras por retracción son normalmente delgadas y se extienden algunos centímetros y no en la longitud total de la losa. Se forman durante el acabado y curado del hormigón y no se extienden a través del espesor total de la losa.	No se definen grados de severidad, solo hay que especificar que existe la patología de fisuras por retracción.			Si una o más fisuras por retracción existen en una losa, la losa debe ser contabilizada como losa con fisuras de retracción.
<b>Desprendimiento en la junta</b>	El desprendimiento en la junta, es una rotura del pavimento a una distancia que no excede de 0,6m desde la junta. El desprendimiento de la junta usualmente no se extiende a través del espesor de la losa e intercepta la junta en un ángulo. El desprendimiento en la junta frecuentemente es el resultado de tensiones excesivas en la junta o fisura causadas por infiltración de materiales incompresibles. El hormigón débil en la junta, ocasionado por sobre cargas combinado con las cargas de tránsito, es otra causa para el desprendimiento. El desprendimiento en la junta también puede deberse a la inadecuada alineación de las barras de transferencia, que pueden prevenir el desplazamiento de la losa, ya sea a causa de una inadecuada instalación de las barras o una inadecuada preparación para su deslizamiento. Una condición de desgaste se refiere al desplazamiento de material desde su posición inicial. El desprendimiento se refiere a que el material puede o no haberse perdido.	Desprendimiento de mas de 0.60 m de longitud: (1) el desprendimiento está dividido en no más de tres piezas por fisuras de baja y media severidad, con riesgo de FOD mínimo o inexistente; (2) la junta está levemente desgastada con riesgo de FOD mínimo o inexistente. Los desprendimientos de menos de 0.60m se dividen en piezas o se fragmentan sin representar riesgo de FOD. Levemente	Desprendimiento de más de 0.60m de longitud: (1) el desprendimiento esta dividido en más de tres piezas por fisuras de baja y media severidad; (2) el desprendimiento está dividido en no más de tres piezas con una o más fisuras severas y riesgo potencial de FOD; (3) la junta está moderadamente desgastada con algo de riesgo potencial de FOD. Los desprendimientos de menos de 0.60m se dividen	Desprendimiento de más de 0.60m de longitud: (1) el desprendimiento está dividido en más de tres piezas por fisuras de alta severidad con elevado riesgo de FOD y altas posibilidades de tener piezas dislocadas y sueltas; (2) la junta está severamente desgastada con alto riesgo potencial de FOD.	Si el desprendimiento está localizado a lo largo y en el borde de la losa, es contabilizada como un desprendimiento. Si el desprendimiento se localiza en más de un borde de losa, entre losas adyacentes, teniendo severidad alta, cada losa de debe contabilizarse con desprendimiento severo.

		<p>desgastada significa que el borde superior de la junta se ha desprendido con un ancho no mayor a 25mm y a una profundidad no mayor a 13 mm. El material se ha perdido y la junta tiene un riesgo de FOD menor.</p>	<p>en piezas o se fragmentan con algunas de las piezas sueltas o ausentes, causando un considerable riesgo de FOD y daño a las ruedas de las aeronaves. Moderadamente desgastada significa que el borde superior de la junta se ha desprendido con un ancho no mayor a 25mm y a una profundidad no mayor a 13 mm. El material se ha perdido en su mayoría y la junta tiene algo de riesgo de FOD.</p>		

## 4.21 PATOLOGIA DE PAVIMENTOS ASFALTICOS

<p><b>Piel de cocodrilo</b></p>	<p>La piel de cocodrilo es una serie de fisuras interconectadas, causadas por fatiga de la superficie de concreto asfáltico bajo carga repetida de tránsito. La fisuración comienza debajo de la superficie (o base estabilizada) donde se producen altas tensiones y deformación por efecto de las cargas transmitidas por las ruedas de las</p>	<p>Grietas muy finas longitudinales que corren paralelas unas a otras y ninguna o sólo muy pocas grietas se interconectan. En las grietas no se presentan desprendimientos de material.</p>	<p>Los niveles de severidad bajos de piel de cocodrilo, crecen para conformar un patrón o red de grietas, con un ligero grado de desprendimiento. El grado medio de severidad de las fallas de piel de cocodrilo está definido por un patrón bien definido de fallas de interconexión, donde todas las piezas permanecen en su lugar de manera segura (buena fijación de agregados entre las piezas).</p>	<p>En este nivel, las redes de fisuras han crecido de tal manera, que las piezas están bien definidas con desprendimiento de material en sus esquinas; algunas de las piezas desprendidas pueden causar un peligro potencial de FOD. Foreign Objects Damage (Daños por ingestión de objetos extraños)</p>	<p>La piel de cocodrilo se mide en metros cuadrados.</p>
<p><b>Exudación</b></p>	<p>La exudación es una película de material bituminoso, en la superficie del pavimento, que crea una superficie brillante, en la que se puede producir reflejo, generalmente muy pegajosa. La exudación se genera por una excesiva cantidad de asfalto o alquitrán, en la mezcla o por bajo contenido de vacíos, o por ambas. Ocurre cuando el asfalto llena los vacíos en la mezcla durante temperaturas elevadas y luego se expande hacia la superficie del pavimento. <b>Bleeding</b></p>	<p>No se definen grados de severidad</p>			<p>La exudación se mide en metros cuadrados</p>
<p><b>Fisura de bloque</b></p>	<p>Las fisuras en bloques, son fisuras interconectadas que dividen el pavimento en piezas aproximadamente rectangulares. El rango de tamaños de los bloques es de 0.3m x 0.3m a 3m x 3m. Las fisuras de bloque son causadas principalmente por contracción del asfalto y variaciones de temperatura durante el día. La aparición de fisuras en bloque, indica que el</p>	<p>Los bloques se definen por grietas con poco o ningún desprendimiento de material (los lados de las grietas son verticales), evitando el peligro</p>	<p>Los bloques se definen por grietas selladas o vacías, que tienen un moderado desprendimiento (con algún peligro de FOD), grietas no selladas</p>	<p>Los bloques están bien definidos, por grietas con un alto grado de desprendimiento de material, causando un peligro concreto de</p>	<p>El agrietamiento por bloque se mide en metros cuadrados</p>

	<p>asfalto se ha rigidizado significativamente. Las fisuras en bloque ocurren normalmente en grandes áreas, pero algunas veces sólo aparecerán en áreas sin tránsito de aeronaves. Este tipo de patología se diferencia de la piel de cocodrilo, dado que esta última, forma piezas pequeñas, de muchos lados y ángulos agudos. Además está patología, es causada por la repetición de cargas debido al tránsito de aeronaves, por lo que sólo aparecen en áreas sometidas al paso de estas.</p>	<p>potencial de FOD, Foreign Objects Damage. Las grietas que no están rellenas y tienen aproximadamente 6 mm, o un ancho promedio menor, y las grietas que se encuentran selladas, que presentan un estado satisfactorio</p>	<p>que no tienen desprendimiento o es mínimo (algún peligro de FOD), pero tienen un ancho promedio mayor a 6mm aproximadamente; o por grietas selladas mayores a 6 mm, que no tienen desprendimiento o este es mínimo (algún peligro de FOD), pero se encuentran selladas en condiciones insatisfactorias.</p>	<p>FOD.</p>	
<p><b>Ondulación</b></p>	<p>La ondulación, es una serie de valles y picos con poca separación entre sí, que se presentan a lo largo del pavimento a intervalos regulares, generalmente menos de 1,5m. Los picos o crestas son perpendiculares a la dirección del tránsito. La acción del paso de las aeronaves, combinada con una superficie o base inestable, pueden causar este tipo de fallas.</p>	<p>Pista y rodajes de alta velocidad = &lt; 6mm. Rodajes y plataformas = &lt; 13mm</p>	<p>Pista y rodajes de alta velocidad = 6 a 13mm. Rodajes y plataformas = 13 a 25mm</p>	<p>Pista y rodajes de alta velocidad = &gt;13mm. Rodajes y plataformas = &gt;25mm</p>	<p>La ondulación es medida en m2</p>
<p><b>Depresión</b></p>	<p>Las depresiones están localizadas en áreas de superficies pavimentadas, que tienen elevaciones ligeramente menores, que aquellas del pavimento que las rodea. Hay casos, en que las depresiones pequeñas no se aprecian a menos que llueva, debido a la acumulación de agua y a la creación de áreas de "bañados para aves". Las depresiones pueden también ser localizadas, sin que llueva, a causa de las manchas que deja el agua acumulada, en el pavimento. Las depresiones pueden ser causadas por asentamientos del terreno de fundación o se pueden producir, por deficiencias en la etapa de construcción. Las depresiones causan desniveles, que acumulan agua y si son profundas, pueden causar hidropneumático.</p>	<p>Pista y rodajes de alta velocidad = 3 a 13mm. Rodajes y plataformas = 13 a 25mm</p>	<p>Pista y rodajes de alta velocidad = 13 a 25mm. Rodajes y plataformas = 25 a 51mm</p>	<p>Pista y rodajes de alta velocidad = &gt;13mm. Rodajes y plataformas = &gt;25mm</p>	<p>Las depresiones son medidas en m2</p>

<b>Erosión por ráfaga de los motores</b>	La erosión por ráfaga de los motores de las aeronaves, causa áreas oscuras sobre el pavimento, debido que el ligante bituminoso ha sido quemado o carbonizado. Las áreas quemadas pueden variar en profundidad hasta aproximadamente 13 mm.	No hay niveles de severidad definidos, basta con indicar que existe erosión por chorro.			La erosión por ráfaga de los motores de las aeronaves, es medida en m2.
<b>Reflexión de juntas</b>	Estas fallas ocurren únicamente en pavimentos asfálticos contruidos sobre un pavimento de losas de hormigón. Las fisuras por reflexión de juntas son causadas principalmente por el movimiento de las losas de hormigón, por debajo de la superficie asfáltica, ante los cambios térmicos y de humedad, sin relacionarse con la carga a la que son sometidos. Si embargo el tránsito de carga, puede causar la rotura del asfalto cerca de las fisuras, causando desprendimiento de material y un peligro potencial de FOD. Si el pavimento es fragmentado a lo largo de la fisura, ésta se considera desgranada.	Las fisuras tienen poco o ningún desprendimiento de material (poco o ningún peligro de FOD ), y pueden estar sellados o no. Si la fisura no está sellada, debe tener un ancho medio de 6.4 mm o menos. Si lo esta, para considerarla de bajo nivel de severidad, esta puede ser de cualquier ancho pero su relleno, debe estar en condición satisfactorias.	Grado de severidad medio Debe existir alguna de las siguientes condiciones: (1) las fisuras tienen desprendimiento de material moderado (algún peligro de FOD ), pueden estar selladas o no selladas y pueden ser de cualquier ancho; (2) las fisuras tienen poco o ningún desprendimiento del material, pero el relleno está en condición insatisfactoria; (3) las fisuras no están rellenas o lo están ligeramente, pero el ancho de la fisura es mayor a 6.5 mm; (4) fisuras leves se presentan en forma aleatoria, cercanas a las fisuras por reflexión, o en las esquinas formadas por estas.	Las fisuras tienen un gran desprendimiento de material (existe peligro real de FOD), pueden estar selladas o no selladas y tener cualquier ancho.	La falla es medida en metros lineales, tomándose su longitud mayor como parámetro de comparación. La longitud y la severidad de cada fisura deberían ser identificadas y registradas
<b>Fisuras longitudinales y transversales</b>	Las fisuras longitudinales son paralelas al eje de pista o rodaje. Ellas pueden ser causadas por (1) fallas en las fajas constructivas del pavimento, (2) contracción de la superficie del asfalto, debido a bajas temperaturas o rigidización del asfalto, o (3) una fisura refleja, que	Las fisuras tienen poco o ningún desprendimiento de material (poco o ningún peligro de FOD ).	Deben existir una de las siguientes condiciones: (1) las fisuras tienen un desprendimiento de material	Las fisuras tienen un gran desprendimiento de material (existe real peligro de FOD),	

	<p>se produce debajo de la superficie en uso, estas incluyen fisuras en la losa de hormigón (pero no producidas por la reflexión de juntas del pavimento de hormigón). Las fisuras transversales, se extienden a través del pavimento en ángulos rectos al eje de pista o rodaje o dirección establecida. Ellas pueden ser causadas por los ítem (2) y (3) mencionados precedentemente. Estos tipos de fisuras usualmente, no se producen por una repetición de carga. Si el pavimento está fragmentado a lo largo de la fisura, la fisura</p>	<p>Pueden estar selladas o no. Las fisuras no selladas, tendrán un ancho medio de 6mm o menos. Las que se encuentran selladas, para considerarlas de bajo nivel de severidad, pueden ser de cualquier ancho pero su sellado debe estar en condición satisfactoria.</p>	<p>moderado (algún peligro de FOD ), pueden ser selladas o no y ser de cualquier ancho; (2) las fisuras tienen poco o ningún desprendimiento de material, pero el material de relleno está en condición insatisfactoria; (3) las fisuras no están selladas o lo están ligeramente, pero el ancho de la fisura es mayor a 6.5 mm o (4) fisuras leves se presentan, en forma aleatoria cercanas a las fisuras principales o en las esquinas formadas por estas.</p>	<p>puede estar selladas o no y tener cualquier ancho.</p>	
<p><b>Deterioro por derrame de combustible</b></p>	<p>Es el deterioro o ablandamiento de la superficie pavimentada, causada por un derrame de combustible, aceite o un solvente hidrocarburo.</p>	<p>No hay niveles de severidad. Es suficiente indicar que el derrame de combustible existe.</p>			<p>La falla es medida en metros cuadrados. Una mancha no es una falla hasta que no haya pérdida de material o el ligante se haya ablandado. Si la rigidez es aproximadamente la misma a la de los pavimentos que lo rodean, y no se ha perdido el material, no hay que registrar la falla.</p>
<p><b>Bacheos</b></p>	<p>Un bache es considerado un defecto, sin importar si se encuentra en perfecto estado de mantenimiento o no cumple los estándares correspondientes.</p>	<p>El bache está en buenas condiciones y no genera inconvenientes a la circulación de aeronaves.</p>	<p>bache está parcialmente deteriorado y afecta de alguna manera la calidad en la circulación de las aeronaves. Se considera nivel de severidad medio, si el bache presenta un deterioro moderado y</p>	<p>El bache está muy deteriorado y afecta la calidad de circulación de forma significativa o tiene un alto peligro potencial de FOD. El bache necesita ser reemplazado.</p>	<p>El bache se debe medir en metros cuadrados.</p>

			existe potencial peligro de FOD, o se dan ambas condiciones a la vez.		
<b>Agregados pulidos</b>	El desgaste de los agregados es producido por efecto del tránsito de las aeronaves. El agregado pulido esta presente cuando la porción de agregados, que se presentan sobre el asfalto es muy pequeña, no hay rugosidad o las partículas angulares del agregado pierden su resistencia al deslizamiento (rozamiento).	No se definen niveles de severidad. Sin embargo, el efecto del pulido sobre el agregado deberá ser claramente identificable, condición que se verifica al tocar la superficie del agregado y este se presenta suave al tacto.			La falla es medida en metros cuadrados.
<b>Peladura y efecto de la intemperie</b>	La peladura y efecto de la intemperie, están siempre en la superficie de desgaste del pavimento, causados por el desprendimiento de agregados y pérdida de la capacidad ligante del asfalto. Ellas pueden indicar que el asfalto de liga se ha rigidizado significativamente. <b>Raveling and Weathering</b>	Los agregados o el ligante ha comenzado a desgastarse, causando poco o ningún peligro potencial de FOD. La baja severidad se registra cuando el agregado superficial, está expuesto a una profundidad de ¼ del diámetro del agregado grueso.	Los agregados y/o el ligante, presentan desgaste, causando algún peligro potencial de FOD. La textura superficial es moderadamente áspera. La severidad media se registra cuando el agregado superficial está expuesto a una profundidad de ½ del diámetro del agregado grueso.	Los agregados y/o el ligante presentan un importante desgaste, causando un alto peligro potencial de FOD. La textura superficial es severamente rugosa y picada o con agregados sueltos (piedras) o asfalto de liga rigidizado, triturado y suelto. La alta severidad se registra en áreas donde la capa superior del agregado se ha desprendido o a causa de la fricción.	
<b>Ahuellamiento</b>	El ahuellamiento se produce por la depresión de la superficie del pavimento, en la zona de tránsito del tren de aterrizaje de la aeronave. El pavimento	Pistas y rodajes de alta velocidad 6 a 13mm	Pistas y rodajes de alta velocidad 13 a 25mm	Pistas y rodajes de alta velocidad >25mm	El ahuellamiento es medido en metros cuadrados de superficie y su nivel de severidad queda determinado por la profundidad media del

	<p>es levantado a lo largo de los lados donde ocurre el ahuellamiento. El ahuellamiento es notable luego de lluvias, cuando las zonas de tránsito del tren de la aeronave quedan llenas de agua. El ahuellamiento puede ser producido por una deformación permanente, en alguna capa del pavimento o de la misma subrasante. Es usualmente causada por la consolidación o por el desplazamiento lateral de los materiales, debido a la acción de las cargas del tránsito. Un ahuellamiento importante puede conducir a una falla estructural del pavimento.</p> <p><b>Rutting</b></p>				ahuellamiento.
<b>Empuje por losas de hormigón</b>	<p>Los pavimentos de Hormigón de Cemento Pórtland (PCC), ocasionalmente incrementan su longitud en los extremos donde se juntan con el pavimento asfáltico (comúnmente denominados crecimientos del pavimento). Este crecimiento empuja al pavimento asfáltico, generando problemas de engrosamiento y fisuras. El "crecimiento" de las losas de Hormigón es causado por una apertura gradual de las juntas dilatación, a medida que estas se rellenan con materiales incomprensibles, que le impiden el trabajo de dilatación.</p> <p><b>Shoving</b></p>	<p>Cuando se produce un ligero empuje, y no se han producido roturas en el pavimento asfáltico. Diferencial de altura = &lt; 20 mm</p>	<p>Cuando se produce un empuje significativo, causando una moderada rugosidad y una pequeña rotura en el pavimento de concreto asfáltico. Diferencial de altura = 20 a 40 mm</p>	<p>Cuando se produce un importante empuje, causando una severa rugosidad o rotura del pavimento asfáltico. Diferencial de altura = &gt; 40 mm</p>	<p>La falla es medida en metros cuadrados de la superficie del pavimento engrosado, causado por el empuje.</p>
<b>Fisuras por resbalamiento o deslizamiento</b>	<p>Son fisuras con forma de luna creciente o medialuna, tienen dos puntos apuntando en la dirección del tránsito. Ellas son producidas cuando las ruedas frenan o giran causando un deslizamiento y deformación en la superficie del pavimento. Esto ocurre usualmente cuando existe una baja resistencia superficial de la mezcla o una deficiente adherencia (ligadura) entre la superficie y la siguiente capa de la estructura del pavimento.</p>	<p>No se definen niveles de severidad. Se debe detectar la existencia de fisuras por deslizamiento.</p>			<p>La falla es medida en metros cuadrados.</p>
<b>Hinchamiento</b>	<p>Esta falla está caracterizada por un hinchamiento de la superficie pavimentada. Un hinchamiento puede ocurrir puntualmente en un área localizada o en onda gradual en un área mayor. Ambos tipos de hinchamiento pueden estar acompañados por fisuras. Esta patología es usualmente causada por la acción del congelamiento de la</p>	<p>Grado de severidad bajo El hinchamiento es apenas visible y tiene un efecto despreciable sobre la calidad de la circulación. El nivel de</p>	<p>El hinchamiento puede ser observado sin dificultad y tiene un importante efecto sobre la calidad en la circulación sobre la superficie</p>	<p>El hinchamiento o puede observarse fácilmente y tiene un efecto severo sobre la calidad en la circulación</p>	<p>El área afectada con hinchamiento es medida en metros cuadrados.</p>

	<p>subrasante o por hinchamiento de los suelos, pero a veces un pequeño hinchamiento puede ocurrir también sobre la superficie de un recrecimiento asfáltico (sobre un pavimento de hormigón PCC), como resultado de un estallido o reventón en las losas de hormigón (PCC).</p>	<p>severidad leve o bajo puede no siempre ser observable, pero su existencia puede ser confirmada mediante la circulación de un vehículo sobre el área en estudio. Diferencial de altura = &lt; 20 mm</p>	<p>pavimentada. Diferencial de altura = 20 a 40 mm</p>	<p>de las aeronaves, sobre la superficie pavimentada. Diferencial de altura = &gt; 40 mm</p>	
--	--	---	--	--	--

El siguiente diagrama es un bosquejo de cómo puede representarse en cuadrículas y por zonas, la pista, calles de rodaje y plataformas para facilitar la inspección e identificación de fallas.

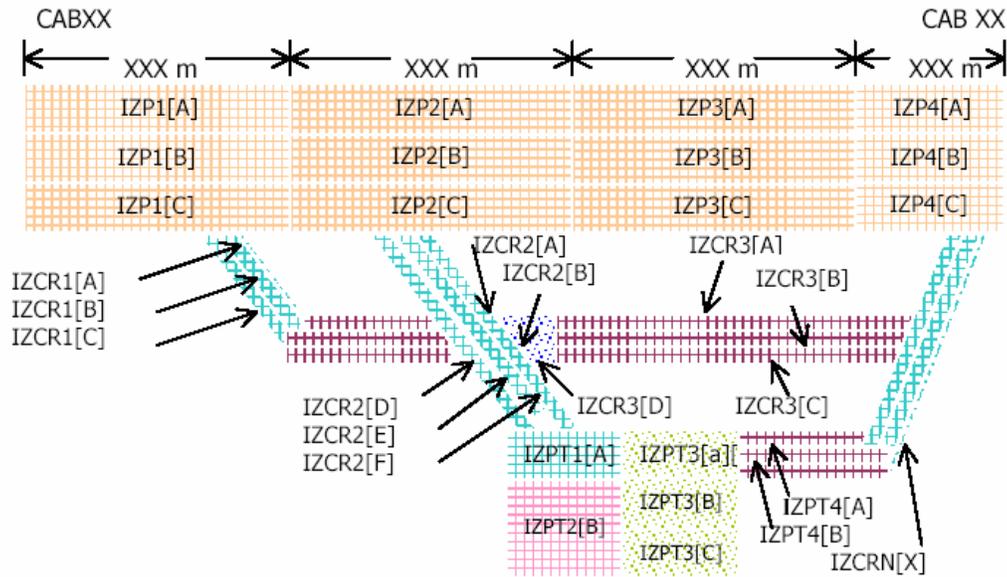


Fig. Diagrama inspección por zonas

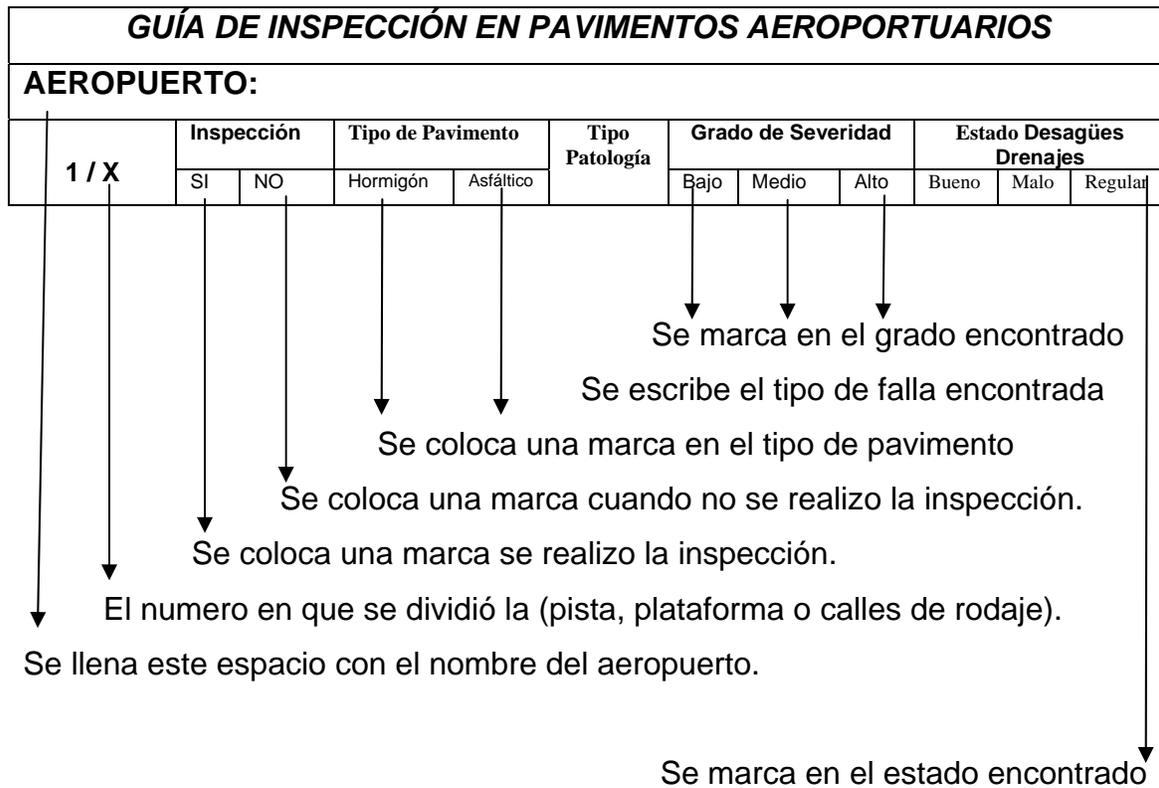
-  IZP( 1,2,3,4,N)[ A,B,C,X ].-Inspección zona pista
-  IZCR( 1,2,3,4,N)[ A,B,C,X ].- Inspección zona calle de rodaje
-  IZCR( 1,2,3,4,N)[ A,B,C,X ].- Inspección zona
-  IZPT( 1,2,3,4,N)[ A,B,C,X ].- Inspección zona plataforma X
-  IZPT( 1,2,3,4,N)[ A,B,C,X ].- Inspección zona plataforma X
-  IZPT ( 1,2,3,4,N)[ A,B,C,X ].- Inspección zona plataforma X

En la tabla 1 se ingresan todos los datos solicitados como se ejemplifica.

<b>AEROPUERTO: <u>Aeropuerto Internacional de Cancún</u></b>									
<b>Código OACI: <u>MMUN</u></b>					<b>Código IATA: <u>CUN</u></b>				
<b>“Guía de inspección en pavimentos aeroportuarios”</b>									
<b>Nombre del Aeropuerto: Aeropuerto</b> <b><u>Internacional de Cancún</u></b>									
<b>Autoridad de Inspección:</b> <b><u>Mantenimiento</u></b>									
Jefe de Inspectores		Nombre y apellido <b><u>Alonso Perez</u></b>							
Inspector		Nombre y apellido <b><u>Bernardo Rosales</u></b>							
Inspector		Nombre y apellido <b><u>Guillermo Atienzo</u></b>							
Fecha y hora de inicio de la inspección				Día: <b><u>29</u></b>	Mes: <b><u>Octubre</u></b>	Año: <b><u>2008</u></b>	Hora: <b><u>8:00</u></b>	Observaciones: <b><u>Ambiente frío</u></b>	
Fecha y hora de termino de la inspección:				Día: <b><u>31</u></b>	Mes: <b><u>Octubre</u></b>	Año: <b><u>2008</u></b>	Hora: <b><u>18:00</u></b>	Observaciones: <b><u>Ambiente templado</u></b>	
Condiciones meteorológicas: <b><u>con lluvia</u></b>									
		Visual	No precisión	CAT I	CAT II	CAT III			
Tipo de Aeropuerto:					<b><u>X</u></b>				
Aeronave de diseño pista principal: <b><u>B-747-400</u></b>					Aeronave de diseño pista secundaria: <b><u>N/A</u></b>				
Aeronave en operación en pista principal: <b><u>A-340</u></b>					Aeronave en operación en pista secundaria: <b><u>N/A</u></b>				
Tipo o Tipos de Pavimento :									
Clave de referencia pista principal		<b><u>4E</u></b>		Clave de referencia pista secundaria				<b><u>N/A</u></b>	

Tabla 1.- Ejemplo de llenado

En la tabla 2 se llenan los datos de la forma siguiente:



**Nota: Para conocer el grado de severidad y como realizar la medición se debe hacer referencia a la tabla 1 .**

<b>IZP1[A]</b>
IZP1[A1]
IZP1[A2]
IZP1[A3]
IZP1[A4]
IZP1[A5]
IZP1[A6]
IZP1[A7]
IZP1[A8]
IZP1[Ax..]
<b>IZP1[B]</b>
IZP1[B1]
IZP1[B2]
IZP1[B3]
IZP1[B4]
IZP1[B5]
IZP1[B6]
IZP1[B7]
IZP1[B8]
IZP1[Bx..]

-Estas son las zonas (pista, rodajes, plataformas) a inspeccionar, que se marcan en el diagrama anterior.

## GUÍA DE INSPECCIÓN EN PAVIMENTOS AEROPORTUARIOS

**AEROPUERTO:**

1 / 4	Inspección		Tipo de Pavimento		Tipo Patología	Grado de Severidad			Estado Desagües Drenajes		
	SI	NO	Hormigón	Asfáltico		Bajo	Medio	Alto	Bueno	Malo	Regular
<b>P I S T A</b>	IZP1[A]										
	IZP1[A1]	<u>X</u>			<u>X</u>	<u>Piel de cocodrilo</u>		<u>X</u>			<u>X</u>
	IZP1[A2]		<u>X</u>								
	IZP1[A3]										
	IZP1[A4]										
	IZP1[A5]										
	IZP1[A6]										
	IZP1[A7]										
	IZP1[A8]										
	IZP1[AX..]										
<b>P L A T A F O R M A</b>	IZP1[B]										
	IZP1[B1]		<u>X</u>								
	IZP1[B2]	<u>X</u>		<u>X</u>		<u>Estallidos</u>			<u>X</u>		<u>X</u>
	IZP1[B3]										
	IZP1[B4]										
	IZP1[B5]										
	IZP1[B6]										
	IZP1[B7]										
	IZP1[B8]										
	IZP1[BX..]										
<b>R O D A J E S</b>	IZP1[C]										
	IZP1[C1]										
	IZP1[C2]										
	IZP1[C3]										
	IZP1[C4]										
	IZP1[C5]										
	IZP1[C6]										
	IZP1[C7]										
	IZP1[C8]										
	IZP1[CX..]										
IZP1[D]											
IZP1[D1]		<u>X</u>									
IZP1[D2]											
IZP1[D3]	<u>X</u>		<u>X</u>		<u>Fisuras por retracción</u>		<u>X</u>		<u>X</u>		
IZP1[D4]											
IZP1[D5]											
IZP1[D6]											
IZP1[D7]											

Tabla 2.-Ejemplo de llenado

<b>“Guía de inspección en pavimentos aeroportuarios”</b>									
<b>Nombre del Aeropuerto:</b>									
<b>Autoridad de Inspección:</b>									
Jefe de Inspectores			Nombre y apellido						
Inspector			Nombre y apellido						
Inspector			Nombre y apellido						
Fecha y hora de inicio de la inspección				Día:	Mes:	Año:	Hora:	Observaciones:	
Fecha y hora de termino de la inspección:				Día:	Mes:	Año:	Hora:	Observaciones:	
Condiciones meteorológicas:									
			Visual	No precisión	CAT I	CAT II	CAT III		
Tipo de Aeropuerto:									
Aeronave de diseño pista principal:					Aeronave de diseño pista secundaria:				
Aeronave en operación en pista principal:					Aeronave en operación en pista secundaria:				
Tipo o Tipos de Pavimento :									
Clave de referencia pista principal:					Clave de referencia pista secundaria				

## GUÍA DE INSPECCIÓN EN PAVIMENTOS AEROPORTUARIOS

**AEROPUERTO:**

1 / X	Inspección		Tipo de Pavimento		Tipo Patología	Grado de Severidad			Estado Desagües Drenajes			
	SI	NO	Hormigón	Asfáltico		Bajo	Medio	Alto	Bueno	Malo	Regular	
<b>P I S T A</b>	<b>IZP1[A]</b>											
	IZP1[A1]											
	IZP1[A2]											
	IZP1[A3]											
	IZP1[A4]											
	IZP1[A5]											
	IZP1[A6]											
	IZP1[A7]											
	IZP1[A8]											
	IZP1[AX..]											
<b>P I S T A</b>	<b>IZP1[B]</b>											
	IZP1[B1]											
	IZP1[B2]											
	IZP1[B3]											
	IZP1[B4]											
	IZP1[B5]											
	IZP1[B6]											
	IZP1[B7]											
	IZP1[B8]											
	IZP1[BX..]											
<b>P I S T A</b>	<b>IZP1[C]</b>											
	IZP1[C1]											
	IZP1[C2]											
	IZP1[C3]											
	IZP1[C4]											
	IZP1[C5]											
	IZP1[C6]											
	IZP1[C7]											
	IZP1[C8]											
	IZP1[CX..]											
<b>P I S T A</b>	<b>IZP1[D]</b>											
	IZP1[D1]											
	IZP1[D2]											
	IZP1[D3]											
	IZP1[D4]											
	IZP1[D5]											
	IZP1[D6]											
	IZP1[D7]											
	IZP1[D8]											

## GUÍA DE INSPECCIÓN EN PAVIMENTOS AEROPORTUARIOS

**AEROPUERTO:**

1 / X	Inspección		Tipo de Pavimento		Tipo Patología	Grado de Severidad			Estado Desagües Drenajes		
	SI	NO	Hormigón	Asfáltico		Bajo	Medio	Alto	Bueno	Malo	Regular
<b>CALLE DE RODAJE</b>	<b>IZCR[A]</b>										
	IZCR[A1]										
	IZCR [A2]										
	IZCR [A3]										
	IZCR [A4]										
	IZCR [A5]										
	IZCR [A6]										
	IZCR [A7]										
	IZCR[A8]										
	IZCR[AX..]										
<b>CALLE DE RODAJE</b>	<b>IZCR[B]</b>										
	IZCR [B1]										
	IZCR [B2]										
	IZCR [B3]										
	IZCR [B4]										
	IZCR [B5]										
	IZCR [B6]										
	IZCR [B7]										
	IZCR [B8]										
	IZCR[BX..]										
<b>CALLE DE RODAJE</b>	<b>IZCR[C]</b>										
	IZCR [C1]										
	IZCR [C2]										
	IZCR [C3]										
	IZCR [C4]										
	IZCR [C5]										
	IZCR [C6]										
	IZCR [C7]										
	IZCR [C8]										
	IZCR[CX..]										
<b>CALLE DE RODAJE</b>	<b>IZCR[D]</b>										
	IZCR [D1]										
	IZCR [D2]										
	IZCR [D3]										
	IZCR [D4]										
	IZCR [D5]										
	IZCR [D6]										
	IZCR [D7]										
	IZCR [D8]										
	IZCR[DX..]										

## GUÍA DE INSPECCIÓN EN PAVIMENTOS AEROPORTUARIOS

**AEROPUERTO:**

1 / X	Inspección		Tipo de Pavimento		Tipo Patológica	Grado de Severidad			Estado Desagües Drenajes			
	SI	NO	Hormigón	Asfáltico		Bajo	Medio	Alto	Bueno	Malo	Regular	
<b>PLATAFORMA</b>	<b>IZPT[A]</b>											
	IZPT[A1]											
	IZPT[A2]											
	IZPT[A3]											
	IZPT[A4]											
	IZPT[A5]											
	IZPT[A6]											
	IZPT[A7]											
	IZPT[A8]											
	IZPT[AX]											
<b>PLATAFORMA</b>	<b>IZPT[B]</b>											
	IZPT[B1]											
	IZPT[B2]											
	IZPT[B3]											
	IZPT[B4]											
	IZPT[B5]											
	IZPT[B6]											
	IZPT[B7]											
	IZPT[B8]											
	IZPT[BX]											
<b>PLATAFORMA</b>	<b>IZPT[C]</b>											
	IZPT[C1]											
	IZPT[C2]											
	IZPT[C3]											
	IZPT[C4]											
	IZPT[C5]											
	IZPT[C6]											
	IZPT[C7]											
	IZPT[C8]											
	IZPT[CX]											
<b>PLATAFORMA</b>	<b>IZPT[D]</b>											
	IZPT[D1]											
	IZPT[D2]											
	IZPT[D3]											
	IZPT[D4]											
	IZPT[D5]											
	IZPT[D6]											
	IZPT[D7]											
	IZPT[D8]											
	IZPT[DX]											





## **CONCLUSIONES**

Con buen conocimiento de la definición, constitución y de la problemática por las fallas de los pavimentos, se puede llegar a realizar una buena inspección de estos, y por consecuente un buen trabajo de mantenimiento en los pavimentos de pistas, calles de rodaje y plataformas aeroportuarias.

En este trabajo se demuestra, la factibilidad del uso de la “guía de inspección en pavimentos aeroportuarios” apoyada del la tabla de patologías en pavimento para planificación del mantenimiento en los pavimentos de los aeropuertos en México, tanto a nivel proyecto como a nivel real.

En esta investigación, se adoptó un sistema de codificación por zonas para facilitar la ubicación de las fallas encontradas en la inspección de los pavimentos aeroportuarios.

Todo esto para la estimación de los presupuestos de mantenimiento de los pavimentos a nivel de proyecto.

La tesina de igual forma servirá como herramienta para realizar inspecciones por parte del ingeniero en aeronáutica que tiene exiguos conocimientos de pavimentos y poder así tomar una correcta decisión del tipo de trabajo a realizar.

## GLOSARIO

**ACN.** Número que clasifica a las aeronaves por su incidencia en la resistencia de los firmes.

**Adoquín:** Los adoquines (del árabe ad-dukkân, "piedra escuadrada") son piedras o bloques labrados y de forma rectangular que se utilizan en la construcción de pavimentos

**Aeródromo:** área preparada para el aterrizaje, despegue y movimiento en tierra de aeronaves.

**Aeropuerto:** cualquier aeródromo civil de servicio público que cuente con obras e instalaciones adecuadas para las operaciones de aeronaves de transporte público.

**Aeronáutica:** ciencia y técnica del diseño y la construcción de aeronaves e infraestructuras del transporte aéreo

**Aglomerado bituminoso.** Mezcla de áridos y un betún, utilizada en los firmes.

**Alquitrán.** Ligante hidrocarbonado obtenido por la destilación destructiva, del carbón de hulla.

**Amianto:** sinónimo asbesto

**Anclaje.** Elemento para asegurar la fijación de otro sometido a esfuerzos.  
Barra de anclado.

**Anticarburentes:** es un ligante especialmente diseñado para la fabricación de mezclas que se aplican en zonas donde el derrame de combustibles, carburantes y lubricantes es frecuente, generalmente asociadas a áreas de carga / descarga

de combustibles y/o carburantes en zonas industriales, aeropuertos y estaciones de servicio o a carriles y áreas de aparcamiento de vehículos.

**Áridos.** Trozos de roca graduallos, naturales o artificiales, que mezclados con un ligante forman materiales para pavimentos o estructuras.

**Asbesto:** El asbesto, también llamado amianto, es un grupo de minerales metamórficos fibrosos. Están compuestos de silicatos de cadena doble

**Asfalto.** Material orgánico procedente de la destilación natural del petróleo que aflora en la superficie de la Tierra mezclado con minerales en proporciones variables. Ejemplo, los lagos asfálticos de la isla de Trinidad o las pizarras bituminosas. / Denominación del betún en algunos países americanos (del inglés "asphalt").

**Base.** Parte del firme situado inmediatamente debajo del pavimento. Hitos fijos topográficos para referir las coordenadas.

**Betún.** Ligante hidrocarbonado procedente de la destilación del petróleo. En algunos países americanos se le denomina "asfalto".

**Betún modificado.** Betún al que se ha adicionado un polímero para mejorar sus características.

**Capa.** Espesor de terraplenes o firmes formado por materiales homogéneos (de coronación, de base, etc.).

**Caucho:** El caucho es un polímero de muchas unidades, encadenadas de un hidrocarburo elástico, el isopreno  $C_5H_8$  que surge como una emulsión lechosa

(conocida como el látex) en la savia de varias plantas, pero que también puede ser producido sintéticamente

**Cemento.** Mezcla de caliza, arcilla y yeso que activada con agua forma un aglomerante de áridos.

**Ceniza:** La ceniza es el producto de la combustión de algún material, compuesto por sustancias inorgánicas no combustibles, como sales minerales.

**Epoxidica.** Productos obtenidos por medio de fermentación bacteriana

**Epoxy:** es un polímero termoestable que se endurece cuando se mezcla con un agente catalizador o "endurecedor". Las resinas epoxi más frecuentes son producto de una reacción entre epoclorohidrina y bisfenol-a

**Fisura.** Apertura menor de 0,5 mm. en un elemento estructural.

**Galpón.** Cobertizo, hangar.

**Concreto de cemento o hidráulico.** Material formado por áridos ligados con pasta de cemento; es habitual denominarla simplemente hormigón.

**Indentación:** Es un anglicismo de uso común en informática. Por indentación se entiende mover un bloque de texto hacia la derecha insertando espacios o tabuladores para separarlo del texto adyacente, lo que en el ámbito de la imprenta se ha denominado siempre como sangrado

Ligante. Material capaz de aglomerar, los áridos un conjunto resistente.

**Mezcla asfáltica.** Material formado por áridos ligados con betún.

**Noxer:** Son bloques de mortero de cemento con una fina capa de 5 a 7 mm de óxido de titanio (IV), el cual actúa como un catalizador heterogéneo. El óxido de titanio (IV) es un fotocatalizador que usa la luz del sol para absorber óxidos de nitrógeno muy contaminantes (NO y NO<sub>2</sub>) en nitratos inocuos que son lavados del pavimento debido al agua de lluvia.

**OACI.** Acrónimo de la Organización de Aviación Civil Internacional.

**Pavimento.** Capas superiores del firme, de mayor calidad; generalmente mezclas de áridos con ligantes hidrocarbonados o cemento.

**Pista:** área rectangular definida en un aeródromo terrestre preparada para el aterrizaje y el despegue de las aeronaves.

**PCN.** Número de clasificación de un firme que da indicación de su capacidad de soportar cargas de aeronave. Se compara con el ACN.

**Plataforma:** área definida en un aeródromo terrestre destinada a dar cabida a las aeronaves para los fines de embarque o desembarque de pasajeros, correo carga, abastecimiento de combustible, estacionamiento o mantenimiento.

**Polietileno:** es químicamente el polímero más simple. Se representa con su unidad repetitiva  $(\text{CH}_2\text{-CH}_2)_n$ . Por su alta producción mundial (aproximadamente 60 millones de toneladas son producidas anualmente (2005) alrededor del mundo) es también el más barato, siendo uno de los plásticos más comunes.

**Polipropileno:** es el polímero termoplástico, parcialmente cristalino, que se obtiene de la polimerización del propileno (o propeno).

**Pretensazo:** Estirado previamente

**Riego de adherencia.** Impregnación con un betún fluidificado o emulsionado de la superficie de una capa bituminosa sobre la que ha de extenderse otra con el fin de asegurar su mejor unión.

**Recrecido.** Aumento del espesor de un pavimento.

**Refuerzo.** Recrecido cuyo fin es aumentar la capacidad de carga de un pavimento.

**Reología.** Cambios de longitud a través del paso del tiempo, por ejemplo el fenómeno del "creep" en el hormigón. Es la deformación a largo plazo debida a las cargas y a las condiciones climáticas. Así diferenciamos en una viga la flecha instantánea, que se produce al terminar su ejecución y entrar en estado de carga, y luego al cabo de unos años ( 5 a 10 ) la deformación permanente que aumenta la flecha inicial. Ese es un efecto reológico.

**Rodera.** Deformación plástica de un firme en la que se señalan las huellas de los neumáticos.

**Sub Base.** Capa del firme situada entre la base y la explanada o el cimiento. Ocasionalmente, puede estar directamente bajo el pavimento.

**Torones:** Es un arreglo helicoidal de alambres en torno de un alambre para obtener una sección simétrica.

**Viscoelástico:** ofrece los beneficios dispersivos de Viscoat y los beneficios cohesivos de Provisc en un solo paquete

**Zahorra.** Mezcla, más o menos homogénea, de bolos, gravas y arenas naturales.

## BIBLIOGRAFIA

### FUENTES DE REFERENCIA

- Ashford, N. and Wright, P. (1992): "Airport Engineering", 3ª Ed. John

Wiley & Sons, inc. New York. U.S.A.

- Garcia Cruzado, Marcos (2000): "Ingeniería Aeroportuaria", Editorial

UPM, 2a Edición, ETSI Aeronáuticos, Madrid

- González Saucedo Benjamín (2007) Tesina de Ingeniería "Estrategias para optimizar el mantenimiento de los diferentes tipos de pavimentos utilizados en aeropuertos de México"

- Isidro Carmona, A (2006) "Operaciones aeroportuarias" Fundación AENA, MADRID

- Manual de Diseño de Aeródromos, parte 3 (Doc. 9157). OACI

- Manual de Servicios de Aeropuertos, parte 2 y 9.(Doc. 9137) OACI

- Sáez Alván Lucia del Pilar Tesis de Ing. Civil "Mantenimiento de Pavimentos flexibles de aeropuertos mediante árboles de decisión para la indicación de estrategias de mantenimiento"

- OACI "Anexo 14" volumen I. "Aeródromos

- *Organización de Aviación Civil Internacional* GRUPO REGIONAL DE PLANIFICACIÓN Y EJECUCIÓN CAR/SAM (GREPECAS) Cuarta Reunión del Subgrupo del GREPECAS de Aeródromos y Ayudas Terrestres / Planificación Operacional de los Aeródromos (AGA/AOP/SG/4), REVISIÓN DE LA LISTA DE VERIFICACIÓN "APÉNDICE A" Y GUÍA DE INSPECCIÓN "APÉNDICE B" PARA LA CERTIFICACIÓN DE AERÓDROMOS, SEGÚN EL ANEXO 14.

- Reglamento de Aeropuertos
- SCT “Ley de Aeropuertos”, DGAC, México D.F.
- SCT “Reglamento de Aeropuertos”, DGAC, México D.F.

#### PAGINAS WEB CONSULTADAS

- Aeroyur mantenimiento y servicios: <http://aeroyur.com/MYS-Limpiza-de-caucho.html>

-Apuntes ingeniería civil: <http://ingenieracivil.blogspot.com/2007/08/fallas-en-pavimento-rigido-y-flexible.html>

-Aeropuertos: <http://www.arqhys.com/articulos/aeropuerto-mexico.html>

-Tipos de Pavimentos: <http://www.construaprende.com/t/07/T7pag01.php>

-Pistas de Aeropuertos: <http://www2.nynas.com/start/article.cfm>

-Ley de Aeropuertos: <http://www.cddhcu.gob.mx/leyinfo/15/>

-OACI Región Norteamérica, Centroamérica y Caribe: <http://www.icao.int/nacc>

-Seminario sobre mantenimiento de pavimentos de aeropuertos:

<http://www.lima.icao.int/meetprog/2002/APMAPI/PROG18JUL.ESP>

- Tolcan pavimentos y asfálticos:

<http://www.tolcan.com/preservacion/preservacion.html>