

41121  
11



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO**

**ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES  
"ARAGÓN"**

**PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO PARA LA  
REHABILITACIÓN DE PAVIMENTOS DE  
USO AERONÁUTICO**

**T E S I S**  
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:  
**I N G E N I E R O C I V I L**  
P R E S E N T A:  
**MARCO ANTONIO GARCÍA ROMERO**

**ASESOR:  
ING. GILBERTO GARCÍA-SANTAMARÍA RODRÍGUEZ**

MÉXICO

TESIS CON  
FALLA DE GRASA



A



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

# PAGINACION

# DISCONTINUA

TEMA

**PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO PARA LA REHABILITACION DE  
PAVIMENTOS DE USO AERONAUTICO.**

INDICE

**I.- INTRODUCCION**

- ¿ Que es un aeropuerto ?
- Breve descripción del trabajo
- Planteamiento de los objetivos

**II.- TIPOS DE PAVIMENTOS**

- Pavimentos rígidos
- Pavimentos flexibles
- Pavimentos mixtos

**III.- PROCEDIMIENTOS USUALES DE REHABILITACION**

- Estudios previos
- Morteros asfálticos
- Carpetas asfálticas
- Riegos de taponamiento
- Desbaste de pavimentos

**IV.- RECURSOS NECESARIOS**

- Mano de obra
- Materiales
- Equipo
- Proyecto presupuesto de obras

**V.- RECOMENDACIONES GENERALES**

- Especificaciones generales y particulares
- Control de calidad
- Programa de obra

**VI.- CONCLUSIONES**

**VII.- BIBLIOGRAFIA**

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## **TEMA I**

### **INTRODUCCION**

- a) ¿ Que es un Aeropuerto ?**
- b) Breve descripción del trabajo**
- c) Planteamiento de los objetivos**

**a) ¿ Que es un Aeropuerto ?**

En la actualidad se cuenta con tres medios esenciales de transportación, ellos son: el transporte terrestre, el transporte marítimo y el transporte aéreo ( sobre el cual se refiere el presente trabajo), requiriéndose para cada uno de ellos de una base o estación terminal que pueda facilitar sus operaciones y cuyos estudios, proyectos construcciones y mantenimientos son diferentes, pero todos enfocados a brindar comodidad y confort a los usuarios así como atención a las unidades que realizan el transporte.

Con el paso del tiempo el transporte aéreo ha cobrado tal importancia que es el medio más rápido, seguro ( de acuerdo con las últimas estadísticas ), y consecuentemente el de mayor demanda para viajar a grandes distancias, así pues el progresivo aumento del tráfico aéreo conduce a la necesidad de estudiar nuevos lugares para construir aeropuertos con capacidades mayores y a conservar los actuales acondicionándolos de acuerdo con el desarrollo que tiene la construcción de aviones de mayor envergadura para tener en todo momento operables las instalaciones de los aeropuertos.

Un aeropuerto puede ser definido como la estación terminal del transporte aéreo, es también donde las aeronaves aterrizan y despegan, efectuando las maniobras de ascenso y descenso de pasajeros, así como las de carga y descarga de equipajes y mercancías, es también una pequeña ciudad industrial en la que las aeronaves deben encontrar los abastecimientos y servicios que requieran para su óptimo funcionamiento.

Propiamente se distinguen dos fases del servicio que se presta en un aeropuerto:

En la primera fase tenemos los servicios destinados a los pasajeros, visitantes, autoridades y el propio personal del aeropuerto, éstos servicios son entre otros, los accesos terrestres a los estacionamientos de vehículos, a los edificios terminales, estar dotados de servicios municipales, locales comerciales, restaurantes y las áreas necesarias para dar al pasajero comodidad y confort cuando hace uso de un aeropuerto.

En la segunda fase tenemos los servicios destinados a las aeronaves directamente y a las compañías de aviación, así como el servicio a pilotos de aviones particulares y las facilidades para la llegada y salida de las aeronaves del tamaño que éstas sean.

Dentro de éstas podemos considerar el espacio aéreo requerido por los aviones para hacer sus maniobras de despegue y aterrizaje, las pistas de aterrizaje, las calles de rodaje, las plataformas de aviación comercial, general y de pernocta, las instalaciones necesarias para el abastecimiento de combustible a las aeronaves, hangares para aviones particulares, el cuerpo de rescate y extinción de incendios para prevenir incendios dentro del aeropuerto, servicios de limpieza, rampa, carga y descarga de equipajes a los aviones.

Todos los elementos y servicios que componen un aeropuerto están regulados de acuerdo con las normas y recomendaciones internacionales que marca la O.A.C.I. Organización de la Aviación Civil internacional, la cual proporciona lineamientos por medio de los Manuales de Aeródromos y del Anexo 14 al Convenio sobre Aviación Civil Internacional en lo que respecta a Aeródromos.

En México se cuenta con un Reglamento de Aeronáutica Civil sobre el cual se rigen las disposiciones y recomendaciones al respecto. También se cuenta en el País con algunas Normas de la extinta Secretaría de Obras Publicas, hoy Secretaría de Comunicaciones y Transportes, que sin ser una Autoridad Aeronáutica, sí deben tomarse en cuenta sus especificaciones por la relevancia que tienen en la construcción y mantenimiento de los pavimentos en Aeropuertos.

De acuerdo con las fuentes mencionadas anteriormente existen varias clasificaciones de Aeropuertos; unas en función del servicio que prestan y alcance de los vuelos y otras que están en función de las características de las pistas, rodajes, plataformas, etc., por ejemplo: El Reglamento de Aeródromos y Aeropuertos Civiles los clasifican: Por su aspecto físico, por el género de tránsito a que se destine y por el régimen de su propiedad y explotación.

Por su aspecto físico, los Aeródromos se clasifican en terrestres, acuáticos y mixtos.

Por el género de tránsito a que se destinan se clasifican en Aeródromos Nacionales e Internacionales.

Por el régimen, propiedad o explotación se clasifican en Aeródromos Particulares y Oficiales.

La (O.A.C.I.) Organización de la Aviación Civil Internacional, los clasifica con claves de referencia, el propósito de éstas claves es proporcionar un método simple para relacionar entre sí las numerosas especificaciones concernientes a las características de los

**Aeródromos, a fin de suministrar una serie de instalaciones aeroportuarias que convengan a los aviones destinados a operar en el Aeródromo. No se pretende que esta clave se utilice para determinar los requisitos en cuanto a la longitud de la pista ni en cuanto a la resistencia del pavimento. La clave está compuesta de dos elementos que se relacionan con las características y dimensiones del avión.**

**El elemento uno es un número basado en la longitud del campo de referencia del avión y el elemento dos es una letra basada en la envergadura del avión y en la anchura exterior entre las ruedas del tren de aterrizaje principal. Al aplicar las disposiciones del Anexo 14, se indican en primer lugar los aviones para los que se destine el aeródromo y después los dos elementos de la clave.**

**Se determinará una clave de referencia de aeródromo número y letra clave que se seleccione para fines de planificación del aeródromo de acuerdo con las características de los aviones para los que se destine la instalación del aeródromo.**

**Los números y letras de clave de referencia de aeródromo tendrán los significados que se les asigna en la siguiente tabla.**



### Clave de referencia de aeródromo

Elemento 1 de la clave		Elemento 2 de la clave		
Núm. De clave	Longitud de campo de referencia del avión	Letra de clave	Envergadura	Anchura exterior entre ruedas del tren de aterrizaje principal
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
1	Menos de 800 m	A	Hasta 15 m (exclusive)	Hasta 4,5 m (exclusive)
2	Desde 800 m hasta 1,200 m (exclusive)	B	Desde 15 m hasta 24 m (exclusive)	Desde 4,5 m hasta 6 m (exclusive)
3	Desde 1,200 m hasta 1,800 m (exclusive)	C	Desde 24 m hasta 36 m (exclusive)	Desde 6 m hasta 9 m (exclusive)
4	Desde 1,800 m en adelante	D	desde 36 m hasta 52 m (exclusive)	Desde 9 m hasta 14 m (exclusive)
		E	Desde 52 m hasta 60 m (exclusive)	Desde 9 m hasta 14 m (exclusive)
		F	Desde 65 m hasta 80 m (exclusive)	Desde 14 m hasta 16 m (exclusive)

Para los aviones con más de 80 metros de envergadura se requieren instalaciones especiales y estructuras de pavimentos más precisas dado el peso de los aviones.

## **b) Breve descripción del trabajo**

El motivo principal de este trabajo de tesis está enfocado a los **Procedimientos Constructivos en la Rehabilitación de Pavimentos de Uso Aeronáutico.**

En el tema I se explicará la definición de un aeropuerto, efectuaremos una breve descripción de los trabajos y plantearemos los objetivos del trabajo.

En el tema II se explicarán los diferentes tipos de pavimentos que tenemos en aeropuertos y que son:

Pavimentos rígidos, los que en su capa de rodamiento están compuestos por losas de concreto hidráulico, los pavimentos flexibles que son los que están compuestos en su capa de rodamiento con concreto asfáltico, y los pavimentos mixtos que se componen de capas de rodamiento de concreto hidráulico y asfáltico.

En el tema III explicaremos los diferentes procedimientos constructivos con los que se rehabilitan actualmente los pavimentos de los aeropuertos de la República Mexicana, para ello tenemos que recurrir a una serie de estudios previos como son el índice de perfil, el coeficiente de rugosidad, los estudios de evaluación de pavimentos, la topografía de los pavimentos de las pistas, etc., para determinar el daño que tiene el pavimento y proceder a su mantenimiento o reconstrucción, derivado del resultado de los estudios, los procedimientos en forma general son:

Morteros asfálticos los cuales son empleados como mantenimiento preventivo para alargar la vida útil de una carpeta asfáltica de cualquier elemento de un aeropuerto.

Carpetas asfálticas las cuales se emplean cuando el pavimento está totalmente deteriorado y no se le puede efectuar un mantenimiento preventivo superficial, en esta actividad están contempladas las de fresado de carpeta asfáltica (corte), bacheos superficiales o profundos, renivelaciones previas, etc.,

Riegos de taponamiento los cuales se efectúan sobre superficies en buen estado y en zonas que no son de mucho tráfico e importancia en un aeropuerto, solamente como mantenimiento preventivo.

El desbaste de pavimentos es una actividad que apenas se está introduciendo en México y que sirve para corregir el índice de perfil longitudinal y transversal de las pistas, generalmente en concreto hidráulico.

En el tema IV, explicaremos los recursos necesarios con los cuales rehabilitamos los pavimentos en aeropuertos, éstos recursos son:

Mano de obra especializada para efectuar los trabajos específicos como pueden ser riegos de liga, cortes es frío a la carpeta asfáltica, colocación de morteros asfálticos, rehabilitaciones con carpeta asfáltica, etc., y las actividades complementarias.

Materiales deben ser de una calidad comprobada por medio de estudios de laboratorio, cumplir con las especificaciones que se tienen para los diferentes tipos de rehabilitación, no se aceptan materiales que no pasen las pruebas de laboratorio a que son sometidos.

Equipo que se utiliza para rehabilitar pavimentos de uso aeronáutico tiene que estar en perfectas condiciones mecánicas, todos sus sistemas electrónicos deben funcionar para dejar los acabados de los pavimentos de acuerdo con lo especificado y no tener problemas al momento de efectuar las recepciones de los trabajos.

Proyecto de presupuesto de obras, aquí determinaremos en forma general cuanto cuesta rehabilitar una pista, haciendo una comparación con los diferentes procedimientos que se emplean.

En el tema V de recomendaciones generales estaremos explicando el tipo de especificaciones que deben cumplir los diferentes procedimientos de rehabilitación de pavimentos, si son generales o particulares para que los trabajos que se ejecuten cumplan con su cometido.

El control de calidad dentro de las obras de rehabilitación de pavimentos es fundamental, ya que sin éste control las obras se entregarían en forma inadecuada y su vida útil no sería la misma. Los programas de obra que indican como se distribuyen el tiempo de ejecución de los trabajos de acuerdo con el tipo de intervención.

En el tema VI se darán las conclusiones del tema con algunos comentarios importantes que sean relevantes.

En el tema VII anotaremos la bibliografía que sirvió de consulta para la elaboración de éste trabajo.

**c) Planteamiento de los objetivos**

Los objetivos que se buscan en la Rehabilitación de Pavimentos de Uso Aeronáutico en los diferentes Aeropuertos de la República Mexicana son el restaurar las pendientes longitudinales y transversales de pistas, plataformas, rodajes y vialidades para darle al usuario y a los aviones una operación de acuerdo con el nivel y tipo de equipos que se operan, que ésta sea segura y confortable, encaminada a mantener los estándares de seguridad que marcan los Reglamentos de Aviación y las Especificaciones que sobre construcción de aeropuertos están vigentes por parte de las autoridades correspondientes.

Así mismo, las rehabilitaciones deben contemplarse dentro de los parámetros económicos respecto al tipo de intervención que se ejecute en cada aeropuerto, debiendo éstos estar íntimamente ligados con la calidad de los trabajos que se ejecutarán, y ser ejecutados por Empresas de reconocido prestigio en trabajos de pavimentación, ya que es un factor determinante la calidad de las empresas para un buen trabajo, que tenga una duración aceptable.

Un aspecto muy importante es la seguridad que debe darse a la operación de los aviones, ésta no va ligada con el tipo de intervención en el aspecto económico, esto quiere decir, que si una pista requiere una reconstrucción total, se le debe hacer, aunque el costo de la misma sea elevado, y, no hacer una rehabilitación parcial de menor costo dejando la pista fuera de especificaciones que pongan en riesgo la operación de las aeronaves.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## **TEMA II**

### **TIPOS DE PAVIMENTOS**

- 1 Definición**
- 2 Clasificación de pavimentos**
- 3 Descripción de las capas que constituyen un pavimento**
  - a) Pavimentos rígidos**
  - b) Pavimentos flexibles**
  - c) Pavimentos mixtos**

## **1.- DEFINICION.-**

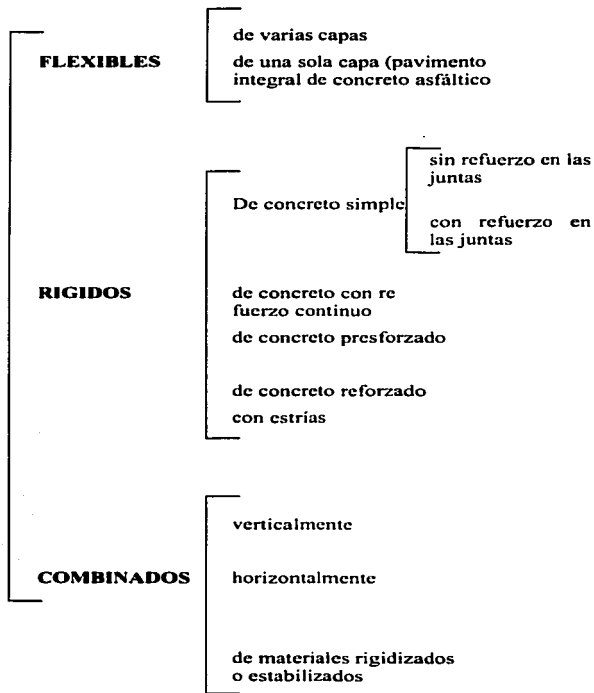
Generalmente los diccionarios definen la palabra "pavimento" como piso artificial; superficie transitable; revestimiento del suelo con ladrillos, losas u otro material". Aprovechando estas definiciones, para los propósitos de este trabajo, se definirá al pavimento como la estructura consistente en una o más capas de materiales apropiados, cuya finalidad principal es la de proporcionar una superficie de rodamiento que permita un tránsito adecuado de los vehículos, distribuyendo convenientemente las cargas concentradas de tal manera que la capacidad de soporte de las capas de apoyo no se exceda.

## **2. - CLASIFICACION**

Tradicionalmente los pavimentos se han clasificado en dos grandes grupos: pavimentos flexibles y pavimentos rígidos. Esta clasificación como cualquier otra, adolece de limitaciones ya que en este caso no es fácil precisar el límite entre lo rígido y lo flexible. No obstante esta limitación y haciendo eco de la costumbre ampliamente difundida, se respetara la clasificación arriba mencionada, agregando únicamente los pavimentos combinados ya sea horizontalmente o verticalmente debido a que revisten un especial interés en el caso de Aeropuertos, de esta manera la clasificación de pavimentos de aeropuertos resulta como sigue:

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

**CLASIFICACION  
DE PAVIMENTOS  
DE AEROPUERTOS**



TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Un pavimento flexible típico, fig. 1, está constituido por una carpeta asfáltica relativamente delgada que actúa como superficie de rodamiento; la carpeta asfáltica se apoya sobre la capa llamada base y esta a su vez sobre la capa llamada sub-base. La sub-base puede descansar sobre una subrasante mejorada debajo de la cual se encuentra la subrasante natural o suelo natural.

Un pavimento rígido típico fig. 3, está formado por losas de concreto hidráulico simple o reforzado, que actúan simultáneamente como cuerpo estructural básico y como superficie de rodamiento, las losas pueden estar apoyadas ya sea sobre una sub-base o bien directamente sobre la subrasante.

Se puede observar que los pavimentos rígidos clásicos están contruidos primordialmente de concreto hidráulico mientras que los pavimentos flexibles clásicos contienen una capa superficial a base de material asfáltico. Por esto algunos autores concluyen que "es obvio que las definiciones de flexible y rígido son arbitrarias y fueron establecidas en un intento para distinguir los pavimentos de concreto asfáltico de los de concreto de cemento portland", o hidráulico.

Es conveniente anotar que un pavimento está constituido por toda la estructura que se encuentra colocada sobre la subrasante natural cualquiera que sea el número de capas que forman dicha estructura, si en el párrafo anterior se menciono solo una de las capas que constituyen cada tipo de pavimento, es debido a que tradicionalmente las mencionadas capas han sido consideradas como representativas de los mismos.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



## PAVIMENTO FLEXIBLE TIPOICO DE VARIAS CAPAS

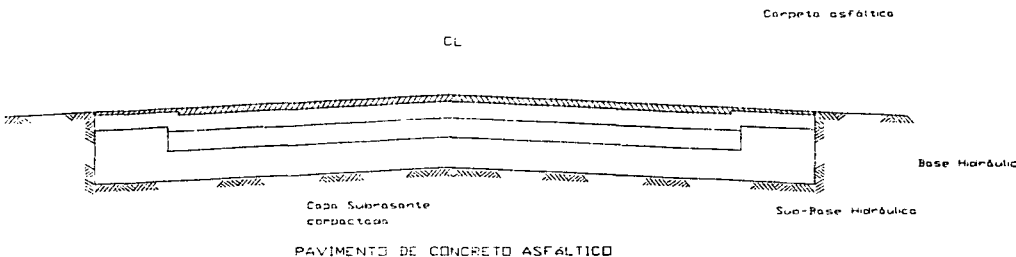


FIG. 1

## PAVIMENTO FLEXIBLE DE UNA SOLA CAPA (PAVIMENTO INTEGRAL)

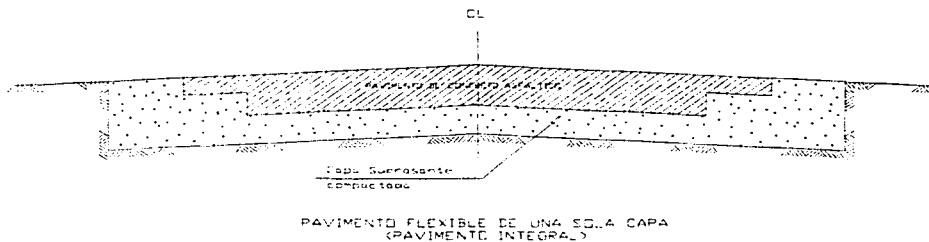


FIG. 2

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

LOSAS DE CONCRETO  
HIDRAULICO

TRATAMIENTO SUPERFICIAL  
EN ACOTAMIENTO



CAPA SUBRASANTE  
COMPACTADA

SUBRASANTE NATURAL

PAVIMENTO RIGIDO TIPOICO DE CONCRETO SIMPLE

**FIG. 3**

LOSAS DE CONCRETO  
HIDRAULICO

CARPETA ASFALTICA

TRATAMIENTO SUPERFICIAL  
EN ACOTAMIENTO



BASE

SUB - BASE

CAPA SUBRASANTE  
COMPACTADA

SUBRASANTE NATURAL

PAVIMENTO COMBINADO HORIZONTALMENTE

**FIG. 4**

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## PAVIMENTOS COMBINADOS VERTICALMENTE

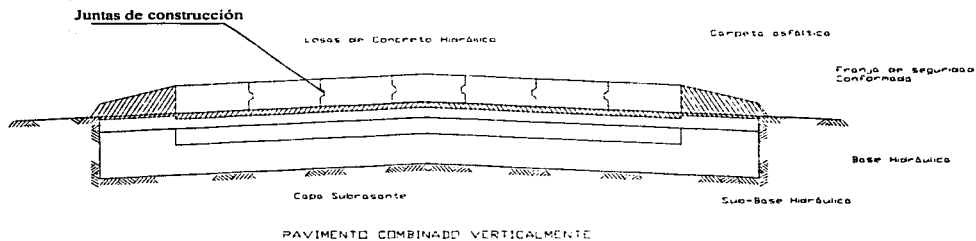
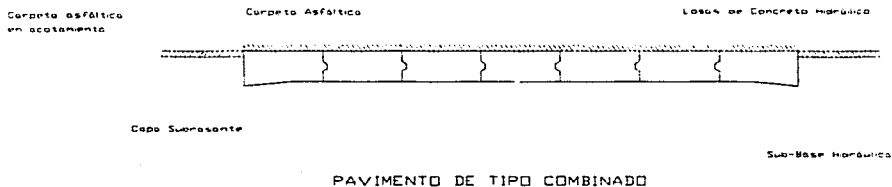


FIG. 5 A Y 5 B

## PAVIMENTO FLEXIBLE TÍPICO DE VARIAS CAPAS



TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Se pueden mencionar los siguientes tipos de pavimentos flexibles, en función de los materiales que se emplean y de su elaboración:

#### **Pavimentos con carpetas de concreto asfáltico elaboradas en caliente.**

El concreto asfáltico elaborado en caliente es una mezcla de agregados pétreos gruesos bien graduados, agregados pétreos finos y cemento asfáltico. La elaboración del concreto asfáltico se efectúa en plantas, las que realizan el secado y calentado de los agregados y el proporcionamiento y mezclado de estos con el cemento asfáltico previamente calentado. Este método de mezclado en caliente garantiza que los agregados queden cubiertos con una película uniforme de asfalto y asegura un control preciso de los tamaños de los agregados y de la cantidad de asfalto. Estos pavimentos no requieren de un periodo de curado después de haber sido tendidos y compactados y pueden entrar en servicio una vez que el pavimento se ha enfriado a la temperatura ambiente, sin embargo la compactación debe efectuarse cuando la mezcla esta suficientemente caliente, de lo contrario el trabajo de compactación tiene un limitado o nulo efecto en la reducción de vacíos de la carpeta. Este tipo de carpetas, pueden ser construidas rápidamente reduciéndose de esta manera las posibilidades de fallas ocasionadas por condiciones desfavorables de clima, ya que una vez compactados y enfriados tienen un alto grado de estabilidad y resistencia a la humedad y heladas, este procedimiento también se utiliza para la elaboración de bases asfálticas.

#### **Pavimentos con carpetas de concreto asfáltico elaborado en planta, en frío.-**

El concreto asfáltico elaborado en planta en frío es una mezcla de agregados pétreos bien graduados con cemento asfáltico y un licuificante, asfalto rebajado o emulsión asfáltica, normalmente la graduación de los agregados pétreos es similar a la de los que intervienen en los concretos asfálticos elaborados en caliente. Los concretos asfálticos elaborados en planta en frío pueden ser preparados con poco o nada de calentamiento del agregado, pero el producto asfáltico si debe ser calentado hasta alcanzar la fluidez necesaria para que cubra adecuadamente al agregado, las desventajas de estos tipos de mezcla son:

Se requiere un periodo de curado para permitir la evaporación de los solventes, licuificantes o agua; se dificulta obtener altas densidades durante el proceso de compactación en clima frío; por ultimo, la estabilidad inicial generalmente es baja. El cuerpo de Ingenieros de la Armada de los Estados Unidos de Norte América, sugiere que estos concretos asfálticos se utilicen para los mismos usos que en caliente, **excepto para trabajos en aeropuertos.**

Los concretos asfálticos elaborados en planta en frío, están especialmente adaptados para trabajos de bacheo y para obras pequeñas en donde el volumen por colocar no justifica la colocación de una planta de mezclado en caliente.

#### **Mezclas de arena-asfalto o arena-alquitrán.-**

En las regiones en donde la arena es el único agregado disponible localmente, como por ejemplo las zonas costeras, este tipo de mezcla es muy económico para elaborar bases y carpetas de pavimentos de caminos y calles que vayan a estar sujetos a tráfico ligero de alta velocidad.

Al elaborar las mezclas generalmente se le agregan finos para incrementar su densidad y estabilidad. La elaboración de las mezclas puede efectuarse ya sea por medio de planta, en caliente o en frío o por el sistema de mezcla en el lugar. Las carpetas y bases construidas con mezclas de arena-asfalto o arena-alquitrán presentan texturas finas, densas y relativamente impermeables; su estabilidad y durabilidad dependen de la calidad y granulometría del agregado fino, del contenido y tipo de aglutinante bituminoso y del control de calidad efectuado durante la construcción. La arena empleada debe ser suficientemente bien graduada y libre de impurezas; cuando se requiere obtener una alta estabilidad, la granulometría adecuada puede obtenerse por medio de la selección y combinación de las arenas locales disponibles. El Cuerpo de Ingenieros, recomienda que no se utilicen estas mezclas en la construcción de carpetas de pavimentos de aeropuertos que vayan a soportar cargas con altas presiones de inflado, ni en pavimentos de áreas industriales que vayan a soportar llantas de hule macizo o ruedas metálicas.

Por otro lado el mismo cuerpo de ingenieros acepta su utilización en bases de pavimentos con cualquier tipo de tráfico y en carpetas de pavimentos sin tráfico. Una desventaja de la utilización de este tipo de mezclas en carpetas es que generalmente es más susceptible que

los concretos asfálticos en agrietarse por esfuerzos de temperatura, de deformación y por oxidación.

#### **Mc. Adam de penetración. ( Capa de asentamiento y mejoramiento)**

Para la construcción de un Mc. Adam de penetración se coloca primeramente una capa de agregado pétreo constituido por grava redondeada, a continuación se le aplica a presión asfalto o cemento de alquitrán; los vacíos de la superficie de la capa de grava se rellenan con agregado más pequeño seguido de una aplicación adicional de asfalto o cemento de alquitrán por ultimo la superficie se cubre con material cribado fino y se compacta.

El espesor de las carpetas de Mac. Adam generalmente es del orden de 6 a 8 cm. Se requiere una cantidad mínima de equipo para la construcción de estos pavimentos, por lo que se adapta particularmente en zonas remotas o en trabajos pequeños, sin embargo su calidad es inferior a los concretos asfálticos producidos en planta, ya que no se puede controlar cuidadosamente su proceso de construcción. La superficie obtenida no es tan densa como la de una carpeta de concreto asfáltico y cuando comienza a desprenderse el agregado superficial, este puede constituirse en un peligro para las operaciones de los aviones, por lo que el Mc. Adam de penetración solo se recomienda para caminos y calles.

#### **Mezclas en el lugar.**

Sus componentes son generalmente similares a los concretos asfálticos elaborados en planta en frío, pero la mezcla se efectúa en el lugar por medio de motoconformadoras y petrolizadoras, por medio de plantas mezcladoras viajeras o bien por medio de algún otro equipo similar. La cantidad de las mezclas en el lugar puede llegar a aproximarse a los concretos asfálticos elaborados en planta en frío, sin embargo generalmente se les considera de inferior calidad, debido a que es más difícil llevar a cabo el control de calidad durante las operaciones de construcción.

### **3. - DESCRIPCIÓN DE LAS CAPAS QUE CONSTITUYEN EL PAVIMENTO**

#### **a) Pavimentos flexibles**

**Carpeta asfáltica o capa superficial bituminosa.** El propósito de la carpeta es la de proveer a los vehículos una superficie de rodamiento uniforme y bien aglutinada de tal manera que no se le suelten partículas que puedan poner en peligro a los vehículos o a las personas. Debe presentar una superficie con cualidades antiderrapantes pero sin causar un excesivo desgaste en las llantas; debe resistir los esfuerzos cortantes ocasionados por el tráfico y resistir y transmitir las cargas a la base, además, la carpeta tiene la función de evitar que el agua superficial penetre a la base.

Para poder cumplir adecuadamente con los requerimientos mencionados es de primordial importancia el correcto diseño y control de calidad de los materiales, ya que la carpeta debe poseer una máxima durabilidad y estabilidad, lo que se logra solo con la adecuada mezcla de agregados y producto asfáltico.

La extinta Secretaria de Asentamientos Humanos y Obras Públicas hoy Secretaria de Comunicaciones y Transportes presenta dos posibilidades de construcción de carpetas asfálticas: las elaboradas por el sistema de mezcla en el lugar y las carpetas de concreto asfáltico elaboradas en caliente en planta estacionaria, y proporciona las siguientes definiciones:

Carpetas asfálticas por el sistema de mezcla en el lugar, son "las que se construyen en la carretera, aeropista o plataforma de trabajo mediante el mezclado en el lugar, tendido y compactación de materiales pétreos y un material asfáltico".

El material asfáltico a que se refiere la definición consiste en asfáltos rebajados de fraguado rápido o medio o emulsiones asfálticas de rompimiento medio ó lento.

Carpetas de concreto asfáltico son "las que se constituyen mediante el tendido y compactación de mezclas elaboradas en caliente, en una planta estacionaria, utilizando cementos asfálticos".

De ser posible únicamente se deben utilizar en la construcción de pavimentos aeronáuticos de aeropuertos, las carpetas de concreto asfáltico, ya que generalmente las carpetas

asfálticas por el sistema de mezcla en el lugar requieren de un mantenimiento más intensivo debido a su inferior calidad, resultante del aglutinante asfáltico y de las dificultades de control de calidad durante su elaboración.

### **Base Hidráulica.**

Se puede decir que la base es la componente estructural más importante de un pavimento flexible; Su función primordial consiste en soportar los altos esfuerzos impuestos por las cargas concentradas aplicadas en la superficie del pavimento y distribuir las adecuadamente, de tal manera que las capas inferiores las puedan resistir. Así pues, el propósito fundamental de las bases consiste en evitar que se presenten deformaciones por corte y consolidación de la subrasante. Las bases tienen las finalidades adicionales de proveer subdrenaje al pavimento y de proporcionar protección contra la acción de las heladas cuando sea necesario.

La calidad de una base depende de su composición, de las propiedades físicas de sus agregados y de su compactación; así se tienen:

**Bases asfálticas:** las constituidas por materiales seleccionados aglutinados con un producto asfáltico, en caliente.

- Bases de agregado triturado.
- Bases de agregado de roca caliza.
- Bases de Mc. Adam de penetración
- Bases asfálticas elaboradas en frío
- Bases tratadas con cemento (pavimento combinado).

### **Sub-base Hidráulica.**

La sub-base se considera como una parte integral de la estructura de un pavimento flexible. Sus funciones son similares a las de la base, sin embargo, debido a que esta protegida por la base y por la carpeta, su calidad puede ser inferior a la de la base, lo cual constituye una



buena alternativa desde el punto de vista de la economía de la construcción, sin menoscabo de la capacidad estructural del pavimento.

En la extinta "SAHOP" hoy Secretaría de Comunicaciones y Transportes presenta la siguiente definición de sub-bases y bases: "Capas sucesivas de materiales seleccionados que se construyen sobre la subrasante y cuya función es soportar las cargas rodantes y transmitir las a las terracerías, distribuyéndolas en tal forma que no se produzcan deformaciones perjudiciales en estas".

En esta definición, el término "terracerías" se refiere a la masa de suelos o roca sobre la cual se apoya el pavimento.

### **Subrasante**

Los suelos de la capa subrasante están sujetos a esfuerzos menores que los de las capas superiores del pavimento, es decir, la carpeta, la base y la sub-base. Los esfuerzos en la subrasante decrecen con la profundidad; pero para el diseño generalmente se toma el correspondiente a la parte superior de la subrasante. Cuando existen diferentes tipos de suelo en la subrasante o cuando hay variaciones en los contenidos de humedad o en las densidades, la localización del esfuerzo de diseño puede variar.

Generalmente el diseño de un pavimento prevé la compactación de la capa superior del suelo natural con objeto de mejorar su capacidad de soportar esfuerzos. El espesor de esta capa compactada dependerá del tipo de suelo y de la magnitud de las cargas a soportar.

## **b) Pavimentos rígidos**

**Losa de concreto hidráulico.** En un pavimento rígido la losa de concreto hidráulico constituye la esencia del mismo. las funciones principales de las losas son:

- Proveer una superficie adecuada de rodamiento,
- Distribuir adecuadamente las cargas concentradas de tal manera que la capacidad de soporte de la subrasante no se exceda,
- Resistir los efectos abrasivos del tránsito, e
- Impedir al máximo la penetración del agua superficial a las capas de apoyo.

### **Sub-base de pavimento rígido.**

Las funciones de la sub-base en los pavimentos rígidos son las siguientes:

- Prevenir el "bombeo"
- Proteger el pavimento contra la acción de las heladas
- Proporcionar drenaje
- Prevenir en forma limitada los cambios de volumen de la subrasante.
- Proporcionar a la losa una superficie de apoyo más resistente y,
- Facilitar la construcción de la losa.

**c) Pavimentos mixtos**

Los pavimentos mixtos son los que se componen de la capa de rodamiento de concreto hidráulico y carpeta asfáltica en según sea el caso, puede ser que el pavimento original sea de concreto hidráulico pero con el paso del tiempo y el deterioro su mantenimiento resulte costoso y se opta por colocar una capa de carpeta asfáltica, esta solución se da frecuentemente en los pavimentos de aeropuertos de la red nacional.

De la misma forma puede suceder en la forma inversa, primero la superficie de rodamiento es de asfalto y posteriormente se le coloca una capa de concreto hidráulico. En ambos casos no se tienen problemas de tipo estructural, ya que previo a la solución propuesta se elabora un estudio de mecánica de suelos para definir el comportamiento de la estructura y que esta no sufra deformaciones posteriores.

**DIFERENCIAS DE OPERACIÓN ENTRE LOS PAVIMENTOS DE  
AEROPUERTOS Y LOS DE CARRETERAS**

Es aún frecuente la idea entre los Ingenieros, que los pavimentos de un aeropuerto no son mas que un equivalente al de una carretera pero más ancho, mas corto, de mayor espesor y que en lugar de automóviles y camiones transitan aviones. Desde luego, la finalidad principal de los pavimentos de aeropuertos, como la de los de las carreteras, es la de distribuir adecuadamente las cargas concentradas, de tal manera que la capacidad de soporte de las capas de apoyo no se exceda, así como la de permitir un tránsito adecuado de los vehículos; sin embargo existen diferencias sustanciales entre ambos pavimentos, derivadas de su operación.

A continuación, se presentan las principales diferencias entre los pavimentos de aeropuertos y los de carreteras.

### **Canalización del tránsito de vehículos.**

En las carreteras de dos carriles, debido a la localización de las ruedas de los vehículos, la mitad de estas van cerradas a la orilla del pavimento; en las carreteras de cuatro carriles, debido a las legislaciones de velocidad, el tránsito pesado se canaliza hacia la derecha de la carretera para cada sentido. Esta situación plantea una canalización del tránsito en el sentido transversal, de manera que las cargas más grandes se aplican próximas a la orilla del pavimento y en el caso que se diseñara un pavimento diferencial, el mayor espesor debería quedar ubicado en las orillas de la carretera.

En el caso de aeropuertos la situación es diferente, ya que por las características de operación de las pistas y calles de rodaje, estas son marcadas con pintura, y en algunas ocasiones con sistemas luminosos, a lo largo del eje de la vía. Esta condición obliga en los aeropuertos, a que la canalización del tránsito se realice en el centro de la pista y de la calle de rodaje, lo cual provoca que si se diseñan pavimentos diferenciales, el mayor espesor se encuentra en la franja central.

Para ilustrar con un ejemplo, en la fig. 2.1, se muestra la concentración del tráfico de aviones tanto en calles de rodaje como en pistas. Se puede observar que el 75% del tráfico se concentra en una franja central de 2.3 m. de ancho en calles de rodaje y de 11.4 m. de ancho en pistas.

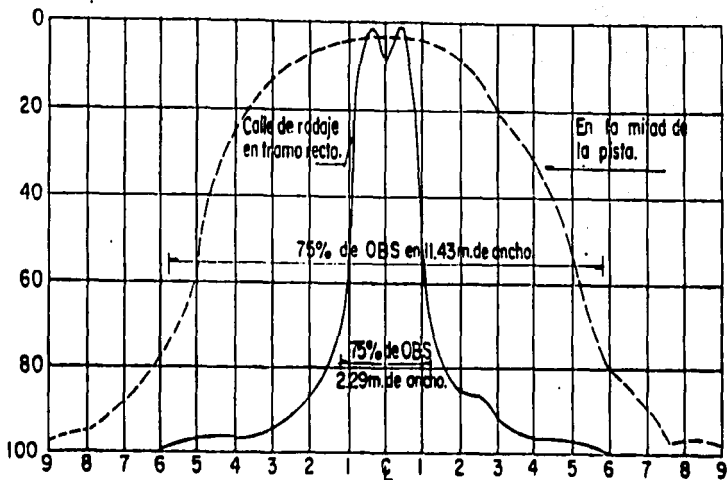
### **Intensidad de las cargas.**

Los camiones más pesados que transitan en una carretera son del orden de 30 a 50 toneladas. Son vehículos del tipo semi-trailer, los cuales, incluyendo las ruedas del tractor, llegan a tener hasta 18 llantas.

En aeropuertos, un avión con el mismo peso como por ejemplo el Boeing 727, el Boeing-737 o el Douglas DC-9, tienen únicamente 4 llantas principales y 2 auxiliares. De lo anterior se deduce que la intensidad de cargas por rueda es muy superior en aeropuertos que en carreteras, máxime si consideramos aviones tan pesados como el Boeing-747, cuyo peso máximo es de 374 toneladas y únicamente tiene 16 ruedas principales y 2 auxiliares (fig. 2.2).

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

PORCIENTO DE-OBSERVACIONES DE TRAFICO

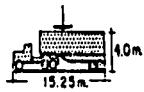


Distancia en metros del C a la huella del tren principal.

DISTRIBUCION DE LAS HUELLAS DEL TRAFICO DE AVIONES  
 CON TRENES PRINCIPALES DE RUEDAS DOBLES Y EN DOBLE TANDEM.

FIG. 2.1

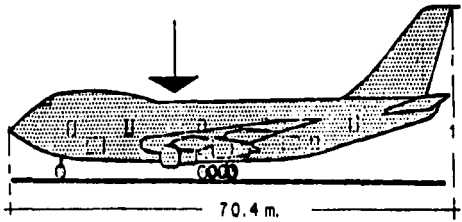
Peso total = 34 ton.



TESIS CON  
 FALLA DE ORIGEN

B - 7 4 7

Peso total = 374 ton



Numero de llantas	Carga por rueda (max.)
-------------------	------------------------

16 principales \_\_\_\_\_ 1 800 kg.

2 direccionales \_\_\_\_\_ 2 900 kg.

Numero de llantas	Carga por rueda (max.)
-------------------	------------------------

16 principales \_\_\_\_\_ 21,500 kg.

2 auxiliares \_\_\_\_\_ 15,000 kg.

FIG. 2.2

# INTENSIDAD DE LAS CARGAS

### **Presión de las llantas.**

Este concepto puede ser considerado como una parte vital en la operación de los aviones; Así se tiene que mientras en carreteras la presión de inflado de las llantas varía de 1.69 kg/cm<sup>2</sup> (24 lb/pulg<sup>2</sup>) a 5.62 kg/cm<sup>2</sup> (80lb/pulg<sup>2</sup>) en números redondos; En aeropuertos estas presiones son del orden de 14.06 kg/cm<sup>2</sup> (200 lb/pulg<sup>2</sup>) llegando en algunos aviones militares a presiones de 28.12 kg/cm<sup>2</sup> (400lb/pulg<sup>2</sup>).

### **Frecuencia del tránsito**

En carreteras, la separación entre un vehículo y otro subsecuente dependerá de la propia geometría de la carretera y de la velocidad de circulación. Así, a velocidades medianas (60 km./hr.) puede pasar un vehículo cada 1.5 segundos en promedio, lo que da un volumen de tráfico por carril de más de 2000 vehículos por hora en condiciones de máxima capacidad (fig. 2.3).

En aeropuertos, por razones de control de tránsito aéreo bajo condiciones visuales, la separación entre dos aviones sucesivos que se aproximan al aeropuerto no puede ser inferior a la distancia que hay en el umbral de aproximación de la pista y el punto donde el avión precedente la desocupa, es decir, dependerá del número de calles de rodaje de salida que la pista tenga, de la velocidad de salida y de las condiciones meteorológicas de operación.

Bajo condiciones de instrumentos, la separación mínima se puede incrementar hasta en cinco millas náuticas (9260 m.) entre un avión y otro. Esta situación se presentará solamente bajo condiciones de tránsito intenso y en la mayoría de los aeropuertos del mundo la separación es mayor, es decir, que entre un avión y otro, pueden pasar varios minutos.

Además de lo anterior, existe la circunstancia de que es muy poco probable que un determinado punto del pavimento de una pista tenga que soportar una repetición de carga cada vez que ocurra una operación, la localización del punto de toma de contacto de un avión es variable, ya que depende de factores tales como el tipo de avión, la técnica del piloto, la temperatura y elevación del aeropuerto, los mínimos meteorológicos y la velocidad y dirección del viento. En el momento del toque, el avión lleva una velocidad

horizontal de 125 a 145 nudos (230 a 270 km./h.) Y una velocidad vertical descendente de 0.6 a 1.80 m/seg. (2 a 6 pies/seg.).

En la fig. 2.4 aparece como centro de la zona de toma de contacto la línea situada a una distancia de 380 m. (1250 pies) del umbral de la pista. Se ha observado que el 90% de los aterrizajes quedan en una zona de 457 m. (1500 pies) que se le ha denominado zona de toma de contacto.



## CARRETERAS



Capacidad máxima por carril:  
2,000 automóviles/hora.  
(a 50- 60 km./hr.)

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

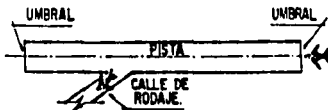


Capacidad máxima.-

Carril de adentro: 2,200 automóviles/hora.  
Carril de afuera: 1,700 automóviles/hora.

(a 60 km./hr.)

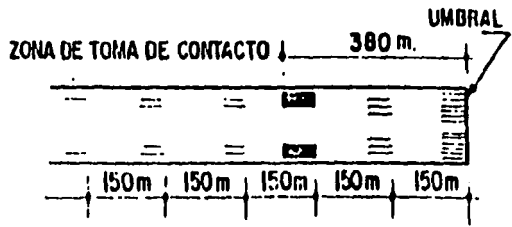
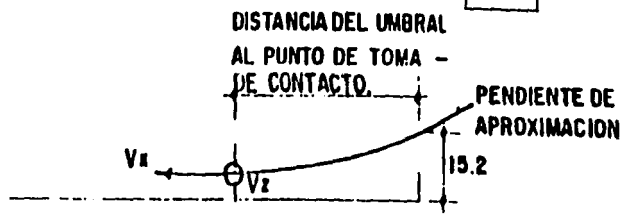
## AEROPISTAS



Capacidad práctica horaria-  
operación visual (VFR): 45 a 99 op./hr.  
operación por instrumentos (IFR): 42 a 53 op./hr.

NOTA: El valor mayor es para  
pistas que solo reciben  
aviones bimotores y  
monomotores.  
El valor menor es para  
pistas que reciben una  
mezcla de aviones en  
que el 60% son  
cuatrirreactores o aviones  
mayores.

Frecuencia del tránsito.



### **Pavimentos diferenciales en sentido longitudinal.**

A lo largo de las carreteras el pavimento esta sujeto a efectos constantes de cada carga, ya que independientemente de la velocidad y efectos de impacto, el peso del vehiculo no cambia y solamente, para un vehiculo en particular, se presentaría una reducción en el peso a lo largo de su trayecto, por el consumo de combustible, cuyo peso es despreciable comparado con el del propio vehiculo.

En aeropuertos la operación de los aviones se debe considerar bajo otras bases, ya que al analizar un despegue, a medida que aumenta la velocidad, se empieza a generar sustentación en las alas las cuales comienzan a liberar el peso del avión sobre el tren de aterrizaje y consecuentemente sobre el pavimento. En la fig. 2.5 se ejemplifica este efecto para el caso de un avión Boeing 707-300c.

Por lo anterior se puede deducir que en aquellas pistas de aeropuertos que no serán utilizadas como rodamientos, es posible en el tramo central (en el sentido longitudinal) reducir el espesor de pavimento, ya que las cargas actuantes son menores que al inicio de la carrera de despegue (fig. 2.6).

Por lo que se refiere al aterrizaje, los pesos no son críticos. Recientes mediciones en el aeropuerto de Dayton E.E.U.U., mostraron que el impacto promedio producido por los aterrizajes normales fue de 65% de la carga estática, pudiendo llegar en el caso de aterrizajes "duros" a 210% de la carga estática.

### **Condiciones de rugosidad de la superficie de rodamiento.**

En trayectos muy largos y a velocidades uniformes los vehiculos carreteros pueden entrar en resonancia si se tienen alteraciones de la rugosidad en forma uniforme, como por ejemplo las juntas transversales en los pavimentos de concreto hidráulico. Esta resonancia que puede ser notoria o no, la percibe el organismo del conductor y el cerebro dentro de una caja de resonancia que es el cráneo, se puede llegar a perder sensibilidad para efectos reflejos. En estudios sobre el tema se ha encontrado que en algunos accidentes en carreteras este fenómeno puede ser importante; en consecuencia, las condiciones de rugosidad de la superficie de rodamiento para una carretera son aspectos que deben tomarse en cuenta en forma severa, sobre todo en pavimentos rígidos.

En aeropuertos la situación es totalmente diferente ya que las condiciones de rugosidad pueden determinar dos características no deseables para la operación de los aviones sobre la superficie de rodaje de una pista y que, dependiendo de la velocidad, en términos generales son:

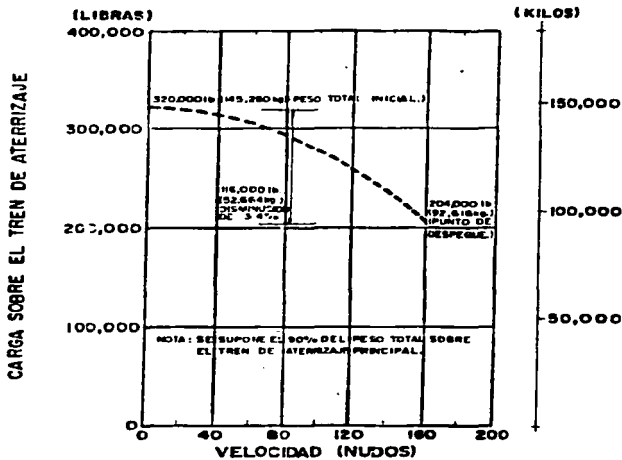
La primera, que se puede referir propiamente al perfil longitudinal del pavimento y que consiste en las ondas de gran longitud relativa, que provoca oscilaciones alrededor del eje transversal del avión;

La segunda, que consiste en las ondas de corta longitud relativa (inferior a los 30m.) y que provoca vibraciones. Estas dos características pueden provocar sobreesfuerzos en la estructura del avión, alteraciones en las lecturas de los instrumentos e incomodidad para los pasajeros, por su parte el pavimento tendrá que soportar mayores esfuerzos.

Independientemente de la investigación del movimiento, el efecto en el avión es que, a oscilaciones extremas el ángulo de ataque de las alas se cambia en forma arbitraria durante la carrera de despegue, provocando alteraciones en la generación de sustentación y originando que la longitud de pista se incrementa. Por las oscilaciones, el tren de nariz puede llegar a despegarse totalmente y al regresar al pavimento, causar impactos de más del doble de su carga estática.

Además, en las cimas, también se pueden presentar impactos en el tren principal, que lo transmite al pavimento, con un incremento del peso estático del orden del 65%, finalmente se puede producir en las cimas del perfil, despegues falsos con el consiguiente regreso del avión al pavimento, generando esfuerzos y consecuentemente deformaciones adicionales a la estructura del pavimento. Estos efectos sobre el pavimento están en función de la energía cinética que lleve el avión, la cual a su vez está en función de la masa y la velocidad, sin embargo, cuando la superficie del pavimento tiene pocas irregularidades el impacto se reduce considerablemente.

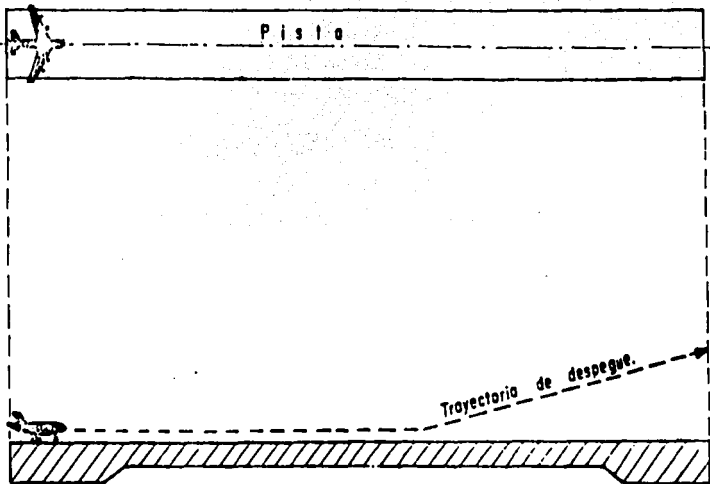
FIG 2.5



TRANSFERENCIA DE CARGA AL PAVIMENTO DURANTE EL DESPEGUE DE UN AVION BOEING 707-300C

SECRETARÍA  
FABRICA DE ORIGEN

Planta



Corte en  
el C

Pavimento Diferencial en Sentido Longitudinal de Pistas.

(Croquis)

FIG 2.6



56

### **Textura de la superficie del pavimento que afecte al frenado de los vehículos.**

Tanto en carreteras como en aeropuertos es muy importante que la textura del pavimento provea un adecuado coeficiente de rozamiento o fricción para reducir accidentes. En ambos casos el coeficiente puede ser afectado por la temperatura (principalmente en los pavimentos flexibles), por lluvia, nieve, derrame de combustibles, aceites u otras impurezas, por afloramiento de asfalto (en el caso de pavimentos flexibles) y por desgaste de la propia superficie del pavimento ( en aeropuertos el desgaste es mucho menor).

El coeficiente de rozamiento o fricción se disminuye al incrementarse la velocidad del vehículo. La velocidad de circulación en las carreteras de México, esta limitada a 100-125 Km; en aeropuertos la velocidad que lleva el avión en el momento de toque en la pista es de 230 a 270 km./h. (125 a 145 nudos) y en los rodajes de alta velocidad, los aviones circulan a velocidades de 90 a 110 Km (50 a 60 nudos.).

Una diferencia entre las carreteras y los aeropuertos es la circunstancia en que en las zonas de toque de las pistas, las llantas de los aviones dejan impregnado un poco de su caucho en la superficie del pavimento, lo que, a través de un buen número de aterrizajes, hace que aparezca una película de caucho cubriendo dicha superficie.

El caucho impregnado en grandes cantidades, en las pistas de mucho tráfico, impide el drenaje de la lluvia proporcionando de esta manera las condiciones para que se produzca el peligroso fenómeno del "acuaplanco", lo que incrementa grandemente las distancias en que pueden detenerse las aeronaves al efectuar el aterrizaje.

### **Condiciones de operación.**

En cualquier carretera o camino es relativamente fácil modificar la circulación de vehículos, alterando la velocidad de los mismos para efectuar reparaciones, atender accidentes o efectuar trabajos de mantenimiento rutinario. En los aeropuertos no es posible considerar esta posibilidad, ya que la velocidad de desplazamiento de los aviones dependerá de su peso y de las necesidades que se tengan de generación de sustentación o enfrenamiento; por lo que no es simple realizar trabajos sobre un pavimento de un aeropuerto que ya esta en operación.

**Esta situación, obliga a pensar que los pavimentos deben ser concebidos pensando que no exista deterioro, debido al tránsito de cargas o al intemperismo, que obligue a realizar grandes trabajos sobre ellos, ya que en este momento la pista debe cancelarse a operaciones y en consecuencia, si el aeropuerto tiene una sola, se tendrán clausuradas las operaciones por el tiempo que duren los trabajos.**



## **TEMA III**

### **PROCEDIMIENTOS USUALES DE REHABILITACION.**

- a) **Estudios previos**
- b) **Morteros asfálticos**
- c) **Carpetas asfálticas**
- d) **Riegos de taponamiento**
- e) **Desbaste de pavimentos.**

**a) Estudios previos.**

Para la rehabilitación de pavimentos de uso aeronáutico, existen diferentes procedimientos, estos están en función del deterioro que los pavimentos tengan, como por ejemplo, su uso constante, su intemperismo, la mala calidad de materiales, la baja capacidad portante, etc., éstas condiciones son las responsables del desarrollo progresivo de irregularidades superficiales que pueden ocasionar un exceso de vibraciones en los aviones durante su carrera de despegue y aterrizaje, provocando sobre esfuerzos en la estructura del avión y en el propio provocando alteraciones en las lecturas de los instrumentos de abordaje e incomodidad para los pasajeros.

Dentro de los estudios previos para detectar las irregularidades de las pistas mencionaremos las siguientes: estudios de evaluación de pavimentos, índice de perfil, coeficiente de rugosidad, inspección visual, levantamiento topográfico, los cuales describiremos a continuación

**Estudios de evaluación de pavimentos**

Como resultado de las operaciones aeronáuticas que a diario se llevan a cabo en los aeropuertos de la República Mexicana, es necesario que las condiciones de los pavimentos requieran ser evaluados para conocer el estado en que se encuentran para tomar las medidas preventivas y correctivas correspondientes. La evaluación de los pavimentos aeroportuarios constituye una herramienta indispensable para la adecuada administración de los bienes que ellos representan, dicha evaluación persigue tres objetivos básicos:

1. - Prever con precisión cuando será necesario emprender trabajos de mantenimiento o de rehabilitación.
2. - Valorar las características residuales de los pavimentos para definir alternativas técnicas y económicas de mantenimiento, reparación o diseño de posibles refuerzos.
3. - Definir el volumen aceptable de tráfico.

La evaluación deberá comprender en sí misma las propiedades estructurales y las características funcionales de los pavimentos.

**Las propiedades estructurales del complejo pavimento-cimentación están relacionadas con la capacidad de carga, resistencia o capacidad portante.**

**Las características funcionales se relacionan con el estado de la superficie del pavimento y la posibilidad de su utilización en forma segura por las aeronaves. Dichas características son:**

**La calidad del perfil longitudinal de las pistas, en particular las irregularidades que provocan aceleraciones verticales a la aeronave durante su carrera de despegue o aterrizaje.**

**Las condiciones de resistencia al derrapamiento, la cual gobierna las posibilidades de control direccional y la eficacia de frenado de la aeronave.**

**La integridad de la superficie, la desintegración del pavimento (desconchamientos, desprendimientos de agregados, etc.) es un grave defecto que puede causar la ingestión de piedras por las turbinas y provocar reventones de llantas.**

**Las propiedades estructurales y las características funcionales de los pavimentos no son independientes entre sí; por lo tanto, el estado de la superficie puede dar indicaciones de posibles deficiencias estructurales y al contrario, una estructura inadecuada al tráfico puede provocar daños superficiales.**

**La evaluación de los pavimentos es una operación de alta complejidad que requiere la síntesis de los siguientes elementos por un equipo de especialistas:**

1. - Ubicación del aeropuerto (geología, topografía, etc.).
2. - Climatología (hidrología, temperaturas, etc.).
3. - Geotecnia del sitio.
4. - Información sobre materiales de construcción, política del mantenimiento, trabajos de reconstrucción o refuerzos, etc..
5. - Observaciones de la condición superficial de los pavimentos, catalogo de daños, examen del drenaje y sub-drenaje, etc..
6. - Mediciones especiales del tipo no destructivo como perfilografía longitudinal (irregularidades), coeficiente de rugosidad y capacidad portante.
7. - Exploraciones a base de sondeos y muestreos de los materiales para investigar la composición de las capas del pavimento y las propiedades de la cimentación.

### **Capacidad de carga de los pavimentos.**

La capacidad de carga de los pavimentos depende de los parámetros representativos de la estructura que pueden usarse directamente para calcular las "cargas de seguridad"., éstos parámetros son:

Valor relativo de soporte de la subrasante y espesor total equivalente para pavimentos flexibles.

Módulo de reacción corregido de la sub-base, espesor de la losa y esfuerzo permisible a la tensión por flexión del concreto para pavimentos rígidos.

Para definir la capacidad de carga de los pavimentos es necesario proceder por dos diferentes procedimientos que se complementan entre sí

a) Un procedimiento opuesto exactamente al método de diseño estructural (método inverso de diseño).

b) Pruebas no destructivas de placa sobre la superficie del pavimento obteniendo directamente la carga de seguridad para un tren de aterrizaje de rueda simple.

### **Índice de perfil**

Existen varios factores que determinan si una pista está en condiciones óptimas de operación para brindar los servicios de seguridad y confort que requieren las aeronaves en sus operaciones de despegue y aterrizaje, así como de sus traslados a las plataformas de desembarque de pasajeros y pernocta, uno de ellos y que pudiera ser el detonante para determinar en que estado se encuentra una pista es el estudio del índice de perfil del pavimento, el cual consiste de lo siguiente:

Con la finalidad de tener un estudio oportuno, en México se utiliza la técnica del perfilógrafo longitudinal para detectar las irregularidades y deformaciones de las pistas, obteniendo además un índice que refleje la intensidad de dichas irregularidades; esta técnica permite evaluar periódicamente las condiciones superficiales de las pistas con el fin de programar las obras de rehabilitación necesarias para mantener un adecuado nivel de servicio de los pavimentos.

Esta técnica además se utiliza para el control del acabado superficial de las pistas nuevas, éste control se lleva a cabo incluyendo en los proyectos especificaciones que limitan las irregularidades a valores que no deban exceder cierto nivel, el que se verifica con mediciones del perfilografía al término de la construcción o rehabilitación de las pistas.

Para determinar el índice de perfil en una pista del aeropuerto, se utiliza un perfilógrafo tipo Hveem computarizado, constituido por una estructura de aluminio de 7.6 mts. de longitud, una rueda de bicicleta que detecta las irregularidades de la superficie del pavimento y un mecanismo graficador mismo que esta conectado a un sistema computarizado, para eliminar el trabajo manual de interpretación y cuantificación de los resultados.

Al diagrama obtenido en el equipo se le llama perfilograma, donde se plasman los resultados del paso del equipo sobre la superficie del pavimento en estudio, en forma gráfica y a escala horizontal de 1:300 y vertical de 1:1, se observan en los perfilogramas las zonas del pavimento que presentan irregularidades que exceden la tolerancia (banda nula) de 5mm.

La cuantificación de dichas irregularidades, que en este equipo debe ser automática, nos indica para cada tramo verificado de longitud previamente seleccionado (comúnmente se consideran decimos de milla, es decir 160 metros), la suma total de las irregularidades ya sea depresiones o puntos altos, que divididos entre la longitud verificada y extrapolada a una milla o kilómetro nos indica el índice de perfil, en pulgadas / milla ó centímetros / kilómetros respectivamente, dependiendo en las unidades en que se trabaje.

El índice de perfil deberá realizarse a todo lo largo de la pista, a cada 2 mts. siguiendo líneas paralelas al eje, en ambos lados de la pista incluyendo este, para así tener la medición total de los 20 mts. centrales y un total de 10 mediciones por pista.

Los valores de índice de perfil por tramo de 160 mts. De los 10 ejes pueden manejarse como un promedio general o como un promedio por tramo de 160 mts. de pista; el primer promedio reflejará las condiciones generales de la pista, los promedios posteriores de 160 mts. de pista permitirá zonificar los tramos específicos en malas condiciones para recomendar trabajos de rehabilitación en forma aislada.

Las normas para calificar el perfil longitudinal exigen que en pistas nuevas ningún valor exceda de 30 pulgadas por milla; si los valores del índice de perfil se distribuyen

normalmente en el intervalo de 0 a 30, podría especificarse que el promedio general de los índices de perfil de una pista nueva no exceda de 15 pulgadas por milla.

En forma paralela a la realización del estudio de perfilografía, se requiere que en la inspección visual que se realice se identifiquen las zonas que por la situación de las mismas pudieran afectar considerablemente los resultados del índice de perfil, tales como: juntas de construcción transversales, bacheos, zonas erosionadas o con desprendimientos considerables.

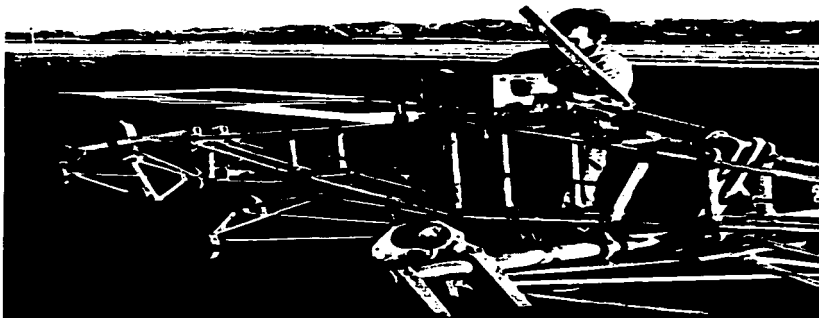
Como comentario la utilización del perfilógrafo de Hveem para detectar irregularidades superficiales es una técnica comparable a la especificación de la regla de 5 mts. y depresiones menores de 5 mm. o a la regla de 3mts. y depresiones menores de 3 mm.(norma OACI). Además las pistas en operación se deben evaluar periódicamente con el fin de detectar la evolución de las irregularidades, para que cuando los índices de perfil sean mayores a 30, se recomiende su rehabilitación inmediata.

Como información se presentan fotografías del perfilógrafo, un esquema del mismo y una gráfica de los valores típicos del resultado del índice de perfil.

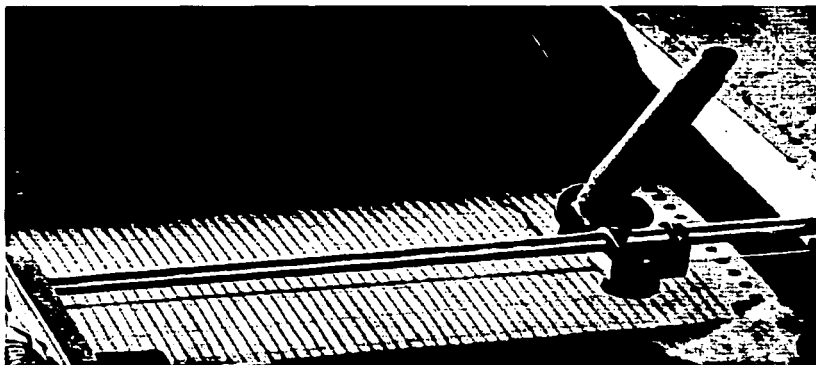
TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



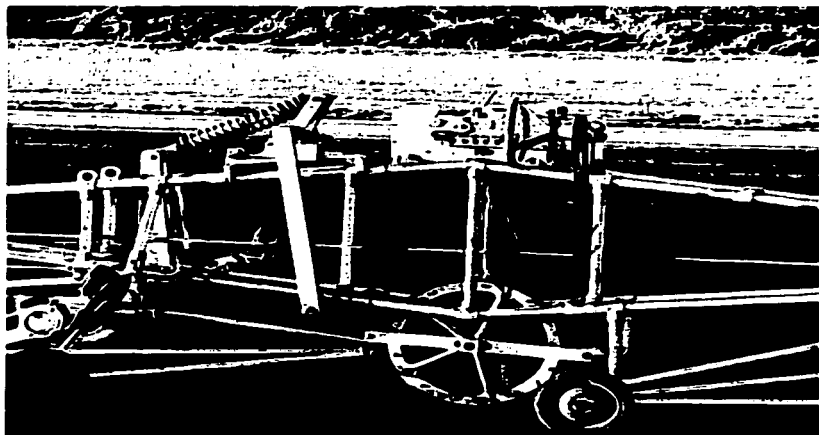
**PERFILOGRAFO Y PREPARACIÓN DE LOS ACCESORIOS EN EL EQUIPO PARA EL INICIO DE LA MEDICIÓN**



TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

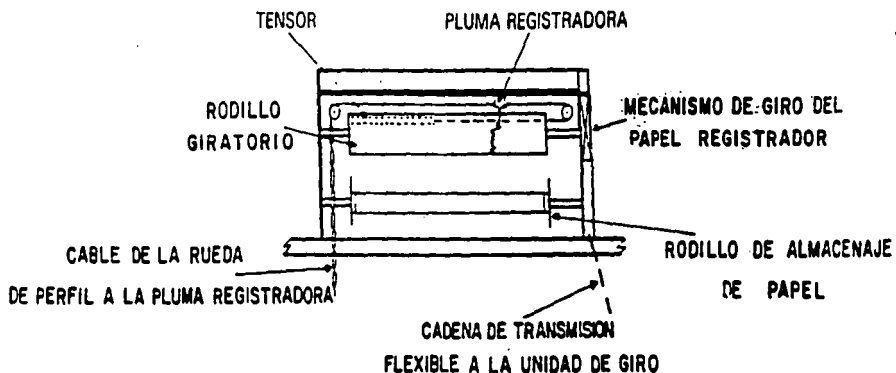


**PROCESO DEL GRAFICO EN LA MEDICION DEL PERFIL DE LA PISTA**

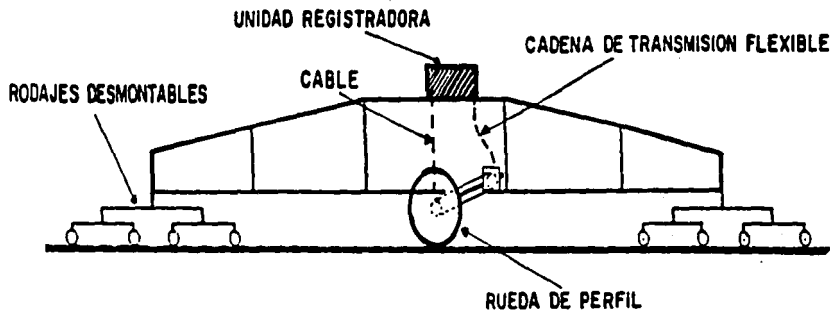


**TECNOLOGIA CON  
FALLA DE ORIGEN**



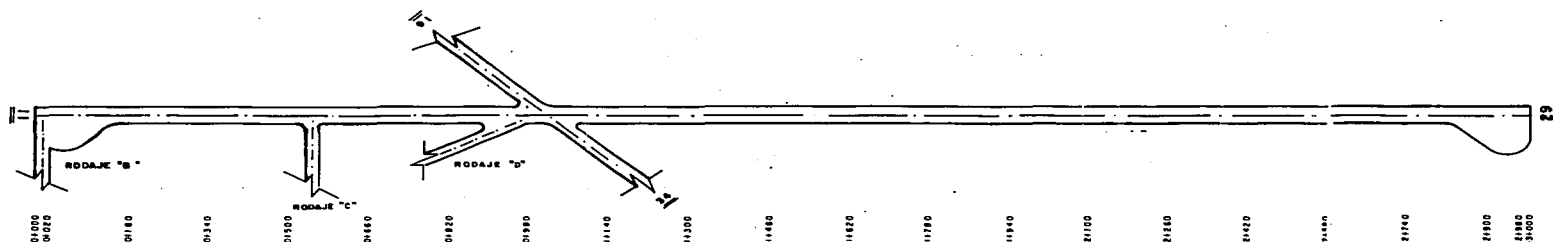


TEJIS CON  
FALLA DE ORIGEN



Esquema del perfilógrafo Hveem

# PISTA II-29 de 3000 x 45m



RECORRIDOS

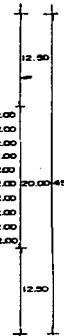
- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- 6
- 7
- 8
- 9
- 10

	0000	0050	0100	0150	0200	0250	0300	0350	0400	0450	0500	0550	0600	0650	0700	0750	0800	0850	0900	0950	1000	1050	1100	1150	1200	1250	1300	1350	1400	1450	1500	1550	1600	1650	1700	1750	1800	1850	1900	1950	2000	2050	2100	2150	2200	2250	2300	2350	2400	2450	2500	2550	2600	2650	2700	2750	2800	2850	2900	2950	3000
1	0.40	4.00	3.10	4.00	8.90	8.30	7.10	8.90	8.90	3.90	1.80	3.40	4.90	1.40	2.60	3.40	1.90	0.60	1.00	3.91																																									
2	0.20	7.60	4.40	8.90	8.60	10.00	7.80	4.80	8.10	4.90	1.00	4.20	1.00	2.80	1.90	2.40	2.00	2.80	2.00	4.30																																									
3	4.30	0.70	4.20	4.00	8.90	8.70	10.10	1.20	2.00	8.90	3.40	0.90	2.30	2.80	0.60	0.40	3.70	1.00	0.60	3.41																																									
4	7.30	8.00	8.80	4.20	12.80	10.70	6.90	1.60	3.90	8.90	7.00	3.90	8.30	3.10	4.40	4.00	6.00	2.60	1.80	3.88																																									
5	8.60	8.60	8.90	6.50	8.80	11.40	8.10	1.40	2.60	8.90	4.80	8.00	6.10	6.10	4.70	5.90	6.70	3.80	1.00	3.88																																									
6	8.20	18.30	6.00	13.90	6.90	10.80	4.70	6.30	2.90	8.70	4.80	2.80	1.40	6.30	3.90	2.00	0.60	2.80	3.40	6.78																																									
7	4.60	11.80	13.20	13.80	9.90	18.80	3.80	12.80	2.60	8.90	5.10	1.20	3.00	2.80	4.80	3.70	3.00	8.10	3.20	6.43																																									
8	3.00	4.30	4.70	8.80	8.90	0.00	3.60	3.00	1.40	0.80	1.20	1.00	3.00	4.30	1.40	2.90	8.90	6.60	3.28	3.28																																									
9	3.80	3.80	0.60	7.10	7.90	8.70	2.10	2.10	8.90	2.10	0.40	2.40	1.00	2.80	4.70	3.10	1.60	3.80	1.80	3.48																																									
10	2.50	3.90	1.40	6.00	5.70	3.80	2.20	1.00	8.70	1.80	1.00	2.90	0.00	0.40	4.60	3.30	3.80	3.40	8.90	3.68																																									
PROMEDIO	4.38	6.78	4.98	7.08	6.91	6.98	6.31	4.08	4.60	4.37	3.00	2.71	2.88	3.13	3.44	2.87	3.70	2.38	1.88	4.44																																									

□ Zonas con valores de índice de perfil Mayor e Igual a 30.00

INDICE DE PERFIL

2.00	3.91
2.00	4.30
2.00	3.41
2.00	3.88
2.00	3.88
2.00	6.78
2.00	6.43
2.00	3.28
2.00	3.48
2.00	3.68



CABECERA - 29

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

<p><b>NOTAS</b></p> <p>FECHA DE MEDICION: 22/ MARZO/87</p> <p>TEMPERATURA AMBIENTE: 22°C</p> <p>ESTADO DEL TIEMPO: Despejado</p> <p>WINDO: 8 Nuevos</p> <p>TIPO DE PAVIMENTO: Flexible</p>	<p><b>ESCALAS GRÁFICAS</b></p> <p>PLANTA GENERAL: 1:5000</p> <p>EL JEFE DE LA OFICINA D. ANALISIS: C. MORALES</p> <p>EL JEFE DE LA OFICINA DE MEDICIONES DE CAMPO: J. MORALES</p>	<p><b>ELABORACION</b></p> <p>EL JEFE DE LA OFICINA D. ANALISIS: C. MORALES</p> <p>REVISO: J. MORALES</p> <p>EL JEFE DE LA OFICINA DE MEDICIONES DE CAMPO: J. MORALES</p>	<p style="text-align: center;"><b>SUBDIRECCION DE CONSTRUCCION Y CONSERVACION</b></p> <p style="text-align: center;"><b>GERENCIA DE PROYECTOS Y SUBGERENCIA DE ESTUDIOS</b></p> <p style="text-align: center;"><b>AEROPUERTO DE MONTERREY, N.L.</b></p> <p style="text-align: center;"><b>(SRAL. MARIANO ESCOBEDO)</b></p> <p style="text-align: center;"><b>PLANO CON VALORES DE INDICE DE PERFIL</b></p> <p style="text-align: center;">EL SUB GERENTE: J. MORALES</p> <p style="text-align: center;">ING. JUAN CARLOS BUSTOS VARELA</p>
--	---	--	--

**Coefficiente de rugosidad.**

Este procedimiento también llamado resistencia al derrapamiento de las pistas se debe evaluar para:

- a) proveer periódicamente mediciones del coeficiente de rugosidad de la superficie del pavimento.
- b) Evaluar la resbalosidad de las pistas cuando están mojadas.
- c) Determinar el efecto de la rugosidad o fricción cuando las características del drenaje superficial son deficientes.
- d) Detectar condiciones resbaladizas en circunstancias excepcionales.

Las mediciones del coeficiente de rozamiento o fricción deben hacerse sobre superficies limpias, además para lograr uniformidad y permitir la comparación con otras pistas, los ensayos deben hacerse con un espesor de agua uniforme ( de 0.5 a 1.0 mm. ), por lo que es necesario emplear equipos con aplicador automático de agua.

Existe una gran variedad de aparatos de medición, entre los que se tienen los siguientes:

Vehículo de frenado diagonal (DBV)

Remolque LPC (francés)

Medidor del valor Mu (MU Meter)

Deslizómetro

Stradógrafo

Existen correlaciones entre los resultados de los cinco dispositivos mencionados ( Manual de Servicios de Aeropuertos, Parte 2, OACI); por lo tanto la entidad que utilice cualquiera de estos aparatos puede convertir sus mediciones a las que correspondan el resto de los dispositivos.

En México se utiliza el medidor del valor Mu-Meter, como un método para clasificar pistas desde el punto de vista de la fricción y para estimar la eficacia del frenado.

Es sabido que las aeronaves modernas aplican a las ruedas un par de frenado controlado para garantizar un porcentaje de deslizamiento constante (alrededor del 15%); éste porcentaje de deslizamiento prefijado permite aprovechar el máximo coeficiente de

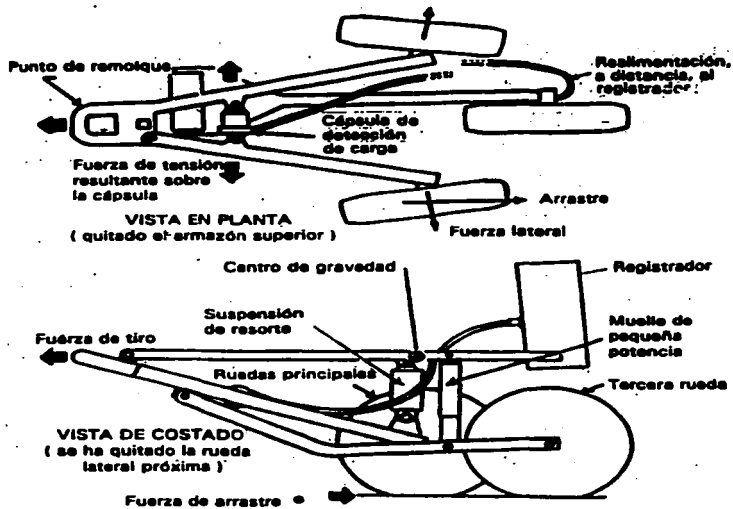
rozamiento posible, valor que tiende a disminuir cuando la rueda se bloquea (100% de deslizamiento). Por la razón anterior, cuando el coeficiente de fricción o rozamiento intrínseco de la superficie es bajo, disminuye la eficacia de frenado y será necesaria una mayor longitud de pista durante los aterrizajes.

Una ventaja del Mu-Meter radica en que puede detectar el peligro de acuaplaneo cuando se opera a la velocidad estándar de 65 km/hr. y con una presión de inflado de neumáticos de 10 psi; el acuaplaneo del aparato (condición en que las llantas no hacen contacto con el pavimento), es semejante al mismo fenómeno en una aeronave con llantas infladas a 100 psi. desplazándose sobre la pista a una velocidad de 160 km/hr.

Otra ventaja del Mu-Meter es su capacidad para realizar mediciones continuas en toda la distancia cubierta registrando éstas en un rollo de papel que avanza proporcionalmente la distancia recorrida por el aparato.

El Mu-Meter se remolca con un vehículo común a velocidad constante y desarrolla fricción entre la superficie del pavimento y dos ruedas exteriores que se desplazan con una desviación de 7.5 grados con respecto a la línea de arrastre.

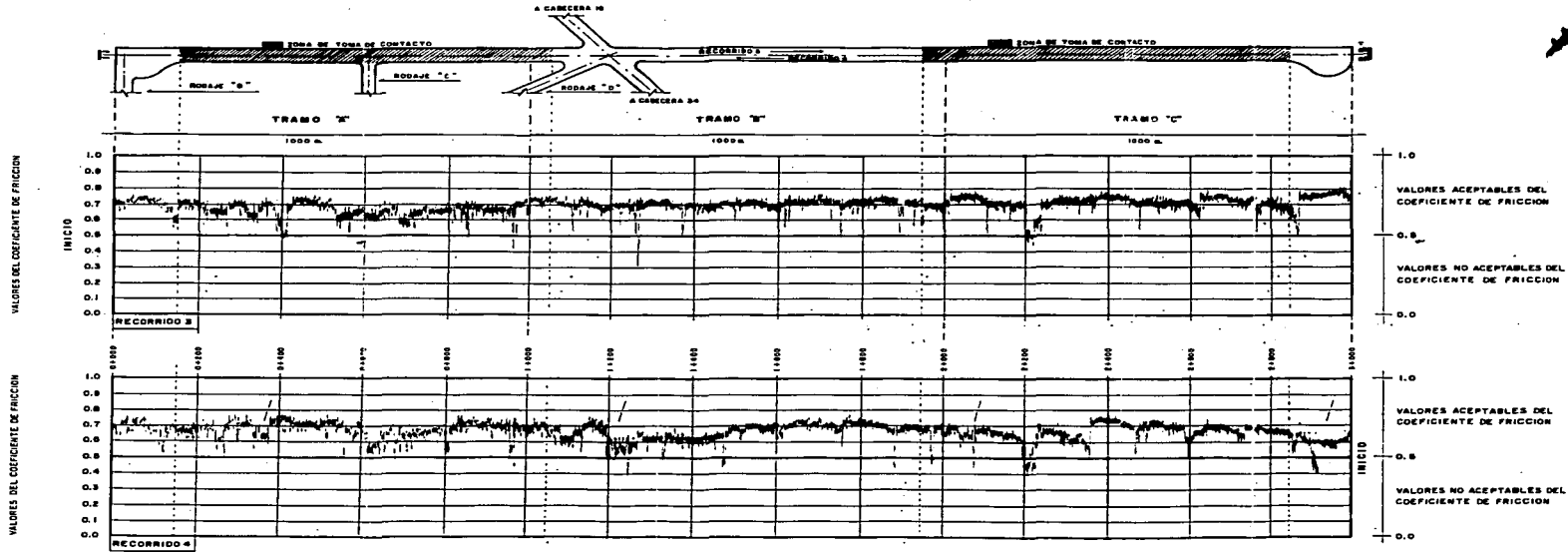
En la figura siguiente se muestran esquemáticamente los componentes básicos del Mu-Meter, así como la gráfica de variación de coeficiente de fricción aplicada en un aeropuerto.



Esquema mecánico del Mu - Mater

TESIS CON  
FALLA DE CUBIEN

# PISTA 11-29 de 3000 x 45 m.



CABECERA 11

CABECERA 29

65 Km/h

<p><b>NOTAS:</b></p> <p>FECHA DE MEDICION: 22/05/10/07</p> <p>HORA: 12:30 - 14:30</p> <p>TEMPERATURA AMBIENTE: 27°C</p> <p>ESTADO DEL TIEMPO: NUBIOSO</p> <p>VESTIDO: CALZOS</p> <p>CONDICION DEL PAVIMENTO: MALA</p> <p>TIPO DE PAVIMENTO: PAVIMENTO</p> <p>Reservados a. C. M. de distancia del rodadero de 100 m. de pista.</p>	112400	<p>EL JEFE DE LA OFICINA DE ANALISIS</p> <p>EL JEFE DE LA OFICINA DE OPERACIONES DE CAMPO</p>	<p>SUBDIRECCION DE CONSTRUCCION Y CONSERVACION</p> <p>SERENCIA DE PROYECTOS</p> <p>SUBGERENCIA DE ESTUDIOS</p> <p style="text-align: center;"><b>AEROPUERTO DE MONTERREY, N.L.</b></p> <p>GRAFICAS DE VALORES DEL COEFICIENTE DE FRICCION DETERMINADAS CON EL METODO DE WOODWARD EN CONDICIONES DE PAVIMENTO MOJADO</p> <p style="text-align: center;">EL SUBSISTEMA L-11 E</p> <p style="text-align: right;">Luis Brindley Vaziri</p>
--	--------	---	--

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

Las fuerzas laterales de fricción desarrolladas se transmiten a la estructura principal del aparato y son registradas en una celda de presión para convertirse, previa calibración a valores del coeficiente de rozamiento ( $\mu$ ) que se grafican en forma continua en un rollo de papel. El valor " $\mu$ " es la constante física que representa la relación entre la fuerza de fricción y la fuerza normal a la superficie de apoyo de las ruedas, el avance del rollo de papel se regula mecánicamente a través de la tercera rueda del aparato, el peso total del aparato es de 245 kg.

Los neumáticos de las ruedas principales tienen 40 cms. de diámetro y 10 cms. de ancho a la presión de 10 psi; la huella de dichos neumáticos es lisa para que su desgaste no afecte las mediciones.

Las mediciones se realizan en condiciones de pavimento mojado a 65 kms/hr. siguiendo dos líneas paralelas al eje de la pista y separadas de éste entre 3 y 5 m., los resultados se presentan en una gráfica cuya escala vertical es el coeficiente de rozamiento ( $\mu$ ) y la horizontal el cadenamiento de la pista.

El examen directo de la gráfica permite definir los valores del coeficiente de rozamiento o fricción promedio para los tercios extremos y central de la pista y para la velocidad de la prueba (65 km/hr.), los resultados se presentan en un plano indicando el sentido de los recorridos y una planta de pista. La norma del coeficiente de fricción obtenido con el Mu-Meter no debe ser menor de 0.7 para pistas nuevas; para pistas en operación, se especifica un nivel de mantenimiento de 0.5. para fines de notificación de la eficacia de frenado, los resultados del Mu-Meter pueden utilizarse con la siguiente tabla:

Eficacia de frenado	coeficiente $\mu$
Buena	0.5 o mayor
Mediana	0.26 a 0.49
Deficiente	menor de 0.25

Estas calificaciones tienen carácter de orientación y deben usarse con discreción.

La expresión "buena" trata de indicar que los aviones no experimentarán dificultades de dirección ni de frenado debido al estado de la pista, cuando la eficacia del frenado se indica como "media" el frenado puede ser tal que para ser un buen aterrizaje debe recurrirse a una

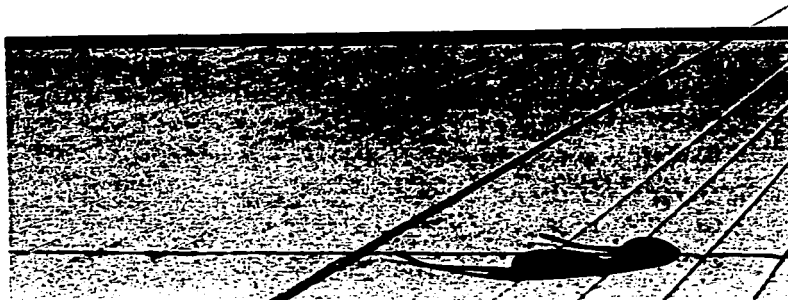
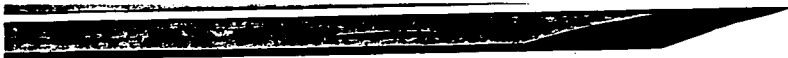
**ejecución precisa de los métodos de vuelo recomendados. Cuando la eficacia de frenado se indique "deficiente" puede ocurrir una importante pérdida de las posibilidades de frenado y de dirección.**

**En caso que deba aterrizar se aconseja asegurarse que la distancia de aterrizaje necesaria para pistas resbaladizas especificada en el manual de vuelo del avión no exceda la distancia de aterrizaje disponible.**

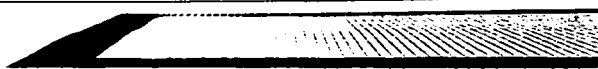
**Como comentario final las pistas resbaladizas pueden rehabilitarse mediante ranurado transversal con una máquina de discos especiales, las ranuras (de 0.5 x 0.5 cms. y separadas a cada 5 cms) facilitan además el drenaje superficial de la pista e impiden el fenómeno de acuaplaneo.**

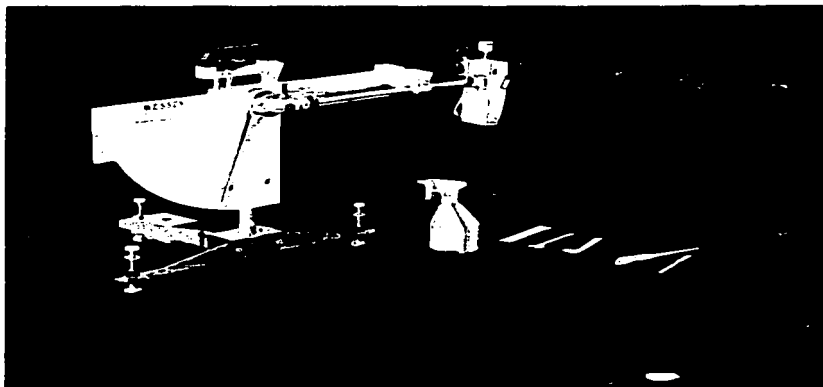
**En la siguiente figura puede verse un pavimento flexible rehabilitado exitosamente mediante ranurado transversal así como el equipo para la obtención del coeficiente de rugosidad o fricción por el método del péndulo inglés.**



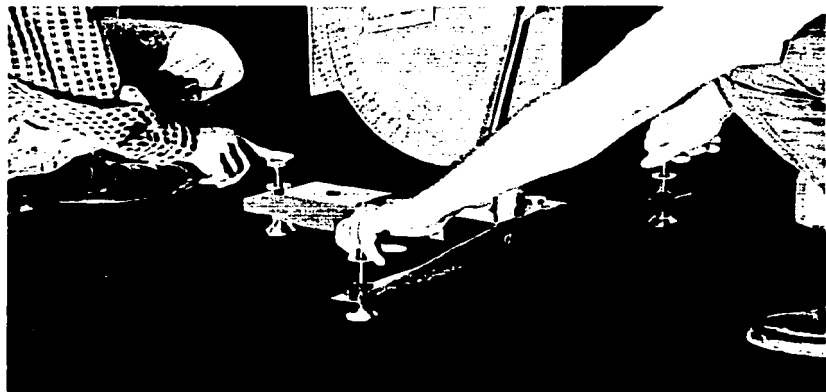


EJEMPLO DE TEXTURIZADO TRANVERSAL "GROOVING" DE 1/4" DE PROFUNDIDAD Y 1  
1/2" DE SEPARACIÓN

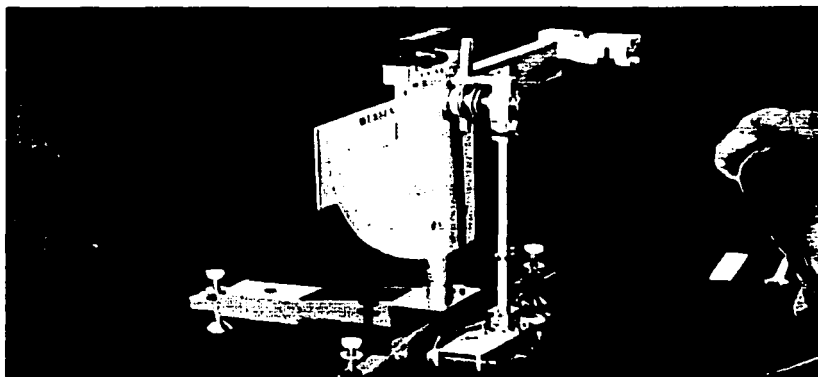




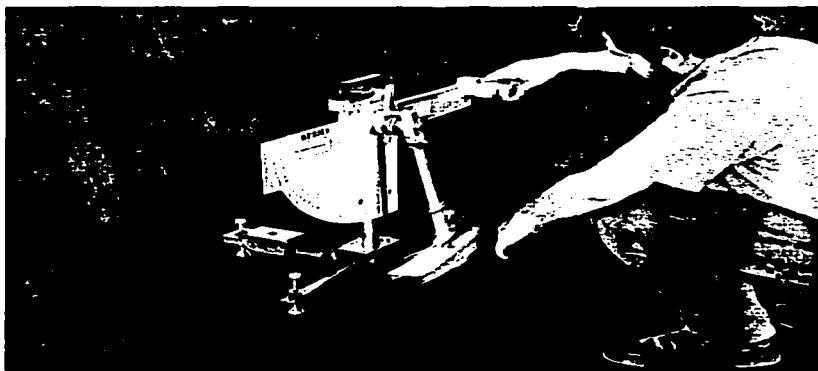
EQUIPO Y ACCESORIOS (PÉNDULO INGLÉS) PARA LA MEDICIÓN DEL COEFICIENTE DE RUGOSIDAD EN PAVIMENTO ASFALTICO



COMPRALO CON  
ETIQUETA DE ORIGEN



**INICIO DE LA PRUEBA DE RUGOSIDAD MEDIANTE EL PÉNDULO  
INGLES**



CON  
DE ORIGEN

### **Inspección visual**

Este tipo de estudio es de gran importancia ya que de él se desprenden físicamente las condiciones actuales que presentan los pavimentos.

El estudio debe considerar básicamente el grado de deterioro de los pavimentos, analizando su estado superficial, describiendo los agrietamientos y deformaciones existentes. Los resultados del estudio se presentarán en una planta con la información obtenida del levantamiento del estado superficial de los pavimentos mediante observación directa del campo (grietas y corrimientos, tipos de acodrilamientos del pavimento, etc., soportados con un informe fotográfico indicando la ubicación y tipo de falla en su caso).

### **Medición de deflexiones**

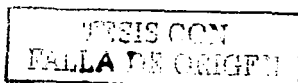
Se deben considerar la medición de deflexiones con viga Benkelman y/o con equipo HWD, DINATEST, KUAB ó cualquier otro equipo autorizado, a 3 y 6 mts. a ambos lados del eje de operación terrestre de aeronaves, con mediciones a cada 20 mts., partiendo en el caso de la pista de la cabecera menor, la medición se hará bajo una carga mínima de 8.2 ton.. Se realizarán perfiles de deflexiones, apoyándolas con métodos estadísticos, identificando cuencas de deflexiones.

### **Sondeos**

Una vez obtenidas las deflexiones se analizarán y se seleccionarán los sitios donde se realizarán los sondeos para la obtención de espesores de las diferentes capas de la estructura del pavimento, con los resultados de estos se realizará el perfil stratigráfico del elemento en estudio, se debe considerar efectuar un sondeo por cada 30,000 m<sup>2</sup> de pavimento, así mismo se obtendrán cuando menos 10 corazones de la carpeta asfáltica existente para que junto con el resto de las pruebas poder determinar el PCN de la pista.

### **Pozos a cielo abierto**

La ubicación de los pozos a cielo abierto será fijada de acuerdo con los resultados de los estudios previos, considerando un pozo por cada 60,000 m<sup>2</sup> de pavimento, a las muestras



obtenidas se les efectuará en laboratorio los ensayos que permitan conocer sus características físicas, como son:

- a) Contenido de humedad
- b) Análisis granulométrico
- c) Límites
- d) Pesos volumétricos
- e) Valor relativo de soporte (VRS) por cada capa en el sitio
- f) Equivalente de arena.

Considerando las áreas de evaluación se distribuirán los sondeos y los pozos a cielo abierto, hasta una profundidad variable del orden de 1 a 5 mts. para la toma de muestras, obteniéndose el levantamiento de la estructura del pavimento.

Después de realizar los sondeos y pozos a cielo abierto obtenidas las muestras, se procederá a restituir las condiciones del pavimento actual de manera que no se interrumpan las operaciones del aeropuerto; el relleno se hará con material de base hidráulica compactada al 100 % del P.V.S.M. de la prueba AASHTO modificada y la capa de rodamiento deberá quedar con un espesor mínimo compactado de 15 cms. de carpeta de concreto asfáltico compactado al 95 % de la prueba Marshall.

### **Análisis**

Considerando las cargas de las aeronaves actuales y futuras y la estructura analizada del pavimento, se deberán determinar las condiciones en que se encuentra el pavimento y como consecuencia hacer las recomendaciones necesarias para su rehabilitación y/o reforzamiento, definiendo los espesores de diseño por cuando menos dos métodos reconocidos por la Organización de aviación Civil ( OACI), así como la ubicación en los cadenamientos que correspondan.

El estudio de evaluación deberá contener todos los resultados de las pruebas y considerar la revisión de la estructura, tomando en cuenta la composición de la operación de aeronaves y el pronóstico de las mismas.

La evaluación y recomendaciones de refuerzo en su caso, se harán para una vida útil de pavimento de 10 a 20 años, con base en el análisis de las condiciones actuales y futuras del pavimento, se concluirá con el estudio el cual determinará cual es el número de

clasificación de pavimento, ( PCN) del pavimento, tanto en el presente como en su caso a 10 y 20 años.

#### **Levantamiento topográfico y Proyecto ejecutivo**

Para definir la nueva rasante deberá realizarse previamente, el levantamiento topográfico de los elementos actuales, en el que se incluirán los siguientes aspectos:

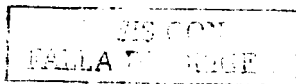
**a)** se fijará un banco de nivel maestro ( BNM ), con coordenadas geográficas latitud y longitud y elevación en metros sobre el nivel del mar (MSNM ) con sistema de posicionamiento global GPS ( global Positioning system ) por el método estático, para coordenadas geodésicas, en el sistema geodésico mundial -84 (WGS - 84 World Geodetic System ), la tolerancia será de +- 30.48 cms. ( 1 ft ).

Se correrá una nivelación de los bancos de nivel más cercano de acuerdo a la red Geodésica Nacional del Instituto Nacional de Geografía e Informática ( INEGI ) al BNM mismo que quedará fijado dentro de las instalaciones del aeropuerto, en una placa de acuerdo con las dimensiones fijadas para cada caso. La placa se colocará en el fuste de la torre de control. Se deberán colocar bancos de nivel a cada 500 mts. como máximo, en sitios que queden fuera de la zona por rehabilitar.

**b)** trazo y perfil del eje longitudinal, se llevará a cabo el levantamiento topográfico del eje del elemento que se trate, con cadenamientos a cada 10 mts., marcando estos con pintura, hasta cien metros antes y después de cada entronque con otro elemento y en los entronques propiamente.

**c)** Secciones Transversales, se determinarán secciones transversales a cada 10 mts. a todo lo largo del trazo, y en los entronques, las secciones serán a cada 5 mts. de acuerdo al eje longitudinal, abarcando 75 mts. a cada lado del eje de la pista y/o necesario para la configuración, el caso de rodajes lo necesario para cubrir el área incluyendo sus sobre anchos.

**d)** Levantamiento de Detalles Planimétricos, se levantarán por ángulos y distancias, todos los detalles y las instalaciones fijas existentes, tales como luces, canaletas, colectores, señales, registros, pavimentos de concreto ( definiendo sus direcciones ), pozos, alcantarillas, bancos de ductos y en sí todo lo necesario para evitar durante la ejecución de la obra trabajos extraordinarios.



**e) Presentación del Estudio, el estudio topográfico se entregará con los siguientes documentos:**

**Libretas de campo**

**Memoria descriptiva de los trabajos realizados incluyendo la memoria de cálculo.**

**Planos en papel milimétrico de 0.75 mts. de ancho, con sistema de diseño asistido por computadora ( CAD) de acuerdo con los formatos determinados, a las escalas siguientes:**

**Perfil longitudinal:**

Horizontal 1:1000

Vertical 1:10

**Secciones transversales**

Horizontal 1:100

Vertical 1:10

**Planta topográfica**

Escala 1:1000

Por elemento, conteniendo todos los detalles planimétricos levantados en campo, con curvas de nivel a cada 10 cms. y coordenadas geográficas.

### **PROYECTO GEOMETRICO DE ALINEAMIENTO VERTICAL**

Con base en el levantamiento topográfico, y en el estudio y evaluación de pavimentos conforme a las normas y recomendaciones de la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI ), las Normas para Construcción e Instalaciones de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes ( SCT), se planteará el refuerzo estructural, en su caso, los trabajos de rehabilitación así como trabajos inducidos ( bacheos, renivelaciones de lámparas, registros, etc. ) evitando así durante la ejecución de la obra trabajos extraordinarios.

Se realizará el proyecto y calculo de la nueva rasante, de acuerdo con los trabajos de rehabilitación previstos, así como la determinación de cantidades de obra, con los datos del alineamiento vertical, para lo cual se propondrán dos opciones de rasante y tipo de pavimento.

## **PROCEDIMIENTOS CONSTRUCTIVOS:**

### **b) Morteros asfálticos. (Slurry Seal)**

Este procedimiento es relativamente nuevo sobre todo para su aplicación en pistas, ya que tendrá aproximadamente 15 años de su autorización por parte de las autoridades aeronáuticas.

Como ya se mencionó anteriormente, después de haber realizado los estudios previos y haber determinado el tipo de rehabilitación, describiremos en que consiste el procedimiento de rehabilitación con mortero asfáltico y sus actividades previas:

Como actividades previas a la colocación del mortero asfáltico, tenemos que efectuar una revisión ocular de la pista para verificar si existen baches superficiales, grietas, caucho adherido al pavimento para su tratamiento. Normalmente en la ejecución de éste concepto únicamente se ejecuta el retiro del caucho, el calafateo y sello de grietas y el retiro del señalamiento horizontal, los cuales describiremos:

#### **Retiro de caucho adherido a la pista.**

Derivado del uso continuo de las pistas, éstas están expuestas a la formación del caucho (hule de llanta) principalmente por el contacto que hacen los aviones al aterrizar. el hule en exceso en la pista es muy peligroso ya que puede originar fallas en el frenado de los aviones que aunado al agua cuando llueve hace muy peligrosa la maniobra de los aviones al frenar, esto origina que periódicamente se lleve a cabo la acción de descontaminar el hule la pista.

La ejecución se lleva a cabo mediante equipo especial con chorro de agua de alta presión del tipo Autmat o similar y accesorios necesarios para la remoción del hule tipo Rotary-Jet o similar, teniendo el cuidado necesario de no ocasionar daños a la carpeta asfáltica por lo que el equipo a emplear deberá tener dispositivos para regular la presión del agua y la inclinación del mismo. Dicho trabajo deberá efectuarse de tal manera que no se dañe la superficie de rodamiento, esto es, no se deberá apreciar desgarramiento o descascaramientos de la superficie. No se permite el uso de chorro de agua combinada con arena a alta presión.



También se está utilizando un equipo del tipo fresadora en pequeño, llamado mini planer, el cual efectúa el retiro del caucho en forma adecuada. Se muestran fotos del exceso de caucho.

#### **Calafateo y sello de grietas.**

La ejecución de esta actividad previa a la colocación del mortero asfáltico es importante debido a que cuando se determina colocar el mortero asfáltico sin otro tratamiento previo es conveniente "cerrar" las grietas existentes en los pavimentos, ya que, de no hacerse éstas se reflejarían en la carpeta o mortero nuevo en un tiempo relativamente corto, lo que en un principio indicaría que la rehabilitación efectuada no fue bien ejecutada éste se ejecuta de la siguiente forma.

Primeramente se deberá llevar a cabo la limpieza del área a tratar con equipo neumático en todas las grietas existentes, independientemente del espesor que tengan, se calafatearán las grietas con aberturas mayores de entre 3 y 10 mm., previa limpieza de las mismas con aire a presión, empleando una mezcla de cemento asfáltico del tipo AC-20, aserrín de hule y polietileno, vaciada en caliente. En aberturas mayores a 10 mm., se empleará la mezcla anterior adicionándole arena fina, hasta darle una consistencia apropiada, dosificación aproximada que deberá utilizarse es la siguiente:

Para grietas entre 3 y 10 mm.

Cemento asfáltico AC-20	40 kg.	(83.0 % de la mezcla)
Aserrín de hule de cachete de llanta	3 kg.	(6.25 % de la mezcla)
Polietileno	5 kg.	(10.75 % de la mezcla)

Para grietas mayores a 10 mm. a la mezcla anterior se le agregarán 10 kg. De arena fina libre de impurezas.

La aplicación del calafateo de grietas deberá efectuarse a la temperatura ambiente, pero nunca menor a cinco grados centígrados, empleando el equipo adecuado.

Para la aplicación del producto se deberán emplear inyectores a presión, efectuando la inyección hacia arriba para evitar que queden oquedades y vacíos atrapados, eliminando el excedente para evitar que la superficie quede en forma irregular.

### **Colocación de mortero asfáltico.**

El producto asfáltico para la elaboración del mortero asfáltico será una emulsión súper estable de rompimiento controlado, con un tiempo de mezclado mínimo de 2 minutos y un rompimiento entre diez y treinta minutos, la dosificación de la emulsión asfáltica, agregados pétreos, agua, filler, cemento o cal estará dada por el contratista bajo su responsabilidad. En caso de ser necesario se adicionará un aditivo acelerante o retardante según se requiera. Antes de aplicar el mortero asfáltico sobre la superficie de rodamiento esta deberá estar exenta de materias extrañas o polvo.

Previo a la colocación del mortero asfáltico los materiales pétreos deberán estar aprobados para su utilización mediante las pruebas necesarias de acuerdo con las especificaciones generales y particulares que para tal efecto comprenden, el empleo de materiales de mala calidad provoca un trabajo de poca durabilidad, el cual puede exponer en algún momento a la provocación de accidentes en las aeronaves.

En pistas se coloca el mortero asfáltico mediante equipo Young o similar en espesores promedios de 6 m.m., cuando es necesario efectuar alguna nivelación debida a depresiones en la carpeta asfáltica existente se efectúan tendidos de mortero asfáltico con espesores variables de 2 a 8 m.m., la colocación del mortero asfáltico se efectúa del eje de la pista hacia los extremos, cuidando que las juntas de construcción no se encimen una sobre otra porque provocaría alteraciones en los perfiles longitudinales y transversales. Posterior a la colocación del mortero y de tal manera que la mezcla no sufra desplazamientos, se procederá a compactar la capa mediante 4 a 8 pasadas con un compactador de neumáticos autopropulsado con peso de 4 a 6 ton.

La capa de mortero asfáltico deberá estar en condiciones de operación en un máximo de 2 horas y de tal manera que los neumáticos de las aeronaves no se impregnen con el material asfáltico o partículas de arena. En el caso de la aplicación de morteros asfálticos no se permite la aplicación de cemento Pórtland sobre la superficie terminada. Se anexan fotos de la remoción de caucho, vista de una pista con caucho en su parte central y la colocación del mortero asfáltico en pista .



**REMOCIÓN DE CAUCHO O HULE ASI COMO EL RETIRO DEL SEÑALAMIENTO HORIZONTAL EXISTENTE MEDIANTE EQUIPO MANUAL DE DISCO ABRASIVO**



**VISTA DE UNA PISTA CON EXCESO DE CAUCHO O HULE QUE DEJAN LOS AVIONES EN SUS OPERACIONES DE ATERRIZAJE SOBRE LAS PISTAS. SE OBSERVA QUE LA ZONA CENTRAL ES LA MAS UTILIZADA POR LOS AVIONES.**

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



COLOCACION DE MORTERO ASFALTICO EN PLATAFORMAS



TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

### **c) Carpetas asfálticas**

Existen algunas actividades previas a la colocación de las carpetas asfálticas las cuales de alguna manera son complementarias, estas son: corte en frío de carpeta asfáltica (fresado), bacheos superficiales, renivelaciones parciales, calafateos de grietas, retiro de hule y señalamiento horizontal.

Es importante mencionar que en la rehabilitación de pavimentos de uso aeronáutico en horarios nocturnos únicamente se dispone de máximo 7 horas para ejecutar todas las actividades que se marcan en el proyecto, esto generalmente ocurre en los aeropuertos del interior de la República Mexicana, ya que la mayoría de ellos únicamente disponen de una pista principal y una auxiliar en algunos casos, pero las pistas auxiliares son únicamente para aviación general, razón por la cual es importante la selección del equipo adecuado, ya que se tiene que dejar operable la pista a la mañana siguiente con calidad y limpieza para las operaciones aeronáuticas.

#### **Corte en frío o fresado de carpeta asfáltica**

El corte en frío o fresado de carpeta asfáltica es el procedimiento que se emplea para restituir las pendientes longitudinales y transversales de una pista cuando el proyecto topográfico indica zonas de corte para alojar el espesor de carpeta asfáltica requerido en el mencionado proyecto. Existen diferentes tipos de equipos para la ejecución del trabajo, estos varían en función de la capacidad de la máquina, los anchos de corte, el volumen de corte por ejecutar en función del tiempo que se tiene para la ejecución del trabajo.

Los equipos recomendados para efectuar el corte en frío o fresado, son perfiladoras del tipo Roto-Mill PR-750 o similar.

El procedimiento es el siguiente. Donde lo indique el proyecto y/o lo ordene la supervisión, para alojar el espesor de la carpeta asfáltica requerida y empatar con la estructura existente se llevará a cabo el corte en frío con los espesores indicados, éste corte y la extracción del producto obtenido deberá efectuarse empleando como equipo básico una perfiladora del tipo Roto-Mill PR-750 o similar, la perfiladora deberá contar con dispositivos para el control automático de los niveles (censores), y con mecanismos para recoger y cargar el material producto del corte a camiones de volteo para su traslado fuera

de la obra, además las puntas del mandril deberán estar en buen estado general para no hacer surcos al momento del corte.

El corte en frío se ejecuta iniciando en el eje de la pista cortando en franjas alternadas hacia los extremos de la pista para ir liberando el área necesaria para continuar con la limpieza posterior al corte, así como al riego de liga y a la colocación de la carpeta asfáltica.

Es conveniente trabajar colocando hilos ayudados de pijas para que el corte sea más preciso, estos hilos son colocados por la topografía mediante una línea auxiliar la cual está a 50 cms. aproximadamente de la línea de corte real y a una altura aproximada de 80 cms. respecto del terreno natural.

El espesor máximo de corte para tener una eficiencia y el mejor rendimiento es de 8 cms., si los cortes de acuerdo con el proyecto son mayores en algunos casos se tendrán que dar dos pasadas al mismo lugar bajando el rendimiento y la eficiencia ya que se duplican las actividades como la topografía y la limpieza, en estos casos es recomendable el uso de dos máquinas de corte para abatir los tiempos de ejecución del corte.

Es importante mencionar que esta actividad es de vital importancia ejecutarla dentro de la mayor precisión, ya que de cortar espesores mayores al proyecto ocasiona que se coloquen espesores mayores de carpeta asfáltica y por consiguiente sobre costos de gran importancia que afectan económicamente en forma negativa el proyecto, además de que se corre el riesgo de retrasar la ejecución del proyecto en cuanto al tiempo lo que genera multas y sanciones económicas que también afectan económicamente al proyecto.

### **Calafateo de grietas**

La ejecución de esta actividad es importante debido a que cuando se determina renivelar o colocar la carpeta asfáltica sin otro tratamiento previo es conveniente "cerrar" las grietas existentes en los pavimentos, ya que, de no hacerse éstas se reflejarían en la carpeta nueva en un tiempo relativamente corto, lo que en un principio indicaría que la rehabilitación efectuada no fue bien ejecutada.

Primeramente se deberá llevar a cabo la limpieza del área a tratar con equipo neumático en todas las grietas existentes, independientemente del espesor que tengan, se calafatearán las grietas con aberturas mayores de entre 3 y 10 mm., previa limpieza de las mismas con aire a presión, empleando una mezcla de cemento asfáltico del tipo AC-20, aserrín de hule y

polietileno, vaciada en caliente. En aberturas mayores a 10 mm., se empleará la mezcla anterior adicionándole arena fina, hasta darle una consistencia apropiada, dosificación aproximada que deberá utilizarse es la siguiente:

Para grietas entre 3 y 10 mm.

Cemento asfáltico AC-20	40 kg.	(83.0 % de la mezcla)
Aserrín de hule de cachete de llanta	3 kg.	(6.25 % de la mezcla)
Polietileno	5 kg.	(10.75 % de la mezcla)

Para grietas mayores a 10 mm. a la mezcla anterior se le agregarán 10 kg. De arena fina libre de impurezas.

La aplicación del calafateo de grietas deberá efectuarse a la temperatura ambiente, pero nunca menor a cinco grados centígrados, empleando el equipo adecuado.

Para la aplicación del producto se deberán emplear inyectoros a presión, efectuando la inyección hacia arriba para evitar que queden oquedades y vacíos atrapados, eliminando el excedente para evitar que la superficie quede en forma irregular.

#### **Retiro de caucho adherido a la pista.**

Igual que en el la actividad anterior, es necesario el retiro del hule adherido por el toque de los aviones en el pavimento debido a que de no hacerlo no habría una buena adherencia entre las capas de carpeta asfáltica, ya que el hule adherido al pavimento se vuelve resbaladizo y completamente liso, sin adherencia.

El trabajo de remoción de hule se lleva a cabo mediante agua a alta presión; el equipo que se utilice deberá tener sistema de control para regular la presión del chorro de agua y dispositivo para guardar inclinación del mismo, dicho trabajo deberá efectuarse de tal manera que no se dañe la superficie de rodamiento, esto es, no se deberá apreciar desgranamiento o descascaramiento de la superficie. No se acepta para la realización de los trabajos chorro de agua combinado con arena a alta presión.

El equipo a utilizar deberá ser bomba de émbolo de alta presión tipo Automát. Modelo 1502 o similar y accesorio para remoción de hule tipo Rotary-Jet o similar.

También se puede ejecutar ésta actividad con equipo de desbaste fino del tipo fresadoras en seco mini planer, el cual consiste en rodillos que cortan espesores de milímetros retirando el hule adherido al pavimento.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

### **Bacheo superficial**

Previo a la colocación de las capas de carpeta asfáltica, se deberá ejecutar el bacheo superficial o profundo que exista en la pista, el no efectuar las reparaciones necesarias sobre la pista sería un error grave ya que al colocar la carpeta asfáltica nueva sobre un bache reflejará en un tiempo relativamente corto las grietas y deformaciones del mismo.

El origen de los baches tiene diferentes causas, los cuales podemos enunciar:

El bacheo superficial consiste en la reposición de la carpeta asfáltica dañada, ya sea por envejecimiento, o por agrietamientos del pavimento ocasionado por el exceso de humedad por las lluvias, que cuando el agua penetra por las grietas del pavimento la estructura adquiere una humedad excesiva que la hace perder gran parte del valor relativo de soporte que tenía con la humedad óptima repercutiendo en una deformación de la estructura total del pavimento la cual se refleja principalmente en la carpeta asfáltica más adelante se da un ejemplo de un bache en pista.

El procedimiento para ejecutar el bacheo superficial se lleva a cabo de la siguiente manera:

Primero se delimita el área por bachear con una cortadora de disco con puntas de diamante con la finalidad de evitar daños en el área colindante, posteriormente se efectuará el corte de carpeta asfáltica dañada con equipo adecuado, el cual podrá ser motoconformadora o cargador con retroexcavadora, dependiendo del espesor de corte, el material producto de la excavación se carga a un camión de volteo para retirar el material de la zona de pista, realizado lo anterior se recompactará la base hidráulica descubierta a un porcentaje tal que no sea menor del 95 %, de ser posible se hará al 100 %, si la capa de base hidráulica descubierta tiene exceso de humedad se recomienda agregarle cal o cemento para estabilizarla y mejorarla.

Posteriormente y cuidando que la superficie no presente humedad en exceso y se encuentre limpia se dará un riego de liga con emulsión asfáltica del tipo RR-2K a razón de 1.0 lto/m<sup>2</sup>, para de inmediato colocar la carpeta asfáltica con agregado máximo de 19 mm., en caliente con el espesor máximo de 10 cms., no se permite la colocación de espesores mayores de 10 cms., para evitar una deficiente compactación, la cual deberá ser del 95 % de su peso volumétrico máximo Marshall, la carpeta asfáltica deberá cumplir con todos los requisitos de calidad que marcan las especificaciones así como cumplir con los niveles de la rasante



determinada por el proyecto de tal manera que no existan ondulaciones y depresiones mayores de 5 mm..

La colocación de la carpeta asfáltica en bacheo se colocara con equipo de tendido o en forma manual dependiendo del área del bache, se compactará con equipo pesado para garantizar la compactación especificada.

El equipo a utilizar para la compactación será un vibro compactador autopropulsado de 6 a 8 tons. de peso, dando de 4 a 6 pasadas por el área a compactar, posteriormente se utiliza un compactador autopropulsado de neumáticos con un peso de 10 a 12 tons. de peso dando igual de 4 a 6 pasadas y terminando la compactación de la mezcla con una temperatura mínima de 80 °C. se anexan fotos de baches y grietas en pista.



**BACHES PUNTALES EN LA CARPETA ASFALTICA DE PISTA**

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



**AGRIETAMENTOS SUPERFICIALES EN INTERSECCIÓN DE RODAJE CON FISTA.**

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

### **Renivelaciones de Carpeta Asfáltica**

Una renivelación de carpeta asfáltica es la colocación de una capa de mezcla asfáltica de espesor variable ( uno a cuatro cms. ) para preparar la superficie para la colocación de una capa uniforme de carpeta asfáltica y con esto evitar en lo posible deformaciones y ondulaciones en la capa de rodamiento final.

En forma general este procedimiento es de los más empleados en la rehabilitación de pavimentos de uso aeronáutico, sobre todo cuando el estado de los pavimentos no se encuentran dañados con grietas y desprendimientos superficiales en la carpeta asfáltica, y el proyecto ejecutivo indica espesores mayores de 10 cms., ya que en estos casos se coloca una capa reniveladora de 3 a 4 cms., para dejar posteriormente una capa uniforme.

El procedimiento general para la colocación de la capa reniveladora es:

Donde lo indique el proyecto se colocará una capa de carpeta asfáltica en los espesores indicados en el mismo, la carpeta asfáltica se colocará en caliente a una temperatura mínima de 120°C, del eje de la pista hacia los extremos con equipo autopropulsado y compactado de acuerdo a lo indicado en la especificación particular.

La mezcla asfáltica se producirá en una planta de asfalto en caliente con la granulometría especificada, se transportará en camiones de volteo cubiertos con lonas para que la mezcla no pierda temperatura y se depositará en la máquina esparcidora la cual colocará la mezcla con el espesor y el ancho marcado en el proyecto, posteriormente la mezcla se compactará por medio de un compactador de rodillo tandem vibratorio con un promedio de 3 a 4 pasadas sobre la mezcla tendida, empezando de un extremo hacia el centro de la pista, posteriormente continua la compactación con un compactador de neumáticos el cual da cuatro pasadas en promedio a la mezcla para terminar finalmente la compactación de la mezcla.

La mezcla asfáltica deberá tener una temperatura mínima de 80 °C cuando se termine la compactación, y deberá cumplir con una compactación de 95 % de acuerdo con el peso volumétrico marshall.

Para dar por terminados los trabajos de renivelación se deberá checar que los niveles de rasante contenidos cumplan con el proyecto, así también se deberá hacer la prueba del paso de regla, la cual también deberá estar dentro de los parámetros especificados.

### **Colocación de carpeta asfáltica**

Después de haber ejecutado las actividades previas de acuerdo con el proyecto ejecutivo que su tenga, las cuales mencionamos en los incisos anteriores se coloca la capa definitiva de mezcla asfáltica, la cual deberá cumplir con las especificaciones marcadas en el proyecto.

Varios son los factores que se deben tomar en cuenta para poder iniciar los trabajos de rehabilitación de pavimentos de uso aeronáutico, como por ejemplo: En trabajos nocturnos se deberá contar con un mínimo del 60 % de la mezcla ya producida en la planta de asfalto, ya que con esto garantizamos cuando menos cubrir los 20 mts. centrales de la pista, por si pudiera existir un problema posterior como pudiera ser la descompostura de algún equipo o de la misma planta de asfalto, así mismo, se deberá contar con un tiempo mínimo de seis horas para poder iniciar los trabajos, de lo contrario no se inician los trabajos, el equipo de iluminación deberá ser probado antes de iniciar los trabajos.

Verificados estos puntos podemos iniciar los trabajos previos a la colocación de la carpeta asfáltica, los cuales son:

Primero se coloca la iluminación necesaria para tener cubierto un tramo mínimo de cien metros, la iluminación consta de plantas de luz las cuales tienen en promedio cuatro lámparas, se colocan tres o cuatro equipos en cada lado de la pista.

Se corta la rampa que se coloca la noche anterior, la cual sirve para que los aviones no sientan un brinco entre el tramo de pista rehabilitada y el resto de la misma, esta rampa se construye cada que hay un tendido de carpeta con una pendiente del uno por ciento a todo lo ancho de la pista, al retirar la rampa se deberá efectuar una limpieza gruesa aplicando aire a presión para que ésta sea lo más rápida posible, en promedio el corte de la rampa y la limpieza se debe llevar un tiempo de treinta minutos.

Posteriormente se aplica el riego de liga a base de emulsión de rompimiento rápido del tipo RR-2K, con la dosificación marcada en el proyecto, hay que esperar un tiempo entre diez y

quince minutos hasta que rompa la emulsión para poder iniciar el tendido de la carpeta asfáltica.

Mientras se efectúa el corte de rampa y el riego de liga, la brigada de topografía comienza a colocar sus varillas y los hilos que servirán como guía para los espesores que se colocarán de carpeta asfáltica de acuerdo con el ancho de cada franja determinada por el proyecto.

La mezcla asfáltica deberá estar cargada a los camiones y éstos estarán listos en la franja fuera del área ligada para que cuando la emulsión rompa inmediatamente el camión entra a depositar la mezcla en el esparcidor.

La mezcla asfáltica es tendida por el esparcidor en el ancho determinado por el proyecto a una temperatura promedio de 140 °C, la velocidad de la máquina será tal que no se produzcan paradas continuas, ni deje ondulaciones que ocasionen un mal acabado en la carpeta definitiva, la colocación de la mezcla asfáltica se inicia por el eje de la pista tratando de cerrar franjas de una por lado para evitar que la junta de construcción se enfríe y pueda ocasionar depresiones y malos acabados.

Cuando la mezcla asfáltica tenga una temperatura entre 100 y 120 °C, se inicia con la compactación de la mezcla, primero entra un compactador ligero para armar la mezcla, esto es, acomoda la mezcla de forma tal que no ocurran desplazamientos o corrimientos de carpeta si se metiera un equipo pesado, la compactación se inicia de los extremos de la franja hacia el centro, cuando se coloquen varias franjas en un mismo tendido, la junta de construcción tanto longitudinal como transversal se armará de inmediato para evitar las juntas frías.

Posterior al armado de la mezcla con el equipo ligero, entra el compactador pesado para dar inicio a la compactación o acomodo del material en forma definitiva, el número de pasadas de los equipos depende del espesor colocado, temperatura de compactación y equipo seleccionado. Para estar seguros del número de pasadas de los equipos se deben hacer pruebas de laboratorio previas para determinar la energía de compactación mínima y máxima que se tiene que hacer para obtener la compactación especificada, así como hacer tramos de prueba fuera de la pista para comprobar la teoría obtenida en el laboratorio.

Existen varios fabricantes de equipos de compactación los cuales dan sus recomendaciones particulares sobre el número de pasadas a los diferentes materiales, dependiendo del tipo de material y los espesores por compactar, así como a las energías de compactación que deberán ejercer en cada capa, por lo que es complicado mencionar o afirmar si con un número determinado de pasadas se alcanza la compactación especificada.

Finalmente y para alcanzar el grado máximo de compactación se utiliza un compactador neumático, este debe tener un peso entre 10 y 14 toneladas, el cual dado su diseño se puede lastrar con agua o arena para tener un mayor peso, aquí es importante tomar en cuenta la presión de inflado de las llantas y que éstas se encuentren en perfecto estado y bien alineadas para evitar que dejen huellas en la superficie de la carpeta, que cuando esto sucede se pueden borrar con el compactador tandem.

Durante el desarrollo del tendido de la mezcla asfáltica se van verificando los espesores marcados en el proyecto por varios métodos, todos estos para garantizar cumplir con lo indicado en el proyecto, éstos son:

**Verificación de niveles con el equipo de topografía:**

Consiste en ir checando el nivel de proyecto de la mezcla con el abundamiento de la misma en el punto proyectado cuando se va colocando la mezcla asfáltica, cuando las lecturas no coinciden con la del proyecto se para el tendido y se verifica el espesor por medio de escantillones que miden el espesor colocado y de esta forma compararlo con el de proyecto.

#### **Paso de regla:**

Consiste en el paso de una regla de aluminio de 6.00 mts. de largo, la cual se coloca en el sentido longitudinal y transversal conforme avanza la colocación de la mezcla, cuando se coloca la regla y se observan ondulaciones o depresiones, se detiene el tendido para hacer las correcciones, si estas son ligeras, del orden de 1 a 3 cms., estas correcciones se hacen en forma manual con el inconveniente de que el acabado superficial queda manoseado, es decir, no queda uniforme, además que por el trabajo manual efectuado a la mezcla se pierde temperatura y se corre el riesgo de que ese tramo del tendido no cumpla con la calidad especificada en el proyecto, pudiendo presentar problemas de permeabilidad.

Este mismo procedimiento, así como el de la verificación de los niveles con el equipo de topografía se lleva a cabo después de que el compactador inicia su proceso de compactación después de la primera pasada, y hasta terminar la compactación.

Es importante mencionar que mientras la mezcla no pierda la temperatura mínima requerida para efectuar una corrección ( entre 70 y 90°C), se pueden efectuar correcciones con el equipo de compactación, únicamente a los puntos que quedan arriba de la rasante de proyecto, esta corrección se efectúa con los compactadores tandem vibratorios, a los puntos mencionados para que éstos queden dentro de lo que marca el proyecto.

Para dar por terminado el trabajo de tendido de carpeta asfáltica, se revisa nuevamente la topografía y el paso de regla para verificar que el tramo tendido cumple con el proyecto.

Posterior a la compactación solo queda efectuar la limpieza general del área rehabilitada, este trabajo es de suma importancia debido a que si se deja la pista sucia, con residuos de asfalto, materiales regados a lo largo de la pista y acotamientos, pueden causar ingestión a las turbinas de los aviones pudiendo provocar accidentes.

Conforme avanza la rehabilitación de la pista se efectúa el repintado provisional de la pista con pintura vinílica, con el objeto de mantener el señalamiento para que los pilotos tengan la pista con el señalamiento adecuado.

Cabe mencionar que el pintado final y de acuerdo a las especificaciones que marca el anexo 14 en cuanto al proyecto de señalamiento horizontal en pistas y a la calidad de pintura y micro-esfera, se efectúa cuando la pista está totalmente terminada.

En toda rehabilitación de pista en turnos nocturnos se efectúa una revisión por parte de las autoridades del Aeropuerto y representantes de las líneas aéreas operadoras respecto de la limpieza de la pista, esta inspección se hace una hora antes de abrir el Aeropuerto y de encontrar cualquier objeto no se abre a las operaciones hasta que la pista quede perfectamente limpia.

Es importante mencionar que al terminar los trabajos de rehabilitación de la pista se deben efectuar los estudios de índice de perfil y coeficiente de rugosidad para verificar que la pista haya quedado dentro de las especificaciones marcadas para cada estudio. Se anexan algunas fotografías de tendido de mezcla asfáltica y verificación del paso de regla.



**TENDIDO DE FRANJA DE CARPETA ASFÁLTICA EN TRABAJOS DIURNOS EN PISTA AUXILIAR.**



**TENDIDO DE CARPETA ASFÁLTICA EN TRABAJOS NOCTURNOS DE PISTA.**

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN





**VERIFICACIÓN DE TOLERANCIAS DE NIVELES MEDIANTE EL PASO DE REGLA EN PISTA PRINCIPAL.**

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

#### **d) Riegos de taponamiento**

Este tipo de procedimiento tiene por objeto el tratar de darle un mantenimiento preventivo a los pavimentos asfálticos en pistas, plataformas, rodajes y vialidades de los aeropuertos, ya que en cierta forma revive el estado superficial del pavimento dándole una apariencia de haber sido rehabilitado, éste trabajo para que pueda ser considerado como parte de un mantenimiento preventivo se debe hacer cuando menos cada año en cualquier pavimento, esto alarga la vida útil del mismo ya que evita el intemperismo acelerado de los agregados y del asfalto mismo, por lo que su ejecución es recomendada en los aeropuertos de la red aeroportuaria del país, también evita el desprendimiento prematuro de los agregados, el cual de darse ocasionaría la formación de hoyos en la carpeta asfáltica.

En este procedimiento se emplea una emulsión del tipo RR-2K para efectuar el riego, la emulsión se mezcla con agua en proporción de 20 % de emulsión y 80 % de agua respectivamente, la mezcla emulsión agua se prepara en una petrolizadora, la cual mezcla ambos materiales hasta darle una consistencia adecuada, es muy importante evitar que la emulsión rompa en el tanque antes de ser aplicada por lo que la petrolizadora debe estar en perfectas condiciones tanto en su motor como en su barra espaciadora, el riego se ejecuta con una dosificación normal de 0.6 l/m<sup>2</sup>, pero en pavimentos que están expuestos a intemperismos mayores y condiciones de climas extremosos se puede aplicar hasta 1.0 l/m<sup>2</sup>, previo al riego de taponamiento se debe ejecutar el calafateo de grietas y el retiro de caucho adherido a la pista, los cuales ya se describieron en el procedimiento de la carpeta asfáltica.

En forma general los riegos de taponamiento son fáciles de aplicar, previo al riego, la superficie debe estar limpia, ésta, se debe barrer o sopletear con aire a presión para que la aplicación sea adecuada, el tipo de emulsión se tiene que diseñar para que en su aplicación no se lleve más de 15 minutos en romper en el pavimento y en máximo hora y media los aviones puedan transitar sin que se le impregne la emulsión en los neumáticos, en caso de que la aplicación no sea la adecuada los riegos deberán hacerse de noche, y si se sigue presentando la misma reacción se deberán efectuar riegos de agua para que la emulsión no se impregne en las ruedas de los aviones, ya que este es el requisito de seguridad para que

la pista quede operable y el trabajo quede en perfectas condiciones cumpliendo el propósito para lo cual se efectúa el riego de taponamiento.

La aplicación del riego también se efectúa del centro de la pista hacia los extremos, cuando se realiza una rehabilitación con carpeta asfáltica en la pista, normalmente es en los acotamientos es donde se efectúa el riego de taponamiento para que se vea un trabajo uniforme en cuanto a su rehabilitación.

#### **e) Desbaste de pavimentos**

Este procedimiento de rehabilitación de pavimentos de uso aeronáutico es de aplicación casi nula en los aeropuertos de la República Mexicana, de hecho se tiene conocimiento que en el aeropuerto de Acapulco se hicieron algunas pruebas con buenos resultados, pero ya no se le dio continuidad al proyecto, y, actualmente se está llevando a cabo el procedimiento constructivo en el aeropuerto de La Paz sin que sepamos el resultado del mismo ya que aún no se concluye, éste procedimiento, tiene la característica que se aplica en la mayoría de las veces en pistas de concreto hidráulico.

Aún así mencionaremos el procedimiento para la realización del desbaste.

Como se mencionó anteriormente es desbaste se ejecuta en pavimentos de concreto hidráulico, esta practica está muy desarrollada en los aeropuertos de Estados Unidos y en algunas partes de Europa, el objetivo es el de restituirle a las pistas las pendientes longitudinales y transversales para mejorar el índice de perfil, esto debido a que resulta menos costosa esta operación que rehabilitar la pista ya sea con una capa nueva de concreto hidráulico de espesor mínimo, o, colocando una capa nueva de carpeta asfáltica, este procedimiento implica seguir rehabilitando la pista con el mismo procedimiento y perder prácticamente la estructura del concreto hidráulico, como ha sucedido en varios aeropuertos del país, ejemplo, Monterrey, Mazatlán, Guadalajara.

Primeramente hay que efectuar un levantamiento topográfico detallado con una cuadrícula de 5.00 X 5.00 mts., y hacer el estudio de índice de perfil para saber las condiciones de la pista en cuanto a pendientes longitudinales y transversales, las cuales deberán cumplir con las especificaciones marcadas en el anexo 14 de aeródromos, también se tiene que efectuar un estudio sobre el concreto hidráulico que se va a desbastar para determinar los daños puntuales en cada losa, como grietas profundas las cuales se reparan antes del desbaste, los

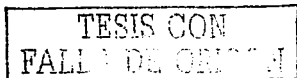
desconchamientos en las uniones entre losa y losa, además se debe saber la edad del concreto y su espesor para en base a estos estudios determinar posteriormente al desbaste ejecutado el tipo de avión que podrá recibir la pista.

Con estos estudios se lleva a cabo el proyecto ejecutivo, el cual marcará las zonas de la pista que deban ser desbastadas así como los espesores de corte, el cual para este tipo de trabajos va de cero hasta máximo 1.5 m.m., debido al diseño de los equipos para desbaste, y, al principio que indica, que éste trabajo sirve únicamente para restituir el índice de perfil longitudinal y transversal.

El desbaste de la pista se realiza del centro de la pista hacia los extremos en franjas de 1.50 mts. de ancho, y una longitud de 150.00 mts., el material desbastado es recogido y almacenado en una parte de la máquina, el cual prácticamente es hecho polvo para después sacarlo y depositarlo en el lugar que se indique, el equipo de desbaste está provisto de sensores automáticos que van ejecutando el corte de acuerdo con el nivel programado. Entre franja y franja se tiene que hacer un corte a ceros, esto es, después del primer corte uno de los extremos ya tiene el nivel final de corte, por lo que el siguiente corte se debe apoyar en el anterior para que quede uniforme y poder seguir la misma pendiente. Independientemente de lo que indique el proyecto ejecutivo en cuanto al ancho que se va a desbastar siempre se debe empezar del eje de pista hacia los extremos, la superficie desbastada presenta unos surcos apenas perceptibles, de hecho el concreto se ve con una apariencia de pulido con surcos de 2 a 3 mm. de separación, este acabado que da el desbaste en el concreto hidráulico favorece también el coeficiente de rugosidad ya que lo aumenta.

Como un requisito adicional a la ejecución del desbaste de pavimentos se ejecuta el ranurado transversal de la pista, éste tiene dos funciones básicas, una es la de aumentar aún más el coeficiente de rugosidad de la pista y el otro es el aumentar el desalajo del agua en la pista cuando llueve, garantizando un drenado excelente que minimiza el fenómeno de acuplameo que pudieran tener los aviones en sus operaciones de despegue y aterrizaje.

Como comentario adicional se pretende efectuar este tipo de trabajo en el aeropuerto de Acapulco en el año del 2002, obra que se ejecutaría con la asesoría de empresas de Estados Unidos, las cuales tienen la experiencia y el equipo necesario para la ejecución de este



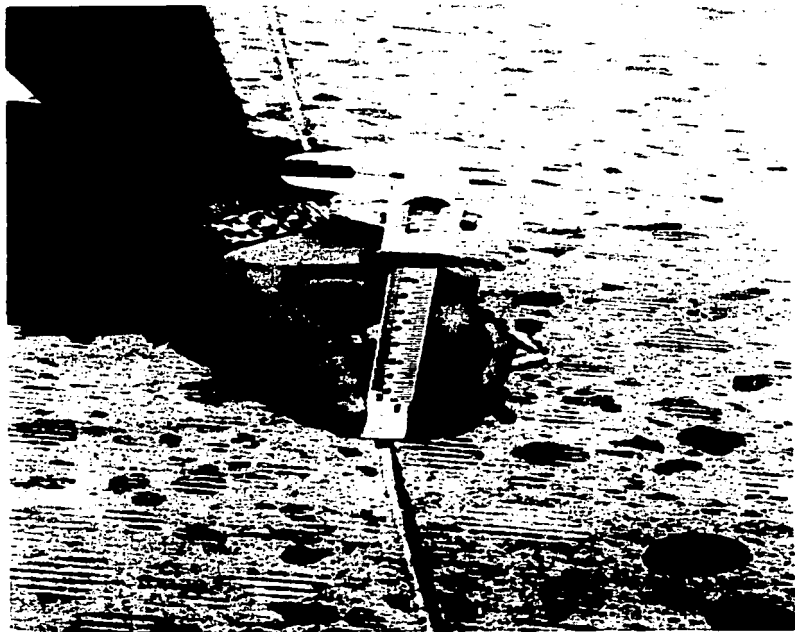
trabajo, con el objetivo de poder mantener el estado inicial de la pista de concreto hidráulico, y, no cambiar a un pavimento mixto con concreto asfáltico.

Se anexan algunas fotografías del equipo a emplear y de cómo queda la superficie desbastada y ranurada después de haber ejecutado los trabajos, hay que aclarar que también se ejecuta el desbaste y ranurado sobre pavimentos de concreto asfáltico, obras que también se ejecutan en aeropuertos de Estados Unidos y Europa, y cuando se inicie el procedimiento de rehabilitación de pavimentos de uso aeronáutico en aeropuertos de la República Mexicana se reducirán los costos y tendremos pistas más confiables y seguras para los aviones en sus operaciones de despegue y aterrizaje.

#### **EQUIPO PARA DESBASTE Y CORRECCION DE INDICE DE PERFIL EN CONCRETO HIDRAULICO.**



TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



**SUPERFICIE DE PAVIMENTO DE CONCRETO HIDRÁULICO DESPUÉS DE DESBASTADO**

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



**ESTA FOTO INDICA LA MISMA SUPERFICIE, PERO CON DESBASTE MEDIANTE DISCO  
DIAMANTADOS CUATRO MESES DESPUÉS.**

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## **TEMA IV**

### **RECURSOS NECESARIOS**

- a) **Mano de Obra**
- b) **Materiales**
- c) **Equipo**
- d) **Proyecto de presupuesto de obra**



**a) Mano de obra**

Para la ejecución de los trabajos de Rehabilitación de Pavimentos de Uso Aeronáutico se requiere de mano de obra especializada en todas las actividades que se desarrollan dentro de los aeropuertos, ésta es quizá la parte más importante para que los trabajos ejecutados queden dentro de lo que marcan las especificaciones, ya que desde los ingenieros, los sobrestantes, operadores y hasta los ayudantes efectúan trabajos específicos, los cuales se coordinan dentro de los programas que se contemplan.

De acuerdo con las descripciones para cada trabajo daremos las plantillas de personal necesarias, así como sus responsabilidades, incluyendo al personal técnico, del cual también daremos su plantilla necesaria. .

**Levantamiento topográfico general**

<b>Categoría</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Trabajo desempeñado</b>
Topógrafo	2	Persona encargada de revisar el proyecto, calcular las rasantes de cortes y carpetas asfálticas y colocar los datos en el campo, así como la revisión final del trabajo.
Auxiliar de topógrafo	1	Persona que se encarga de hacer las cuadrículas de campo, coordina a la brigada para trabajos adicionales, a veces toma lecturas en el aparato.
Cadenero	3	Son los encargados junto con el auxiliar de topógrafo de cadenerar y poner las marcas en el pavimento para su localización y posterior rehabilitación.
Ayte. general	2	Ayudan a los cadeneros en el trabajo de topografía.
Dibujante	1	Es la persona que se encarga de dibujar el proyecto, así como las secciones transversales que resultan de los trabajos de rehabilitación.

**TESIS CON FALLA DE ORIGEN**

### Corte en frío de carpeta asfáltica y limpieza gruesa.

Categoría	Cantidad	Trabajo desempeñado
Sobrestante	1	Es la persona que coordina los trabajos de campo, y el responsable de todo el personal, conoce el trabajo totalmente, en algunos casos operan los equipos.
Operador de fresadora	1	Es el operador de la máquina que efectúa el corte de la carpeta asfáltica en frío.
Sensoristas o tornilleros	2	Son las personas que controlan los espesores de corte de la máquina, que aunque es automática se requiere su supervisión, ya que el operador no lo puede hacer.
Ayudantes generales	4	Es el personal que va haciendo la limpieza del material que no alcanza a retirar la máquina.
compresoristas	2	Personal encargado de los compresores de aire
Cabo	1	Persona que coordina la limpieza gruesa del corte que deja la fresadora.
Operador de pipa de agua	1	Persona que suministra el agua que requiere la fresadora para efectuar el corte en frío.
Operador de cargador	1	Persona que opera un cargador sobre neumáticos, recolecta el material que los ayudantes juntan y los carga a un camión de volteo.
Ayudantes generales	8	Personal que ejecuta la limpieza gruesa del corte en frío
Chofer de camión volteo	3	Son los encargados de acarrear el material a donde lo disponga el cliente.

### Suministro y colocación de carpeta de concreto asfáltico

#### Planta de asfalto

Categoría	Cantidad	Trabajo desempeñado
Sobrestante	1	Persona que se encarga de la producción de la planta de asfalto y controla a todo el personal de la misma.
Operador de planta de asfalto	1	Persona que se encarga de operar la planta de asfalto y producir el material que se requiere con la calidad especificada
Operador de	2	Personal que se encarga de cargar en las tolvas el material pétreo para la

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

cargador		producción de mezcla asfáltica.
Calderero	2	Personas que se encargan de mantener el asfalto a la temperatura adecuada para que sea utilizado en la producción de la mezcla.
Ayudantes generales	6	Personas que laboran como complemento de la planta en tolvas, almacenes de materiales, de mezcla asfáltica, de tanques de asfalto.
Checador de materiales	2	Personas que se encargan de llevar el control de viajes que llegan de materiales pétreos y de la mezcla asfáltica que sale para las pistas.
Chofer de camión	8	Personas que transportan la mezcla asfáltica a las pistas.

### Colocación de mezcla asfáltica

Categoría	Cantidad	Trabajo desempeñado
Sobrestante	1	Persona que está a cargo de la colocación de la mezcla asfáltica y de todo el personal que compone la brigada, también es el responsable de la calidad de los trabajos, y que estos cumplan con el programa de la obra.
Operador de esparcidor	1	Persona que opera el esparcidor o finisher, es el equipo que tiende la mezcla asfáltica
Operador de compactador	1	Persona que le da el armado a la mezcla después de tendida, entra a temperatura mayor a 110 °c.
Operador de compactador neumático	1	Persona que compacta el material, es quien finalmente le da la compactación a la mezcla asfáltica.
Operador de barredora	1	Persona encargada de mantener limpia la zona de trabajo
Operador de pipa de agua	1	Persona que suministra el agua necesaria para las máquinas que compactan la mezcla asfáltica.
Tornilleros	2	Personas encargadas de vigilar los espesores colocados de mezcla asfáltica.
Rastrilleros	4	Personal encargado de la construcción de juntas entre franja y franja de tendido
Ayte. General	6	Personal auxiliar en el tendido de mezcla asfáltica

TRABAJA CON  
FALLA DE ORIGEN

## Riego de liga

Categoría	Cantidad	Trabajo desempeñado
Operador de Petrolizadora	1	Encargado de efectuar los riegos de liga con la proporción correcta y a la temperatura adecuada.
Ayte general	1	Persona que ayuda al petrolizador., en el momento del riego.
Operador de barredora	1	Persona que se encarga de la limpieza previa al riego de liga.
Operador de compresor	1	Persona que se encarga de la limpieza previa al riego de liga

## Colocación de mortero asfáltico

Categoría	Cantidad	Trabajo desempeñado
Sobrestante	1	Persona que está a cargo de la colocación del mortero asfáltico y de todo el personal que compone la brigada, también es el responsable de la calidad de los trabajos, y que estos cumplan con el programa de la obra.
Operador de camión sellador	1	Persona encargada de la colocación del material en la obra, de acuerdo con el espesor de colocación es la velocidad con la que opera el camión.
Operador de cargador	1	Persona encargada de la carga de los diferentes materiales a las tolvas del camión.
Operador de compactador	1	Persona encargada de darle la compactación final al mortero después de cierto tiempo.
Chofer de pipa	1	Persona que provee de agua para la mezcla del mortero.
Compresorista	1	Persona encargada de operar el compresor de aire para la limpieza del tramo.
Operador de barredora	1	Persona encargada de la limpieza anterior y posterior a la colocación del mortero asfáltico.
Tornilleros	2	Personal encargado de vigilar los espesores del mortero, ya que modifican mediante un tornillo el espesor.
Rastrillero	3	Personal encargado de hacer las juntas de construcción entre franja y franja.
Ayte. general	3	Personal auxiliar en el tendido de mortero
Ayte. general	6	Personal encargado del calafateo de grietas, retiro de señalamiento horizontal y la limpieza general de la obra.

TRCIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Existen otros trabajos complementarios dentro de la rehabilitación de pavimentos de uso aeronáutico como son:

Bacheos superficiales, calafateo de grietas y riegos de taponamiento, los cuales se ejecutan con personal preferentemente del mismo de las cuadrillas anteriores, ya que, como éstos trabajos son previos a los dados en las plantillas indicadas anteriormente, no las definiremos.

### Plantilla de personal técnico

<b>Categoría</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Trabajo desempeñado</b>
Superintendente General	1	Responsable de la obra en el aspecto técnico y administrativo
Jefe de Obra	1	Encargado de la recepción del material pétreo y de la producción de la mezcla en la planta de asfalto.
Jefe de Obra	1	Encargado de los trabajos previos ( procedimientos de seguridad, vigilancia del personal, coordinación con autoridades del aeropuerto)
Jefe de Obra	1	Encargado de la ejecución de la obra.
Jefe de Frente	1	Encargado de la limpieza para la entrega de los trabajos previo a la apertura de la pista para su operación.
Superintendente de Maquinaria	1	Encargado de que el equipo esté en óptimas condiciones para que noche a noche se efectúe el trabajo sin contratiempos.
Auxiliar técnico	1	Encargado de llevar los avances diarios y las presentaciones de la obra.
Jefe administrativo	1	Encargado de llevar la administración general de la obra.
Contador general	1	Encargado de la contabilidad de la obra
Jefe de personal	1	Encargado de la contratación del personal, efectúa el procesamiento de nóminas, altas y bajas, afiliación al IMSS.
Jefe de fletes	1	Encargado de la entrada y salida de los materiales para la elaboración de la mezcla asfáltica.
Auxiliares generales	3	Encargados de auxiliar a los departamentos administrativos.

TRABAJOS CON  
FALLA DE ORIGEN

## **b) Materiales**

Para la ejecución de los trabajos de rehabilitación de pavimentos de uso aeronáutico se requiere que los materiales pétreos, así como los asfaltos y emulsiones empleados cumplan con las Especificaciones de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes y las Normas de la O.A.C.I., en este sentido mencionaremos los materiales más importantes en cuanto a la calidad que deben cumplir.

Mencionaremos únicamente a los materiales necesarios para la rehabilitación del pavimento con mezclas asfálticas, aunque debemos mencionar que también se emplean materiales pétreos para bases y sub-bases hidráulicas, concretos hidráulicos en rehabilitación de losas, y otras actividades.

### **EMULSION ASFÁLTICA TIPO RR-2K PARA RIEGO DE LIGA**

#### **Pruebas al producto asfáltico**

-Viscosidad Saybolt-Furol, a 50 °C:	20-100 segundos
-Residuo de la destilación, por ciento en peso:	60 mínimo
-Asentamiento en 5 días, diferencia en por ciento:	5 máximo
-Retenido en malla No. 20, por ciento:	0.10 máximo
-Carga de la partícula:	Positiva
- Disolvente en volumen, por ciento:	3 máximo

#### **Pruebas al residuo de la destilación**

-Penetración, 25 °C, 100 g, 5 segundos:	100-250, grados
-Ductilidad, a 25 °C:	40 cm. mínima
-Solubilidad en tricloroetileno de carbono, por ciento:	97.5, mínima

Para la construcción de la carpeta se emplearán materiales que deberán cumplir con las siguientes Normas de calidad.

## MATERIALES PÉTREOS PARA LA ELABORACIÓN DE MEZCLAS ASFÁLTICAS

Los requisitos que deberán cumplir los materiales pétreos para la elaboración de concreto asfáltico, son los siguientes :

El material pétreo deberá ser una mezcla de grava y arena bien graduada (GW criterio SUCS) con un porcentaje máximo del diez por ciento (10 %) pasando la malla No. 200 y con tamaño máximo de partículas de diez y nueve milímetros (19.0 mm.), debiendo separarse en fracciones de diez y nueve milímetros (19.0 mm.), a la No. 4 (cuatro) y de No. 4 (cuatro) a finos, adicionalmente cumplirá con los siguientes requisitos:

La curva granulométrica de la mezcla de los agregados deberá quedar comprendida dentro de los límites que se indican en la siguiente tabla :

Denominación	% que pasa de la malla
1 "	100
3/4 "	90 - 100
1/2 "	75 - 100
3/8 "	65 - 100
1/4 "	54 - 80
No. 4	47 - 70
No. 8	35 - 50
No. 16	25 - 40
No. 30	20 - 30
No. 50	13 - 22
No.100	10 - 15
No.200	5 - 10

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

* Contracción Lineal :	(Dos por ciento )	2 % máximo
* Desgaste de la prueba de " Los Ángeles " :	( Cuarenta por ciento )	40 % máximo
* Partículas alargadas y/o en forma de Laja (Treinta y Cinco por ciento)		35 % máximo
* Equivalente de arena :	(Setenta por ciento )	70 % mínimo
* Partículas trituradas :	(Setenta por ciento )	70 % mínimo
* Densidad :	(Dos punto cinco )	2.5 mínimo

Cuando la muestra esté constituida por material heterogéneo y se tengan dudas de la calidad de algunos materiales, el Aeropuerto, podrá efectuar pruebas de desgaste de los Ángeles , por separado del material sano y del material alterado o de diferente origen, así como pruebas en muestra constituida por ambos materiales, en la que estén representados en la misma proporción en que se encuentren en el banco o en la que vayan a ser utilizados. En ninguno de los casos mencionados se deberán tener desgastes mayores de cuarenta por ciento ( 40 % ).

En el caso de que se tengan dudas acerca de la calidad de los materiales pétreos, a juicio del Aeropuerto, se llevará a cabo la determinación de la pérdida por intemperismo acelerado, la cual no deberá ser mayor de doce por ciento (12 %), en el entendido que esta característica no excluye las mencionadas anteriormente.

El material pétreo deberá satisfacer al menos dos (2) de los siguientes requisitos para afinidad con el asfalto :

- Desprendimiento por fricción : (veinte y cinco por ciento ) 25 % máximo
- Cubrimiento con asfalto por el método inglés : (Noventa por ciento ) 90 % mínimo
- Pérdida de estabilidad por inmersión en agua : (Veinte y cinco por ciento ) 25 % máximo

El Aeropuerto, no aceptará material producto de escoria para la elaboración de la carpeta asfáltica.

#### **Mezcla asfáltica :**

El producto de la mezcla asfáltica y el control durante su elaboración se hará mediante el procedimiento MARSHALL , compactando los especímenes en el laboratorio con 75

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**



golpes por cara a 145 °C y la dosificación estará dada por el contratista bajo su responsabilidad.

Se cumplirá con las tolerancias de granulometría especificadas, por lo que en caso de utilizar una planta de producción continua, está deberá de contar con el número adecuado de tolvas en frío para este fin.

El concreto asfáltico deberá cumplir con los requisitos que se indican a continuación :

Estabilidad :	700.0 kg. mínimo
Flujo :	2 – 4 mm.
Vacíos en la mezcla :	3 – 5 %
Permeabilidad en la carpeta :	10 % máximo

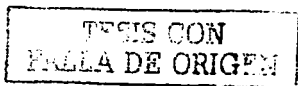
En campo la mezcla se compactará al 95 % como mínimo del Peso Volumétrico Máximo de la prueba Marshall. La permeabilidad de la carpeta deberá ser menor a 10 % (Diez por ciento).

En caso de que existan dudas acerca de la calidad de los materiales pétreos utilizados en la elaboración de la mezcla, a juicio del Aeropuerto, se llevará a cabo el lavado de la mezcla asfáltica y, posteriormente a los pétreos obtenidos se les realizará la prueba de desgaste y pérdida por intemperismo acelerado, las cuales no deberán tener valores mayores del 40 % (cuarenta por ciento) y del 12 % (Doce por ciento) respectivamente, en el entendido que estas características no excluyan las mencionadas anteriormente.

## **CEMENTO ASFALTICO TIPO AC-20 EMPLEADO EN MEZCLA ASFALTICA**

### **Pruebas en el producto asfáltico**

Penetración en grados. 25 ° C. 100.0 gms., 5 s. ; grados	60	mínimo.
Penetración 4° C 200gms. 60 seg.	10	mínimo.
Ductilidad a 25 °C, 5 cm/min, cm.	1.0	mínimo.
Ductilidad a 4 °C, 5 cm/min, cm.	5.0	mínimo.
Viscosidad Saybolt Furol	12.0	mínimo.
Viscosidad Absoluta 60 °C Poises	1.600	mínimo.
Viscosidad Cinemática 135 °C Centistokes	300	mínimo.



Viscosidad Brookfield Tipo Hake 135 °C C.P.	2,000	mínima
Punto de Reblandecimiento Anillo y Esfera °C	46	mínimo
Punto de inflamación (copa de Cleveland) ; °C	232	mínimo.
Pérdida por calentamiento TFOT; en por ciento	1.0	máximo.
Solubilidad (en tricloroetileno); por ciento	99	mínimo.

Para la elaboración de la mezcla asfáltica, durante todo el transcurso de la obra únicamente se permitirá la utilización de un solo tipo de producto asfáltico a fin de garantizar un comportamiento homogéneo de la carpeta asfáltica.

### c) **Equipo**

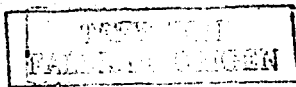
Parte fundamental para que las obras de rehabilitación de pavimentos de uso aeronáutico queden dentro de los parámetros de calidad es el equipo que se empleará en la obra, éste debe estar en perfectas condiciones en su totalidad, no podemos señalar a un equipo como el que debe estar en las mejores condiciones, esto debido a que es un proceso en el cual la secuencia de actividades es tal que todos los componentes de los equipos deben estar en perfectas condiciones, de lo contrario se entregaría un trabajo de mala calidad que puede repercutir en problemas posteriores cuando este en operación la pista.

Así pues mencionaremos el equipo necesario para la rehabilitación de pavimentos de uso aeronáutico y las cantidades de los mismos para una rehabilitación nocturna.

### **Equipo de topografía**

El equipo necesario para desarrollar los trabajos es el siguiente:

<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>
Tránsito electrónico, ó, estación total computarizada	1
Nivel automático electrónico	1
Computadora tipo Pentium III	1
Impresora a color	1
Impresora de planos plotter	1
Balizas, estadales, pintura etc.	lote

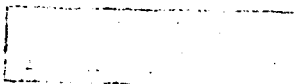


**Equipo para el corte en frío de carpeta asfáltica.**

<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>
Fresadora de pavimento tipo Roto-Mill PR_750	1
Barredora autopropulsada con molote	1
Cargador sobre neumáticos	1
Equipo de iluminación Ritelite	4
Planta de soldar Lincoln	1
Pipa de agua 8000 lts.	1
Compresores de aire de 750 H.P.	3
Camión de volteo	8

**Equipo para la fabricación de mezcla asfáltica.**

<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>
Planta de asfalto de producción continua 100 a 120 ton/hr. incluye silo para mezcla asfáltica, tolvas de agregados pétreos.	1
Cargador sobre neumáticos 2.5 yd <sup>3</sup>	2
planta de luz CAT 500 KW	1
Planta de soldar Lincoln 300 Amp.	2
Caldera para calentamiento del cemento asfáltico	1
Tanques o fosas de almacenamiento de cemento asfáltico	4
Camiones de volteo para almacenamiento de mezcla asfáltica	2



**Equipo para la colocación de mezcla asfáltica.**

<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>
Pavimentadora de mezcla asfáltica tipo Demag	2
Compactador autopropulsado tandem 6-8 ton.	2
Compactador neumático AP 26	2
Barredora autopropulsada Maxisweep	2
Compresor portátil AP	2
Equipo de Iluminación Ritelite	6
Motoconformadora	1
Planta de soldar	1
Camioneta estacas	2
Camión de volteo 14 m3	12
Pipa de agua 8000 lts.	1

**Equipo para la colocación de riego de liga con emulsión.**

<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>
Petrolizadora sobre camión Seaman G. 5900 lts	1
Compresor portátil p 375	2

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

**d) Presupuesto de obra en base a trabajos tipo de la especialidad.**

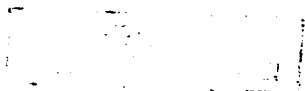
La finalidad de este tema es tener una idea general del costo que generará la obra por ejecutar, sin que se pretenda que por este medio de acuerdo con la información contenida se puedan producir estimaciones de costos que puedan aplicar tal y como están expuestas a un proyecto que contenga puntos semejantes, ya que existen tantas variaciones en los costos de los materiales, mano de obra y equipo de una localidad a otra, que no es posible determinarlas en forma somera.

El costo de una obra o presupuesto se compone de los costos directos e indirectos, dentro de los costos directos está: el costo de mano de obra, materiales, equipo y herramientas, dentro del costo indirecto está: el costo del personal técnico, campamentos, oficinas, financiamiento y utilidad.

A continuación presentaremos presupuestos base de acuerdo con los proyectos ejecutados en la rehabilitación de pavimentos de uso aeronáutico con los principales conceptos que intervienen en la obra, el costo presentado es el que se tuvo en las obras de los aeropuertos de Ciudad Juárez Chih., Mazatlán Sin., Reynosa Tamps., en el año 2001, las cuales corresponden a rehabilitaciones con carpeta asfáltica, así como los costos de los aeropuertos de San Luis Potosí S.L.P. y Zihuatanejo Gro., los cuales corresponden a trabajos de rehabilitación a base de mortero asfáltico.

Cabe mencionar que los precios unitarios en todos los casos son los mismos para cada aeropuerto, lo que cambia son los volúmenes ejecutados debido al proyecto propuesto en cada uno de ellos.

En estos cuadros se podrá observar la diferencia de costos entre un tipo de rehabilitación y otro, hay que considerar que el tipo de rehabilitación en cada aeropuerto lo determinan los estudios de mecánica de suelos, los estudios previos y el costo total a invertir en el proyecto.



**PRESUPUESTO DE OBRA  
REHABILITACIÓN DEL AEROPUERTO DE CIUDAD JUÁREZ**

CONCEPTO	UNIDAD	VOLUMEN	PRECIO UNITARIO	IMPORTE
Corte en frío de carpeta asfáltica incluye el retiro del material dentro del aeropuerto	M3	1,700	\$ 412.40	\$ 701,080.00
Suministro y aplicación de riego de liga con emulsión asfáltica tipo RR-2K	Lto.	90,000	\$ 5.48	\$ 493,200.00
Suministro de los materiales y colocación de carpeta asfáltica compactada al 95 %	M3	7,350	\$ 1,391.24	\$ 10,512,209.44
Suministro de cemento asfáltico tipo AC-20	Kg	1,030,000	\$ 2.20	\$ 2,266,000.00
Suministro y ejecución de señalamiento horizontal con pintura tránsito y macro-esfera	M2	11,500	\$ 46.38	\$ 533,370.00
Suministro y colocación de membrana geotéxtil tipo Petromat o similar	M2	50,000	\$ 17.58	\$ 879,000.00
Estudio y evaluación de pavimentos de uso aeronáutico en aeropuertos	lote	1	\$ 356,500	\$ 356,500.00
Levantamiento topográfico y proyecto geométrico en pista	lote	1	\$ 287,000	\$ 287,000.00
			<b>TOTAL</b>	<b>\$ 16,828,349.44</b>

**PRESUPUESTO DE OBRA  
REHABILITACIÓN DEL AEROPUERTO DE MAZATLAN**

CONCEPTO	UNIDAD	VOLUMEN	PRECIO UNITARIO	IMPORTE
Corte en frío de carpeta asfáltica incluye el retiro del material dentro del aeropuerto	M3	2,500	\$ 424.32	\$ 1,060,800.00
Suministro y aplicación de riego de liga con emulsión asfáltica tipo RR-2K	Lto.	97,200	\$ 6.74	\$ 655,128.00
Suministro de los materiales y colocación de carpeta asfáltica compactada al 95 %	M3	7,900	\$ 1,230.39	\$ 9,720,081.00
Suministro de cemento asfáltico tipo AC-20	Kg	1,106,000	\$ 3.95	\$ 4,368,700.00
Suministro y ejecución de señalamiento horizontal con pintura tránsito y macro-esfera	M2	11,500	\$ 47.43	\$ 545,445.00
Suministro y colocación de membrana geotéxtil tipo Petromat o similar	M2	54,000	\$ 19.94	\$ 1,071,360.00
Racheo superficial en áreas puntuales, incluye el corte con disco y reposición de carpeta asfáltica	M2	300	\$ 339.39	\$ 99,090.00
Estudio y evaluación de pavimentos de uso aeronáutico en aeropuertos	lote	1	\$ 205,160.00	\$ 205,160.00
Levantamiento topográfico y proyecto geométrico en pista	lote	1	\$ 205,160.00	\$ 205,160.00
			<b>TOTAL</b>	<b>\$ 17,938,954.38</b>

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

**PRESUPUESTO DE OBRA  
REHABILITACIÓN DEL AEROPUERTO DE REYNOSA**

CONCEPTO	UNIDAD	VOLUMEN	PRECIO UNITARIO	IMPORTE
Corte en frío de carpeta asfáltica incluye el retiro del material dentro del aeropuerto.	M3	800	\$ 412.40	\$ 329,920.00
Suministro y aplicación de negro de liga con emulsión asfáltica tipo RR 2K	Lit.	3,040	\$ 5.48	\$ 16,659.20
Suministro de los materiales y colocación de carpeta asfáltica compactada al 95 %	M3	2,660	\$ 1,391.24	\$ 3,700,698.40
Suministro de cemento asfáltico tipo AC-20	Kg.	372,400	\$ 2.20	\$ 819,280.00
Suministro y ejecución de señalamiento horizontal con pintura tránsito y macro-esfera	M2	7,000	\$ 46.38	\$ 324,660.00
Bacheo superficial en áreas puntuales, incluye el corte con disco y reposición de carpeta asfáltica.	M2	1,000	\$ 298.97	\$ 298,970.00
Suministro y colocación de membrana geotéxtil tipo Petromat o similar	M2	6,000	\$ 17.38	\$ 105,480.00
Estudio y evaluación de pavimentos de uso aeronáutico en aeropuertos	lote	1	\$ 200,603.03	\$ 200,603.03
Levantamiento topográfico y proyecto geométrico en pista	lote	1	\$ 200,603.03	\$ 200,603.03
			<b>TOTAL</b>	<b>\$ 5,998,873.66</b>

**PRESUPUESTO DE OBRA  
REHABILITACIÓN DEL AEROPUERTO DE SAN LUIS POTOSI**

CONCEPTO	UNIDAD	VOLUMEN	PRECIO UNITARIO	IMPORTE
Suministro y colocación de mortero asfáltico de 6 mm. de espesor, incluye el calafateo de grietas	M2	94,810	\$ 32.18	\$ 3,049,089.60
Suministro y ejecución de señalamiento horizontal con pintura tránsito y macro-esfera	M2	12,500	\$ 46.27	\$ 578,375.00
Suministro de los materiales y aplicación de negro de taponamiento, incluye el calafateo de grietas	Lit.	15,000	\$ 10.28	\$ 10,512,209.44
Bacheo superficial en áreas puntuales, incluye el corte con disco y reposición de carpeta asfáltica.	M2	500	\$ 299.99	\$ 149,995.00
Estudio y evaluación de pavimentos de uso aeronáutico en aeropuertos	lote	1	\$ 200,123.76	\$ 200,123.76
Levantamiento topográfico y proyecto geométrico en pista	lote	1	\$ 200,123.76	\$ 200,123.76
			<b>TOTAL</b>	<b>\$ 4,331,987.12</b>

**PRESUPUESTO DE OBRA  
REHABILITACIÓN DEL AEROPUERTO DE ZIHUATANEJO**

CONCEPTO	UNIDAD	VOLUMEN	PRECIO UNITARIO	IMPORTE
Suministro y colocación de manto asfáltico de 6 mm. de espesor, incluye el calafateo de grietas	M2	112,500	\$ 38.72	\$ 4,331,000.00
Suministro y ejecución de señalamiento horizontal con pintura ébano y macro-esfera.	M2	11,500	\$ 47.93	\$ 551,195.00
Suministro de los materiales y aplicación de rego de taponamiento, incluye el calafateo de grietas	Lto.	15,000	\$ 10.28	\$ 10,512,209.44
Bacheo superficial en áreas puntuales, incluye el corte con disco y reposición de carpeta asfáltica.	M2	800	\$ 333.81	\$ 267,048.00
Estudio y evaluación de pavimentos de uso aeronáutico en aeropuertos	lote	1	\$ 207,355.62	\$ 207,355.62
Levantamiento topográfico y proyecto geométrico en pista	lote	1	\$ 207,355.62	\$ 207,355.62
			<b>TOTAL.</b>	<b>\$ 5,363,964.24</b>

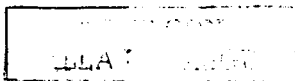
PECES CON  
FALLA DE ORIGEN



**TEMA V**

**RECOMENDACIONES GENERALES**

- a) **Especificaciones generales y particulares**
- b) **control de calidad**
- c) **programa de obra**



**a) Especificaciones generales y particulares**

Para la ejecución de cualquier obra dentro de un aeropuerto, es muy importante considerar las especificaciones generales o particulares, ya que son el medio para conseguir la calidad requerida de acuerdo con el tipo de trabajo que se ejecutará.

En la elaboración de los proyectos se determinan los conceptos de trabajo, éstos son regidos por las Normas Generales contenidas en los libros de las diferentes especialidades vigentes de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes.

Así mismo se consideran también las especificaciones particulares del organismo que rige la rehabilitación de los Aeropuertos, las cuales agregan detalles más estrictos en algunas Normas, las Especificaciones se complementan con el reglamento del anexo 14, Normas de la OACI y los Manuales de Aeropuertos vigentes.

Así pues enunciaremos las Especificaciones más importantes que se aplican en la Rehabilitación de Pavimentos de Uso Aeronáutico, las unidades en las que son medidas, la descripción de la misma, los libros a los que se refiere la calidad y el procedimiento que deben cumplir y su base de pago.

El siguiente catalogo es enunciativo sobre los conceptos más comunes que se llevan a cabo en una rehabilitación de pavimentos de uso aeronáutico, por lo que no se tomarán como los únicos conceptos que se ejecutan en una rehabilitación.

NUMERO	ESPECIFICACION	DESCRIPCION	UNIDAD
1 -	EP No 1	CORTE EN FRIO DE CARPETA ASFALTICA, INCLUYE EL RETIRO DEL MATERIAL DENTRO DE LAS INSTALACIONES DEL AEROPUERTO A UNA DISTANCIA APROXIMADA DE CINCO KMS. POR UNIDAD DE OBRA TERMINADA	M3
2 -	EP No 2	SUMINISTRO DE LOS MATERIALES Y APLICACION DE RIEGO DE LIGA CON EMULSION ASFALTICA DE ROMPIMIENTO RAPIDO DEL TIPO RR-2K A RAZON DE 0.8 LT/M2. INCLUYE BARRIDO Y LIMPIEZA POR UNIDAD DE OBRA TERMINADA	LTO
3 -	EP No 3	SUMINISTRO DE LOS MATERIALES Y COLOCACION DE CARPETA ASFALTICA ELABORADA EN PLANTA Y COLOCADA EN CALIENTE, COMPACTADA AL 95% DE SU P.V.M.M. CON AGREGADO MAXIMO DE 19 m.m. POR UNIDAD DE OBRA TERMINADA	M3
4 -	EP No 4	CEMENTO ASFALTICO AC-20 USADO EN CARPETAS, POR UNIDAD DE OBRA TERMINADA	KG
5 -	EP No 5	SUMINISTRO DE LOS MATERIALES Y EJECUCION DE MARCAS (SEÑALAMIENTO)	M2

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

		HORIZONTAL) CON PINTURA TRANSITO REFLEJANTE, PREVIA LIMPIEZA DE LA SUPERFICIE POR UNIDAD DE OBRA TERMINADA	
6.	EP No 6	SUMINISTRO DE LOS MATERIALES Y APLICACION DE RIEGO DE TAPONAMIENTO CON EMULSION ASFALTICA DE ROMPIMIENTO RAPIDO DEL TIPO RR-2K. INCLUYE BARRIDO DE LA SUPERFICIE Y CALAFATEO DE GRIETAS, POR UNIDAD DE OBRA TERMINADA	LTO
7.	EP No. 7	BACHEO SUPERFICIAL EN AREAS PUNTUALES. INCLUYE CORTE CON DISCO DIAMANTADO PARA DELIMITAR EL AREA, DEMOLICION Y ACARREO DE CARPETA EXISTENTE HASTA EL NIVEL DE BASE HIDRAULICA CON ESPESOR VARIABLE. COMPACTACION DE BASE HIDRAULICA DESCUBIERTA Y COLOCACION DE CARPETA ASFALTICA HASTA EL NIVEL DE DESPLANTE DE LA RESANTE DE PROYECTO COMPACTADA EN CAPAS NO MAYORES DE 10 cms. SUELTOS POR UNIDAD DE OBRA TERMINADA	M2
9.	EP No. 9	SUMINISTRO Y COLOCACION DE MEMBRANA GEOTEXTIL. INCLUYE EQUIPOS Y ACCESORIOS PARA SU COLOCACION Y TRASLAPES Y APLICACION DE RIEGO DE LIGA CON CEMENTO ASFALTICO AC-20 A RAZON DE 1 10 LT/M2 BARRIDO Y LIMPIEZA DE LA SUPERFICIE POR UNIDAD DE OBRA TERMINADA	M2
10.	EP. No 10	SUMINISTRO Y APLICACION DE MORTERO ASFALTICO DE 6 00 mm DE ESPESOR POR UNIDAD DE OBRA TERMINADA	M2
11.	EP. No 11	SUMINISTRO DE LOS MATERIALES Y CALAFATEO DE JUNTAS Y GRIETAS EN LOSAS DE CONCRETO HIDRAULICO. INCLUYE LIMPIEZA Y SOPLETEO CON EQUIPO NEUMATICO. POR UNIDAD DE OBRA TERMINADA	ML
13.	EP No 13	SUMINISTRO DE LOS MATERIALES Y APLICACION DE SELLO DE PROTECCION CONTRA DERRAME DE COMBUSTIBLES DEL TIPO GULF-SEAL 250 EN PROPORCION DE 0 9 LT/M2 INCLUYE LIMPIEZA DE LA SUPERFICIE Y CALAFATEO DE GRIETAS POR UNIDAD DE OBRA TERMINADA	M2
22.	EP No 22	ESTABILIZACION DE BASE HIDRAULICA. INCLUYE ESCARIFICADO, INCORPORACION DEL CEMENTO FORTLAND AL 5% EN PESO, HOMOGENIZACION, AFINE Y COMPACTACION AL 100% DE SU P V S M POR UNIDAD DE OBRA TERMINADA	M2
23.	EP. No 23	ESTABILIZACION DE BASE HIDRAULICA. INCLUYE ESCARIFICADO, INCORPORACION DE LA CALHIDRA AL 5% EN PESO, HOMOGENIZACION, AFINE Y COMPACTACION AL 100% DE SU P V S M POR UNIDAD DE OBRA TERMINADA	M2
26.	EP. No 26	REMOCION DE HULE ADHERIDO EN PISTA A BASE DE CHORRO DE AGUA CON PRESION REGULADA Y DISCO ABRASIVO, EVITANDO DAÑAR LA SUPERFICIE DE CARPETA ASFALTICA EXISTENTE. POR UNIDAD DE OBRA TERMINADA	M2
27.	EP No 27	DEMOLICION DE LOSAS DE CONCRETO HIDRAULICO. INCLUYE EL RETIRO DEL MATERIAL DENTRO DE LAS INSTALACIONES DEL AEROPUERTO A UNA DISTANCIA APROXIMADA DE CINCO KILOMETROS POR UNIDAD DE OBRA TERMINADA	M2
28.	EP No 28	PERFILADO DE LOSAS DE CONCRETO HIDRAULICO. INCLUYE EL RETIRO DEL MATERIAL DENTRO DE LAS INSTALACIONES DEL AEROPUERTO A UNA DISTANCIA APROXIMADA DE CINCO KMS POR UNIDAD DE OBRA TERMINADA	M2
29.	EP No 29	SUSTITUCION DE LOSAS DE CONCRETO HIDRAULICO CON UNA RESISTENCIA A LA TENSION POR FLEXION DE 45 KG/CM2. CON ESPESOR DE ACUERDO CON LO INDICADO EN EL PROYECTO POR UNIDAD DE OBRA TERMINADA	M2
32.	EP No 32	LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO Y PROYECTO GEOMETRICO PARA LA REHABILITACION DE AREAS OPERACIONALES DEL AEROPUERTO	PAQUETE
33.	EP No 33	ESTUDIOS DE EVALUACION DE PAVIMENTOS DE USO AERONAUTICO EN AEROPUERTOS	PAQUETE

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

34.-	E.P. No. 34	SUPERVISIÓN Y CONTROL TOTAL EN LA REHABILITACIÓN DE ÁREAS OPERACIONALES DE AEROPUERTOS, INCLUYE CONTROL TOPOGRÁFICO, DE CALIDAD DE LOS MATERIALES Y DE OBRA DE AEROPUERTOS, INCLUYE CONTROL TOPOGRÁFICO, DE CALIDAD DE LOS	PAQUETE
35.-	E.P. No. 35	REQUISITOS ADICIONALES PARA LA EJECUCIÓN DE LA OBRA	
36.-		NORMAS GENERALES COMPLEMENTARIAS DE LA OBRA	

## DESCRIPCIÓN DE LAS ESPECIFICACIONES

### ESPECIFICACIÓN PARTICULAR.- CORTE EN FRÍO DE CARPETA ASFÁLTICA POR UNIDAD DE OBRA TERMINADA.

#### 1.- EJECUCIÓN

En las zonas de Colocación de carpeta asfáltica en y/o donde lo indique el proyecto y/o la supervisión del Aeropuerto; se llevará a cabo corte en frío con espesor variable.

El corte en frío de la carpeta y la extracción del producto obtenido deberá efectuarse empleándose como equipo básico, una perfiladora del tipo Roto Mill PR-750 o el similar que proponga el contratista, previa aprobación por parte de la Supervisión del Aeropuerto; la perfiladora deberá contar con un dispositivo para control automático de los niveles de perfilado. El equipo también contará con mecanismos para recoger y cargar el producto del corte; con mandril nivelado y puntas de corte en buen estado, lo cual será verificado previo al inicio de los trabajos por la supervisión del Aeropuerto; el producto del corte deberá ser retirado a una distancia no mayor de cinco kilómetros (5.0), evitando dañar el pavimento en las áreas adyacentes.

Conforme se avance en el corte de la carpeta se irán perfilando las superficies de la misma, respetando el trazo de proyecto. La superficie fresada resultante, no deberá presentar surcos, depresiones o escalones, ya que en su caso, el Aeropuerto, exigirá la colocación de una plantilla de concreto asfáltico, con el espesor necesario y sin costo adicional para el propio Aeropuerto.

Fuera de las áreas de corte en frío que se indican en el proyecto, en su caso, se removerá el hule adherido en las superficies pavimentadas proveniente de los neumáticos de las aeronaves y se suprimirán las marcas de pintura del señalamiento horizontal existente, empleando medios mecánicos tales como desbastadoras, pulidoras de disco, chiflones de aire, agua o cualquier otro recurso que apruebe y considere apropiado el Aeropuerto. En ningún caso deberán utilizarse solventes para los propósitos antes mencionados, que pudieran afectar las capas asfálticas existentes o las que se construirán sobre dicha superficie.

Una vez efectuado el corte en frío con los niveles de proyecto y en caso de que se continúen presentando grietas estas se calafatearán; si su abertura es mayor de 3 mm se procederá previamente a la limpieza de las mismas con aire a presión, empleando una mezcla de cemento asfáltico del tipo AC-20, aserrín de hule y polietileno, vaciado en caliente, eliminando los excesos para evitar que una vez enfriado el producto, queden bordes. En aberturas mayores a 10 mm, se empleará la mezcla anterior y el mismo procedimiento, pero además, adicionándole arena fina, hasta darle una consistencia apropiada.

Dosificación aproximada que deberá utilizarse :

Para grietas entre 3 y 10 mm :

Cemento Asfáltico AC-20	40 Kg (83.00 % de la mezcla )
Aserrín de hule de cachete de llanta	3 Kg ( 6.25 % de la mezcla )
Polietileno	5 Kg (10.75 % de la mezcla )

Para juntas mayores de 10 mm, a la mezcla anterior deberá agregarse 10 kg de arena fina libre de impurezas.

Para dar por terminado el perfilado en frío de carpetas asfálticas, se deberá cumplir con las siguientes tolerancias :

- a) Niveles de la superficie fresada -0.5 cm.
- b) Ancho del corte, del centro de línea a la orilla + 1.0 cm.

Se considerará como desperdicio el material producto del corte en frío efectuado en la carpeta asfáltica, el cual deberá de transportar de inmediato y depositar en el sitio de tiro que indique previamente el Aeropuerto, dentro de los límites del mismo Aeropuerto.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## **2.- MEDICION**

El corte en frío de carpeta asfáltica, por unidad de obra terminada se medirá tomando como unidad el metro cúbico de carpeta cortada y no se considerará ningún abundamiento. Los volúmenes de corte en defecto, respecto a la sección de proyecto, serán rechazados por la Supervisión del Aeropuerto y los que se ejecuten en exceso, fuera de las tolerancias especificadas, serán eximidos del pago respectivo. Los volúmenes se cubicarán en el corte mismo, por medio de seccionamiento y siguiendo el método del promedio de áreas extremas.

## **3.- BASE DE PAGO**

El corte en frío de carpeta asfáltica, por unidad de obra terminada, se pagará al precio fijado en el contrato para el metro cúbico de corte de concreto asfáltico. Este precio unitario incluye lo que corresponda por : preparación de la superficie de rodamiento actual, donde lo indique el Aeropuerto, consistente en la remoción de hule adherido en la superficie y las marcas de pintura del señalamiento horizontal existente en su caso, así como la eliminación de todo material extraño; la herramienta que se emplee en estas actividades; la adquisición y aplicación del cemento asfáltico, aserrín de hule y/o polietileno para el calafateo de grietas continuas posterior al corte de proyecto: corte en frío de la carpeta asfáltica, extracción, remoción del material, afine de las paredes y fresado de la superficie de desplante descubierta, considerando que los volúmenes de corte en defecto, respecto de la sección de proyecto, serán rechazadas por la supervisión del organismo y los que se ejecuten en exceso, fuera de las tolerancias establecidas, serán eximidos del pago respectivo; carga, acarreo y descarga a un sitio de tiro dentro del lindero del Aeropuerto, a una distancia de cinco kilómetros (5.0 ) del centro de gravedad del corte al sitio del tiro; los tiempos de los vehículos empleados en los transportes durante las cargas y las descargas, tendido, acomodo y conformación del material en el sitio del tiro mediante motoconformadora, debiéndose considerar en este concepto lo que corresponda por el equipo y operación del alumbrado en las actividades nocturnas y todo lo relacionado para la correcta ejecución del trabajo a entera satisfacción del Aeropuerto.

## **RIEGO DE LIGA CON EMULSION ASFALTICA DE ROMPIMIENTO RAPIDO DEL TIPO RR-2K, POR UNIDAD DE OBRA TERMINADA**

### **1.- EJECUCION**

En el área de colocación de carpeta asfáltica y/o donde lo indique el proyecto y/o la supervisión del Aeropuerto, posterior al corte en frío previo barrido y sopleteado de la superficie, antes de la colocación de la carpeta asfáltica, con el objeto de impermeabilizarlas y favorecer su adherencia, se dará un riego de liga con emulsión asfáltica de rompimiento rápido del tipo RR-2K, a razón de 0.80 lt/m<sup>2</sup>. Cabe hacer mención que antes de llevar a cabo los riegos, deberá efectuarse el calafateo de grietas, tal y como se describe dentro de la especificación particular que se tiene para tal caso.

Previo al riego de liga, en las zonas donde indique el proyecto y no se lleve a cabo el corte en frío, previo a la colocación de la carpeta asfáltica, deberá utilizarse equipo mecánico para llevar a cabo el picado de amarre (“chayote” propulsado o autopropulsado) previa aprobación del equipo por parte de la supervisión del Aeropuerto. Posteriormente, dicha zona deberá ser limpiada mediante barrido y sopleteado energético con aire a presión.

Si la superficie se hubiere deteriorado o destruido, esta deberá reacondicionarse para dejarla de acuerdo con lo previsto en el proyecto y/o ordenado por el Aeropuerto.

La aplicación del riego asfáltico deberá efectuarse a la temperatura ambiente, pero nunca inferior a cinco grados centígrados (5 ° C) empleando para tal objeto una petrolizadora en condiciones mecánicas satisfactorias, previa aprobación de dicho equipo por parte de la supervisión del Aeropuerto.

La superficie tratada deberá presentar un aspecto uniforme, sin encharcamientos. Si llegara a formarse áreas con exceso de asfalto se eliminará éste con cepillos de raíz a plena satisfacción de la supervisión del Aeropuerto. Sobre la superficie así tratada se construirá la carpeta asfáltica antes de que pudiera contaminarse con materias extrañas, polvo o basura. Cualquier desperfecto que se origine por estas u otras causas, deberá ser reparada antes de la colocación de la carpeta asfáltica, sin ningún costo adicional.

La emulsión de rompimiento rápido del tipo RR-2K, deberá cumplir con las siguientes características :

### **CARACTERISTICAS**

#### **PRUEBAS AL PRODUCTO ASFALTICO**

- Viscosidad Saybolt-Furol, a 50 °C:
- Residuo de la destilación, por ciento en peso:
- Asentamiento en 5 días, diferencia en por ciento:
- Retenido en malla No. 20, por ciento:
- Carga de la partícula:
- Disolvente en volumen, por ciento:

#### **PRUEBAS AL RESIDUO DE LA DESTILACION**

- Penetración, 25 °C, 100 g, 5 segundos:
- Ductilidad, a 25 °C:
- Solubilidad en tricloroetileno de carbono, por ciento:

### **NORMA**

#### **RR-2K**

- 20-100 segundos
- 60 mínimo
- 5 máximo
- 0.10 máximo
- Positiva
- 3 máximo
- 100-250, grados
- 40 cm, mínima
- 97.5, mínima

Previo a la colocación del riego de liga, se deberá presentar los resultados de laboratorio del muestreo de la emulsión a utilizar, a la supervisión del Aeropuerto, para verificar que cumpla con las características solicitadas y en base a esto decidir su aceptación o rechazo. El contratista deberá proporcionar datos sobre la planta de emulsiones que le suministre el producto y garantizar su calidad cumpliendo con las especificaciones inherentes. En donde lo indique el proyecto y/o la supervisión del Aeropuerto, en las zonas donde sea necesario colocar dos (2) o más capas de mezcla asfáltica, se dará un riego de liga de emulsión asfáltica con las mismas características arriba mencionadas, pero la dosificación será a razón de 0.3 lt/m2.

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**



## **2.- MEDICION**

El riego de liga, por unidad de obra terminada, se medirá en el depósito de la petrolizadora, el volumen se obtendrá mediante mediciones antes y después del riego, con un dispositivo previamente calibrado, tomando como unidad el litro de emulsión pura y se pagará, al precio fijado en el contrato para el litro de emulsión pura.

## **3.- BASE DE PAGO**

En la elaboración de su precio unitario el contratista deberá considerar que el pago se efectuará por litro de emulsión pura aplicada. Este precio unitario incluye lo que corresponda por: valor de adquisición de la emulsión; limpieza de tanque en que se transporte, arrastre en la planta de producción del material y en el lugar de destino; carga al equipo de transporte, transporte al lugar de almacenamiento; descarga en el depósito; cargo por almacenamientos; carga del depósito al equipo de transporte; protección de las estructuras existentes o parte de ellas, precauciones para no mancharlas, así como de otros elementos adyacentes a las áreas por regar para no mancharlos; aplicación de los riegos con emulsión pura en las formas fijadas; todas las operaciones de calentamiento y bombeo requeridas; los tiempos de los vehículos empleados en el transportes y riego durante las cargas y las descargas; picado de amarre con "chayote" propulsado o autopropulsado; limpieza, sopleteado y barrido de la superficie, el retiro del producto del barrido; los acarrees necesarios del almacén al lugar de utilización; equipo y operación para el alumbrado de las actividades nocturnas y todo lo necesario para la correcta ejecución de los trabajos, a satisfacción del Aeropuerto.

## **CARPETA DE CONCRETO ASFALTICO, POR UNIDAD DE OBRA TERMINADA**

### **1.-EJECUCION**

En el área de colocación de carpeta asfáltica y/o donde lo indique el proyecto y/o la supervisión del Aeropuerto, posterior a la aplicación del Riego de Liga se procederá a colocar una carpeta de concreto asfáltico elaborada en planta y colocada en caliente, compactada al noventa y cinco por ciento (95 %) de su P. V. M. M. (Peso Volumétrico Máximo Marshall) ; el tamaño máximo del agregado será de diez y nueve (19.0) milímetros y no se permitirá un contenido de partículas blandas (calcita, lutita, etc.) en un porcentaje no mayor del tres por ciento (3 %) en peso del material pétreo.

No se permitirá la colocación de capas mayores de diez centímetros (10.0 cm.) sueltos, si ello se presentara en el proyecto, deberán colocarse capas sucesivas. La superficie de rodamiento deberá tener una textura y acabado uniformes, además de estar bien nivelada, conforme a las pendientes longitudinales y transversales de proyecto, por lo que el contratista deberá contar con personal técnico capacitado y equipo especial adecuado para cumplir con estos trabajos. Con relación a las pendientes transversales, se deberá garantizar que los cambios de pendiente se realicen de acuerdo a proyecto; así mismo se deberá poner especial cuidado en la transición que se efectuó de acuerdo a proyecto en la intersección de pista auxiliar con pistas principales y/o rodajes.

En caso de iniciar lluvia, el tendido deberá suspenderse inmediatamente sin argumentar que se tiene bajo riesgo de la contratista. Se debe tener especial cuidado en las zonas de unión con la carpeta existente, la cual tendrá la misma rasante, dando continuidad a las pendientes longitudinales y transversales existentes, sin que esto sea motivo de costo adicional para el Aeropuerto.

Para el suministro de la mezcla asfáltica, el licitante deberá tomar en cuenta lo siguiente :

Con el fin de garantizar la producción de la mezcla asfáltica, el licitante deberá acreditar la propiedad de la planta de asfalto, el estado jurídico del sitio donde se encuentren instalados, producción diaria y mensual de su planta con una producción mínima comprobable de 120 ton/hora y la calidad de la mezcla asfáltica producida para lo cual deberá contar en planta con un laboratorio de control de calidad. El contratista deberá tener en planta un lote de refacciones suficientes que garanticen el funcionamiento continuo de la planta de asfalto.



* Contracción Lineal :	(Dos por ciento )	2 % máximo
* Desgaste de la prueba de " Los Ángeles " :		40 % máximo
* Partículas alargadas y/o en forma de Laja		35 % máximo
* Equivalente de arena :	(setenta por ciento )	70 % mínimo
* Partículas trituradas :	(setenta por ciento )	70 % mínimo
* Densidad :	(dos punto cinco )	2.5 mínimo

Quando la muestra esté constituida por material heterogéneo y se tengan dudas de la calidad de algunos materiales, el Aeropuerto, podrá efectuar pruebas de desgaste de los Ángeles por separado del material sano y del material alterado o de diferente origen, así como pruebas en muestra constituida por ambos materiales, en la que estén representados en la misma proporción en que se encuentren en el banco o en la que vayan a ser utilizados. En ninguno de los casos mencionados se deberán tener desgastes mayores de cuarenta por ciento ( 40 % ).

En el caso de que se tengan dudas acerca de la calidad de los materiales pétreos, a juicio del Aeropuerto, se llevará a cabo la determinación de la pérdida por intemperismo acelerado, la cual no deberá ser mayor de doce por ciento (12 %), en el entendido que esta característica no excluye las mencionadas anteriormente.

El material pétreo deberá satisfacer al menos dos (2) de los siguientes requisitos para afinidad con el asfalto :

- Desprendimiento por fricción : (veinticinco por ciento ) 25 % máximo
- Cubrimiento con asfalto por el método inglés : (noventa por ciento ) 90 % mínimo
- Pérdida de estabilidad por inmersión en agua : (veinticinco por ciento ) 25 % máximo

El Aeropuerto no aceptará material producto de escoria para la elaboración de la carpeta asfáltica.

Mezcla asfáltica : El producto de la mezcla asfáltica y el control durante su elaboración se hará mediante el procedimiento Marshall, compactando los especímenes en el laboratorio

MEZCLA CON  
FALLA DE ORIGEN

con 75 golpes por cara a 145 °C y la dosificación estará dada por el contratista bajo su responsabilidad.

Se cumplirá con las tolerancias de granulometría especificadas, por lo que en caso de utilizar una planta de producción continua, está deberá de contar con el número adecuado de tolvas en frío para este fin.

El concreto asfáltico deberá cumplir con los requisitos que se indican a continuación :

Estabilidad :	700.	kg. mínimo
Flujo :	2 - 4	mm.
Vacíos en la mezcla :	3 - 5	%
Permeabilidad en la carpeta :	10	% máximo

En campo la mezcla se compactará al 95 % como mínimo del Peso Volumétrico Máximo de la prueba Marshall. La permeabilidad en la carpeta deberá ser menor a 10 % (Diez por ciento).

En caso de que existan dudas acerca de la calidad de los materiales pétreos utilizados en la elaboración de la mezcla, a juicio del Aeropuerto, se llevará a cabo el lavado de la mezcla asfáltica y posteriormente a los pétreos obtenidos se les realizará la prueba de desgaste y pérdida por intemperismo acelerado, las cuales no deberán tener valores mayores del 40 % (cuarenta por ciento) y del 12 % (Doce por ciento) respectivamente, en el entendido que estas características no excluyan las mencionadas anteriormente.

Para aceptar la carpeta asfáltica se considerarán las siguientes tolerancias en su geometría :

#### **PARAMETRO**

#### **TOLERANCIA**

Niveles	+ - (más . menos ) 0.5 cm.
Espesores	+ - (más . menos ) 0.5 cm.
Profundidad de las depresiones	0.5 cm. máximo

TRABAJOS CON  
FALLA DE ORIGEN

La profundidad de las depresiones se determinará colocando una regla de 5.0 m. de longitud, paralela y normal al eje longitudinal, el contratista deberá considerar una regla y la operación de la misma por cada equipo de tendido.

Las capas de concreto asfáltico se deberán construir con el espesor y las dimensiones que indique el proyecto, dándole una compactación mínima del 95 % respecto al peso volumétrico máximo obtenido mediante la prueba Marshall.

Las actividades de fabricación de la mezcla asfáltica, transporte, tendido y compactación; deberán sujetarse a lo indicado en el Libro 3 Normas para Construcción e Instalaciones Parte 3.01 Carreteras y Aeropistas, Título 3.01.03 Pavimentos, Capítulo 3.01.03.081 de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (S.C.T.), Edición 1983, para el caso de carpetas de concreto asfáltico.

Deberá ponerse cuidado especial en la construcción de las juntas longitudinales , transversales y las juntas en la transición de pista con rodajes y/o rodajes con plataforma.

Cabe hacer mención que de ninguna manera se permitirá la colocación de carpeta sobre pintura y/o caucho para lo cual la empresa deberá realizar la remoción con equipo abrasivo, el cual será propuesto al Aeropuerto, para su aprobación; el costo de estos trabajos deberá incluirse tal y como se describe dentro de la especificación particular correspondiente.

En las zonas donde existan lámparas de rasante de umbral, lámparas elevadas, pozos de visita y registros eléctricos, posterior al tendido de la carpeta asfáltica, el contratista deberá considerar el descubrimiento de dichas instalaciones, así como el relleno de éstas mismas después de su renivelación, debiendo prorratearlas en el precio de la carpeta asfáltica.

La carpeta asfáltica, se colocará en horarios que indiquen las Autoridades de la Dirección General de Aeronáutica Civil y/o la supervisión del Aeropuerto , sin embargo deberá considerarse que en las zonas donde la carpeta quede como superficie de rodamiento ( pista y/o rodaje ), los tendidos de carpeta asfáltica deberán ser con una longitud mínima de cien metros (100.0 mts ) y a todo lo ancho que marque el proyecto.

En las zonas de colocación de carpeta asfáltica en pista y/o donde lo indique el proyecto, posterior a la colocación de carpeta asfáltica y al término de cada jornada de trabajo, se deberá colocar el señalamiento horizontal provisional con pintura simple, mismo que deberá ser considerado en el análisis del precio unitario para la carpeta asfáltica.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Los bancos de materiales para la elaboración de la carpeta asfáltica serán propuestos por el contratista y quedarán sujetos a la aprobación del Aeropuerto, en caso de rechazo éste no aceptará ninguna reclamación para la modificación de los precios unitarios de esta licitación. Estos bancos deberán indicarse claramente en su propuesta, anexando antecedentes de calidad que garanticen el cumplimiento de los requisitos especificados.

Para el tendido de carpeta y acabado superficial de la carpeta, el contratista deberá tener especial atención ya que el organismo será muy estricto en verificar que se cumpla con los niveles de la rasante del proyecto, la textura de la carpeta deberá ser uniforme y no deberá presentar zonas clasificadas. En su caso el Aeropuerto determinará el procedimiento de construcción que garantice la correcta ejecución de los trabajos, sin que ello signifique incremento en los precios unitarios o reclamación alguna del contratista.

Para la compactación de la carpeta asfáltica no se permitirá el uso de equipos remolcados o jalados con tractor agrícola, solo se permitirá el uso de equipos de compactación autopropulsados.

En Zonas de colocación de carpeta asfáltica en pista y/o donde lo indique la supervisión del Aeropuerto, al interrumpir los trabajos se deberán construir rampas con el uno por ciento (1.0 %) de pendiente máxima para evitar daños en las aeronaves, ya que el Aeropuerto estará en operación; estas rampas serán prorateadas en el precio unitario de la carpeta, el Aeropuerto, no aceptará cobro adicional por estos trabajos, así mismo por el corte de dichas rampas, su acarreo y limpieza del área, que deberán realizar al proseguir con los trabajos.

Dentro del procedimiento constructivo para garantizar cumplir con los niveles de la rasante de proyecto, el Aeropuerto, exigirá el uso de sensores electrónicos para el tendido de carpeta asfáltica, sin que ello signifique incremento en el precio unitario o reclamación alguna del contratista.

El contratista deberá hacer una investigación a fondo de las características de los agregados pétreos, ya que de ser necesaria la utilización de algún aditivo para la elaboración de la mezcla asfáltica, el Aeropuerto, exigirá su empleo sin que esto sea motivo de reclamación.

La carpeta deberá tener un acabado final de tal manera, que el promedio general del índice de perfil de la rasante rehabilitada, en cualquier zona de la pista, sea menor de quince (15) pulg./milla y que en ningún tramo de 160.0 metros sea mayor a veinte (20) pulg./milla. En

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

tal caso, el contratista deberá garantizar dicha especificación, mediante un estudio de evaluación que realice al terminar los trabajos de rehabilitación de pista, considerando los requerimientos establecidos en la norma ASTM E-1274, en cuanto a equipo (Perfilógrafo Longitudinal) y procedimiento de cálculo, en este último caso, se considerará una banda de tolerancia (Blanking Band) de dos décimas (0.2) de pulgada.

El índice de perfil se determinará realizando mediciones en líneas paralelas al eje del elemento (pista), y se considerará una línea por franja de tendido.

Para permitir el frenado eficiente de las Aeronaves, la textura del pavimento terminado en los tramos rehabilitados de la pista, deberá presentar una resistencia al rozamiento igual o mayor de siete (7.0) décimas, al medirse con el equipo Mu - Meter en condiciones de pavimento mojado y a una velocidad de setenta y cinco kilómetros por hora (75.0 km/hr); las mediciones se realizarán en cuatro (4) ejes paralelos a una distancia de tres metros (3.0 mts.) y seis metros (6.0 mts.) a cada lado de la pista, lo cual una vez terminados los trabajos, se verificará con el equipo que proponga el contratista previa aprobación por parte de la Supervisión del Aeropuerto.

## **2.- MEDICION**

Las carpetas asfálticas por unidad de obra terminada, se medirá tomando como unidad el metro cúbico (m<sup>3</sup>) de capa compactada. Los volúmenes de carpeta construida se cubicarán por medio de seccionamiento y con el espesor real de la capa medida dentro del proyecto, siguiendo el método del promedio de áreas extremas. No se considerará abundamiento, no se medirán los volúmenes excedentes a los de proyecto, ni se medirán los volúmenes en exceso ocasionados por las tolerancias señaladas.

## **3.- BASE DE PAGO**

La carpeta de concreto asfáltico, por unidad de obra terminada, se pagará al precio fijado en el contrato para el metro cúbico. Este precio unitario incluye lo que corresponda por: derechos y regalías para la explotación y despulme de bancos; extracción del material aprovechable y del desperdicio cualquiera que sea su clasificación; instalaciones y

IMPRESO CON  
FALLA DE ORIGEN



desmantelamiento de la planta; alimentación de la planta; cribados, desperdicios de los cribados, trituración total o parcial; lavado, cargas y descargas de los materiales; todos los acarrees necesarios para los tratamientos y los desperdicios de ellos; arrastres y acarrees de la planta de producción a la planta de mezclado; formación de los almacenamientos, secado del material pétreo y clasificación, separándolos por tamaños, dosificación y calentamiento; mezclado de los materiales pétreos con el cemento asfáltico; carga de la mezcla asfáltica, acarreo de la planta de producción al centro de gravedad del tendido; descarga; todas las operaciones para el tendido y compactación de cada capa al grado fijado en el proyecto; chaffanes en las orillas de la carpeta y acabados con rodillo liso; los tiempos de los vehículos empleados durante los acarrees y descargas; rampas para interrupciones de los trabajos y corte de las mismas; arrastres de la planta de producción del material al lugar de destino; carga del equipo de transporte, transporte al lugar del almacenamiento fijado, descarga en este lugar, cargo por almacenamiento, acarreo del depósito a la planta mezcladora e incorporación de esta a los materiales pétreos; protección a las estructuras o partes de ellas, y precauciones para no mancharlas durante la construcción; todas las operaciones de calentamiento y bombeo requeridas y los tiempos de los vehículos empleados en los transportes durante las cargas y descargas; aditivos en su caso; suministro y colocación de pintura simple para señalamiento horizontal provisional en pista, posterior a la colocación de carpeta asfáltica, equipo y operación para el alumbrado de las actividades nocturnas; materiales, equipos y mano de obra para efectuar los estudios al término de los trabajos de rehabilitación de índice de perfil y coeficiente de rugosidad y todo lo necesario para la correcta ejecución de los trabajos, a satisfacción del Aeropuerto.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## **CEMENTO ASFALTICO AC-20 EN CONSTRUCCION DE CARPETAS POR UNIDAD DE OBRA TERMINADA.**

### **1.- EJECUCION**

El producto asfáltico a emplear será cemento asfáltico del tipo AC-20, mismo que deberá cumplir con las normas ASTM de calidad vigentes y por las establecidas para materiales por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes ; además, deberá cumplir con las pruebas siguientes :

#### **PRUEBAS EN EL PRODUCTO ASFALTICO**

Penetración en grados, 25 ° C, 100.0 gms., 5; grados	60	mínimo.
Penetración 4° C 200gms. 60 seg.	10	mínimo.
Ductilidad a 25 °C, 5 cm/min, cm.	1.0	mínimo.
Ductilidad a 4 °C, 5 cm/min, cm.	5.0	mínimo.
Viscosidad Saybolt Furol	12.0	mínimo.
Viscosidad Absoluta 60 °C Poises	1,600	mínimo.
Viscosidad Cinemática 135 °C Centistokes	300	mínimo.
Viscosidad Brookfield Tipo Hake 135 °C C.P.	2,000	mínima
Punto de Reblandecimiento Anillo y Esfera °C	46	mínimo
Punto de inflamación (copa de Cleveland) : °C	232	mínimo.
Pérdida por calentamiento TFOT: en por ciento	1.0	máximo.
Solubilidad (en tricloroetileno); por ciento	99	mínimo.

Para la elaboración de la mezcla asfáltica, durante todo el transcurso de la obra únicamente se permitirá la utilización de un solo tipo de producto asfáltico a fin de garantizar un comportamiento homogéneo de la carpeta asfáltica.

**SEALADO CON  
FALLA DE ORIGEN**

## 2.- MEDICION

El cemento asfáltico utilizado en la construcción de carpetas se medirán tomando como unidad el kilogramo y se pagará al precio fijado en el contrato para el kilogramo.

## 3.- BASE DE PAGO

Este precio unitario incluye lo que corresponda por : valor de adquisición, limpieza del tanque en que se transporte, arrastres en la planta de producción del material y en el lugar de destino, carga al equipo de transporte, transporte al lugar de almacenamiento, carga en el depósito al equipo de transporte, acarreo al lugar de utilización, protección a las estructuras o parte de ellas y precauciones para no mancharlas, aplicación del material asfáltico en la forma en que se fije, todas las operaciones de calentamiento y bombeo que se requieran y los tiempos de los vehículos empleados en los transportes y riego durante las cargas y descargas, equipo y operación de alumbrado y todo lo necesario para la correcta ejecución de este concepto a satisfacción del Aeropuerto.

## CALAFATEO DE GRIETAS Y RIEGO DE TAPONAMIENTO POR UNIDAD DE OBRA TERMINADA

### 1.- EJECUCIÓN

En pistas y/o donde se requiera ó lo ordene la supervisión del Aeropuerto, antes de iniciar con el riego de taponamiento, se deberá efectuar el calafateo de juntas y grietas. Previo a la ejecución de éstos trabajos, se deberán limpiar las juntas y grietas del polvo y materias orgánicas, mediante sopleteo con equipo neumático, posteriormente se procederá al calafateo de las juntas y grietas con una mezcla elaborada con la dosificación aproximada de los siguientes productos :

a) Para grietas entre 3 y 10 milímetros.		
- Cemento asfáltico AC - 20	40 Kg.	83.00 %
- Aserrín de hule de cachete de llanta	3 Kg.	6.25 %
- Polietileno	5 Kg.	10.75 %

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

b) Para grietas y/o juntas mayores de 10 milímetros a la mezcla anterior, deberá agregarse 10 Kg. de arena fina libre de impurezas. Los diferentes productos mencionados anteriormente se deberán mezclar a una temperatura del orden de 180 a 200 °C. La mezcla así obtenida deberá aplicarse inmediatamente ya que se solidifica rápidamente.

Para la aplicación de la mezcla utilizada en el calafateo y sellado de juntas y/o grietas se deberán emplear inyectores a presión, efectuando el trabajo hacia arriba para evitar que queden vacíos atrapados y eliminando el excedente para evitar irregularidades en la superficie.

Posterior al calafateo de juntas y grietas se procederá a la aplicación del riego de taponamiento mediante una mezcla compuesta de emulsión de rompimiento rápido y agua, la proporción del agua y emulsión será de 80 % y 20 % respectivamente y la dosificación de dicha mezcla por metro cuadrado de 0.5 a 0.6 litros. Dichas dosificaciones y proporciones se deberán afinar en el campo mediante tramos de prueba fuera de la pista o áreas a aplicar, por parte del residente de obra de la contratista en coordinación con la supervisión del Aeropuerto, de tal manera de observar el comportamiento de la mezcla aplicada en un solo riego, ya que de ser necesario se deberá aplicar en dos riegos sucesivos, con una dosificación de la mezcla por metro cuadrado de 0.3 litros por cada riego ó la que indique el supervisor del Aeropuerto, sin exceder del límite establecido.

La mezcla de emulsión - agua deberá romper en un tiempo máximo de dos horas, para lo cual el Aeropuerto, hará las pruebas físicas que considere pertinentes y de tal manera que los neumáticos del equipo empleado para dichas verificaciones no se impregnen con la emulsión; el segundo riego en caso de ser necesario se aplicará una vez que haya fraguado la emulsión del primer riego.

Para el Riego de taponamiento se empleará una emulsión asfáltica de rompimiento rápido, del tipo RR-2K, que cumpla con los requisitos siguientes :

#### **CARACTERISTICAS**

#### **NORMA**

#### **PRUEBAS AL PRODUCTO ASFALTICO**

#### **RR-2K**

- Viscosidad Saybolt-Furol, a 50 °C:

20 – 100 segundos

TRABAJOS CON  
FALLA DE ORIGEN

- Residuo de la Destilación; por ciento en peso :	60 mínimo
- Asentamiento en 5 días; diferencia en por ciento :	5 máximo
- Retenido en malla Núm. 20; por ciento :	0.10 máximo
- Carga de la partícula :	Positiva
- Disolvente en volumen; por ciento :	3 % máximo

## **PRUEBAS AL RESIDUO DE LA DESTILACION**

- Penetración, 25°C, 100g, 5 segundos :	100 – 250 grados
- Ductilidad, a 25 °C :	40 cm, mínima
- Solubilidad en tricloroetileno de carbono; por ciento:	97.5 mínima

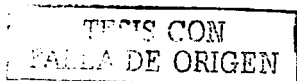
Los trabajos anteriormente mencionados se llevarán a cabo protegiendo el señalamiento horizontal, lámparas de borde, así como otros elementos adyacentes a las áreas por tratar, para no mancharlas, en caso de manchar los citados elementos, éstos tendrán que ser desmanchados y/o repintados sin cargo extra para el Aeropuerto.

En caso de existir zonas erosionadas y/o descamadas en la superficie del pavimento donde se aplicará el Riego de Taponamiento; se aplicará un mortero asfáltico elaborado con arena fina y emulsión, cuyo costo deberá ser prorrateado en el precio unitario del litro de emulsión.

En la elaboración de su precio unitario el contratista deberá considerar que el pago se efectuará por litro de emulsión pura, independientemente de su porcentaje de mezcla con agua para su aplicación.

## **2.- MEDICIÓN .**

El Riego de taponamiento por unidad de obra terminada, se medirá en el depósito de la petrolizadora tomando como unidad el litro de emulsión pura y se pagará, al precio fijado en el contrato para el litro de emulsión pura.



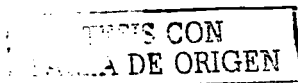
### **3.- BASE DE PAGO**

Este precio unitario incluye lo que corresponda al calafateo y Riego de taponamiento con emulsión asfáltica de rompimiento rápido del tipo RR-2K; para el caso del calafateo incluye la adquisición de materiales, transporte al lugar de la obra, calentamiento, mezclado, colocación, sopleteado, retiro de materiales, excedentes, limpieza, acarrees y tratamientos necesarios para su aplicación correcta, así como equipo de alumbrado para trabajos nocturnos. Para el riego de taponamiento por: valor de adquisición de la emulsión; limpieza del tanque en que se transporte; arrastre en la planta de producción del material y en el lugar de destino; carga al equipo de transporte; transporte al lugar de almacenamiento; descarga en el depósito; cargo por almacenamientos; carga del depósito al equipo de transporte; adquisición del agua y su transporte al lugar de la obra; mezcla de los materiales; protección de las lámparas y señalamiento horizontal, así como de otros elementos adyacentes a las áreas por taponar para no mancharlos; aplicación de los riegos sucesivos de taponamiento; todas las operaciones de calentamiento y bombeo requeridas; los tiempos de los vehículos empleados en el transporte y riego durante las cargas y las descargas; los acarrees necesarios del almacén al lugar de utilización; barrido de la superficie; elaboración y aplicación del mortero asfáltico en su caso y todo lo necesario para la correcta ejecución de los trabajos a satisfacción del Aeropuerto

### **SUMINISTRO Y COLOCACION DE MORTERO ASFALTICO DE 6.00 mm. DE ESPESOR POR UNIDAD DE OBRA TERMINADA**

El tendido de mortero asfáltico se aplicará mediante equipo Young o similar en las zonas y espesores siguientes. En donde lo indique el proyecto y/o la supervisión del Aeropuerto, se colocará un mortero asfáltico en una sola capa de 6.0 milímetros de espesor.

Los requisitos que deberán cumplir los materiales para la elaboración del mortero asfáltico son los siguientes:



## MATERIALES PETREOS

El material pétreo empleado en la construcción del mortero asfáltico deberá ser una arena bien graduada (criterio SUCS) y cementantes fino no plástico que cumpla con los requisitos que a continuación se detallan.

De granulometría:

Abertura de malla

(milímetros)

% que pasa

9.6	100
4.75	90-100
2.36	65-90
1.18	45-70
0.60	30-50
0.30	18-30
0.15	10-21
0.075	7-15

- Índice plástico: 7.0 % máximo
- Limite líquido: 30.0 % máximo
- Contracción lineal: 2.0 % máximo
- Equivalente de arena: 60.0 % máximo
- Desgaste determinado de acuerdo con el Método de prueba de abrasión en húmedo: 10.0% máximo
- Desgaste determinado en la prueba de los Ángeles: 35.0% máximo

## MATERIAL ASFALTICO

El producto asfáltico para la elaboración del mortero será una emulsión súper estable de rompimiento controlado, la calidad de este producto es responsabilidad del constructor, con un tiempo de mezclado mínimo de dos minutos (2min.) y un rompimiento entre diez y

HECHO CON  
MATERIAL DE ORIGEN

treinta minutos (10 y 30 min.), así mismo deberá cumplir con los requisitos que fija el Capítulo 5 "Materiales Asfálticos" del Libro VIII (Primera Edición, 1981) de las Normas de construcción de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, a excepción de la penetración del residuo de la destilación; la cual deberá ser de ochenta a cien grados (80 - 100 °C ) de penetración.

### **MEZCLA DE MORTERO**

La dosificación de la emulsión asfáltica, agregados pétreos, agua y filler, cemento o cal estará dada por el contratista bajo su responsabilidad. En caso de ser necesario se adicionará un aditivo retardante o acelerante según se requiera.

La mezcla asfáltica deberá cumplir con lo siguiente:

- Pérdida de abrasión en ensayo por vía húmeda (Prueba W.T.A.T.) : 0.04 gr/cm2 máx.

Adicionalmente se deberá cumplir con lo siguiente:

- Residuo asfáltico: 10.0 a 12.0 % sobre pétreo (mortero 6.0 mm.)
- Agua de amasado: 10.0 a 15.0 % sobre pétreo.
- Agua total : 10.0 a 20.0 % sobre pétreo.

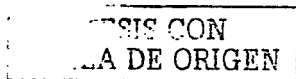
### **1. EJECUCION**

Antes de aplicar el mortero asfáltico sobre la superficie de rodamiento esta deberá estar exenta de materias extrañas o polvo. Previa limpieza de las grietas mediante sopletado y retiro de materia orgánica de las mismas, se procederá al calafateo grietas con una mezcla elaborada con la dosificación aproximada de los siguientes productos :

a) Para grietas entre 3 y 10 milímetros.

- Cemento asfáltico AC - 20	40 Kg.	83.00 %
- Aserrín de hule de cachete de llanta	3 Kg.	6.25 %
- Polietileno	5 Kg.	10.75 %

b) Para grietas y/o juntas mayores de 10 milímetros a la mezcla anterior, deberá agregarse 10 Kg. de arena fina libre de impurezas.





El costo de estos trabajos según sea el caso, será prorrateado en el metro cuadrado de mortero asfáltico. En el momento en que lo indique la supervisión de la empresa y del tal manera que la mezcla asfáltica no sufra desplazamientos, se procederá a compactar la capa mediante 4 a 8 pasadas de un compactador neumático autopropulsado con peso de 4.0 a 6.0 toneladas, con neumáticos completamente lisos y en buen estado.

La capa de mortero deberá estar en condiciones de operación de un máximo de dos horas y de tal manera que los neumáticos de las aeronaves no se impregnen con material asfáltico o partículas de arena. no se permitirá la aplicación de cemento hidráulico sobre la superficie del mortero, salvo autorización expresa de la supervisión del aeropuerto, el cual determinará el porcentaje por aplicar, sin embargo no se reconocerá incremento alguno en el precio.

El precio unitario por metro cuadrado de mortero asfáltico deberá contemplar la eliminación total de las capas de pintura en las marcas de señalamiento horizontal, y/o caucho adherido a la superficie del pavimento con objeto de lograr una buena adherencia entre el mortero y la superficie del pavimento existente.

En caso de requerirse capas adicionales para renivelar depresiones, estas serán ordenadas expresamente por la supervisión del Aeropuerto y su cuantificación se hará por metro cuadrado, la verificación del espesor se llevará a cabo mediante calas.

## **2. MEDICION**

El mortero asfáltico, por unidad de obra terminada, se medirá tomando como unidad el metro cuadrado de superficie tratada y se pagará al precio fijado en el contrato para el metro cuadrado.

## **3.- BASE DE PAGO**

Este precio unitario incluye lo correspondiente por: desmonte y despalle de los bancos; extracción del material aprovechable y del desperdicio, cualquiera que sea su clasificación, en su caso valor de adquisición de los materiales, instalaciones y desmantelamiento de la planta; cribado y desperdicios del cribado; cemento Pórtland; cal

hidratada; emulsión asfáltica; agua; elaboración del mortero asfáltico, cargas y descargas de los materiales; todos los acarrees; barrido de la superficie por tratar; aplicación; derechos de patente, regalías; los tiempos de los vehículos empleados en los transportes durante las cargas y descargas; el calafateo de grietas; equipo de seguridad para trabajos en áreas de operación aeronáutica; aditivos en su caso y compactación; eliminación de señalamiento horizontal, y/o caucho de pista, equipo y operación del alumbrado; y todo lo necesario para la correcta ejecución de este concepto a satisfacción del Aeropuerto.

## **REQUISITOS ADICIONALES PARA LA EJECUCION DE LA OBRA**

También es necesario cumplir con una serie de requisitos adicionales, los cuales se pudiera pensar que son innecesarios o muy exigentes, pero la realidad es que no debemos escatimar ningún requisito adicional si estos están referidos a cumplir con la calidad, seguridad, costo y tiempo de ejecución de las obras de rehabilitación de pavimentos de uso aeronáutico.

1.- A la empresa que se le asigne el contrato, posterior al fallo, deberá presentar un programa de trabajo específico para cada uno de los elementos, precisando las fechas en que se ejecutarán los trabajos. Este programa deberá ser presentado en planta y deberá considerar que se trabajará en horarios diurnos y nocturnos. Este horario podría variar de acuerdo a las necesidades del Aeropuerto o a las disposiciones de las autoridades Aeronáuticas en coordinación con la supervisión del Aeropuerto, (Aproximadamente seis horas como mínimo).

2.- En virtud de que se efectuarán trabajos en un área con reglas y controles de seguridad muy estrictos y restricciones para operación, el contratista está obligado a guardar las normas de seguridad establecidas por la Dirección General de Aeronáutica Civil y el Aeropuerto, durante todo el tiempo que dure esta obra, así mismo deberá incluir en sus indirectos de obra todos los señalamientos provisionales que indiquen las Autoridades Aeronáuticas.

3.- El contratista deberá dotar a sus vehículos y equipos que trabajen en las áreas de operación del Aeropuerto, con balizamientos de protección, consistentes en faros giratorios o cintilantes con luz ámbar, colocadas en la parte más elevada del vehículo o equipo; así como banderas de 90.0 x 90.0 cm. con cuadros rojos y blancos de 30.0 x 30.0 cm.

alternados, con los cuadros rojos colocados en las esquinas, así mismo los equipos de radiocomunicación interna necesarios y deberá considerarlos en sus indirectos.

4.- Los materiales que se utilicen en esta obra, además de las características que se mencionan en estas especificaciones particulares, deberán cumplir con lo indicado en las Normas para la Construcción e Instalaciones y lo indicado en las Normas de calidad de los Materiales, así como las Normas para Muestreo y Pruebas de Materiales, Equipos y Sistemas que la Secretaría de Comunicaciones y Transportes tiene en vigor.

5.- La limpieza general de la obra y de las zonas adyacentes de los trabajos, tanto durante el proceso de la misma como al final para entrega de la obra, deberán considerarse por el contratista como parte de los costos indirectos de sus precios unitarios.

6.- El personal que el contratista emplee en los trabajos objeto de esta obra, deberá estar capacitado para trabajar en áreas de maniobras de Aeropuertos con conocimientos de los reglamentos que existan al respecto. Así mismo, el personal obligatoriamente deberá utilizar el equipo de protección y seguridad para trabajos de este tipo, como chalecos reflejantes, cascos, zapatos, indumentaria, etc., aquel trabajador que no cuente con su equipo de protección y seguridad, no se le permitirá el acceso a las áreas de trabajo y deberá considerar adicionalmente a las personas que irán de visita a la obra, proporcionándoles el mismo equipo completo de protección y seguridad.

7.- El contratista deberá prever y tomar las precauciones necesarias para evitar la caída de desperdicios y/o materiales aprovechables que se transporten en las áreas de operación del Aeropuerto.

8.- En lo relativo al suministro de los materiales, el contratista deberá asegurar que estos estén disponibles en cantidad y calidad suficientes en todo momento, durante el proceso de la obra.

9.- El contratista será responsable de realizar los tramites necesarios por conducto de la Administración del Aeropuerto, para introducir personal al Aeropuerto; cualquier demora en el inicio de los trabajos por negligencia de la propia empresa no justificará reprogramación alguna.

10.- El contratista deberá contemplar en su propuesta que todo el equipo a utilizar deberá estar concentrado en el sitio de los trabajos con dos días previos al inicio de la obra, en perfectas condiciones y con buena imagen (limpio), ya que será revisado por la supervisión

del Aeropuerto, previo al inicio de los trabajos, y en caso de no estar en perfectas condiciones, el contratista deberá reemplazar dicho equipo al momento, sin que ello signifique incremento en los precios unitarios o reclamación alguna por parte del contratista.

11.- En el caso de que la empresa cause daños a las instalaciones del Aeropuerto ( lámparas, señalamientos, etc.) éstos serán reparados por la empresa sin ningún cargo adicional para el Aeropuerto.

12.- La visita en el lugar de la obra, que se indica en las bases; es necesaria para tener un panorama amplio en la elaboración de su oferta.

13.- El contratista deberá tomar en cuenta todo lo indicado en estas especificaciones particulares y Normas Complementarias para elaborar sus precios unitarios y programas de obra, así como el personal necesario para los trabajos a ejecutar, además deberá contemplar la instalación de un laboratorio permanente de campo con el personal calificado, equipo necesario y demás elementos necesarios para el control de calidad de los materiales de construcción y de la ejecución de la obra; el laboratorio deberá instalarlo en la zona donde lo indiquen el Aeropuerto y estos costos deberán ser considerados en sus indirectos.

14.- En su caso, para la preparación de los precios unitarios por acarreo el proponente deberá asegurarse de los costos actuales de las tarifas de acarreo, ya que el organismo no aceptará solicitud alguna de reclamación; así mismo en el análisis de su precio deberá considerar los tiempos de espera de los camiones en los cruces de las áreas operacionales y de los vehículos piloto si es necesario.

15.- Así mismo deberá tomar en cuenta que en los trabajos exclusivamente nocturnos al término de cada jornada, deberá efectuar la limpieza y retiro del equipo de construcción, el cual deberá ser concentrado en el sitio que indique la supervisión del aeropuerto.

16.- El contratista deberá contar e incluir en sus indirectos un seguro de responsabilidad para cubrir daños a terceros en caso de accidentes ocasionados por el equipo o personal de la contratista, este tendrá vigencia en todo el desarrollo de la obra hasta el retiro del equipo del aeropuerto, dicho seguro deberá presentarse al momento de la firma del contrato respectivo una vez que se ha asignado al ganador de la ejecución de la obra.

17.- Para la ejecución de esta obra y la elaboración de los precios unitarios, el contratista deberá considerar que los trabajos serán ejecutados en los horarios de trabajo que autorice la Dirección general de Aeronáutica Civil y/o el Aeropuerto.

18.- Se deberá considerar en sus costos indirectos el personal necesario de vigilancia que será responsable únicamente de vigilar las áreas asignadas por el aeropuerto para equipos, laboratorio de calidad, materiales y cassetas de trabajo. En caso de que la Dirección General de Aeronáutica Civil o el propio Aeropuerto, requieran personal de vigilancia adicional por ser el propuesto insuficiente, este será solicitado a la empresa sin que ello implique cargo adicional alguno para el aeropuerto.

### **NORMAS GENERALES COMPLEMENTARIAS DE LA OBRA**

Dentro de las obras de aeropuertos se contemplan normas generales Complementarias las cuales mencionamos a continuación.

#### **Norma Complementaria General de Construcción e Instalaciones.**

La contratación y ejecución de las obras contenidas en los conceptos de las formas C-1 del Pliego de Requisitos, se sujetarán a las Normas Generales para Construcción e Instalaciones de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) en vigor que se señalan a continuación, así como a los acuerdos internacionales, siempre y cuando no contravengan al Proyecto.

La Normas vigentes para este proyecto serán:

#### **a) Normas para Construcción e Instalaciones**

El libro 3 en su parte 3.01 título:

3.01.01 TERRACERIAS, Edición 1984

3.01.02 ESTRUCTURAS Y OBRAS DE DRENAJE, Edición 1984

3.01.03 PAVIMENTOS, Edición 1983

El libro 4, en su parte 4.01 títulos:

4.01.03 y 4.01.04 Normas de Calidad de los Materiales, Edición 1986

El libro 6 Normas para muestreo y Pruebas de los Materiales, Equipos y Sistemas, parte 6.01 Carreteras y Aeropistas, Título 6.01.04 Pavimentos, capítulo 6.01.04.013 de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (S.C.T.) Edición 1991.

**a) Normas y Métodos Recomendados Internacionalmente**

Aeródromos, anexo 14 al Convenio sobre Aviación Civil Internacional Tercera Edición  
Junio de 1999

Manual de Diseño de Aeródromos (Doc. 9157)

Rodajes y Plataformas Parte 2 Doc.

Pavimentos Parte 3 Doc.

Ayudas Visuales Parte 4. Doc.

**b) Las presentes Normas Complementarias ( N. C. )**

**c) Las Especificaciones Particulares ( E. P. ) del Proyecto**

De existir una discrepancia entre lo indicado en las normas antes mencionadas registrá lo indicado en las Especificaciones Particulares ( E. P. ).

**OBRA POR UNIDAD DE OBRA TERMINADA**

Conjunto de disposiciones y requisitos generales establecidos por el . Aeropuerto, que deben aplicarse en la ejecución y equipamiento de las obras, así como también en la supervisión de los trabajos, comprendiendo la ejecución, la medición y la base de pago de los conceptos de trabajo.

El pago por unidad de obra terminada (P. U. O. T.) se entenderá como la entrega al contratista del importe del concepto de obra que agrupa todas las fases necesarias para la terminación del trabajo, como son: los costos de los materiales y/o equipo de instalación permanente y/o temporal, y todo lo que directa o indirectamente se requiere, los costos de los equipos utilizados para la ejecución de los trabajos incluyendo los tiempos de espera y acarreos en su caso, los cargos por herramienta, equipo de seguridad, incluyendo la instalación, desinstalación y/o conexión de equipos, para la ejecución de la obra hasta su terminación, de acuerdo con el Proyecto, las Normas Técnicas y las Especificaciones Particulares si las hubiese, así como las condiciones climáticas, geológicas y todas las otras características locales, que pueden influir en el costo de la construcción.

Conforme a esta modalidad, al elaborar el precio unitario (P. U.) respectivo, se tomará en cuenta que el contratista tomará en cuenta que tiene libertad de seleccionar el equipo, el

procedimiento de construcción y el de control de calidad que empleará, los cuales deberán ser previamente autorizados por el Aeropuerto.

#### **NORMAS, RECOMENDACIONES E IMPLEMENTOS DE SEGURIDAD.**

##### **a) Implementos de seguridad para el cierre a las operaciones en Pistas, Rodajes y/o en plataforma.**

La empresa deberá contar con bandereros con su respectiva banderola durante las horas de trabajo en los cruces de rodajes con el camino de acceso a la obra, chalecos reflejantes nocturnos y lámparas sordas intermitentes rojo y blanco, una unidad automotor (con funciones de patrulla), para efectuar rondines los días que dure la obra. Esta unidad debe estar especialmente destinada para cumplir con esta función y de uso exclusivo para efectuar estos rondines. Este personal correrá bajo la nómina de la compañía constructora que gane el concurso y estará bajo la dirección y capacitación de la coordinación de las Autoridades correspondientes en el aeropuerto , 24:00 horas antes del inicio de las obras.

##### **b) Implementos de seguridad**

- 1.- Cartulinas de identificación para todos los vehículos que tendrán acceso exclusivamente por las puertas autorizadas.
- 2.- Gafetes para el personal de la empresa contratista, exclusivamente para las áreas y zonas de obra.
- 3.- Banderas a cuadros rojos y blancos para los vehículos invariablemente que tengan nexos con lo relacionado en la obra, las que serán entregadas al operador para su colocación en la parte alta de los vehículos al entrar y retiradas en el momento de su salida o retiro de este aeropuerto.
- 4.- Lámparas cintilantes invariablemente para todas las unidades que tengan movimiento en el interior de este aeropuerto, desde las 19:30 a las 8:00 horas del día siguiente.

## **ANEXO 14 Aeródromos**

También debemos tomar en cuenta las **Normas y Métodos Recomendados (Especificaciones) Internacionales que da el anexo 14** sobre lo que se debe cumplir en el aspecto de los pavimentos de uso aeronáutico, por lo que enunciaremos los más importantes tal y como viene en el libro.

### **Generalidades**

**Nota de introducción.-** El Anexo contiene las normas y métodos recomendados (especificaciones) que prescriben las características físicas y las superficies limitadoras de obstáculos con que deben contar los aeródromos, y ciertas instalaciones y servicios técnicos que normalmente se suministran en un aeródromo. No se tiene la intención que las especificaciones limiten o regulen la operación de una aeronave.

Por lo general, las especificaciones correspondientes a cada una de las instalaciones indicadas en el Anexo 14, Volumen I, se han relacionado entre sí por un sistema de clave de referencia descrito en este capítulo, y mediante la designación del tipo de pista para el que se han de proporcionar, según se especifica en las definiciones. Esto no solo simplifica la lectura del volumen I del Anexo, sino que, en la mayoría de los casos, permite obtener aeródromos cuyas proporciones reúnan las debidas características de eficiencia, cuando se siguen las especificaciones.

En este documento se establecen las especificaciones mínimas de aeródromo para aeronaves con las características de las que están actualmente en servicio o para otras semejantes que estén en proyecto. Por consiguiente, no se tienen en cuenta las demás medidas de protección que podrán considerarse adecuadas en el caso de aeronaves con mayores exigencias. Estos aspectos se dejan en manos de las autoridades competentes para que los analicen y tengan en cuenta en función de las necesidades de cada aeródromo. En el Manual de diseño de aeródromos, Parte 2, se ofrece orientación sobre algunos de los posibles efectos de futuras aeronaves en estas especificaciones.

Debe tomarse nota de que las especificaciones relativas a las pistas para aproximaciones de precisión de las categorías II y III solo son aplicables a las pistas destinadas a ser utilizadas por aviones con número de clave 3 y 4.



El Anexo 14, Volumen I no contiene especificaciones relativas a la planificación general de aeródromos (tales como la separación entre aeródromos adyacentes o la capacidad de los distintos aeródromos) ni las relativas a los aspectos económicos u otros factores no técnicos que deben considerarse en el desarrollo de un aeródromo. El Manual de planificación de aeródromos Parte I, contiene información sobre estas cuestiones.

La seguridad de la aviación es parte integrante de la planificación y operaciones de aeródromos. El Anexo 14, Volumen I, contiene diversas especificaciones destinadas a incrementar el nivel de seguridad de los aeródromos. Las especificaciones sobre otras instalaciones relacionadas con la seguridad figuran en el Anexo 17, y en el Manual de Seguridad de la OACI se facilita orientación detallada a este respecto.

#### **Aplicación**

La interpretación de algunas de las especificaciones contenidas en el Anexo requieren expresamente que la autoridad competente obre según su propio criterio, tome alguna determinación o cumpla determinada función. En otras especificaciones no aparece la expresión "autoridad competente", pero está implícita en ellas. En ambos casos, la responsabilidad de cualquier determinación o medida que sea necesaria, recaerá en el Estado que tenga jurisdicción sobre el aeródromo.

Las especificaciones, a menos que se indique de otro modo en un determinado texto, se referirán a todos los aeródromos abiertos al uso público de acuerdo con los requisitos del artículo 15 del Convenio.

#### **Clave de referencia**

El propósito de la clave de referencia es proporcionar un método simple para relacionar entre sí las numerosas especificaciones concernientes a las características de los aeródromos, a fin de suministrar una serie de instalaciones acroporcuarias que convengan a los aviones destinados a operar en el aeródromo. No se pretende que esta clave se utilice para determinar los requisitos en cuanto a la longitud de la pista ni en cuanto a la resistencia del pavimento. La clave está compuesta de dos elementos que se relacionan con las características y dimensiones del avión. El elemento 1 es un número basado en la longitud del campo de referencia del avión y el elemento 2 es una letra basada en la envergadura del avión y en la anchura exterior entre las ruedas del tren de aterrizaje principal. Una especificación determinada esté relacionada con el más apropiado de los dos elementos de

la clave o con una combinación apropiada de estos dos elementos. La letra o número de la clave dentro de un elemento seleccionado para fines del proyecto está relacionado con las características del avión crítico para el que se proporcione la instalación. Al aplicar las disposiciones del Anexo 14, Volumen I, se indican en primer lugar los aviones para los que se destine el aeródromo y después los dos elementos de la clave.

Se determinará una clave de referencia de aeródromo -número y letra de clave- que se seleccione para fines de planificación del aeródromo de acuerdo con las características de los aviones para los que se destine la instalación del aeródromo.

Los números y letras de clave de referencia de aeródromo tendrán los significados que se les asigna en la tabla 1-1.

El número de clave para el elemento 1 se determinará por medio de la tabla 1-1, columna 1, seleccionando el número de clave que corresponda al valor más elevado de las longitudes de campo de referencia de los aviones para los que se destine la pista.

Nota.- la longitud del campo de referencia del avión se determina únicamente para seleccionar el número de clave, sin intención de variar la longitud verdadera de la pista que se proporcione.

La letra de clave para el elemento 2 se determinará por medio de la tabla 1-1, columna 3, seleccionando la letra de clave que corresponda a la envergadura más grande, o a la anchura exterior más grande entre ruedas del tren de aterrizaje principal, la que de las dos de el valor más crítico para la letra de clave de los aviones para los que se destine la instalación.

Nota.- En el Manual de diseño de aeródromos, Partes 1 y 2, se da orientación a las autoridades para determinar la clave de referencia de aeródromo.

**Tabla 1-1. Clave de referencia de aeródromo**

Elemento 1 de la clave		Elemento 2 de la clave		
Núm. De clave	Longitud de campo de referencia del avión	Letra de clave	Envergadura	Anchura exterior entre ruedas del tren de aterrizaje principal
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
1	Menos de 800 m	A	Hasta 15 m (exclusive)	Hasta 4,5 m (exclusive)
2	Desde 800 m hasta 1,200 m (exclusive)	B	Desde 15 m hasta 24 m (exclusive)	Desde 4,5 m hasta 6 m (exclusive)
3	Desde 1,200 m hasta 1,800 m (exclusive)	C	Desde 24 m hasta 36 m (exclusive)	Desde 6 m hasta 9 m (exclusive)
4	Desde 1,800 m en adelante	D	Desde 36 m hasta 52 m (exclusive)	Desde 9 m hasta 14 m (exclusive)
		E	Desde 52 m hasta 60 m (exclusive)	Desde 9 m hasta 14 m (exclusive)
		F	Desde 65 m hasta 80 m (exclusive)	Desde 14 m hasta 16 m (exclusive)

Para los aviones con más de 80 metros de envergadura se requieren instalaciones especiales y estructuras de pavimentos más precisas dado el peso de los aviones.

### Resumen área de pavimentos.

#### 2.6 RESISTENCIA DE LOS PAVIMENTOS

2.6.2 Se obtendrá la resistencia de un pavimento destinado a las aeronaves de masa en la plataforma (rampa) superior a 5,700 Kg mediante el método del Numero de clasificación de aeronaves --- Numero de clasificación de pavimentos (ACN-PCN), notificando la siguiente información:

- a) El numero de clasificación de pavimentos (PCN);
- b) El tipo de pavimento para determinar el valor ACN-PCN;

TRABAJA CON  
FALLA DE ORIGEN

- c) La categoría de resistencia del terreno de fundación;
- d) La categoría o el valor de la presión máxima permisible de los neumáticos; y
- e) El método de evaluación.

Nota.- En caso necesario, los PCN pueden publicarse con una aproximación de hasta una décima de número entero.

2.6.3 El número de clasificación de pavimentos ( PCN ) notificado indicara 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.

Nota.- Pueden notificarse diferentes PCN si la resistencia de un pavimento esta sujeta a variaciones estacionales de importancia.

2.6.4 El ACN de una aeronave se determinará de conformidad con los procedimientos normalizados relacionados con el método ACN-PCN.

Nota.- Los procedimientos normalizados para determinar el ACN de una aeronave figuran en el Manual de diseño de aeródromos, Parte 3. A título de ejemplo, se han evaluado varios tipos de aeronaves actualmente en uso, sobre pavimentos rígidos y flexibles con las cuatro categorías del terreno de fundación que se indican en 2.6.6 b), y los resultados se presentan en dicho manual.

2.6.5 Para determinar el ACN, el comportamiento del pavimento se clasificará como equivalente a una construcción rígida o flexible.

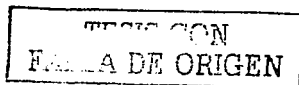
2.6.6 La información sobre el tipo de pavimento para determinar el ACN-PCN, la categoría de resistencia del terreno de fundación, la categoría de presión máxima permisible de los neumáticos y el método de evaluación, se notificarán utilizando las claves siguientes:

- a) Tipo de pavimento para determinar el ACN-PCN:

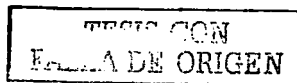
	Clave
Pavimento rígido	R
Pavimento flexible	F

Nota.- Si la construcción es compuesta o no se ajusta a las normas, inclúyase una nota al respecto.

- b) Categoría de resistencia del terreno de fundación:



<b>Resistencia alta:</b>	Para los pavimentos rígidos, el valor tipo es $K = 150 \text{ MN} / \text{m}^3$ y comprende todos los valores de $K$ superiores a $120 \text{ MN} / \text{m}^3$ ; para los pavimentos flexibles el tipo es $\text{CBR} = 15$ y comprende todos los valores superiores a 13.	Clave A
<b>Resistencia mediana:</b>	Para los pavimentos rígidos el valor tipo es $K = 80 \text{ MN} / \text{m}^3$ y comprende todos los valores $K$ entre 60 y $120 \text{ MN} / \text{m}^3$ ; para los pavimentos flexibles el valor tipo es $\text{CBR} = 10$ y comprende todos los valores $\text{CBR}$ entre 8 y 13.	B
<b>Resistencia baja:</b>	para los pavimentos rígidos el valor tipo es $K = 40 \text{ MN} / \text{m}^3$ y comprende todos los valores $K$ entre 25 y $60 \text{ MN} / \text{m}^3$ ; para los pavimentos flexibles el valor tipo es $\text{CBR} = 6$ y comprende todos los valores $\text{CBR}$ entre 4 y 8.	C
<b>Resistencia ultra baja:</b>	Para los pavimentos rígidos el valor tipo es $K = 20 \text{ MN} / \text{m}^3$ y comprende todos los valores $K$ inferiores a $25 \text{ MN} / \text{m}^3$ ; para los pavimentos flexibles, el valor tipo es $\text{CBR} = 3$ y comprende todos los valores $\text{CBR}$ inferiores a 4.	D
c)	Categoría de presión máxima permisible de los neumáticos:	
Alta	sin limite de presión	Clave W
Mediana	presión limitada a 1,50 MPa	X
Baja	presión limitada a 1,00 MPa	Y
Muy baja	presión limitada a 0,50 Mpa	Z
d)	Método de evaluación:	Clave T
<b>Evaluación técnica:</b>	consiste es un estudio específico de las características de los pavimentos y en la aplicación de tecnología del comportamiento de los pavimentos.	
<b>Aprovechamiento de la experiencia en la utilización de aeronaves:</b>	comprende el conocimiento del tipo y masa específica de las aeronaves que los pavimentos resisten satisfactoriamente en condiciones normales de empleo.	U



Nota.- En el siguiente ejemplo se muestra como notificar los datos sobre resistencia de los pavimentos según el método ACN-PCN.

Ejemplo 1.- Si se ha evaluado información que la resistencia de un pavimento rígido apoyado en terreno de fundación de resistencia mediana es de 80 PCN y no hay límite de presión de los neumáticos, la información notificada sería:

PCN 80 / R / B / W / T

Ejemplo 2.- Si se ha evaluado, aprovechando la experiencia adquirida con aeronaves, que la resistencia de un pavimento compuesto que se comporta como un pavimento flexible y se apoya en un terreno de fundación de resistencia alta tiene el PCN 50 y que la presión máxima permisible de los neumáticos es de 1.00 Mpa, la información notificada sería:

PCN 50 / F / A / Y / U

Ejemplo 3.- Si se ha evaluado técnicamente que la resistencia de un pavimento flexible, apoyado de un terreno de fundación de resistencia mediana, es de 40 PCN y que la presión máxima permisible de los neumáticos es de 0,80 Mpa, la información notificada sería:

PCN 40 / F / B / 0,80 MPa / T

Ejemplo 4.- Si el pavimento está sujeto al límite de 390 000 kg. de masa total, correspondiente a la aeronave B 747-400, en la información notificada se incluiría también la siguiente nota.

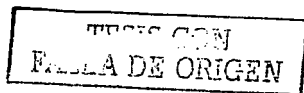
Nota.- El PCN notificado está sujeto al límite de 390 000 kg de masa total, correspondiente a la aeronave B 747-400.

Nota.- En el Adjunto A, Sección 18, se explica en detalle un método simple para reglamentar las operaciones en sobre-carga, mientras que en el Manual de diseño de aeródromos, Parte 3, se incluye la descripción de procedimientos más detallados para evaluar los pavimentos y su aptitud para admitir operaciones restringidas en sobrecarga.

### 3.1 PISTAS

#### Emplazamiento del umbral

3.1.4 Recomendación.- El umbral debería situarse normalmente en el extremo de la pista, a menos que consideraciones de carácter operacional justifiquen la elección de otro emplazamiento.



Nota.- En el Adjunto A, Sección 10, se da orientación sobre el emplazamiento del umbral.

**3.1.5 Recomendación.-** Cuando sea necesario desplazar el umbral de una pista, ya sea de manera permanente o temporal, deberían tenerse en cuenta los diversos factores que pueden incidir sobre el emplazamiento del mismo. Cuando deba desplazarse el umbral porque una parte de la pista este fuera de servicio, debería proveerse una área despejada y nivelada de una longitud de 60 m por lo menos entre el área inutilizable y el umbral desplazado. Debería proporcionarse también, según las circunstancias, una distancia suplementaria correspondiente a los requisitos del área de seguridad de extremo de pista.

Nota.- En el Adjunto A, Sección 10, se da orientación sobre los factores que pueden considerarse en la determinación del emplazamiento de un umbral desplazado.

Longitud verdadera de las pistas

### **3.1.6 PISTA PRINCIPAL**

**Recomendación.-** Salvo lo dispuesto en 3.1.8, la longitud verdadera de toda pista principal debería ser adecuada para satisfacer los requisitos operacionales de los aviones para los que se proyecte la pista y no debería ser menor que la longitud mas larga determinada por la aplicación a las operaciones de las correcciones correspondientes a las condiciones locales y a las características de performance de los aviones que tengan que utilizarla.

Nota 1.- Esta especificación no significa necesariamente que se tengan en cuenta las operaciones del avión crítico con masa máxima.

Nota 2.- Al determinar la longitud de la pista que ha de proporcionarse, es necesario considerar tanto los requisitos de despegue como de aterrizaje, así como la necesidad de efectuar operaciones en ambos sentidos de la pista.

Nota 3.- Entre las condiciones locales que pueden considerarse figuran la elevación, temperatura, pendiente de la pista, humedad y características de la superficie de la pista.

Nota 4.- Cuando no se conocen los datos sobre la performance de los aviones para los que se destine la pista, el Manual de diseño de aeródromos, Parte I, contiene texto de orientación sobre la determinación de la longitud de toda pista principal por medio de la aplicación de los coeficientes de corrección generales.

### **Anchura de las pistas**

3.1.9. Recomendación.- La anchura de toda pista no debería ser menor de la dimensión apropiada especificada en la siguiente tabla:

Letra de clave

Número de clave	A	B	C	D	E	F
1 *	18m	18m	23m			
2 *	23m	23m	30m			
3	30m	30m	30m	45m		
4			45m	45m	45m	60m

\* La anchura de toda pista de aproximación de precisión no debería ser menor de 30 m cuando el número de clave sea 1 ó 2.

Nota 1.- las combinaciones de letras y números de clave para los cuales se especifican anchuras han sido preparadas con arreglo a las características de los aviones corrientes.

Nota 2.- Los factores que afectan las anchuras de pista figuran en el Manual de diseño de aeródromos, Parte 1.

### **Pendientes de las pistas**

#### **3.1.12.1. Pendientes longitudinales**

Recomendación.- La pendiente obtenida al dividir la diferencia entre la elevación máxima y la mínima a lo largo del eje de la pista, por la longitud de esta, no debería exceder del:

- 1% cuando el número de clave sea 3 ó 4; y
- 2% cuando el número de clave sea 1 ó 2.

3.1.13.- Recomendación.- En ninguna parte de la pista la pendiente longitudinal debería excederse del:

- 1.25% cuando el número de clave sea 4, excepto en el primero y el último cuartos de la longitud de la pista, en los cuales la pendiente no debería excederse del 0.8%;



- 1.5% cuando el número de clave sea 3, excepto en el primero y el último cuartos de la longitud de una pista para aproximaciones de precisión de Categoría II o III, en los cuales la pendiente no debería exceder del 0.8%; y
- 2% cuando el número de clave sea de 1 ó 2.

#### **3.1.14 Cambios de pendiente longitudinal**

Recomendación.- cuando no se pueda evitar un cambio de pendiente entre dos pendientes consecutivas, éste no debería exceder del:

- 1.5 % cuando el número de clave sea 3 ó 4; y
- 2% cuando el número de clave sea 1 ó 2.

Nota.- En el Adjunto A, Sección 4, se da orientación respecto a los cambios de pendiente antes de la pista.

#### **3.1.18 Pendientes transversales**

Recomendación.- Para facilitar la rápida evacuación del agua, la superficie de la pista, en la medida de lo posible, debería ser convexa, excepto en los casos en que una pendiente transversal única que descienda en la dirección del viento que acompañe a la lluvia con mayor frecuencia, asegure el rápido drenaje de aquella. La pendiente transversal ideal debería ser de:

- 1.5% cuando la letra de clave sea C, D, E o F; y
- 2% cuando la letra de clave sea A o B;

pero, en todo caso, no debería exceder del 1.5% o del 2% según corresponda, ni ser inferior al 1%, salvo en las intersecciones de pistas o de calles de rodaje en que se requieran pendientes más aplanadas.

Nota .- En pistas mojadas con viento transversal, cuando el drenaje sea defectuoso, es probable que se acentúe el problema debido al fenómeno de acuaplaneo. En el Adjunto A, Sección 7, se da orientación relativa a este problema y a otros factores pertinentes.

Nota .- En el Manual de diseño de aeródromos, Parte 3, se da orientación sobre las pendientes transversales.

### **Superficie de las pistas**

**3.1.23 Recomendación.-** Las mediciones de las características de rozamiento de una pista nueva o repavimentada deberían efectuarse con un dispositivo de medición continua del rozamiento que utilice elementos de humectación automática, con el fin de asegurar que se han alcanzado los objetivos de proyecto, en relación con sus características de rozamiento.

**Nota 1.-** En el Adjunto A, Sección 5, se da orientación respecto a tolerancias de proyecto y otras informaciones. En el Manual de diseño de aeródromos, Parte 3, figura orientación adicional.

**Nota 2.-** En el Adjunto A, Sección 7, se presenta orientación sobre las características de rozamiento de las pistas nuevas. Otros datos de orientación figuran en el Manual de servicios de Aeropuertos, Parte 2.

**3.1.24 Recomendación.-** El espesor de la textura superficial media de una superficie nueva no debería ser inferior a 1 mm.

**Nota.-** En el Manual de servicios de Aeropuertos, Parte 2, se presenta orientación sobre los métodos utilizados para medir la textura de la superficie.

**3.1.25 Recomendación.-** Cuando la superficie sea estriada o escarificada, las estrías o escarificaciones deberían ser bien perpendiculares al eje de la pista o paralelas a las uniones transversales no perpendiculares, cuando proceda.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## **b) Control de calidad**

Para llevar a cabo una rehabilitación de pavimentos de uso aeronáutico es necesario efectuar un control de calidad aceptable en la ejecución de los trabajos, éste control de calidad se lleva a cabo en los materiales pétreos que se emplearán en la obra, en el equipo a emplear y durante el desarrollo de los trabajos de tendido de mezclas asfálticas, morteros, fresados, y todos los elementos que comprenden los trabajos.

En general, las especificaciones que se deben cumplir para la ejecución de los trabajos, nos dan los requisitos detallados en cuanto a los límites de aceptabilidad. Estos requisitos pueden afectar las características de la mezcla asfáltica.

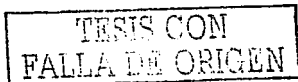
Para llevar a cabo el control de calidad es necesario contar con una empresa externa que lleve a cabo el control de calidad de la obra a la cual se le llama supervisión y sobre la cual gira el control de la obra, esta supervisión es la encargada de elaborar los informes diariamente sobre el avance y la calidad del trabajo, por lo que no referiremos a la supervisión como una parte importante en el desarrollo de una obra de pavimentos, la cual debe empezar y terminar cumpliendo las especificaciones que se marcan en el proyecto a ejecutar.

Dentro de las características que debe tener la supervisión, es la de instalar en la obra un laboratorio de campo para el control de calidad de los materiales, y los resultados los tengamos al día en forma oportuna, así pues daremos una breve explicación de lo que debe hacer una supervisión.

La razón de ser de la supervisión es la necesidad de garantizar el cumplimiento exacto de lo estipulado en los planos y especificaciones de los documentos contractuales.

El concepto de supervisión como se usa en el campo de la construcción, incluye no solo observaciones y mediciones de campo sino también pruebas de laboratorio, con obtención y análisis de resultados. De manera similar el término supervisor se aplica también en muchos casos a individuos clasificados como técnicos de laboratorio encargados de efectuar las pruebas, especialmente en la obra.

Una responsabilidad importante del supervisor consiste en verificar la calidad de los materiales utilizados en la obra, a veces se pueden utilizar fuentes de materiales de baja calidad, en especial como agregados, siempre que sean mejorados o adecuadamente



procesados. Sin embargo los componentes finales utilizados en las mezclas debe ser de la calidad especificada, resulta difícil y rara vez posible el producir concreto asfáltico satisfactorio a partir de materiales inadecuados.

Por otra parte, el principal ingrediente para que la obra quede bien , es una buena mano de obra en cada una de sus etapas constructivas. El verificar esto constituye la mayor responsabilidad del supervisor, las habilidades manuales, la preparación técnica, la motivación y orgullo del trabajo bien hecho contribuyen a una mano de obra de calidad, que es la verdadera clave para lograr que los trabajos queden con buena calidad.

El reto de la calidad ha llevado al establecimiento de empresas de supervisión que vigilen y controlen el campo de la rehabilitación de pavimentos de uso aeronáutico, éstas se desarrollaron a partir de las establecidas originalmente en el pasado por dependencias gubernamentales con el propósito de supervisar las operaciones de los contratistas que constrúan para la dependencia como propietaria.

Hay que resaltar la importancia de las especificaciones las cuales se consideran necesarias para garantizar que la obra se ejecuta con satisfacción, sin embargo, jamás se insistirá demasiado sobre el hecho de que el supervisor se rige estrictamente por los requerimientos de los documentos de diseño que son parte del contrato de obra. En algunas situaciones, los supervisores se guiaran por **los procedimientos aprobados** por la institución que los contrata o por **normas y reglamentos de construcción vigentes**. Es obvio que el organismo contratante debe también proporcionar instrucciones administrativas que incluyan la descripción de las actividades específicas.

Los alcances y responsabilidades de la supervisión en la construcción en general se han diversificado y ampliado de tal forma, que en la actualidad se puede contratar a empresas de supervisión con alguno de estos objetivos:

Representar al propietario y garantizar que reciba en obra lo que esta pagando por ella.

Garantizar el cumplimiento de planos y especificaciones, elaborando los documentos que certifique dicho cumplimiento.

Representar al constructor, como miembro de su equipo y realizar las funciones de supervisor de las operaciones como parte del programa de control de calidad. Esto contribuye a garantizar que el producto terminado cumplirá los requerimientos de los documentos de diseño y que por lo tanto será recibido por el representante del propietario.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Actuar como miembro del equipo de algún fabricante o proveedor de materiales o productos para la construcción en general mas que para algún proyecto específico.

En la organización de la supervisión, independientemente de su clasificación, un equipo de supervisión puede estar formado por varias personas o una sola en proyectos pequeños. La supervisión incluyendo las pruebas puede ser responsabilidad de grupos tales como los siguientes:

Grupo de supervisión dependiente del propietario.

Grupo de supervisión dependiente de una empresa comercial de diseño de ingeniería y arquitectura para trabajar en los proyectos diseñados por la misma.

Grupo de supervisión de un laboratorio comercial contratados para servicios de pruebas y supervisión.

Grupo de supervisión que forma parte del personal del contratista y está entrenado para proporcionar la supervisión y el control de calidad en los proyectos que la empresa construye.

Otro aspecto importante son las responsabilidades del supervisor, las cuales mencionaremos a continuación:

Como representante del propietario.

Como representante del contratista.

Como representante del proveedor.

Como representante de organismos gubernamentales.

Las obligaciones del personal de supervisión pueden variar según el enfoque de una obra, pero lo que realizan con frecuencia es lo siguiente:

Identificación, examen y aprobación de los materiales, incluye la verificación de calidad, con base en los certificados y resultados de pruebas de la calidad, con base en los certificados y resultados de pruebas entregados por los productores y proveedores, lo mismo que el muestreo y prueba de los materiales como se entreguen en obra.

Control del proporcionamiento, dosificación, mezclado y ajustes de la mezcla, pruebas a la misma, contenido de cemento asfáltico temperatura, peso volumétrico, etc..

Revisión del lugar donde se colocará la mezcla asfáltica, la limpieza y demás trabajos previos.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

**Supervisión del mezclado, transportación, colocación, compactación y acabados de la mezcla.**

**Preparación de las pastillas para la elaboración de las pruebas de laboratorio.**

**Revisión de la planta de asfalto, así como del equipo de colocación de la mezcla asfáltica, condiciones climáticas, etc. previos a la colocación de la mezcla asfáltica.**

**Evaluación de los resultados de las pruebas de laboratorio y de sus gráficas.**

**Verificación de que las observaciones y procedimientos inaceptables hechas se hayan corregido**

**Preparación de los reportes e informes detallados.**

**Conclusiones de la supervisión.**

Un aspecto importante y de gran relevancia en la supervisión es la aplicación de las tolerancias, con frecuencia se supone equivocadamente que las tolerancias marcadas por líneas, pendientes, dimensiones y acabados de superficie deben aplicarse en la colocación del proyecto, pero no es así, ya que las tolerancias se aplican únicamente al producto final.

Normalmente el trazo de ejes, niveles y pendientes principales lo realiza o verifica el personal de los diseñadores, el personal de la supervisión verifica la posición, alineamiento, trazo, niveles y demás elementos sobre la mezcla colocada y compactada al término de la jornada de trabajo.

Acceptando el hecho que aun las medidas mas cuidadosas nunca pueden ser exactas, el supervisor debe aplicar su criterio en cuanto a la tolerancia permisible en casos particulares en que las especificaciones no establezcan valores límite o tolerancias permisibles.

Las medidas se deben evaluar con el criterio suficiente para que se puedan aclarar dudas por una autoridad superior.

En cuanto a la seguridad el supervisor debe estar siempre enterado de las normas y reglamentos de seguridad vigentes en especial de los de las autoridades aeroportuarias, ya que estos son estrictos por la naturaleza propia de trabajar en zona federal y en aeropuertos en operación.

Toda situación que represente un riesgo debe ser informado al contratista o a la autoridad correspondiente para su corrección inmediata.

### **c) Programa de obra**

Debido al tiempo restringido de ejecución de la obra, la preparación de los trabajos antes de su inicio es una de las etapas más importantes para su buen desarrollo, por lo tanto se requiere de una planeación agresiva de recursos económicos ya que se utilizan grandes volúmenes de materiales, equipos y mano de obra en periodos de tiempo muy cortos. Para elaborar los programas de obra es necesario conocer el proyecto que se va a ejecutar, volúmenes totales de obra, el período en el cual el cliente quiere que se ejecute la obra, sabiendo que esta rehabilitación es únicamente en turnos nocturnos. Esto representa tiempos más prolongados que si fuera de día, ya que de noche los factores externos e impredecibles a los que se enfrentan los contratistas causan atrasos en los programas originalmente contemplados, aún así los programas que a continuación se presentan están dados en base a la experiencia obtenida en la rehabilitación de pavimentos de aeropuertos en años anteriores. Estos programas y sus conceptos son generales y corresponden a rehabilitaciones con mezcla asfáltica y mortero asfáltico respectivamente.

Actualmente para la rehabilitación de pavimentos de uso aeronáutico se esta considerando que dentro del programa de obra se ejecuten los estudios necesarios para la elaboración del proyecto del mismo aeropuerto, derivado de los estudios se determinara el tipo de intervención que se ejecutará a la pista en cuestión, determinando los tiempos totales en la ejecución de la obra.

Los rendimientos que se tienen en la rehabilitaciones nocturnas bajan considerablemente, por lo que los tiempos de ejecución podrían parecer no adecuadas pero si se toma en cuenta el número de horas que se trabaja realmente y que la pista en rehabilitación tiene que quedar lista a la mañana siguiente éstos son adecuados.

Dada la experiencia que se tiene en este tipo de trabajos, el rendimiento diario no se refleja en metros cúbicos por hora o día según el caso, sino, en metros lineales por noche que se pueda avanzar de acuerdo a las horas asignadas por el aeropuerto entre la última y primera operación que se tiene, que normalmente son del orden de 7 horas máximo.

Esto normalmente se traduce en que si se va a rehabilitar una pista de 3.000 metros y se tiene un rendimiento programado de 100 metros lineales por día, la obra se ejecuta en 30 días, esto a simple vista es correcto, pero con los impredecibles como por ejemplo, lluvias,

descomposturas de equipos, falta de cemento asfáltico, operaciones fuera del tiempo normal, etc. la programación se hace prácticamente al doble es decir se programa en 60 días.

Dentro de los 100 metros programados por día si se considera el volumen por ejecutar para llevar el estadístico de acuerdo con el proyecto, aclarando que el volumen por cada 100 metros nunca es igual debido a que la pista no está uniforme, las secciones transversales del terreno natural no son iguales, y, por consiguiente los volúmenes son diferentes.

Nunca se podrá comparar el rendimiento de colocación de mezcla asfáltica igual en una carretera que en un aeropuerto.

**PROGRAMA DE OBRA REHABILITACIÓN DEL AEROPUERTO DE CIUDAD JUÁREZ**

CONCEPTO	U.	VOLUMEN	MES 1	MES 2	MES 3	MES 4	MES 5
Corte en frío de carpeta asfáltica incluye el retiro del material dentro del aeropuerto.	M3	1,700			XXXXX	XXXXX	XX
Suministro y aplicación de pegó de liga con emulsión asfáltica tipo RR-2K.	Lit.	90,000			XXXXXXXXX	XXXXXXXXXX	XXXX
Suministro de los materiales y colocación de carpeta asfáltica compactada al 95 %.	M3	7556			XXXXXXXXX	XXXXXXXXXX	XXXX
Suministro de cemento asfáltico tipo AC-20	Kg.	1,030,000			XXXXXXXXXX	XXXXXXXXXX	XX
Suministro y ejecución de señalamiento horizontal con pintura tránsito y micro-esfera.	M2	11500					XXXXXX
Suministro y colocación de membrana geotextil tipo Petromat o similar	M2	50,000			XXXXXX	XXXXXXXXXX	XXXX
Estudio y evaluación de pavimentos de uso aeronáutico en aeropuertos	lote	1	XXXXXXXXXX	XXXXXX			
Levantamiento topográfico y proyecto geométrico en pista.	lote	1	XXXXXXXXXX	XXXXXXXXXX			

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

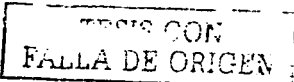


**PROGRAMA DE OBRA REHABILITACIÓN DEL AEROPUERTO DE MAZATLAN**

CONCEPTO	U.	VOLUMEN	MES 1	MES 2	MES 3	MES 4	MES 5
Corte en trazo de carpeta asfáltica incluye el retiro del material dentro del aeropuerto.	M3	2,500			XXXXXX	XXXXXXXXXX	XX
Suministro y aplicación de negro de liga con emulsión asfáltica tipo RR.2K	Lto.	97,200			XXXXXXX	XXXXXXXXXXXX	XXXX
Suministro de los materiales y colocación de carpeta asfáltica compactada al 95 %.	M3	7950			XXXXXXX	XXXXXXXXXXXX	XXXX
Suministro de cemento asfáltico tipo AC-20	Kg.	1,106,000			XXXXXXXXXXX	XXXXXXXXXXXX	XX
Suministro y ejecución de señalamiento horizontal con pintura tránsito y micro-esfera.	M2	13500					XXXXXX
Suministro y colocación de membrana geotextil tipo Petromat o similar	M2	54,000			XXXXXXX	XXXXXXXXXXXX	XXXX
Estudio y evaluación de pavimentos de uso aeronáutico en aeropuertos	lote	1	XXXXXXXXXXX	XXXXXX			
Levantamiento topográfico y proyecto geométrico en pista	lote	1	XXXXXXXXXXX	XXXXXXXXXXX			

**PROGRAMA DE OBRA REHABILITACIÓN DEL AEROPUERTO DE REYNOSA**

CONCEPTO	U.	VOLUMEN	MES 1	MES 2	MES 3	MES 4
Corte en trazo de carpeta asfáltica incluye el retiro del material dentro del aeropuerto.	M3	800			XXX	XXXXX
Suministro y aplicación de negro de liga con emulsión asfáltica tipo RR.2K	Lto.	3,040			XXXXXXX	XXXXXXX
Suministro de los materiales y colocación de carpeta asfáltica compactada al 95 %.	M3	2,660			XXXXXXX	XXXXXXX
Suministro de cemento asfáltico tipo AC-20	Kg.	372,400			XXXXXXXXXXX	XXXXXXX
Suministro y ejecución de señalamiento horizontal con pintura tránsito y micro-esfera.	M2	9,150				XXXXX
Suministro y colocación de membrana geotextil tipo Petromat o similar	M2	6,000			XXX	XXXXXX
Estudio y evaluación de pavimentos de uso aeronáutico en aeropuertos	lote	1	XXXXXXXXXXX	XXXXXX		
Levantamiento topográfico y proyecto geométrico en pista.	lote	1	XXXXXXXXXXX	XXXXXXXXXXX		


 TRABAJO CON  
 FALLA DE ORIGEN

**PROGRAMA DE OBRA REHABILITACIÓN DEL AEROPUERTO DE SAN LUIS POTOSÍ**

CONCEPTO	U.	VOLUMEN	MES 1	MES 2	MES 3	MES 4	MES 5
Hacheo superficial en áreas puntuales hasta nivel de base hidráulica, incluye la reposición de la mezcla asfáltica.	M2	2.700			XXXXXX		
Suministro y aplicación de inserto asfáltico de 6 m.m. de espesor, incluye el calafateo de grietas	M2	94.810			XXXXXXX	XXXXXXXXXX	
Suministro de los materiales y aplicación de negro de taponamiento, incluye calafateo de grietas.	Lto.	15.000				XXXXXX	
Suministro y ejecución de señalamiento horizontal con pintura tránsito y macro-esfera.	M2	12.500				XX	XXXX
Estudio y evaluación de pavimentos de uso aeronáutico en aeropuertos.	lote	1	XXXXXXXXXX	XXXXXX			
Levantamiento topográfico y proyecto geométrico en pista.	lote	1	XXXXXXXXXX	XXXXXXXXXX			

**PROGRAMA DE OBRA REHABILITACIÓN DEL AEROPUERTO DE ZIHUATANEJO**

CONCEPTO	U.	VOLUMEN	MES 1	MES 2	MES 3	MES 4	MES 5
Hacheo superficial en áreas puntuales hasta nivel de base hidráulica, incluye la reposición de la mezcla asfáltica.	M2	1.300			XXXXXX		
Suministro y aplicación de inserto asfáltico de 6 m.m. de espesor, incluye el calafateo de grietas	M2	112.500			XXXXXXX	XXXXXXXXXX	
Suministro de los materiales y aplicación de negro de taponamiento, incluye calafateo de grietas	Lto.	22.000				XXXXXX	
Suministro y ejecución de señalamiento horizontal con pintura tránsito y macro-esfera	M2	13.500				XX	XXXX
Estudio y evaluación de pavimentos de uso aeronáutico en aeropuertos.	lote	1	XXXXXXXXXX	XXXXXX			
Levantamiento topográfico y proyecto geométrico en pista.	lote	1	XXXXXXXXXX	XXXXXXXXXX			

TRABAJA CON  
FIDELIDAD DE ORIGEN

Como se podrá observar en los programas de obra presentados se tienen diferentes conceptos de obra por ejecutar dependiendo del tipo de rehabilitación que se ejecute, así pues, las rehabilitaciones de los aeropuertos de Ciudad Juárez, Mazatlán y Reynosa tienen los mismos conceptos de obra, aunque los volúmenes son diferentes ya que las longitudes y las características de las pistas son diferentes.

Para el caso de los aeropuertos de San Luis Potosí y Zihuatanejo los conceptos de obra están referidos a una rehabilitación con mortero asfáltico.

El costo de una rehabilitación con carpeta asfáltica es de aproximadamente tres veces que el de la rehabilitación con mortero asfáltico, la vida útil entre ambos se puede considerar en el mismo parámetro.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

**TEMA**

**VI**

**Conclusiones**

TEMA CON  
FALLA DE ORIGEN

Las conclusiones sobre el tema presentado son: que de alguna forma se aproveche el trabajo presentado por un servidor para las generaciones futuras, dado que el trabajo de rehabilitación de pavimentos de uso aeronáutico implica además del conocimiento técnico necesario para la rehabilitación de pavimentos en carreteras o ciudades, un conocimiento y aplicación total de las normas y especificaciones en aeropuertos para poder cumplir con un trabajo de calidad, cumpliendo también con los requerimientos de seguridad aeroportuaria, los cuales son bastante estrictos, dado que se trabaja en aeropuertos en operación constante. Esto no quiere decir que no tengamos cuidado en hacer los trabajos comunes, lo que quiero dar a entender es que los trabajos de rehabilitación de pavimentos de uso aeronáutico requieren de un cuidado mayor, ya que, por ejemplo, un error grave en los niveles en la rehabilitación nocturna que no se detecte en el mismo momento de la colocación de la carpeta asfáltica, o, que se deje exceso de riego de liga en la zona donde no se colocó carpeta asfáltica, pueden resultar con consecuencias graves, ya que los aviones aterrizan y despegan a velocidades muy altas no teniendo márgenes de seguridad tan altos como en los demás casos más que nada por la velocidad empleada.

Tenemos que prever todos los aspectos preliminares para poder ejecutar un proyecto de acuerdo con la exigencia de cada pista y no como una receta de cocina tradicional, esto es, hacer planear desde la evaluación del pavimento actual, que queremos como producto final en la pista y apegarse estrictamente en las especificaciones de construcción guardando la calidad de la obra, por lo que tenemos que tomar en cuenta los factores preliminares a la elaboración del proyecto definitivo apoyado siempre en la decisión del cliente de que tipo de avión máximo es el que quiere operar en las pistas de cada aeropuerto.

Estos trabajos previos también están enfocados para lograr cuatro factores importantes que debemos cuidar en todo proyecto y que son:

Calidad, la que le debemos dar a la obra.

Seguridad, durante el desarrollo de los trabajos de rehabilitación de pavimentos, y, la que le debemos dar a las operaciones de los aviones cuando aterrizan y despegan.

TRABAJOS CON  
FALLA DE ORIGEN

**Costo, el cual debe estar acorde al proyecto por ejecutar, sin tener desviaciones en el mismo.**

**Tiempo, en el que debemos desarrollar la obra sin recurrir a incrementos injustificados.**

**Finalmente cumpliendo con estos últimos requisitos tenemos la seguridad de que estamos efectuando un trabajo que va a lograr los objetivos para los cuales se establece una rehabilitación de pavimentos, que como mencionamos en capítulos anteriores pocas Empresas en el país tienen la capacidad técnica, económica y de equipo para ejecutarlas por lo que este ramo de la construcción tiene un campo de desarrollo amplio para los futuros profesionistas que quieran integrarse a esta área ya sea por medio de la iniciativa privada o por el Organismo de Aeropuertos y Servicios Auxiliares ( ASA ).**

## TEMA

## VII

### Bibliografía

**Curso de Diseño y Construcción de Pavimentos**  
**Palacio De Minería 1981, 1998.**

**Métodos planeamiento y Equipos de Construcción**  
**R. L. Peurifoy**

**Normas Generales para Construcción e Instalaciones de la**  
**Secretaría de Comunicaciones y Transportes (S.C.T.)**

**Normas y Métodos Recomendados Internacionales**  
**Aeródromos Anexo 14**

**Especificaciones Particulares para Aeropuertos**  
**Aeropuertos y Servicios Auxiliares**

**Manual para supervisar obras de concreto ACI 311-92**  
**Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto A.C.**

**Manual del Asfalto.**