



**UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTONOMA DE MEXICO**

FACULTAD DE INGENIERIA

**"EVALUACION DE PAVIMENTOS PARA
AEROPUERTOS DEL SISTEMA
AEROPORTUARIO "**

TESIS PROFESIONAL

**Que para obtener el Título de
INGENIERO CIVIL
p r e s e n t a**

RICARDO ROMUALDO FLORES QUINTANA



México, D. F.

1993

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



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 está 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.

I N D I C E

	Pág.
Capítulo I	Introducción y Objetivos 1
Capítulo II	Tipos de Evaluación 6
II.1	Definición
II.2	Finalidad de la Evaluación de pavimentos
Capítulo III	Tipos de Fallas en Pavimentos de Aeropuertos 8
III.1	Fallas en Pavimentos Flexibles
III.2	Fallas en Pavimentos Rígidos
Capítulo IV	Métodos de Evaluación Cualitativa 19
IV.1	Mediante Instrumentos
IV.2	Mediante Observaciones
Capítulo V	Evaluación Cuantitativa 23
V.1	Mediante Métodos no Destructivos
V.2	Mediante Métodos Destructivos
Capítulo VI	Análisis de Resultados 29
VI.1	Aplicación a un Caso Real
VI.2	Trabajos de Campo y Gabinete
Capítulo VII	Conclusiones y Recomendaciones 36
	Apéndice A 39
	Apéndice B 40
	Apéndice C 41
	Bibliografía 42

C A P I T U L O I

INTRODUCCION

México cuenta con importantes aeropuertos capaces de recibir las mayores aeronaves comerciales del mundo. Sin embargo, el crecimiento constante de la actividad industrial y comercial en diversas ciudades del interior del país, hacen que se requieran nuevas y funcionales pistas e instalaciones. En función de ello, las autoridades aeronauticas, han desarrollado programas para aumentar y conservar el sistema aeroportuario nacional a la altura de las exigencias de operación, seguridad y confort de la más avanzada transportación aerea.

La tecnología aeroportuaria tuvo sus albores durante la misma época de los inicios de la aviación, ya que desde entonces se requería de ciertas instalaciones en tierra que tenían como objetivo el posibilitar el ascenso de los aparatos voladores; es así como el primer globo que efectuó un ascenso en el mundo fue el aeróstato de los hermanos Wright en el año de 1903 que requirió de un riel de madera colocado en el suelo y sobre el cual se deslizaba el chasis del avión en su carrera de despegue; fue así como ese riel, pasó a ser la primera pista de despegue efectivo de un avión. Por otra parte, se requerían instalaciones en tierra para albergar los talleres para fabricar y reparar los aparatos voladores y cobertizos o hangares para guarecerlos.

Una vez que los aparatos voladores se pusieron al servicio del público y de los militares, además del terreno acondicionado para los despegues y aterrizajes, de las ayudas visuales elementales y de los hangares y talleres, hubo necesidad de contar con instalaciones para la atención de los pasajeros y el manejo de la carga, así como con estación de radio. De esta manera nacen los llamados campos de aviación o campos de aterrizaje, que se podrían considerar como los padres de los actuales aeropuertos.

Conforme fue evolucionando la tecnología aeronáutica se fabricaron aviones cada vez con mayor capacidad y mayor peso, lo que requirió que se construyeran pistas pavimentadas que transmitieran al terreno en forma adecuada, las cargas más pesadas en los trenes de aterrizaje.

El incremento de la velocidad del vuelo de los aviones, de su capacidad para transporte de pasajeros y carga, así como la optimización de la seguridad del transporte aéreo, el perfeccionamiento de la ayuda a la navegación y la disminución relativa de los costos de transportación, fueron los principales factores que han determinado el desarrollo explosivo del transporte aéreo, durante la segunda mitad del presente siglo. Sin embargo para que ese gran desarrollo fuera una realidad, el transporte aéreo requirió de instalaciones en tierra adecuadas a sus nuevas necesidades. Es así como aparece el actual concepto de un "Aeropuerto", consistente en el "conjunto de instalaciones que sirven para que el producto transportado cambie del trans-

porte aéreo a cualquier otro sistema de transporte o viceversa!"

Los aeropuertos, como puntos de contacto a tierra del - transporte aéreo, constituyen uno de los elementos más importantes del sistema y de su manejo adecuado depende en gran parte - el buen funcionamiento de éste. Dentro de los aeropuertos, el - punto de contacto con los vehículos aéreos, lo constituyen más concreta y directamente los pavimentos de las pistas, y por tal razón se hace necesario cuidar constantemente de que éstos se - mantengan en buen estado para que su funcionamiento sea óptimo.

Para que el encargado de la conservación de aeropuertos esté conciente de la importancia de su trabajo, baste recordar que el sistema de transporte aéreo es un instrumento de suma -- trascendencia en el desarrollo económico de las comunidades, -- que la infraestructura de este transporte la constituyen los - aeropuertos y que el monto de las inversiones efectuadas en las obras de los mismos constituyen un capital considerable que debe ser protegido en forma prioritaria. Por otra parte, el costo para proteger dichas inversiones, por medio de una buena conservación, resulta indispensable e insignificante respecto de la - propia inversión.

Sin embargo, esta prioridad no siempre ha sido plenamente reconocida en el pasado ya que en la política, frecuentemente se ha dado más importancia en las nuevas realizaciones y a - las operaciones de prestigio, el sector financiero ha califica-

do con excesivo rigor las partidas destinadas a la conservación por lo cual, el ingeniero ha tenido algunas veces la tendencia a menospreciar una tarea considerada como menos noble que la concepción o la construcción de las obras.

Afortunadamente en los últimos años se ha observado una evolución significativa en las actividades relacionadas con la conservación de aeropuertos.

No debe tampoco olvidarse que el hecho de no efectuar la conservación necesaria puede incrementar los costos por demora, de operación y posibles accidentes, que incluso cuesten más que la misma obra; así, por ejemplo, un avión B - 727 - 200 cuesta aproximadamente el doble de la inversión requerida para los pavimentos de un aeropuerto para distancias medias en nuestro país.

OBJETIVOS

Se propone un procedimiento de evaluación superficial del pavimento para aeropuertos, el cual será comparado con los métodos de evaluación existentes, que son el Coeficiente de Fricción y el Índice de Perfil. De esta comparación se observará si existe congruencia en los resultados obtenidos por cada uno de los métodos, si es así, se podrá contar con más elementos que ayuden a determinar las condiciones que guarda la super

ficie del pavimento.

El procedimiento de evaluación de la superficie de rodamiento será sencillo, puesto que se emplearán observadores capacitados que mediante una escala de calificación determinarán el estado de los pavimentos.

Con la evaluación cualitativa para pavimentos, se podrá establecer el tipo de trabajos que se deben hacer para mantener las pistas en condiciones adecuadas en forma oportuna, ya que dichos trabajos pueden ser desde la conservación normal hasta la reconstrucción del pavimento.

C A P I T U L O I I

TIPOS DE EVALUACION

II.1 DEFINICION

Una evaluación consiste en estimar el estado actual de - una obra de ingeniería en relación a una serie de parámetros ya determinados.

Existen dos tipos de evaluación; la cualitativa y la -- cuantitativa. La primera consiste en un análisis superficial me diante observaciones y/o aparatos con lo que es posible llegar a un diagnóstico preliminar; la segunda implica un análisis más profundo de las características de una obra, que mediante otro tipo de pruebas, estudios y/o mediciones se llega a determinar las causas que originan las fallas, y por ende se tiene un diag nóstico definitivo.

II.2 FINALIDAD DE LA EVALUACION DE PAVIMENTOS

Los estudios de evaluación tienen gran importancia para las fases de conservación y administración de pavimentos para - aeropuertos; para llevarlos a cabo se toman en cuenta los si-- guientes factores:

- Comodidad al rodamiento
- Deterioro sobre la superficie de rodamiento
- Capacidad estructural

- Seguridad al rodamiento
- Aspecto
- Drenaje y subdrenaje

La evaluación del pavimento se lleva a cabo observando - la evolución de cada uno de los factores mencionados con respecto al tiempo y de esta forma determinar el momento en que el pavimento llega al punto mínimo aceptable y requiere una rehabilitación o reconstrucción.

En general, se puede decir que la finalidad de la evaluación cualitativa de los pavimentos es determinar el estado su--perficial de los mismos, en cuanto a fallas o deterioros, con - el fin de hacer los programas de conservación y rehabilitación de éstos para brindar un tránsito seguro, cómodo y económico al usuario.

Además la evaluación cualitativa puede proporcionar la - siguiente información:

- Verificar que la vida útil para la cual se construyó - sea congruente con la realidad
- Determinar con toda antelación una falla
- Elaborar los programas de inversión para realizar la - conservación y en su caso la rehabilitación o recons--trucción.

C A P I T U L O I I I

TIPOS DE FALLAS EN PAVIMENTOS DE AEROPUERTOS

Abierta una pista al servicio, debe presentar condiciones óptimas para su operación; al transcurrir el tiempo, debido al uso normal se va deteriorando, lo cual se manifiesta en fallas sobre la superficie de rodamiento. En relación con las fallas de pavimentos, éstas pueden ser de tipo estructural o funcional como se describe a continuación.

La falla estructural es aquella que implica una destrucción en el cuerpo del pavimento, antes de que se termine la vida útil para la cual se construyó, generalmente los factores que inducen a este tipo de falla son:

- _ Mal diseño de las capas del pavimento
- Empleo de materiales de mala calidad
- Falta de supervisión
- Mal funcionamiento del drenaje y subdrenaje

La falla funcional es aquella que tienen los pavimentos cuando las deformaciones superficiales son mayores a las permisibles y presentan ciertas incomodidades al tránsito, o bien, cuando las condiciones de rugosidad de la superficie de rodamiento afectan al frenado y control de las aeronaves.

III.1 FALLAS EN PAVIMENTOS FLEXIBLES

A continuación se enlistan los tipos de fallas más comunes en pavimentos flexibles, así como las causas probables del problema:

Desprendimientos de partículas

- Falta de adherencia entre el material petreo y el asfalto, causada por:
 - Elaboración defectuosa del concreto asfáltico.
 - Agregados petreos hidrófilos o de poca afinidad con el asfalto.
 - Efectos circunstanciales (p. ej. derrame de combustibles y lubricantes).
- El paso de las ruedas de los aviones a gran velocidad.
- El chorro de las turbinas
- Insuficiente compactación durante la construcción
- Colocación de la carpeta en tiempo muy húmedo o frío, sin el debido cuidado.
- Utilización de agregados sucios, desintegrables o de poca afinidad con el asfalto.

- Falta de asfalto en la mezcla
 - Sobrecalentamiento de la mezcla asfáltica.
- Calavereo y baches superficiales
- Poca resistencia de la carpeta:
 - Falta de asfalto en la mezcla
 - Falta de espesor de carpeta
 - Exceso o carencia de finos en la car
peta
 - Drenaje deficiente.
- Baches profundos
- Poca resistencia de la capa de material en la zona, debido a:
 - Falta de compactación
 - Mala calidad de los materiales
 - Drenaje y subdrenaje deficientes.
- Llorado o afloramiento de asfalto
- Exceso de asfalto en la mezcla
 - Construcción inadecuada del sello
 - Riego de liga o de impregnación exce
sivos
 - Solventes que acarrear el asfalto a la superficie
 - El paso de las cargas del tráfico pe
sado puede acelerar el llorado.
- Oxidación del asfalto
- Excesivo interperismo del asfalto -
por agentes metereológicos y/o por -

**Corrimientos de la
carpeta**

- el escape de las turbinas a altas -
temperaturas y velocidades
- Agua atrapada en las capas inferio--
res
- Envejecimiento del asfalto.

- Falta de adherencia entre la carpeta
y la base, debida a:

Impurezas situadas entre las dos ca-
pas (polvo, aceite, caucho, agua)

Falta o exceso de riego de liga du--
rante la construcción del pavimento

Exceso del contenido de arena en la
mezcla

Falta de anclaje mecánico (piquete -
de amarre).

Corrimientos circulares

- Giros de los aviones muy cerrados
- Poca capacidad del pavimento, para -
resistir esfuerzos de tensión.

Ondulaciones

- Concreto asfáltico de poca estabili-
dad debido a:

Exceso de asfalto en la mezcla

Exceso de agregados finos

Agregados petreos demasiado redondos
o lisos

Cemento asfáltico demasiado blando

Humedad excesiva

Contaminación por derrame de aceites

Falta de aereación al colocar la mezcla asfáltica (cuando se emplean asfaltos rebajados o emulsificados).

Hundimientos o depresiones

- Operaciones de carga superiores a las de diseño del pavimento
- Falta de compactación de las capas inferiores del pavimento
- Acentamiento del terreno de cimentación o de las terracerías formadas por suelos compresibles
- Flujo del suelo de cimentación hacia los lados de la pista (en algunos suelos arcillosos).

Canalizaciones o roderas

- Consolidación o movimiento lateral de una o varias de las capas subyacentes provocada por el tráfico
- Carpetas nuevas mal compactadas
- Baja estabilidad del concreto.

- Grietas longitudinales de orilla**
- Falta de soporte lateral
 - Asentamientos del material cercano a la grieta, debidos a:
 - Drenaje y subdrenaje defectuoso
 - Acción de las heladas
 - Vegetación cercana a la orilla del pavimento
 - Cambios volumétricos debidos a cambios de humedad.
- Grietas transversales**
- Acentamientos aislados debidos a falta de compactación de las subrasante base o subbase (p. ej. cuando el pavimento es cruzado por tuberías o ductos que posteriormente se colocan
 - Movimientos más generales y más amplios del suelo de cimentación (p. ej. grietas por secado de suelos arcillosos; grietas por movimientos tectónicos, grietas por fallas geológicas activas).
- Grietas de contracción**
- Cambios de volumen en la mezcla asfáltica o en las capas inferiores
 - Cambios de volumen del agregado fino en las mezclas asfálticas, que tienen un alto contenido de asfalto de

baja penetración

- La falta de tráfico apresura a la falla
- Diferentes colores de la superficie del pavimento (p. ej. marcas de pintura) que provocan diferentes absorciones térmicas de los rayos del sol.

Grietas de reflexión

- Movimientos verticales u horizontales en el pavimento que se encuentra debajo de una sobrecarpeta
- Movimientos ocasionados por cambios de temperatura o humedad y que provocan expansiones y contracciones
- El paso del tráfico
- Pérdida de humedad en subrasantes y cuerpo del terraplen con alto contenido de arcillas.

Agrietamiento tipo piel de cocodrilo o poliedrico

- Deflexiones excesivas de la carpeta, debidas a una subrasante, subbase y/o base inestable resilientes o de baja capacidad de carga.

- | | |
|--|---|
| Crecimiento de hierba y
afloramiento de agua | <ul style="list-style-type: none"> - Textura de la carpeta demasiado abierta - Capa base saturada de agua - Agua atrapada en la carpeta durante la construcción. |
| Acumulación de caucho
en la superficie | <ul style="list-style-type: none"> - Número considerable de operaciones de aterrizaje en la pista - Falta de conservación. |
| Irregularidades en la
superficie del pavimento
que provocan vibraciones
a los aviones | <ul style="list-style-type: none"> - Poco control durante la construcción - Equipo inadecuado para el tendido - Fallas del pavimento. |

III.2 FALLAS EN PAVIMENTOS RIGIDOS

En seguida se presentan los tipos de fallas más comunes en pavimentos rígidos, así como las causas probables que las originan:

- | | |
|--------------------------------|---|
| Desintegración del
concreto | <ul style="list-style-type: none"> - Materiales poco durables - Condiciones severas del clima - Ciclos de hielo-deshielo - Escaso o nulo aire incluido. |
|--------------------------------|---|

Superficies con escamas
o costras

- Colocación del concreto con exceso de agua
- Acabados excesivos de la superficie
- Impurezas en los agregados
- Utilización de productos químicos en la superficie.

Astillamientos o des-
conchamientos cercanos
a las juntas

- Infiltración de materiales no compresibles en la junta
- Impedimento de movimiento del pas juntas
- Concreto poco resistente
- Manejo inadecuado de las cimbras durante la construcción
- Manejo excesivo del concreto para el acabado de las juntas.

Defectos en la super-
ficie: surcos, lavade
ros, ranuras y/o ondu
laciones

- Supervisión inadecuada durante la colocación del concreto.

Grietas longitudinales
y transversales

- Contracción por cambio de temperatura
- Contracción de fraguado
- Alabeos

- Movimiento en la cimentación
 - Falla estructural.
- Grietas en esquinas y en diagonales
- Falla estructural debida a las cargas sobre esquinas carentes de apoyo adecuado.
- Hundimientos diferenciales
- Inestabilidad de la subbase y subrasante
- Agrietamientos con hundimientos
- Inadecuada transferencia de cargas entre losas
 - "Bombeo" de los materiales de cimentación
 - Subdrenaje defectuoso
 - Progresión de otras fallas.
- Bombeo
- Falta de sello en las juntas
 - Filtración de agua
 - Falta de subdrenaje.
- Losas que se "botan"
- Deficiente holgura entre las juntas
 - Material no flexible en las juntas, que impiden que las losas se expandan.
- Cortes en el pavimento
- Necesidades de tender una tubería, una obra de drenaje, ductos eléctricos o alguna otra instalación.

Juntas o grietas sin
sellar

- Falta de limpieza de las caras de -
las juntas al sellarlas originalmen
te
- Temperatura indebida al aplicar el
sello
- Calidad inadecuada del material de
sellado
- Aparición de nuevas grietas.

Acumulación de caucho
en la superficie que
origina se reduzca el
coeficiente de roza-
miento

- Número considerable de operaciones
de aterrizaje en la pista
- Falta de conservación.

Irregularidades en la
superficie del pavimeno
que provocan vibra-
ciones en los aviones

- Poco control durante la construc--
ción
- Equipo inadecuado para el colado
- Mal acabado de la superficie de ro-
damiento (p. ej. alabeos y/o sin se
llo de porosidades).

C A P I T U L O IV

METODOS DE EVALUACION CUALITATIVA

La evaluación cualitativa de un pavimento consiste en la apreciación subjetiva del estado en que se encuentra la superficie de rodamiento. A partir de esta evaluación, obtenemos un diagnóstico preliminar de las características superficiales del pavimento en estudio.

IV.1 MEDIANTE INSTRUMENTOS

Las mediciones de fricción de la superficie de la pista (en estado humedo normal) se llevan a cabo con aparatos electromecánicos registradores de fricción. En nuestro país se emplea con mayor frecuencia el registrador de fricción denominado MU-METER (fig. IV.1). Las mediciones se realizan en un vehículo a una velocidad de 65 Km/h., hutilizando un neumático de medición con relieve, inflado a una presión de 0.21 MPA. (fig. IV.2). En la figura IV.3 se muestra un dispositivo automático de presentación de datos del medidor del valor MU.

La información del coeficiente de fricción de la superficie de la pista, obtenida por mediciones realizadas periodicamente, resulta de gran utilidad tanto para los pilotos de las aeronaves, como para la autoridad responsable del mantenimiento del pavimento.

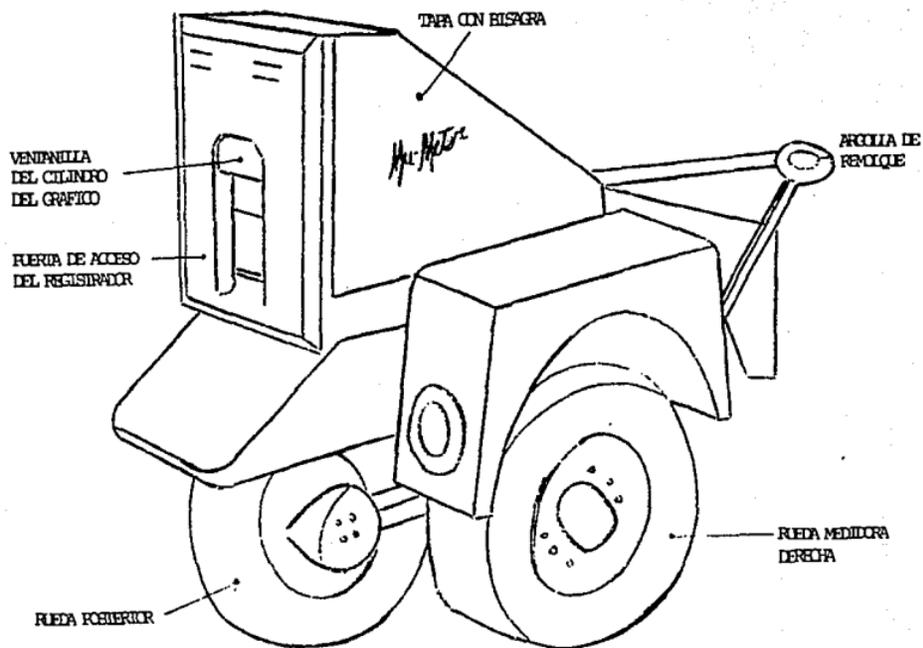


Fig. IV.1 Medidor del valor M_1 con equipo para ensayo de calibración.



Fig. IV.2 Medidor del valor MU.

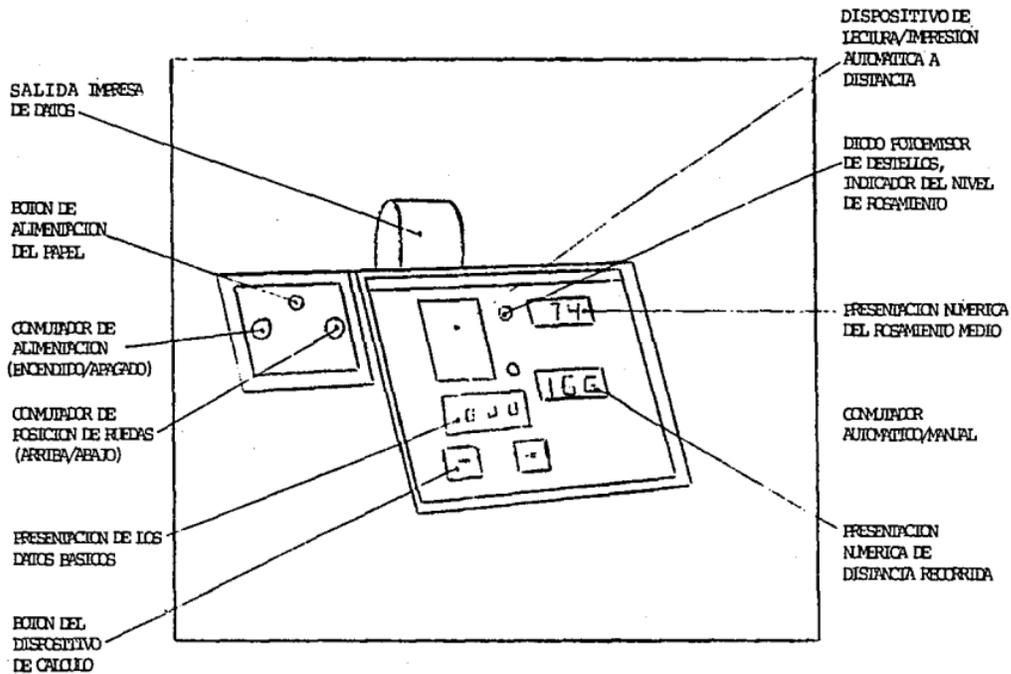


Fig. IV.3 Dispositivo automático de presentación de datos del medidor del valor μ .

La experiencia en el país, adquirida con este tipo de mediciones, indica que cuando el coeficiente de fricción promedio resulta menor de 0.5 existe el peligro potencial del fenómeno - de acuaplaneo, bajo condiciones de pavimento mojado.

Las medidas correctivas aconsejables para las zonas con coeficiente de fricción bajo, suelen consistir en el ranurado transversal con discos diamantados, o bien, en la remoción del caucho adherido al pavimento por medio de chorros de agua a alta presión y/o solventes, cuando la causa del problema esté directamente relacionada con la existencia de ese material en la zona de toma de contacto de las aeronaves con la superficie de la pista.

Para evaluar las condiciones superficiales de las franjas de rodamiento de las pistas en cuanto a las irregularidades que presenten en su perfil longitudinal y que puedan afectar la correcta operación de las aeronaves durante la carrera de despegue o aterrizaje, se llevan a cabo estudios de Índice de Perfil. Mediante este estudio se pueden determinar las zonas de la pista que presentan deformaciones o irregularidades.

El estudio de Índice de Perfil consiste en efectuar mediciones con aparatos como el Perfilógrafo California Tipo Hveem (fig. IV.4), entre otros.

Se trazan ejes longitudinales en la franja de rodamiento



Fig. IV.4 Perfilógrafo California Tipo Hveem.

de las pistas haciendo pasar por dichos ejes el Perfilógrafo - (fig. IV.5), a fin de obtener los perfilogramas correspondientes. Dichos perfilogramas obtenidos en campo se procesan en gabinete para determinar los valores de Índice de Perfil por tramos de pista.

En la práctica se ha demostrado que cuando existen zonas que presentan un Índice de Perfil mayor de 30, se presentan problemas muy fuertes por efecto de vibraciones y golpeo.

IV.2 MEDIANTE OBSERVACIONES

Los estudios sobre el estado que guarda la superficie de rodamiento están a cargo de un grupo de técnicos experimentados en pavimentos que inspeccionen en forma visual los pavimentos y hagan un levantamiento de los deterioros observados en la superficie de rodamiento. En base a la intensidad del tránsito aereo de los deterioros observados y de las características que entrañan peligro, se pueden identificar las pistas que están en estado incipiente de falla con el fin de hacer el programa de inversiones correspondientes.

NOTA: El método de evaluación MEDIANTE OBSERVACIONES, es una propuesta de evaluación superficial de pavimentos para aeropuertos que se presenta en este trabajo.



Fig. IV.5 Trazo y recorrido por los ejes.

Con el fin de establecer un rango de calificación, para marcar las características que guarda un pavimento, se propone en el presente trabajo la siguiente escala de calificación:

- de 0 - 2 ; el pavimento requiere una reconstrucción.
- de 2.1 - 3 ; el pavimento requiere por lo menos una rehabilitación y revisar la estructura del pavimento para su reconstrucción en el futuro.
- y mayor de 3 ; el pavimento sólo requiere conservación normal.

Mediante el empleo de la escala anterior, se pretende que los técnicos encargados de realizar la evaluación visual del pavimento, elaboren un reporte, en el cual se pueda interpretar lo más apegado posible a la realidad, el resultado de sus observaciones.

En las figuras IV.6 y IV.7 se presentan formatos que se pueden emplear en la evaluación visual de pavimentos flexibles y rígidos, respectivamente,

Aeropuerto _____
 Elemento _____
 Fecha del levantamiento _____

Cadenamiento o Deterioros o Fallas	Tramo												
Fisuración (% sup.)													
Grieta longitudinal (% long.)													
Grieta transversal (%sup.)													
Grieta poliédrica o de cocodrilo (% sup.)													
Reflexión (% sup. o long.)													
Desprendimiento local (% sup.)													
Desprendimiento general (% sup.)													
Deformación transversal marcada													
Deformación longitudinal													
Textura abierta													
Acentamiento subrasante													
Bacheo superficial reparado (% sup.)													
Bacheo superficial no reparado (% sup.)													
Bacheo profundo reparado (% sup.)													
Bacheo profundo no reparado (% sup.)													
Roderos (% long.)													
Caucho (% sup.)													
Calificación													

Notas _____

Fig. IV.6 Formato para evaluar las condiciones superficiales de pavimento flexible.

Aeropuerto _____
 Elemento _____
 Fecha del Levantamiento _____

Cadenamiento o Deterioros o Fallas	Tramo																		
Grieta longitudinal (% long.)																			
Grieta transversal (% sup.)																			
Grieta escamosa o costrosa (% sup.)																			
Grieta en esquina (% de losas)																			
Grieta en orilla (% de losas)																			
Astillamiento o desconchamiento (% de losas)																			
Desintegración del concreto (% sup.)																			
Hundimientos diferenciales (% sup.)																			
Bombeo (de losas)																			
Losas que se botan (% losas)																			
Pérdida del sello de las juntas (% losas)																			
Grietas sin sellar (% sup.)																			
Cortes en el pavimento (% long.)																			
Parches (% sup.)																			
Bache tapado (% sup.)																			
Bache abierto (% sup.)																			
Caucho (% sup.)																			
Calificación																			

Notas: _____

Fig. IV.7 Formato para evaluar las condiciones superficiales de pavimento rígido

C A P I T U L O V

EVALUACION CUANTITATIVA

La evaluación cuantitativa se refiere a un análisis detallado del estado de un pavimento mediante el cual se puede llegar a obtener un diagnóstico definitivo de las condiciones que éste guarda y de esta forma determinar las medidas pertinentes para el buen funcionamiento del pavimento.

V.1 MEDIANTE METODOS NO DESTRUCTIVOS

Los métodos no destructivos son aquellos en los que no es necesario hacer calas para determinar las propiedades mecánicas de las distintas capas que forman la sección estructural del pavimento. Estos métodos pueden dividirse en tres grupos, que son:

a) Medida de la reacción o respuesta de un pavimento a una carga estática o a una sola aplicación de una carga que se mueve lentamente.

b) Las medidas de la reacción o respuesta de un pavimento a la aplicación de cargas dinámicas.

c) La medida de la reacción del pavimento a radiación de una fuente controlada, para conocer la densidad de los materia-

les subyacentes.

En los aeropuertos de México, para determinar la resistencia estructural de un pavimento, se emplean entre otros, métodos de placa (en pavimentos rígidos y flexibles), y Viga Benkelman (en pavimentos flexibles), los cuales se describen a continuación.

V.1.1 EVALUACION DE LA RESISTENCIA DE PAVIMENTOS FLEXIBLES

En la actualidad se utilizan dos métodos para la evaluación estructural de los pavimentos flexibles:

- a) Método LCN
- b) Viga Benkelman

a) Método LCN.- Este método consiste en efectuar pruebas de placa sobre el pavimento en estudio y por medio del análisis de dichas pruebas, determinar la capacidad estructural de éste en valores LCN (Número de Clasificación de Carga).

El equipo utilizado para transmitir la carga al pavimento consiste esencialmente en una plataforma lastrada a 100 toneladas métricas remolcadas por un tracto-camión de 335 HP (para proporcionar movilidad y autonomía al equipo de prueba) y de un gato hidráulico de 200 toneladas (400,000 lbs.) de capacidad

que colocado entre la placa de 45 cm. (18 pulg.) de diámetro sobre el pavimento y el aditamento especial de la plataforma, transmite las cargas al pavimento al ir levantando paulatinamente la plataforma.

El equipo de medición consiste en 3 micrómetros colocados sobre la placa y espaciados 120° entre sí, los cuales miden las deformaciones producidas en el pavimento por las cargas aplicadas.

b) Viga Benkelman.- Este método consiste en la determinación de la deflexión recuperada, cuando se renueva una carga estandarizada del pavimento flexible en estudio.

La utilización de este método está limitada a pavimentos flexibles con espesores inferiores a 50 cm., ya que en mayores espesores pierde aproximación.

El equipo de prueba consiste en una Viga Benkelman y un camión lastrado cuyo eje trasero pese 8.2 ton., distribuido uniformemente en dos pares de ruedas, las cuales deberán tener una separación mínima de 5 cm.; las llantas deben estar a una presión de 5.6 Kg/cm^2 .

La Viga Benkelman consiste en una parte fija y una viga móvil. La parte fija descansa en el pavimento apoyada en tres patas ajustables. La viga móvil se acopla a la parte fija por

medio de un gosne; uno de sus extremos (punta de pruebas) permanece en contacto con el pavimento en el punto por probar; - el otro extremo está en contacto con un micrómetro que señala cualquier movimiento vertical del punto de prueba.

V.1.2 EVALUACION DE LA RESISTENCIA DE PAVIMENTOS RIGIDOS

Método LCN .- El equipo utilizado para transmitir la carga al pavimento consiste esencialmente en una plataforma lastrada a 100 tons., remolcada por un tracto-camión especialmente equipado y de un gato hidráulico de 200 tons. de capacidad, que colocado entre la placa de 45 cm. de diámetro sobre el pavimento y el aditamento especial de la plataforma, transmite las cargas al pavimento al ir levantando paulatinamente la plataforma.

V.2 MEDIANTE METODOS DESTRUCTIVOS

Los métodos destructivos consisten en sondeos, trincheras, cãlas o extracci3n de corazones y con ello se afecta parcialmente la estructura del pavimento; esto se realiza cuando se quiere saber exactamente d3nde estã ocurriendo la falla - as3 como las causas que la producen, o bien, para determinar los tipos de capas que constituyen la estructura del pavimento, sus caracter3sticas de calidad y resistencia.

Mediante los m3todos destructivos se puede obtener la - siguiente informaci3n del pavimento:

- Espesor de cada una de las capas que integran la estructura
- Grado de compactaci3n de las capas que lo forman
- Propiedades mecãnicas de los materiales obtenidas mediante pruebas de laboratorio
- Determinaci3n de la dureza, resistencia y grado de adherencia con el material asfãltico, de los materiales que constituyen la carpeta.

Cada una de las caracter3sticas y propiedades obtenidas, se comparan con las especificaciones que deben cumplir los pavimentos, y a partir de dicha comparaci3n se determina si el - estado del pavimento es adecuado, si los materiales son apropiados, si las distintas capas son aprovechables o se deben de shechar.

En estos métodos se verifica si los materiales que forman la sección estructural cumplen con las Normas y Especificaciones de la S C T y se revisa su dimensión, con el fin de adecuarla para una vida útil de 15 años en caso necesario.

C A P I T U L O VI

ANALISIS DE RESULTADOS

VI.1 APLICACION A UN CASO REAL

Como ejemplo de aplicación de la EVALUACION CUALITATIVA para pavimentos de aeropuertos, se seleccionó el aeropuerto - Internacional "Gral. Juan N. Alvarez" de Acapulco Gro. donde se aplicaron los métodos de evaluación cualitativa.

Este aeropuerto, se localiza al sureste de la Bahía de Acapulco, en la barra formada por la Laguna de Tres Palos y el Oceano Pacífico, próximo al poblado Plan de los Amates.

Generalidades:

Nombre del aeropuerto	"Gral. Juan N. Alvarez"
Tipo	Internacional
Clasificación por distancia	Largo alcance
Localización	Al sureste de la ciudad de Acapulco, a una distancia de 27 - Km., el acceso es por la carretera Acapulco-Pinotepa Nacional.
Ubicación geográfica	Latitud N 16° 45' 05" Longitud W 99° 46' 02"
Altitud	5.5 m. sobre el nivel del mar

Area	448.5 Ha.
Temperatura de referencia	29° C.
Tipo de suelo superficial	Arenas y limos
Reparaciones que ha tenido	Sólo pequeños bacheos
Edad	23 años
Drenaje	en la figura VI.2 se puede apreciar el sistema de drenaje actual que consta en términos generales, de un sistema de canales que corren paralelos a las pistas del aeropuerto, alcantarillas en los cruces con dichas - pistas, colectores y un sistema de bombeo localizado en el área de combustibles que se interconecta con el sistema de canales.

El aeropuerto de Acapulco Guerrero, cuenta con dos pistas denominadas 10-28 y 06-24.

La pista 10-28, tiene una longitud de 3,300 m. con un ancho de 45 m. y está formada por un pavimento rígido.

La pista 06-24, es de 1,700 m. de longitud con un ancho de 35 m., y también está constituida por un pavimento rígido. Esta pista sólo se emplea para la operación de pequeñas aeronaves.

Se escogió la pista 10-28, para realizar la Evaluación Cualitativa, objeto de este trabajo, ya que es la que presenta

un mayor número de operaciones de despegue y aterrizaje, dadas sus características geométricas. En el plano de la fig. VI.1, se puede observar la pista seleccionada, dentro de la localización del aeropuerto.

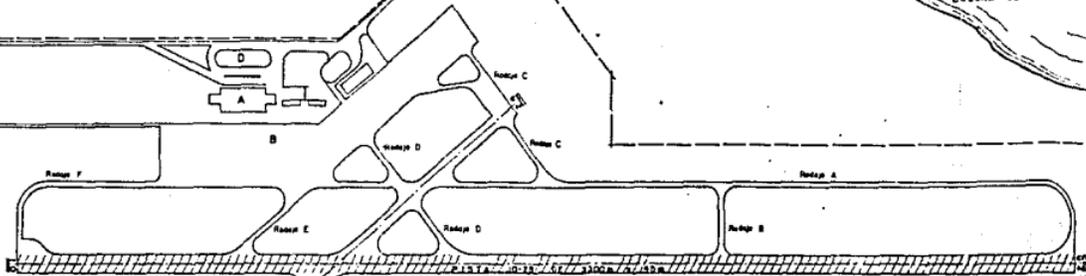
Cabe mencionar que desde el año de 1969, en que entró en funcionamiento el Aeropuerto Internacional de Acapulco Gro., en el lugar que ocupa actualmente, sigue contando con las mismas pistas y plataformas, ya que por falta de presupuesto no se ha llevado a cabo el Plan Maestro de Desarrollo (establecido desde 1982), para satisfacer las necesidades de los próximos años.

VI.2 TRABAJOS DE CAMPO Y GABINETE

Por lo que se refiere a los daños o deterioros detectados en la superficie de rodamiento, mediante el empleo de aparatos, el Departamento de Estudios Especiales de Aeropuertos y Servicios Auxiliares, realiza estudios de Índice de Perfil y Coeficiente de Fricción para las pistas de cada uno de los aeropuertos del país.

Al aeropuerto de Acapulco Gro., se le realizaron Estudios de Índice de Perfil y Coeficiente de Fricción en octubre de 1991.

LAGUNA DE TRES PALOS



PISTA SOCIAL DE 1100m x 30m

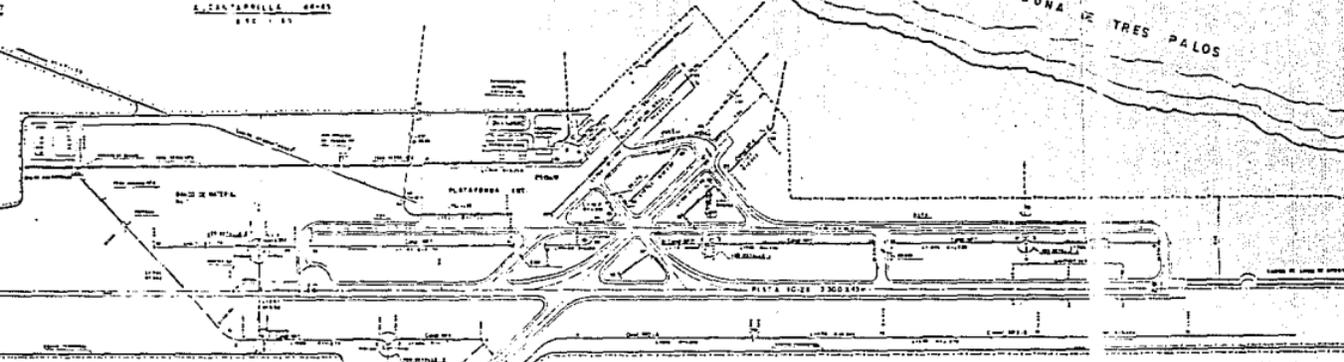
SIMBOLOGIA

- A) EDIFICIO TERMINAL
- B) PLATAFORMA DE OPERACIONES
- C) ZONA DE COMBUSTIBLE
- D) ESTACIONAMIENTO
- ▨ PISTA OBJETO DE ESTUDIO

POBLADO

A PISTA SOCIAL

OCEANO PACIFICO

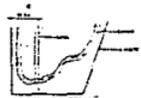


PACIFICO

NO	UR	VAR
1	12.00	12.00
2	12.00	12.00
3	12.00	12.00
4	12.00	12.00
5	12.00	12.00
6	12.00	12.00
7	12.00	12.00
8	12.00	12.00
9	12.00	12.00
10	12.00	12.00

- SIMBOLOGIA**
- CANAL EXISTENTE
 - CANAL DE PROYECTO SIN PLATAFORMA
 - CANAL DE PROYECTO CON PLATAFORMA
 - CANAL DE PROYECTO CON PLATAFORMA Y MUR DE CONTENCION

ESTADO	PROYECTOS
1	1
2	2
3	3
4	4
5	5
6	6
7	7
8	8
9	9
10	10
11	11
12	12
13	13
14	14
15	15
16	16
17	17
18	18
19	19
20	20
21	21
22	22
23	23
24	24
25	25
26	26
27	27
28	28
29	29
30	30
31	31
32	32
33	33
34	34
35	35
36	36
37	37
38	38
39	39
40	40
41	41
42	42
43	43
44	44
45	45
46	46
47	47
48	48
49	49
50	50



DETALLE

TIP. DE CANALES



A la pista 10-28 se le realizaron mediciones con el Perfilógrafo California (tipo Hveem) para determinar su Perfil Longitudinal.

El procedimiento consistió en trazar diez ejes longitudinales en la franja central de rodamiento de la pista, haciendo pasar por dichos ejes el Perfilógrafo, a fin de obtener los perfilogramas correspondientes.

Estos perfilogramas obtenidos en campo se procesaron en gabinete para determinar los valores de Índice de Perfil por tramos de pista de 160 m.

Los resultados de las mediciones efectuadas, y que corresponden a los diez ejes, se presentan en el plano del Anexo "B", donde se pueden apreciar los valores de Índice de Perfil promedio.

Esta presentación de los resultados permite determinar objetivamente, que tramos requieren algún tratamiento superficial para mejorar las condiciones actuales de operación de la pista 10-28 del Aeropuerto de Acapulco, Gro. Adicionalmente, los valores de Índice de Perfil de los 10 ejes y por tramo de 160 m. se procesaron estadísticamente, presentandose los resultados correspondientes en las tablas del Anexo "A"

En resumen, los estudios efectuados a la pista 10-28 -

del Aeropuerto de Acapulco Gro., se puede decir, del análisis estadístico lo siguiente:

Indice de Perfil Promedio	39.97
Indice de Perfil Máximo	75.10
Desviación Estandar	13.42
Coefficiente de Variación	33.57%
Superficie con Indice de Perfil mayor de 30.0	75.53%
Cantidad de tramos de pista de 160 m. con Indice de Perfil promedio mayor de 30.0	17 al 21

DETERMINACION DEL COEFICIENTE DE FRICCIÓN EN LA PISTA
10-28 DEL AEROPUERTO DE ACAPULCO, GRO.

El estudio consistió en efectuar mediciones con el aparato registrador de la Fricción (MU-METER). Dichas mediciones fueron realizadas por la Brigada del Departamento de Estudios Especiales, de Aeropuertos y Servicios Auxiliares efectuando - 4 recorridos longitudinales a la pista a una distancia de 3 y 6 metros del eje central de la misma, y a una velocidad de - - 65 Km/hr, bajo condiciones de pavimento mojado.

Las mediciones se registraron de manera continua en un rollo de papel graduado, dichas mediciones se procesaron en gabinete para determinar los valores promedio y mínimos del Coeficiente de Fricción, por tramos de pista.

RESULTADOS OBTENIDOS

Los resultados de las mediciones del Coeficiente de -- Fricción se presentan gráficamente en los planos del Anexo "C".

Para facilitar el análisis de los resultados se dividió la longitud de la pista en tres tramos iguales, correspondiendo uno a la cabecera 10, otro a la parte central y un último a la cabecera 28, los cuales se denominaron A, B y C respectivamente.

A manera de resumen, en la tabla de la fig. VI.7 se presentan los valores promedio y mínimos correspondientes a los cuatro recorridos efectuados y a los tramos A, B y C, de la pista 10-28 del Aeropuerto de Acapulco, Gro.

A N E X O "A"

TABLAS Y GRAFICAS

SISTEMA DE INDICE DE PERFIL MENOR DE 30

FORMA DE REGISTRO

LONG. 3300 MTS.

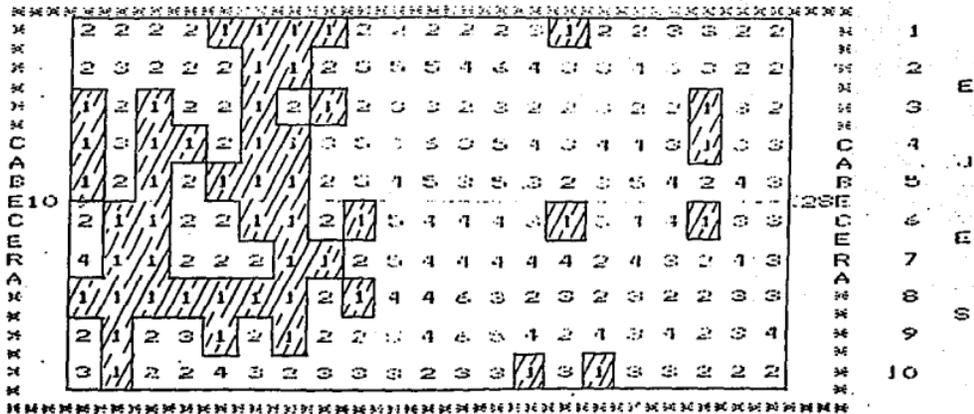
FIG. 113 25

FECHA: 14 NOVIEMBRE 1991

ORGANIZACION DE PERFILES DE VEGETACION

CLAVE DE PERFILES

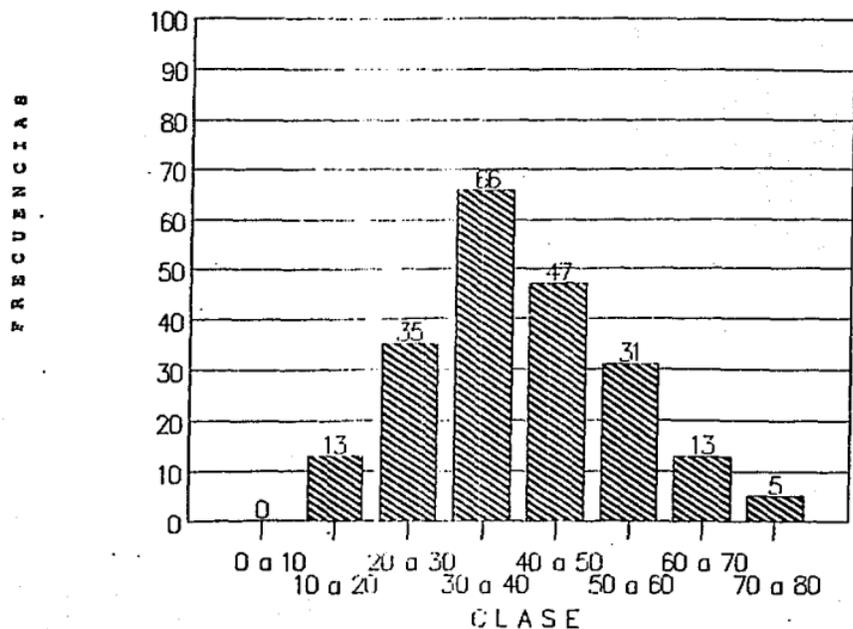
- (1).- DE 0 A 30
- (2).- DE 30 A 40
- (3).- DE 40 A 50
- (4).- DE 50 A 60
- (5).- DE 60 A 70
- (6).- DE 70 A 80
- (7).- DE 80 A 90
- (8).- DE 90 A 100
- (9).- DE 100 A 110



ZONAS DE INDICE DE PERFIL MENOR DE 30.0

HISTOGRAMA Y POLIGONO DE FRECUENCIAS

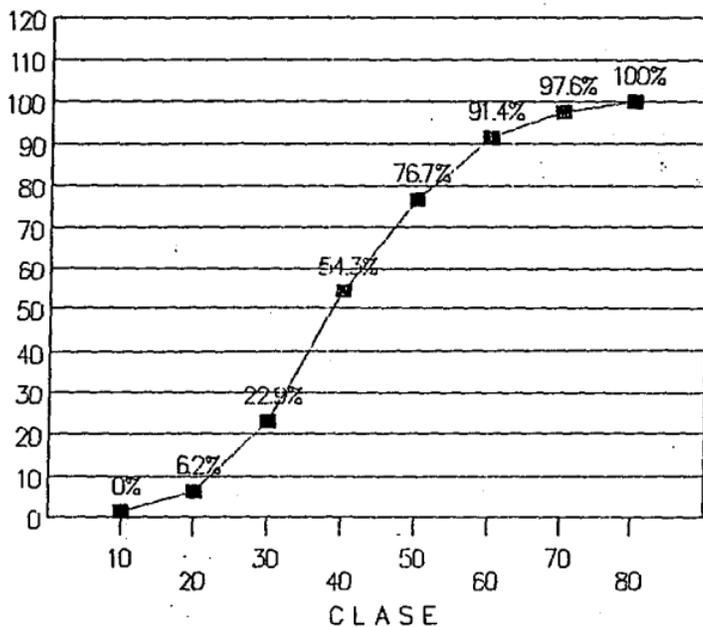
AEROPUERTO DE ACAPULCO, GRO.



FRECUENCIA DE INDICE DE PERFIL

AEROPUERTO DE ACAPULCO, GRO.

FRECUENCIAS



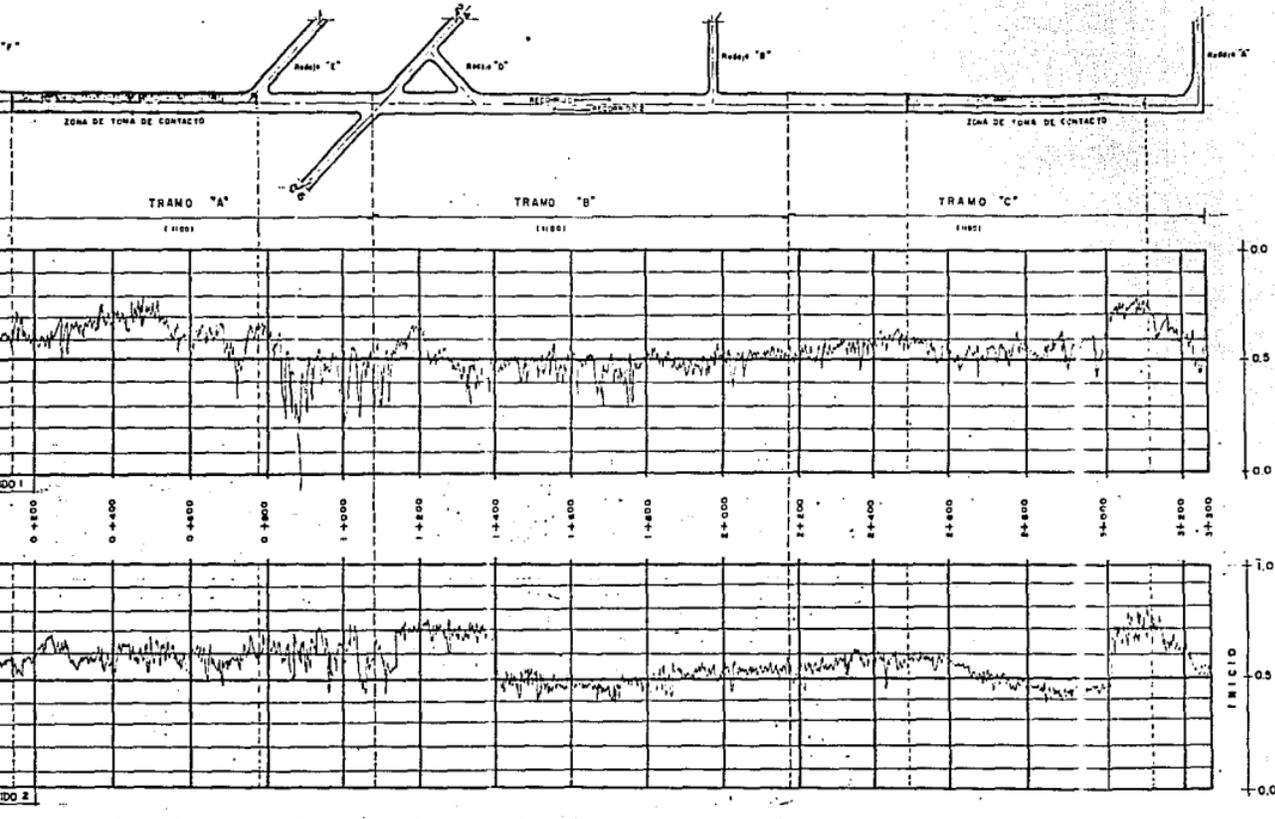
A N E X O "B"

**PLANO CON VALORES
DE
INDICE DE PERFIL**

A N E X O "C"

**PLANOS CON GRAFICAS DEL REGISTRO
DEL COEFICIENTE DE FRICCIÓN**

PISTA 10-28 de 3300 X 45m



65 Km/h

NOTAS:

Fecha de medicion: 27/05/2010 / B.L.
 Hora: 09:28 - 11:00 hrs.
 Temperatura Ambiente: 20°C.
 Estado del Tiempo: Lluvioso.

ESCALA GRAFICA

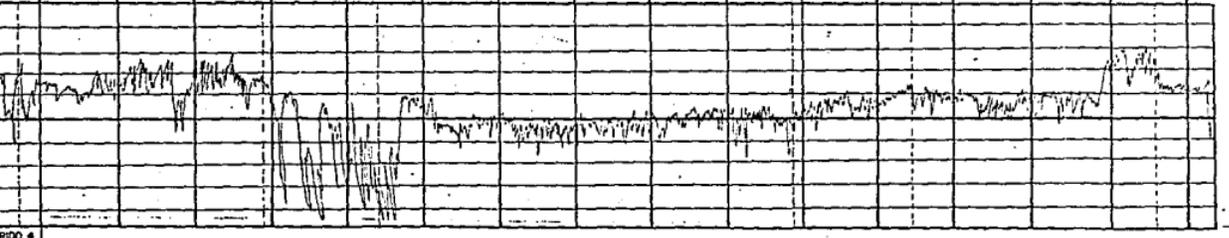
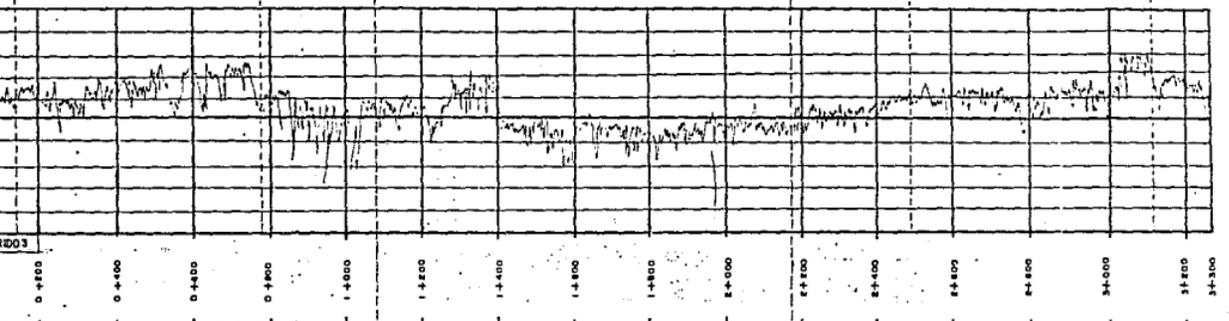
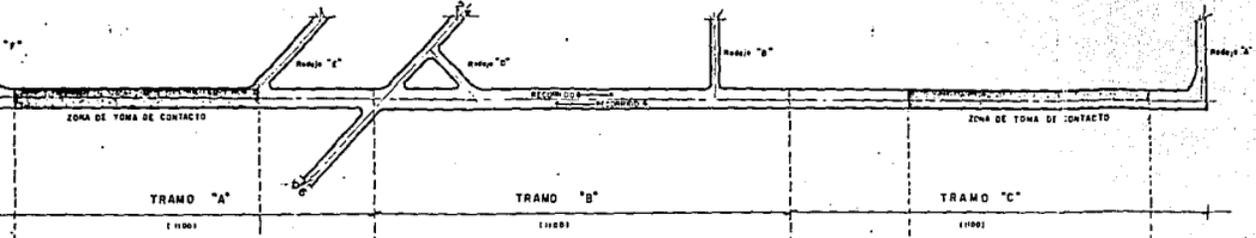


TES

AFERCU

GRAFICOS DE

PISTA 10-28 de 3300 X 45m



65 Km/h

NOTAS:

- Pista de Medidas: 27/06/2009/01.
- Hora: 08:28 - 11:00 a.m.
- Temperatura Ambiente: 28°C.
- Estado del Tiempo: Sereno.
- Viento: 0 km/h.
- Condición del Pavimento: Mojado.



VALORES ACEPTABLES

VALORES NO ACEPTABLES

VALORES ACEPTABLES

VALORES NO ACEPTABLES

TE
REPORTE
GRAFICOS DE
FRICCIÓN

COEFICIENTE DE FRICCIÓN

AEROPUERTO DE	RECORRIDO	T R A M O						
		Nº	"A" CABECERA 10		"B" CENTRAL		"C" CABECERA 28	
			PROMEDIO	MINIMO	PROMEDIO	MINIMO	PROMEDIO	MINIMO
ACAPULCO, GRO. PISTA 10-28 VELOCIDAD 65 Km/h.	1	0.58	0.22	0.49	0.30	0.58	0.42	
	2	0.60	0.44	0.54	0.39	0.57	0.39	
	3	0.61	0.22	0.49	0.30	0.60	0.44	
	4	0.60	0.04	0.47	0.04	0.60	0.41	
T O T A L	0.56	0.60	0.04	0.50	0.04	0.59	0.39	

Fig. VI.7

EVALUACION MEDIANTE OBSERVACIONES DE LA PISTA 10-28 DEL
AEROPUERTO INTERNACIONAL DE ACAPULCO GRO.

La forma como se realizó el reconocimiento visual de los deterioros existentes en la superficie del pavimento para obtener el tipo y porcentaje de los mismos fue la siguiente.

Un primer recorrido a pie por el eje de la pista de la cabecera 10 a la 28, con el objeto de tener una idea general de las características que guardaba la superficie de la pista.

En un segundo recorrido a pie se observó detenidamente la superficie de cada uno de los tramos en que se dividió la longitud de la pista (33 de 100 m. cada uno). Durante este recorrido se anotó el porcentaje de deterioros y se le asignó una calificación (según se explica en el capítulo IV), de acuerdo a lo observado.

La calificación promedio que se obtuvo de la pista 10-28 es de 2.96, rango que establece que la pista requiere una rehabilitación para seguir operando adecuadamente.

En lo que se refiere a los daños o deterioros observados en la superficie de la pista, se presentan las siguientes tablas que muestran los porcentajes determinados para cada tramo, así mismo su calificación correspondiente.

Aeropuerto Acapulco Gro

Elemento _____

Fecha del Levantamiento 11 de Febrero - 92

Cadenamiento o Tramo Deterioros o Fallas	0 + 000	0 + 100	0 + 200	0 + 300	0 + 400	0 + 500	0 + 600	0 + 700	0 + 800	0 + 900	0 + 1000	1 + 000	1 + 100	1 + 200	1 + 300	1 + 400	1 + 500	1 + 600
	Grieta longitudinal (% long.)						15.0											
Grieta transversal (% sup.)			5.0															
Grieta escamosa o costrosa (% sup.)																		
Grieta en esquina (% de losas)		1.5	2.0	8.5	15.0		4.0										1.5	1.2
Grieta en orilla (% de losas)		1.0	3.0				6.0							2.0	4.0		5.0	
Astillamiento o desconchamiento (% de losas)			2.0	5.0	6.0	5.0	8.5	6.0	12.5	7.5	5.5	4.0	6.0	5.5	4.5	10.5		
Desintegración del concreto (% sup.)																		
Mundimientos diferenciales (% sup.)																		
Bombeo (de losas)																		
Losas que se botan (% losas)																		
Pérdida del sello de las juntas (% losas)			7.0	9.0	14.0	11.5	35.0	20.5	21.0	15.0		8.5	9.0	7.5	15.0	9.0		
Grietas sin sellar (% sup.)																		
Cortes en el pavimento (% long.)																		
Parches (% sup.)																		
Bache tapado (% sup.)											5.0		5.0			1.5	2.5	
Bache abierto (% sup.)																		
Caucho (% sup.)		3.5	9.5	7.5	7.5	2.0	5.0											
Calificación	3.3	3.1	3.1	3.0	2.8	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.1	3.2	3.1	3.1	3.1	3.0	3.0	

Notas: El astillamiento se presenta en la orilla de las losas, al centro del eje de la pista.
Se tienen inclusiones de pequeños trozos de madera que generan orificios (de aprox. 5 cm. de diámetro) en la superficie.
Existe mayor pérdida de sello en las juntas en sentido longitudinal al centro del eje de la pista.

Aeropuerto Acapulco Grp.

Elemento _____

Fecha del Levantamiento 11 - Febrero - 92

Cadenamiento o Deterioros o Tramo - Fallas	3 + 200 3 + 300																		
Grieta longitudinal (% long.)																			
Grieta transversal (% sup.)																			
Grieta escamosa o costrosa (% sup.)																			
Grieta en esquina (% de losas)																			
Grieta en orilla (% de losas)																			
Astillamiento o desconchamiento (% de losas)																			
Desintegración del concreto (% sup.)																			
Hundimientos diferenciales (% sup.)																			
Bombeo (de losas)																			
Losas que se botan (% losas)																			
Pérdida del sello de las juntas (% losas)																			
Grietas sin sellar (% sup.)																			
Cortes en el pavimento (% long.)																			
Parches (% sup.)																			
Bache tapado (% sup.)																			
Bache abierto (% sup.)																			
Caucho (% sup.)																			
Calificación		3.1																	

Notas: El cadenamamiento se realizó de la cabecera 10 a la 28.
Calificación promedio de la pista 2.96

C A P I T U L O VII

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La evaluación de pavimentos es de gran importancia para los organismos encargados de los aeropuertos, ya que en base a ella, es posible tener conocimiento del estado de la superficie de rodamiento de los mismos, y así poder programar las inversiones necesarias para su conservación, rehabilitación o reconstrucción.

Al aplicar los métodos de evaluación cualitativa a la pista 10-28 de Aeropuerto de Acapulco Gro., se obtuvieron los resultados que se presentan en la siguiente tabla:

Valores	Máximo	Mínimo	Promedio	Notas
Método				
Indice de Perfil	75.10	13.30	39.97	Valor no aceptable.
Coefficiente de Fricción	80.00	0.04	0.56	Valor aceptable.
Observaciones	3.20	2.80	2.96	Valor aceptable.

Como podemos ver de la tabla anterior, de los tres métodos aplicados, el que nos reporta problemas para la operación

de la pista es el Índice de Perfil. Pero al observar el reporte obtenido mediante observaciones, nos damos cuenta que los - deterioros que más se presentan en la pista son la falta de se llo en las juntas y desconchamientos, por lo que la pista requiere una rehabilitación para mantener un valor del Índice de Perfil aceptable.

Por lo antes mencionado podemos constatar que el Método de Evaluación Mediante Observaciones es congruente con los métodos de Evaluación Cualitativa existentes y aplicable a la - realidad.

Se considera que el objetivo que se perseguía al elaborar el presente trabajo se ha cumplido, puesto que el procedimiento propuesto para la Evaluación Cualitativa de pavimentos es sencillo y económico, teniendo en cuenta la importancia que tienen los pavimentos de aeropuertos.

Para el ejemplo de aplicación de este trabajo y en base a las observaciones y resultados de los estudios de Índice de Perfil y Coeficiente de Fricción realizados a la pista 10-28 - del Aeropuerto Internacional de Acapulco Gro., se consideran - pertinentes las siguientes recomendaciones para que la pista - siga operando adecuadamente:

- 1.- Colocar el sello de las juntas donde se ha perdido
- 2.- Reparar las losas que presentan astillamiento y/o -

desconchamiento, tanto en esquina como en orilla.

- 3.- Eliminar el exceso de caucho que existe sobre la - pista mediante chorros de agua a presión y solven--tes o realizar un ranurado transversal para mejorar su Coeficiente de Fricción en la zona de toma de - contacto de las aeronaves con la superficie de la - pista.
- 4.- Remover las cascarras que se han formado con la pin--tura en los señalamientos sobre la pista y marcar--los nuevamente.
- 5.- Realizar dos evaluaciones por año, mediante observa--ciones para tener un conocimiento actualizado del - estado que guardan los pavimentos, ya que es más rá--pido obtener los resultados comparado con la evalua--ción mediante instrumentos.

A P E N D I C E A

Las siguientes fotografías muestran algunas fallas y/o deterioros que se llegan a presentar en pistas de pavimento flexible.

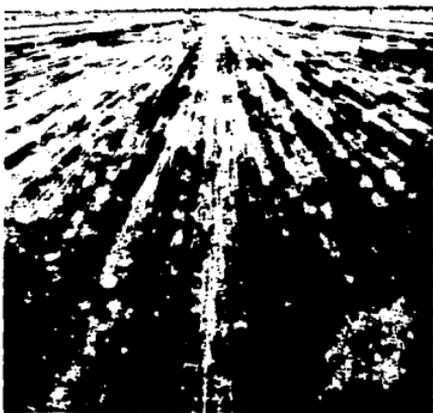
ESTA TESIS NO PUEDE
SALIR DE LA BIBLIOTECA



A-1 Esta fotografía - muestra el agrietamiento superficial de un pavimento flexible, conocido como piel de cocodrilo.

A-2 La fotografía muestra la reflexión de grietas y juntas de una carpeta asfáltica colocada sobre un pavimento rígido.





A-3

Las fotografías A-3 y A-4 muestran exceso de caucho sobre la pista.



A-4



A-5

Las fotografías A-5 y A-6, muestran hundimientos o depresiones en las cuales se acumula el agua.



A-6



A-7 La fotografía muestra un bache, en el cual por efecto del agua y el tránsito de los aviones, el material de base se "sale" (efecto o falla por bombeo).

A-8 La fotografía muestra la falta de pendiente transversal de la pista para drenar el agua y como las grietas la absorben.





A-9 La fotografía muestra -
grietas de contracción.

A-10 En la fotografía se pue-
de observar una canaliza
ción o rodera.





A-11 En la fotografía se observa afloramiento de -
asfalto y hundimientos.

A-12 La fotografía muestra -
una grieta longitudinal
y crecimiento de hierba.





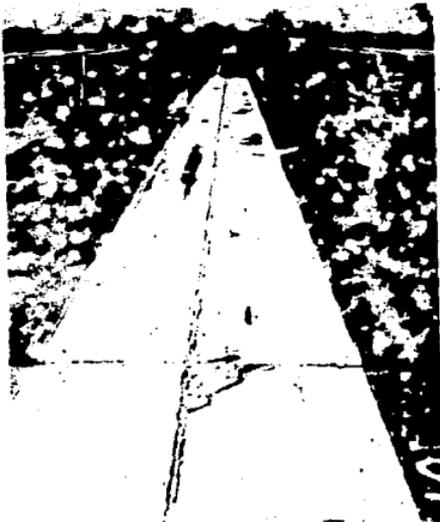
A-13 En la fotografía se observan baches, por efecto de la disgregación o desmoronamiento de la -
carpeta asfáltica.

A-14 La fotografía muestra la erosión de la superficie del pavimento.



A P E N D I C E B

Las siguientes fotografías muestran algunas fallas y/o deterioros que se llegan a presentar en pavimentos rígidos, en las pistas de los aeropuertos.

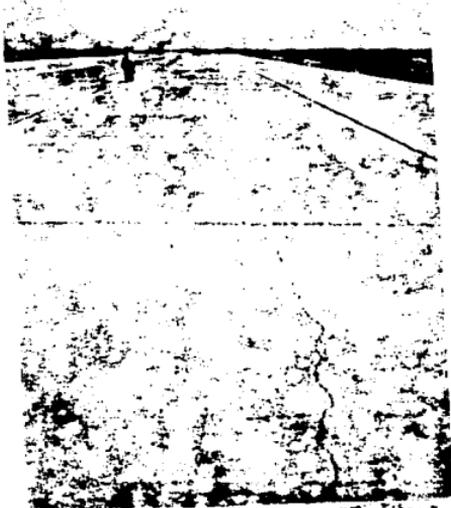


B-1 En la fotografía se muestra grieta y desconchamiento en esquina de losa.



B-2 La fotografía muestra bache y desconchamiento en esquina y orilla de losa.





B-3 La fotografía muestra -
una grieta longitudinal



B-4 En la fotografía se ob-
serva desintegración -
del concreto



B-5 En la fotografía se observa la falta de sello en la junta



B-6 La fotografía muestra hundimiento de losa.

A P E N D I C E C

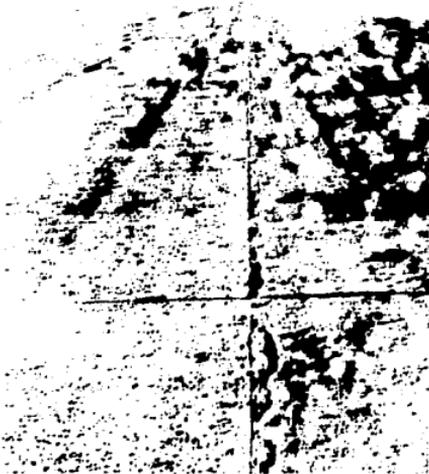
Las siguientes fotografías muestran fallas y/o deterioros que se han presentado en la pista 10-28 del Aeropuerto Internacional de Acapulco Gro., cabe hacer mención que dicha pista es un pavimento rígido.



C-1 La fotografía muestra la falta de sello en las juntas



C-2 En la fotografía se observa falta de sello entre las jun--tas, así como des--conchamiento en la orilla de las losas



C-3 La fotografía muestra -
desconchamiento y asti-
llamiento a lo largo del
eje de la pista

C-4 En la fotografía se ob-
serva desconchamiento -
de equina de losa





C-5

En las fotografías C-5 y C-6 se observa el exceso de caucho sobre la pista



C-6



C-7 En la fotografía se observa la cascara que se ha formado con la pintura en los señalamientos



C-8 La fotografía muestra -
cascaras de pintura en -
los señalamientos, así co
mo un desconchamiento de
losa



C-9 La fotografía muestra una junta bien calafateada



C-10 La fotografía muestra -
una junta mal calafatea
da, existente en la pi
ta 10-28

B I B L I O G R A F I A

- 1.- Conservación de Aeropuertos
Sistema Aeronáutico-Terrestre
Rodarte Lazo, Francisco F.
- 2.- Estructuración de Vías Terrestres
Olivera Bustamante, Fernando
- 3.- Manual de Proyecto de Aeródromos
Parte 3, Pavimentos
Organización de Aviación Civil Internacional
- 4.- Mecánica de Suelos, Tomo II
Juárez Badillo, Eulalio y Rico Rodríguez, A.
- 5.- Manual de Servicios de Aeropuertos
Parte 2, Estado de la Superficie de los Pavimentos
Organización de Aviación Civil Internacional
- 6.- La Ingeniería de Suelos en las Vías Terrestres
Volumen II
Rico Rodríguez, Alfonso y Del Castillo, Hermilo.