



222
194

Universidad Nacional Autónoma de México

FACULTAD DE INGENIERIA

EVALUACION DEL PAVIMENTO FLEXIBLE POR EL
METODO DE DEFLEXIONES ESTATICAS EN EL
AEROPUERTO DE LA CIUDAD DE OAXACA, OAX.

TESIS PROFESIONAL

Que para obtener el título de
INGENIERO CIVIL

presenta

JOSE ERNESTO DE JESUS SOTO MORAN

México, D. F.

1982



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



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.

TESIS CON FALLA DE ORIGEN



ESTADOS UNIDOS MEXICANOS
 AERONAUTICA

FACULTAD DE INGENIERIA
 DIRECCION
 60-1-285

Señor JOSE ERNESTO DE JESUS SOTO MORAN,
 P r e s e n t e .

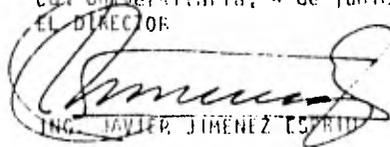
En atención a su solicitud, me es grato hacer de su conocimiento el tema que aprobado por esta Dirección, propuso el Profr. Ing. Alfonso Rico Rodríguez, para que lo desarrolle como tesis para su Examen Profesional de la carrera de Ingeniero CIVIL.

"EVALUACION DEL PAVIMENTO FLEXIBLE POR EL METODO DE DEFLEXIONES ESTATICAS EN EL AEROPUERTO DE LA CIUDAD DE OAXACÁ, OAX."

- I. Introducción.
- II. Antecedentes.
- III. Descripción del método canadiense para evaluación en pavimentos de aeropistas.
- IV. Trabajos de campo y laboratorio y cálculos realizados.
- V. Conclusiones y recomendaciones.

Ruego a usted se sirva tomar debida nota de que en cumplimiento con lo especificado por la Ley de Profesiones, deberá prestar Servicio Social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito indispensable para sustentar Examen Profesional; así como de la disposición de la Coordinación de la Administración Escolar en el sentido de que se imprima en lugar visible de los ejemplares de la tesis, el título del trabajo realizado.

A t e n t a m e n t e
 "POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPIRITU"
 Cd. Universitaria, 4 de junio de 1982
 EL DIRECTOR


 ING. JAVIER JIMÉNEZ ESPRIÚ

663
 JJI/ZOH/ser

I N D I C E G E N E R A L

C A P I T U L O

- I INTRODUCCION.
- II ANTECEDENTES.
1. Localización.
 2. Topografía y drenaje superficial.
 3. Formación del subsuelo de la zona.
 4. Datos de proyecto para la primera etapa de reconstrucción del pavimento.
 5. Primera etapa de reconstrucción.
 6. Evaluación de los pavimentos del aeropuerto en 1980.
- III DESCRIPCION DEL METODO CANADIENSE PARA EVALUACION EN PAVIMENTOS DE AEROPISTAS.
- IV TRABAJOS DE CAMPO Y LABORATORIO Y CALCULOS REALIZADOS.

CAPITULO

1. Trabajos de campo.
 - a) Inspección visual.
 - b) Medición de deflexiones de la estructura del pavimento.
 - c) Realización de sondeos exploratorios en el pavimento.
2. Ensayes de laboratorio.
3. Cálculos realizados.
 - a) Cálculo de deflexiones características.
 - b) Cálculo del factor de sobrecarga según el Método Canadiense.

V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

CAPITULO I.

INTRODUCCION.-

El constante y cada día más acelerado desarrollo del transporte aéreo en el mundo ha tenido una gran importancia desde su inició, - por su mayor rapidez en relación con los demás medios de transporte, ya que ha facilitado e incrementado notablemente la comunicación entre los pueblos y su intercambio cultural en todos los sentidos. En aquellas regiones del planeta en donde lo accidentado de la topografía hace muy difícil la comunicación por tierra, encareciéndola enormemente, este medio de transporte ha - tenido aun mayor importancia.

Los aeropuertos, como puntos de contacto a tierra del transporte aéreo, constituyen uno de los elementos más importantes del sistema,

y de su buen funcionamiento 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.

Este trabajo tiene como fin principal, presentar el conjunto de actividades realizadas para conocer el estado estructural de los pavimentos en aeropuertos y poder planear oportunamente su rehabilitación. Este conjunto de actividades se conoce como evaluación de los pavimentos.

La evaluación conduce necesariamente a una de dos posibilidades:

Así:

- a) El pavimento requiere reconstrucción inmediata.

- b) El pavimento no requiere reconstrucción inmediata, y en este caso, es posible conocer el número de operaciones que deben transcurrir para que se realice una próxima evaluación.

A raíz de lo anteriormente expuesto, así como de la diferencia en los criterios y puntos de vista de las diferentes instituciones y personas que se han tenido que enfrentar a este tipo de problemas, ha surgido la necesidad de crear departamentos técnicos de evaluación de pavimentos en aeropuertos. Para este trabajo se respaldó al Cónsul General de los Estados Unidos en McLeod, en su parte correspondiente a la realización de trabajos en aeropistas.

C A P I T U L O II.

ANTECEDENTES.-

Localización:

El aeropuerto de Oaxaca, Oax., se localiza al sur de la Ciudad y a 985 m a la derecha del Km 10+480 del camino Oaxaca-Puerto Angel, - con origen en la Ciudad de Oaxaca.

Topografía y drenaje superficial.

La zona donde se localiza el aeropuerto es considerablemente plana el drenaje superficial se efectúa a través de los canales de sección - trapecial denominados N° 1, N° 2, N° 3, N° 4 y N° 5.

El N° 1 y el N° 2 están dispuestos a lo largo de la pista so bre el lado derecho y a 84.0 m de su eje. El N° 1 bordea el acceso a la pla t atormia de operaciones y descarga al Rfo "Atoyac". El canal N° 2 cruza por

malmente al eje de la pista sobre la cabecera 01 y descarga al arroyo "Los Perros". Los canales N° 3, N° 4 y N° 5, están dispuestos a lo largo de la pista, sobre el lado izquierdo y también a 91.0 m de su eje. Estos descargan al arroyo "Los Perros". El plano general muestra la disposición de los canales de drenaje.

Formación del subsuelo de la zona:

El subsuelo está formado por depósitos de origen fluvial, caracterizados por capas alternadas de arena y limo interstratificados con arcilla. Tiene gran cantidad de arena medianamente compacta.

Datos de proyecto para la pista a el que se refiere el plano general del aeropuerto:

Estado 1961, cuando se proyectó la pista para la construcción del aeropuerto, Gobierno Civil de San Pedro de Macoris, a través de

menor importancia, de manera que la distribución de sus áreas de operación y los espesores de sus pavimentos, que habían sido diseñados para tal servicio, eran ya insuficientes para nuevos aviones de mayor capacidad como el DC-9 y el Boeing 727, cuyo uso se hacía ya necesario. En función de esta necesidad, se decidió la reconstrucción del aeropuerto.

El proyecto de los pavimentos según la información que se tiene, así como su distribución, se refirió al siguiente los siguientes aspectos:

1. Tipos de aeronaves con las que se va a operar el aeropuerto.

- a). Aeronaves Boeing 727 con peso máximo de 110 toneladas, 1,000 pasajeros, para el proyecto de pista que se va a construir en la pista principal, categoría I, categoría II y categoría III. (Ver especificación)

II-2 y II-3 se muestran algunas características de este aparato.

- b) Aeronave DC-6 con peso máximo de 40 tons. y 5,000 cubrimien-
tos; por razones de estacionamiento, para el proyecto de pa-
vimento flexible en la plataforma de avionetas y su tramo de
acceso.

- 2. Distribución y características geométricas de los elementos que -
forman la circulación del aeropuerto.
- 3. Propiedades mecánicas de los materiales que forman la capa subra--
sante.
 - a) Valor relativo de soporte de la capa subrasante para una com-
pactación de 100%.

Primera etapa de reconstrucción del aeropuerto.

La primera etapa de reconstrucción se efectuó entre los años de 1969 a 1971, de acuerdo con las nuevas exigencias de las aeronaves que se indicaron anteriormente, las obras de reconstrucción se realizaron a continuación:

Las obras de emergencia consistió en:

1. Ampliar las cabeceras de pista de acuerdo con una longitud de 300 m. y ampliar la pista de 30 a 45 m. de ancho.

Obras de reconstrucción:

2. La pista se amplió de 30 a 45 m. de ancho y se mejoró el pavimento mediante el uso de 8,500 toneladas de cemento, 200 toneladas de arena y 100 toneladas de grava de tamaño 1/2" a 1". Se construyó una estructura de concreto de 12 cm. de espesor para el pavimento de 100 toneladas de grava de tamaño 1/2" a 1". Se construyó una estructura de 10 cm. de espesor para el pavimento de 100 toneladas de grava de tamaño 1/2" a 1".

3. Construcción de una calle de acceso (Rodaje N° 2) de 420x23 m con sus acotamientos de 4.00 m adyacentes.
4. Ampliación de la plataforma de operaciones de 150 m a 185 m de longitud (30 m hacia el sur, 5 m hacia el norte), el pavimento fue de las mismas características que el colocado en la ampliación de la pista.
5. Ampliación lateral de la calle de rodaje N° 1 de 15.0 m a 23.0 m de ancho y con acotamientos de 4.00 m laterales.
6. Construcción de una plataforma para estacionamiento de avioneta, de 100 m por 30 m, con las características siguientes: 0.30 m de espesor de sub base; 0.10 m de sub base hidráulica cribada, 0.10 m de base hidráulica triturada y 0.04 m de carpeta asfáltica elaborada en planta. Todas las capas fueron compactadas al 100% con excepción de la carpeta

asfáltica que se compactó al 95%.

Al mismo tiempo se efectuó el estudio de capacidad del pavimento antiguo (pruebas de placa), encontrándose que era necesario reforzar el espesor de dicho pavimento para poder soportar las aeroplanos consideradas en el proyecto; DC-9 y Boeing 737. Por lo tanto se procedió a colocar una capa de carpeta asfáltica en altura en planta de 3.00" + de espesor en todos los elementos.

Después de haberse terminado toda primera etapa de rehabilitación en el año de 1981, para un aspecto más liberal en el tránsito de aeroplanos y las compañías aéreas internacionales. Este incremento en las operaciones al nivel del aeropuerto, se realizó en el edificio terminal de pasajeros del aeropuerto, con la instalación directa en el edificio terminal de pasajeros del aeropuerto, con la instalación de un sistema de control de tráfico aéreo, con la instalación de un sistema de control de tráfico aéreo, con la instalación de un sistema de control de tráfico aéreo.

entre el pasaje de llegada y salida, tardanza en la entrega de equipaje y --
volviéndose aun más crítico cuando coincidían los vuelos del Boeing 707 y del
DC-9. A solicitud de aeropuertos y servicios auxiliares, que es la empresa --
que administra los aeropuertos, se estudió y se proyectó un nuevo edificio --
terminal, con sus áreas de servicio correspondientes. Esta obra se autori-
zó en el año de 1974.

El proyecto de ampliación del aeropuerto consistió en las --
obras que se indican a continuación:

1. Construcción de un edificio terminal de 3,000 m², considerando futuras am-
pliaciones.
2. Ampliación de la plataforma de operaciones en 150 m de longitud por el --
mismo ancho de 90 m de la anterior (obra motivada por la nueva localiza-

ción del edificio terminal).

3. Construcción del rodaje N° 3 de 44,10 m de largo por 23,0 m de ancho.
4. Construcción de un estacionamiento de automóviles, también motivado por la nueva localización del edificio.

Evaluación de los pavimentos del aeropuerto en 1954.

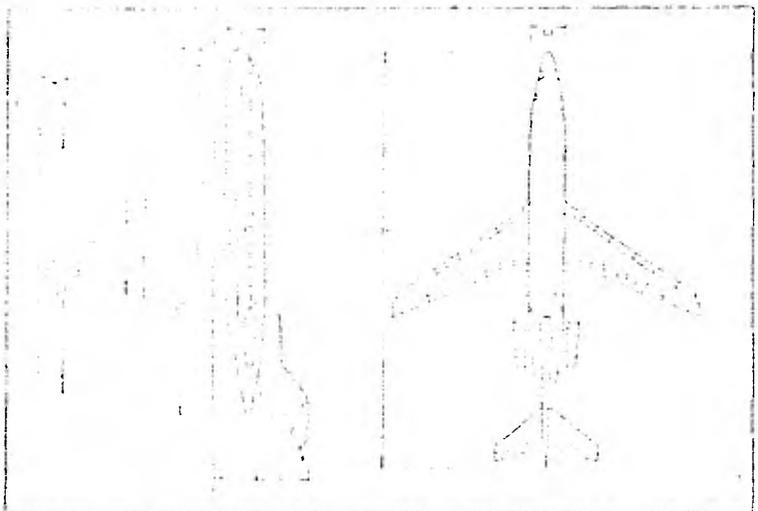
Como se mencionó anteriormente, en la reconstrucción del aeropuerto en el año de 1950, se colocó una capa de base de 15 cm de espesor de concreto adicional en todas las pistas y rampas. Actualmente, diez años después de la colocación de este concreto en todas las pistas de 150 m, se observa una fisuración de los pavimentos en las áreas expuestas al tráfico de aviones sin tener ninguna reparación.

Para el estudio de la resistencia de los pavimentos se realizó el trabajo

Los de campo y laboratorio que se exponen en el Capítulo IV. Así mismo estos trabajos se efectuaron en base a los requerimientos del Método Canadiense de evaluación; en su aplicación a aeropistas, el cual fue empleado en este trabajo y se expone en el Capítulo III.

Por último, en el Capítulo V, se presentan las conclusiones a que se llegó y se dan las recomendaciones adecuadas para la rehabilitación de los pavimentos del aeropuerto.

GENERAL		SPECIFICATIONS	
DESCRIPTION	QUANTITY	UNIT	REMARKS
1. [Illegible]	[Illegible]	[Illegible]	[Illegible]
2. [Illegible]	[Illegible]	[Illegible]	[Illegible]
3. [Illegible]	[Illegible]	[Illegible]	[Illegible]
4. [Illegible]	[Illegible]	[Illegible]	[Illegible]
5. [Illegible]	[Illegible]	[Illegible]	[Illegible]
6. [Illegible]	[Illegible]	[Illegible]	[Illegible]
7. [Illegible]	[Illegible]	[Illegible]	[Illegible]
8. [Illegible]	[Illegible]	[Illegible]	[Illegible]
9. [Illegible]	[Illegible]	[Illegible]	[Illegible]
10. [Illegible]	[Illegible]	[Illegible]	[Illegible]
11. [Illegible]	[Illegible]	[Illegible]	[Illegible]
12. [Illegible]	[Illegible]	[Illegible]	[Illegible]
13. [Illegible]	[Illegible]	[Illegible]	[Illegible]
14. [Illegible]	[Illegible]	[Illegible]	[Illegible]
15. [Illegible]	[Illegible]	[Illegible]	[Illegible]
16. [Illegible]	[Illegible]	[Illegible]	[Illegible]
17. [Illegible]	[Illegible]	[Illegible]	[Illegible]
18. [Illegible]	[Illegible]	[Illegible]	[Illegible]
19. [Illegible]	[Illegible]	[Illegible]	[Illegible]
20. [Illegible]	[Illegible]	[Illegible]	[Illegible]
21. [Illegible]	[Illegible]	[Illegible]	[Illegible]
22. [Illegible]	[Illegible]	[Illegible]	[Illegible]
23. [Illegible]	[Illegible]	[Illegible]	[Illegible]
24. [Illegible]	[Illegible]	[Illegible]	[Illegible]
25. [Illegible]	[Illegible]	[Illegible]	[Illegible]
26. [Illegible]	[Illegible]	[Illegible]	[Illegible]
27. [Illegible]	[Illegible]	[Illegible]	[Illegible]
28. [Illegible]	[Illegible]	[Illegible]	[Illegible]
29. [Illegible]	[Illegible]	[Illegible]	[Illegible]
30. [Illegible]	[Illegible]	[Illegible]	[Illegible]
31. [Illegible]	[Illegible]	[Illegible]	[Illegible]
32. [Illegible]	[Illegible]	[Illegible]	[Illegible]
33. [Illegible]	[Illegible]	[Illegible]	[Illegible]
34. [Illegible]	[Illegible]	[Illegible]	[Illegible]
35. [Illegible]	[Illegible]	[Illegible]	[Illegible]
36. [Illegible]	[Illegible]	[Illegible]	[Illegible]
37. [Illegible]	[Illegible]	[Illegible]	[Illegible]
38. [Illegible]	[Illegible]	[Illegible]	[Illegible]
39. [Illegible]	[Illegible]	[Illegible]	[Illegible]
40. [Illegible]	[Illegible]	[Illegible]	[Illegible]
41. [Illegible]	[Illegible]	[Illegible]	[Illegible]
42. [Illegible]	[Illegible]	[Illegible]	[Illegible]
43. [Illegible]	[Illegible]	[Illegible]	[Illegible]
44. [Illegible]	[Illegible]	[Illegible]	[Illegible]
45. [Illegible]	[Illegible]	[Illegible]	[Illegible]
46. [Illegible]	[Illegible]	[Illegible]	[Illegible]
47. [Illegible]	[Illegible]	[Illegible]	[Illegible]
48. [Illegible]	[Illegible]	[Illegible]	[Illegible]
49. [Illegible]	[Illegible]	[Illegible]	[Illegible]
50. [Illegible]	[Illegible]	[Illegible]	[Illegible]
51. [Illegible]	[Illegible]	[Illegible]	[Illegible]
52. [Illegible]	[Illegible]	[Illegible]	[Illegible]
53. [Illegible]	[Illegible]	[Illegible]	[Illegible]
54. [Illegible]	[Illegible]	[Illegible]	[Illegible]
55. [Illegible]	[Illegible]	[Illegible]	[Illegible]
56. [Illegible]	[Illegible]	[Illegible]	[Illegible]
57. [Illegible]	[Illegible]	[Illegible]	[Illegible]
58. [Illegible]	[Illegible]	[Illegible]	[Illegible]
59. [Illegible]	[Illegible]	[Illegible]	[Illegible]
60. [Illegible]	[Illegible]	[Illegible]	[Illegible]
61. [Illegible]	[Illegible]	[Illegible]	[Illegible]
62. [Illegible]	[Illegible]	[Illegible]	[Illegible]
63. [Illegible]	[Illegible]	[Illegible]	[Illegible]
64. [Illegible]	[Illegible]	[Illegible]	[Illegible]
65. [Illegible]	[Illegible]	[Illegible]	[Illegible]
66. [Illegible]	[Illegible]	[Illegible]	[Illegible]
67. [Illegible]	[Illegible]	[Illegible]	[Illegible]
68. [Illegible]	[Illegible]	[Illegible]	[Illegible]
69. [Illegible]	[Illegible]	[Illegible]	[Illegible]
70. [Illegible]	[Illegible]	[Illegible]	[Illegible]
71. [Illegible]	[Illegible]	[Illegible]	[Illegible]
72. [Illegible]	[Illegible]	[Illegible]	[Illegible]
73. [Illegible]	[Illegible]	[Illegible]	[Illegible]
74. [Illegible]	[Illegible]	[Illegible]	[Illegible]
75. [Illegible]	[Illegible]	[Illegible]	[Illegible]
76. [Illegible]	[Illegible]	[Illegible]	[Illegible]
77. [Illegible]	[Illegible]	[Illegible]	[Illegible]
78. [Illegible]	[Illegible]	[Illegible]	[Illegible]
79. [Illegible]	[Illegible]	[Illegible]	[Illegible]
80. [Illegible]	[Illegible]	[Illegible]	[Illegible]
81. [Illegible]	[Illegible]	[Illegible]	[Illegible]
82. [Illegible]	[Illegible]	[Illegible]	[Illegible]
83. [Illegible]	[Illegible]	[Illegible]	[Illegible]
84. [Illegible]	[Illegible]	[Illegible]	[Illegible]
85. [Illegible]	[Illegible]	[Illegible]	[Illegible]
86. [Illegible]	[Illegible]	[Illegible]	[Illegible]
87. [Illegible]	[Illegible]	[Illegible]	[Illegible]
88. [Illegible]	[Illegible]	[Illegible]	[Illegible]
89. [Illegible]	[Illegible]	[Illegible]	[Illegible]
90. [Illegible]	[Illegible]	[Illegible]	[Illegible]
91. [Illegible]	[Illegible]	[Illegible]	[Illegible]
92. [Illegible]	[Illegible]	[Illegible]	[Illegible]
93. [Illegible]	[Illegible]	[Illegible]	[Illegible]
94. [Illegible]	[Illegible]	[Illegible]	[Illegible]
95. [Illegible]	[Illegible]	[Illegible]	[Illegible]
96. [Illegible]	[Illegible]	[Illegible]	[Illegible]
97. [Illegible]	[Illegible]	[Illegible]	[Illegible]
98. [Illegible]	[Illegible]	[Illegible]	[Illegible]
99. [Illegible]	[Illegible]	[Illegible]	[Illegible]
100. [Illegible]	[Illegible]	[Illegible]	[Illegible]

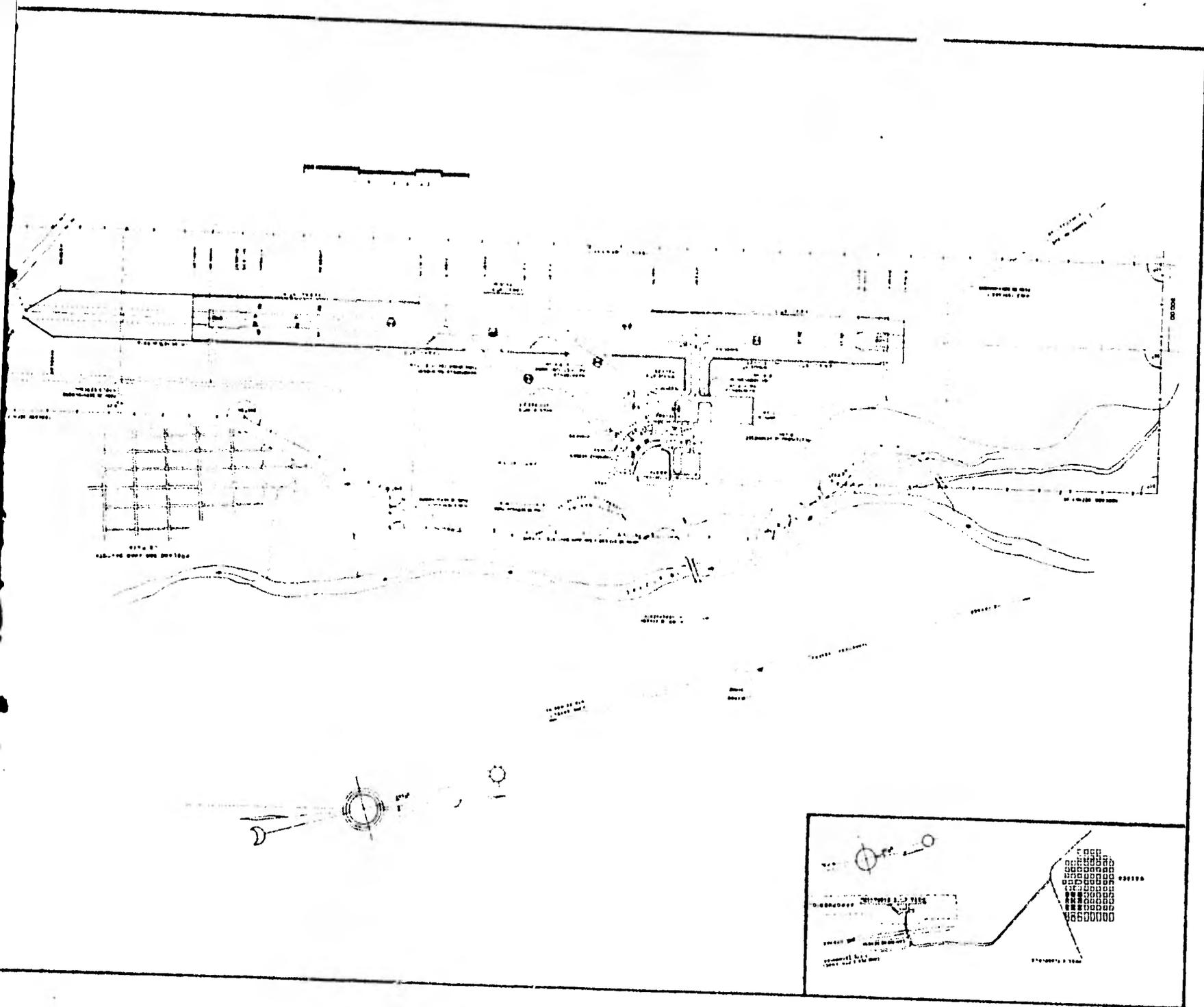


DIMENSIONES GENERALES
AVION SEING 727

ELECTRÓNICA GENERAL
AVION BOEING 727

CONCEPTO		MODELO			
		727-200		727-300	
		ESTANDBY	AVANZADO	ESTANDBY	AVANZADO
W. O. BANDO DE INSTRUCCIONES	72	71,100	77,500	78,500	91,500
	78	161,500	179,000	171,000	208,000
H2 OXIGENO ANTICATAR	75	62,500	64,000	59,100	72,600
	110	187,500	144,000	159,600	199,000
PER. MANEJO DEL SEÑOR	79	-	-	-	34,700
	09	-	-	-	787,500
L. O. BANDO DE VOLVO	86	76,500	76,500	78,100	-
	07	170,000	169,000	172,000	-
TRAB. ORO COMPLEMENTO	75	51,000	56,100	61,200	65,100
	11	119,000	121,500	118,000	144,000
PL. OXIGENO DE CARGA	56	11,500	16,000	17,500	19,170
Q. C. PMA	10	30,500	35,000	36,800	42,215
CABLES Y ACCESORIOS		94 a 125	94 a 125	114 a 161	114 a 161
CABLES DE LOS CAS	07	25,5	25,5	12,0	42,0
	07	900	900	1,305	1,305
CONEXIONES DE LOS CAS	13	40,000	40,000	39,000	40,144
	00	9,100	10,000	8,100	10,000
TIPO DE CABLES		2180 - 7	2180 - 7	2180 - 9	2160 - 15
CONEXIONES DE LOS CAS	14	2,500	2,500	2,310	3,161
TIPO	14	2,300	2,300	2,300	10,350
CONEXIONES DE LOS CAS	19	1,500	1,400	1,200	1,000
AL. O. TAB. DE AL. O. CAS	18	5,000	5,000	5,200	5,000
CONEXIONES DE LOS CAS	19	1,400	1,400	1,400	1,400
AL. O. TAB. DE AL. O. CAS	19	2,000	2,000	2,100	2,000
AL. O. TAB. DE AL. O. CAS	19	200	200	200	200
AL. O. TAB. DE AL. O. CAS	19	100	100	100	100

NOTA: El presente presupuesto es una estimación de los costos de los materiales y mano de obra para la construcción de un avión Boeing 727. Los precios de los materiales y mano de obra pueden variar en el tiempo y en el lugar. Este presupuesto no incluye los costos de transporte, impuestos, seguros, etc. El presente presupuesto es una estimación de los costos de los materiales y mano de obra para la construcción de un avión Boeing 727. Los precios de los materiales y mano de obra pueden variar en el tiempo y en el lugar. Este presupuesto no incluye los costos de transporte, impuestos, seguros, etc.



CAPITULO III

METODO CANADIENSE PARA EVALUACION DEL ESTADO DE LAS AEROPISTAS EN OPERACION.--

Este método de evaluación es válido únicamente para aeropistas.
tas.

El punto de partida se constituye la expresión, originalmente
debeida a McLeod:

$$e = k \log \frac{P}{L}$$

donde:

e = capacidad total del pavimento que se mide hasta el nivel superior
de la capa base y el nivel subbase.

k = constante de ajuste, en función de las propiedades del material.

área cargada supuesta circular.

P =Carga simple equivalente a nivel de la sub rasante, de la rueda de diseño en kilogramos. Es también el valor soporte en la superficie del pavimento aplicando la carga mediante una placa (comumente de 30" de diámetro) a una deformación dada (comumente de 0.5") y a un número dado de repeticiones de carga (comumente 10 repeticiones).

S =Valor de soporte de la sub rasante para las mismas condiciones de aplicación de la carga para determinar P.

Para un avión dado, la carga equivalente al arreglo de llantas -- que se tenga es proporcionada por el propio fabricante, por lo que en lo -- que sigue se considerará a P un dato del problema en cualquier caso.

De la misma manera, el valor de e para un pavimento será siempre conocido, como resultado de la realización de los correspondientes sondeos de carácter exploratorio.

La figura III-3 permite calcular K en cualquier caso práctico, en función del diámetro del área que define la curva, del tipo de llanta del avión o sea placa de prueba, pudiendo ser cualquiera dentro del método que se describe se utilizaran otros tipos de aplicación de carga. Si la carga se aplica en el centro, mediante un eje de aplicación en el centro de inercia con que opera la estructura se obtiene el factor de concentración que se supone en el caso, lo que permite obtener los resultados de los ensayos en cualquier tipo de placa, en el momento de aplicar la carga.

De acuerdo con el artículo 10 del Reglamento de Construcción de Edificios, la carga total en placa de prueba se supone en el centro de inercia.

Si se efectúa una prueba de placa en la superficie de rodamiento, podrá ser determinada P para diez repeticiones de carga con una deflexión acotada de 1.27 cm (0.5 pulg). Con dicho valor de acuerdo con las consideraciones anteriores podrá obtenerse S , soporte total del pavimento en estudio, despejándolo de la expresión anterior. La ejecución de pruebas de placa podrá ser sustituida, quizá con ventaja y economía por la realización de mediciones con la Viga Benkelman (Figura III-4); al respecto se han desarrollado en el Canadá, correlaciones experimentales entre ambos conceptos -- que se reportan suficientemente confiables, la Figura III-2 recoge la correlación de que se habla, expresada en unidades inglesas, por ser estas de uso común.

Habida cuenta que existe correlación entre las mediciones hechas con Viga Benkelman y con Dynaflect (Figura III-3), se sigue que cualquiera de todos estos dispositivos puede utilizarse para valorar el soporte total.

que puede atribuirse al pavimento en el momento del estudio.

En el Método Canadiense se establece la siguiente característica con la Viga Benkelman con la expresión:

$$dc = \frac{1}{2} \dots$$

en donde:

- x = es la media aritmética de las lecturas de la viga Benkelman en los puntos de ensayo.
- y = es la media aritmética de las lecturas de la viga Benkelman.

Se obtiene una medida de la deformación de la viga Benkelman en su equivalente para de él en la parte superior de la carretera del día, con la fórmula (1) obtenida de la siguiente manera: se divide la diferencia de los valores de la lectura de la viga Benkelman en los puntos de ensayo y se multiplica por el coeficiente de conversión de la viga Benkelman.

aeronave crítica que corresponda; y durante el número de operaciones para las que fue diseñado el pavimento; a este valor de soporte se le llamará S_n .

Así se está en disposición de calcular el denominado factor de sobrecarga:

$$F_s = \frac{S_n}{S}$$

La experiencia canadiense ha indicado el número de operaciones que puede tener la aeropista a partir del momento del estudio, en función del factor de sobrecarga; después de dicho número de operaciones el pavimento deberá reforzarse, a no ser que una cuidadosa inspección de daños hecha en aquel momento revele que éstos no han progresado en el lapso transcurrido, en cuyo caso será posible permitir un ciclo de operaciones adicional, pudiéndo-

se repetir este proceso tantas veces como se quiera, en tanto no se manifieste un progreso significativo en los deterioros.

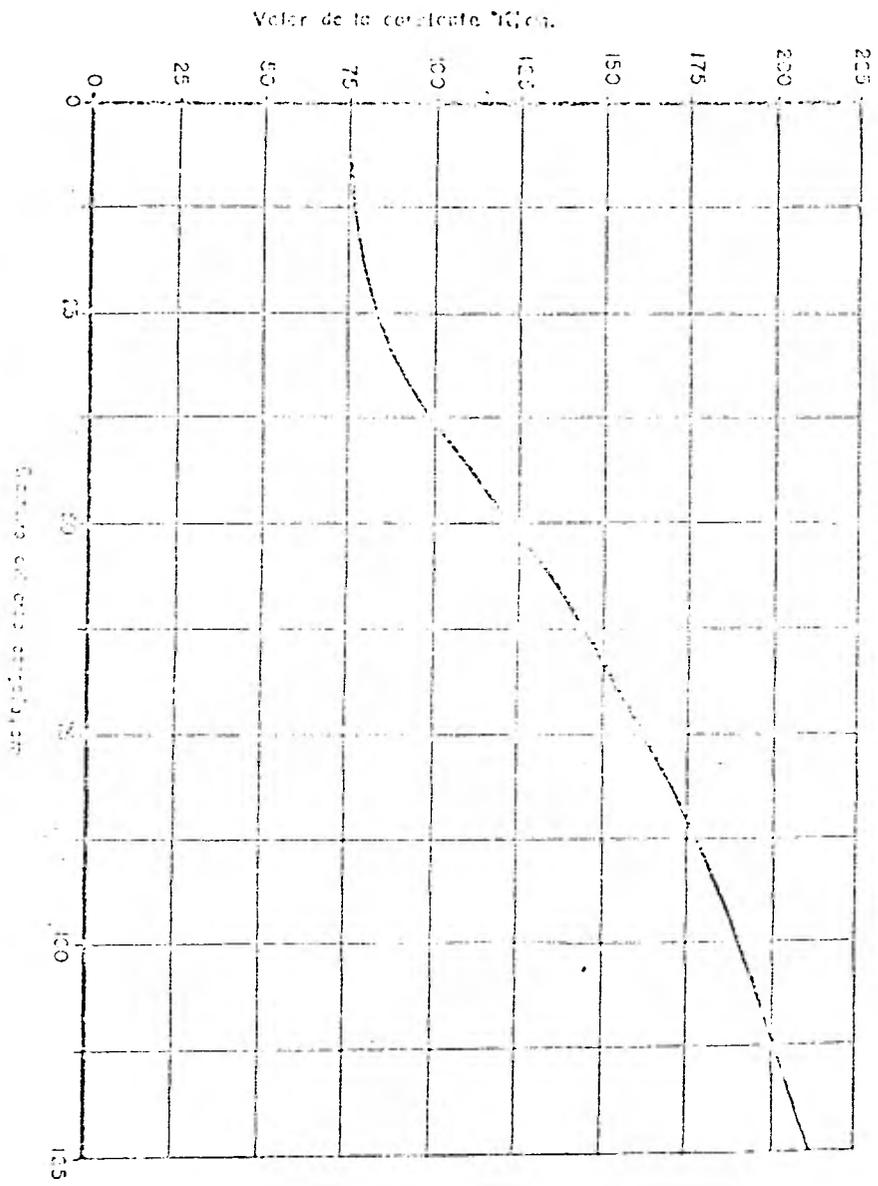
La tabla III-1 recoge la correlación de la experiencia del Canadá, entre el factor de sobrecarga y el número de operaciones permitible antes del refuerzo.

El cálculo del volumen del refuerzo necesario en cada caso es visto por el Método Canadiense de Diseño, en el que se discuten los detalles, el método permite estimar el momento que el refuerzo va a necesitar ser colocado, pero ligado que respecto, el volumen del refuerzo debe depender de la aplicación de la proporción de refuerzo, en las diferentes proporciones de espesores necesarios para el refuerzo de las diferentes partes.

CORRELACION ENTRE EL FACTOR DE SOBRECARGA (f_s) Y EL NUMERO DE OPERACIONES PERMISIBLES ANTES DEL REFUERZO.

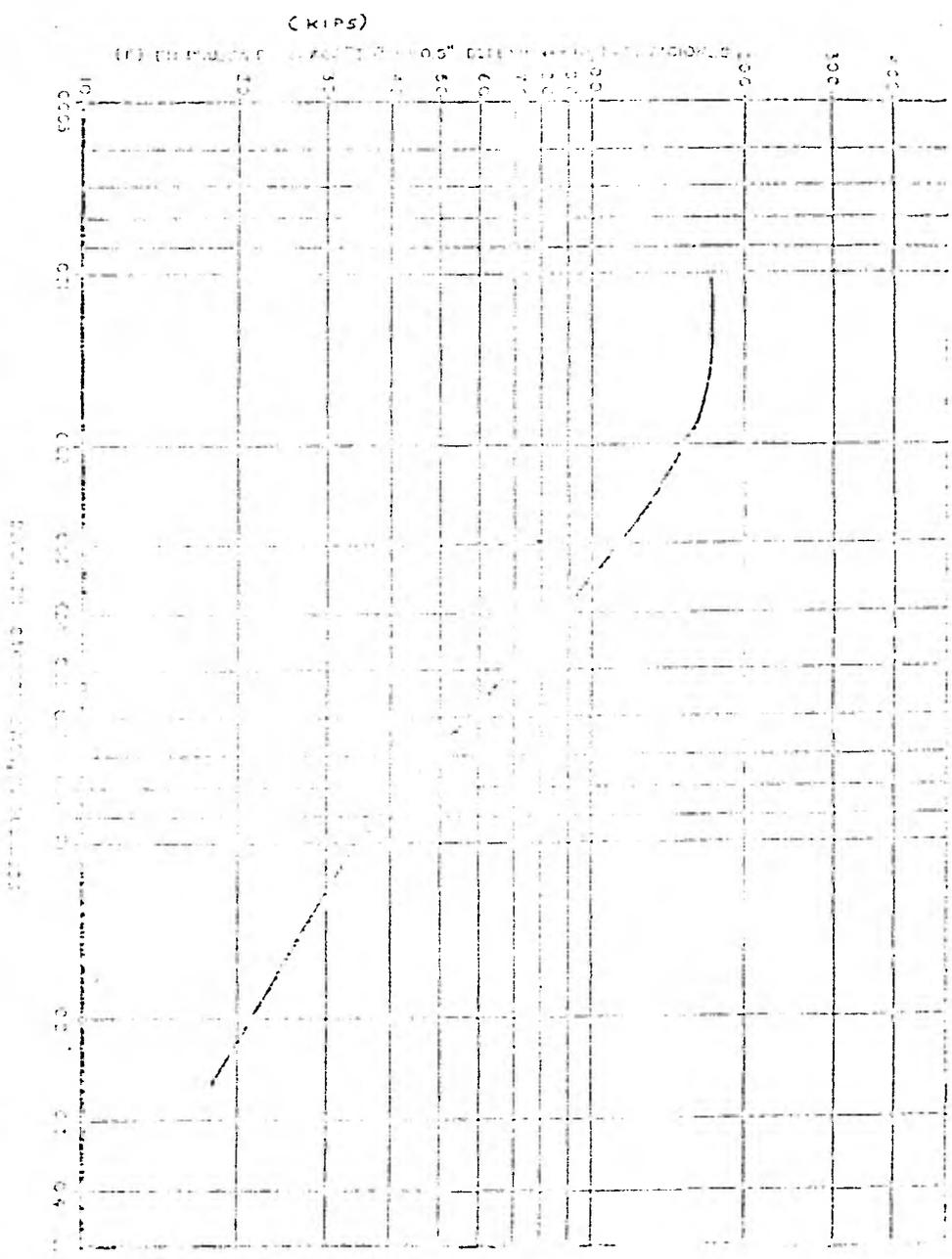
FACTOR DE SOBRECARGA	NUMERO DE OPERACIONES ENTRE INSPECCIONES
Menor de 1.25	3,000
1.25 a 1.50	300
1.50 a 2.00	30
Mayor de 2.00	Usar el pavimento sólo en caso de emergencia.

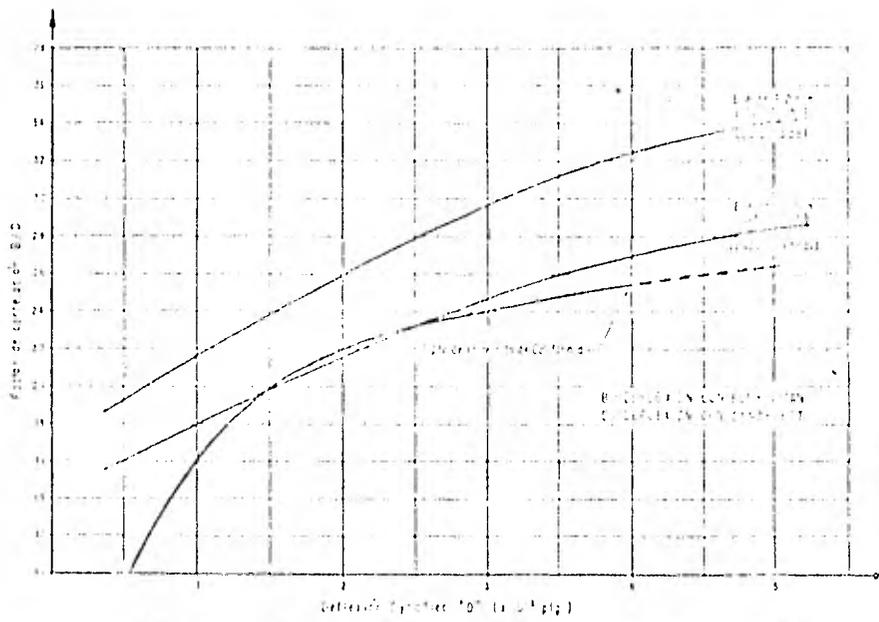
TAULA III-1



VALORES DE LA CONSTANTE DE TENSION EN FUNCION DEL AREA CIRCULAR CON QUE SE
 DEFINE LA ZONA

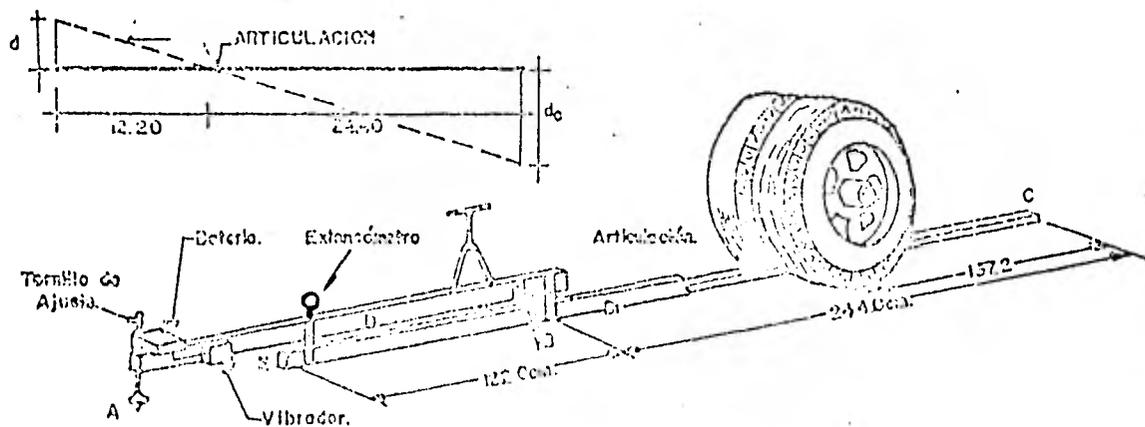
CONTROL DE ENTREGA DE MATERIALES Y REQUISITOS DE DEFENSA VISA CONFORME
 Ley No. 111





Controlador operado en el motor de la S. 1. de la línea y el controlador de tracción de la línea por el eje de la S. 1. de la línea por el eje de la S. 1. de la línea.

Fig. 1



Esquema del deflectómetro Benkelman.

C A P I T U L O IV

TRABAJOS DE CAMPO, DE LABORATORIO Y CALCULOS REALIZADOS.

Trabajos de Campo.-

Estos trabajos pueden dividirse en tres etapas principales:

- 1.- Inspección visual de la superficie de rodaje de los pavimentos en estudio y de las otras de área adyacente.

Esta etapa consiste en hacer un recorrido visual por todo el área en estudio, así como en la superficie de rodaje de los pavimentos y las otras de área adyacente al aeropuerto, haciendo un levantamiento fotográfico de las fallas de las superficies en estudio en consecuencia, se elabora un mapa topográfico de la zona, con una escala típica general de 1:100000 ó mayor.

En el presente caso se observaron algunos agrietamientos, principalmente en la plataforma que está frente al edificio antiguo del aeropuerto y en las proximidades de la cabecera 01 de la pista de aterrizaje. Las deformaciones observadas, no son de importancia. Existe además información de los pilotos en el sentido de que en el momento del aterrizaje, hay desprendimiento de partículas del material pétreo que llegan a golpear en las partes externas del avión. Se verificó que los canales de drenaje superficial mencionados en el Capítulo II, se encuentran en buenas condiciones de funcionalidad.

De la inspección realizada, se vio la necesidad de efectuar mediciones de deflexiones de la estructura del pavimento; tanto en pistas como en plataformas y calles de rodaje. Se consideró también necesario realizar sondeos exploratorios en los pavimentos para encontrar el terreno natu-

ral; que permitieran conocer los espesores de las diferentes capas que constituyen el pavimento, así como extraer muestras de dichas capas con el fin de determinar las calidades de los materiales que las constituyen.

2.- Medición de deflexiones de la estructura del pavimento.

Esta etapa consistió en evaluar la capacidad estructural del pavimento a través de la medición de sus deflexiones, por la cual se efectuaron pruebas estáticas de tráfico.

En los pavimentos se efectuaron pruebas de deflexión estática en 10 puntos, a cada 10 metros entre sí, en una línea recta que atravesó el eje de la pista; con el fin de determinar las deflexiones en cada punto. En el punto de máxima deflexión se efectuó una prueba de tráfico estático, con un eje de 10 toneladas, para determinar la capacidad estructural del pavimento.

camión lastrado con 8.2 toneladas en el eje trasero. Los resultados de las mediciones de deflexiones, así como sus coeficientes de dispersión y las deflexiones características, se muestran en las gráficas del anexo IV-1 de este capítulo.

3.- Realización de sondeos exploratorios en el pavimento hasta encontrar el terreno natural.

Con el objeto de conocer los espesores de las diferentes capas de pavimento, así como las propiedades físicas y mecánicas de los materiales que constituyen esas capas y el terreno de apoyo, se hace necesaria la realización de los sondeos efectuados en los cuales se determinan pesados volumétricos del terreno, se extraen muestras alteradas representativas de cada una de las capas de pavimento. En el presente estudio se realizaron los sondeos del tipo "sondeo penetrante" en total, en los di-

tribución es la siguiente:

Pista de aterrizaje 01-19:	4 sondeos
Calles de rodaje:	7 sondeos
Plataforma de operaciones:	3 sondeos

La ubicación de los sondeos se muestra en el plano general, su profundidad y los espesores de los diferentes capos del pavimento, se muestran en las figuras IV-1 a IV-4.

Trabajos de laboratorio -

Con el propósito de conocer la calidad de los materiales a las muestras de arena y grava, se realizaron los ensayos de pavimento, el análisis de los resultados, se detallan en los anexos

y es siguientes:

Carpeta asfáltica:

Granulometría y porcenta--
je de cemento asfáltico en
la mezcla.

Base hidráulica:

Granulometría, límites de -
consistencia, pesos volúme-
tricos, valor relativo de -
soporte estándar (en %), ex-
pansión (en %), compacta --
ción en el lugar (en %) y -
clasificación SOP .

Subrasante:

Granulometría, límites de --
consistencia, pesos volúme -
tricos, compactación del - -

en la cual:

\bar{x} es la media aritmética de las lecturas con viga Benkelman, hechas en el tramo en estudio y

S, es la desviación estándar de las mismas.

Estas deflexiones son las que se utilizan en todo el proceso de cálculo para la revisión y diseño de refuerzo de los pavimentos.

En esta evaluación se calcularon cinco deflexiones características obtenidas de cinco grupos de mediciones, formados de la siguiente manera: lado derecho de la pista de aterrizaje, lado izquierdo de la misma pista de aterrizaje, calles de rodaje, nueva plataforma de operaciones, y vieja plataforma de operaciones.

b) Cálculo del factor de sobrecarga según el Método Canadiense.

Como anteriormente se expuso en el Capítulo III, el Método Canadiense tiene su punto de partida en la expresión originalmente debida a

McLeod:

$$e = k \log. \frac{P}{S}$$

en la cual, para el caso de evaluación, la única incognita es S, que es el soporte de la subrasante.

A continuación se presenta la memoria de cálculo realizada para la obtención del factor de sobrecarga

b1).- Obtención de S por prueba de placa, a través de la medición de deflexiones.

$$e = k \log. \frac{P}{S}$$

De la gráfica de la figura III-1

$k = 65$ para placa de diámetro = 30"

Para una deflexión característica de 38×10^{-3} in, se tiene mediante

la ecuación $P = \frac{1.5}{d_c = 0.10} + 14.2$ una $P = 67,771$ lb.

La P anterior, puede ser obtenida también de la figura III-2.

Despejando S de la fórmula: $\frac{e}{k} = \log \frac{P}{S}$; $\text{antilog} \frac{e}{k} = \frac{P}{S}$

$$S = \frac{P}{\text{antilog} \frac{e}{k}}$$

$$S = \frac{67,771}{\text{antilog} \frac{19}{65}} = \frac{67,771}{\text{antilog} 0.2923} = \frac{67,771}{1.06} \quad S = 34,577 \text{ lbs.}$$

b2). Obtención del soporte necesario a nivel de la sustrante S_n .

$$S_n = \frac{P}{\text{antilog} \frac{e}{k}}$$

La figura IV-5 nos proporciona la magnitud de la carga simple equivalente-
"P" que se tendría aplicada a la superficie del pavimento, para producir -
un efecto al nivel de la subrasante, igual al que se tiene debido a la su-
perposición de efectos a ese nivel. Para cada tipo de avión, se tiene una-
gráfica diferente, así en el presente caso, la gráfica corresponde al --
Boeing 727, por ser este el avión de diseño. Como se puede apreciar, la --
gráfica anterior tiene el valor de la profundidad en el eje de las abscisas,
y la magnitud de la carga en el eje de las ordenadas.

De la gráfica anterior, se tiene que para $P = 63,000$ lbs para --
dejar como única incógnita S_0 en la ecuación:

$$S_0 = \frac{P}{k}, \text{ el único dato faltante hasta ahora, es la constante } k, \text{ -}$$

entonces $\frac{0}{k}$

que como se ha visto está en función del tipo y del área de aplicación de-

La carga. Este dato se obtiene de la siguiente manera:

Conocida la carga equivalente " P " y teniendo como dato la presión de inflado de las llantas del avión de diseño, se obtiene el área equivalente - y por consiguiente, el diámetro de la misma.

$$A = \frac{P}{P} = \frac{44,000 \text{ lbs}}{150 \text{ lbs/pulg}^2} = 293.33 \text{ pulg}^2$$

$$293.33 = r^2 \pi ; \quad r^2 = \frac{293.33}{3.14} = 93.42$$

$$r = 9.66 ; \quad D = 2 r = 19.33 \text{ pulg}$$

Una vez que se ha obtenido el diámetro y entrando con este en el eje de las abscisas de la gráfica III-1, se llega a un valor de $k=47$.

Finalmente, substituyendo los datos anteriores en la ecuación (1), se llega

a la determinación de S_n .

$$S_n = \frac{44,000}{\text{antilog } \frac{19}{47}} = \frac{44,000}{\text{antilog } 0.404}$$

$$S_n = \frac{44,000}{2.54} = 17,323 \text{ lbs}$$

b3). Obtención del factor de sobrecarga

$$f_s = \frac{S_n}{S} = \frac{17323}{34577} = 0.501$$

$$f_s = 0.50'$$

De la Tabla III-1 con el f_s anterior, se obtiene un número de operaciones -

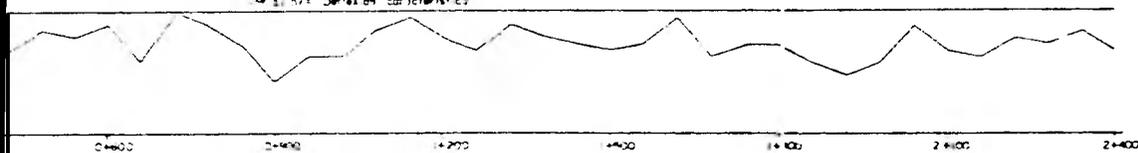
= 3,000 artes de la siguiente inspección.

DEFLEXIONES CON VIGA BENKELMAN EN EL AEROPUERTO DE OAXACA, OAX

PISTA 01-19 LADO IZQUIERDO

$\sigma = 1.49$ - Coef. de dispersión

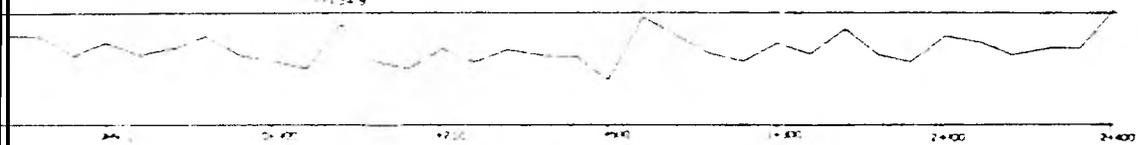
$\sigma = 37.57$ - Deflexión característica



PISTA 01-19 LADO DERECHO

$\sigma = 1.06$

$\sigma = 34.5$



CALLES DE RODAJE

$\sigma = 1.05$

$\sigma = 34.8$



PLATAFORMA VIEJA

$\sigma = 1.05$

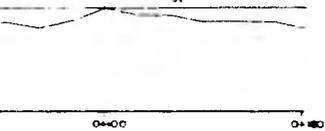
$\sigma = 34.2$



PLATAFORMA NUEVA

$\sigma = 1.18$

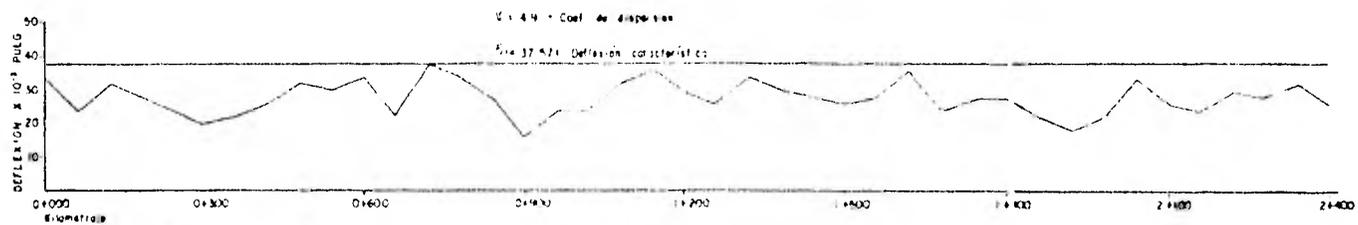
$\sigma = 32$



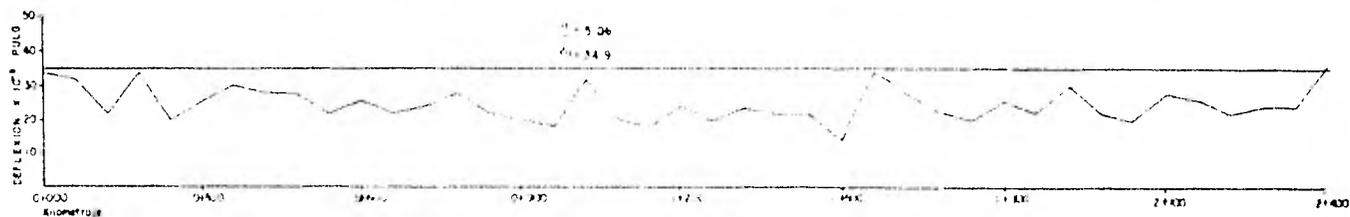
ANEXO IV-1

DEFLEXIONES CON VIGA BENKELMAN EN EL AEROPUERTO DE OAXACA, OAX

PISTA 01-19 LADO IZQUIERDO



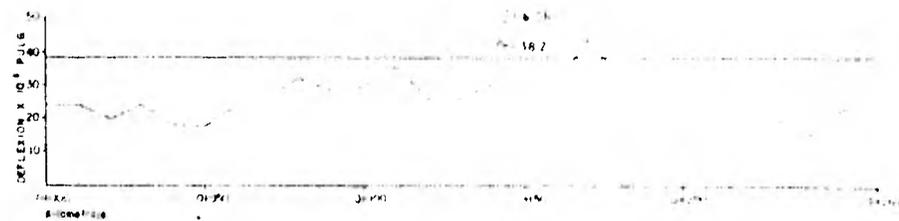
PISTA 01-19 LADO DERECHO



CALLES DE ROCAJE



PLATAFORMA VIEJA



PLATAFORMA NUEVA

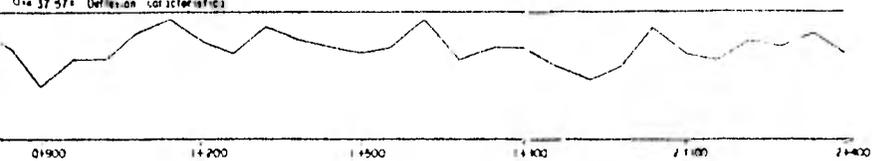


VIGA BENKELMAN EN EL AEROPUERTO DE OAXACA, OAX

DO IZQUIERDO

$V = 4.9$ - Coef. de dispersión

$G = 37.57$ - Deflexión característica



DERECHO

$V = 5.06$

$G = 34.9$



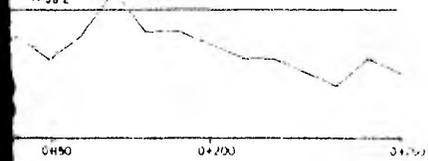
$V = 8.25$

$G = 40.4$



$V = 6.06$

$G = 38.2$



ANEXO IV-1

0+900

RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE LABORATORIO

603 - MAGATE

	<u>Sondeo 1</u>	<u>Sondeo 2</u>	<u>Sondeo 3</u>	<u>Sondeo 4</u>	<u>Sondeo 5</u>	<u>Sondeo 6</u>	<u>Sondeo 7</u>	<u>Sondeo 8</u>	<u>Sondeo 9</u>
Espesor en cm	20	20		20	20	20	20	20	20
Tamaño máximo en mm				19.0	9.5	19.0	37.5	25.0	6.3
% pasa malla 4				96	94	94	73	89	55
% pasa malla 40				92	65	88	50	59	68
% pasa malla 200				60	33	58	20	30	26
Límite líquido				37	32	30	32	35	35
Índice plástico				12	16	14	14	17	5
Compactación %	82	105		103	105	105	98	91	93
VPB estándar matadura %							28	3.0	24.0
Expansión %							1.0	2.1	0.68
Clasificación SPT				61	71	71	51	53	71

RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE LABORATORIO
 FORT. MINPAULICA

	<u>Sondeo 1</u>	<u>Sondeo 2</u>	<u>Sondeo 3</u>	<u>Sondeo 4</u>	<u>Sondeo 5</u>	<u>Sondeo 6</u>	<u>Sondeo 7</u>	<u>Sondeo 8</u>	<u>Sondeo 9</u>
Espesor en cm	30	28	25	25	45	50	50	50	27
Tamaño máximo en mm									
% pasa malla 4	67	62	57	61	62	61	51	55	62
% pasa malla 40	37	36	33	36	34	31	23	30	40
% pasa malla 200	14	14	14	16	14	9	9	9	18
Límite líquido %	25	25	26	24	22	19	22	22	29
Índice plástico %	8	9	9	9	7	NP	6	5	12
Compactación %	105	94	104	100	98	105	95	102	89
VMS (estandar) %	114	73	82	86	72.0	97.0	96.0	110	66
Expansión %	0.33	0.11	0.11	0.23	0.23	0.11	0.00	0.00	0.46
Clasificación SOP	SC	SC	SC	SC	SC	SP-CM	SC-SP	SC-SP	SC

REQUISITOS DE LOS MUESTRAS DE LABORATORIO
CERAMICA ACADÉMICA

	<u>Sondeo 1</u>	<u>Sondeo 2</u>	<u>Sondeo 3</u>	<u>Sondeo 4</u>	<u>Sondeo 5</u>	<u>Sondeo 6</u>	<u>Sondeo 7</u>	<u>Sondeo 8</u>	<u>Sondeo 9</u>
Espesor en mm	25	32	41	50	60	70	80	100	226
Calado máximo en mm	18.0	21.0	24.0	27.0	30.0	33.0	36.0	25.0	19.0
Nº para malla 4	60	61	62	63	64	65	66	59	63
Nº para malla 40	20	21	22	23	24	25	26	23	25
Nº para malla 75	5	5	5	5	5	3	4	3	4
Nº en peso de ensayo estándar en muestra	4.3	5.4	5.3	4.0	6.1	4.7	4.3	4.1	6.8

SECCION ESTRUCTURAL

PISTA DE ATERRIZAJE 01-19

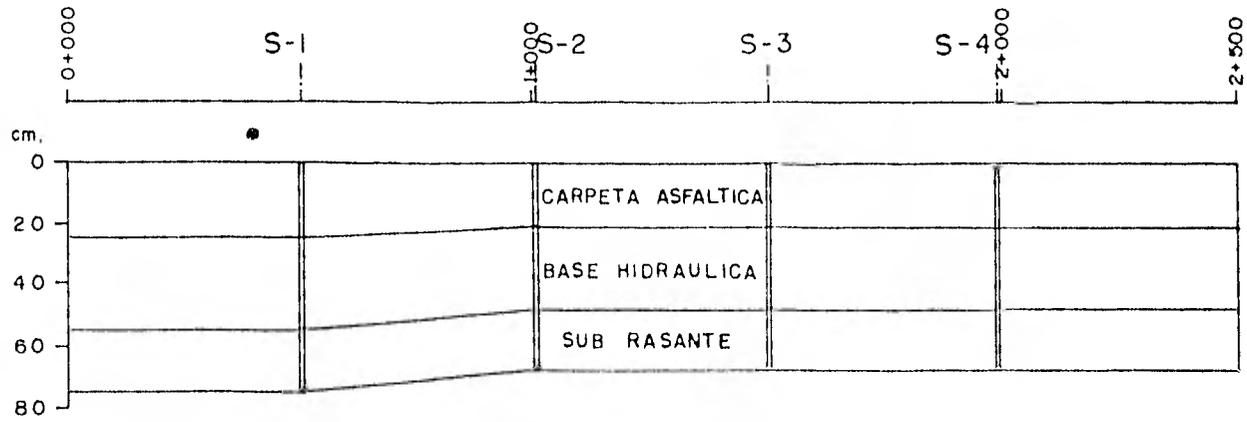
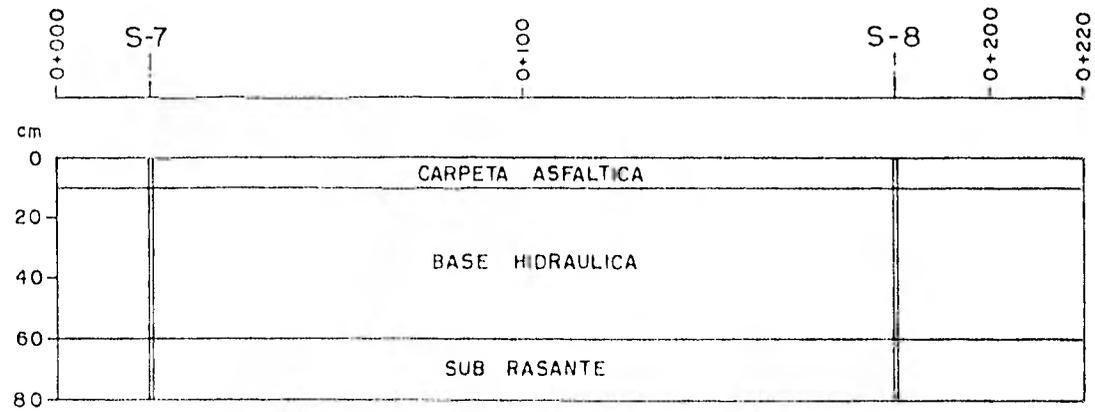


FIGURA IV-1

SECCION ESTRUCTURAL

PLATAFORMA DE OPERACIONES ACTUAL



ESCS MOR.: 1:1250
VER.: 1.20

FIGURA IV - 2

SECCION ESTRUCTURAL DE
LAS CALLES DE RODAJE
AEROPUERTO FEDERAL DE OAXACA, OAX.

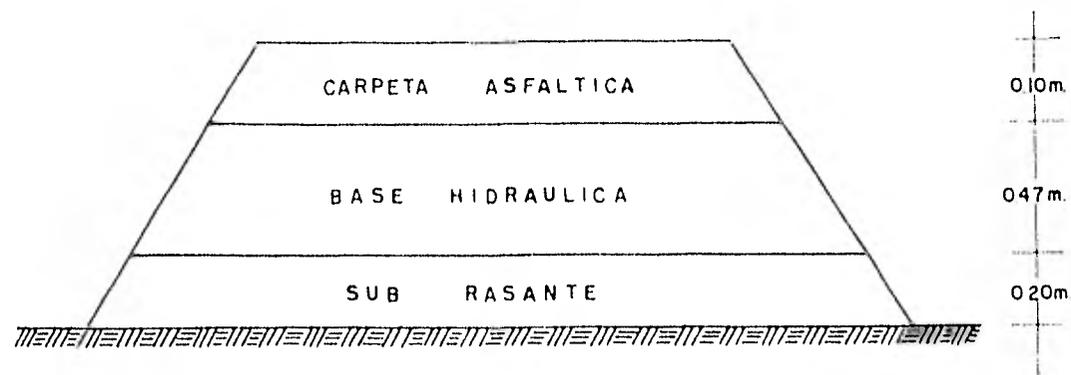


FIGURA IX-3.

SECCION ESTRUCTURAL
DE LA PLATAFORMA DE
OPERACIONES ANTIGUA.

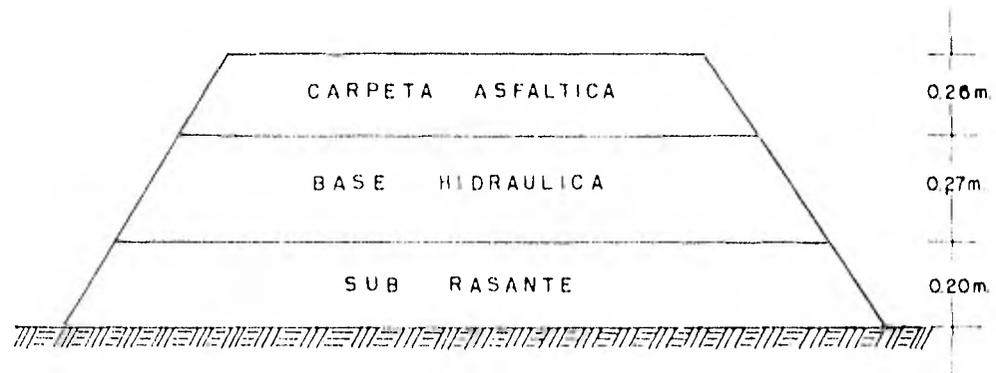


FIGURA IV-4

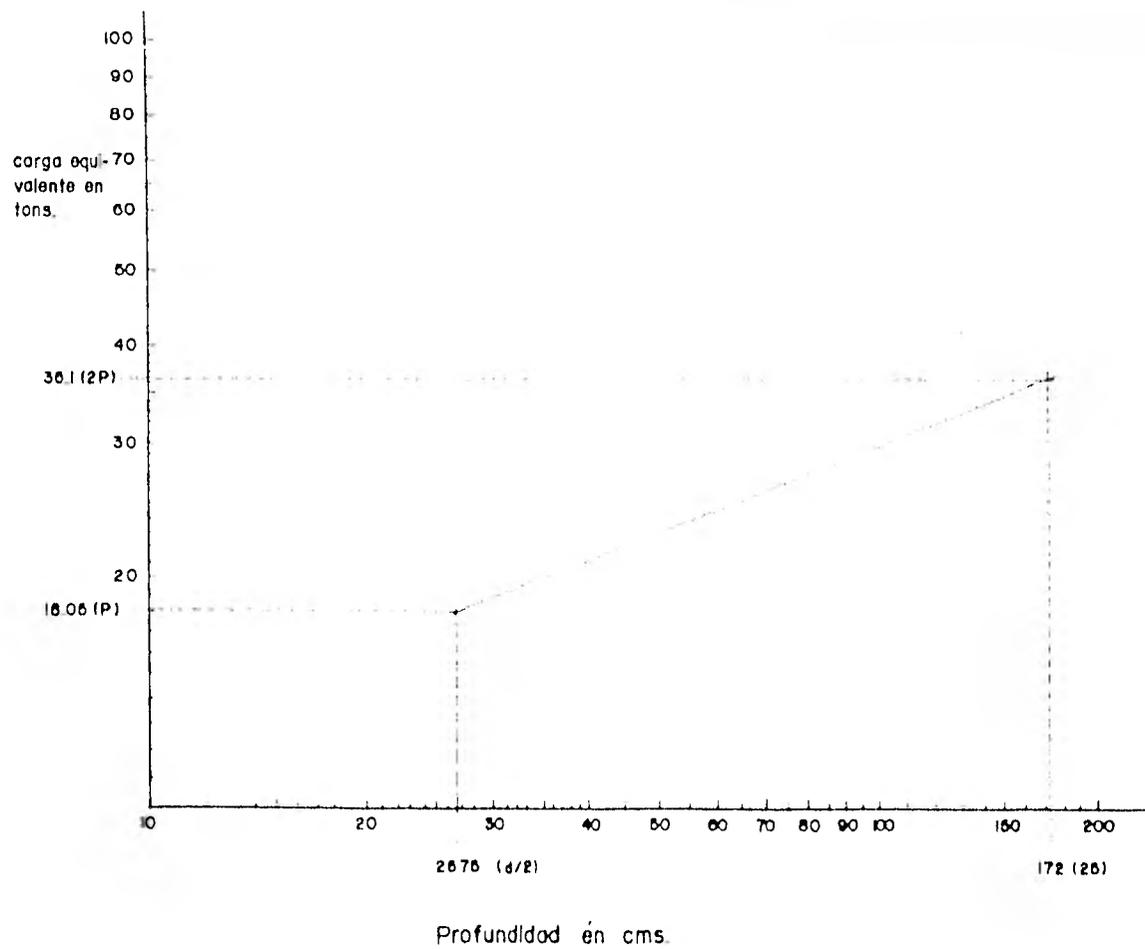


FIGURA IX-5

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.-

1. Los ensayos de laboratorio practicados a los materiales de las capas - del pavimento, reflejan en general condiciones de calidad y resistencia aceptables.
2. Como se vió en el Capítulo anterior, con el fs = 0.501, se obtiene en la Tabla III-1 un número permisible de 3,000 operaciones antes de la - próxima revisión de los pavimentos, lo cual refleja las condiciones es tructuralmente aceptables en que se encuentran éstos actualmente.
3. De las consideraciones anteriores se concluye que los aprietamientos -

en la superficie del pavimento, se deben a envejecimiento prematuro de la carpeta.

4. Las grietas permiten la entrada de agua en la estructura del pavimento, la cual puede ocasionar el deterioro del mismo.

Por las conclusiones anteriores, se da la siguiente recomendación:

Colocar un riego de rejuvenecimiento o riego de sello en todos los pavimentos en estudio.

BIBLIOGRAFIA.

- 1.- La Ingeniería de Suelos en las Vías Terrestres Volumen 2.

Alfonso Rico R. y Hermilo Del Castillo

- 2.- Mecánica de Suelos, Tomo II.

E. Juarez Badillo y Alfonso Rico R.

- 3.- Department of Transport of Canada

Air Services.

- 4.- Diseño y Construcción de Pavimentos Ia. Parte.

División de Educación Continua Facultad de Ingeniería U.N.A.M. ^