



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERIA 26

83

**Proceso Constructivo de las Aeropistas
del Aeropuerto Can Cun, Quintana Roo.**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE :

INGENIERO CIVIL

P R E S E N T A

Armando Girón Yeffal



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.

PROCESO CONSTRUCTIVO DE LAS AEROPISTAS DEL AEROPUERTO
CANCUN, QUINTANA ROO.

I N D I C E

	PAGS.
I.- INTRODUCCION	1
I.1) DESCRIPCION GENERAL DE LA OBRA	6
II.- PROCEDIMIENTO DE CONSTRUCCION	12
II.1) TERRACERIAS	13
a) Bancos de materiales y Conformación	
II.2) SUB-BASES Y BASES	14
a) Su función estructural y Conformación	
II.3) CARPETA ASFALTICA	17
a) Su función estructural y Conformación	
II.4) LOSA DE CONCRETO HIDRAULICO	29
a) Su función estructural y Conformación	

	PAGS.
II.5) OBRAS COMPLEMENTARIAS	41
a) Drenaje	
b) Camino de acceso y estacionamiento	
c) Camino perimetral en los linderos del aeropuerto.	
d) Zona de almacenamiento y distribución de combustible.	
III.- CONTROL DE COSTOS	46
III.1) PRECIOS UNITARIOS	46
a) Obtención del precio unitario.	
b) Aplicación a la construcción del aeropuerto.	
IV.- CONTROL DE CALIDAD	56
IV.1) ESPECIFICACIONES	56
a) Especificaciones para la construcción de pistas, bodegas y plataformas en un aeropuerto.	
IV.2) PRUEBAS DE CAMPO	65
a) Granulometría	
b) Determinación de la humedad	
c) Absorción	
d) Peso específico relativo	
e) Valor cementante	

	F) Compactación	
	g) Valor relativo de soporte	
	h) Prueba de desgaste	
	i) Prueba de placa	
	j) Módulo de ruptura	
	k) Proporcionamiento	
IV.3)	CONTROL DE TIEMPO	72
	a) Programas de obra	
	b) Método PERT de ruta crítica	
	c) Tabla de holgaduras	
	d) Diagrama de GANT	
VI.-	COMENTARIOS Y CONCLUSIONES	83
VII.-	BIBLIOGRAFIA	84

I.- INTRODUCCION

México es uno de los grandes centros naturales para el desarrollo del turismo, sus extensas costas, su hermoso y variado clima de primavera y verano, su rico historial y la famosa hospitalidad de su gente, le dan una capacidad extraordinaria para recibir al turismo.

A estas ventajas se debe agregar la proximidad de México con E.E.U.U., principal generador de turismo. El 86.7% de ellos vienen de E.E.U.U.

Reconociendo la importancia y la potencialidad del turismo para el país, se reunió un programa para encontrar y producir mayores atracciones turísticas. Series de estudios se llevaron a cabo para mejorar la afluencia de tráfico, preferencias turísticas, clima, belleza natural, los múltiples factores para localizar y garantizar el éxito de éstas nuevas áreas turísticas en México. Cancún fué el resultado de este programa.

El proyecto Cancún tuvo como objetivo principal la transformación de la Isla Cancún, junto con su infraestructura necesaria hacia un moderno centro de turismo con una capacidad inicial de 60,000 visitantes anualmente después del 1er. año, con planes para un crecimiento mayor.

La zona Cancún está localizada en el territorio de Quintana Roo, teniendo una posición geográfica privilegiada. Una comparación de distancias aéreas entre Cancún y ciudades americanas es reveladora por tener la ventaja estratégica de estar justamente donde las rutas aéreas mexicanas, americanas y canadienses convergen. Miami está a 55 minutos de

distancia y Cancún ofrece las playas del Caribe más cercanas a la gente que parte de Los Angeles o de la Ciudad de México. Comparada con otras áreas de recreación del Caribe, Cancún se destaca en términos de acceso aéreo.

El clima de Cancún da un nuevo significado a la palabra paraíso, ya que la isla tiene una temperatura media de 84°F., promedio que obtiene sin nunca llegar a los extremos de calor o frío.

Sus vientos son moderados, normalmente del sureste, y soplan a una velocidad promedio de 8.53 pies por segundo. Además la isla está protegida de ocasionales huracanes por los arrecifes de coral de las aguas cercanas a Isla Mujeres.

CUADRO COMPARATIVO DE CANCUN CON OTROS LUGARES:

	Temperaturas (°F)			Precipitación	
	Max.	Min.	Media	Días con lluvia	Pulgadas
Cancún, México	87	76	82	101	40.3
Cozumel, México	88	71	78	108	58.4
Nassau, Bahamas	83	70	77	114	46.4
Miami, Florida.	81	71	76	125	46.3
San Juan, Pto.R.	83	73	78	209	60.0
Kingston, Jam.	88	71	80	155	31.5
Bridetown, Bdos.	85	72	79	153	70.2
Puerto España, Tr.	87	69	79	172	54.5

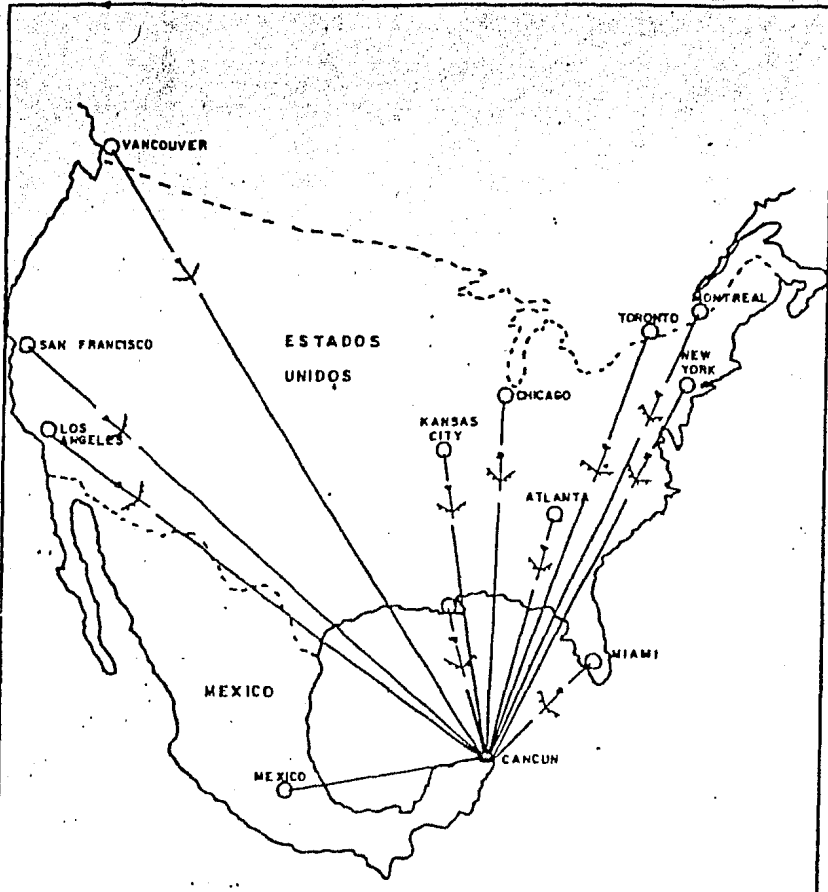
A la belleza de sus aguas templadas y playas de arena de coral blanco, Cancún añade una atracción no encontrada en ningún otro lugar del Caribe: monumentos arqueológicos de gran importancia en la historia del continente, como lo son las ruinas de la civilización maya en Tulum, Chichen-Itzá, Coba, Uxmal y otros sitios, que además ofrecen fácil

acceso.

Otra atracción fascinante de la Isla de Cancún es la Laguna de Nichupté, que tiene una extensión de 48 Km²., y de 1 a 3 mts., de profundidad. Se mantiene tranquila aún en los períodos de mal clima, y es un lugar apropiado para esquiar, bucear y pescar.

El plan integral del proyecto Cancún puede ser dividido en cuatro partes fundamentales:

- 1.- Infraestructura básica para preparar la zona turística como lo son: electricidad, agua potable, drenaje, teléfono, cables, puentes, urbanización y otros proyectos.
- 2.- Aeropuerto Internacional:
Ya que representa el mejor recurso de acceso a la zona turística. Las instalaciones del aeropuerto, incluyen un edificio terminal, vías de acceso, plataforma de avionetas, torre control, estación de combustibles, planta de energía y estacionamiento para automoviles.
- 3.- Zona turística:
Que esta dividida en zonas hoteleras y residenciales. Las zonas hoteleras tienen centros comerciales, restaurantes y todo tipo de diversiones.
- 4.- La Ciudad de Cancún:
Que gracias a este plan, la Isla posee una población permanente, para poder dar servicios al constante crecimiento de las actividades turísticas. Para darle habitación a esta nueva población, se construyeron casas económicas y servicios municipales.



Localización geográfica, distancias aéreas y tiempo de vuelo a Cancun de algunas Ciudades.

CIUDADES	New York	Chicago	Dallas	L. A.	Sn. Fco.	Montreal	Vancouver
Cd. de México	1818	1468	813	1356	1634	2004	2128
Cancun	1338	1245	879	1838	2088	1587	2407
horas /	3	3	.2	4	5	4	4 a 8
miles náuticas							

CUADRO ESTIMATIVO DE VISITANTES A CANCUN Y CAPACIDAD
DE CUARTOS DE HOTEL

AÑO	AÑO DESPUES DE LA APERTURA	ESTIMACION DE VISITANTES	CUARTOS DE HOTEL
1974-1975	1	60,000	1,000
1975-1976	2	119,000	1,500
1976-1977	3	150,000	2,000
1977-1978	4	185,000	2,500
1978-1979	5	225,000	2,750
1979-1980	6	264,000	3,000
1980-1981	7	307,000	3,250
1981-1982	8	454,000	3,500
1982-1983	9	407,000	4,000
1983-1984	10	456,000	4,750
1993-1994	20	1'058,000	10,000

El constante crecimiento del turismo norteamericano en varios puntos del Caribe, confirma el inevitable éxito de Cancún en el mercado.

I.1.- DESCRIPCION GENERAL DE LA OBRA

El aeropuerto internacional de Cancún, se encuentra localizado a tres mil metros a la derecha del Km. 15 + 750 de la carretera Puerto Juárez - Puerto Morelos.

El terreno presenta en casi toda el área una topografía sensiblemente plana, y esta constituido por suelos calizos característicos de la península

La pista tiene una orientación 12-30, obtenida por medio de la rosa de vientos. Su rumbo magnético orientado es de S 56° 00'E, por lo que su rumbo astronómico calculado es de S 56° 19'S.

Es importante hacer notar que los aviones al aproximarse a la pista y al despegar, no vuelan por encima de la Isla de Cancún.

La plataforma de avioneta tiene una capacidad de 80 aparatos estacionados simultáneamente.

La torre de control cuenta con un radio de alta frecuencia, para aterrizajes visuales (VOR), y un sistema de instrumentos terrestres, para aterrizajes por instrumentos (ILS), además de tener servicios meteorológicos completos.

La pista tiene una longitud de 2,600 mts., y que se ampliará 900 mts., posteriormente, sobre la cabecera 30, como lo muestra el plano general y el plano maestro, que se anexan.

La pendiente longitudinal que rige en la pista es del orden de 0.0029%, la máxima de 0.50%. La pendiente transversal a lo largo de la pista será de 1%.

A continuación se presenta una breve descripción de los elementos de un aeropuerto.

Condiciones que debe cumplir un aeropuerto:

- a.-) Ser adecuado para satisfacer las necesidades de transporte aéreo actuales y futuras.
- b.-) Ser capaz de atraer nuevos beneficios de comercio, industria y negocio.
- c.-) Crear y asistir en el origen de nuevos intereses con otras zonas y comunidades.
- d.-) Estar proyectado y diseñado para una administración y una operación de sus instalaciones, práctica y sana, para facilitar su desarrollo.

Sistemas de un aeropuerto:

- A) Espacios aéreos
- B) Pista, rodajes y plataformas
- C) Edificio terminal
- D) Torre de control
- E) Camino de acceso y estacionamiento
- F) Almacenamiento y distribución de combustible.

A) ESPACIOS AEREOS: Sirven para proteger los despegues y aproximaciones a las pista. El área libre de obstáculos es un trapecio hipotético cuya base menor coincide con el ancho de la pista, partiendo de la cabecera de la misma y teniendo una longitud y una base mayor variables.

B) PISTAS: Se identifican por su azimut magnético, según la orientación esta en función de la dirección del viento y de los espacios aéreos.

La longitud de una pista se calcula a partir de la longitud de pista básica, considerando que esta tiene las siguientes características: a nivel del mar, temperatura

ambiente de 15°C., posición horizontal. Como estas condiciones varían de un aeropuerto a otro, tendrán que hacerse correcciones por altitud, por temperatura y por pendiente; estas correcciones son las siguientes:

a) CORRECCION POR ALTITUD:

$$Ca = 7\% \text{ por cada } 300 \text{ mts S.N.M.}$$

b) CORRECCION POR TEMPERATURA:

$$Ct = 1\% \text{ por cada } ^\circ\text{C}$$

Se toma la temperatura de referencia, calculada de la manera siguiente:

$$T_{\text{ref.}} = T_1 + \frac{T_2 - T_1}{3}$$

SIENDO T_1 = Temperatura media mensual de las medias diarias del mes más caliente

T_2 = Temperatura media mensual de las máximas diarias del mes más caliente.

Se corrige de la siguiente manera:

$$L' = L \text{ básica} + Ca$$

$$L'' = L' + Ct$$

c) CORRECCION POR PENDIENTE:

La pendiente efectiva es la diferencia de cotas mayor y menor.

$$Cp = 1\% \text{ por cada } 1\% \text{ que se exceda al } 1\%$$

$$L''' = L'' + Cp$$

Para calcular la longitud de una pista se tendrán que tomar en cuenta también las condiciones secas o húmedas tanto de la pista, como de los motores del avión; para aterrizajes, despegues, el ángulo de los flaps; para el mismo fin, el tipo de avión y su frecuencia de operación; altitud y temperatura del aeropuerto de destino; peso del avión a su máxima capacidad y la limitación por segundo segmento.

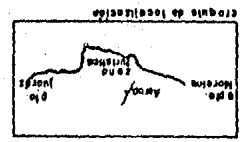
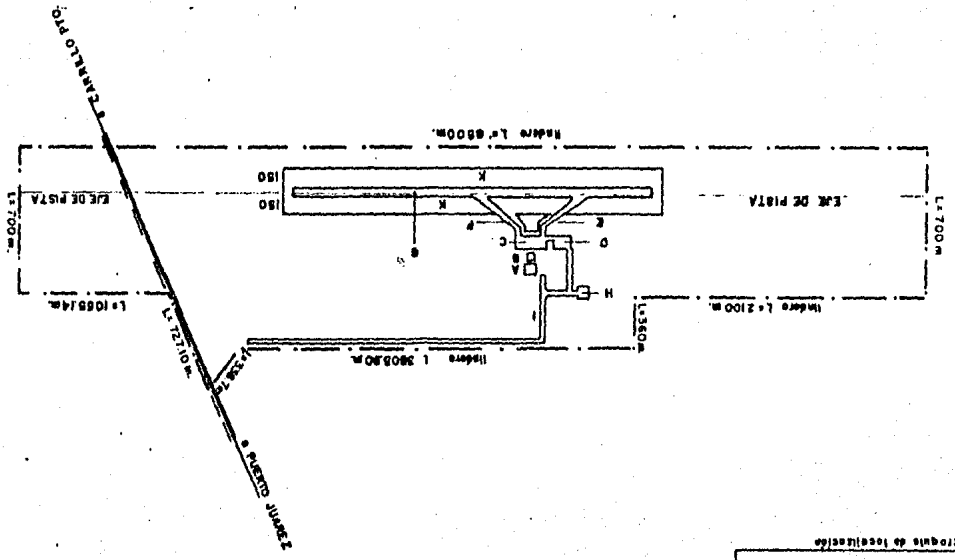
CALLES DE RODAJE: Tienen como función principal efectuar el taxeo del avión entre la plataforma y la pista, y viceversa.

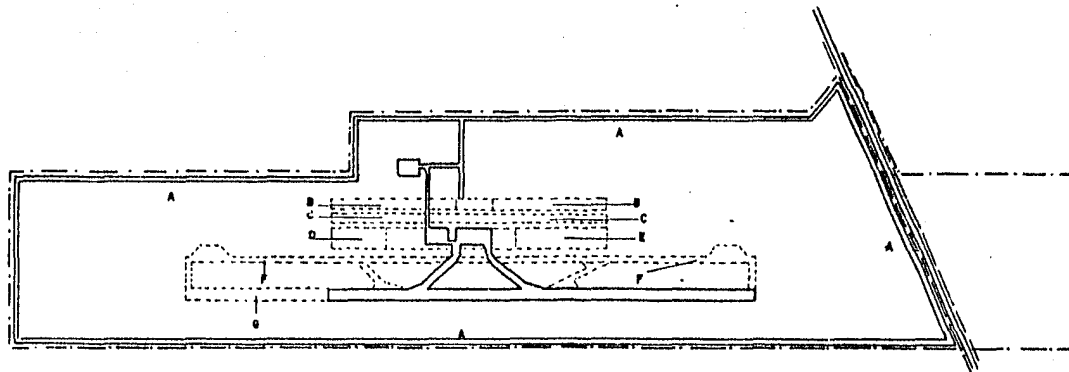
Existen dos clases de rodajes: los de salida sirven para reducir el tiempo de ocupación de la pista de aterrizaje; las calles de rodaje de entrada, se emplean para el despegue

PLATAFORMA: Es el sitio donde se efectúa el ascenso y descenso de la carga pesada y el abastecimiento de combustible.

TORRE DE CONTROL: Sirve para establecer contacto con la navegación para el correcto control del tránsito aéreo.

- A ESTACIONAMIENTO
- B EDIFICIO
- C PLATAFORMA DE OPERACIONES 210x90M
- D PLATAFORMA DE AVIONES 150x90M
- E CALLE DE RODAJE Nº1 50131x23M
- F CALLE DE RODAJE Nº2 50131x23M
- G MSTA 12.30 2800x60M
- H ZONA DE COMBUSTIBLES
- I LINA VIAL
- J CAMINO DE ACCESO
- K FRANJAS DE SEGURIDAD





- A CAMINO DE ACCESO
- B ZONA DE AMPLIACION PARA ESTACIONAMIENTO
- C ZONA DE AMPLIACION PARA EDIFICIOS Y HANGARES
- D ZONA DE AMPLIACION PARA PLATAFORMA DE AVIONETAS
- E ZONA PARA PLATAFORMA DE CARGA, PERNOCTA Y SERVICIOS
- F AMPLIACIONES DE LAS CALLES DE RODAJE
- G AMPLIACION DE LA PISTA (2.30 (900m))

II.- PROCEDIMIENTO DE CONSTRUCCION

Se presenta a continuación la función que desempeña cada uno de los elementos que constituyen un pavimento, tanto flexible, como rígido, y su procedimiento de construcción en el aeropuerto Cancún.

II.1 TERRACERIAS

Previamente a la construcción de las terracerías en las zonas de cortes y terraplenes, se efectuó el despalme del terreno natural, de un espesor variable de aproximadamente 20 cm., hasta descubrir el material calino en los 60 metros centrales de la pista, en toda el área de la plataforma de operaciones y sus acotamientos, plataforma para avionetas, acceso entre plataformas, calles de rodaje y sus acotamientos, camino de acceso y estacionamiento para vehículos.

La terracería permite obtener una superficie uniforme a los niveles fijados por el proyecto apoyándose sobre el terreno natural, el corte o terraplen.

Las excavaciones en los cortes para alojar la capa subrasante y la estructura de los pavimentos, se ejecutaron hasta los niveles de proyecto. En el concepto de cortes se ha incluido la excavación necesaria para la construcción de canales.

De las excavaciones en corte se seleccionó el material que se podía emplear en la construcción de sub-bases y bases. Del material de los cortes aprovechables para la formación de terraplenes, se seleccionó también el que podría utilizarse en la capa subrasante.

El resto del material producto de los cortes, se usó

en la construcción del cuerpo de terraplenes, desperdiciándose parte de dicho material.

a) BANCOS DE MATERIALES Y CONFORMACION

Al efectuarse la explotación de los bancos 1, 2 y 3, anotados en el plano de localización de bancos de materiales, se seleccionó material procedente del estrato 2, para formar el cuerpo de terraplenes.

En el terreno de cimentación en que se apoyaron las terracerías y la estructura de pavimentos, hubieron algunas cavernas que se descubrieron mediante la excavación o demolición del techo de las mismas. El producto de la excavación y demolición, completado con el material de la calidad señalada para el cuerpo de terraplenes, se utilizó para efectuar el relleno por capas de las cavernas, hasta el nivel de desplante de las terracerías, compactando los 15 cm., superiores a 95%.

Para la capa subrasante se utilizó material con tamaño máximo de 76 mm., seleccionando de los cortes y del estrato I de los bancos 1, 2 y 3, bajo los pavimentos se construyó con un espesor de 30 cms., compactos y en los acotamientos 42 cm.

Los terraplenes de la faja de seguridad de la pista se construyeron del mismo material señalado para el cuerpo de los mismos.

En las zonas fuera de la franja de seguridad, comprendidas entre 73 y 150 Mts., a cada lado del eje de la pista los terraplenes se construyeron extendiendo el material sin compactar en capas no mayores de 30 cm., de espesor, hasta completar la sección del proyecto. Para este trabajo se utilizó material procedente del estrato II del banco N°2.

II.2 SUB-BASES Y BASES

a) Su función estructural y conformación

Las funciones estructurales de la sub-base y base para pavimentos flexibles y de la sub-base para pavimentos rígidos son las siguientes:

1.- Base y sub-base para pavimentos flexibles:

SUB-BASE: Consiste en una capa de materiales procesados que se coloca, extiende y compacta directamente sobre la capa subrasante. Tiene como funciones principales:

- a) Transmitir los esfuerzos a la capa subrasante en forma conveniente.
- b) Construir una transición entre los materiales de la base y de la subrasante de tal modo que evite la contraminación y la interpenetración de dichos materiales.
- c) Disminuir efectos perjudiciales en el pavimento ocasionados por cambios volumétricos y rebote elástico del material de las terracerías o del terreno de cimentación.
- d) Reducir el costo del pavimento, ya que es una capa que por estar bajo la base queda sujeta a menores esfuerzos y requiere de especificaciones menos rígidas, mismas que pueden satisfacerse con un material más barato que el de la base.
- e) Contribuir en algunos casos al drenaje de la aeropista.

BASE: Consiste en una capa de materiales seleccionados que se construye sobre la sub-base y

ocasionalmente sobre la subrasante, sobre la cual se coloca la carpeta. Sus funciones principales son :

- a) Soportar apropiadamente las cargas transmitidas por las aeronaves a través de la carpeta y distribuir los esfuerzos a la sub-base o capa subrasante, en tal forma que no les produzca deformaciones perjudiciales.
- b) En muchas ocasiones, drenar el agua que se introduce en la carpeta o por los acotamientos, evitando también la ascensión capilar.

2.- Para pavimentos rígidos, las funciones de la sub-base son las siguientes:

- a) Sirve para proporcionar una superficie uniforme y resistente sobre la cual se apoya la losa, con la finalidad de darle estabilidad.
- b) Absorbe las deformaciones de la subrasante.
- c) El drenaje para evitar el bombeo del suelo y sus efectos, el cual se produce al entrar el agua bajo la losa y ocasionar socavación del suelo de apoyo al paso de las aeronaves, quitándole estabilidad a la losa y produciendo fracturas.
- d) Control de esfuerzos de contracción y dilatación.

Es importante hacer notar que la sub-base a diferencia de los pavimentos flexibles, en los pavimentos rígidos debe soportar perfectamente a la losa, ya que de su humedad y resistencia, depende la estabilidad, la adecuada transmisión de cargas y la duración de la losa.

- 3.- El pavimento rígido se empleo en la plataforma de operaciones y calles de rodaje, quedando estructurado por una sub-base de 20 cm., de espesor sobre una capa subrasante de 30 cms., compactos.

En la pista 12-30 se empleo pavimento flexible, estructurado con una base de 30 cms. de espesor compacto. El mismo tipo de pavimento se utilizó para la plataforma de avionetas y su tramo de liga con la plataforma de operaciones, estructurado sobre una base de 20 cms. de espesor compacto.

En el camino de acceso y estacionamiento para vehiculos, el pavimento flexible quedó aumentado con una capa subrasante de 30 cms., de espesor compacto, y una base de 15 cms., de espesor compacto.

El camino perimetral que con un ancho de 4.00 Mts., sigue todo el lindero del aeropuerto por su parte interna, se pensó construir primeramente sobre las terracerías compactadas al 95% una base de 15 cms., de espesor compacto, a la que una vez superficialmente seca y barrida se le aplicaría un riego de impregnación con asfalto FM-1 en proporción de 1.3 Lts., por M2. Finalmente se eliminó la base, habiéndose hecho el riego sobre las terracerías compactadas al 85%.

La sub-base en la plataforma de operaciones y calles de rodaje se construyó con un material seleccionado de

cortes y del estrato I del banco N°1, triturando y cribando a tamaño máximo de 38 mm., (1 1/2"), que se tendió y compacto al 100% de su peso volumétrico seco máximo.

La base en la pista, plataforma para avionetas, acceso entre plataformas y camino perimetral se construyó con material triturado y cribado a tamaño máximo de 38 mm., seleccionado de cortes y del estrato I de los bancos 1 y 3, que se tendió y compactó al 100% de su peso volumétrico seco máximo.

II.3 CARPETA ASFALTICA

a) Su función estructural y conformación.

Los espesores de la carpeta de concreto asfáltico son los siguientes:

En la pista 12-30, el espesor es de 7 cm., compactos, en la plataforma para avionetas y su tramo de liga con la plataforma de operaciones, 5 cm., de espesor compacto, en caliente, se construyeron con material pétreo de tamaño máximo de 19 mm., (3/4") y cemento asfáltico N°6 en proporción aproximada de 100 Kg/m³ de material seco y suelto. La mezcla asfáltica se tendió y compactó hasta alcanzar el 95% del peso volumétrico máximo obtenido mediante la prueba Marchall de proyecto. Con el fin de controlar la fabricación y compactación de concreto asfáltico se elaboraron especímenes compactados con 75 golpes por cara, los que debían cumplir con los siguientes requisitos:

Estabilidad.....	700Kgs.mfnimo
Flujo.....	2 a 4 mm.
Porcentaje de vacíos.....	3 a 5
Porcentaje de huecos ocupados	
por asfalto.....	75 a 82

El agregado pétreo para la construcción de la carpeta de concreto asfáltico en la pista, plataforma para avionetas y tramo de liga entre plataformas se obtuvo por trituración y cribado del material seleccionado del estrato I del banco N°1. Para la carpeta del camino de acceso y estacionamiento, el material pétreo se obtuvo del material seleccionado del estrato I del banco N°2.

CONSTRUCCION DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA PISTA 12-30:

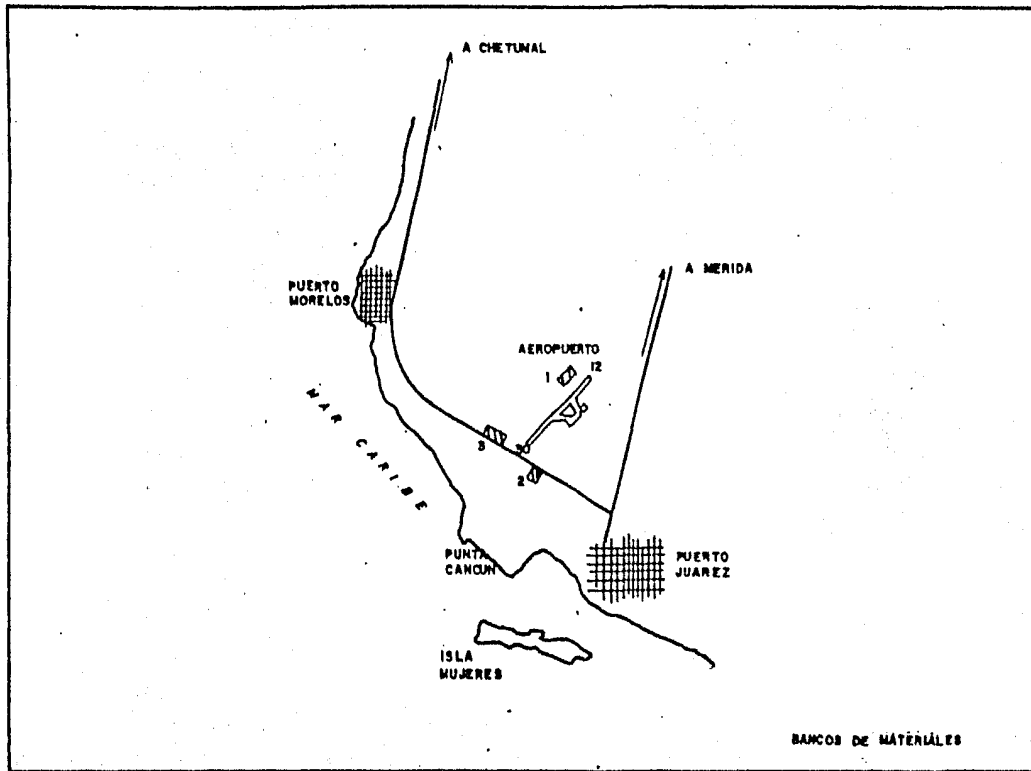
Para la construcción del pavimento flexible de la pista 12-30 se hicieron diversos estudios. Se realizaron reconocimientos terrestres, estudios geotécnicos e hidrológicos, localización de bancos de materiales para terracerías y pavimentos en los cuales se escogieron los de menor distancia de acarreo. Estos fueron base para el proyecto de las distintas secciones estructurales de pavimentos, para cada uno de los distintos elementos que integran el aeropuerto.

Por medio de un programa de sondeos y pozos a cielo abierto, se determinó que la estatigrafía del terreno está constituida por un espesor de 1.00 a 2.00 m. de caliza sana fracturada en su primer estrato y por suelos de baja plasticidad, arena limosa o grava limosa, en el segundo estrato.

BANCOS DE MATERIALES:

Se llama bancos de materiales a todo depósito natural de suelo, roca o agua que puede ser utilizado en la construcción de una construcción.

Con el objeto de definir los bancos de materiales



que se utilizaron en la construcción, se realizaron los trabajos de campo y laboratorio necesarios para conocer su utilidad, tratamiento y aprovechamiento específico.

Los bancos de materiales que se usaron, en vista de su calidad y posición favorable con respecto al aeropuerto fueron los que a continuación se describen:

BANCO N°1.

Localización: Sobre el kilómetro 0 + 600 del eje de la pista y con desviación derecha de 400 m.

Capacidad Aprovechable: Suficiente.

Despalme: 20 cms.

Distancia de acarreo: 1.00 Km.

Descripción del material: Estrato I, de 0.2 a 2.0 mts., roca caliza sana fracturada. Estrato II, de 2.0 mts., en adelante, arena y grava limosa.

Utilización: Sub-base hidráulica para pavimento rígido. Base hidráulica para pavimento flexible. Agregado grueso y fino para concreto hidráulico. En la formación de terracerías y capa subrasante.

Tratamiento: Trituración total y cribado a tamaño máximo de 38 mm., (1 1/2"). Trituración total a 50 mm., (2") y 4.7 mm. 7 malla N°4, Disgregado.

BANCO N°2

Localización: A la altura del Km. 13 + 300 del camino Puerto Juárez - Puerto Morelos, lado izquierdo.

Capacidad aprovechable: Suficiente.

Despalme: 20 cm.

Distancia de acarreo: 7 Km.

Descripción del material: Estrato I, 0.2 a 2.0 Mts., roca caliza sana fracturada. Estrato II, 2.0 mts., en adelante, arena y grava limosa.

Utilización: Sub-base hidráulica para pavimento flexible. Carpeta de concreto asfáltico. Material para riego de sello. En la formación de las terrazas y capa subrasante.

Tratamiento: Trituración total y cribado a tamaño máximo de 28 mm., (1 1/2"). Trituración total y cribado para obtener material 3-E, Disgregado.

BANCO N°3

Localización: A la altura del km. 19 + 500 del camino Puerto Juárez - Puerto Morelos, lado derecho.

Capacidad aprovechable: Suficiente

Desplame: 20 cms.

Distancia de acarreo: 5.1km.

Descripción del material: Estrato I, 0.2 a 2.0 m. roca caliza sana fracturada. Estrato II, 2.0 m., en adelante, arena y grava limosa.

Utilización: Carpeta de concreto asfáltico. Agregado fino para concreto hidráulico. En la formación de terracerías y capa subrasante.

Tratamiento: Trituración total y cribado a tamaño máximo de 19 mm., trituración total y cribado a tamaño de 50 mm. Trituración total y cribado a tamaño máximo de 4.7 mm. (malla N°4). Disgregado.

Material de pepena:

Localización: En la zona de influencia del aeropuerto a ambos lados del camino de acceso y del amino Puerto Juárez - Puerto Morelos.

Capacidad aprovechable: Suficiente.

Despalme: Ninguno

Distancia de acarrero: Variable

Descripción del material: Roca caliza sana fracturada.

Utilización: Agregado grueso para concreto hidráulico. Carpeta de concreto asfáltico.

Tratamiento: Trituración total y cribado a tamaño máximo de 19 mm.

DISEÑO DEL PAVIMENTO:

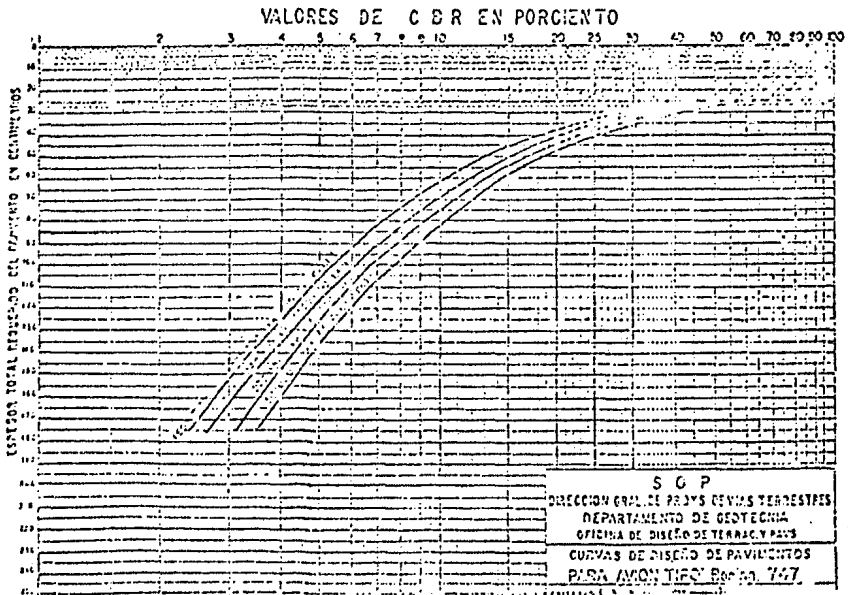
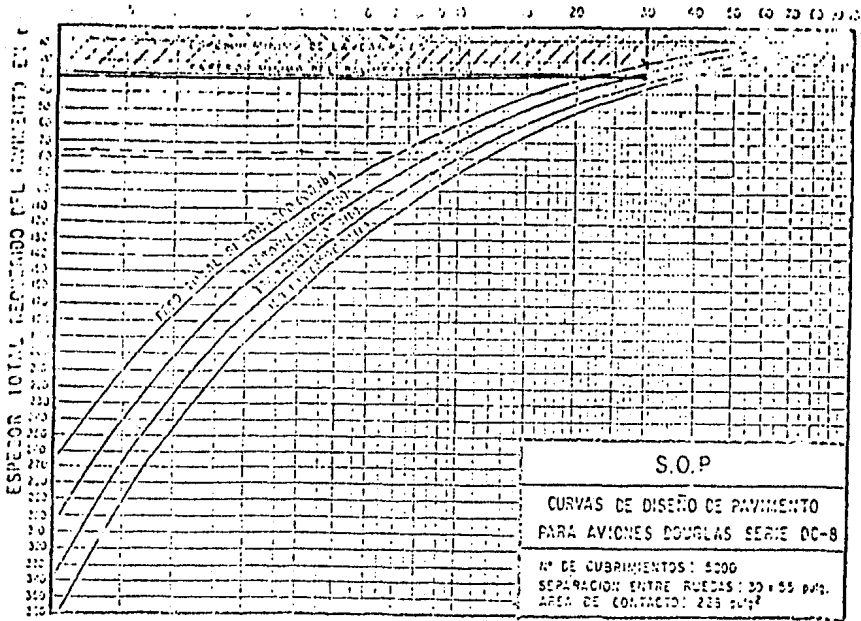
Los procedimientos para proyectos de pavimentación flexibles para aeropistas, se pueden clasificar en 3 grupos:

- 1.- Consideraciones teóricas y semiteóricas que Utilizan valores apropiados de correlación entre el proyecto de espesor y calidad y el funcionamiento real del campo.
- 2.- Proyectos basados en la clasificación del suelo y otros factores tales como el clima.
- 3.- Procedimientos empíricos basados en alguna prueba arbitraria que ha sido correlacionada con el funcionamiento del pavimento.

La Secretaría de Obras Públicas ha elaborado gráficas de diseño para pavimentos flexibles, tomando en consideración los diferentes tipos de aeronaves que se espera operarán en el país. Estas curvas proporcionan el espesor del pavimento necesario sobre un material que tenga un valor determinado de CER. En la figura se reproducen las curvas de diseño para aeronaves tipo DC-8, que es el tipo de aeronave que ha sido escogida para el diseño de pavimentos del aeropuerto de Cancún, debido a sus características críticas.

Datos para el proyecto:

- 1.- Aeronave de diseño, Douglas DC-8
Peso Total: 137 tons.
- 2.- Valor relativo de soporte de diseño de la capa subrasante, 30%.



3.- Modulo de reacción de la capa subrasante.

$$K = 14 \text{ Kgs./cm}^3$$

El espesor que se obtiene en función de estos parámetros es de 33 cms.

La Secretaría de Obras Públicas determinó para el pavimento flexible en la pista 12-30 un espesor total de 37 cms. repartidos de la siguiente forma:

Espesor de carpetas 7 cms.

Espesor de bases..... 30 cms.

La construcción se inició después de haberse hecho un despalme promedio de 15 cm., después de las cuales se trabajaron las terracerías en las que hubo necesidad de usar explosivos en las zonas de corte, por tratarse de material como se dijo anteriormente de roca caliza en el primer estrato.

El equipo que se utilizó en la construcción de las terracerías en la pista fué el siguiente:

1 tractor

1 motoconformador

1 compactor neumático

1 compactor vibratorio

1 pipa

camiones de voieto

Los volúmenes que se movieron en esta etapa fueron del orden de 411,00 m³., con un rendimiento promedio de

125 m³/hora.

Después de terminadas las terracerías y siempre de acuerdo a los niveles de proyecto se colocó la capa subrasante, la cual se hizo en dos capas de 15 cms., cada una. En esta etapa se utilizó el siguiente equipo:

1 motoconformadora

1 cargador

1 compactador automático propulsado

1 pipa

camiones de volteo

El volúmen que se hizo de subrasante fué del orden 58,000 m³.

Todas las cotas de proyecto para la construcción del aeropuerto están referidas al banco del nivel que se encuentra localizado sobre la guarnición del lado izquierdo en la entrada del muelle de Puerto Juárez, con elevación de 1.59 mts., sobre el nivel del mar. La nivelación se corrió al aeropuerto donde se colocaron bancos del nivel auxiliares de construcción diseminados en toda el área.

Para la construcción de la base hidráulica, se utilizó el siguiente equipo:

1 cargador

1 estabilizadora

3 motoconformadoras

2 rodillos vibratorios

1 rodillo arrastrable

1 dúo pacto

El volúmen que se trabajó de base hidráulica fué del orden 46,800 m³., con un rendimiento promedio de 50 m³/hora.

Esta etapa se construyó en dos capas de 15 cms., cada una. Previamente se hicieron estudios del material que se utilizó.

CONCRETO ASFALTICO

Para la construcción del concreto asfáltico que con un espesor de 7 cms., se colocó en la pista 12-30, se hizo por parte de la Secretaría de Obras Públicas un estudio del material pétreo por emplearse mismo que consistió en lo siguiente: se trituraron los fragmentos de rocas en el laboratorio y se reprodujo la composición granulométrica. El material así obtenido se sometió a diversas pruebas, encontrándolo adecuado para emplearlo en dicho fin.

Entre las diversas pruebas que se efectuaron se encuentran las pruebas de desgaste y el equivalente de arena, que fueron 28.7% y 64.8% respectivamente.

La determinación del contenido del concreto asfáltico se efectuó con el procedimiento Marshall, habiéndose registrado los datos y resultados correspondientes. De acuerdo con esta prueba, el contenido de cemento es el 7.3% en peso con respecto al material pétreo, obteniéndose en los especímenes de concreto asfáltico correspondientes, las caracte-

terísticas físicas que a continuación se indican:

CARACTERISTICAS	RESULTADOS	ESPECIFICACIONES
Estabilidad, Kg.	1680	700 min.
Flujo, mm.	3.0	2 a 4
Peso volumétrico, Kg/m ³	2070	-----
Vacíos ocupados por asfalto, %.	76	75 a 82
Vacíos finales, %.	4.1	3 a 5
Pérdida de estabilidad, %.	17.5	25 máx.
Desprendimientos por fricción	10	25 máx.
Vacíos agregado mineral	18.1	14 min.

El volúmen que se tendió de concreto asfáltico fué de 10,920 m³., con un rendimiento promedio de 17m³/hora.

La diferencia que existe entre las carpetas de concreto asfáltico y las carpetas de asfalto, es que las carpetas asfálticas, están formadas por una o varias capas de agregados pétreos y asfalto, colocadas sobre la base. La función de la carpeta asfáltica es proporcionar una superficie tersa y segura al rodamiento de los vehículos. Debe tener suficiente resistencia tanto al desgase como a la fractura para soportar las cargas. Debe ser antiderrapante y no deformarse. Y el concreto asfáltico se usa cuando el tránsito es más intenso y pesado, y toma el nombre de concreto asfáltico, cuando a la carpeta asfáltica se elabora con cemento asfáltico.

II.4 LOSA DE CONCRETO HIDRAULICO

a.) Su función estructural y Conformación.

La capacidad de carga en los pavimentos flexibles va en función del espesor y calidad del sistema de capas que lo componen, mientras que en los pavimentos rígidos, el factor principal lo constituye la rigidez y el alto módulo de elasticidad de las losas de concreto.

El criterio de proyecto para pavimentos rígidos lo constituye el esfuerzo de tensión por flexión permisible de concreto. Su capacidad para soportar altas presiones, su resistencia al efecto de combustible y lubricante de las aeronaves y en consecuencia la mínima conservación necesaria para un sistema adecuado lo sitúan en un plano preferente en los aeropuertos de largo alcance, con respecto a los pavimentos flexibles, a la canalización del tránsito y la penetración de las llantas, factores que motivan un continuo mantenimiento.

El pavimento fué de tipo rígido en la plataforma de operaciones y calles de rodaje, teniendo la losa de concreto hidráulico un espesor de 30 cms.

El proyecto de pavimentos rígidos para aeropistas, guarda relación semejante en los pasos básicos a seguir al proyecto para pavimentos flexibles. Primero será necesario realizar estudios de las condiciones y características del suelo y determinar el módulo de reacción de la subrasante. A continuación, para entrar plenamente al proyecto será necesario -

conocer la carga por rueda de proyecto y el módulo de ruptura del concreto.

La mayoría de las técnicas para el proyecto de pavimentos rígidos, están basadas en el análisis teórico desarrollado por Westergard, modificándolo con factores de seguridad apropiados, obtenidos de las experiencias de campo.

Westergard desarrolló su teoría, estableciendo las siguientes hipótesis:

- a.) La losa actúa como un sólido en equilibrio, el cual es elástico, homogéneo e isótropo.
- b.) Las reacciones del suelo de soporte, son verticales y proporcionales a las deflexiones producidas por la losa.
- c.) La losa es de espesor constante.

Supuso la carga distribuida en un área elíptica y consideró tres posiciones diferentes de aplicación de la misma.

Posición en la esquina.

Posición en la orilla.

Posición en el interior de la losa.

Factores de seguridad.- Los factores de seguridad que se tomen para el módulo de ruptura, variarán con el tipo de elemento que se proyecte y las condiciones de la posición de la carga en que se basa el proyecto. La Portland Cement Association, basada en las condiciones de carga en el interior de la losa y suponiendo que la subrasante trabaja como un líquido denso, publicó los siguientes factores de se-

guridad:

Plataformas, calles de rodaje y estacionamientos,
cabeceras de las pistas y pisos de hangares.....
.....1.7 a 2.0

Porción central de las pistas.. 1.25 a 1.5

La Secretaría de Obras Públicas seleccionó para las distintas zonas de las aeropistas los siguientes factores de seguridad:

Plataformas, calles de rodaje, cabeceras, áreas de abastecimiento de combustible e intersecciones..... 1.7

Porción central de las pistas.. 1.4

Fajas laterales de pistas..... 1.3

Curvas de proyecto.- Con el objeto de simplificar el problema de diseño de pavimentos rígidos, se han elaborado gráficas en las cuales se toman en cuenta los diferentes factores que intervienen en el proyecto.

La F.A.A. (Administración Federal de Aviación), pasó sus curvas de proyecto en la clasificación de los suelos y en la determinación de condiciones de drenaje y heladas. Los valores de los espesores se aplican a las cabeceras y calles de rodaje, considerándose el espesor de la parte central de la pista, el 80% del valor obtenido en la gráfica.

Las curvas de proyecto desarrolladas por el cuerpo de Ingenieros, se establecieron para distintas condiciones de carga, tipos de ruedas y para varias presiones de inflado. Entre ellas viene determinado el módulo de ruptura del concreto y el módulo de Poisson. El factor de seguridad está incluido en las gráficas.

La Secretaría de Obras Públicas, ha elaborado monogramas para el diseño de pavimentos rígidos, tomando en consideración los tipos de aeronaves que con más frecuencia operarán en los aeropuertos del país. Estos monogramas están basados en los siguientes parámetros:

- 1.- Módulo de resistencia a la tensión
por flexión..... 49.5 Kg/cm² a 90 días
45.0 Kg/cm² a 28 días
- 2.- Módulo de elasticidad..... 350,000 Kg/cm².
- 3.- Módulo de Poisson..... 0.15
- 4.- Factores de seguridad..... Los citados anteriormente.

Igualmente, la aeronave del proyecto es el Douglas DC-8, con un peso de 137 toneladas.

Empleando el monograma correspondiente, reproducido en la figura siguiente, se obtiene un espesor para las losas de concreto de 26 cms.

Juntas.-A los pavimentos rígidos de las aeropistas se les construyen juntas con el fin de controlar los agrietamientos, tanto longitudinales como transversales, que son producidas por las dilataciones y contracciones del concreto hidráulico y los efectos de la transmisión de cargas. Atendiendo a

sus funciones se clasifican en longitudinales y transversales.

Las juntas longitudinales son aquéllas que se construyen en sentido paralelo al tren de colado, las transversales son normales a ellas.

Las juntas longitudinales de construcción son machimbradas a tope, pudiendo o no llevar pasa juntas. Las losas se construyen alternadamente dándoles la forma machimbrada por medio de moldes.

Las juntas transversales son generalmente del tipo de junta falsa, prefabricada; en algunos casos, es necesario dotarlas de pasa juntas.

Juntas de contracción:- Se emplean para controlar las grietas que produce la contracción del concreto. Se construyen por aserrado o por el sistema de insertos.

En las losas extremas se utilizan pasajuntas lisos en grasados para asegurar la transmisión de cargas y el libre movimiento de la junta.

Juntas de construcción:- Se construyen en los sitios correspondientes al fin del turno de colado y generalmente son del tipo a tope con el elemento de transmisión de carga.

Juntas de expansión:- Estas juntas se emplean en lugares donde pueden ocurrir movimientos diferenciales que producen esfuerzos perjudiciales en las losas.

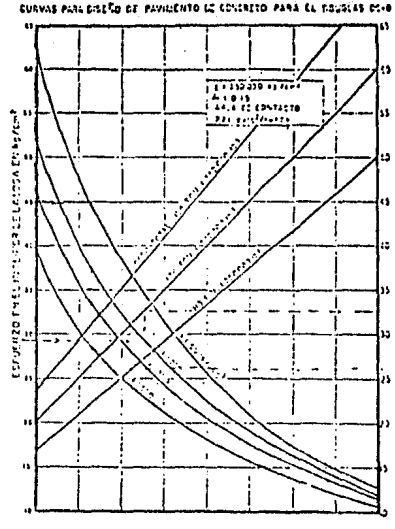
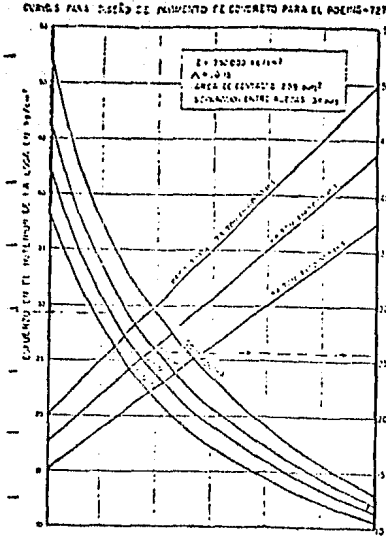
Pasajuntas:- Los lisos dependen de las cargas de proyecto. Se utilizan diámetros entre 3/4" y 3". Los pasajuntas corrugados se utilizan en juntas longitudinales de losas extremas para evitar movimientos.

CONSTRUCCION DE LAS LOSAS DE CONCRETO HIDRAULICO

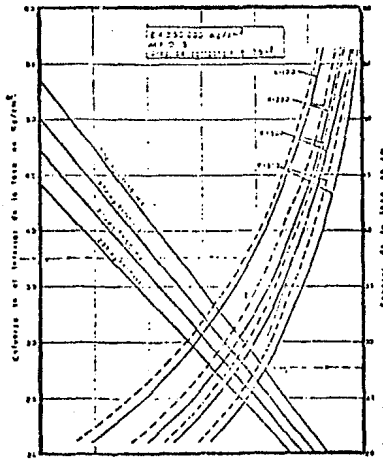
Para la construcción de las losas de concreto hidráulico en el aeropuerto, la S.O.P. fijó al contratista los requisitos de calidad de los materiales, así como el procedimiento de construcción que se llevaría a cabo, y que fueron los siguientes:

MATERIALES

- a) Agregado grueso.- Debe ser sano, de textura cerrada, proveniente de material de pepena o el material clasificado del estrato I del banco N°1 anotado en el plano de ubicación de bancos de materiales, con características uniformes de resistencia y con tamaño máximo de 51 mm. (2") logrado por trituración total. Debe separarse en dos tamaños , uno de 51 mm (2") a 19 mm (3/4") al retenido en la malla N°4, para evitar segregación. La resistencia estructural deberá ser superior a la resistencia de proyecto del concreto.
- b) Agregado fino.- Su densidad no deberá ser menor de 2.5, su contenido en polvo no mayor de 3%. La arena se obtendrá por trituración de la roca caliza y deberá someterse a un proceso de lavado para eliminar el polvo excedente.
- c) Cemento Portland:- Se empleará preferentemente por sus cualidades, los tipos I y II.
- d) Agua:- El agua que se emplea en la fabricación del concreto deberá estar libre de materiales perjudiciales, tales como aceite, grasas, etc. El contenido de impurezas deberá ser tal que no produzca un incremento mayor de 25% en el tiempo de fraguado, en comparación con el determinado con el agua destilada.



CURVAS PARA DISEÑO DE PAVIMENTO DE CONCRETO PARA EL BOEING 747
 2D4' PAV.



- e) Aditivo:- Se deberá emplear un fluidente retardante con agente inclusor de aire a fin de dar mayor plasticidad y trabajabilidad al concreto, evitar la segregación y el sangrado e incluir la cantidad de aire necesaria para obtener un contenido total de 3 a 5%. Dicho aditivo deberá ser aceptado y usado en las proporciones recomendadas por la Secretaría, haciendo en cada caso pruebas preliminares para su empleo. El aditivo deberá agregarse al concreto disuelto en el agua de mezclado, para lo cual diariamente se preparará una solución del mismo con la concentración adecuada. Al terminar el día se desechará la solución sobrante, debiéndose lavar el recipiente para evitar en el futuro concentraciones mayores en la solución por usar. Para la selección del aditivo la Secretaría efectuará pruebas comparativas con los productos propuestos por el contratista y elegirá el que más le convenga.
- f) Sellado de juntas;- El material para el sellado de juntas deberá ser elástico, resistente a los efectos del combustible y calor de los aviones, además, deberá adherirse al concreto y permitir las dilataciones y contracciones de este sin agrietarse. El producto deberá ser previamente aprobado por la Secretaría.

EJECUCION

- a) Características del concreto:- El concreto deberá tener una consistencia plástica medida por su revenimiento que esté entre 4 y 6 cms. Su módulo de resistencia a la tensión por flexión deberá ser de 45 Kg/cm²., a los 28 días.

- b) **Dosificación y elaboración.**- La dosificación del concreto se hará en peso y por ningún motivo se aceptará la dosificación en volumen. La elaboración del concreto se hará únicamente empleando procedimientos mecánicos.
- c) **Transporte.**- El equipo de transporte deberá ser previamente revisado y autorizado por la Secretaría.
- d) **Colocación y compactación.**- Tanto la distribución como la compactación del concreto hidráulico, se harán mediante un tren mecánico autopropulsado con las siguientes características: tendrá un dispositivo que pueda esparcir mecánicamente el concreto depositado frente a la máquina; una batería de vibradores que trabaje simultáneamente, vibrando el concreto por inserción y que puedan introducirse y accionarse mecánicamente el tiempo necesario y un sistema mecánico oscilatorio o de vibradores superficiales, para enrasar el concreto, el cual tendrá las fases suficientes para evitar que la superficie del pavimento quede con pequeñas oquedades y fuera de las tolerancias de nivel. Este tren puede ir montado en una o varias unidades autopropulsadas y tiene sistemas de rodamiento que le permiten trasladarse, apoyándose en un lado o en ambos lados sobre las losas previamente colocadas, sin que estos sufran daños. El terminado superficial final, se hará mensualmente con escobas. La colocación y compactación se hará dentro de los 40 minutos siguientes a la elaboración.

e) Curado.- El curado se hará inmediatamente después del acabado final, cuando el concreto empieze a perder brillo superficial y no se interrumpa durante los 14 días siguientes a la fecha de colado. Esta operación se efectúa aplicando a la superficie una capa con espesor de 1 mm. de producto fresco (1 litro por m^2) que deje una membrana impermeable, consistente y uniforme, de color claro, que impide la evaporación del agua que contiene la mezcla de concreto. La selección del producto que emplee el contratista como membrana flexible para el fin antes descrito, deberá satisfacer los requisitos siguientes:

- 1.- Deberá ser de color claro, tener un colorante temporal, que los haga fácilmente visibles sobre la superficie del concreto, durante las 4 primeras horas posteriores a su aplicación. El color, cualquiera que sea, deberá desaparecer dentro de los 7 días siguientes a la fecha de aplicación.
- 2.- Deberá poder almacenarse por lo menos 3 meses, sin sufrir alteración alguna.
- 3.- No deberá sedimentarse al grado que no se pueda restituir su uniformidad mediante agitación moderada.
- 4.- No deberá reaccionar perjudicialmente con el concreto.
- 5.- Deberá tener una consistencia tal, que a temperaturas superiores a $5^{\circ}C$, pueda aplicarse mediante aspersión, formando una

membrana uniforme.

La Secretaría elegirá el que más le convenga para los fines que se desean.

- f) Control.- La resistencia del concreto se medirá por el módulo de resistencia a la flexión de acuerdo con el ensayo correspondiente.

La colocación y compactación del concreto en los moldes para vigas, deberá hacerse con procedimientos similares a los empleados en la obra.

- g) Juntas.- Las juntas deberán ajustarse a las dimensiones y características consignadas en el plano respectivo y en su construcción deberán tomarse en cuenta las recomendaciones siguientes:

Las juntas de contracción se construirán por el sistema de aserrado, ya que es el procedimiento que ha resultado más satisfactorio. El tiempo en que debe iniciarse el aserrado de las juntas está sujeto a variaciones amplias en cada lugar, por lo que se recomienda hacer la determinación de este tiempo, de acuerdo con el resultado de las pruebas experimentales que se lleven a cabo por medio de la sierra circular. Para este efecto se debe observar que la ranura hecha en el concreto no presente desmoronamientos excesivos. El momento adecuado para un aserrado se puede reconocer cuando el corte provoque un ligero desmoronamiento del concreto, el cual no solo no es perjudicial sino que es conveniente; por otra parte, si no existe ningún desprendimiento, es señal de que el concreto ha endurecido demasiado y probablemente se formen grietas adelante de la sierra. Cuando se observen agrietamientos adelante del corte, esto indicará que se está retardando el aserrado. En este caso, se sus-

penderá el corte de la junta que se trate, debiéndose cortar el pavimento en tramos más grandes y después se procederá a cortar las juntas intermedias; a fin de que este efecto no vuelva a presentarse deberá disminuirse el tiempo de iniciación del aserrado. Las juntas deberán inspeccionarse con el fin de asegurar que el corte se haya efectuado hasta la profundidad especificada. Se removerá el concreto que se encuentre dentro de las juntas de expansión, procediéndose al curado de las superficies laterales, inmediatamente después de que se haya resanado y revisado las partes finales de las juntas. Las juntas aserradas se sellarán inmediatamente después de terminado el corte de las mismas, insitiéndose en que dichas juntas deben encontrarse limpias y secas en el momento de rellenarse. La construcción de pavimento se hará por fajas alternadas, colocándose las intermedias a tope con las losas adyacentes y aserrando las juntas longitudinales antes de que se provoquen agrietamientos debido a las contracciones por fraguado y temperatura de las losas adyacentes.

Tanto con las juntas longitudinales como las transversales, deberá tenerse en cuenta que no debe haber una desviación en su alineamiento mayor o menor de 6.3 mm. (1/4").

Las barras lisas que se colocarán en las juntas transversales de construcción indicadas en los planos, deberán estar apoyadas sobre monturas o silletas de alambro de 6.3 mm (1/4") de diametro y estas a su vez deben anclarse suficientemente a la sub-base a fin de evitar desplazamientos durante el colado. Las monturas deberán quedar completamente fijas con el objeto de que se mantenga la barra alineada y a nivel durante el proceso de construcción. Las barras deberán engarsarse uniformemente con aceite, con el objeto de evitar las adherencias con el concreto, asegurando con ello el movimiento libre de la junta. Así mismo, con el fin de evitar desplazamiento de las barras, se deberá tener cierto cuidado al colocar y al extender el concreto, no debiendo permitir al operador vaciar directamente el concreto sobre las barras.

Las varillas corrugadas en las juntas longitudinales marcadas en los planos deben apoyarse en dispositivos que permanecen fijos de manera que se eviten los movimientos excesivos durante el colado y compactación de concreto.

Estas varillas deben estar perfectamente limpias, sin grasa ni óxidos. Las cimbras de las juntas se pueden quitar cuando menos ocho horas después de que haya sido colocado el concreto. Debiéndose tomar las precauciones convenientes para evitar que se dañen los bordes de las juntas.

El volumen total de concreto hidráulico en la plataforma de operaciones y calles de rodaje es de 12,383 m³.

II. 5 OBRAS COMPLEMENTARIAS

a) Drenaje para el aeropuerto.

El drenaje consistió en dos canales que forman a lo largo de la pista a 75 mts., del eje. Dichos canales tienen las mismas pendientes longitudinales que la arrasante del eje en la pista 12-30.

En la zona entre rodajes se construirán tres pozos de absorción para drenar el agua que se acumula en esa área.

El estacionamiento tendrá una rejilla misma que descargará en dos pozos de absorción localizados en los extremos del estacionamiento.

En el camino perimetral donde hubo necesidad de colocar alcantarillas, se pusieron de un diametro de 60 cm.,

b) Construcción de un camino de acceso para el aeropuerto y estacionamiento para vehículos.

El aeropuerto tendrá un camino de acceso cuyo origen se encuentra localizado en el kilómetro 17 + 750 de la carretera Puerto Juárez - Puerto Morelos, y que con una longitud de 2489.19 mts., de los cuales 2801.90 mts. son sobre tangente, de acceso al aeropuerto.

El camino tiene dos cruvas, mismas que se encuentran en el plano general. La terminación del camino es el kilómetro 2 + 489.19, o sea el entronque donde empieza el ramal A de la liga vial y el camino perimetral.

La construcción se hizo de acuerdo con el proyecto hecho por el Departamento de Proyectos de la Dirección General de Aeropuertos.

La estructura del camino se muestra en el plano de secciones tipo de pavimento.

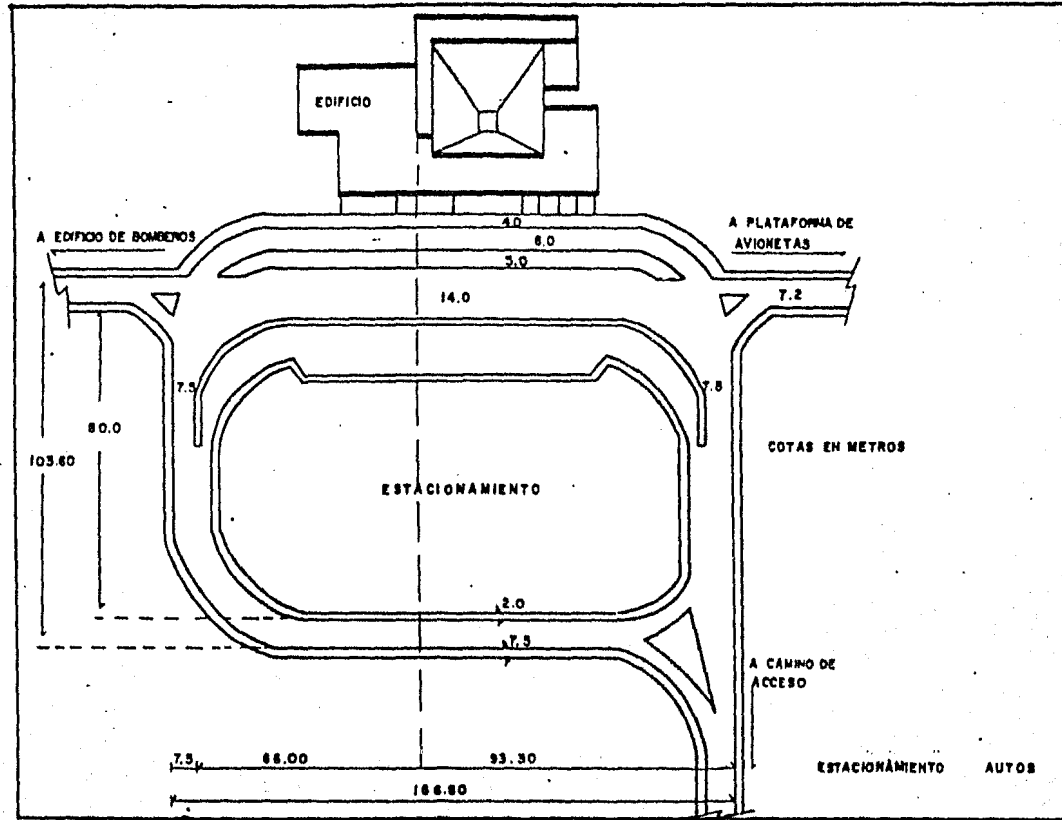
Las especificaciones de construcción para el concreto asfáltico fueron las mismas que para la pista.

El estacionamiento se construyó de acuerdo con las secciones de proyecto.

El concreto hidráulico que se ocupó en las guraniciones y banquetas fué $f'c=140$ Kg/cm². La capacidad del estacionamiento es para 28 automóviles y 10 camiones, teniéndose un área preparada para ampliación del mismo.

c) Camino perimetral en los linderos del aeropuerto.

El camino perimetral que va paralelo al cercado del aeropuerto, se construyó para efecto de vigilancia y mantenimiento del mismo.



Este camino perimetral pensado hacerlo de terracerías al 95%, base hiraúlica y riegos de asfalto, habiéndose hecho finalmente sobre el terreno despalmado terracerías siguiendo el perfil del terreno natural, con espesor de 50 cm., estas terracerías se compactaron al 95% para finalmente hacerles un riego de impregnación en proporción de 1.6 lts. por metro cuadrado.

d) Zona de almacenamiento y
distribución de combustible

Esta zona del aeropuerto estará compuesta de los siguientes elementos:

Caseta de Control de Ingresos.

Oficina y laboratorios.

Sanitarios.

Equipo de control de bombeo.

Subestación eléctrica.

Tanque para turbosina con capacidad de 30,000 Lts.

Tanque para gas avión de 100 a 130 oct. con capacidad de 40,000 lts.

Tanque para gas avión de 80 a 87 oct, con capacidad de 20,000 lts.

Cajón para equipo de gas avión 100 a 150 oct.

Cajón para equipo de gas avión 80 a 87 oct.

Cajón para equipo de turbosina.

Plataforma para garzas de turbosina.

Tanque para agua con capacidad de 40,000 Lts.

Plataforma para garzas 100 a 130 y 80 a 87 oct.

Tanque elevado para casetas.

III.- CONTROL DE COSTOS

III.1 Precios Unitarios

a.) Obtención del precio unitario:

Se presenta a continuación aspectos generales de la forma de como obtener el precio unitario, de los diferentes conceptos que intervienen en una obra que tenga este tipo de contratación.

Primeramente se obtiene el costo unitario, que resulta de obtener el costo directo más el costo indirecto, aplicado al anterior.

$$P.U. = C.D. + C.I. \text{ (Incluyendo este último- } \\ \text{ la utilidad.)}$$

O sea, el precio unitario se integra sumando todos los cargos o Costos directos e indirectos correspondientes al concepto de trabajo especificando, el cargo por utilidad del contratista y, en el caso de Obras Públicas, aquellos cargos adicionales estipulados contractualmente por las dependencias oficiales.

Los Costos Directos, en consecuencia, son los cargos derivados de las erogaciones por concepto de: Materiales, Mano de Obra, Equipo, Herramienta e Instalaciones efectuadas exclusivamente para la realización del concepto de trabajo especificado.

$$\text{PRECIO UNITARIO} = \begin{array}{c} \text{COSTO} \\ \text{DIRECTO} \end{array} + \begin{array}{c} \text{COSTO} \\ \text{INDIRECTO} \end{array} + \text{UTILIDAD}$$

Material

Mano de obra

Equipo
Herramienta
Maquinaria.

El Costo Directo, y en consecuencia el Precio Unitario puede sufrir variaciones que afectan los rendimientos en el desarrollo de los trabajos de una obra. Dichas variaciones pueden ser debidas a:

- a.- Condiciones ambientales. (lugar, época, clima, etc.)
- b.- Calidad de la mano de obra.
- c.- Tipo de construcción.
- d.- Altura de ejecución.
- e.- Supervisión de obra.
- f.- Magnitud y ritmo de trabajo.

El Costo Indirecto, es la suma de todos los gastos técnicos-administrativos necesarios para la correcta realización de cualquier proceso productivo; y puede dividirse en dos partes:

El Costo Indirecto de Operación: Es la suma de gastos que por su naturaleza intrínseca, son de aplicación a todas las obras efectuadas en un tiempo determinado. (Año fiscal, año calendario, ejercicio, etc.)

El Costo Indirecto DE Obra: Es la suma de los gastos que por su naturaleza intrínseca, son aplicables a todos los conceptos de una obra en especial.

En el siguiente cuadro sinóptico se ilustran estas dos subdivisiones y los conceptos que lo constituyen.

	1.- Cargos técnicos y/o profesionales.	
	2.- Cargos administrativos.	
De	3.- Alquileres y/o amortizaciones.	
Operación	4.- Suscripciones y/o afiliaciones.	
	5.- Seguros.	
	6.- Materiales de consumo.	
Costo	7.- Promociones.	
Indirecto		1.- Técnicos y/o profesionales.
		2.- Administrativos.
		3.- Transportes.
	1.- Cargos de campo.	4.- Accesorios.
	2.- Seguro Social.	
De	3.- Imprevistos.	
Obra	4.- Financiamiento.	
	5.-Utilidad.	
	6.- Fianzas.	

Si la utilidad queda incluida dentro del costo indirecto, este, aplicado al costo directo y sumando ambos, se obtiene el precio unitario.

Generalmente se acostumbra poner la utilidad por separado y sumarla al costo unitario, obteniéndose así mismo, el precio unitario correspondiente.

Para la construcción del Aeropuerto de Cancún, el precio unitario quedó integrado de la siguiente manera :

Los indirectos para la Empresa constructora fueron los siguientes :

Administración de campo-----	12.00
Administración central-----	7.00
Campamentos-----	1.00
Transporte de equipo-----	3.00
Impuestos-----	3.00
Bonificaciones-----	1.00
Imprevistos-----	2.00
Financiamiento-----	<u>3.00</u>
	32.00%

Por lo tanto el factor por lo que se multiplicará el Costo Directo de cada concepto para obtener el precio unitario correspondiente, será:

Costo directo-----	1.0000
Costo indirecto--32%(C.D.)-	0.3200
Utilidad-----	
--2.5% (C.D.+0.32 C.D.)-----	<u>0.0330</u>
	1.3530
OMER y SEPANAL--1.5%-----	<u>0.0203</u>
	1.3733

b.- Aplicaciones.-

Se muestran a continuación, ejemplos de diferentes conceptos, obteniéndose antes el Costo Horario de los e quipos empleados para la construcción del Aeropuerto y la forma de cómo obtenerlos.

Para conocer el costo horario de los diferentes equipos que intervienen en cualquier proceso constructivo, se debe tener en cuenta los siguientes elementos:

- 1.- Intereses.- El equipo debe considerarse como una inversión y como tal deberá reeditar un interés a su propietario.
- 2.- Depreciación.- Se acepta que a través del tiempo el equipo pierde su valor, por lo tanto es necesario considerar el concepto de depreciación como integrante del costo del equipo.
- 3.- Reparaciones.- Para mantener en condiciones de trabajo un equipo, requiere de mantenimiento; se considera como un porcentaje de la depreciación.
- 4.- Seguro.- Para cubrir la destrucción imprevista de un equipo.
- 5.- Combustible.- Para obtener energía mecánica.
- 6.- Gastos fijos.- Son gastos que requiere un equipo por concepto de almacenaje.
- 7.- Operador.- Persona encargada de manejar el equipo y ayudante si lo requiere.

A continuación se presentan dos ejemplos de costos horarios que intervienen en los precios unitarios que se muestran posteriormente.

COSTO DIRECTO HORA-MAQUINA

51

HOJA No.

FECHA Marzo, 1984.

OBRA. canón, Q. Roo No.

EQUIPO <u>Tractor Caterpillar</u>		MARCA <u>Caterpillar</u> MOD. <u>D-8</u>	
DATOS ADICIONALES _____		CALCULO _____ REVISO _____	
DATOS GENERALES:			
PRECIO ADQUISICION	<u>24'009,656.00</u>	FECHA COTIZACION	<u>Marzo, 1984</u>
EQUIPO ADICIONAL _____	VIDA ECONOMICA (Ve)	<u>9,000</u>	Hrs. años
VALOR INICIAL (Va) \$ <u>24'009,656.00</u>	HORAS POR AÑO (Ha)	<u>1,800</u>	Hr/año
VALOR RESCATE (Vr) <u>20%</u> = \$ <u>4'801,931.20</u>	MOTOR <u>Dieisel</u> DE <u>300</u>	H.P.	
TASA DE INTERES (i) <u>18%</u>	FACTOR DE OPERACION	<u>0.75</u>	
PRIMA SEGUROS (s) <u>1.75%</u>	POTENCIA DE OPERACION	<u>225</u> H.P. OP	
FACTOR MANTENIMIENTO (Q) <u>0.60</u>	COEFICIENTE ALMACENAJE (K) <u>1.20%</u>	= <u>0.012</u>	

I.- CARGOS FIJOS

- a) DEPRECIACION: $D = \frac{Va - Vr}{Ve} = \frac{24'009,656.00 - 4'801,931.20}{9,000} = 2,134.19$
- b) INVERSION: $I = \frac{Va + Vr}{2Ha} = \frac{(24'009,656.00 + 4'801,931.20) \cdot 0.18}{2 \times 1800} = 1440.58$
- c) SEGUROS: $S = \frac{Va + Vr}{2Ha} = \frac{(24'009,656.00 + 4'801,931.20) \cdot 0.0175}{2 \times 1800} = 140.06$
- d) ALMACENAJE: $A = KD = 0.012 \times 2,134.19 = \$ 25.61$
- e) MANTENIMIENTO: $M = QD = 0.6 \times 2134.19 = \$ 1,280.51$

SUMA CARGOS FIJOS POR HORA 5,020.95

II.- COMBUSTIBLE, LUBRICANTES, OTROS.

- a) COMBUSTIBLE S: $E = CPc$
 GASOLINA: $E = 0.24x$ H.P.op. \$ /Lt. = \$
 DIESEL: $E = 0.20x$ 225 H.P.op. \$ 14.00 / Lt. 0.66 \$ 415.80
- b) OTRAS FUENTES DE ENERGIA.
- c) LUBRICANTES: $L = aPc$
 CAPACIDAD CARTER: C = Lts.
 CAMBIOS DE ACEITE: T = Horas
 $a = c/t + \frac{0.0030}{0.0035} \times 225$ Hp Op. = 0.79 Lt/Hr.
 $\therefore L = 0.79$ Lt/Hr. x \$ 250 /Lt = 196.87
- d) LLANTAS:
 $LI = \frac{VLL + Ren}{Hv} = \frac{(VALOR LLANTAS + RENOVACION)}{(VIDA ECONOMICA)}$
 VIDA ECONOMICA Hv = Horas
 $\therefore LI = \$ \text{-----} = \text{-----}$

SUMA CONSUMOS POR HORA 612.87

III.- OPERACION.

CATEGORIA	CANT.	SALARIO REAL	REND.	H=8hrs. x rend	OPERACION O = \$/h	SUMA
operador	1	2,087.36	0.8	6.4	326.15	
						326.15
SUMA OPERACION POR HORA						<u>326.15</u>

COSTO DIRECTO HORA-MAQUINA \$ 5,959.97

COSTO DIRECTO HORA-MAQUINA

52

HOJA No.

FECHA Marzo, 1984

OBRA. Cancún Q. Roo No.

EQUIPO Motoescrpa MARCA Caterpillar MOD. 623-B
 DATOS ADICIONALES _____ CALCULO _____ REVISO _____
 DATOS GENERALES:
 PRECIO ADQUISICION 23'646,576.00 FECHA COTIZACION Marzo, 1984
 EQUIPO ADICIONAL _____ VIDA ECONOMICA (Ve) 9,000 Hrs.
 VALOR INICIAL (Va) \$ 23'646,576.00 HORAS POR AÑO (Ha) 1,800
 VALOR RESCATE (Vr) 20 % = \$ 4'729,315.20 MOTOR Diesel DE 300 H.P.
 TASA DE INTERES (i) 18 % FACTOR DE OPERACION 0.75
 PRIMA SEGUROS (s) 1.75 % POTENCIA DE OPERACION 225 H.P. OP
 FACTOR MANTENIMIENTO (Q) 0.60 COEFICIENTE ALMACENAJE (K) 1.2% = 0.012

I- CARGOS FIJOS

- a) DEPRECIACION: $D = \frac{V_a - V_r}{V_e} \cdot 23'646,576.00 - 4'729,315.20 = 2101.91$
 b) INVERSION $I = \frac{V_a + V_r}{2 H_a} (23'646,576.00 + 4'729,315.20) \cdot 0.18 = 1418.79$
 c) SEGUROS $S = \frac{V_a + V_r}{2 H_a} (23'646,576.00 + 4'729,315.20) \cdot 0.0175 = 137.94$
 d) ALMACENAJE $A = K D = 0.012 \times 2,101.91 = \$ 25.22$
 e) MANTENIMIENTO $M = Q D = 0.6 \times 2,101.91 = \$ 1,261.15$
 SUMA CARGOS FIJOS POR HORA 4,945.01

II - COMBUSTIBLE, LUBRICANTES, OTROS.

- a) COMBUSTIBLES: E = CPC
 GASOLINA: E = 0.24x H.P.op \$ /Lt. = \$
 DIESEL: E = 0.20x 225 H.P.op \$ 14 / Lt. 0.66 \$ 415.80
 b) OTRAS FUENTES DE ENERGIA. =
 c) LUBRICANTES: L = a P e
 CAPACIDAD CARTER: C = Lts.
 CAMBIOS DE ACEITE: T = Horas
 $a = c / t + \frac{0.0030}{10.0035} \times 225$ H.P. Op = 0.79 Lt/Hr.
 $\therefore L = 0.79$ Lt/Hr. x \$ 250 /Lt = 196.87
 d) LLANTAS:
 $Ll = \frac{VLL + R_{an}}{H_v} \cdot (\text{VALOR LLANTAS + RENOVACION})$
 (VIDA ECONOMICA)
 VIDA ECONOMICA H_v = Horas
 $\therefore Ll = \$$ _____ Hrs. = _____

SUMA CONSUMOS POR HORA 612.87

III - OPERACION.

CATEGORIA	CANT.	SALARIO REAL	REND.	H=8hrs. x rend	OPERACION O = \$/H	SUMA
operador	1	2,087.36	0.8	6.4	326.15	
						326.15

SUMA OPERACION POR HORA 326.15

COSTO DIRECTO HORA-MAQUINA \$ 5,884.03

ANALISIS DE PRECIO UNITARIO

53

LOC Cancún, Q. Roo.
 FECHA Marzo/ 84 CONCEPTO Nº _____
 UNIDAD Ha. _____ HOJA Nº _____ DE _____

ESPECIFICACIONES:
 Desmonte.

MATERIAL:					COSTO	
CODIGO	DESCRIPCION	UNID	CANTIDAD	CSR2	UNITARIO	TOTAL
TOTAL MATERIALES						

MANO DE OBRA:				COSTO	
CODIGO	DESCRIPCION	COSTO CUADRILLA	REND.	TOTAL	
	0.1 cabo 2,821.90-----= 282.19				
	15 peones 1066.50 X 15--=15,997.50	16,279.69	0.33	5,372.28	
	16,279.69				
TOTAL MANO DE OBRA					5,372.28

HERRAMIETA Y EQUIPO:		COSTO M.O.		COSTO	
CODIGO	DESCRIPCION	COSTO HRIO.	REND.	TOTAL	
	Tractor D-8	5,959.97	2.63	15,674.72	
TOTAL HERRAMIETA Y EQUIPO					15,674.72

COSTO DIRETO.	21,047.00
INDIRECTOS, IMPUESTOS, UTILIDAD, ETC.	7,856.84
IMPORTE TOTAL.	28,903.84

REALIZO _____
 REVISO _____

APROBADO _____

ANALISIS DE PRECIO

54

Loc Cancún, Q. Roo
 FECHA Marzo/ 84 CONCEPTO Nº _____
 UNIDAD M³-Est. HOJA Nº _____ DE _____

ESPECIFICACIONES:

MATERIAL:					COSTO	
CODIGO	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	OCSP%	UNITARIO	TOTAL
TOTAL MATERIALES						

MANO DE OBRA:				COSTO	
CODIGO	DESCRIPCION	COSTO CUADRILLA	REND.	TOTAL	
TOTAL MANO DE OBRA					

HERRAMIENTA Y EQUIPO:			COSTO M.O.		COSTO
CODIGO	DESCRIPCION	COSTO HRIO.	REND.	TOTAL	
	Tractor	5,959.97	0.0025	14.89	
TOTAL HERRAMIENTA Y EQUIPO					14.89

COSTO DIRETO.	14.89
INDIRECTOS, IMPUESTOS, UTILIDAD, ETC.	% 37.33 5.56
IMPORTE TOTAL.	20.45

REALIZO _____
 REVISO _____

APROBADO _____

ANALISIS DE PRECIO UNITARIO

55

LOC Cancún, Q. Roo
 FECHA Marzo/ 84 CONCEPTO N° _____
 UNIDAD M³-Hm HOJA N° _____ DE _____

ESPECIFICACIONES:

MATERIAL:					COSTO	
CODIGO	DESCRIPCION	UNID.	CANTIDAD	DESCRIP.	UNITARIO	TOTAL
TOTAL MATERIALES						

MANO DE OBRA:				COSTO	
CODIGO	DESCRIPCION.	COSTO CUADRILLA	REND.	TOTAL	
TOTAL MANO DE OBRA					

HERRAMIENTA Y EQUIPO:			COSTO M.O.	COSTO	
CODIGO	DESCRIPCION	COSTO HRIO.	REND.	TOTAL	
	Motoescropa	5,884.03			
	Distancia 200. mts.				
	Tiempo de recorrido .2.9 min. = 0.048 hr.				
	$0.048 \times 5,884.03 = 35.30$				
	8 m ³				
TOTAL HERRAMIENTA Y EQUIPO					35.30

COSTO DIRETO.		35.30
INDIRECTOS, IMPUESTOS, UTILIDAD, ETC.	737.33	13.18
IMPORTE TOTAL.		48.48

REALIZO _____
 REVISO _____

APROBADO _____

IV.- CONTROL DE CALIDAD

IV.1 ESPECIFICACIONES

a.) Especificaciones para la construcción de pavimentos:

Se presentan a continuación especificaciones generales para la construcción de pistas, calles de rodaje y plataforma en Aeropuertos.

Variables de Carga.

Se refieren a los efectos producidos por el tránsito al circular los aviones por una aeropista.

En una aeropista, cuando el vehículo está en la plataforma, el pavimento está sujeto al peso del avión. En el momento de encendido de los motores, debido a las vibraciones, se producen unas cargas dinámicas que se suman a las estáticas (el peso), incrementando sus efectos en el pavimento.

El diseño de pavimentos, se realizará considerando el peso total del avión, que es el que nos proporciona las condiciones más desfavorables.

Por lo anterior tendremos que:

1.- En las plataformas, calles de rodaje y cabeceras, las cargas son de mayor magnitud, afectando en mayor escala el pavimento y por tanto el tipo y espesor del mismo.

2.- En las pistas de despegue y aterrizaje, como actúan los efectos aerodinámicos y de sustentación, el efecto es menor siendo los espesores menores a los obtenidos para los elementos señalados en (1).

La presión de inflado es una variable que afecta tanto a los esfuerzos como a las deformaciones del pavimento, debido a que cuando se tienen presiones altas (en el caso de aeropistas hasta de 200 lb/in² para aviones grandes), el área de contacto sobre la superficie es menor y por lo tanto la carga producida se concentra más sobre un punto determinado, ocasionando ésto un incremento en los esfuerzos inducidos en el pavimento.

Cuando la presión de inflado es baja, el área de contacto aumenta, distribuyéndose mejor la carga y por tanto disminuyendo los esfuerzos inducidos en el pavimento.

Es importante tomar en cuenta la vida útil o años de servicio que se le destinen al pavimento debido a que el tránsito, es función del desarrollo económico y social de un determinado lugar.

Por lo tanto se debe contar con un estudio de planeación de la zona o por donde se proyecta construir un camino o del movimiento que tendrá un Aeropuerto en un futuro determinado.

El criterio adoptado por la Secretaría de Obras Públicas para la elección del tipo de pavimento para aeropistas es el siguiente:

<u>Tipo de Aeronave</u>	<u>Tipo de Pavimento</u>
Corto alcance	Flexible
Mediano alcance	Mixto
Largo alcance	Rígido

Especificaciones de la OACI para pistas y calles de rodaje según el tipo de aeronave:

LONGITUD DE PISTA BASICA

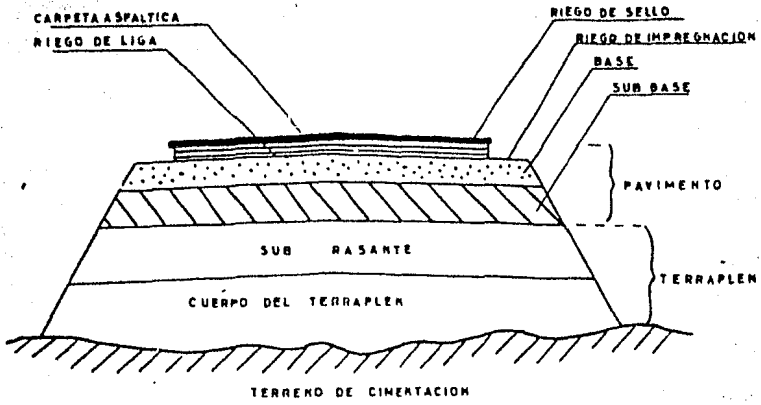
Aeropuerto tipo	L.P.B.
A	L 2100 Mts.
B	1500 L 2100 Mts.
C	1500 L 900 Mts.
D	750 L 900 Mts.
E	600 L 750 Mts.

ANCHO DE LAS PISTAS

AEROPUERTO TIPO	ANCHO	PEND. LONG. (MAX.)
A - B	45 a 60 Mts.	1 ‰
C	30 Mts.	1 ‰
D	23 Mts.	2 ‰
E	18 Mts.	2 ‰

ANCHO DE LAS CALLES DE RODAJE

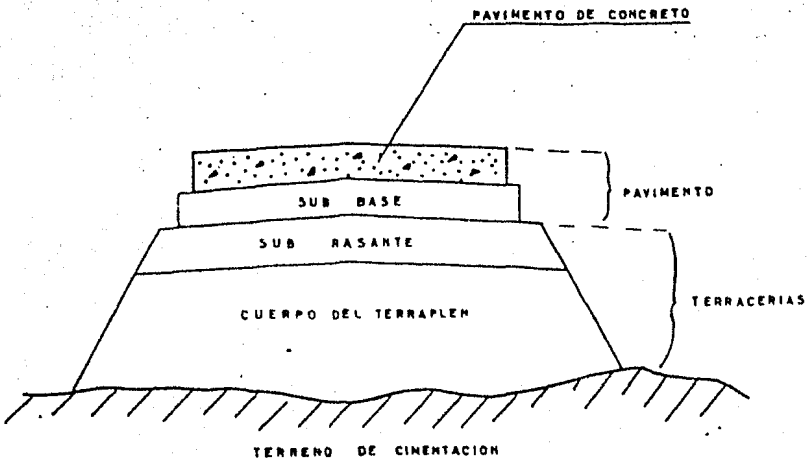
AEROPUERTO TIPO	ANCHO	PEND. LONG. (MAX.)
A - B	23 Mts.	1.5 ‰
C	15 Mts.	3.0 ‰
D	10 Mts.	3.0 ‰
E	7.5 Mts.	3.0 ‰



Pavimento flexible

SECCION ESTRUCTURAL

Pavimento rigido



b.- Especificaciones sobre secciones estructurales del Aeropuerto de Cancún.

La superficie en que se desplantarán los terraplenes bajo el pavimento, se compactarán al 90 % en un espesor de 15 cm.; en el caso de cortes bajo el pavimento, la superficie descubierta se compactará al 95 % en un espesor de 15 cm.

En el terreno de cimentación en que se apoyarán las terracerías y la estructura de los pavimentos, se harán las excavaciones y demoliciones del techo de las mismas. El producto de la excavación y demolición de los techos, completado con material de calidad señalada para el cuerpo de los terraplenes, se utilizaron para efectuar el relleno por capas de las cavernas u oquedades hasta el nivel de desplante de las terracerías.

Para la capa subrasante se utilizará material con tamaño máximo de 76 mm. (3") seleccionado de los cortes y del estrato I del banco N° 2; esta capa bajo los pavimentos se construirá con un espesor de 30 cms. compactos. En los acotamientos tendrá un espesor de 42 cms. indicados en los planos de proyecto.

En la capa subrasante, en todos los casos se exigirá una compactación máxima del 100 %.

Los terraplenes de la faja de seguridad de la pista se construirán del mismo material señalado para el cuerpo de los mismos.

Pavimentos.

El pavimento será del tipo rígido en la plataforma de operaciones y calles de rodaje y quedará estructurado por

una sub-base de 20 cms. de espesor compacto y una losa de concreto hidráulico de 30 cms. de espesor. Este pavimento se cimentará en una capa subrasante de 30 cms. compactos.

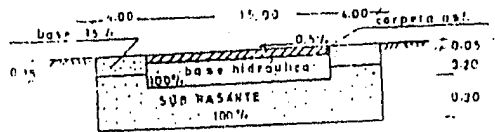
En la pista 12-30 el pavimento será del tipo flexible, estructurado con una base de 30 cms. de espesor compacto y una carpeta de concreto asfáltico de 7 cms. de espesor compacto.

La plataforma para avionetas y su tramo de liga con la plataforma de operaciones se construirán de pavimento flexible, aumentando en una capa subrasante de 30 cms. y constituidos por una capa de 20 cms de espesor compacto y una carpeta de concreto asfáltico de 5 cms. de espesor compacto.

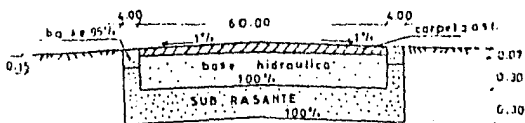
En el camino de acceso y estacionamiento para vehículos, el pavimento flexible quedará aumentado con una capa subrasante de 30 cms. de espesor compactos y estará formado por una base de 15 cms. de espesor compactos y una carpeta de concreto asfáltico de 5 cms. de espesor compacto.

En el camino perimetral que con un ancho de 4 m. sigue todo el lindero del aeropuerto por su parte interna, primeramente se piensa construir sobre las terracerías compactadas al 95 %, con una base de 15 cms. de espesor compacto, a la que una vez superficialmente seca y barrida se le aplicará un riego de impregnación con asfalto FM-1 en proporción de 1.3 litros por M².

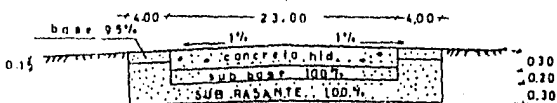
Finalmente se eliminará la base, habiéndose hecho el riego sobre las terracerías compactadas al 95 %.



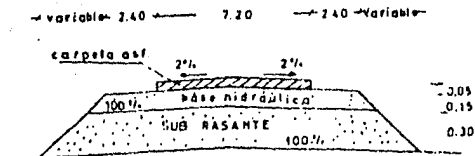
ACCESO ENTRE PLATAFORMAS



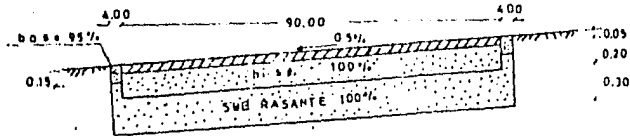
PISTA 12-30



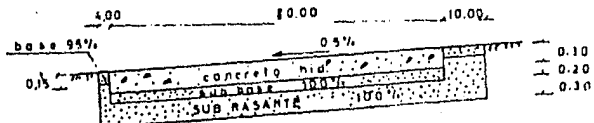
CALLES DE RODAJE



CAMINO DE ACCESO Y LIGA VIAL



PLATAFORMA PARA AVIONETAS



PLATAFORMA DE OPERACIONES

Sub-base.

La sub-base en la plataforma de operaciones y calles de rodaje, se construirá con material seleccionado de cortes y del estrato I del banco No. 1, que se triturará y cribará a tamaño máximo de 38 mm. (1 1/2"), que se tenderá y compactará al 100 % de su peso volumétrico seco máximo.

Base.

La base en la pista, plataforma para avionetas, acceso entre plataformas y camino perimetral, se construirá con material triturado y cribado a tamaño máximo de 38 mm. (1 1/2") seleccionado de cortes y del estrato I del los bancos No. 1 y 3 que se tenderá y compactará hasta alcanzar 100 % de su peso volumétrico seco máximo.

Losa de concreto hidráulico.

Las losas de concreto hidráulico con módulo de resistencia a la tensión por flexión de 40 Kg./ cm² a los 28 días , para la plataforma de operaciones y calles de rodaje, se construirán con agregado grueso de tamaño máximo de 51 mm. (2") y agregado fino que se obtendrá por trituración y cribado del material de pepena y del material seleccionado del banco No 1. La superficie de las losas se curará con una membrana que impedirá la evaporación del agua del concreto.

Carpetas de concreto asfáltico.

Las carpetas de concreto asfáltico elaborado por el sistema de mezcla en planta, en caliente, se construirán con material pétreo de tamaño máximo de 19 mm. (3/4") y cemento asfáltico No. 6 en proporción aproximada de

100 Kg/ m³ de material seco suelto. La mezcla asfáltica se tenderá y compactará hasta alcanzar el 95 % del peso volumétrico máximo obtenido mediante la prueba Marshall de proyecto.

Base tratada con riegos de asfalto.

En los acotamientos señalados en el proyecto, sobre la subrasante se construirá una capa base de 15 cms. de espesor compacto, la que se tenderá y compactará hasta alcanzar como mínimo el 95 % de su peso volumétrico máximo. Después se le darán dos riegos sucesivos de asfalto FM-1 a razón de un litro/m² en cada riego, dejándose transcurrir el tiempo suficiente entre riego y riego hasta permitir la volatización total de los solventes. Para la base en acotamientos se empleará material triturado y cribado a tamaño máximo de 38 mm. (1 1/2") seleccionado del estrato I del banco No. 1.

Riegos de productos asfálticos.

Además de los productos asfálticos ya señalados, sobre las terracerfas del camino perimetral y para la base en los acotamientos se deberán considerar los siguientes puntos:

Riegos de impregnación: Superficialmente seca y barrida de la sub-base de apoyo en las losas de concreto hidráulico, así como las bases de los pavimentos flexibles, se les aplicará un riego de impregnación con asfalto FM-1 a razón de 1.2 lts. por m².

Riego de liga: En todos los casos en que se construyan pavimentos flexibles, previamente al tendido de la carpeta de concreto asfáltico, se le aplicará a la superficie que la reciba un riego de liga con asfalto FR-3 en proporción

de 0.5 de litro por m².

IV. 2 PRUEBAS DE CAMPO

A continuación se presentan algunas pruebas que se efectúan para el control de campo de los diferentes elementos que constituyen un pavimento.

a.- Granulometría:

Esta prueba se aplica en materiales para la sub-base, base y en agregados pétreos para carpetas.

El análisis granulométrico de un material, consiste en clasificar por tamaños las partículas que lo componen y la proporción en que se presentan.

Según la composición del material, la granulometría puede determinar mediante la aplicación del procedimiento de cribado, el de sedimentación o ambos. En el caso de los materiales para pavimentos sólo se aplica el primero; dicho procedimiento consiste en separar las partículas pasándolas a través de mallas que tienen una abertura cuadrada, se pasa el material retenido en cada malla y se determina el tamaño máximo del mismo; con este método se clasifican partículas hasta de un tamaño mínimo de 0.074 mm., que corresponde a la abertura de la malla # 200.

b.- Determinación de la humedad:

La humedad de un material se define como la relación del peso del agua contenida entre el peso de los sólidos, expresada en %

$$W = \frac{W_w}{W_s} \times 100$$

La prueba consiste en pesar una pequeña muestra de material, someterla a un proceso de secado, volverla a pesar y por diferencia, establecer la cantidad de agua que contenía dicha muestra.

En el caso de los materiales pétreos para carpetas, es importante, ya que un exceso de humedad en éstos, dificulta o impide la adherencia con el asfalto.

c.- Absorción

Esta prueba se efectúa en los materiales que se emplean en la construcción de la base, sub-bases y en agregados pétreos para carpetas asfálticas.

Se realiza sobre partículas retenidas en la malla de 3/8", determinándose la cantidad de agua que absorben después de haber estado sometidas a un proceso de saturación durante 24 hrs., a una temperatura de 15° a 23°C.

La densidad relativa aparente del material retenido en la malla de 3/8" y su % de absorción proporcionan en forma general indicios de la calidad del mismo; en efecto, a densidad alta y % de absorción baja corresponden materiales compactos y resistentes, salvo que presenten superficies de debilitamiento. Existen sin embargo, materiales porosos de baja densidad y alta absorción, pero de resistencia satisfactoria que se identifican fácilmente por la existencia de cavernas visibles.

d.- Peso específico relativo o densidad aparente.

Se define como la relación guardada entre la densidad-

absoluta de las partículas que constituyen un material y la densidad del agua destilada a 4°C.

En el caso de los materiales pétreos para pavimentos se obtiene el P.E.R. de las partículas mayores de 3/8".

e.- Valor cementante.

El valor cementante V.C. está dado por la resistencia a la compresión sin confinar de un espécimen de forma cúbica de 76 mm. por lado, compactado y secado en horno.

Esta prueba se aplica a los materiales que se emplean en la construcción de bases, sub-bases, siendo fundamental para juzgar su calidad y constructibilidad.

f.- Compactación.

Se entiende por compactación el incremento artificial del peso de un material.

Para materiales de base, sub-base, la prueba que se aplica, es la ideada por Porter, para suelos con partículas de 25.4 mm. de tamaño máximo; la compactación del material se logra mediante la aplicación de una carga estática que produce una presión de 140.60 Kg/cm^2 , reproduciendo en cierta forma, la acción de un rodillo liso o neumático.

No siempre se especifica que un material se compacte hasta alcanzar su máximo peso volumétrico determinado en el laboratorio, por lo que se emplea el concepto de "grado

de compactación", tanto para indicar la compactación que se especifica en el proyecto, como la lograda en el campo.

$$G_c = \frac{d}{d_{\text{máx}}} \times 100$$

G_c = Grado de compactación, en %.

d = Peso volumétrico seco del material.

$d_{\text{máx}}$ = Peso volumétrico seco máximo determinado en el laboratorio.

g.- Prueba Standard de valor relativo de soporte.

Es aplicable en materiales que van a emplearse en la construcción de bases y sub-bases para juzgar la calidad en cuanto a capacidad de soporte. Consiste en medir la resistencia del material a la penetración, cuando previamente se la ha sometido a un proceso de compactación y a un período de saturación.

El valor relativo de soporte se expresa como un % y se obtiene dividiendo la carga registrada para la deflexión de 0.254" entre la Standard de 1360 kgs. obtenida para material ideal.

Para anticipar el comportamiento de los materiales empleados en los pavimentos, se desarrollo esta prueba, considerándose al 100 % de V.R.S., el promedio de los valores obtenidos en pruebas realizadas sobre un gran número de materiales triturados, considerados como típicos representativos del material base.

Es una prueba de penetración en la cual un pistón standard, con sección transversal de 3", penetra en el suela a una velocidad standard de 0.05 pulg. por minuto; se registra la carga correspondiente a cada 1/10 de pulg. de penetración, hasta alcanzar 0.05 pulg. Los valores standard se obtuvieron probando material de piedra triturada de alta velocidad y son los siguientes:

0.1 pulg. de penetración	1000 p.s.i.
0.2 pulg. de penetración	1500 p.s.i.
0.3 pulg. de penetración	1900 p.s.i.
0.4 pulg. de penetración	2300 p.s.i.
0.5 pulg. de penetración	2600 p.s.i.

Generalmente para diseño, se toma el valor correspondiente a 0.01 pulg. de penetración.

h.- Prueba de desgaste

Esta prueba se realiza unicamente en materiales pétreos que van a ser utilizados en la elaboración de la carpeta; tiene por objeto conocer la calidad de los mismos, detectando grados de alteración, planos de debilitamiento o cristalización, que pueden propiciar la desintegración de las partículas pétreas, o bién formas inadecuadas de éstas que permitan una fuerte abrasión.

i.- Prueba de placa.

En esta prueba se utilizan un juego de placas de diferentes diámetros . La carga es proporcionada por una viga de acero; colocadas las placas en forma provisional, con el objeto de reducir el pando, la carga es transmitida

por medio de gatos hidráulicos sobre la placa de menor diámetro. La deformación es medida por medio de extensómetros, que en números de tres son colocados generalmente cercanos al borde de la placa mayor. Es fundamental que el soporte de los extensómetros esté situado lo más distante posible del área cargada, como mínimo 15 pies.

Módulo de reacción de la subrasante.- Se utilizan generalmente placas de 30, 24, 18 y 12 pulgadas de diámetro. La subrasante con su contenido natural de humedad, se somete a presiones conocidas mediante un sistema de aplicación de la carga, a una velocidad escogida de antemano.

El módulo K se calcula de la siguiente manera:

$$K = \frac{P}{d}$$

P = Carga unitaria sobre la placa en p.s.i.

d = Deformación de la cuña en pulgadas.

La prueba de placa sirve para valorar el medio de elasticidad de la capa subrasante y de la capa base.

La prueba C.B.R. y la prueba de placa son para pavimentos flexibles.

j.- Módulo de ruptura.

Los esfuerzos permisibles en pavimentos rígidos se determina por medio de prueba de ruptura de vigas, tomándose el módulo de ruptura como esfuerzo en la fibra más extrema, que corresponde a la carga de ruptura.

Su valor se determina por la siguiente ecuación:

$$S = \frac{Mc}{I}$$

k.- Proporcionamiento.

Se efectuaron en el concreto hidráulico que se colocará en la plataforma y calles de rodaje.

- a.- Un proporcionamiento para concreto hidráulico, con tensión por flexión de 40 kg/cm². utilizando cemento tipo I, agua potable del lugar, aditivos Fester y Festerlith 1300-R y agregados inertes triturados obtenidos de roca caliza procedente del banco No. 1.
- b.- Seis viguetas tomadas de la misma mezcla de prueba, de las cuales tres se probaron a los 7 días y las otras tres a los 28 días. Para conocer su resistencia a la flexión.
- c.- Seis cilindros standar tomados de la mezcla de prueba del proporcionamiento antes citado. Los tres primeros se probaron a la compresión axial a 7 días, y los otros tres a los 28 días.
- d.- Pruebas en agregados inertes que se estudiaron para conocer sus características físicas y encontrar la más adecuada para emplearla en el proporcionamiento.

V.- CONTROL DE TIEMPO

a.- Programas de obra.

Es imprescindible en todo proceso constructivo, elaborar programas con las diferentes actividades que lo constituyen, con el objeto de controlar el avance de las obras, tanto lo físico como en el aspecto económico.

Existen técnicas especiales para elaborarlos, la que aquí se incluye es el proceso de Ruta Crítica basado en el método Pert. (Program Evaluation Reporting Technique.)

Definición de Ruta Crítica.

Ruta Crítica: ES un sistema de programación y control que permite conocer las actividades que definen la duración de un proceso productivo.

Cualquier proceso productivo consta de tres fases:

Planeación: ES el enunciado de las actividades que constituyen el proceso y el orden en que deben efectuarse.

Programación: Es la elaboración de tablas o gráficas que indiquen los tiempos de terminación y por consiguiente de duración de cada una de las actividades que forman el proceso, y en forma independiente.

Control: Se realiza mediante la elaboración de tablas o gráficas que permiten conocer las consecuencias de su atraso o de un adelanto, en cualquier actividad de un proceso productivo.

b.- Método Pert de Ruta Crítica.

El método Pert para Ruta Crítica considera tres duraciones de la siguiente manera:

Conociendo la duración esperada de c/ actividad, que solo se puede determinar por medio de la experiencia que se adquiere durante la ejecución de los diferentes procesos constructivos, se determinan dos duraciones, una menor y otra mayor que la esperada.

De esta manera, la duración de cada actividad se calcula con la siguiente expresión:

$$T_{pr} = \frac{T_o + 4 T_m + T_p}{6}$$

En donde:

T_{pr} = Tiempo probable

T_o = Tiempo optimista

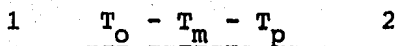
T_m = Tiempo esperado

T_p = Tiempo pesimista

La desviación estándar: Esto es, la cantidad que mide como se dispersan los datos respecto de la media, se obtiene por medio de la expresión:

$$St = \frac{T_p - T_o}{6}$$

En el diagrama representativo, las flechas indican una actividad y los círculos un evento, así, podrá representarse una actividad de la siguiente manera:



Con las actividades proporcionadas por la Secretaría y sus duraciones, se elaboró un diagrama de flechas y con éste el diagrama de barras o diagrama de Gant.

De la misma manera, con base en el método de Pert simplificado, que permite conocer la holgura de cada actividad directamente, se presenta la tabla de holguras correspondiente.

El diagrama de flechas tiene como objetivo principal determinar aquellas actividades que no podrán retrasar su ejecución, ya que de lo contrario se retrasaría la obra; permite también conocer la holgura de las actividades que no son críticas, esto es, el tiempo que puede retrasarse sin ocasionar retrasos en el resto de la obra.

El diagrama de Gant, presenta las actividades por medio de barras, su duración y el importe correspondiente de cada una de ellas.

Lista de actividades:

Actividad

- | | |
|-----|--|
| 1-3 | Convocatoria para la construcción de terracerías, pavimentos, edificios, zona de combustibles, ayudas visuales, señalamiento y cercas. |
| 1-4 | Proyecto de edificios. |

- 1-5 Proyecto de zona de combustibles.
- 1-7 Proyecto de ayudas visuales.
- 2-6 Desmonte.
- 3-6 Licencia para la construcción de terracerías y pavimentos.
- 3-11 Licencia para la construcción del cercado.
- 3-33 Licencia para el señalamiento.
- 4-23 Licencia para la construcción de edificios.
- 5-12 Licencia para la construcción de la zona de combustibles.
- 6-8 Camino de trabajo.
- 7-34 Licencia para ayudas visuales.
- 8-9 Despalme.
- 9-10 Terracería de la pista.
- 10-14 Terracerías de la plataforma.
- 10-15 Base hidráulica de la pista.
- 10-24 75 % de las terracerías de las franjas de seguridad
- 11-38 Construcción del cercado.
- 12-31 Terracerías y pavimentos de la zona de combustibles.

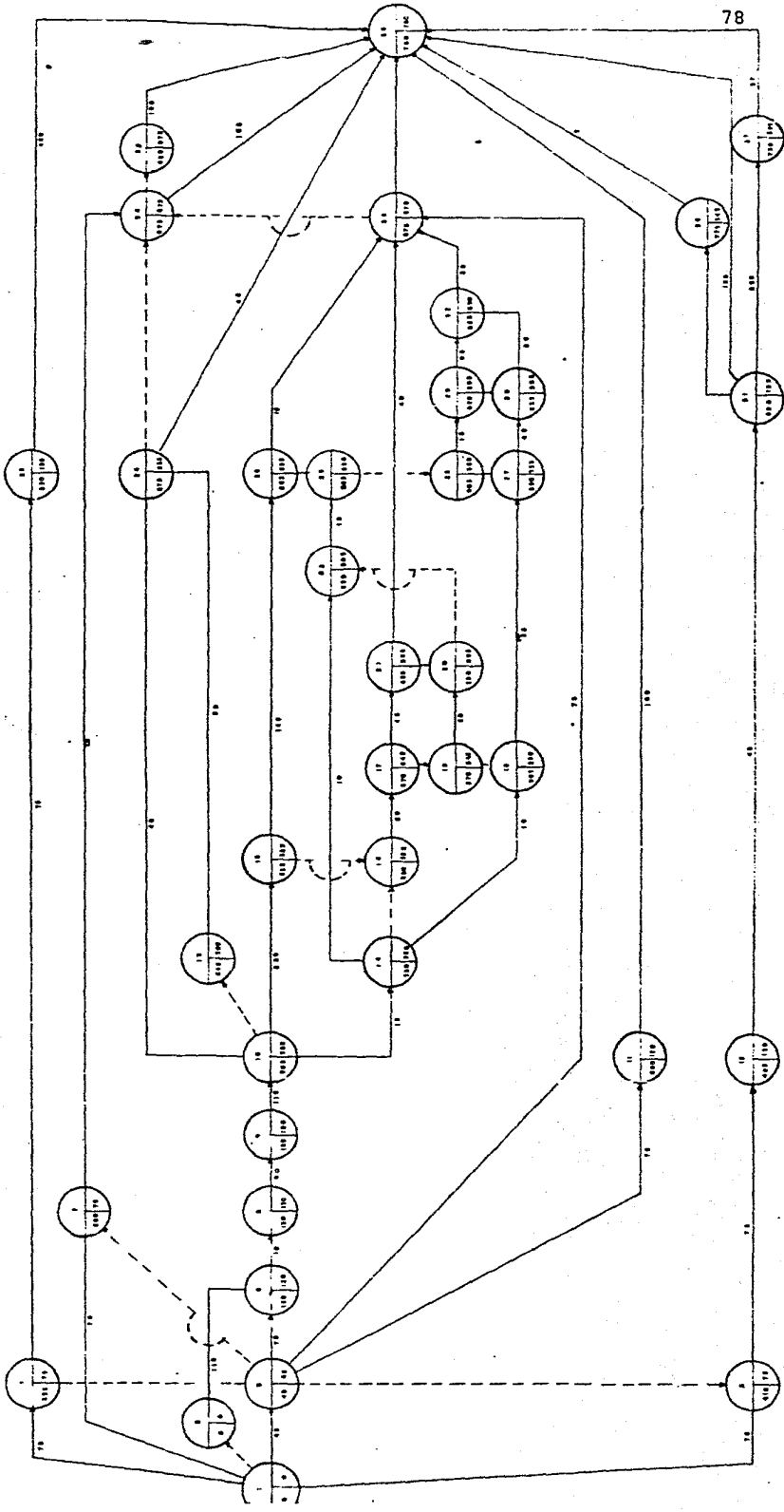
- 13-24 Drenaje.
- 14-18 Terracerfías de la calle de rodaje.
- 14-22 Terracerfías de la plataforma para avionetas.
- 15-26 Carpeta asfáltica de la pista.
- 16-17 Base hidráulica de la plataforma.
- 17-21 Concreto hidráulica de la plataforma.
- 18-27 Terracerfías del camino de acceso y estacionamiento.
- 19-20 Base hidráulica de las calles de rodaje.
- 21-33 Concreto hidráulico de las calles de rodaje.
- 22-25 Base hidráulica de la plataforma para avionetas.
- 23-38 Construcción de edificios.
- 24-38 100 % de las terracerfías de las franjas de seguridad.
- 26-33 Carpeta asfáltica de la plataforma para avionetas.
- 27-30 Sub-base del camino de acceso.
- 28-29 Base hidráulica del estacionamiento.
- 29-32 Guarniciones y banquetas del estacionamiento.

- 30-32 Base hidráulica del camino de acceso.
- 31-36 Instalación eléctrica de la zona de combustible.
- 31-37 Instalaciones mecánicas de la zona de combustibles.
- 31-38 Obra civil de la zona de combustibles.
- 32-33 Carpeta asfáltica del camino de acceso y del estacionamiento.
- 33-38 Señalamiento.
- 34-38 Ayudas electrónicas.
- 35-38 Luces de la pista.
- 36-38 Prueba de las instalaciones eléctricas de la zona de combustibles.
- 37-38 Protección y limpieza de las instalaciones mecánicas de la zona de combustibles.

La duración total de la construcción del Aeropuerto, será de 26 meses incluyendo domingos y días festivos.

El diagrama de barras con la ruta Crítica, se presenta a continuación.

Se presenta también el diagrama de barras, con el importe de cada una de las actividades, y la tabla de holguras calculada a partir del diagrama de flechas.



ACTIVIDAD	DURACION	INICIACION		TERMINACION		HOLGURA	HOLGURA LIBRE
		PROX.	REM.	PROX.	REM.	TOTAL	
1-2	0	0	0	0	5	5	0
1-3	45	0	0	45	45	0	0
1-4	75	0	0	75	255	180	0
1-5	75	0	0	75	410	335	0
1-7	75	0	0	75	600	525	0
2-6	115	0	5	120	120	5	5
3-4	0	45	45	75	255	-	-
3-5	0	45	45	75	410	-	-
3-6	75	45	45	120	120	0	0
3-7	0	45	45	75	600	-	-
3-11	75	45	45	120	680	560	0
3-33	75	45	45	675	675	0	555
4-23	75	75	255	150	330	180	0
5-12	75	75	410	150	485	335	0
6-8	10	120	120	130	130	0	0
7-34	75	75	600	675	675	525	525
8-9	60	130	130	190	190	0	0
9-10	115	190	190	305	305	0	0
10-13	0	305	305	305	645	-	-
10-14	15	305	305	320	550	230	0
10-15	220	305	305	525	525	0	0
10-24	40	305	305	345	675	330	0
11-38	100	120	680	780	780	560	560
12-31	45	150	485	195	530	335	0
13-24	30	305	645	335	675	340	0
14-16	0	320	550	525	550	-	-
14-18	10	320	550	330	565	235	0
14-22	10	320	550	330	560	230	0
15-16	0	525	525	525	550	-	-
15-26	140	525	525	665	665	0	0
16-17	20	525	550	545	570	25	0

ACTIVIDAD.	DURACION	INICIACION PROX. REM.	TERMINACION PROX. REM.	HOLGURA TOTAL	HOLGURA LIBRE
17-19	0	545 570	545 570	-	-
17-21	45	545 570	590 635	45	0
18-10	0	330 565	545 570	-	-
18-27	25	330 565	355 590	235	0
18-20	20	545 570	565 590	25	0
20-21	0	565 590	590 635	-	-
20-11	0	565 590	565 590	-	-
21-33	40	590 635	675 675	45	45
22-25	15	565 590	580 605	35	0
23-38	450	150 330	780 780	180	180
24-34	0	335 675	675 675	-	-
24-38	45	335 675	780 780	340	400
25-26	0	580 605	665 665	-	-
25-28	0	580 605	580 605	-	-
26-33	10	665 665	675 675	0	0
27-28	0	335 590	580 605	-	-
27-30	45	335 590	595 635	155	215
28-29	15	580 605	595 620	25	0
29-30	0	595 620	595 635	-	-
29-32	35	595 620	630 655	25	0
30-32	20	595 635	630 655	40	0
31-36	245	195 530	440 775	335	0
31-37	200	195 530	395 730	335	0
31-38	150	195 530	345 780	335	0
32-33	20	630 655	650 675	25	0
33-34	0	675 675	675 675	-	-
33-38	105	675 675	780 780	0	0
34-35	0	675 675	675 680	-	-
34-38	105	675 675	780 780	0	0
35-38	100	675 680	780 785	5	5
36-38	5	345 775	350 780	430	0
37-38	50	395 730	445 780	335	0

VI.- COMENTARIOS Y CONCLUSIONES.

El proyecto Cancún sirve como ejemplo para la realización de otros similares, por sus características de planeación.

La construcción de un Aeropuerto Internacional en Cancún se justifica plenamente, tanto por su localización geográfica que sirve de escala a líneas Aéreas del Norte, Centro y Sudamérica, por ser un punto estratégico de convergencia, como por la afluencia de turismo que concurre a dicha zona del Caribe.

El Aeropuerto de Cancún cuenta con uno de los más modernos equipos que sirven para un mejor control del tránsito aéreo, aproximaciones, despegues y distribución de pasajeros y equipo dentro del mismo.

No hay problemas de expansión, esto es, podrán ampliarse sus instalaciones, tanto como la demanda lo vaya requiriendo, de acuerdo con el Plan Maestro previamente elaborado. Este problema contrasta con el que padece actualmente el Aeropuerto Benito Juárez de la Ciudad de México.

La pista 12-30 tiene el ancho máximo especificado por la CACI, que es de 60 mts. y su longitud podrá incrementarse de 2600 m. a 3500 m.

VII.- BIBLIOGRAFIA

- Infratur Folleto ilustrativo del proyecto Cancún.
- Aeropuertos Apuntes del Ing. Federico Dovalf Ramos, con base en el anexo 14 y en el manual de aeródromos. 1974.
- Precios unitarios Costo y tiempo en Edificación. Ing. Carlos Suárez Salazar. Ed. Limusa. 1974
- Pruebas de campo Mecánica de suelos. E. Juárez B. y A. Rico.
Pruebas de laboratorio. Manual de la secretaría de Recursos Hidráulicos.
- Pavimentos Diseño de pavimentos. Yoder 1967.
Manual de pavimentos. Jesús Moncayo V. C.E.C.S.A. 1980.
- Ruta Crítica A Managment Guide to Pert./ CPM. Jerome D. West. 1969.
- Especificaciones S.O.P. Partes I, II, III, IV y IX