



25
72

Universidad Nacional Autónoma de México

FACULTAD DE INGENIERIA

PROYECTO Y CONSTRUCCION DE PAVIMENTO EN
EL AEROPUERTO DE VILLAHERMOSA TABASCO.

TESIS PROFESIONAL

Que para obtener el título de
INGENIERO CIVIL

presenta

CESAR ARTURO GUERRERO CARREÑO

1982



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

TESIS CON FALLA DE ORIGEN



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA

FACULTAD DE INGENIERIA
EXAMENES PROFESIONALES
60-1-34

Al Pasante señor CESAR ARTURO GUERRERO CARREÑO,
P r e s e n t e .

En atención a su solicitud relativa, me es grato transcribir a usted a continuación el tema que aprobado por esta Dirección propuso el Profesor Ing. Federico Dávalos, para que lo desarrolle como tesis en su Examen Profesional de Ingeniero CIVIL.

"PROYECTO Y CONSTRUCCION DE PAVIMENTOS EN EL
AEROPUERTO DE VILLAHERMOSA, TABASCO"

1. Antecedentes del aeropuerto
2. Características de proyecto de terracerfas y pavimentos
3. Análisis del proyecto
4. Determinación de procedimientos de construcción
5. Modificaciones bajo condiciones reales
6. Conclusiones

Ruego a usted se sirva tomar debida nota de que en cumplimiento de 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 Dirección General de Servicios Escolares en el sentido de que se imprima en lugar visible de los ejemplares de la tesis, el título del trabajo realizado.

Atentamente
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
Cd. Universitaria, 26 de enero de 1979
EL DIRECTOR


ING. JAVIER JIMENEZ ESQUIVEL

JJE/OBLH/ser

I N D I C E .

		PAGINA.
CAPITULO I. - ANTECEDENTES DEL AEROPUERTO.		
1.1.-	Localización actual.-	1
1.2.-	Estructuración de rutas.-	4
1.3.-	Equipo de vuelo.-	4
1.4.-	Estadísticas.-	5
1.4.1.-	Las estadísticas de movimiento comerciales y privadas.-	5
1.4.2.-	Operaciones comerciales y privadas.-	6
1.4.3.-	Carga.-	6
1.4.4.-	Compañías.-	7
1.4.5.-	Correo y Equipaje.-	8
1.5.-	Características actuales.-	8
1.5.1.-	Pistas, Calles de Rodaje y Plataformas.-	8
1.5.2.-	Paymentos.-	9
1.6.-	Pronósticos de Posiciones Simultáneas y Pasajeros horarios.-	13
1.6.1.-	Pronósticos de Pasajeros Anuales.-	13
1.6.2.-	Pronóstico de Operaciones Anuales.-	14
1.7.-	Posibilidades de Expansión o cambio de localización.-	21
1.7.1.-	Clasificación del Aeropuerto.-	21
1.7.2.-	Condiciones de Operación del Aeropuerto Actual.-	22

	PAGINA.
1.7.3.- Posibilidades de Ampliación del Aeropuerto actual.-	23
CAPITULO II.- CARACTERISTICAS DEL PROYECTO DE TERRACERIAS Y PAVIMENTOS.	
2.1.- Estudios de Mecánica de Suelos.-	29
2.2.- Estimación de cargas.-	41
2.3.- Determinación de Especificaciones.-	56
CAPITULO III.- ANALISIS DEL PROYECTO.	
3.1.- Evaluación de Especificaciones.-	80
3.2.- Análisis de banco de préstamo y uso de materiales.-	98
3.3.- Evaluación del equipo necesario.-	108
CAPITULO IV.- DETERMINACION DE PROCEDIMIENTOS DE CONSTRUCCION.	
4.1.- Fijación de Procedimientos.-	116
4.2.- Programa de Obra.-	130
CAPITULO V.- MODIFICACIONES BAJO CONDICIONES REALES.	
CAPITULO VI.- CONCLUSIONES .-	187

1. - ANTECEDENTES DEL AEROPUERTO.

532,871 habitantes para 1960 y ascendió a 724,926 en 1970; - la población económicamente activa registró 202,241 perso- - nas, de las cuales el 60% estaban dedicadas a las activida-- des primarias, el 19% a la industria y el 21% a los servi- - cios.

Entre las obras de infraestructura que destacan dentro_ de la zona de influencia del Aeropuerto de Villahermosa, pue- den señalarse las carreteras: Acayucan-Villahermosa en su -- tramo Pejelagarto-Villahermosa y Villahermosa-Pueblo Nuevo-- Solistahuacán.

En lo referente a electrificación, la Comisión Federal_ de Electricidad cuenta con tres plantas generadoras en la zo_ na de influencia del Aeropuerto, todas ellas pertenecientes_ al sistema del Sureste. Estas son una central diesel con ca- pacidad de 7,216 kw, una segunda de turbojgas y una tercera - termoeléctrica con capacidad conjunta para la generación de_ 12056 kw.

Por lo que respecta a vías férreas, existe una vía de - los Ferrocarriles Unidos del Sureste, que pasa aproximadamen_ te a 50 km de Villahermosa.

Según datos del censo agropecuario de 1960, la superfi- cie total cosechada ascendió a 204,634 has., de las cuales - 106,903 se dedicaron a los siguientes productos: arroz, camo_ te, caña de azúcar, frijol, maíz, piña, etc.; el resto, es - decir 97,731 has, fueron ocupadas por frutales, siendo las - principales especies de cacao, café, naranjo, palma y pláta- no. De igual manera para 1960 el valor total de la producción

en los Municipios beneficiados por el Aeropuerto, ascendía a 392,1 millones de pesos, de los cuales 280,7 millones correspondieron a la producción agrícola, 108,3 millones a la ganadería y 3.1 millones a la silvicultura.

En relación a las actividades industriales, estas se verán impulsadas con la próxima construcción de la Ciudad Industrial de Villahermosa, Tab., que actualmente desarrolla una producción bruta total de 122 millones de pesos anuales, considerando únicamente Villahermosa según el censo industrial de 1965, el número de establecimientos llegó a 317, el capital invertido fue del orden de los 172.6 millones de pesos, siendo la producción bruta total de 122.0 millones de pesos.

El complejo petrolero de la zona de Ciudad Pemex y el gran potencial de Reforma y la Venta, está integrado por más de veinte pozos de explotación y las plantas de absorción y bombeo de gas natural. En este aspecto, simplemente el gas procedente del Estado de Tabasco abastece al Distrito Federal y a la zona del Bajío, a partir de la refinera de Salamanca. Del total de pozos en producción en 1966, los que se encuentran en el Municipio de Huimanguillo, ubicados en la zona de influencia del Aeropuerto, proporcionaron el 80% de petróleo crudo extraído en la entidad.

En el Municipio de Cárdenas, respecto a la Industria Chocolatera, funciona la Compañía Industrializadora de Cacao del estado de Tabasco. Esta empresa, cuyas instalaciones están a la altura de las mejores del mundo, se instaló recién

temente a fin de industrializar los excedentes de cacao en la entidad y en esa forma lograr un mejor precio para el grano.

En materia de turismo, cabe afirmar, basándose en las cifras del Departamento de Turismo, que durante la década de los sesentas, se registraron un poco más de 50,000 turistas nacionales como promedio anual.

1.2.- Estructuración de Rutas.

Para llevar a cabo una estructuración de rutas, se toma en cuenta la importancia del lugar, en el cual se va a hacer el Aeropuerto, además la zona de influencia que va a ser beneficiada por dicho Aeropuerto.

Para cada Aeropuerto, la estructuración de rutas es de acuerdo a las concesiones que se les otorga a cada Compañía. Para el caso del Aeropuerto de Villahermosa, Tab., existen tres rutas de Aeronaves de México, S. A., que incluyen a Villahermosa:

- México-Villahermosa-Mérida y regreso, diario.
- México-Villahermosa-Tuxtla Gutiérrez-Tapachula y regreso, diario.
- Cozumel-Mérida-Villahermosa-Oaxaca-Acapulco-México y regreso, martes, jueves, sábados y domingos.

Y una de Mexicana de Aviación, S. A.

- México-Villahermosa (un día a la semana el vuelo incluye a las ciudades de Veracruz y Minatitlán).

1.3.- Equipo de vuelo.

Las líneas que operan en el Aeropuerto de Villahermosa, son: Aeroméxico que emplea el equipo DC-9-30 y Mexicana de Aviación, que cuenta con el equipo B-727-100, aunque para 1982 operará ésta última con equipo B-727-200.

1.4.- Estadísticas.

1.4.1.- Las estadísticas de movimiento comerciales y privadas son:

PASAJEROS COMERCIAL.

AÑO.	NACIONAL.	TRANSITO.	TOTAL.	PRIVADOS.
1967	40,905	19,098	60,003	18,117
1968	50,157	21,538	71,695	6,883
1969	40,936	392	41,328	6,656
1970	33,937	739	34,676	5,933
1971	32,989	7	32,996	7,944
1972	44,489	- -	44,489	8,085
1973	63,054	13,120	76,174	9,090
1974	122,681	37,251	159,932	9,781
1975	176,094	81,737	257,831	12,216
1976	211,866	95,527	307,393	19,834
1977	232,698	87,574	320,272	10,519

1.4.2.- Operaciones comerciales y privadas.

OPERACIONES.

AÑO.	COMERCIALES.	PRIVADAS.
1967	8,157	17,059
1968	15,485	5,756
1969	10,347	4,990
1970	9,979	5,061
1971	8,832	4,897
1972	8,569	5,187
1973	7,623	5,040
1974	6,885	5,224
1975	5,949	5,524
1976	8,554	5,861
1977	8,014	6,137

1.4.3.- Carga.

CARGA.

AÑO.	CARGA.
1967	1'013,517
1968	329,073
1969	595,453
1970	532,581
1971	600,317
1972	613,254
1973	761,309
1974	1'202,803
1975	1'884,639
1976	1'904,828
1977	2'404,066

1.4.4.- Compañías.

COMPAÑIAS.		
AÑO.	AEROMEXICO. Pasajeros.	MEXICANA. Pasajeros.
1964	- - -	15,261
1965	- - -	16,663
1966	- - -	16,547
1967	- - -	17,978
1968	- - -	18,964
1969	- - -	21,555
1970	8,870	23,064
1971	26,996	29,944
1972	35,534	31,563
1973	42,829	38,001
1974	81,303	38,319
1975	125,461	43,461
1976	149,128	- - -
1977	- - -	- - -

1.4.5.- Correo y Equipaje.

AÑO.	CORREO.	EQUIPAJE.
1967	80,035	534,606
1968	33,349	329,357
1969	44,333	349,882
1970	25,316	240,427
1971	24,741	295,538
1972	19,490	307,576
1973	17,200	432,727
1974	66,067	1'534,053
1975	48,493	- - -
1976	30,403	- - -
1977	30,429	- - -

1.5.- Características actuales.

1.5.1.- Pistas, Calles de Rodaje y Plataformas.

La pista tiene actualmente 1,780 m de longitud y dos ca-
beceras con las denominaciones 02-20.

Las calles de rodaje son dos y tienen una longitud de -
100 m, aproximadamente, éstas quedan comprendidas en la cla-
sificación del ángulo recto.

La plataforma tiene dimensiones de 100 m de longitud --
por 90 m de ancho, lo que da un área de 9,000 m² que es un -
área pequeña para las necesidades actuales.

Básicamente las características que actualmente se apre-
cian son los siguientes tipos:

- a).- Grietas reticulares del tipo "tela de gallinero" o
grietas longitudinales, paralelas a la dirección -
del tránsito, agrupadas en conjuntos cuyo espacia-

miento de las grietas entre sí es del orden de unos 15 cm. Todas estas grietas ocurren en forma preponderante a lo ancho de las fajas en donde se localiza el rodamiento de las aeronaves.

b).- Areas locales, de dimensiones relativamente reducidas, donde el pavimento muestra depresiones que puedan deberse a deficiencias o irregularidades durante la construcción, o bien a deformaciones producidas por la acción de las cargas. En algunos casos es evidente que estas depresiones son atribuibles a diferentes compactaciones en una o varias de las capas que constituyen el pavimento, como ocurre en la vecindad de la intersección de los rodajes con la pista o la plataforma.

1.5.2.- Pavimentos.

La Secretaría de Asentamientos Humanos y Obras Públicas a través de la Dirección General de Aeropuertos, encomendó a GEOSOL, S. A., la realización de un estudio sobre el comportamiento del pavimento de la pista y calles de rodaje del Aeropuerto de Villahermosa, Tab., ante la perspectiva de ya haberse introducido la operación de aeronaves de tipo Boeing 727.

El principal objetivo del estudio fue evaluar la capacidad estructural del pavimento, con base en medición de deflecciones con Viga Benkelman, complementados con un limitado número de ensayos de laboratorio en muestras obtenidas del pavimento y las terracerías.

Estudios Efectuados y presentación de Resultados.

Para determinar las características del pavimento, se llevan a cabo las siguientes investigaciones:

Evaluación del pavimento. Siendo desde el punto de vista de su capacidad para soportar las cargas de las aeronaves.

En la evaluación del pavimento, el desarrollo se llevó a cabo mediante el empleo de dos métodos de investigación, a saber:

a).- Método basado en las mediciones de las deflexiones producidas al pavimento, correlacionadas con el comportamiento observado de los pavimentos según la experiencia del Departamento de Transporte del Canadá.

b).- Método Tradicional. Basado en la determinación del CBR de la capa subrasante y la estructura del pavimento.

Dichas deflexiones se midieron a lo largo de los elementos de circulación en dos ejes situados a 4 m a ambos lados del centro de la línea.

Al examinar la magnitud de las mismas, se observan que su valor es en general inferior a 20×10^{-3} pulg, salvo el pequeño tramo comprendido entre las estaciones 0+880 y 1+120 en donde se alcanzan valores hasta de 40×10^{-3} pulg y el tramo entre estaciones 1+240 y 1+670, en donde la deflexión en promedio es del orden de 20×10^{-3} pulg, aún cuando en algunos puntos se registran valores hasta de 30×10^{-3} pulg.

Partiendo de la información anterior, se efectuó una --
evaluación de la capacidad estructural del pavimento a la --
luz, del método desarrollado por el Departamento de Transpor-
te de Canadá, cuyo resultado se resume en la Tabla Núm. 1 --
anexa.

El Departamento Canadiense de Transporte, inició en --
1945 una investigación en los Aeropuertos del Canadá, a fin --
de establecer un sistema de determinación de espesores para --
pavimentos flexibles que correspondiera a la experiencia del
país. Este dió lugar a una experiencia exhaustiva del Dr. --
Norman W. Mc. Cleod, cuyo resultado no se redujo a obtener --
un método definido de proyecto, sino que dió lugar a un ex--
tenso trabajo de correlación con varios métodos de ensaye pa-
ra evaluación de resistencia de terrenos.

El método de proyecto es el indicado por la ecuación si-
guiente:

$$T = K \log P/S$$

En donde:

- T = Espesor de base granular necesario en pulga-
das.
- K = Constante de la capa de base.
- P = Carga por rueda en millares de libras corres-
pondientes a asentamientos de 0.5 pulg en --
pistas de despegue y 0.35 pulg en calles de --
rodaje.
- S = Valor portante del terreno en millares de li-
bras para asentamientos de 0.5 pulg en ca-

TABLA Núm. 1.

AEROPUERTO DE VILLAHERMOSA, TAB.

EVALUACION DEL PAVIMENTO DE ACUERDO CON LAS MEDIDAS DE DEFLEXIONES Y SEGUN LA APLICACION DEL METODO DE MCLEOD.

SUBTRAMO.	P ₂₅ Kips.	ESPEJOR -- EQUIVALENTE Pulg.	ANTILOG. t/k	S SUBRASANTE Kips.	S REQUERIDO Kips.	RELACION SOBRECARGA.	NUMERO DE OPERACIONES.	ESPEJOR FALTANTE Pulg.
0+000 - 0+880	188	12.2	1.543	122	42	0.34	3000	- - -
0+880 - 1+120	53	10.8	1.463	36	43	1.20	300	6
1+120 - 1+240	214	13.8	1.628	132	39	0.50	3000	- - -
1+240 - 1+400	90	14.5	1.671	54	38	0.70	3000	- - -
1+400 - 1_670	105	10.6	1.451	72	43	0.60	3000	- - -
Calle rodaje 1	53	14.2	1.657	32	38	1.20	300	5
Calle rodaje 2	98	14.8	1.668	59	37	0.63	3000	- - -

AERONAVE DE DISEÑO: BOEING 727.

PESO TOTAL: 135,000 LIBRAS.

PRESION DE INFLADO DE LAS LLANTAS: 150 PSI.

- P₂₅ = Percentil 25% de las cargas equivalentes aplicadas al pavimento mediante una placa de 30" de diámetro para una deformación de 0.5" y diez repeticiones.
- t = Espesor del pavimento, transformado a equivalente de grava.
- k = Constante que depende de las dimensiones de la placa y de las propiedades de la base para -- distribuir la carga por espesor unitario.
- S = Valor soporte de la subrasante para las condiciones de aplicación de carga para determinar P.

lles de rodaje, etc., con las mismas áreas_
de contacto que P.

En unidades métricas:

$$T = 2.54 K \log P/S.$$

En donde:

T = Centímetros.

P y S = Toneladas.

Las curvas de espesores se han obtenido a partir de la_
ecuación anterior basada en ensayos de carga (con diez repe-
ticiones).

En general, los valores indicados del ensayo de penetra-
ción del cono, del penetrómetro de Housel, del CBR en sitio_
y del ángulo de rosamiento interno, se aplican a suelos cohe-
sivos de granulometría fina y representan el valor medio de_
la capa superior del terreno de dos pies de espesor.

Puede comentarse que según este método, la capacidad es-
tructural del pavimento existente, es compatible con la re-
querida por la aeronave Boeing 727, salvo los subtramos com-
prendidos entre las estaciones 0+880, 1+120 y calle de roda-
je "A" en donde habría necesidad de colocar un refuerzo, cu-
yo espesor equivalente de grava fuese de 15 a 12 cm, respec-
tivamente, es decir, unos 7 cm, aproximadamente, de concreto
asfáltico.

Para la realización del método tradicional, se ejecuta-
ron en la pista y calles de rodaje, diez calas y seis son-
deos, las calas fueron realizadas con el objeto de determi-
nar la estructura de los pavimentos y tomar algunas muestras

representativas de los materiales que la constituyen. Los sondeos tuvieron por objeto tomar especímenes inalterados de las terracerías labradas en el lugar dentro de los moldes metálicos para efectuar la prueba de valor relativo de soporte, así como los ensayos necesarios para su identificación y clasificación.

Del examen de estas últimas pueden concluirse que el espesor total del pavimento en todos los elementos de circulación es bastante uniforme, con un valor promedio de 30 cm.

La carpeta asfáltica está constituida por mezcla en el lugar, en espesores promedios de 6 cm en la pista 02-20 y de 11 cm en las calles de rodaje "A" y "B", la capa de base está constituida por una grava limosa y arcilla de partículas redondeadas.

En la Tabla Núm. 2, anexa, se resumen los resultados obtenidos en ensayos de laboratorio, así como los espesores propuestos por las curvas de diseño, según el método CBR, para la operación limitada de Aeronaves del tipo Boeing 727.

1.6.- Pronósticos de Posiciones Simultáneas y Pasajeros horarios.

Para el presente estudio, se supone que seguirán operando las mismas Compañías, en equipos semejantes a los actuales.

1.6.1.- Pronósticos de Pasajeros Anuales.

Se tomó en cuenta la información a partir de 1971, año en el cual entró a operar Aeroméxico (hasta 1970 operaba una

TABLA Núm. 2.

AEROPUERTO DE VILLAHERMOSA, TAB.

REVISIÓN DE LOS ESPESORES REQUERIDOS PARA EL PAVIMENTO, SEGUN EL METODO DEL CBR.

SUBTRAMO.	ENSAYE Núm.	CBR, EN ES PECIMENES INALTERA- DOS %.	CBR, %	ESPESOR - REQUERIDO cm (1)	Wnat %	LIMITES DE PLASTICIDAD				GRNULOMETRIA		
						LL	LP	IP	CL	G	S	F
0+000 - 0+880	1704 A	15	--	--	24	37	20	17	8.2	0	22	78
	1704 B	24	18	32	13	24	13	11	5.3	0	80	20
0+000 - 0+880	1706 A	37	--	--	6	21	10	11	2.6	0	70	30
	1706 B	18	--	--	26	66	28	38	15.1	--	--	--
0+880 - 1+120	1708 A	11	12	40	28	59	28	31	12.8	0	28	72
	1708 B	12	--	--	32	52	27	25	12.1	0	27	73
1+120 - 1+240	1709 A	16	16	30	16	66	34	32	12.7	0	26	74
	1709 B	16	--	--	32	31	21	10	6.9	11	41	48
1+240 - 1+400	1711 A	13	18	32	33	67	31	36	14.2	0	25	75
	1711 B	23	--	--	17	34	18	16	7.3	0	47	53
1+400 - 1+680	1712 A	7	9	48	24	78	26	52	18.5	0	24	76
	1712 B	11	--	--	29	74	30	44	17.6	0	20	80

(1).- El valor anotado corresponde al 85% del espesor recomendado por las gráficas de diseño.

Esta reducción se adoptó al considerar una vida útil de aproximadamente dos años.

camente la Compañía Mexicana de Aviación, S. A.) A partir de esto, el incremento promedio anual que se observó en este -- lapso fue del 32%.

Para el pronóstico de pasajeros se consideró que la demanda disminuiría en 3.2% anual hasta llegar al 16% en 1980_ y que para los siguientes cinco años se mantendrá constante_ ese incremento del 16%, incremento ligeramente superior al - promedio nacional.

En consecuencia, para 1985, se espera un movimiento del orden de 900,000 pasajeros, cifra que alcanzó el Aeropuerto_ de Guadalajara, Jal., en 1973.

1.6.2.- Pronóstico de Operaciones Anuales.

Las operaciones anuales son 3,754 de Aeroméxico y 730 - de Mexicana de Aviación.

Se supone que en el futuro habrá el siguiente crecimiento.

AÑO.	AEROMEXICO.	OBSERVACIONES.	MEXICANA	OBSERVACIONES.	TOTAL.
1975	3,754	Cuatro vuelos - diarios más - - ocho semanarios	730	Un vuelo diario.	4,484
1976	3,754		1,042	Un vuelo diario.	4,796
1977	3,754	Cuatro vuelos - diarios más - - ocho semanarios	1,042	Un vuelo diario más uno cada ter cer día.	4,796
1978	4,380	Seis vuelos dia rios.	1,147	Un vuelo diario más cuatro sema narios.	5,527
1979	4,380		1,147		5,527
1980	4,380		1,147		5,527
1981	4,380		1,460		5,840
1982	5,004	Seis vuelos dia rios más seis - semanarios.	1,460		6,464
1983	5,004		1,460		6,464
1984	5,004		1,460		6,464
1985	5,004		1,460		6,464

AÑO.	M E X I C A N A .				A E R O M E X I C O .			
	PASAJEROS.	OPERA.	P/O (*)	EQUIPO.	PASAJEROS.	OPERA.	P/O	EQUIPO.
1968	18,964	930	20	DC-6	- - - -	- - - -	- - - -	- - - -
1969	21,555	1,042	21	DC-6	- - - -	- - - -	- - - -	- - - -
1970	19,275	624	31	DC-6	- - - -	- - - -	- - - -	- - - -
1971	23,604	730	32	DC-6	26,996	2,292	12	HS-748
1972	29,944	730	41	DC-6	35,534	2,292	12	HS-748
1973	38,001	730	52	DC-6	42,829	2,292	15	- - - -
1974	38,319	730	52	B-727	81,303	3,754	22	DC-9
Proyección.								
1975	- - -	- -	59	- - -	- - -	- - -	23	- - -
1980	- - -	- -	89	- - -	- - -	- - -	40	- - -
1985	- - -	- -	119	- - -	- - -	- - -	57	- - -

(*).- Pasajeros/Operación.

Los valores estimados para Mexicana, suponen la necesidad de cambiar su equipo antes de -- 1985 y emplear exclusivamente B-727-200.

Tomando en cuenta los pronósticos de operaciones y pasajeros.

AÑO.	M E X I C A N A .				A E R O M E X I C O .				
	PASAJEROS.	OPERA.	P/O (*)	EQUIPO.	PASAJEROS.	OPERA.	P/O(*)	P/O(**)	EQUIPO.
1975	53,768	730	74	727-100	104,372	3,754	28	- - -	- - -
1976	67,216	1,042	65	- - -	136,468	3,754	36	- - -	- - -
1977	83,400	1,042	80	- - -	172,428	3,754	46	- - -	- - -
1978	99,889	1,147	87	- - -	213,244	4,380	48	- - -	- - -
1979	116,456	1,147	102	- - -	256,799	4,380	58	- - -	- - -
1980	132,057	1,147	115	- - -	300,818	4,380	69	60	262,800
1981	149,671	1,460	103	- - -	352,580	4,380	80	64	280,320
1982	169,540	1,460	116	727-200	413,071	5,004	82	68	340,272
1983	191,083	1,460	131	- - -	481,746	5,004	96	72	360,288
1984	217,157	1,460	149	- - -	566,804	5,004	113	76	380,304
1985	243,000	1,460	137	- - -	657,000	5,004	131	80	400,320

(*),- Pasajeros por operación.

(**),- Pasajeros por Operación Inicial.

Tomando en cuenta la naturaleza de los vuelos de Aeroméxico en este lugar (de paso), se considera que los valores de pasajeros por operación deberán permitir la existencia de pasajeros en tránsito, por esta razón se corrigieron los valores de P/O (Pasajeros por Operación).

Pronósticos definitivos de operación.

AÑO.	MEXICANA.	AEROMEXICO.	TOTAL.
1975	730	3,754	4,484
1980	1,147	4,380	5,527
1985	1,460	5,004	6,464

Pronósticos definitivos de pasajeros horarios.

AÑO.	MEXICANA.	AEROMEXICO.	TOTAL.
1975	53,768	104,372	158,140
1980	132,057	262,800	394,857
1985	243,000	400,320	643,320

Posiciones simultáneas y posibles pasajeros horarios.

Actualmente se presentan con frecuencia dos posiciones simultáneas: un DC-9 procedente de Mérida, Yuc., con destino a Oaxaca, Oax., y el 727-100 procedente de Mérida, Yuc., con destino a México, D. F., y eventualmente, debido a retrasos, etc., se presenta un avión más, el DC-9 procedente de México, D. F., con destino a Tuxtla Gutiérrez, Chis.

Suponiendo que en el futuro, Mexicana tenga otro vuelo por la tarde y Aeroméxico uno más por la mañana y dos más en el curso del día.

El número de posiciones simultáneas que se presentarían serían de cuatro.

1 B-727-200

3 DC-9-30

El de pasajeros horarios 754.

EQUIPO.	LLEGADA.	SALIDA.	LLEGADAS MAS SA LIDAS.
DC-9	80	80	160
B-727-200	137	137	274
DC-9-30	80	80	160
DC-9-30	<u>80</u>	<u>80</u>	<u>160</u>
	377	377	754

Y por Compañía.

COMPANIA.	LLEGADA.	SALID.	LLEGADAS MAS SA LIDAS.
Mexicana.	137	137	274
Aeroméxico.	<u>240</u>	<u>240</u>	<u>480</u>
	377	377	754

Revisión de posiciones simultáneas y pasajeros horarios.

Tomando en cuenta aforos.

Aforo de campo 1974.

Posición simultánea: Un B-727-100 o DC-9.

Pasajeros comerciales: llegada 130, tránsito 46, salida 109, llegada más salida 239.

Análisis llevados a cabo en 1975.

Posición simultánea: Dos B-727-100 o DC-9.

Pasajeros comerciales: llegada 155, tránsito 104, salida 154, llegada más salida 309.

Proyectando los valores observados.

AÑO.	LLEGADA.	SALIDA.
1974	130	109
1975	155	154
1985	405	604

Correlación con valores anuales.

AÑO.	LLEGADA.	SALIDA.
1974	130	122,681
1975	155	158,140 (*)
1985	497	643,320

(*).- Valor Estimado.

Se consideró únicamente el valor de Llegada, ya que el de salida observado en 1974 fue muy bajo.

Comparando con otros Aeropuertos.

AEROPUERTO.	AÑO.	OPERACIONES ANUALES.	POSICIONES SIMULTANEAS.
Monterrey.	1967	5,424	4
Puerto Vallarta.	1971	5,875	3
Mazatlán.	1968	6,351	2

AEROMEXICO.	AÑO.	PASAJEROS ANUALES.	PASAJEROS HORARIOS.
Monterrey.	1974	558,713	405
Guadalajara.	1972	943,413	718

Valores propuestos para 1985.

Posiciones Simultáneas.	PASAJEROS.		HORARIOS.
	Llegada.	Salida.	Tránsito.
1 B-727-200			
4			
3 DC-9-30 o DC-9-50.	400	400	150

1.7.- Posibilidades de Expansión o cambio de localización.

Para poder decidir, en que si un Aeropuerto se tiene -- que ampliar o definitivamente cambiar (construir uno nuevo) -- es muy importante hacer, antes que otra cosa la clasificación del Aeropuerto y las condiciones de operación del Aeropuerto actual.

1.7.1.- Clasificación del Aeropuerto.

Para poder hacer la clasificación de los Aeropuertos, -- se tienen dos factores de influencia que son:

Número de pasajeros que utilizan los Aeropuertos y la -- estructura de las rutas establecidas.

Haciéndose un análisis más a fondo y con el objeto de -- definir el tipo de obra e instalaciones que se puedan realizar en cada Aeropuerto, se hizo una clasificación en tres categorías que se basa en los siguientes aspectos:

- a).- Estadísticas sobre el número de pasajeros en cada -- Aeropuerto.
- b).- Rutas actuales y posibilidad de ligar ciudades mediante nuevas rutas.
- c).- Situación geográfica de los Aeropuertos.
- d).- Perspectivas de desarrollo de las zonas servidas.

Tomando en cuenta lo anterior y por las necesidades de -- servicio en la República Mexicana en 1965, la entonces Secretaría de Obras Públicas, a través de su Dirección General de Aeropuertos, creó un plan maestro de construcción de Aeropuertos, en las ciudades que los necesitan con urgencia para

integrarla a la red Nacional de Transporte Aéreo, dividiéndolos en:

- a).- Aeropuertos que podrán ser utilizados por aviones para vuelos a larga distancia.
- b).- Aeropuertos que podrán ser utilizados por aviones para vuelos a distancia media.
- c).- Aeropuertos para aviones a corta distancia.

El Aeropuerto de Villahermosa, Tab., quedó en la división de Aeropuertos para vuelos de distancia media, correspondientes a aquellos que permiten la utilización de aeronaves con autonomía de vuelo del orden de 2,000 km como es el Boeing 727-100 y el Douglas DC-9-30.

1.7.2.- Condiciones de Operación del Aeropuerto Actual.

Como el Aeropuerto de la ciudad de Villahermosa, Tab., está situado en la zona norte a escasos 2 km del centro de la Ciudad. Está limitado por la carretera Escárcega-Villahermosa-Coatzacoalcos en su cabecera sur y por las nuevas colonias al oriente en la cabecera norte.

Estas limitaciones restringen de manera importante las condiciones de seguridad específicas.

Con la operación de los aviones turbo-reactores, hace algunos años, se hicieron algunas mejoras en este Aeropuerto,

Se mejoró el cuerpo de la pista y se ampliaron las cabezas de tal manera que pudieran operar este tipo de aeronaves durante un período corto de tiempo.

Se tenían detectadas condiciones de inestabilidad en el

suelo que ocasionaban la formación de baches, en algunas zonas, pero se estudió el espesor del pavimento y se dedujo -- que era suficiente para recibir a un avión de diseño Boeing_ 727, aunque fuera necesario invertir en mantenimiento cons-- tante por un período corto de tiempo, por lo cual el costo - de operación del Aeropuerto en estos momentos era muy alto.

1.7.3.- Posibilidades de Ampliación del Aeropuerto Ac-- tual.

Analizando cada uno de los sistemas del Aeropuerto en - lo que respecta a la capacidad necesaria para mover un cier- to volumen de carga y pasajeros, los cuales son la demanda - actual. Con esto nos daremos cuenta de la capacidad del Aero- puerto actual y su necesaria ampliación, con las muy impor-- tantes restricciones que existen para dicha ampliación.

Los sistemas de un Aeropuerto son:

Espacios Aéreos.

Pistas, Calles de Rodaje y Plataformas.

Zona Terminal.

Accesos y Estacionamientos.

Zona de Almacenamiento y distribución de Combusti-
bles.

Dentro del primer sistema, que es espacios aéreos, la - única restricción que existe se encuentra en la superficie - cónica, ya que respetando las Especificaciones de la O.A.C.I. (Organización de Aviación Civil Internacional), se observa - que hacia el sur, los postes de iluminación de la carretera - a Coatzacoalcos, se encuentran en dicha zona.

Esto representa un gran problema, ya que sólo se puede solventar desplazando el umbral con la consecuente reducción de la longitud de aterrizaje disponible.

Si en el aterrizaje, la longitud de pista se reduce, esto equivale a decir que se disminuye la capacidad del Aeropuerto.

La longitud de pista necesaria para el avión crítico -- que opera en estos momentos es de 2,200 m, operando a toda su capacidad y con todo su peso.

La pista cuenta actualmente con 1,780 m de longitud y -- haciendo el desplazamiento del umbral, el avión crítico de -- operación (DC-9-15), se ve obligado a operar con un peso mucho menor, lo cual recaë directamente en el peso del combustible y en el de la carga pagada, ya que el peso muerto del avión no puede variar. Con esta falta de combustible su radio de acción se reduce.

Se podría pensar en correr las cabeceras y con esto darle mayor longitud, pero hacia el sur, como ya se mencionó anteriormente, los espacios aéreos no cumplen especificaciones y al norte sería necesario expropiar en una zona residencial, lo cual nos genera un problema socio-económico y esto sin tomar en cuenta otros problemas, que de hecho ya existen como el área en donde afecta de manera importante el ruido.

Analizando el segundo sistema que son: Pistas, Calles de Rodaje y Plataformas, se tiene:

Pistas.- Además del problema enunciado anteriormente -- acerca de la operación restringida del avión crítico en ope-

ración, existe el problema de circulación por las zonas de inestabilidad que existen en el pavimento, así como el alto costo de operación.

Calles de Rodaje.- En lo que respecta a las calles de rodaje, estas no cumplen las Especificaciones necesarias para el equipo de vuelo en operación actualmente.

Las calles de rodaje quedan comprendidas en la clasificación de ángulo recto, por lo que la aeronave debe llegar a ésta con velocidad de cero, por lo cual después de la operación de aterrizaje tiene que regresar, ya que le es imposible lograr la velocidad de cero al pasar por ésta y por consecuencia existe un elevado tiempo de ocupación de la pista.

En lo que respecta a la longitud de la calle de rodaje, ésta debe de ser para el tipo de equipo de vuelo operando actualmente de 185 a 210 como mínimo y difícilmente alcanza los 100 m.

Es materialmente imposible darle mayor longitud por las restricciones del terreno y por la posición que ésta guarda con la plataforma y ésta última con el edificio terminal.

Plataforma.- En este punto, la capacidad está definida por el área existente para cumplir en función del número de posiciones simultáneas, las especificaciones del equipo de vuelo.

Se menciona que actualmente, en las condiciones críticas se presentan tres posiciones simultáneas, presentándose un retraso que es relativamente común.

Por Especificaciones, el área en plataforma para la óp-

tima maniobrabilidad de tres aviones, es de 180 X 90 m, existiendo en estos momentos un área de 100 X 90, por lo cual no existe una buena maniobrabilidad y genera problemas como falta de estacionamiento, longitudes por camiones para los pasajeros fuera de Especificaciones.

Dentro del tercer sistema mencionado que es zona terminal, todos los servicios y el área de la misma, están en función del número de pasajeros horarios críticos. Según estudios que se han realizado, el área necesaria por pasajero está entre 10 y 15 m²,; esto incluye visitantes, empleados, -- restaurante, etc., en sí todos los servicios dentro del edificio terminal.

Por lo tanto, para el caso del Aeropuerto de Villahermosa, Tab., tomando en un área de 10 m² por pasajero, nos queda un área necesaria de 4,200 m² y actualmente el edificio terminal cuenta con unos 1,200 m², por lo cual tampoco trabaja eficientemente, existiendo también las mismas limitaciones que la de los casos anteriores.

En lo que se refiere a Acceso y Estacionamiento, estos no pueden ampliarse, ya que la Ciudad está rodeando al Aeropuerto.

En cuanto a la zona de almacenamiento y distribución de combustibles, se puede decir que la capacidad de los depósitos no fue diseñada para poder abastecer la demanda de los aviones actuales, ni para almacenar una reserva para abastecer de combustible a aeronaves, aproximadamente durante una semana, como se aconseja hoy en día.

Este estudio comparativo con respecto a la demanda actual, la cual es demasiada para el Aeropuerto y la operación, es muy deficiente, no teniendo posibilidades de ampliación.

Tomando en cuenta el incremento de demanda que presenta este Aeropuerto, resulta ser definitivamente obsoleto y es necesaria la construcción de uno nuevo.

II. - CARACTERISTICAS DEL PROYECTO DE TERRACERIAS Y PAVIMENTOS.

CAPITULO II.

CARACTERISTICAS DEL PROYECTO DE TERRACERIAS Y PAVIMENTOS.

2.1.- ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS.

Localización.- La zona donde se ubicará el nuevo Aeropuerto, se encuentra a 13 km al oriente de la ciudad de Villahermosa, Tab., a la altura del km 11+000 de la carretera Villahermosa-Escárcega y con desviación izquierda de 1.5 km aproximadamente.

Para llevar a cabo la construcción del nuevo Aeropuerto se va a hacer uso de 391 hectáreas, considerando la superficie para el nuevo Aeropuerto y 5 hectáreas más para el camino de acceso.

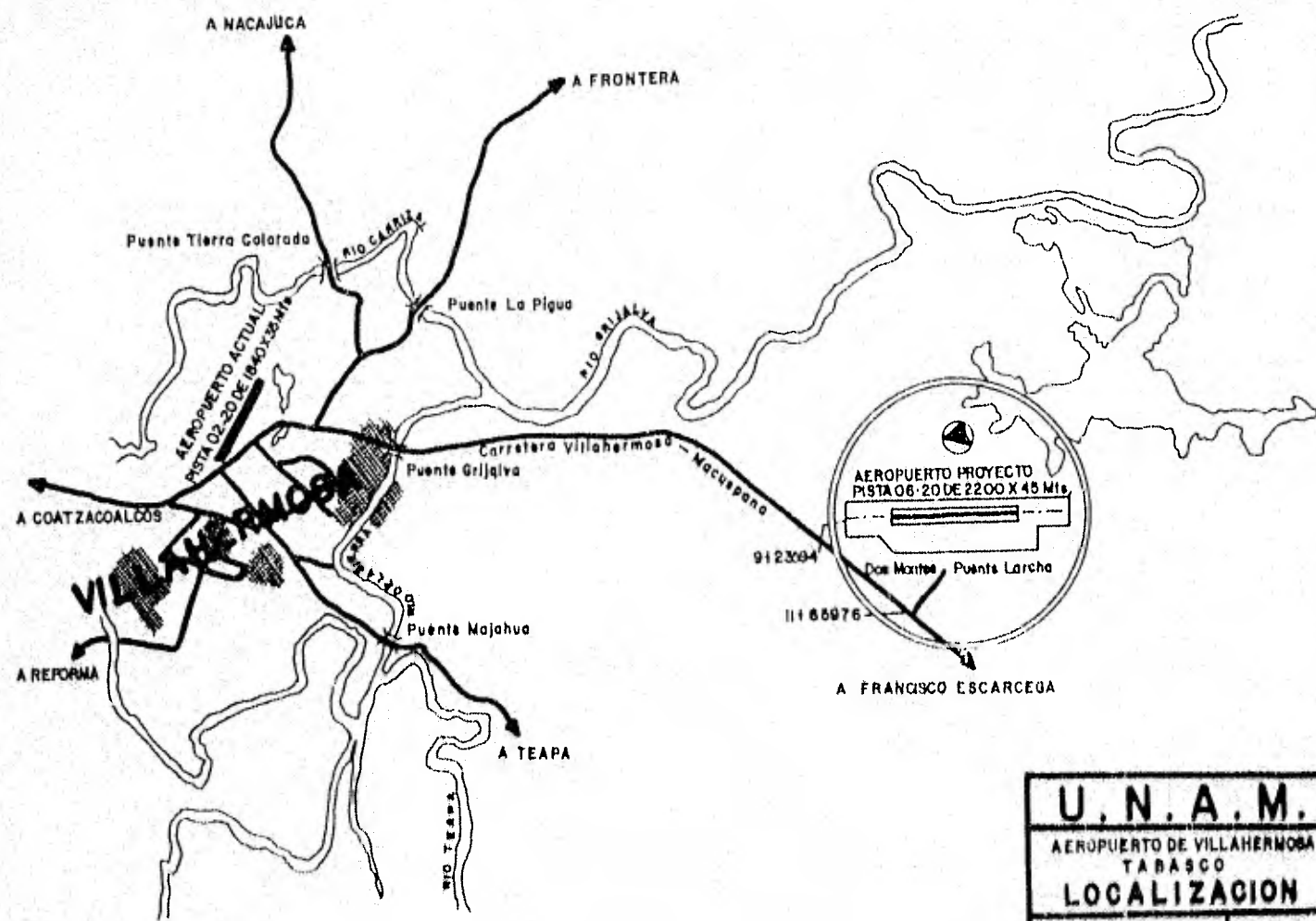
La pista tendrá una longitud de 2 200 x 45 m de ancho con 4 m de acotamientos en ambos lados, franjas de seguridad de 127,50 x 2 320 m a ambos lados de la pista. Habrá dos calles de rodaje denominados "A" y "B", las cuales tendrán una longitud de 487,31 m de longitud por 23 m de ancho, con 8 m de acotamiento en ambos lados; la plataforma de operaciones tendrá un área de 16 200 m², o sean 180 m de largo por 90 m de ancho, con una capacidad para tres posiciones simultáneas de la aeronave Boeing 727-100, la plataforma de aviación general de 150 m x 90 m de ancho, lo cual dará un área de 13 500 m² con capacidad para treinta y cinco posiciones simultáneas de aviones tipo Twin Bonanza.

El nuevo Aeropuerto contará con un edificio terminal de estructura de concreto con dos niveles de 600 m² cada uno y con todos los servicios para vuelos nacionales.

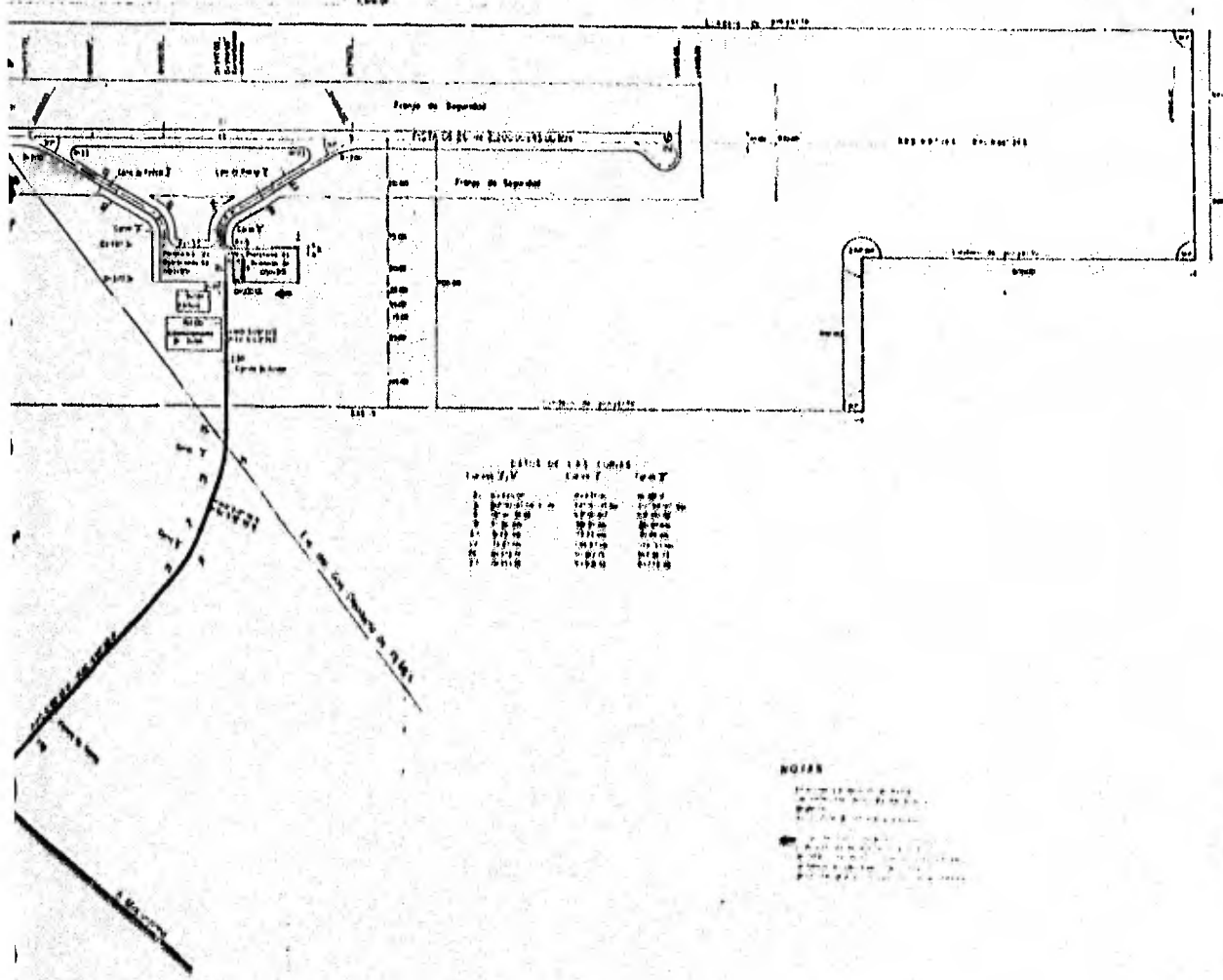
La torre de control será una esbelta estructura de concreto, de 26.6 m de altura a piso, terminado de cabina, también habrá un edificio anexo a la torre, de estructura de concreto, de 422 m² en un nivel, el CREI -- (Cuerpo de Rescate y Extinción) de 450 m², estará distribuido en un cuartel de dos plantas y garage para pipas; el camino de acceso al nuevo Aeropuerto, que tendrá una longitud de 1 525 m, 12.00 m de corona, 7.3 m de ancho de superficie de rodamiento y que será de pavimento flexible; el estacionamiento será de pavimento -- flexibles (asfalto) con una superficie de 13 500 m² -- (150.0 m x 90.0 m) para una capacidad de ciento ochenta automóviles. La Secretaría de Comunicaciones y Transportes instalará las siguientes ayudas para la navegación: VOR y DME.

Dentro de las instalaciones para combustibles habrá una capacidad para almacenar 70 000 lts de gas-avión y 636 000 de turbosina y suministro mediante hidrantes en plataforma comercial.

El camino perimetral de pavimento flexible (asfalto) será de 9 442,66 m de longitud, además, de que se pondrá cercado de 12 469 m de postes de concreto y seis líneas de alambre de púas.



U. N. A. M.	
AEROPUERTO DE VILLAHERMOSA TABASCO	
LOCALIZACION	
Facultad. Ingenieria.	Nombre No.



LISTA DE LAS CURVAS

Curva	Radio	Ángulo
1	1000	90°
2	1000	90°
3	1000	90°
4	1000	90°
5	1000	90°
6	1000	90°
7	1000	90°
8	1000	90°
9	1000	90°
10	1000	90°

NOTAS

1. El terreno es plano.

2. El terreno es plano.

3. El terreno es plano.

4. El terreno es plano.

5. El terreno es plano.

6. El terreno es plano.

7. El terreno es plano.

8. El terreno es plano.

9. El terreno es plano.

10. El terreno es plano.

ESCALA 1:5,000

U N A M

AEROPUERTO DE VILLAHERMOSA,
TAB. PLANO GENERAL

FAC. INGENIERIA | NO

Ecología regional.- La llanura costera del golfo, provincia fisiográfica en la que se encuentra ubicada la ciudad de Villahermosa, se extiende desde Florida hasta Yucatán, siendo interrumpida por la Zona Neovolcánica y por el Macizo de los Tuxtlas. En sus zonas litorales existen numerosas lagunas y, alejándose de la costa, el terreno es plano con lomeríos.

La ciudad de Villahermosa se ha desarrollado principalmente en un lomerío de la margen izquierda del río "Grijalva", ya que las partes bajas son inundables.

En la zona se encuentran dos formaciones: una constituida por depósitos clásicos del terciario, formando lomeríos y otra por depósitos fluviolacustres del cuaternario.

Los depósitos clásicos del terciario son de color café rojizo y café amarillento. Son arcillosos superficialmente y arenoso con gravas redondeadas de 2 a 3 cm de diámetro y ocasionalmente boleos de 10 a 15 cm a mayor profundidad. Estos depósitos se utilizan como material para construcción de terraplenes.

Los depósitos fluviolacustres (Qa) se sedimentaron en el cuaternario como consecuencia de las inundaciones del río "Grijalva". Forman terrenos planos e inundables. En estos depósitos el nivel freático es superficial con variaciones anuales. Estos materiales son de color obscuro, constituido por capas alternadas de li-

mosos-arenosos y de arcillas que presentan a menudo un alto contenido de materia orgánica. Sobre estos suelos existe poco desarrollo urbano.

PROPIEDADES DE LOS SUELOS.

Tanto los depósitos clásicos continentales, como los fluvio-lacustres, se caracterizan por su gran erraticidad, encontrándose arcillas arenosas y limosas de consistencia que varía de muy blanda a muy dura, y arenas finas limo-arcillosas de compacidad muy variada, predominando las que están en estado suelto a medianamente compacto.

a).- Propiedades Índice. Claramente puede observarse en la Tabla siguiente lo errático de las propiedades índice de los suelos encontrados. El intervalo de variación del contenido natural de agua es de 17 a 70%.

En la turba, los contenidos de agua natural alcanzan valores de hasta 300%. El peso volumétrico en estado natural varía de 1,6 a 2,2 ton/m^3 , excepto en la turba que baja a 1,18 ton/m^3 , y la relación de vacíos de 0,72 a 1,82.

Se observa que, aunque la mayor parte de los suelos superficiales son de alta plasticidad, existe una tendencia a agruparse entre arcilla de alta y de baja compresibilidad (Cl y

CH).

b). - Propiedades Mecánicas. - Los valores de las propiedades mecánicas mostradas en la Tabla siguiente, conforman la heterogeneidad de los suelos en la zona de la ciudad de Villahermosa, Tab. (por ejemplo), en las arcillas limosas y arenosas de los depósitos clásicos continentales (T_c), se obtuvieron resistencias a la compresión sin confinar de 0.5 a 2.1 kg/cm^2 , correspondiendo a contenidos de agua natural de 18% a 59%. La resistencia a la penetración estándar de estos materiales; asimismo, muy variable con valores que van de dos a cuarenta y cinco golpes.

En los depósitos aluviales (Qul) aparecen con más frecuencia lentes de turba y de arcilla con alto contenido de materia orgánica. Estos materiales son muy compresibles, pero presentan valores de cohesión en pruebas triaxiales consolidadas no drenadas, de 2.4 a 15.0 kg/cm^2 y ángulos de fricción interna de 8° a 21°, relativamente altos.

Z O N I F I C A C I O N ,

En el subsuelo de la ciudad de Villahermosa, se puede considerar dos zonas; una de lomeríos constituido por los depósitos (clásicos), clásicos continentales (T_c) y otra de terrenos bajos, constituido por los depósitos fluvio-lacustres (Cal); sin embargo, dada la gran erraticidad de los depósitos

lentes de turba y de arcilla muy compresible dentro de la --
formación T_c. Esta situación es más probable en zonas cerca-
nas a la frontera entre las dos formaciones mencionadas.

En algunos sitios se detecta a una profundidad variable
un estrato que resiste más de sesenta golpes en penetración_
estándar.

La delimitación de estas capas resistentes sólo será po-
sible con un mayor número de exploraciones.

PRUEBAS DE LABORATORIO.

En las muestras representativas se determinarán: el con-
tenido del agua natural, la granulometría, los límites de --
plasticidad y la densidad de sólidos; en las muestras inalte-
radas se realizarán, además, pruebas de consolidación unidi-
mencional, pruebas de compresión sin confinar y triaxiales -
consolidadas no drenadas.

Topografía y Drenaje Superficial.- El perfil de la zona
del nuevo Aeropuerto, corresponde a un lomerío muy suave in-
mediato a la zona de inundación del río Grijalva, donde se -
considera que no habrá problemas de drenaje superficial.

A causa de la constitución de este perfil, la rasante -
dará origen a cortes y terraplenes, por lo cual se buscará -
compensar longitudinalmente el movimiento de tierras. Los --
cortes mayores fluctuarán entre 2 y 3 m y los terraplenes --
llegarán a ser hasta de unos 5 m.

ESTUDIOS GEOTECNICOS.

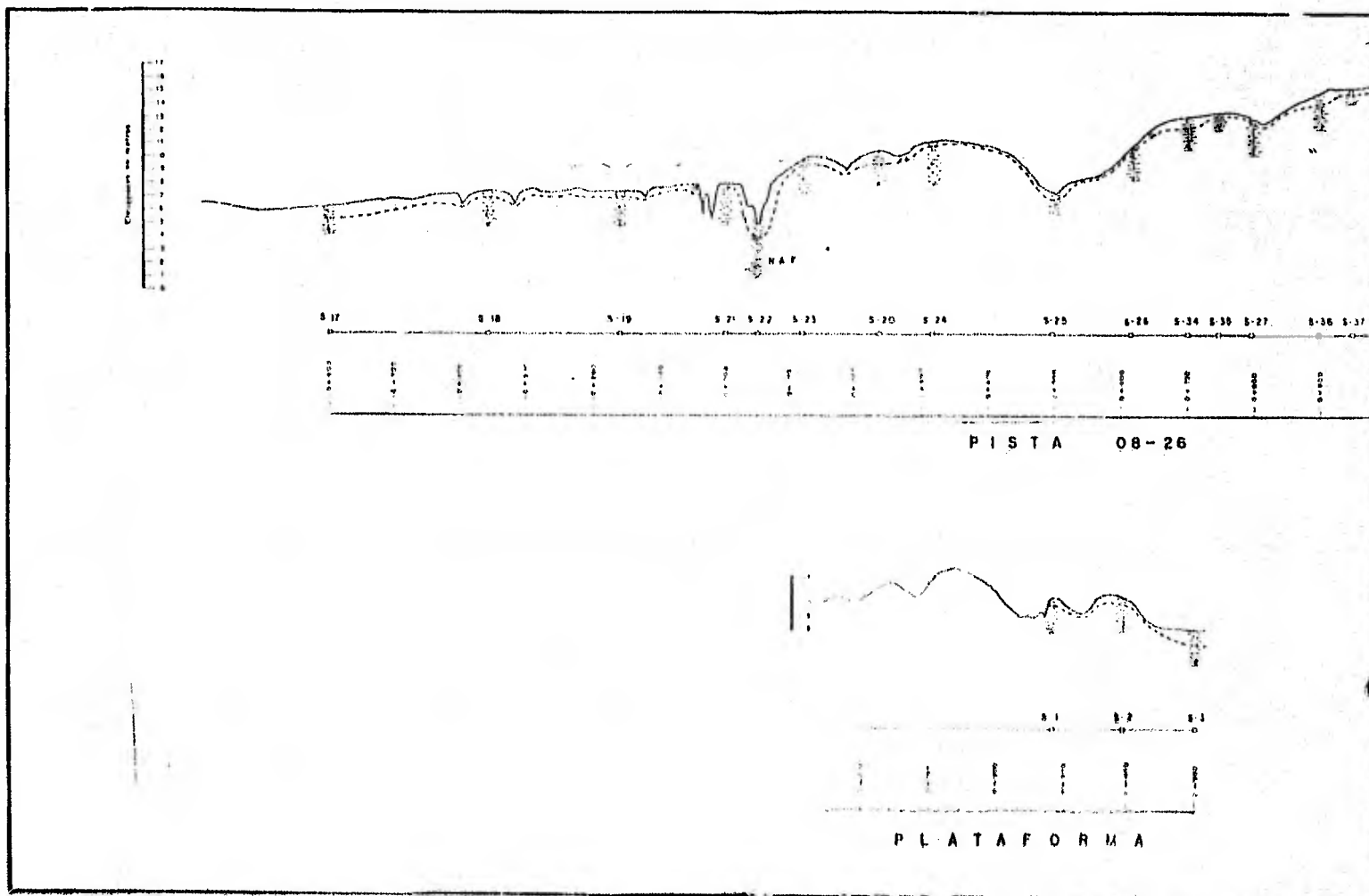
Con el fin de conocer la estratigrafía en los ejes de -

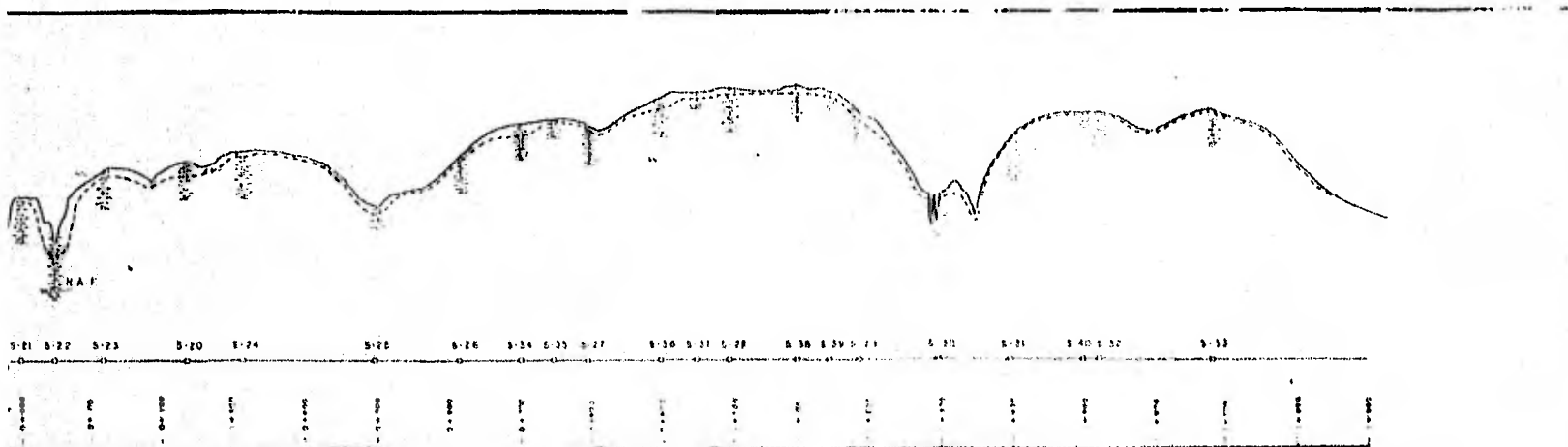
pista, calles de rodaje y plataformas, se efectuaron veintisiete sondeos a cielo abierto y diez con posteadoras, a profundidades máximas de 3.5 m, obteniéndose muestras alteradas representativas y efectuando determinaciones de humedad y peso volumétrico en el lugar; a continuación se muestra el plano de los sondeos.

Nivel de Aguas Freáticas.- Se efectuó una exploración a lo largo de la pista y plataforma de operaciones, con el fin de determinar el nivel freático, habiéndose observado que ésta guarda un cierto paralelismo con la superficie del terreno, localizándose a una profundidad de 3 m, respecto a dicha superficie, lo que hace pensar que la ubicación del mencionado nivel freático está regida, en gran parte, por el efecto de evaporación.

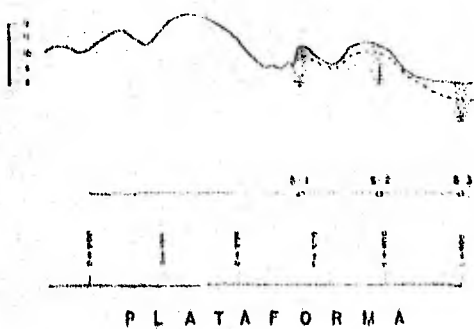
Estratigrafía.- Toda la zona sobre la que se construirán las aeropistas, tienen en general, la misma estratigrafía formada por un estrato superficial que varía de 0 a 1,00 m de espesor de arcilla de baja plasticidad muy arenosa (CL-SE), subyacida por un estrato de arcilla de alta plasticidad (CH), con un espesor indefinido (mayor de 4 m), Estas arcillas tienen un elevado límite líquido, el cual en promedio podrá situarse alrededor del 70%, si bien existen valores superiores a 100%.

El contenido de agua natural en las arcillas (CH) es similar al del límite plástico o ligeramente superior, lo que significa que dichas arcillas, cuando menos en las capas superiores (2 a 3 m), se encuentran fuertemente preconsolidada-








PISTA 08-26



PLATAFORMA

SÍMBOLOS

-  Altimetría por triangulación de triángulos
Número de estación, que aparece en el E.L.T.
-  Límite de altura por triangulación de triángulos
Número de estación, que aparece en el E.L.T.
-  Puntos de control de nivelación
N.º de estación de cada punto de control
TOTAL 27 SONDEOS

U N A M

AEROPUERTO DE VILLAHERMOSA,
TAB. PERFIL DE BUELOS

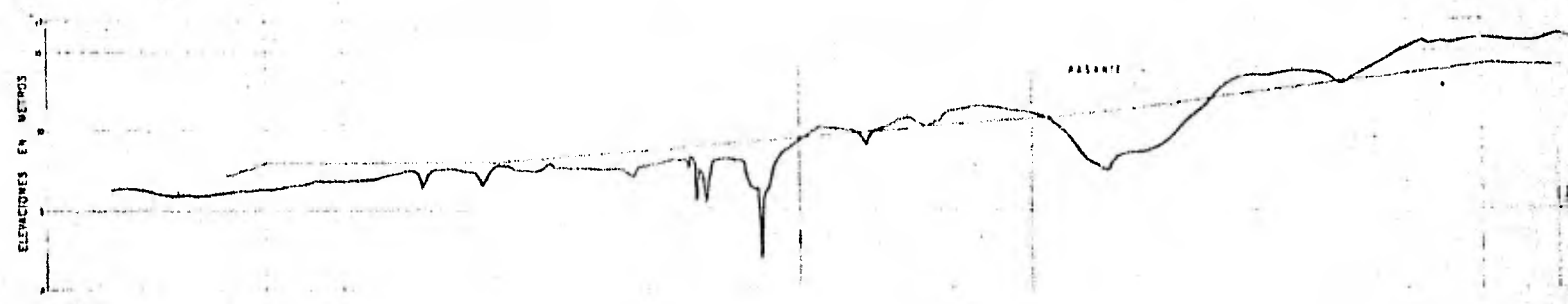
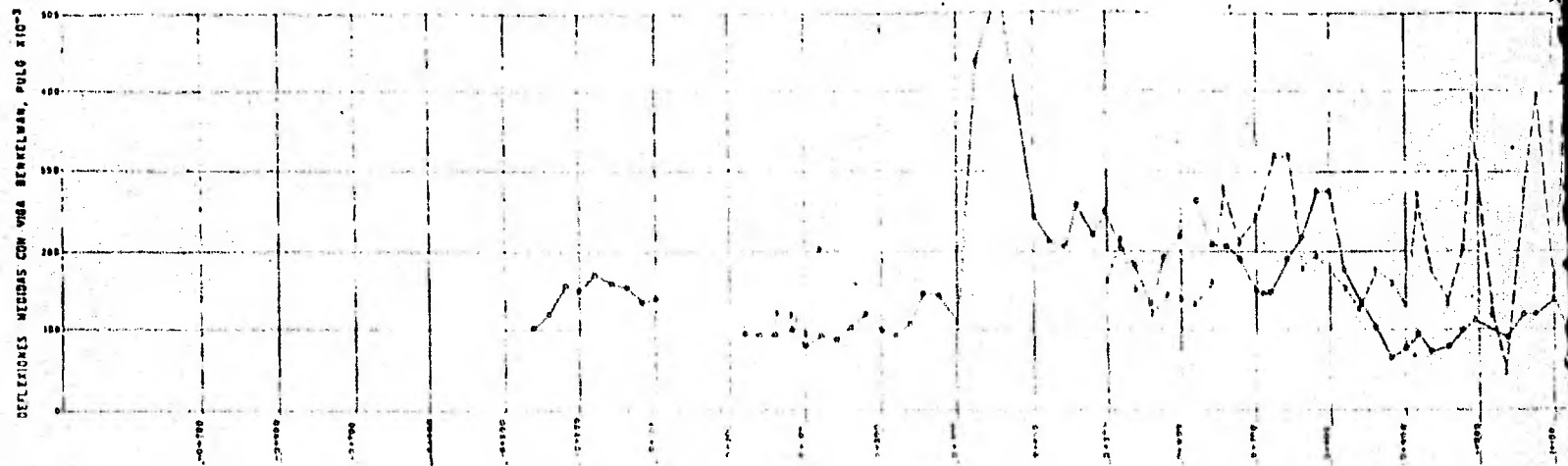
FAC INGENIERIA NO 1

das, teniendo resistencia a la compresión simple hasta de --
4 kg/cm² (medidas con penetrómetro de bolsillo); si bien es-
tas resistencias tienden a disminuir dentro de ciertos lími-
tes con la profundidad, debido aparentemente al menor efecto
de la evaporación, habiéndose registrado valores de q_u (com-
presión simple), de aproximadamente 1.0 a 1.5 kg/cm², a unos
3 m de profundidad.

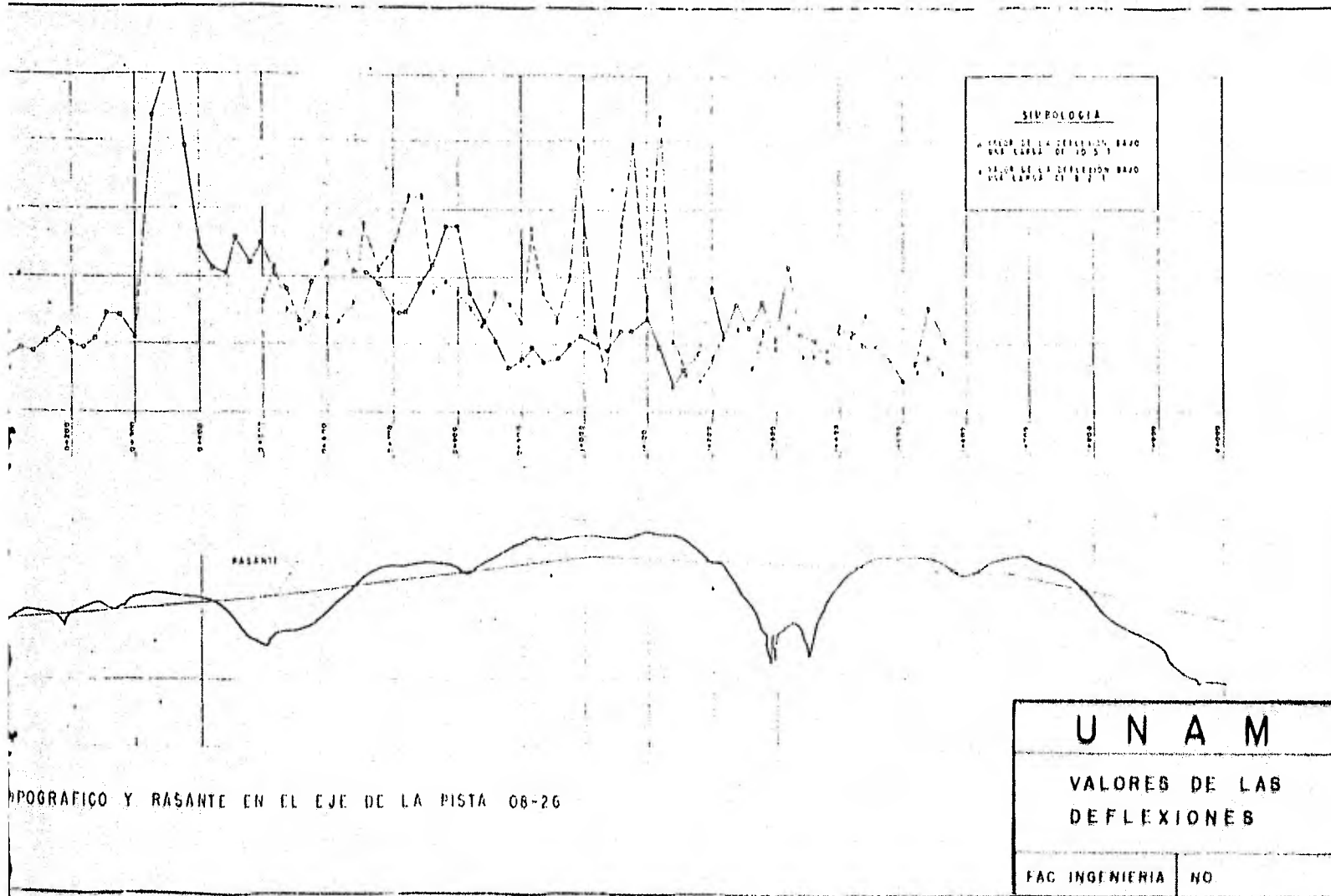
De acuerdo a lo señalado en el punto anterior, se des-
prende que la humedad natural es superior a la óptima de com-
pactación, ya que ésta a su vez suele ser en las arcillas --
(CH), sensiblemente inferior a la del límite plástico.

En el caso particular del subsuelo, en el área de la --
plataforma de operaciones, se observó que el material exis-
tente bajo el nivel de la subrasante, es bastante diferente_
al de las arcillas de la pista, ya que se trata de una arena
fina arcillosa de consistencia firme a muy firme, cuyo espe-
sor es superior a 1.5 m.

El límite líquido es del orden de 35% a 40% y el límite
plástico de alrededor de 20%, valor muy parecido al de la hu-
medad natural; el contenido de arena es de un 65% y el nivel
de aguas freáticas se localiza a 1.5 m bajo la subrasante.



PERFIL TOPOGRAFICO Y BASANTE EN EL EJE DE LA PISTA 08-26



2.2. ESTIMACION DE CARGAS.

Los pavimentos de los aeropuertos, además de ser diseñados para resistir las cargas que le serán inducidas por las aeronaves, deberán de proporcionar las condiciones de máxima eficiencia y seguridad durante su vida útil. Para ello tendrá relevante importancia el realizar un adecuado diseño de las juntas constructivas de los sistemas de drenaje en las zonas de transición, de la textura de las capas superficiales y de las provisiones tomadas para resistir los esfuerzos que genera la repetición de las cargas.

En este inciso nos avocaremos al diseño del pavimento, desde el punto de vista de su resistencia a las cargas, la cual se relaciona con el tipo de subrasante sobre el que se apoyará y con el espesor del mismo.

METODO DEL CUERPO DE INGENIEROS, (CBR).

El método CBR (California Bearing Ratio), o VRS (Valor Relativo de Soporte) como se le conoce en México, se aplica al diseño de pavimentos flexibles, este método tuvo su origen en el año de 1928, desarrollado por la división de carreteras del Estado de California, Estados Unidos de Norteamérica, O. J. Porter fue el hombre más íntimamente ligado con el desarrollo de este método.

La prueba CBR es una prueba de penetración, cuyo resultado es un índice que expresa la resistencia al esfuerzo cortante del suelo, la prueba consiste en penetrar la muestra del suelo compactada en laboratorio, inalterada o prueba "in situ" por medio de un pistón de 3 pulg² (19.35 cm² de

área aproximadamente 2 pulg = 5 cm de diámetro), a una velocidad de carga que provoque una penetración de 0.05 pulg/min. El CBR del suelo es su resistencia a la penetración del pistón de 0.1" (2.54 mm) expresado como un porcentaje respecto a la resistencia de una grava triturada estandarizada. La grava triturada estándar tiene una resistencia de 1 000 lb/pulg² (70.37 kg/cm²), es decir, requiere de una fuerza sobre el pistón de 3 000 lb (1 361 kg).

Sin embargo, si el CBR calculado a partir de una penetración de 0.2", es mayor, se utiliza este último para propósitos de diseño.

Una de las ventajas del método CBR es la sencillez con la que el diseño puede ser llevado a cabo, pero tiene la desventaja de que como la prueba es empírica, el diseño está basado en correlaciones.

Al adoptar el Cuerpo de Ingenieros el método CBR, partió de las curvas de diseño para carreteras (del Estado de California) la Fig. Núm. 2.1, muestra dichas curvas; la curva "B" indica el espesor mínimo de pavimento requerido para tráfico ligero y la curva "A" el requerido para tráfico pesado que era de 9 000 lb (4 082 kg) por rueda. Debido a las diferencias de intensidad de las cargas y de canalización del tráfico, el Cuerpo de Ingenieros supuso que la carga de 9 000 lb (4 082 kg) por rueda de vehículo terrestre era equivalente a una carga de 12 000 lb (5 443 kg) por rueda de avión.

El método de extrapolación de las curvas para mayores

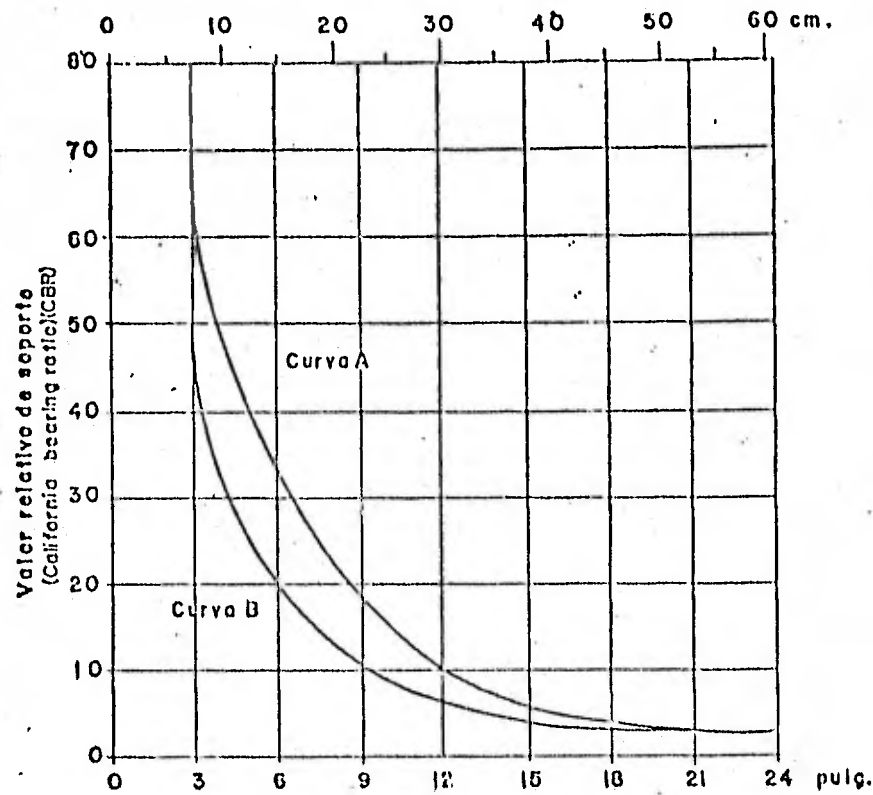


Fig. 2.1 Espesor total de base y carpeta

Espesor total de base y carpeta en relación con los valores de CBR (cuerpo de Ingenieros)

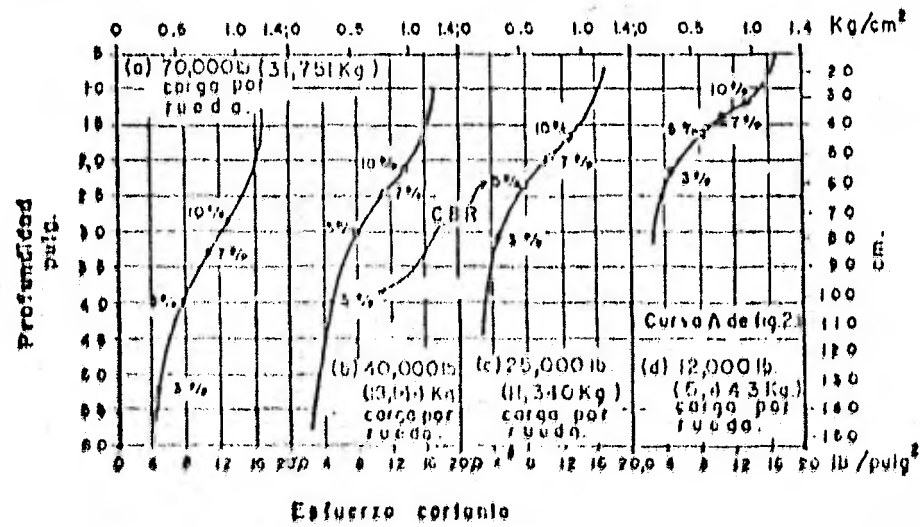


Fig. 2.2 Extrapolación de los espesores de pavimento de carreteras por medio de la teoría elástica (cuerpo de Ingenieros)

cargas de rueda sencillas se muestran en la fig. Núm. 2.2. - Los esfuerzos cortantes fueron calculados para varias cargas de rueda y graficados en función de la profundidad, como se indica en la fig. Núm. 2.2.

Con base en cálculos de carga, esfuerzos y profundidades supuestas, se llegó a que las profundidades que representan espesores, fueron graficadas relacionándolas con los valores CBR y obteniéndose las primeras curvas tentativas de diseño como la mostrada en la fig. Núm. 2.3.

Los resultados de las investigaciones empíricas mostraron que las curvas establecidas, a partir de consideraciones teóricas, eran conservadoras para valores altos de CBR y para la carga de rueda más pesada y con valores bajos de CBR proporcionaron espesores de pavimento insuficiente.

A fines de la Segunda Guerra Mundial aparecieron los aviones con piernas de tren de aterrizaje constituidas por ruedas dobles (avión B-29); por tanto, se requirió un análisis del efecto de esta configuración de ruedas sobre el espesor de pavimento y el desarrollo de curvas de diseño apropiadas para dicha configuración.

El análisis se basó en la carga total de la pierna de tren de aterrizaje con ruedas dobles, la distancia entre las ruedas, centro a centro, la distancia entre las caras interiores de las ruedas, así como de la teoría de Boussinesq. Con dicho análisis se demostró que una carga sencilla, que ocasiona la misma deflexión máxima que una carga de ruedas múltiples, puede producir esfuerzos iguales o aún mayores en

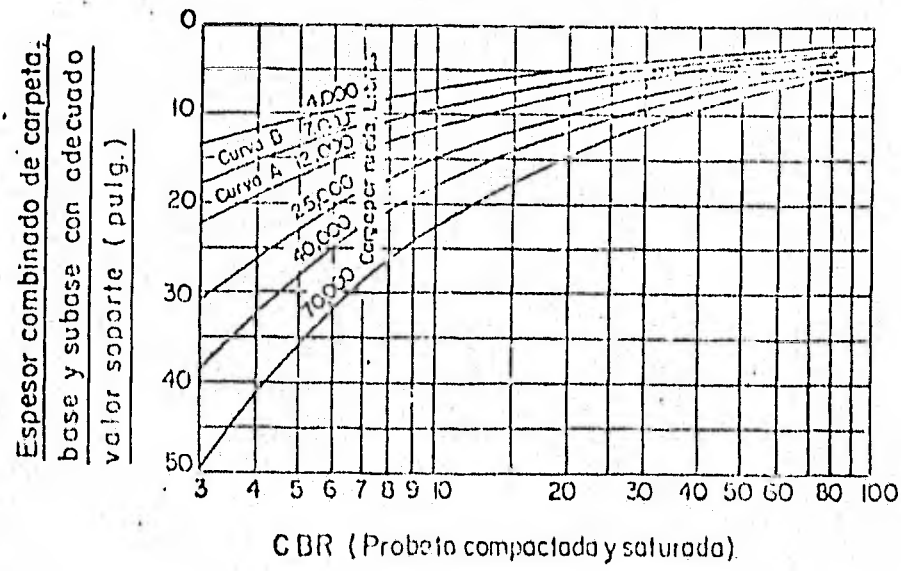


Fig. 2.3 Curvas tentativas de diseño de pavimentos flexibles
(Cuerpo de Ingenieros)

la cimentación, en comparación con la carga de rueda múltiple. Para propósitos de diseño, la carga de rueda sencilla puede ser considerada equivalente a la carga de ruedas múltiples. De esta manera se introdujo el nuevo concepto de carga de rueda equivalente sencilla.

Se estableció también una expresión a partir de la cual se obtiene el espesor de pavimento, en función de la carga de rueda.

$$t = \alpha_i \sqrt{\frac{ESWL}{8.1(CBR)} - \frac{A}{\pi}}$$

En donde:

t = Espesor del pavimento (pulg).

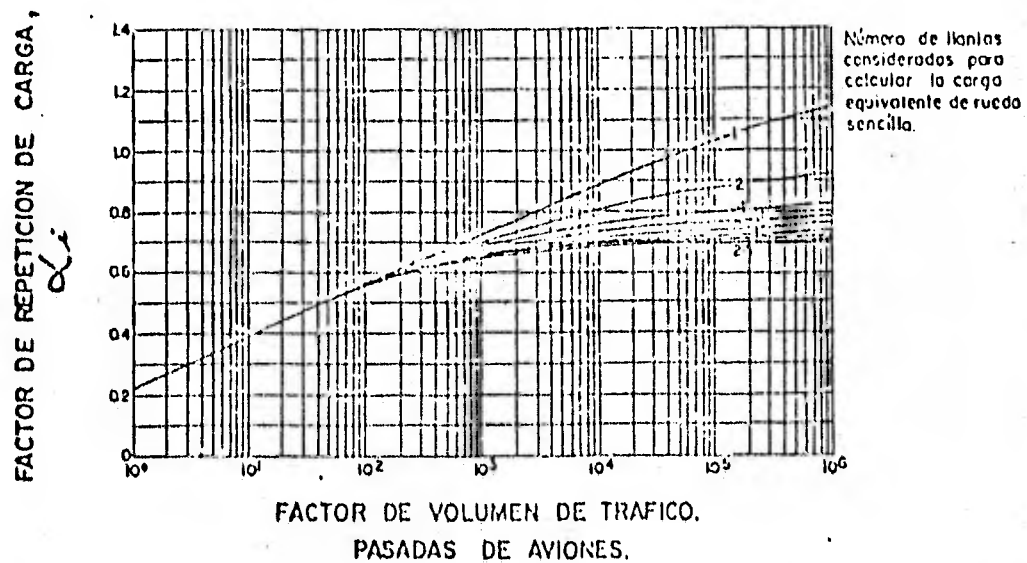
α_i = Factor de repetición de carga, que depende del número de ruedas del tren principal que se ha utilizado para calcular la carga de rueda equivalente sencilla, fig. Núm. 2.4

ESWL = Carga equivalente de rueda sencilla (Equivalent Single Wheel Load).

A = Area de contacto (pulg²).

La expresión anterior proporciona espesores de pavimento razonables hasta para valores de CBR = 15. Esto hizo necesario crear gráficas que permitan abarcar los casos en que el CBR fuera superior al 15%. Algunas de estas gráficas se muestran en las Figs. Núms. 2.5, 2.6, 2.7 y 2.8 (Douglas Aircraft Company 1969); 2.9 y 2.10 (Boeing Company 1972 y 1975, respectivamente.

Fig. 2.4



FACTOR DE REPETICION DE CARGA CONTRA NUMERO DE PASADAS
(Cuerpo de Ingenieros. Estacion experimental Waterways)

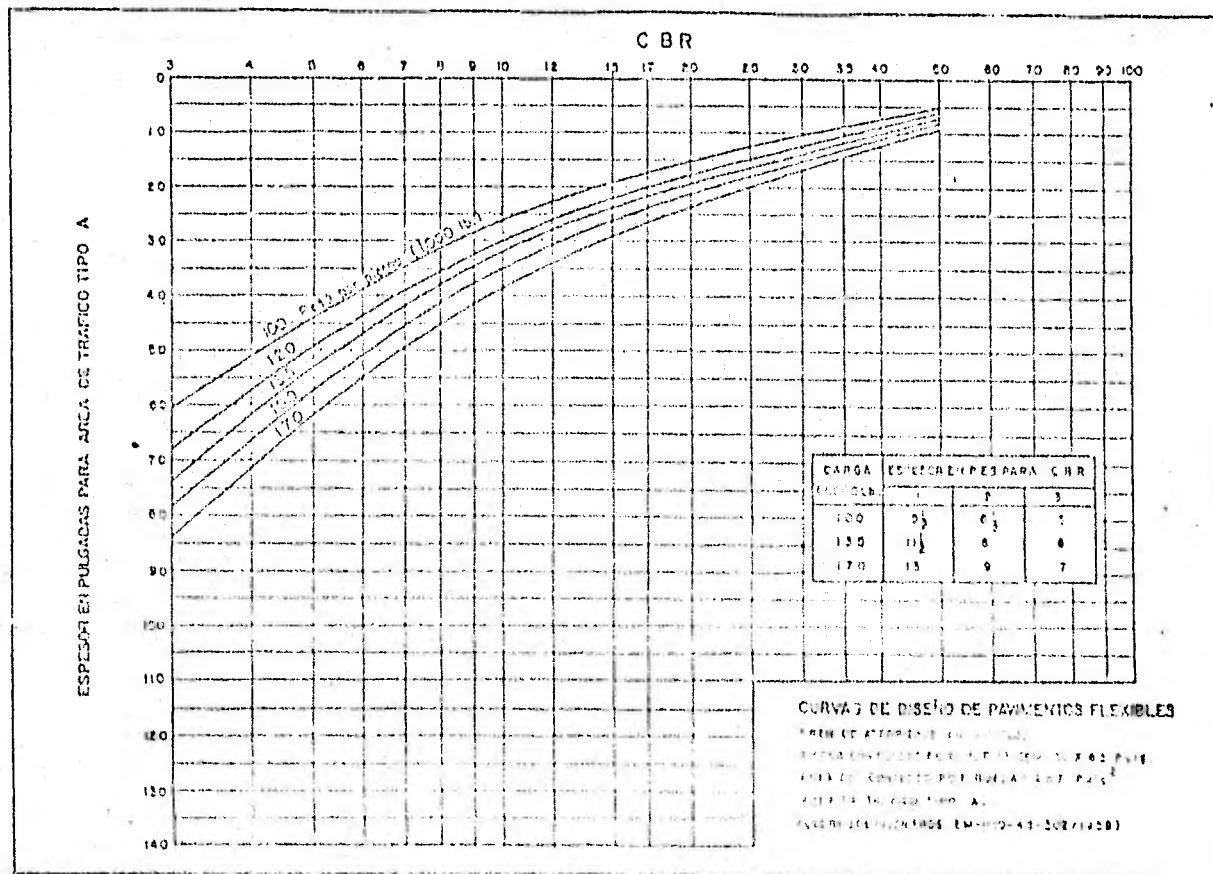


Fig. 20

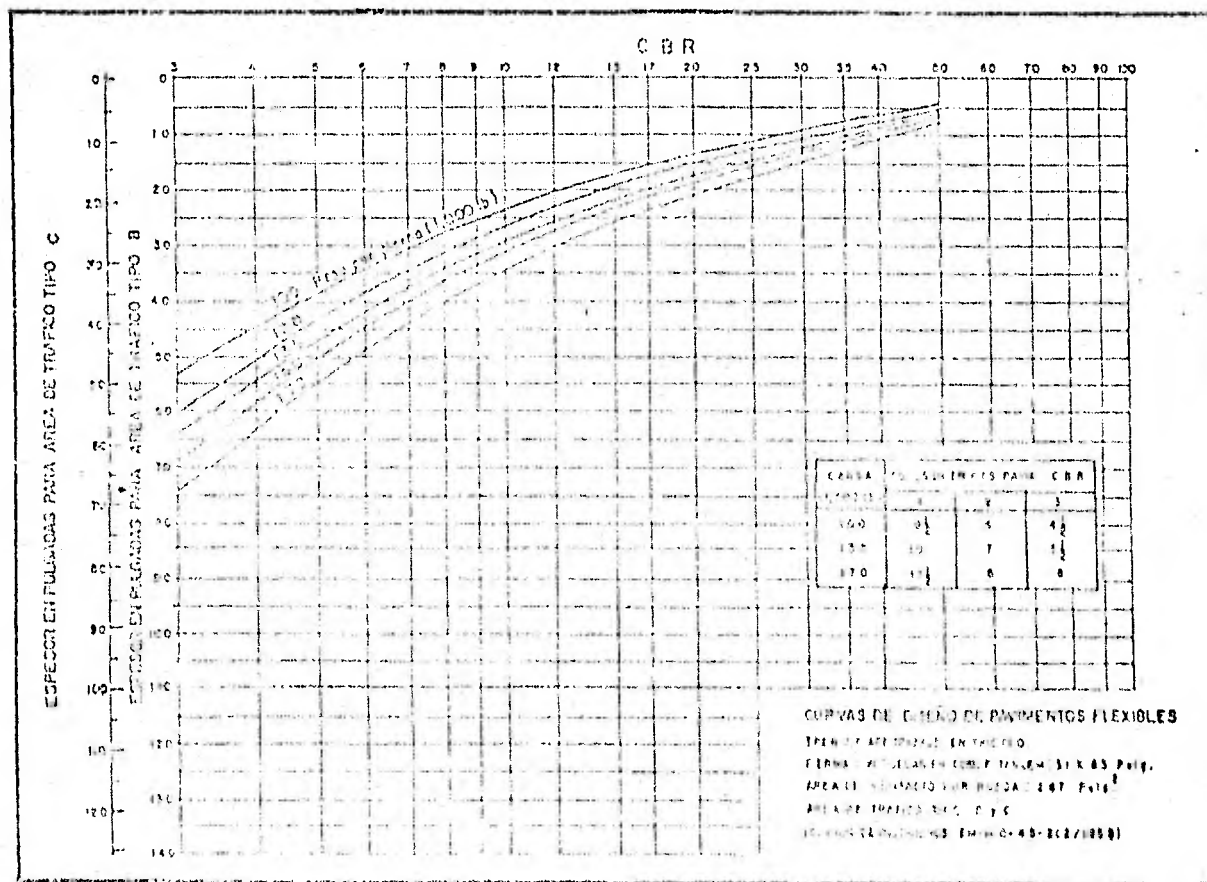


Fig. 1

Llantas: 44x16" Presión de Inflado: 186 lb/pulg.²

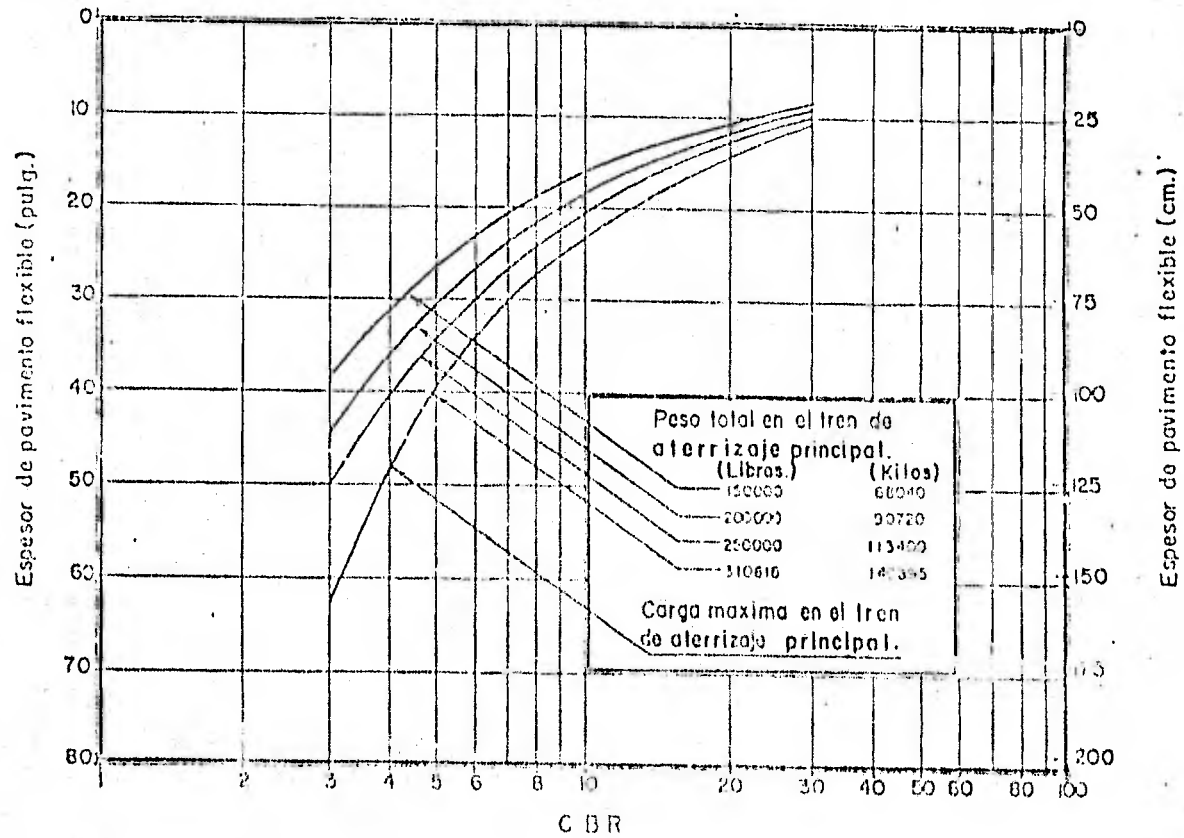


FIG. 2.7 Requerimientos de pavimento flexible por el método de diseño del cuerpo de Ingenieros. (ASCE-2046/1949) Avion DC-8-55 F.

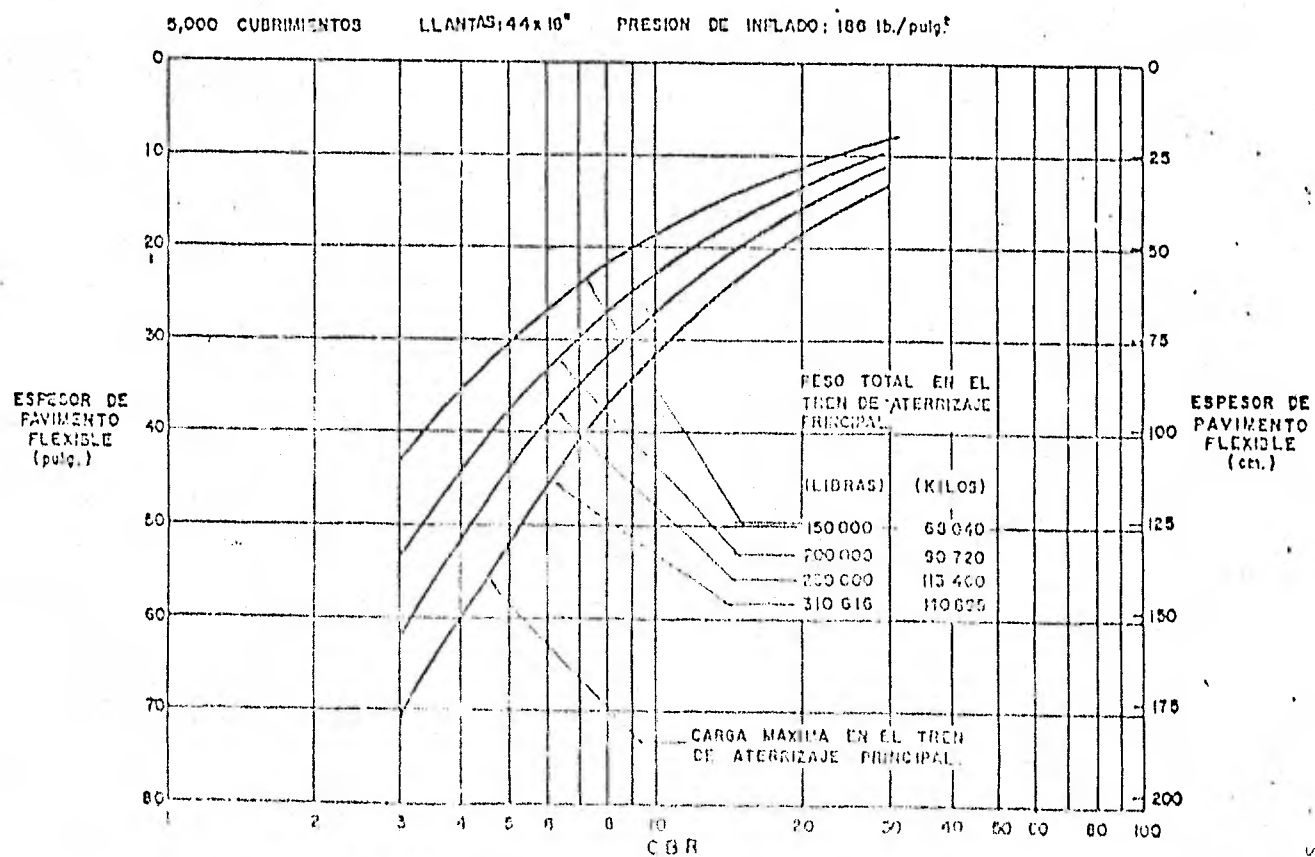


Fig. 2.4 REQUERIMIENTOS DE PAVIMENTO FLEXIBLE POR EL METODO DE DISEÑO DEL CUERPO DE INGENIEROS. (SEFL 165A)
AVION DC-8-55F

Llantas: 49x17" (124.5x43.2cm). Presión de inflado: 158 lbs/pulg.² (11.1 Kg./cm.²).

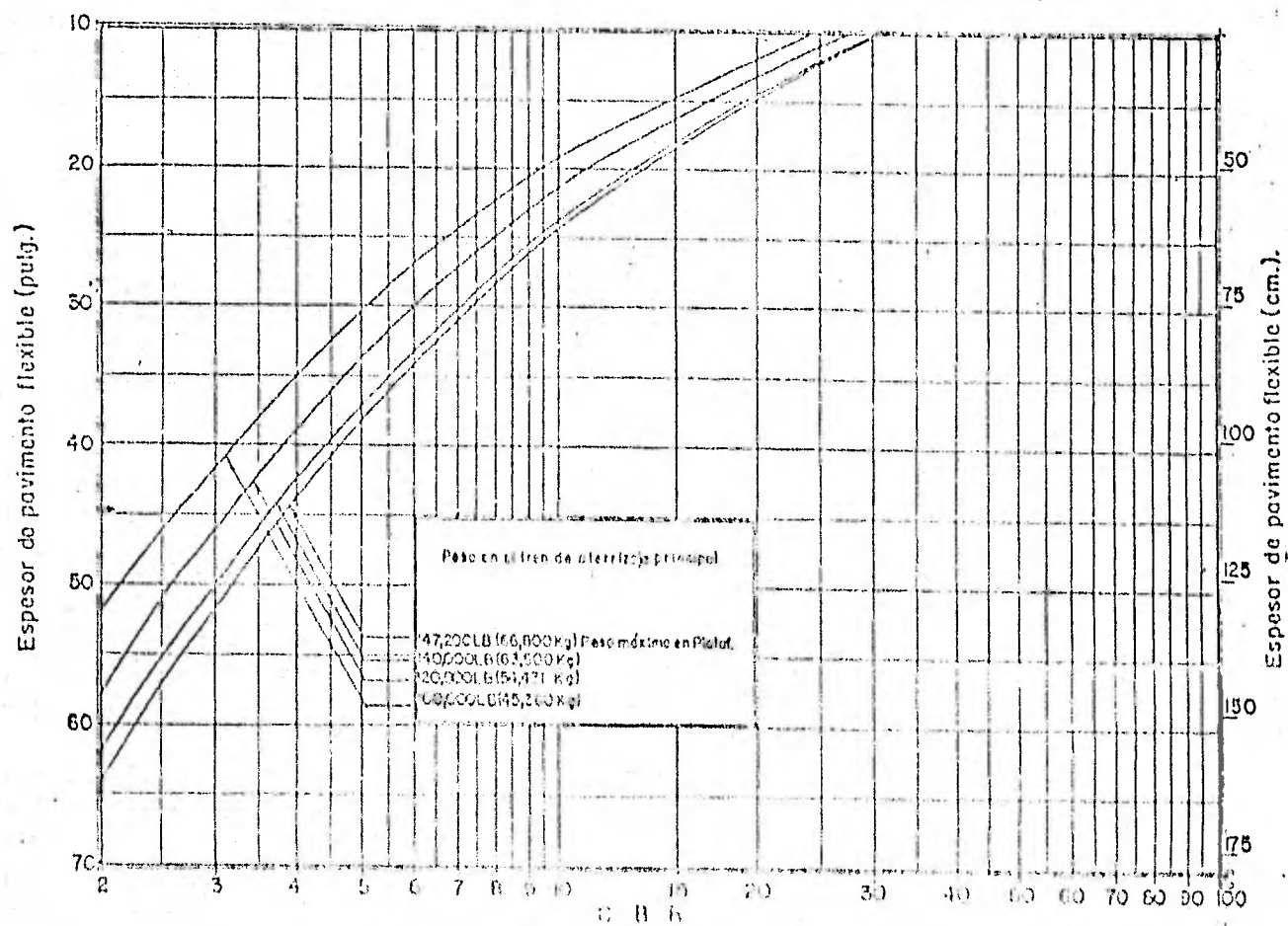


FIG 2.9 Requerimientos de pavimento flexible Método de diseño del cuerpo de ingenieros modificado por SEFL 165 A
Avion B-727 - 100 y 100 C

5,000 Cubrimientos.

Llantas 46x16-30 PR tipo VII. Presión de Inflador 210 lb./pulg² (14.8 kg/cm²)

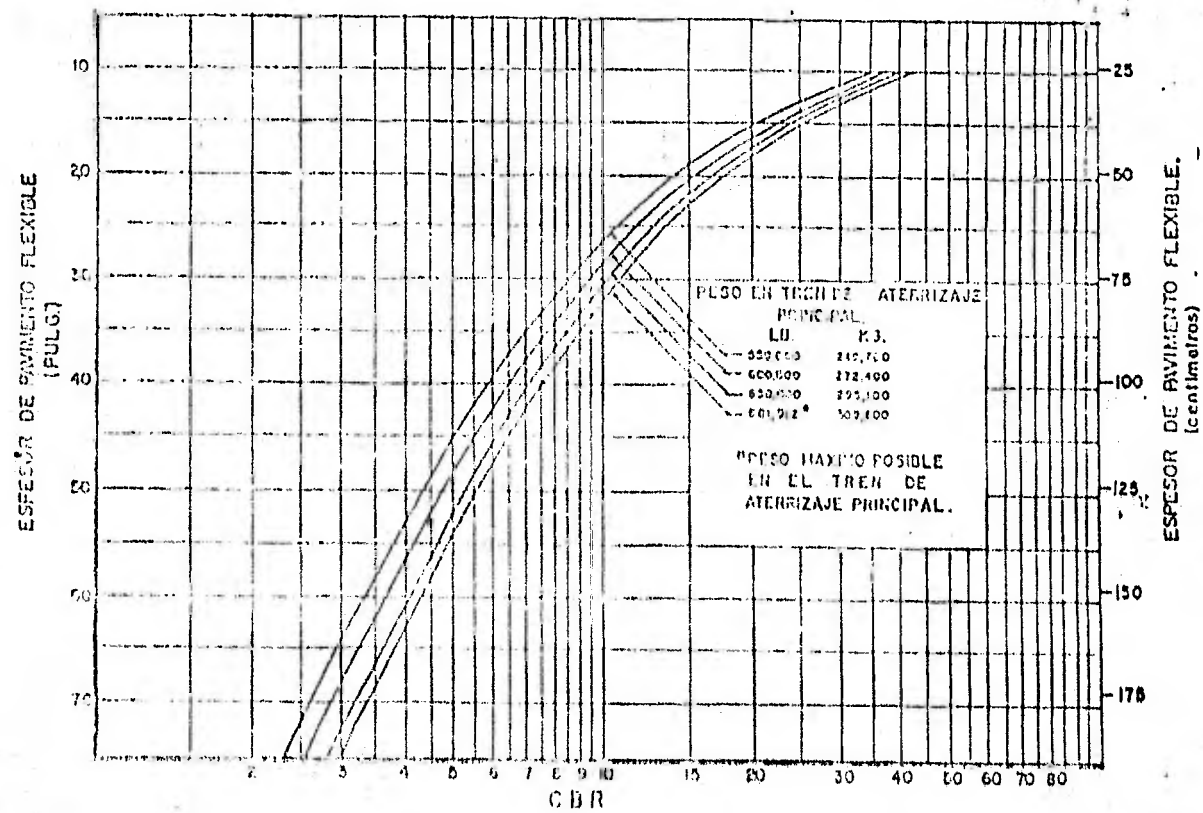


Fig. 10. Requerimientos de pavimento flexible Método de diseño del cuerpo de Ingenieros (SI, E. 1958)
AVION 15/1/100

Para el caso del pavimento del nuevo Aeropuerto de Villahermosa, Tab., el espesor del pavimento se diseñó considerando como datos básicos los siguientes:

Tipo de pavimento, - Pavimento Flexible,

Tipo de Aeronave, - Boeing 727-100 con peso máximo de 70 ton. El tren de aterrizaje de este tipo de avión consta de dos ruedas en cada pata principal y dos en la nariz, tipo de rueda doble, en ambos casos,

Valor relativo de soporte de terracerías:

En la terracería, - 5%

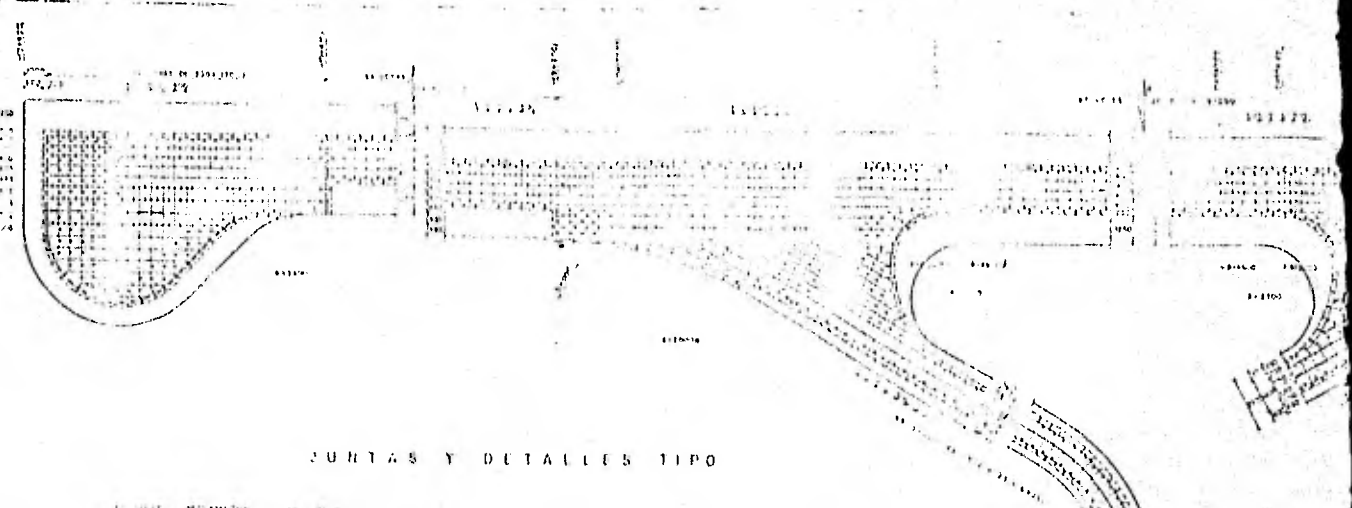
En la capa subrasante, - 10%

En la capa subrasante

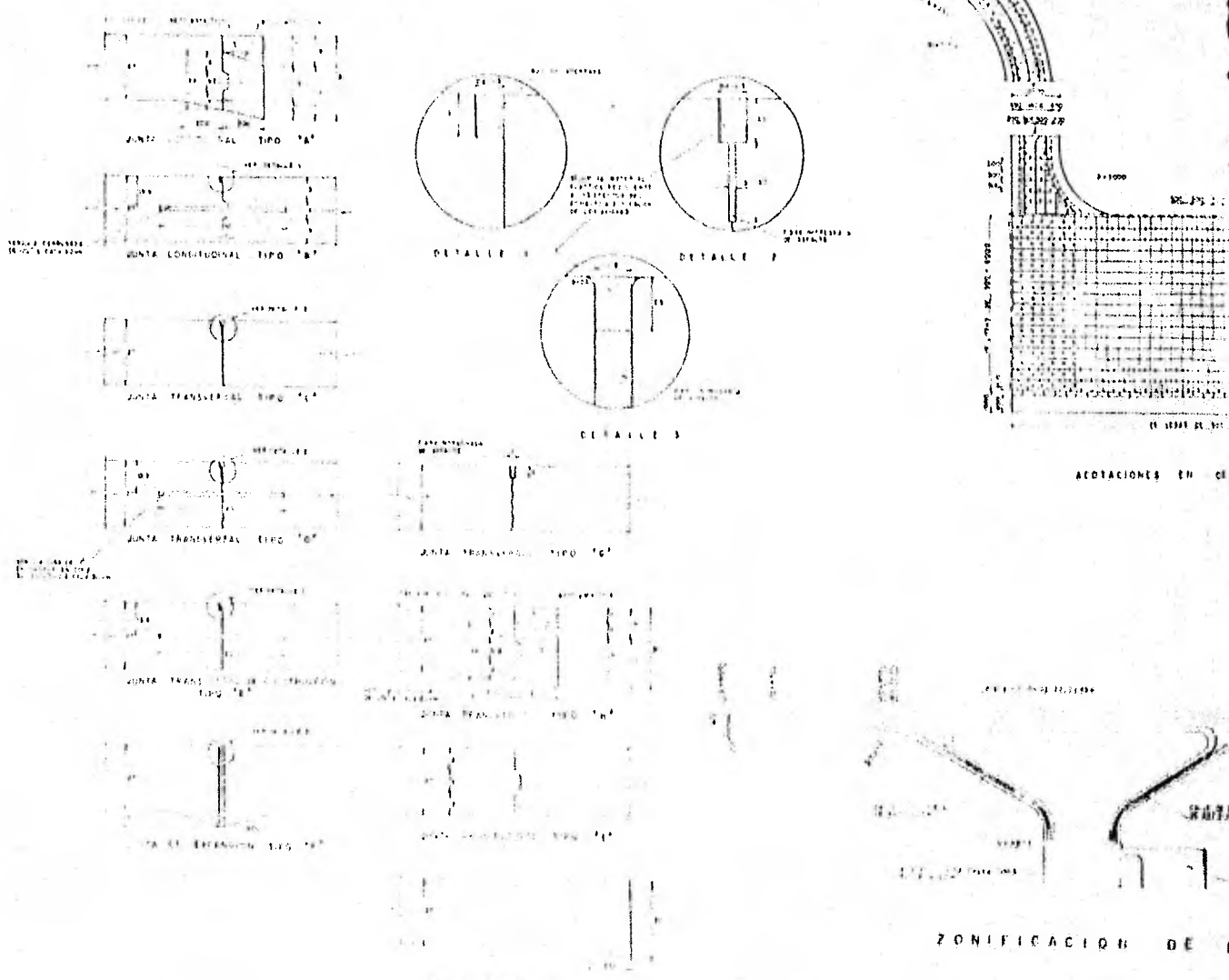
mejorada, - 15%

Para el diseño del pavimento, es necesario saber la carga del tren de aterrizaje principal, este valor se considera que es aproximadamente el 90% del peso total de operación, en este caso dicha carga es de 63,5 ton. En la fig. Ndm. 2.9 con los valores de CBR de 5%, 10% y 15%, se obtienen los siguientes espesores 95, 75 y 45 cm, respectivamente, de aquí el espesor combinado base hidráulica, base asfáltica y carpeta es de 45 cm. En los planos Ndns. 2 y 3, se puede observar los cortes y planta de espesores de las zonas de los pavimentos del Aeropuerto de Villahermosa, Tab.

CABECERA 08



JUNTAS Y DETALLES TIPO



2.3.- DETERMINACION DE ESPECIFICACIONES.

Cualquier obra de ingeniería que involucre trabajo con terracerías (construcción de cortes o terraplenes, compactación de estos últimos, etc.), deberá aprobarse a ciertas especificaciones o normas editadas y aprobadas antes de la realización de un proyecto.

Estas especificaciones, son adoptadas por las distintas dependencias encargadas de realizar un proyecto determinado, y en ellas se detallan las condiciones que deberán satisfacerse durante la ejecución de los trabajos granulométricos de los materiales, grados de compactación, etc.

Así mismo, dichas especificaciones indicarán claramente la forma de medición y pagos y deslindarán los derechos y obligaciones del contratista para el tiempo que dure la ejecución de la obra. Ejemplos de estas especificaciones en nuestro país: Especificaciones Generales de Construcción de la Secretaría de Asentamientos Humanos y Obras Públicas, Normas Generales y Técnicas de Construcción de la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, etc.

TERRACERIAS .

a).- Desmonte.- Se llevará a cabo en los lugares que indique el proyecto y/o la Secretaría, deberá efectuarse un desmonte de acuerdo con lo señalado en la Parte Segunda de las Especificaciones Generales de Construcción de la propia Secretaría de Asentamientos Humanos y Obras Públicas (SAHOP).

b).- Despalme.- Se efectuará un despalme del espesor --

que fije el proyecto y/o la Secretaría en: los 68 m centrales de la pista; en todo lo ancho de las plataformas y sus acotamientos en los 23 m centrales de las calles de rodaje y sus acotamientos en los 15 m centrales del acceso entre plataformas y en los 4 m centrales o en los 7.5 m centrales en el camino perimetral o en el camino de acceso.

c).- Compactación.- La superficie en la cual habrá de desplantarse los terraplenes bajo el área de los pavimentos, se compactará hasta alcanzar el 90% de su peso volumétrico seco máximo en la capa superior de 15 cm.

d).- Terraplenes.- En el cuerpo de los terraplenes, bajo las áreas de pavimentos en la pista (considerando el ancho del pavimento más 4 m a cada lado de la pista), plataformas (considerando el ancho del pavimento más 8 m a cada lado), y calles de rodaje (considerando el ancho del pavimento más 8 m a cada lado), deberán compactarse por capas de espesor adecuado al equipo que se utilice; debiendo lograrse en cada capa un grado de compactación del 95% de su peso volumétrico seco máximo.

Asimismo, el cuerpo de los terraplenes en las franjas de seguridad, deberán compactarse hasta obtener el 90% de su peso volumétrico seco máximo.

En el camino de acceso y en el área de estacionamiento para vehículos, el grado de compactación para obtener, será

del 95% de su peso volumétrico seco máximo.

En las zonas comprendidas entre los 75 m y los 150 m a cada lado del eje de la pista, fuera de las franjas de seguridad, los terraplenes se construirán extendiendo el material sin compactar en capas no mayores de 30 cm de espesor, hasta completar la sección del proyecto.

e).- Subrasante.- La capa subrasante en la pista, las plataformas así como en las calles de rodaje, se construirá con material no mayor de 3 pulg (7.5 cm), con un espesor de 50 cm y quedará compactada al 100% de su peso volumétrico seco máximo.

La capa subrasante mejorada estará formada por una mezcla de arena-arcilla en proporción volumétrica aproximada de 70-30%, respectivamente, compactándose por capas hasta alcanzar el 100% del peso volumétrico seco máximo.

En el camino de acceso y en el área de estacionamiento para vehículos, la capa subrasante tendrá un espesor de 30 cm y una compactación del 95% de su peso volumétrico seco máximo, con un tamaño de agregado máximo de 3 pulg (7.5 cm).

f).- Cortes.- En las zonas en las cuales se abrirá una caja para alojar la capa subrasante de la pista, calles de rodaje, plataformas de operaciones, la superficie descubierta deberá compactarse hasta alcanzar un grado de 95% en un espesor de 15 cm.

Cuando las franjas de seguridad se alojen con los cortes, una vez lograda la sección de proyecto, se compactará la capa superior de 20 cm de espesor hasta lograr un grado

de 90% de su peso volumétrico seco máximo.

En los casos en que los acotamientos se alojen en cortes, deberá compactarse la superficie de desplante del pavimento en los últimos 20 cm de espesor, en un grado de 95% de su peso volumétrico seco máximo.

El contratista deberá programar la ejecución de los terraplenes de tal forma de contar con un drenado que evite encharcamiento por lluvias en las áreas de pavimentos.

P A V I M E N T O S .

Definición.- Es la capa o conjunto de capas de materiales adecuados, comprendidos entre la capa subrasante y la superficie de rodamiento, cuyo fin es la de proporcionar una superficie uniforme resistente a la acción del tránsito, al intemperismo y a cualquier otro agente perjudicial, así como la de transmitir adecuadamente a la subrasante los esfuerzos producidos por el tránsito.

Tipos.- Existen dos tipos de pavimento: Flexible y Rígidos.

El pavimento flexible.- Es aquél que está construido por: sub-base, base y carpeta, su función es la de absorber gradualmente los esfuerzos para transmitirlos a la capa subrasante.

El pavimento rígido.- Es aquél que está construido por una losa de concreto hidráulico, la cual se apoya directamente sobre la subrasante o sobre una capa de material seleccionado, generalmente de tipo granular, en este tipo se supone

que la losa absorbe la mayoría de los esfuerzos producidos por las cargas actuantes sobre ella.

Funciones.- Se describirá desde el punto de vista funcional los diferentes elementos que la constituyen, vistos anteriormente pavimento flexible.

Sub-base.- Es la capa de material o materiales seleccionados y generalmente de mejor calidad que la subrasante, que se construye sobre esta última y cuya función es la de:

- 1).- Soportar los esfuerzos que transmite la base y distribuirlos a la sub-rasante en tal forma, que no se produzcan deformaciones permanentes y perjudiciales.
- 2).- Construir una capa de transición entre la subrasante y la base para evitar la interpenetración de ambos materiales.
- 3).- Disminuir efectos perjudiciales sobre el pavimento debido a cambios volumétricos o deformaciones elásticas excesivas en las terracerías, así como evitar el rebote elástico que en ocasiones se presenta y se transmite a la base.
- 4).- Evitar o disminuir el acceso capilar de agua a niveles superiores, a medida que el suelo es más fino no de acceso capilar es menos y viceversa.
- 5).- Construir una capa de dren,
- 6).- Economía.- Mientras mayor sea el espesor de la subbase, se tendrá un pavimento más económico, ya que los materiales son de menor calidad que los de la

base y carpeta, pero desde luego deberán cumplir con los requisitos mínimos de calidad establecidos.

Base.- Es la capa de material o materiales seleccionados que se construyen sobre la sub-base y en ocasiones sobre la subrasante y cuya función es la de:

- 1).- Soportar los esfuerzos inducidos por el tránsito a través de la carpeta y transmitirlos a la sub-base en forma tal, que no se produzcan deformaciones perjudiciales.
- 2).- Que sea económico.

Carpeta.- Es la parte superior de un pavimento flexible, siendo la combinación de material pétreo y material asfáltico, de varios espesores y tipos cuya función es:

- 1).- Proporcionar una superficie de rodamiento uniforme estable, capaz de resistir los efectos abrasivos y rasantes producidos por los vehículos y los agentes del intemperismo, así como también transmitir cargas verticales.
- 2).- Proporcionar textura y color apropiado para evitar que sea derrapante o reflejante.
- 3).- Impedir hasta donde sea posible la infiltración del agua, es decir, que sea impermeable.
- 4).- Completar el espesor del pavimento, ya que a mayor espesor de éste, aumenta la capacidad estructural del mismo.

Riego de sello.- Es la aplicación de material pétreo

3-A o 3-B sobre la superficie con un riego de asfalto, sus funciones son:

- 1).- Impermeabilizar la carpeta.
- 2).- Proteger la carpeta contra el desgaste.
- 3).- Mejorar la calidad de la superficie de rodamiento, corrigiendo ciertas deficiencias en el acabado.
- 4).- Mejorar las condiciones de reflexión de la luz de los faros en la noche.
- 5).- Delimitar la superficie de rodamiento y los acotamientos, utilizando el color apropiado de los agregados.
- 6).- Mejorar las características antiderrapantes de la carpeta.

FACTORES DE DISEÑO,

Los factores de diseño no son constantes, sino aleatorios, que se unen a variables, a saber cómo:

- 1).- Variables estructurales: incluye el terreno de cimentación, terracería y el pavimento.
- 2).- Variables de carga: son los efectos producidos por el tránsito para el cual fue hecha la carretera o aeropista.
- 3).- Variables de clima: temperatura, régimen de precipitación media anual.
- 4).- Condiciones regionales: topográficas y geológicas.

PAVIMENTO FLEXIBLE:

Una vez terminada la terracería, se procederá a la colo

cación del material de base. Este material deberá tener un tamaño máximo de 1-1/2", una granulometría lo más posible dentro de la zona dos de las Especificaciones Generales de Construcción de la SAHOP y compactarse al 100% como mínimo.

La base estabilizadora con asfalto se construirá mediante el sistema de mezcla en planta en caliente con cemento asfáltico en la proporción que dará el Laboratorio de Campo SAHOP. El material pétreo tendrá un tamaño máximo de 1" y granulometría dentro de la zona dos de las Especificaciones Generales de Construcción de la SAHOP. La mezcla se compactará en una sola capa hasta alcanzar el 95% respecto a la prueba de laboratorio.

Sobre la base hidráulica terminada, se dará un riego de impregnación utilizando un producto asfáltico del tipo FM-1 a razón de 1,3 lts/m², aproximadamente.

Sobre la base hidráulica impregnada, así como sobre la base estabilizada, se dará un riego de liga, utilizando un producto asfáltico del tipo FR-3 a razón de 0,4 lts/m², aproximadamente.

Una vez efectuado el riego de liga, se procederá a la colocación de la carpeta, la cual será elaborada en planta, utilizando cemento asfáltico Núm. 6, agregados de tamaño máximo de 3/4" con granulometría comprendida dentro de la zona dos de las Especificaciones Generales de Construcción de la SAHOP y con una dosificación aproximada de 100 kg/m³ de material pétreo seco y suelto. Deberá alcanzarse como mínimo el 95% de compactación con respecto a la prueba de laborato-

rio; se deberá tener las precauciones necesarias a fin de -- evitar la segregación y clasificación del material para obtener una textura uniforme.

PAVIMENTO RIGIDO.

La sub-base del pavimento rígido deberá llenar exactamente los mismos requisitos de la base del pavimento flexible.

Previamente a la construcción de las losas se dará sobre la sub-base un riego de impregnación con un producto asfáltico del tipo FM-1 a razón de 1.3 lts/m^2 , aproximadamente.

Antes de iniciar cualquiera colada, deberá asegurarse que la sub-base se encuentra saturada, lo cual podrá conseguirse mediante riegos de agua previos.

Los materiales que se emplearán en la elaboración del concreto hidráulico, deberán sujetarse a las siguientes especificaciones.

- a).- Agregado grueso.- Debe ser textura cerrada, proveniente de un banco con características uniformes, de tamaño máximo de 50.8 mm (2"), de resistencia estructural superior a la resistencia de proyecto del concreto y que cumpla lo dispuesto en los Incisos 96-05-3 (párrafos A, B, C y D) de la Parte Octava de las Especificaciones Generales de Construcción de la SAHOP. Deben separarse en dos tamaños: uno de 50.8 mm (2"), y el otro de 19 mm (3/4") al retenido en la malla Núm. 4, para evitar

la segregación.

- b).- Agregado fino.- Su densidad no deberá ser menor de 2.5, su contenido de polvo no mayor del 3% y cumplirá con lo dispuesto en el Inciso 96-5.2 (párrafo A, B y C) de la Parte Octava de las Especificaciones Generales de Construcción de la SAHOP.
- c).- Cemento Portland.- Para esta obra deberá emplearse cemento normal, Tipo 1, que satisfaga los requisitos establecidos en las Especificaciones Generales de Construcción de la SAHOP.
- d).- El agua que se emplee en la fabricación del concreto, deberá cumplir con lo dispuesto en la Cláusula 96-07 de la Parte Octava de las Especificaciones Generales de Construcción de la propia Secretaría.
- e).- Aditivo.- Se deberá emplear un agente inclusor de aire que satisfaga la Especificación C-260 ASTM, a fin de dar mayor plasticidad y trabajabilidad al concreto y evitar la segregación y el sangrado e incluir 3% de aire como mínimo y 5% como máximo. Dichos aditivos se usarán en las proporciones recomendadas por la Secretaría, haciendo en cada caso las pruebas preliminares necesarias 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 re

ciente para evitar en el futuro concentraciones_ mayores en la solución por usar.

Para la selección del aditivo, la Secretaría de -- Asentamientos Humanos y Obras Públicas, efectuará_ pruebas comparativas de los productos propuestos y elegirá el que más le convenga.

- f).- Sellado de las juntas.- El material para el sellado de las juntas, deberá ser elástico, resistente_ a los efectos del combustible y calor de los aviones, además de adherirse al concreto y permitir -- las dilataciones y contracciones de éste sin agrietarse. El producto deberá ser previamente aprobado por la Secretaría de Asentamientos Humanos y Obras Públicas.

A continuación se proporcionan las Especificaciones para la elaboración, transporte, colocación, compactación, curado y control del concreto hidráulico.

Características del Concreto.- El concreto deberá tener una consistencia plástica medida por revenimiento que esté -- entre 3 y 5 cm. Su módulo de resistencia a la tensión por -- flexión deberá ser de 45 kg/cm^2 a los veintiocho días.

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 deberá cumplir con lo dispuesto en el inciso 22-04.10 y 22-04.12 de -- las Especificaciones Generales de Construcción de la SAHOP.

Transporte.- El transporte del concreto deberá cumplir

con lo dispuesto en el Inciso 22-04.13 de las Especificaciones Generales de Construcción de la SAHOP.

Colocación.- La cimbra lateral del pavimento deberá ser metálica y estará perfectamente limpia, desprovista de polvo y engrasada con aceite mineral, debiéndose sujetar cumpliendo con lo indicado en el Inciso 59-04.6, Parte Cuarta de las Especificaciones Generales de Construcción de la SAHOP. La colocación y compactación inicial del concreto, deberá hacerse dentro de los cuarenta minutos siguientes a la elaboración del mismo, siempre y cuando durante este tiempo conserve las características de plasticidad y trabajabilidad especificadas en los Incisos 59-04.13 y 59-04.14, de la Parte Cuarta de las Especificaciones Generales de Construcción de la SAHOP.

Compactación.- La compactación del concreto se hará mediante el empleo de baterías de vibradores de inmersión y vibradores de regla. El vibrado comprenderá dos etapas: la primera se hará inmediatamente después de su colocación, empleando la batería de inmersión el tiempo necesario para producir un concreto denso y compacto en el cual no fluya mortero, agua y aire en exceso; la segunda etapa de vibrado se hará mediante el empleo de vibrador de regla, después se tratará con bnda de lona hasta obtener el acabado final indicado por la SAHOP.

Curado.- El curado deberá hacerse inmediatamente después del acabado final, cuando el concreto comience a perder su brillo superficial y no deberá interrumpirse durante los

catorce días siguientes a la fecha del colado. Esta operación se efectuará aplicando a la superficie una capa gruesa, consistente y uniforme de una membrana impermeable, preferentemente de color claro, que impida la evaporación del agua que contienen la mezcla del concreto. La selección del producto que emplee el contratista como membrana flexible para el fin antes descrito, se hará de acuerdo con lo dispuesto en la cláusula 96-12 de la Parte Octava de las Especificaciones Generales de Construcción de la SAHOP y esta misma elegirá el que más convenga para los fines que se desean.

Control.- La resistencia del concreto se medirá por el módulo de resistencia a la tensión por flexión, de acuerdo con el ensaye correspondiente.

Las pruebas al concreto fresco se efectuarán según se indique en la cláusula 118-14 de la Parte Novena de las Especificaciones Generales de Construcción de la SAHOP.

Muestreo.- El número de especímenes que deberá tomarse para el control, será de dos como mínimo para cada 50 m^3 o fracción del colado de cada tipo de concreto efectuado en un mismo día. Los procedimientos de elaboración, curado y ensayo de los especímenes, se ajustarán a lo establecido en las Especificaciones Generales de Construcción de la SAHOP.

Normas.- Los resultados obtenidos al ensayar los especímenes se sujetarán a las siguientes normas;

- 1).- El promedio de la resistencia a la tensión por flexión de cada cinco especímenes consecutivos, debería ser igual o mayor que la resistencia fijada.

en el proyecto para los veintiocho días de edad.

2).- De los mismos cinco especímenes, cuatro como mínimo deberán tener una resistencia igual o mayor que el 90% de la resistencia fijada en el proyecto para veintiocho días de edad.

3).- El coeficiente de variación calculado para cada treinta especímenes, deberá ser igual o menor que 0.12.

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 concreto 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 pruebas experimentales que se lleven a efecto por medio de la sierra circular. Para este objeto se deberá 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 sólo no es perjudicial sino que es conveniente, ya que constituye un índice para la correcta iniciación del aserrado. 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 observe -
agrietamientos adelante del corte, este será indicio de que -
se está retardando el aserrado. Si este es el caso, se suspen -
derá el corte de la junta de que se trate, debiéndose cortar
el pavimento en tramos más grandes, y después se procede a -
cortar las juntas intermedias, a fin de que este defecto no -
vuelva a presentarse, deberá disminuirse el tiempo de aserra -
do.

Las juntas deberán inspeccionarse con el fin de asegu -
rar que el corte se haya efectuado hasta la profundidad de -
seada en todos los bordes se removerá el concreto que se en -
cuentre dentro de las juntas de expansión, procediéndose al -
curado de las superficies laterales inmediatamente después -
de que se hayan resanado y revisado las partes finales de -
las juntas. Las juntas aserradas deberán sellarse lo antes -
posible, insistiéndose en que dichas juntas deben encontrar -
se completamente limpias y secas en el momento de rellenar -
se,

PROYECTO .

El proyecto de la estructura de los pavimentos y la distribución de ellos, se definió atendiendo a los siguientes datos:

- 1).- Tipo de aeronave considerada en el diseño de los pavimentos de la pista 08-26, calles de rodaje y plataforma de operaciones: Boeing 727 con peso máximo de 70 tons y operación equivalente a 5000 cubrimientos.
- 2).- Tipo de aeronave considerada en el diseño de los pavimentos de la plataforma de aviación general y su acceso, DC-3 con peso máximo de 11 ton.
- 3).- Vehículo tipo H-20 para el camino de acceso al Aeropuerto.
- 4).- Distribución y características geométricas de los elementos que forman la circulación del Aeropuerto definidos según el plano (de enero de 1969) de la Dirección General de Aeropuertos.
- 5).- Propiedades mecánicas obtenidas en el laboratorio de los materiales que forman la terracería, valor relativo de soporte.
 - a).- En la terracería: 5%
 - b).- En la subrasante: 10%
 - c).- En la capa subrasante mejorada: 15%

De acuerdo con los estudios geotécnicos y el criterio establecido por la SAHOP, se proyectaron los pavimentos para las diferentes zonas del Aeropuerto, cuya distribución, así

como las diferentes secciones estructurales aparecen en el plano Núm. 3.

- a).- Pista 08-26.- El espesor total del pavimento es de 44 cm, estructurado según: una carpeta de concreto asfáltico de 5 cm, una base asfáltica de 7 cm de espesor limitado en la faja central de 20 m de ancho de la pista y ampliada en los entronques, una base hidráulica de 32 cm bajo la base asfáltica. El pavimento se apoyará sobre una capa subrasante de 50 cm de espesor, la que en sus 30 cms superiores estará constituida por una mezcla de los bancos Río Carrizal o Grijalva-Aeropuerto en proporción volumétrica de 70-30%, respectivamente y los 20 cm inferiores por el material del estrato Núm. 3 del banco Núm. 1 (Secciones B-B y C-C' del plano Núm. 3.)
- b).- Calles de rodaje.- El espesor total del pavimento es de 44 cm constituida por una carpeta de concreto asfáltico de 5 cm de espesor, una base asfáltica de 7 cms de espesor y una base hidráulica de 15 cms, una sub-base hidráulica de 17 cm compactada al 100%. La capa subrasante es de 50 cm, de la cual los 30 cm superiores están constituidos por la mezcla 70-30% antes indicada y los 20 cm inferiores por el material del estrato tres del banco Núm. 1 (Sección D-D' del plano Núm. 3).
- c).- Plataforma de operación y gotas de la pista princ

pal 08-26. El espesor total del pavimento es de 44 cm estructurado según una carpeta de concreto asfáltico de 5 cm, una base asfáltica de 7 cm de espesor y una base hidráulica de 32 cm.

El pavimento se apoyará en una capa subrasante de 50 cm, cuyo espesor superior es de 30 cm, formado por la mezcla 70-30% antes indicada y los 20 cm restantes con material del estrato tres del banco Núm. 1 (ver sección E-E' plano Núm. 3).

d).- Plataforma de aviación general y sus accesos.- El espesor total del pavimento es de 44 cm constituidos por una carpeta de concreto asfáltico de 5 cm y una base hidráulica compactada al 100% de 39 cm. La capa subrasante en esta zona tiene un espesor de 50 cm, cuyo espesor superior es de 30 cm, formado por la mezcla 70-30% antes indicada y los 20 cm restantes con material del estrato Núm. tres del banco Núm. 1 (ver Secciones F-F' y G-G' del plano Núm. 3.)

e).- Camino de acceso al Aeropuerto.- El pavimento del camino de acceso consiste en una base hidráulica de 24 cm de espesor sobre la que se colocará una carpeta de concreto asfáltico de 5 cm, protegiéndola por un riego de sello en todo el ancho del camino. El espesor de la capa subrasante es de 30 cm constituida por la mezcla 70-30% antes indicada (ver Sección I-I' del plano Núm. 3).

Un proyecto de pavimentos toma en cuenta principalmente los siguientes aspectos:

- 1).- Uso a que será destinado el material (sub-base, base-hidráulica, base asfáltica, concreto asfáltico).
- 2).- Diversos tipos de bancos (mantos rocosos, ya sean solos o combinados con otros materiales, conglomerados, aglomerados, depósitos de río, etc.)
- 3).- Exploración de campo y estudios previos para localizar los bancos.

Este aspecto debe llevarlo a cabo una persona de experiencia, con el equipo indispensable para fijar los lugares probables donde pueden localizarse los bancos, para este objeto se hace uno o varios recorridos por la región donde se toma en forma aproximada todos los datos que pueden ser de utilidad a este respecto, como son: ubicación, tipo de material disponible, posibilidades de empleo, volumen aprovechable, etc.

- 4).- Estudios de los bancos probables para determinar sus características propias y las conveniencias de su explotación.

Para este fin, se hacen exploraciones en cada banco mediante sondeos a cielo abierto con posteadora o con barrenos de acuerdo con la formación del banco, tomándose las muestras necesarias para su ensaye. En algunas ocasiones se realizan estudios geográficos con objeto de detectar con mayor aproxima

ción el área que conviene sondear y muestrear.

Mediante los estudios anteriores, se puede precisar en cada banco los siguientes datos: despalme, tipo de material, espesor aprovechable, volumen disponible, uniformidad, contenido de agua, procedimiento de ataque y probable uso a que puede destinarse el material extraído.

- 5).- Tratamiento a que debe ajustarse el material extraído del banco para obtener la calidad adecuada. De acuerdo con los ensayos de laboratorio verificados a las muestras representativas tomadas a cada banco, se define el tratamiento adecuado a que debe ajustarse los materiales extraídos para su empleo en sub-base y/o base de pavimento. Este tratamiento puede consistir comunmente en una o varias de las siguientes operaciones: disgregado, cribado, triturado total o parcial, estabilización con otro material, lavado y/o secado, siendo este último caso aplicable en ciertas ocasiones a bases asfálticas, también puede pensarse el caso poco común de que el material extraído del banco no requiera tratamiento para su utilización en sub-base y/o base.
- 6).- Costo del material procesado y colocado en la obra. El costo del material procesado y colocado en la obra para cada uno de los bancos disponibles, debe calcularse considerando todos los aspectos citados en los puntos anteriores. Resulta obvio indicar --

que esta etapa es la que tiene mayor influencia en la selección de los bancos que conviene emplear en las distintas capas que componen el pavimento.

La producción de los materiales es una de las etapas -- más importantes para la correcta ejecución de una obra, pues de ella dependen en gran parte su calidad, costo y cumplimiento del programa del trabajo, los aspectos principales de esta etapa son los siguientes:

a).- Tratamiento a que será sometido el material extraído del banco.

Como ya se indicó, este tratamiento puede consistir en términos generales, en una o varias de las siguientes operaciones: disgregado, cribado, trituración parcial o total, estabilización con otro material, lavado y/o secado.

En cualquiera de los casos mencionados, debe ponerse especial cuidado en contar con el equipo e instalaciones necesarias para que el material procesado cumpla con los requisitos de proyecto y al mismo tiempo se aproxime en lo posible a los costos previstos.

b).- Muestreo del material.

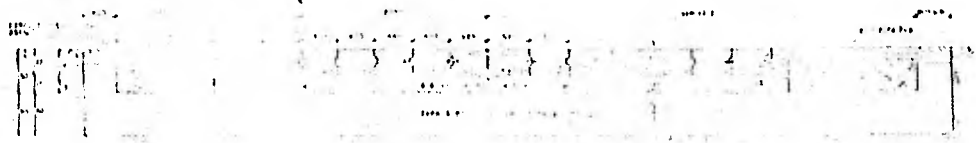
Los muestreos requeridos durante la producción son generalmente de dos tipos: el muestreo del material aprovechable, extraído del banco y el muestreo del material ya procesado en la planta del tratamiento, en ambos casos para su ensaye posterior.

El muestreo del material del banco se hace con el fin -

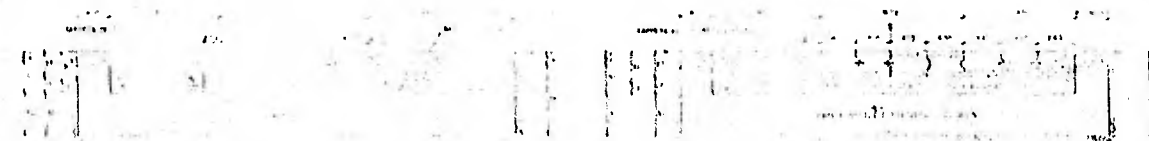
de verificar sus características naturales para saber de antemano con cierta aproximación, si con el tratamiento previsto se obtendrá la calidad especificada, ya que en caso contrario debe hacerse oportunamente las modificaciones necesarias para tratar de solucionar este problema, modificando los factores que intervienen, tales como procedimiento y equipo de ataque, ajustes en la planta de tratamiento, etc. Este muestreo debe llevarse a cabo con la frecuencia necesaria, según las variaciones del banco, pudiendo disminuirse cuando se trata de bancos uniformes.

Respecto a materiales ya procesados y almacenados, se recomienda obtener las muestras en la forma lo más representativas posibles. Para este objeto se toman diversas porciones de los taludes a distintas alturas, eliminándose previamente la capa superficial de los mismos y procediendo después a juntas las porciones de cada sección de talud para obtener por cuarteo una muestra representativa de la sección correspondiente.

SECCIONES ESTRUCTURALES



SECCION A-A COTA DE CALLEA

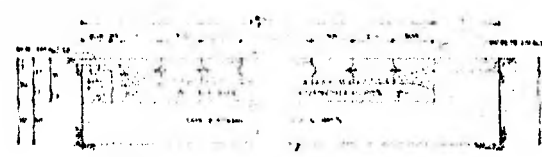


SECCION B-B COTA DE CALLEA

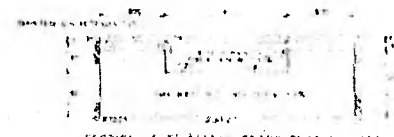
SECCION C-C COTA DE ENTRENADO
C. CALLE DE S. J. DE



SECCION D-D COTA DE RODAJE



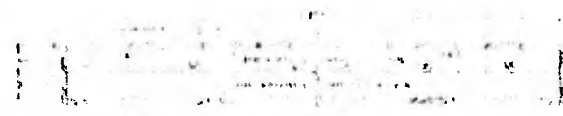
SECCION E-E PLATAFORMA DE OPERACIONES



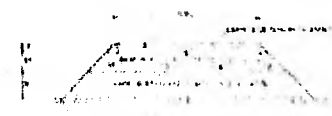
SECCION F-F ACCESO ENTRE PLATAFORMAS



SECCION G-G PLATAFORMA DE AVIONES



SECCION H-H ESTACIONAMIENTO PARA AUTOMOVILES



SECCION I-I CAMINO DE ACCESO

PROPORCION 1/40 (CENTIMETROS)



IDENTIFICACION DE SECCIONES

DENOMINACION	LOCALIZACION
AEROPUERTO ①	
TURQUILIA ②	
RIO TEATA ③	
RIO GUALVA ④	

SIMBOLOS

(1) Estructura de hormigón armado
 (2) Estructura de acero
 (3) Estructura de mampostería
 (4) Estructura de madera

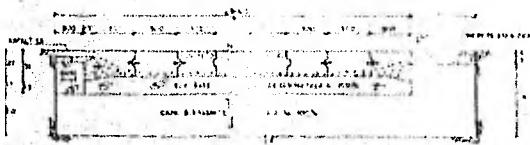
ESTRUCTURAS



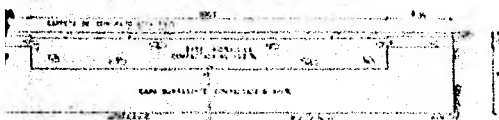
DECERA



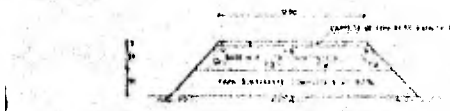
SECCION C-C' EN PISTA, ZONA DE ENTRADA
CALLE DE TORRES



SECCION E-E' PLATAFORMA DE OPERACIONES

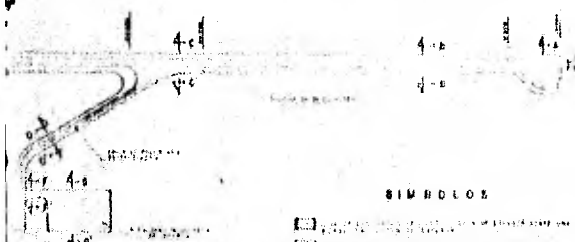


SECCION G-G' PLATAFORMA DE AVIONETAS



SECCION I-I' CAMINO DE ACCESO

DETALLE



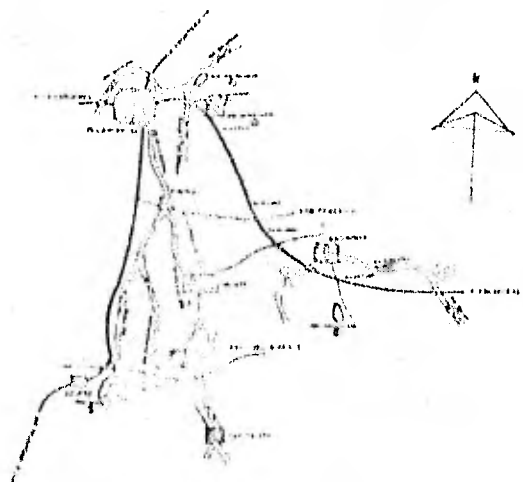
DE PAVIMENTOS

SÍMBOLOS

- PAVIMENTO DE CONCRETO
- PAVIMENTO DE ASFALTO
- PAVIMENTO DE GRAVA
- △ PAVIMENTO DE CEMENTO
- ◇ PAVIMENTO DE TIERRA

DENOMINACION	LOCALIZACION	VOLUMEN	CLASIFICACION	UTILIZACION	ENTRABILADO	OBSERVACIONES
ALBOSITO (1)						
TORRE (2)						
RIO TEJATA (3)						
RIO GUALVA (4)						

TABLA DE UTILIZACION Y ENTABILADO DE MATERIALES



CRONOGRAMA DE LOCALIZACION DE BANCOS

U N A M

AEROPUERTO DE VILLAHERMOSA,
TAB. SECCIONES ESTRUCTURALES
Y LOCALIZACION DE BANCOS

FAC. INGENIERIA

Nº 3

III, - ANALISIS DEL PROYECTO,

CAPITULO III.

ANALISIS DEL PROYECTO.

3.1.- EVALUACION DE ESPECIFICACIONES.

En los estudios geotécnicos complementarios, efectuados en las terracerías de la plataforma y pista del Aeropuerto en construcción, hubo la necesidad de llevar a cabo algunos estudios más a fondo, por razón de haberse observado un cierto rebote elástico, que experimentaba el suelo al paso del equipo de construcción, particularmente de las motoescrapas.

Como únicamente se había construido las terracerías de la plataforma, lugar en donde se advirtió primeramente dicho rebote, se consideró que este fenómeno podría presentarse igualmente, o con mayor intensidad quizás a lo largo de la pista, lo cual podría tener serias consecuencias en el comportamiento de los pavimentos. En tal virtud, se construyeron cuatro secciones piloto a lo largo de la pista, seleccionadas en algunos de los principales cortes, en las cuales el nivel de la plantilla se aproximó al de la subrasante, con el fin de observar de una manera un tanto objetiva, el comportamiento del subsuelo al paso de dichas máquinas, salvo en la primera sección (Est. 0+920), en donde la motoescrapa se atascó a la primera pasada, por insuficiencia de la capacidad de carga del terreno, en las demás secciones, el efecto resiliente fue observado con características similares al de la zona de plataforma, si acaso, ligeramente atenuado.

Se pensó inclusive en la posibilidad de elevar sus

tancialmente la rasante, con el fin de anular o minimizar el rebote, ya que tal fenómeno no dejaba de ser - - preocupante.

En vista de lo anterior, se juzgó conveniente estudiar este fenómeno y sus implicaciones mediante la obtención de muestras inalteradas en algún sitio de particular interés y la realización de ensayos de laboratorio, particularmente orientados hacia la determinación del módulo de deformación en especímenes sometidos a esfuerzos triaxiales.

ESTUDIOS EFECTUADOS.

Exploración y muestreo.- Con el objeto de conocer las características del subsuelo, se efectuaron cinco sondeos de penetración estándar hasta una profundidad de 6 m, tres de los cuales denominados S-5, S-6 y S-7, se ubicaron en la zona de la plataforma. Las dos restantes, S-8 y S-9, se localizaron a lo largo de la pista, en las estaciones +0+920 y 0+150, respectivamente. En todos los casos, la boca de los sondeos coincidió, - - aproximadamente, con el nivel de subrasante, o si acaso, unos 50 cm abajo.

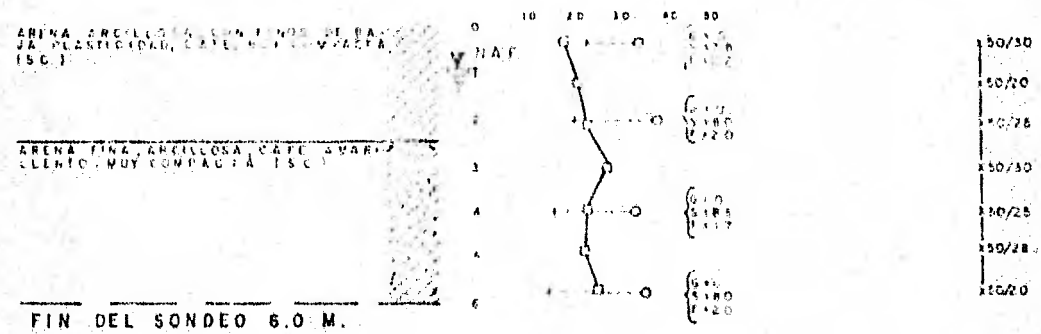
De la representación de las gráficas profundidad-penetración estándar, figuras 1 al 5, proporcionadas -- por Geosol, S. A., se advierte una gran similitud en -- las características del subsuelo en los cinco sondeos -- realizados; en todos ellos puede apreciarse que a excepción del primer metro, en donde la penetración estándar

AEROPUERTO DE VILLAHERMOSA, TAB.
(PLATAFORMA DE OPERACIONES)

S-5 10.91 M.
MAYO DE 1975

- 82 -
FIGURA 1

NUMERO DE GOLPES
NECESARIO PARA
PENETRAR 30 CM

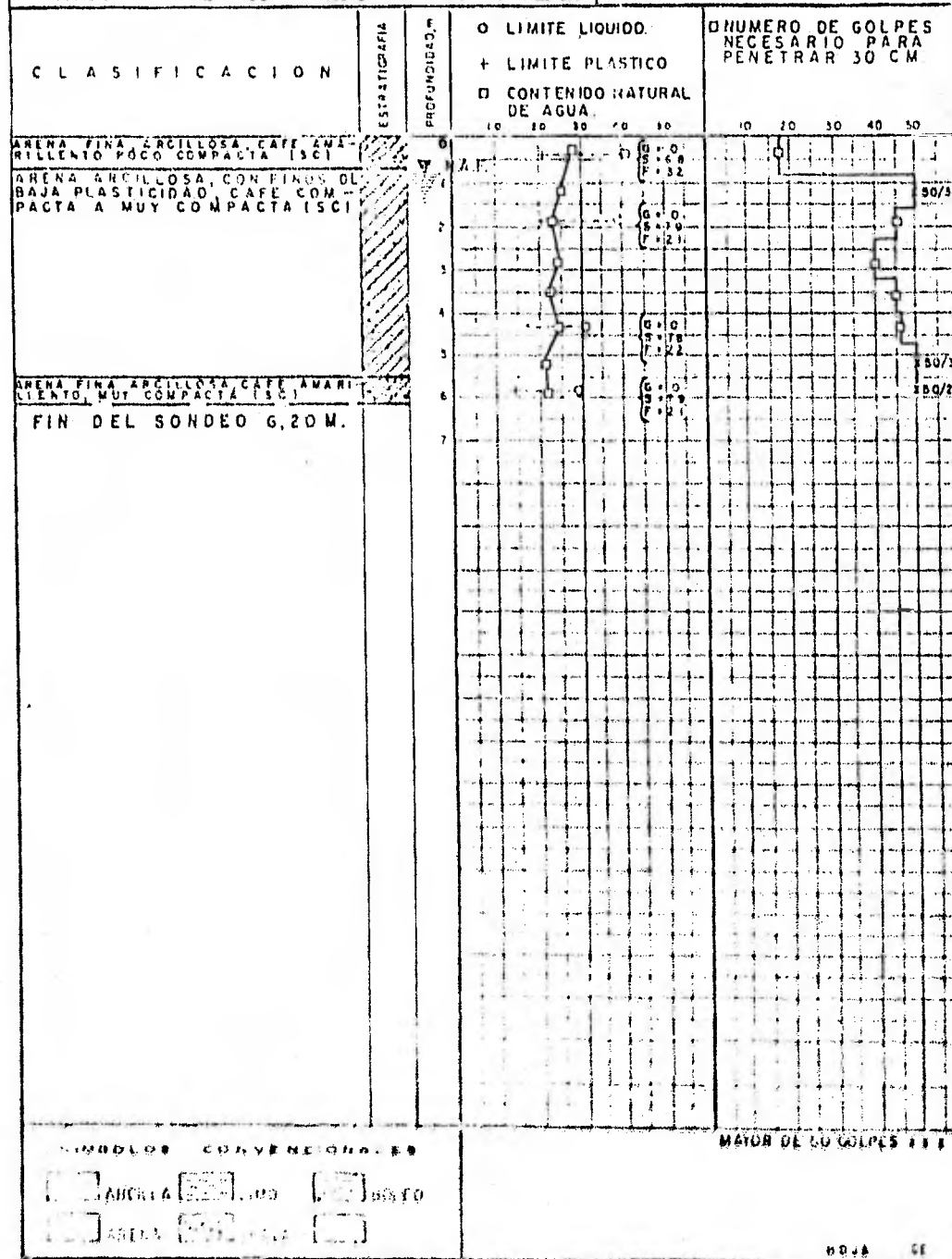


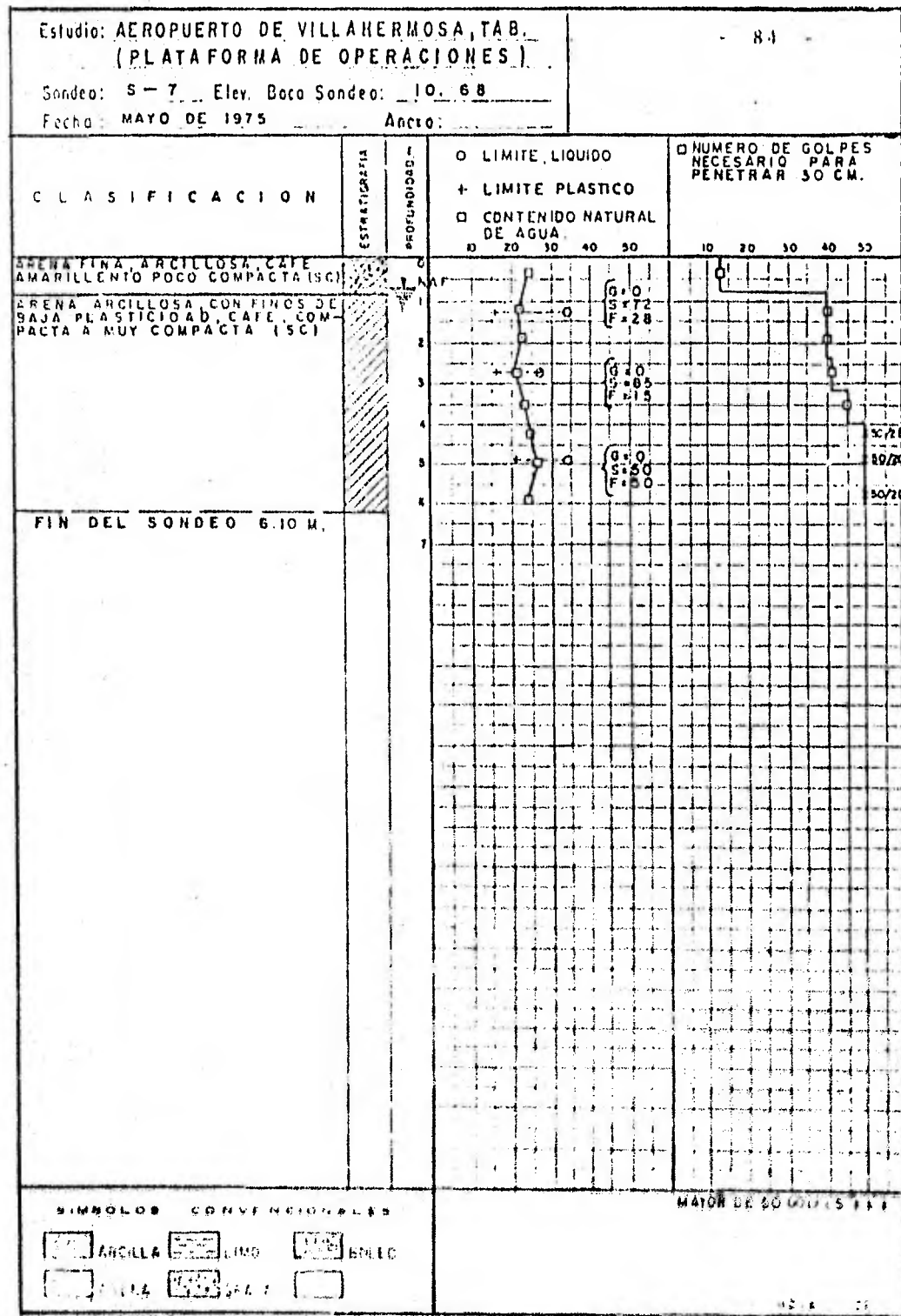
Estudio: AEROPUERTO DE VILLAHERMOSA, TAB.
(PLATAFORMA DE OPERACIONES)

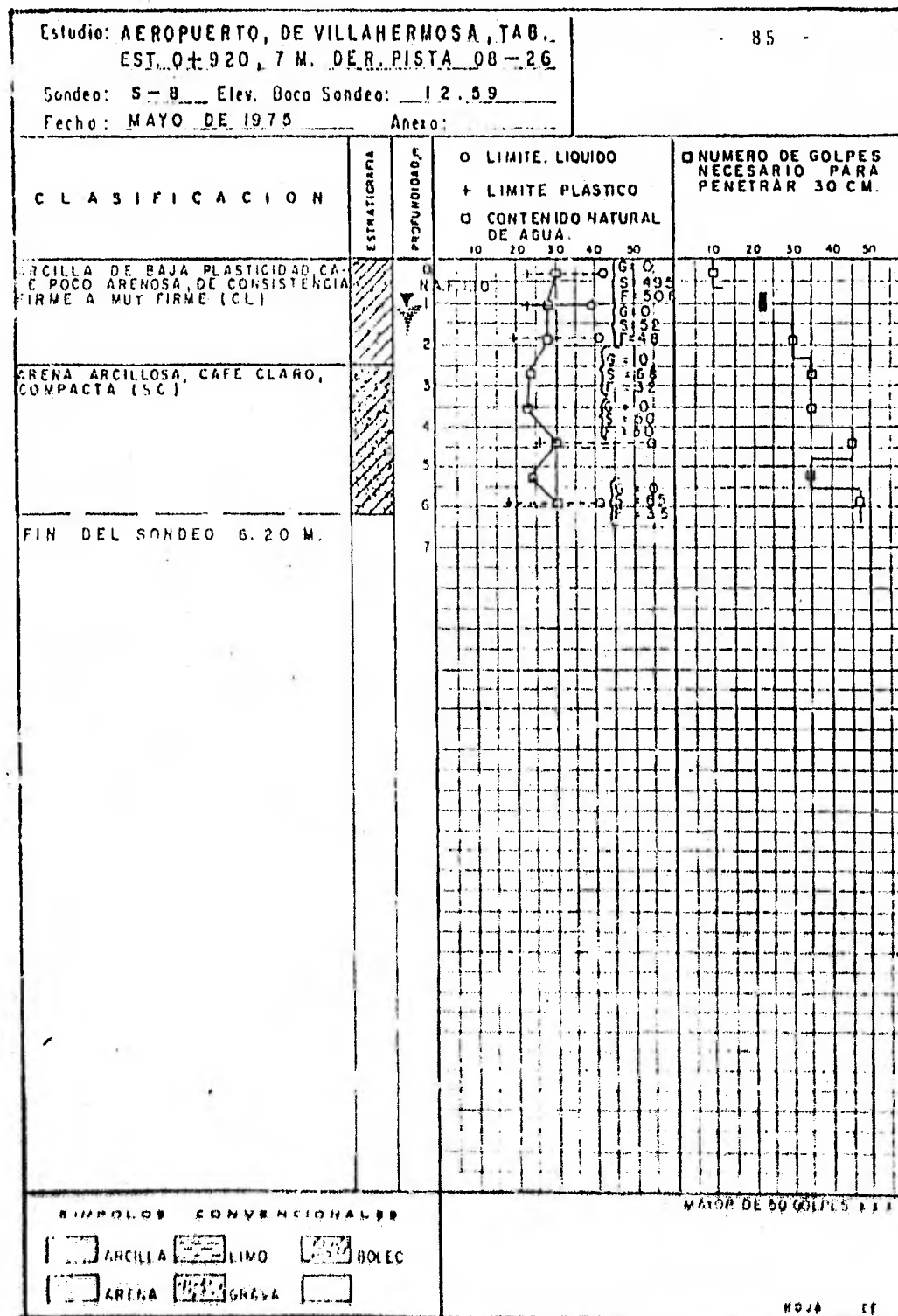
- 83 -

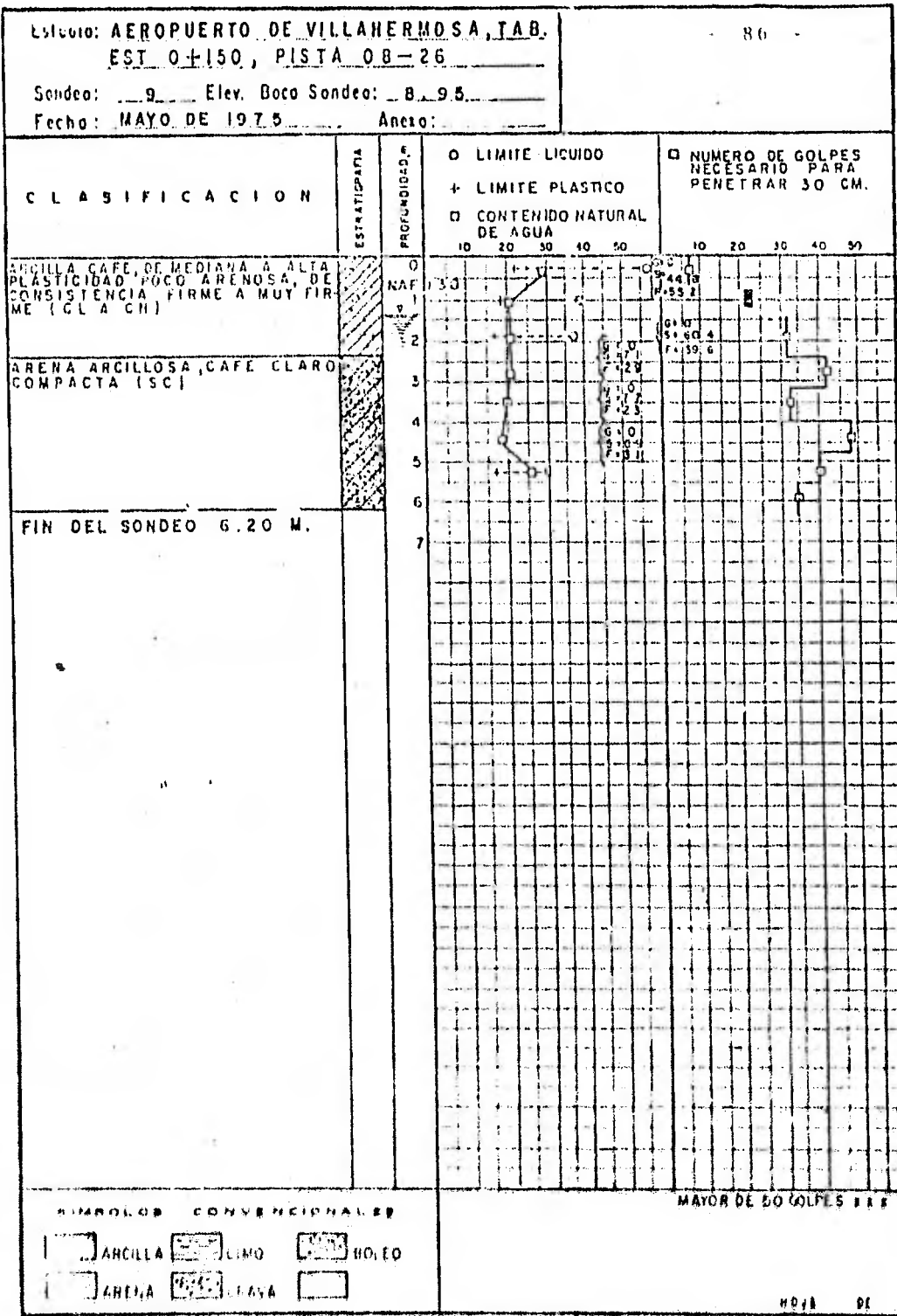
Sondeo: S-6 Elev. Boca Sondeo: 10.90

Fecha: Anexo:









varía entre ocho y quince golpes, a mayor profundidad el número de golpes es superior a treinta, llegando en los últimos metros de los sondeos, a aproximarse a los cincuenta golpes y aún a superarlos, esto indica que se trata de montos sumamente compactos de arena arcillosa, salvo la capa superior de los sondeos de la pista, donde el material está constituido por una arcilla, de mediana a alta plasticidad, de consistencia firme a muy firme.

Una vez conocida la información anterior, se planteó la obtención de muestras inalteradas, correspondientes al material más superficial del suelo de cimentación ya que a mayor profundidad, como anteriormente se indicó, la consistencia o compacidad del suelo aumenta notablemente.

La profundidad de dichas muestras varió entre 0.5 y 1.0 m bajo el nivel del lecho inferior de la capa sustrante, obteniéndose muestras en las estaciones 0+150, 0+380, 0+700 y 0+920 de la pista y aproximadamente al centro de la plataforma de operaciones.

ENSAYES DE LABORATORIO Y PROPIEDADES DE LOS MATERIALES.

Las muestras obtenidas de los sondeos de penetración estándar fueron sometidas a la determinación de su granulometría, límites de plasticidad y contenido natural de agua, ésta última propiedad se determinó en todas las muestras, conociéndose su variación en forma

prácticamente continua, hasta la profundidad explorada. De su examen se deduce fácilmente que en los sondeos de la pista, los primeros 2 m aproximadamente, corresponden a un monto de arcilla, de mediana a alta plasticidad, de consistencia firme; el contenido natural de agua fue de 30% en la parte más superficial, disminuyendo a valores cercanos a 20% a mayor profundidad. Estas humedades exceden ligeramente al valor del límite plástico, lo que revela que se trata de suelos fuertemente preconsolidados.

Subyaciendo a este manto, aparece un depósito de arena arcillosa, café, muy compacta, cuyo contenido natural de agua es prácticamente constante con la profundidad y del mismo orden de magnitud que el límite plástico, con valores muy cercanos al 20%. El contenido de finos varía en tamaño a un 20%.

Los sondeos correspondientes a la plataforma indican una gran similitud a los descritos anteriormente con relación a la pista, salvo que en este caso no existe un monto superficial de arcilla, principiando el sondeo con la arena arcillosa de las características antes citadas.

Las muestras inalteradas, por una parte fueron sometidas a la determinación del valor relativo soporte y por otras a ensayos de compresión no confinada y de compresión triaxial, de los tipos rápida y rápida consolidada,

Por lo que respecta al primer tipo de ensayos, sus resultados se resumen a continuación:

Estación.	V R S %	
	Carga Superior.	Carga Inferior.
0 + 150	10.3 4.2	10.1 4.0
0 + 380	11.2 6.0	8.0 9.4
0 + 700	5.9 6.1	6.8 8.1
0 + 920	4.1 6.1	4.7 6.5

Al analizar estadísticamente estos resultados, se obtuvo que el percentil 20% es aproximadamente igual a 5%, es decir, que en el 80% de los casos el VRS resultó ser de 5% o mayor. Este resultado es coincidente con el valor adoptado para el proyecto del pavimento.

Con relación a la medición del módulo de deformación en pruebas de compresión simple y triaxiales, los resultados obtenidos se pueden sintetizar en la siguiente tabla:

Estrato.	Tipo de prueba.	Módulo de defor- mación, E - - - (kg/cm ²).
Superior.	Compresión simple y triaxial rápida	60
	Triaxial consoli- dada rápida.	150
Inferior.	Triaxial rápida.	250
	Triaxial consoli- dada rápida.	500

ANÁLISIS DE DEFORMACION.

Con el fin de visualizar el problema desde un punto de vista teórico, aplicando la teoría de la elasticidad y los correspondientes módulos de elasticidad obtenidos experimentalmente a partir de las pruebas triaxiales, la expresión utilizada fue la siguiente:

$$\delta = \frac{1 - \mu^2}{E} (P) (D)$$

En donde:

- δ = Deformación
- μ = Módulo de Poisson, con un valor supuesto de 0,5
- P = Presión de contacto de la llanta, aproximadamente igual a 5 kg/cm² (70 lb/pulg²)
- D = Diámetro del área de contacto de la llanta, estimado en 60 cm.

ϵ = Módulo elástico, considerado en el orden -
de 60 kg/cm² para la capa superior de 1.0_ -
m y de 250 km/cm² para las capas subyacén-
tes.

Sustituyendo valores y aplicando un factor de re-
ducción de 0.75 para tomar en cuenta al efecto de la se-
gunda capa de mayor módulo, la deformación teórica re-
sultó ser del orden de tres cm. Valor que sensiblemente
concuerta con la apreciación objetiva observada en el -
lugar, al paso de la carga.

Por otra parte, se efectuó una estimación de la de-
formación que es de esperarse que ocurra una vez coloca-
da la capa subrasante y el perímetro, al actuar la car-
ga de la aeronave, cuya presión de contacto se fijó en -
10 kg/cm²; en tales condiciones, los cálculos indican -
que la deformación elástica resultaría del orden de 0.8
cm, valor algo mayor al que podría considerarse como ad-
misible (0,2' = 0.5 cm).

De acuerdo con los estudios realizados, se deduce -
que el fenómeno de rebote elástico observado en las te-
rracerías de la plataforma y algunos tramos de la pista
principal, se comportan de acuerdo con las predicciones
de la teoría, ya que por una parte, las deflexiones - -
apreciadas visualmente al paso de los vehículos, son --
del mismo orden que el estimado por los cálculos reali-
zados a partir del módulo elástico obtenido en pruebas -
de compresión simple y triaxiales rápidas, efectuadas -

sobre especímenes inalterados representativos del subsuelo en estudio.

Por otra parte, los resultados de dichas pruebas indican que la capacidad de carga del suelo de cimentación, es en general, sensiblemente superior a las presiones aplicadas por el equipo de construcción, en consecuencia los esfuerzos producidos por las cargas se sitúan dentro del intervalo elástico del suelo.

Las estimaciones efectuadas sobre las posibles deformaciones elásticas que experimentará el pavimento flexible al actuar las aeronaves, indican que en teoría tendrán un orden de magnitud ligeramente mayor al que pudieran considerarse como admisibles.

Con el objeto de observar los problemas que se han venido presentando durante la construcción de la primera capa de base hidráulica del pavimento de la pista, en cuanto a las dificultades por alcanzar el grado de compactación especificado, como consecuencia del rebote elástico, se hizo una visita al Aeropuerto en construcción.

Durante la época de la visita, el avance que registra la obra en la pista y rodajes, incluía la totalidad de la construcción de la capa subrasante y la colocación de la primera capa de base hidráulica, de 20 cm de espesor, cubriendo aproximadamente un 80% de la superficie total del pavimento, la cual en su mayor parte fue protegida con un riego de impregnación.

Con el fin de conocer el orden de magnitud del rebote elástico antes referido, se realizó, en ocasión de la visita, una serie de mediciones de la deflexión producida por un camión de rueda doble, con cargas en el eje trasero de 10.5 y 8.2 ton. La primera carga se utilizó durante el primer día y la segunda al día siguiente, una vez que se tuvo oportunidad de recurrir a una báscula para su tarado.

Dichas medidas se realizaron paralelamente al eje de la pista y a una distancia de 5 m a ambos lados de la misma, a intervalos de 20 m.

De las observaciones practicadas en el campo, se pueden formular los siguientes comentarios:

- a).- La viga Benkelman resultó ser un excelente dispositivo para detectar en forma práctica y ágil las zonas de mayor y menor rebote elástico de las terracerías.
- b).- Las deflexiones distaron mucho de ser uniformes a lo largo de la pista, resultando muy variables y de elevada magnitud en la porción central que va de la estación 0+300 a 1+150, y relativamente constantes y de menor magnitud en las porciones extremas, es decir, entre las estaciones 0+300) a 0+300 y 1+150 a 1+560,
- c).- Se advirtió que los lugares en donde la deflexión resultó ser excepcionalmente elevada,

correspondían invariablemente a zonas fisuradas e incluso que presentaban fallas por la acción del tránsito de los camiones empleados durante la construcción. Aparentemente una vez deteriorada la capa de base hidráulica, se propició la infiltración del agua pluvial con la consiguiente saturación de la capa subrasante, lo que produjo no sólo una disminución en su resistencia al esfuerzo cortante, sino también un notorio incremento en su efecto resiliente.

Debe aclararse sin embargo, que aunque el espesor de base colocado actualmente, no es suficiente para soportar apropiadamente los camiones de carga, y por lo mismo no debiera permitirse su tránsito, el hecho real es que la circulación de los vehículos constituyó una prueba severa de la porción de pavimento construida, que a la vez puso de manifiesto que existe una cierta zonificación, como la ya expresada a propósito de las deflexiones, que indica que el comportamiento de la capa subrasante muestra variaciones importantes.

Con el fin de observar de una manera objetiva la eficiencia del equipo de compactación, así como la variación de las deflexiones con el espesor del pavimento, se programó y se llevó a cabo un tramo de prueba de aproximadamente 100 m de longitud y 15 m de ancho, ubicándose entre las estaciones + (0+050) y 0+050. Dicho

tramo se construyó en cuatro capas, la primera de 20 -- cm de espesor y de 15 cm las tres siguientes.

Del análisis de los resultados obtenidos en el tramo experimental, se dedujo lo siguiente:

- a).- Durante la compactación de la primera capa se manifestó de una manera notoria la acción resiliente del material que constituye las capas subyacentes a la base hidráulica, siendo prácticamente imposible alcanzar el grado de compactación más allá del 95% de una manera consistente, no obstante haberse aplicado hasta doce pasadas de rodillo liso vibratorio, cuya eficacia para este tipo de materiales es ampliamente reconocida.
- b).- Al compactar la segunda capa, se hizo notoria la reducción de las deflexiones a partir de esta capa, puede y debe alcanzar los niveles del 100% especificado. Las deflexiones en las capas subsecuentes, aún cuando paulatinamente fueron reduciéndose, su efecto fue cada vez menos acentuado.

Cálculos efectuados siguiendo el método del Departamento de Transportes de Canadá, el cual involucra una correlación entre el valor de las deflexiones medidas con viga Bankelman y el valor de soporte de las terracerías, determinadas con pruebas de placa, condujeron a los siguientes resultados para pavimentos flexibles.

Δ (Pulgadas).	Espesor total de grava equivalente requerido. (cm).
0.075 (0.19 cm).	65
0.100 (0.25 cm).	75
0.150 (0.32 cm).	85

Aeronave de diseño: Boeing 727-100, con peso total de 161 000 lb (70 ton).

En donde:

Δ = Valor medido de la deflexión medida en la superficie de la base hidráulica, más una vez la desviación estándar.

El valor de Δ medio en el tramo de prueba realizado fue del orden de 0.075 pulg (0.19 cm), el cual se estima como representativo de las condiciones medidas de la pista; sin embargo, existen tramos de mayor deflexión que previsiblemente pueden llegar a duplicarse. Esto significa que el espesor requerido según este método, puede llegar a ser superior al de proyecto hasta en 20 cm, puesto que dicho espesor de proyecto es precisamente de 65 cm.

La aplicación de este método al pavimento de tipo rígido, condujo a la estimación de que el espesor de la losa requerido varía entre 25 y 27.5 cm, según se trate de la menor o mayor deflexión, respectivamente.

De acuerdo con el método de diseño del CBR, los espesores de pavimento requeridos para distintos valores de CBR son los siguientes:

Aeronave de Diseño: Boeing 727-100

W = 161 000 lb (70 ton.)

CBR	Espesor total requerido (cm)
5	90
6	80
8	65
10	60

Como se sabe, el pavimento proyectado en la franja central de rodamiento, consiste de una carpeta asfáltica de 5 cm seguida de una base asfáltica de 10 cm y una base hidráulica de 37 cm. Esto significa que se partió de un CBR de diseño del 10%.

De acuerdo con la información obtenida durante la visita efectuada y los ensayos de laboratorio disponibles, se consideró conveniente cambiar el proyecto de pavimento flexible por uno de concreto hidráulico a la pista y rodajes mediante un diseño de tipo mixto, o sea que el concreto hidráulico se reservaría a la franja central de unos 20 m de ancho en la pista y 14 m en las calles de rodaje, disponiéndose en las fajas laterales de pavimento flexible con la misma sección estructural propuesta para el proyecto integral del pavimento flexible. Dichas secciones estructurales se muestran a continuación en el plano Núm. 3.

3.2.- ANALISIS DE BANCO DE PRESTAMO Y USO DE MATERIALES.

Pruebas relativas a los agregados pétreos para concretos asfálticos. Los agregados pétreos utilizados en la construcción de concretos asfálticos, deben cumplir con ciertas reglas para que su comportamiento sea satisfactorio, para lo cual deben cumplir esas reglas, debiéndose analizar lo siguiente:

- 1).- Granulometría.
- 2).- Resistencia al desgaste.
- 3).- Limpieza de las partículas.
- 4).- Estabilidad al intemperismo.
- 5).- Fricción interna.
- 6).- Características de superficie.

1).- Granulometría.- Consiste en hacer pasar el material a través de una serie de mallas de abertura sucesivamente decreciente, pasando el material retenido en cada una de ellas, la granulometría de un agregado indica la distribución de este en tamaño.

Existen ciertas recomendaciones en cuanto a la granulometría, similares a las que existen para base y sub-base, con la diferencia de que los granos son diferentes. Es muy importante que la prueba granulométrica se realice con una muestra representativa del material que se va a utilizar. El tamaño máximo que se emplea está muy ligado con el espesor de una carpeta.

En cada caso, el proyecto señalará la granulome-

tría correspondiente, de acuerdo a los requisitos fijados en el diseño de la mezcla. La granulometría del material cumple con los requisitos de proyecto si está dentro de las siguientes:

Tamaño del material pétreo.	Tolerancia % en peso del material pétreo.
Malla que pasa. Retenido en malla	
Correspondiente al tamaño máximo. 4.76 mm (Núm. 4).	5
4.76 mm (Núm. 4). 2.00 mm (Núm. 10).	4
2.00 mm (Núm. 10). 0.420 mm (Núm. 40).	3
0.420 mm (Núm. 40) 0.074 mm (Núm. 200).	1
0.074 mm (Núm. 200)	1

2).- Resistencia al desgaste.- Tiene por objeto conocer el grado de alteración, plano de fractura, forma de romper y se efectúa por separado en los diferentes tamaños cuando el material es heterogéneo. Las pruebas que se han desarrollado para juzgar la resistencia al desgaste, son dos las más conocidas en México: pruebas de desgaste en la máquina de Deval y prueba de desgaste en la máquina Los Angeles.

3).- Limpieza de las partículas y características de los finos.- Con esta cualidad se pretende determinar cuál es el efecto perjudicial que pueden ejercer los finos en el material. Los finos serán los que pasen por la malla Núm. 200, no todo el material fino es perjudicial, sino que depende de la cantidad y del tipo de finos, pero en cierta proporción, es decir, que no todos los finos son indeseables o sea que se puede permitir cierto porcentaje que tenga ciertas propiedades.

En la SAHOP, se fijan ciertas características en función de la contracción lineal y la cantidad que debe tener de acuerdo con la granulometría.

4).- Prueba de estabilidad al intemperismo.- Los materiales no sólo deben estar graduados, resistentes al desgaste, limpios de las partículas, sino que deben ser resistentes al intemperismo; esta propiedad tiene mucha importancia en los climas cálidos y húmedos en que el material está sometido a efectos muy fuertes.

Aunque esta cualidad es fácil de determinar por el comportamiento del material en el lugar, es frecuente que se tengan errores, por lo cual es necesario efectuar esta prueba. La prueba se hace por medio del intemperismo acelerado, esencialmente consiste en determinar a una muestra con cierta composición granulométrica propuesta, la que se somete a cinco ciclos de saturación y

secado. La saturación se hace en una solución saturada de sulfato de sodio o bien de magnesio que tiene la propiedad de formar cristales (cristalizarse) dentro de los poros del material y someterlos a un estado de esfuerzos (actúa como una cuña al cristalizar).

El tiempo que el material pétreo permanece en la solución, es de 16 a 18 horas, al cabo del cual se extraen las partículas del material y se secan al horno, completándose así un ciclo. En forma idéntica se satura y seca hasta completar los cinco ciclos, completados estos se lava la muestra con agua para eliminar la sal y se seca, finalmente se pasan por un conjunto de mallas y se calcula el porcentaje del intemperismo.

5).- Fricción interna.- No existe prueba que la medida luego es de carácter cualitativo, tienen mayor fricción las partículas angulosas (trituradas), que las redondeadas.

6).- Propiedades de superficie.- Estas propiedades se estudian en relación a la adherencia que el agregado pétreo presenta con respecto al asfalto. En términos generales se considera que los materiales, desde este punto de vista, pueden agruparse en dos tipos, aquellos que tienen afinidad con el agua y se llaman hidrofílicos y aquellos que tienen afinidad con el asfalto llamados hidrófobos. Esta es una propiedad que deben tener los agregados pétreos cuando no son afines, la partícula tiende a

desprenderse y la carpeta se desintegra y falta. Pueden ser empleados materiales hidrofílicos, siempre y cuando se tomen algunas medidas como el empleo de ciertos aditivos que modifican sus características de superficie. Lo anterior puede lograrse también en ocasiones mediante una trituración. Para investigar esta propiedad se han desarrollado varias pruebas, aunque ninguna define en forma efectiva esta propiedad.

BANCOS DE MATERIALES.

A continuación se describen los bancos de materiales que se consideran adecuados para la construcción de las terracerías y pavimentos del nuevo Aeropuerto.

Banco Núm. 1 "Aeropuerto".

Localización.- Lomas localizadas en los kms 0+750 y 1+000 con origen en el Aeropuerto, del camino de acceso en proyecto con desviaciones de 60 m a la derecha e izquierda, respectivamente.

Clasificación.- Estrato Núm. 1 de 0,0 m a 0,80 m, aproximadamente, arcilla de baja plasticidad, café obscuro.

Estrato Núm. 2 de 0,80 m a 1,50 m, aproximadamente, arcilla de mediana plasticidad, café claro (Cl).

Estrato Núm. 3, de 1,50 m a 6,50 m, aproximadamente, arena arcillosa,

poco compacta. (SC).

Utilización.- Estratos Núms. 1 y 2 en cuerpo de terraplén y fajas de seguridad.

Estrato Núm. 3 en cuerpo de terraplén, capa subrasante y capa subrasante mejorada.

Tratamiento.- Para ampliar el cuerpo de terraplén y la capa subrasante, ninguno.

Para ampliarse en la capa subrasante mejorada: mezcla en proporción volumétrica aproximada de 30% con material del estrato Núm. 3 de este banco y del 70% de la arena del banco Núm. 5, 2 y 3

Volumen aprovechable.- 146 365 m³, aproximadamente.

Distancia media de acarreo.- 1.5 km.

Despalme.- 0.30 m, aproximadamente.

Banco N. 2 "Grijalva".

Localización.- Carretera Villahermosa-Escárcega a la altura del km 7+500 con desviación izquierda de 2 km y sobre la margen derecha del río "Grijalva".

Clasificación.- Arena mal graduada (SP), producto de dragado.

Utilización.- Material para formar la capa subrasante mejorada.

Tratamiento.- Mezcla en proporción volumétrica aproximada del 70% de la arena de

este banco y del 30% del material -
del estrato 3 del banco Núm. 1.

Volumen aprovechable.- 12 000 m³.

Distancia media de acarreo.- 8 km.

El banco consiste de amontonamiento de arena, pro-
ducto de dragado del río "Grijalva".

Banco Núm. 3 "Carrizal".

Localización.- Cauce del río "Carrizal".

Aguas arriba y aguas abajo del puen-
te que se localiza a 4 km, aproxima-
damente, de Villahermosa, sobre la
carretera Villahermosa-Coatzacoal-
cos.

Clasificación.- Arena fina uniforme (SP).

Utilización.- Material para formar la capa subra-
sante mejorada.

Tratamiento.- Mezcla en proporción volumétrica, -
aproximada del 70% de arena de este
banco y del 30% del material del es-
trato Núm. 3 del banco Núm. 1.

Volumen aprovechable.- Suficiente.

Distancia media de acarreo.- 15 km.

Banco Núm. 4 "Tortuguero".

Localización.- Carretera Villahermosa-Escárcega, a
la altura del km 53+400 y con des-
viación derecha de 2 km.

Clasificación.- Roca caliza (Rsc) con frentes conta

minados de arcilla.

Utilización.- Material para formar la base hidráulica y la base asfáltica.

Tratamiento.- Trituración total y cribada para obtener tamaños máximos de 38 mm - - (1-1/2), para la base hidráulica y de 25.4 mm. Previamente a la trituración del material extraído del banco, deberán eliminarse todos los finos que por su cantidad o calidad resulten perjudiciales para la buena calidad de la base hidráulica y base asfáltica.

Para su utilización en base hidráulica y base asfáltica, el material triturado de este banco deberá mezclarse con el 15% en volumen, aproximadamente, de la arena del banco "Carrizal.

Volumen aprovechable.- Suficiente.

Distancia media de acarreo.- 46 km.

Banco Núm. 5 "Teapa".

Localización.- Carretera Villahermosa-Pichucalco, a la altura del km 55+000 con origen en Villahermosa.

Clasificación.- Depósito del río, grava limoso con fragmentos chicos (UM Fe).

Utilización.- Agregados para la carpeta de concreto asfáltico y para el riego de sello.

Tratamiento.- Trituración parcial y cribado a tamaño máximo de 19 mm (3/4") para la carpeta de concreto asfáltico y para obtener material tipo 3 E para el riego de sello.

Volumen aprovechable.- Suficiente.

Distancia media de acarreo.- 69 km.

Este banco presentó diferentes frentes de ataque cercanos a la población de Teapa, Tab.

Banco Núm. 6 "Agua".

El agua para la compactación de los materiales se usó la del río "Grijalva" o bien se podrá extraer del subsuelo, mediante un pozo que sirva posteriormente como abastecimiento del mismo Aeropuertos.

La ubicación de los bancos se muestra en el plano Núm. 4.

Utilización.- Agregados para la carpeta de concreto asfáltico y para el riego de sello.

Tratamiento.- Trituración parcial y cribado a tamaño máximo de 19 mm (3/4") para la carpeta de concreto asfáltico y para obtener material tipo 3 E para el riego de sello.

Volumen aprovechable.- Suficiente.

Distancia media de acarreo.- 69 km.

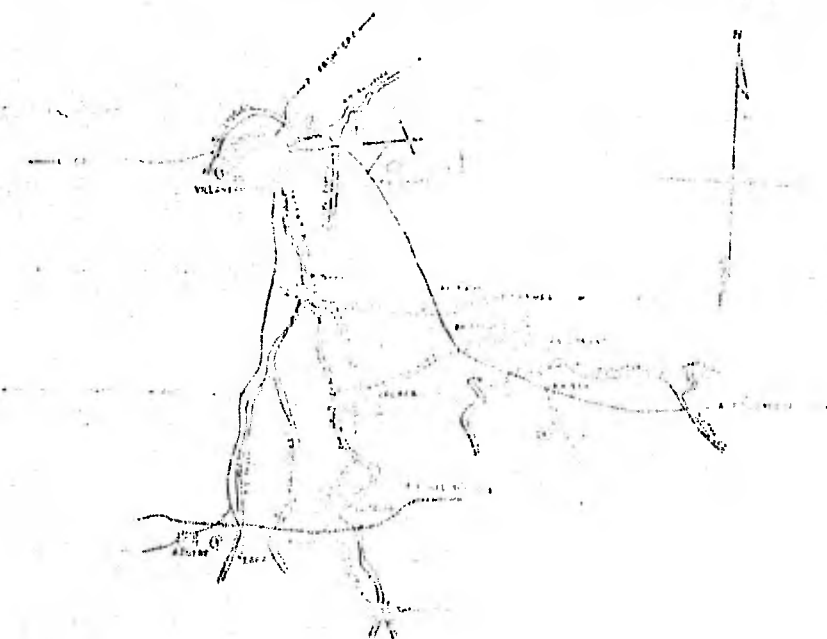
Este banco presentó diferentes frentes de ataque cercanos a la población de Teapa, Tab.

Banco Núm. 6 "Agua".

El agua para la compactación de los materiales se usó la del río "Grijalva" o bien se podrá extraer del subsuelo, mediante un pozo que sirva posteriormente como abastecimiento del mismo Aeropuertos.

La ubicación de los bancos se muestra en el plano Núm. 4.

LOCALIZACION DE SANTOS



DENOMINACION	LOCALIZACION	VOLUMEN M ³	DISTANCIA DE ACARREO	CLASIFICACION
AEROPUERTO 1	LOCALIZACION EN LOS CERROS Y EN LOS CERROS EN EL AEROPUERTO DEL CAMPESINO ACUPIO EN PROYECTO CON DENOMINACIONES EN 90% A LA TEMPE- RATURA LOCALMENTE RESPECTIVAMENTE	100 000	1.5 KM	ESTRUCTURA APROXIMADA AL AEROPUERTO ESTRUCTURA APROXIMADA AL AEROPUERTO ESTRUCTURA APROXIMADA AL AEROPUERTO
GRANALVA 2	CARRERA VILLANUEVA-EL PUEBLO A LA ALTURA DEL KM 7000 CON DEVIACION A LA DERECHA DE 200 M Y SOBRE LA MARGEN DERE- CHA DEL RIO GRANALVA	12,000	8 KM	ARENA PRODUCTO
RIO CACHAL 3	CANAL DEL RIO CACHAL AGUAS VARIAS A LA DERECHA DEL PUNTO QUE SE LOCALIZA A MAN DE VALLEHERMOSA POR LA CARA NOROCCIDENTAL	SUFICIENTE	15 KM	APENA FINA PRODUCTO
TORREJERO 4	LA FUENTE DEL RIO TORREJERO A LA ALTURA DEL KM 3300 Y CON DEVIACION DERECHA DE 200 M	SUFICIENTE	40 KM	ROCA CAL CON PEB- NOS
RIO TEAPA 5	CARRERA VILLANUEVA-EL PUEBLO A LA ALTURA DEL KM 3500 CON DERECHA EN VILLANUEVA	SUFICIENTE	80 KM	DEPOSITOS DE TIPO DE TIPO
RIO GRANALVA 6	CANAL DEL RIO GRANALVA	SUFICIENTE	2 KM	ARENA

DENOMINACION	LOCALIZACION	VOLUMEN M ³	DISTANCIA AL ACARNEO	CLASIFICACION SOP	UTILIZACION	TRATAMIENTO	OBSERVACIONES.
AEROPUERTO 1	CON LA LOCALIZACION EN LOS BANCOS DE LOS RIOS CARRETEROS EN EL AEROPUERTO DEL CAMINO DE ACCESO EN DIRECCION CON DIRECCION DEL RIO A LA DERECHA DE LA CARRETERA, RESPECTIVAMENTE	100,000	1.5 KM	CLASIFICACION DE TIPO A B D CON UN GRADO DE COHESION DE 10 JA PLASTICIDAD CASI NULA, Y UN INDICE DE COMPACTACION DE 1.00 APROXIMADAMENTE INCLUIDA EN LA CATEGORIA DE TIPO A B D INDICACIONES: AREA DE ACARNEO MUY COMPACTA, ETC.	EN CUERPO DE TERRAPLEN TERRAZAS DE SEGURIDAD CANTONEL DEL TERRAPLEN, ETC. MANTENIMIENTO DEL PASO DEL PASANTE DE LOS RIOS	NO SE ENCUENTRA EN CONTACTO CON NINGUNA DE LAS CARAS DE LOS BANCOS. PARA EVITAR EN EL CASO DE BANCOS MUY ALZADOS, NECESARIAMENTE DEBERIA MANTENERSE UN ESPACIO DE 10 METROS ENTRE LOS BANCOS Y EL CORPO DEL PASANTE.	DEBEN PROCEDERSE A UN DETALENE SUPERFICIAL DEL TIPO DE 10 CM
GRANALVA 2	CARRETERA CARRETERA DE LA CARRETERA A LA ALREDEDA DEL PASO DEL DE LA CARRETERA DE LA CARRETERA Y SOBRE LA CARRETERA DE LA CARRETERA DEL RIO GRANALVA	12,000	0.5 KM	TIPO A B D PRODUCTO DE PASAJOS	MATERIAL PARA FORMAR LA CARRETERA DE LA CARRETERA PARA LUBRICANTE MUY ALTO	NECESARIAMENTE DEBERIA MANTENERSE UN ESPACIO DE 10 METROS ENTRE LOS BANCOS Y EL CORPO DEL PASANTE.	EL MATERIAL DE TIPO A B D MUY ALTO PRODUCTO DEL TIPO DE DEL RIO GRANALVA Y PROBABLEMENTE SERA NECESARIO LUBRICARLO CON UN LUBRICANTE
RIO CARRETERA 3	CANAL DEL RIO CARRETERA, SOBRE LA CARRETERA DE LA CARRETERA DE LA CARRETERA DE LA CARRETERA DE LA CARRETERA DE LA CARRETERA	SUFICIENTE	1.5 KM	TIPO A B D PRODUCTO DE PASAJOS	MATERIAL COMPACTADO PARA FORMAR LA CARRETERA DE LA CARRETERA DE LA CARRETERA	NECESARIAMENTE DEBERIA MANTENERSE UN ESPACIO DE 10 METROS ENTRE LOS BANCOS Y EL CORPO DEL PASANTE.	
TERRAPLEN 4	CANAL DEL RIO CARRETERA, SOBRE LA CARRETERA DE LA CARRETERA DE LA CARRETERA DE LA CARRETERA DE LA CARRETERA DE LA CARRETERA	SUFICIENTE	1.5 KM	TIPO A B D PRODUCTO DE PASAJOS	MATERIAL PARA FORMAR LA CARRETERA DE LA CARRETERA PARA LUBRICANTE MUY ALTO	NECESARIAMENTE DEBERIA MANTENERSE UN ESPACIO DE 10 METROS ENTRE LOS BANCOS Y EL CORPO DEL PASANTE.	
RIO TEAPA 5	CANAL DEL RIO CARRETERA, SOBRE LA CARRETERA DE LA CARRETERA DE LA CARRETERA DE LA CARRETERA DE LA CARRETERA DE LA CARRETERA	SUFICIENTE	1.5 KM	TIPO A B D PRODUCTO DE PASAJOS	MATERIAL PARA FORMAR LA CARRETERA DE LA CARRETERA PARA LUBRICANTE MUY ALTO	NECESARIAMENTE DEBERIA MANTENERSE UN ESPACIO DE 10 METROS ENTRE LOS BANCOS Y EL CORPO DEL PASANTE.	
RIO GRANALVA 6	CANAL DEL RIO CARRETERA, SOBRE LA CARRETERA DE LA CARRETERA DE LA CARRETERA DE LA CARRETERA DE LA CARRETERA DE LA CARRETERA	SUFICIENTE	1.5 KM	TIPO A B D PRODUCTO DE PASAJOS	MATERIAL PARA FORMAR LA CARRETERA DE LA CARRETERA PARA LUBRICANTE MUY ALTO	NECESARIAMENTE DEBERIA MANTENERSE UN ESPACIO DE 10 METROS ENTRE LOS BANCOS Y EL CORPO DEL PASANTE.	

U N A M

AEROPUERTO DE VILLAHERMOSA,
TAB. CROQUIS DE LOCALIZACION
DE BANCOS

FAC INGENIERIA

NO. 4

3.3.- EVALUACION DEL EQUIPO NECESARIO.

Un aspecto importante en la construcción de una obra, es la selección adecuada de las máquinas y equipo. Es por esto que se hace necesario un mayor y mejor conocimiento en cuanto a sus características, en tal forma que se llegue a ejecutar la obra lo mejor posible y en la forma más económica.

Para establecer un criterio de selección de equipo, se debe determinar lo siguiente:

- 1).- Capacidad mínima requerida de la máquina.
- 2).- Las condiciones de garantía en el servicio de la máquina.
- 3).- Determinar entre las máquinas del mismo tipo, la más adecuada.

Los factores que deben tomarse en cuenta y que nos determinan la capacidad del equipo, son los siguientes:

- 1).- Cantidad de trabajo.
- 2).- Tiempo en que debe realizarse dicho trabajo.
- 3).- Naturaleza del trabajo.
- 4).- Circunstancias del lugar.
- 5).- Distintas operaciones que se van a realizar.
- 6).- Secuencia en que las operaciones se van a realizar.

En la tabla siguiente, se muestra el equipo que se empleará para la construcción del nuevo Aeropuerto.

Es importante hacer un análisis del equipo con el que se cuenta, de esta manera se puede saber el uso y em

pleo que se le va a dar durante la construcción de una obra, de tal modo que se tenga una buena eficiencia en la relación de la misma.

Expuesto lo anterior, a continuación se presenta una relación del equipo que se empleará en la construcción de pavimentos.

TERRACERIAS:

Desmante.-	Tractor D-8 con ripper. Cargador frontal de 2 yd ³ .
Despalme.-	Tractor D-8. Cargador frontal de 2 yd ³ .
Cortes.-	Motoescropa y tractor D-8.
Préstamos.-	Banco Núm. 1.- Tractor D-8 + camión volteo. Bancos Núms. 2 y 3.- Draga 1-1/2. - Cargador frontal 951.
Compactación terreno natural.-	Motoconformadora. Compactador C-815. Compactador CA-25.
Formación y compactación terraplenes.-	Motoconformadoras 120-B. Compactador C-815. Compactador CA-25.

PAVIMENTACION.

Base hidráulica.-	Track Drill.
-------------------	--------------

Compresor 600.

Tractor D-8.

Cargador 955.

Trituradora y criba.

Motoconformadora.

Pipa.

Compactador CA-25.

Volteo 5 m³.

Revestimiento.-Mismo equipo base hidráulica.

Base asfáltica.- Draga.

Cargador 955.

Volteo 5 m³.

Planta trituradora + criba.

Compactador CA-25.

Planta de asfalto.

Finisher.

Carpeta.- Mismo equipo base asfáltica.

Sello.- Draga.

Cargador 951.

Volteo 5 m³.

Planta de trituración + criba.

Losa de concreto hidráulico.-

Cargador frontal 951.

Criba + planta de trituración.

Olla.

Extendora.

Cortadora.

EQUIPO QUE SE EMPLEARA EN LA OBRA.

NUMERO DE UNIDADES.	TIPO.	MARCA.	CAPACIDAD.	SERIE Y NUMERO.	UBICACION ACTUAL.	FECHA EN QUE EMPEZARA A TRABAJAR EN LA OBRA.
Tractor.	D-8	Caterpillar.	270 HP.	46A26759.	E. Zapata.	Diciembre de 1974.
Tractor.	D-8	Caterpillar.	270 HP.	46A26769	E. Zapata.	Diciembre de 1974.
Tractor.	D-8	Caterpillar.	270 HP.	46A29462.	Tula.	Enero de - - 1975.
Motoescrepa.	229-G	Wabeo.	18 yd ³	GF-45258-CFA -188.	Cd. Alemán.	Enero de - - 1975.
Motoescrepa.	229-G	Wabeo.	18 yd ³	GF-45259-CFA -18-B.	Cd. Alemán.	Enero de - - 1975.
Motoescrepa.	229-G.	Wabeo.	18 yd ³	GP-45260-CFA -18-C.	Cd. Alemán.	Enero de - - 1975.
Tractor.	D-7	Caterpillar.	180 HP.	94N-2727	Tamazulapa.	Enero de - - 1975.
Traxcavo.	955	Caterpillar.	2 yd ³	85J6611.	Acayucan.	Enero de - - 1975.
Traxcavo.	951.	Caterpillar.	1-1/2 yd ³	86J2606	Teapa.	Mayo de - - 1975.
Draga.	54-B.	Bucyros.	1-1/2 yd ³	122063	Teapa.	Mayo de - - 1975.
Motoconformadora.	120-B	Caterpillar.	125 HP.	64 V 947.	Villahermosa	Enero de - - 1975.
Motoconformadora.	120-B	Caterpillar.	125 HP.	64 V 945	Telixtlahuaca.	Enero de - - 1975.
Motoconformadora.	120-B	Caterpillar.	125 HP.	64 V 941.	Salamanca.	Enero de - - 1975.
Motoconformadora.	120-B	Caterpillar.	125 HP.	64 V 946	Telixtlahuaca.	Febrero de - - 1975.
Pipa.	F-600.	Ford.	8,000 lbs.	AJGJMB-2574	Salamanca.	Enero de - - 1975.

EQUIPO QUE SE EMPLEARA EN LA OBRA.

NUMERO DE UNIDADES.	TIPO.	MARCA.	CAPACIDAD.	SERIE Y NUMERO.	UBICACION ACTUAL.	FECHA EN QUE EMPEZARA A TRABAJAR EN LA OBRA.
Pipa.	F-600	Ford.	8 000 lts.	AF5JMR-30185	Cd. Alemán.	Enero de -- 1975.
Tractor.	DW-20	Caterpillar.	320 HP.	21-C-571	Cd. Alemán.	Enero de -- 1975.
Rodillo Pata Cabra.	331-R	Tampo.	11 ton.	s/n.	Cd. Alemán.	Enero de -- 1975.
Compactador.	C-815.	Caterpillar.	17 ton.	94P-627.	Pajaritos.	Enero de -- 1975.
Compactador.	CA-25	Dynapac.	21 ton.	25CA70-8021.	Pajaritos.	Febrero de -- 1975.
Cono.	48FC	Tele Smith.	4 ft.	8259	Teapa.	Agosto de -- 1975.
Camión.	Volteo.	Dodge.	5 m ³	12-206487.	Pajaritos.	Agosto de -- 1975.
Planta C. Asfáltico.	Discontinua.	Barber Green.	2 000 lbs.	882-860-880	Minatitlán.	Agosto de -- 1975.
Finisher.	SA-40-X688.	Barber Green.	67 HP.	879EX-1046.	Minatitlán.	Agosto de -- 1975.
Plancha.	Tandem.	Huber.	3-10 ton.	51-1447.	Minatitlán.	Agosto de -- 1975.
Traxcavo.	966	Caterpillar.	2 yd ³	CA-1950.	Minatitlán.	Agosto de -- 1975.
Pla. Conc. Hidra.	EM4-15-R-1.	Hiba.	6.75 m ³	597713	Real Viejo.	Diciembre de 1975.
Petrolizado- ra.	PL1-1000HP -4VK.	CMSA.	4 500 lbs.	0-177176	Minatitlán.	Agosto de -- 1975.
Retroexcava- dora.	D-80	Bo-Tam.	343 yd ³	4678	Real Viejo.	Enero de -- 1975.

Los tipos generales de equipo para efectuar una o más de las operaciones básicas del movimiento de tierras abarcan:

- 1).- Empujadores y desgarradores, escarificadores, montados sobre tractor.
- 2).- Motoconformadoras, posiblemente con aditamento escarificador.
- 3).- Motoescrapas, de autoimpulso o tiradas por tractor.
- 4).- Cargadores frontales.
- 5).- Cargadores sobre orugas y excavadores sobre rueda.
- 6).- Excavadores de poder, de tipo de palas, retroexcavadores, etc.
- 7).- Equipo de acarreo.
- 8).- Compactadores.

El equipo utilizado para transportar y colocar materiales bituminosos en pavimento, se compone básicamente de camiones, pavimentadoras y aplanadoras; y la variedad de equipo necesario para moldear, vaciar y terminar un pavimento de concreto, es similar a la que se acaba de mencionar para un pavimento bituminoso. Las diferencias se deben principalmente a la forma en que se consolida y endurece el material mezclado, así como a la temperatura a la que se coloca.

Como puede observarse, de lo anterior, el equipo que se empleará, es el equipo adecuado e idóneo para mo

vimiento de tierras, así como para la pavimentación de la pista, calles de rodaje y plataformas del Aeropuerto de Villahermosa, Tab., el rendimiento que brindará es lo más apegado a lo óptimo; maquinaria en buenas condiciones mecánicas para desarrollar dicho trabajo, además de que la cantidad de equipo es la requerida para este tipo de obras, ya que no se tiene de sobra ni tampoco hace falta.

IV. - DETERMINACION DE PROCEDIMIENTOS DE CONSTRUCCION.

CAPITULO IV.

DETERMINACION DE PROCEDIMIENTOS DE CONSTRUCCION.

4.1.- FIJACION DE PROCEDIMIENTOS.

Los Procedimientos Constructivos, son los sistemas o métodos a seguirse en un trabajo específico o en conjunto dentro de una obra. En forma general, el empleo de una máquina en particular, determina un procedimiento de construcción; sin embargo, con una misma máquina es posible seguir varios métodos o hacer un trabajo con varios procedimientos constructivos que dependen entre otras cosas, del tipo y condiciones del suelo, del lugar, la obra por ejecutarse, el tiempo requerido para hacer ese trabajo, etc.

La secuela de realización de los trabajos define también un procedimiento constructivo, por lo que se tratará de ir definiendo los conceptos en el orden adecuado de realización, mencionado en el caso en que alguno se analice en desorden, en dónde y cuándo deberán realizarse.

TERRACERIAS .

Después de movilizar el equipo, lo primero que debe hacerse son las terracerías de la obra que en resumen consisten en: limpiar, excavar, acarrear y colocar la tierra según las líneas de proyección.

Los trabajos a realizar dentro de las terracerías son:

- 1).- Desmante.
- 2).- Despalme.
- 3).- Excavación de cortes.
- 4).- Compactación de Terreno Natural.

5).- Formación y compactación del cuerpo de terraplén.

6).- Excavación de préstamos de banco.

7).- Formación y compactación de la subrasante.

Existen operaciones que involucran varios de estos conceptos, lo cual se indicará con oportunidad.

1).- Desmonte.- Este trabajo se atacó con tractor de oruga equipado con Bulldozer u Hojas Topadora.

Los árboles de la zona no son demasiado gruesos ni muy grandes, por lo que se utilizó el sistema de bajar la cuchilla u hoja hasta enterrarla bajo el nivel del terreno, con el objeto de arrancar de raíz los árboles. Este método ofreció otra ventaja adicional que consiste en arrasar también con arbustos y maleza existente a los lados de los troncos de los árboles.

Una vez cortados los árboles y cortados los arbustos y la mezcla se procedió a apilar la madera producto de la operación con el fin de quemarla, esta quema para su buena realización se hizo el empleo de Diesel. Se procuró que las pilas, producto del desmonte se hicieran en un área que tuviera una distancia aproximada de 40 m a la redonda, con el objeto de hacer más eficiente el trabajo del tractor que de esta manera sólo se acarrea 20 m de promedio.

El acarreo del producto de la quema del des-

monte se hizo junto con el del producto del despalme, para el ahorro de un acarreo en las zonas donde se despalmó en el resto del terreno se cargó la ceniza y se acarreo con camión.

- 2).- Despalme.- Este trabajo se realizó con tractor de oruga equipada con hoja topadora o Bulldozer. Se atacó perpendicularmente al eje o línea centro de los lugares de trabajo y del centro hacia la línea del derecho de vía, teniéndose en consideración el lugar que se indicó como tiradero para tener el menor acarreo posible.

La hoja topadora se enterró en el material empujador hacia adelante. Una vez que la hoja se llenó comenzó a derramarse el material por los extremos de la hoja, con el cual se formó un bordo de contención (junto con el material no excavado de la franja contigua), lo que evitó derramamientos posteriores en las pasadas subsiguientes. Lo anterior hizo que al excavarse una franja completa de despalme, se obtuvo por ende mayores eficiencias, gracias a que se evitó el derramamiento en exceso del material.

- 3).- Excavación de cortes.- El material que se cortó es de Tipo II "B", por lo que hubo necesidad de aflojarlo. Esta operación se efectuó con tractor de oruga equipado con un aditamento especial llamado Ripper o arado. El método más eficiente fue el de

usar el Ripper de ida a una distancia considerable, maniobrar para dar vuelta en "U", usando el Ripper nuevamente de regreso, volviendo a maniobrar, etc, Haciendo esta operación hasta que se logró el afloje del ancho deseado.

El arado que se utilizó es el de un solo diente en forma de paralelogramo, lo que condujo a una mayor penetración que redundó en mejores eficiencias en este tipo de trabajo, debido a que sólo se dió una pasada al material, con lo que basta para que después se excavara.

La excavación del material se realizó con Motoescropa tirada por tractor enllantado, que ofreció beneficios, ya que la distancia de acarreo medio fue de 300 m. Un tractor de oruga con Bullozer ayudó empujando a la Motoescropa durante la carga para reducir el tiempo de carga y que ésta se hiciera eficientemente, se procuró que la carga se hiciera con pendiente favorable, aprovechando la mejor tracción que estos generan.

Una vez cargada la Motoescropa, esta acarrió el material hasta el sitio de colocación formando el terraplón en capas de 15 cm.

La operación de arado del material provocó en este caso otro factor favorable, aerar el material que se encuentra sobresaturado. Algo similar sucede por extender el material en capas de bajo

espesor, aunque estas operaciones no fueron suficientes para lograr la humedad óptima como consecuencia del tipo de material con el que se trabajó.

- 4).- Compactación del Terreno Natural.- Este concepto de trabajo se efectuó en dos situaciones: primeramente en el área de desplante de los terraplenes y en segundo término, en el área de los cortes para desplantar la pavimentación.

Cuando se realizó sobre el área de desplante de los terraplenes, se efectuó después de retirar el material, productos del desmonte y despalme, puesto que este último no tiene las características necesarias, ni cumple con los requerimientos especificados. Este trabajo se realizó durante la excavación de cortes, debido a que el material, producto de éstos, en este caso sirvió para formar el cuerpo del terraplén.

En cuando a la compactación, en el área de los cortes, ésta se efectuó después de realizada la excavación, con el objeto de dar las características especificadas para desplantar la pavimentación.

El método que se siguió fue el siguiente: se escarificó sobre la superficie una capa que varía de 15 a 30 cm, dependiendo de la especificación. Esta operación se hizo con motoconformadora equipada

da con arado escarificador de varios dientes, generalmente en forma de "V", los cuales se encajan en la superficie aflojando el material. Uno de los objetos primordiales fue que el material se aereara.

La escarificación se hizo paralela al eje central de los lugares de trabajo, a una distancia mínima de 500 m, con el fin de ahorrar tiempo de maniobra.

Después de escarificar, se procedió a compactar, siendo el material altamente cohesivo, por lo que se empleó un compactador de pisonos (comunemente llamado pata de cabra por la forma que tiene). El método de ataque se rigió por el ancho suficientemente grande, tanto en la pista como en los demás lugares de trabajo, y es el método llamado espiral, que consiste en comenzar en el cero del corte o terraplén, avanzando longitudinalmente y paralelamente al eje de la pista, hasta que se avanzó una distancia considerable, dando vuelta y regresando, compactando también paralelamente al eje -- pero tangencialmente a él, sobre la otra mitad de la pista, volviendo a maniobrar y pasando el compactador sobre la franja inmediata contigua sobre la pista de la que ya se había compactado en primera instancia; se siguió así sucesivamente hasta -- compactar todo el ancho.

5).- Formación y compactación del cuerpo del terraplén.

El cuerpo del terraplén se construyó con las motoescrepas, éstas descargaron el material en capas uniformes, producto de los cortes, evitando la formación con motoconformadora que es el equipo usual en este tipo de trabajos. Se formó el terraplén -- con cuñas de sobre-ancho, que se construyeron con el objeto de que se lograra la compactación especificada en los hombros del terraplén, las cuñas se recortaron más tarde con la motoconformadora cuando se estaba afinando el terraplén.

La incorporación de agua para compactar no hubo que hacerla, sino por el contrario, se tuvo que hacer la operación opuesta que consistió en secar el material, porque como ya se apuntó antes estaba sobresaturado.

El secado se hizo esparciendo el material con el objeto de que se aereara y por consiguiente se evaporó el agua sobrante; el trabajo lo realizó -- también la motoconformadora.

Se procedió en seguida a compactar, siguiendo el método mencionado en la compactación del terreno natural y con el mismo equipo puesto que fue el mismo material.

Se pasó entonces a construir la subrasante, la cual se construyó con material de préstamos de bancos.

La excavación de los bancos de préstamo, se

dividió en dos partes, por el hecho de que los bancos fueron de dos tipos. Los bancos dos y tres son de grava-arena de río, que sólo pudieron atacarse en cuanto a excavación con una draga de arrastre. Para que la producción de la draga fuera mayor, se depositó el material a un lado, obligando a un giro de la máquina máximo de 90° para que más tarde el material fuera cargado con un cargador frontal de oruga sobre camiones de 5 m³.

El banco número uno fue de arena arcillosa -- que se excavó directamente en tractor de oruga, el cual también apiló el material que más tarde fue cargado con cargador frontal de orugas a camiones de 5 m³.

Los camiones al descargar fueron apilando el material en la proporción indicada para dar el espesor de 30 cm y la adecuada mezcla de los materiales de los tres bancos.

Hechas las pilas, la motoconformadora entró a conformar e incorporar agua en el caso de que hiciera falta para lograr compactación con humedad óptima.

Se usó en la compactación, dos tipos de compactadoras, el de pisones y el liso, debido a que parte del material era cohesivo y otra no lo era, debiéndose probar con qué tipo de compactación que daría la indicada en el proyecto que era del 100%.

Después de compactado el ancho del terraplén, la motoconformadora procedió a hacer el recorte de las cuñas de sobreebanco antes mencionadas.

OBRAS DE DRENAJE:

La gran mayoría de los trabajos que se realizaron para la terminación de las obras de drenaje, se hizo por delante de los trabajos de terracerías. De ordinario las obras de drenaje son indispensables, o sea se calculan en las partes bajas de la pista, calles de rodaje, plataformas, etc., con objeto de drenar adecuadamente estas zonas; -- las partes bajas fueron las que se tuvieron que terraplenar, por lo que es de suponerse que ahí estuvieron excavadas la mayoría de las obras que se ejecutaron.

Otra de las razones por las que deben construirse antes de los terraplenes, las obras de drenaje, es que en el caso de que se terraplene primero, habrá necesidad de excavar en el terraplén para construir más tarde la obra de drenaje y después rellenar y compactar hasta dar el grado especificado, cosa que es muy trabajosa y por ende costosa.

Las excavaciones se hicieron con retroexcavadora y los afines a mano.

Las instalaciones y construcción de estructuras se hicieron todas a mano, aún el tendido del

tubo, debido a que la cantidad no ameritó llevar un tiendetubos.

El relleno se hizo a mano para que no estropeará la instalación.

La compactación se hizo con bailarinas manuales, con el objeto de evitar roturas por el peso de los equipos grandes.

P A V I M E N T A C I O N .

1.- BASE HIDRAULICA.

La base hidráulica consistió en una capa de 45 cm, compactada al 100% de material con agregados pétreos seleccionados para una graduación abierta que tuvieran como tamaño máximo 1-1/2", este material se obtuvo del banco número cuatro "El Tortuguero", el cual se explotó con explosivos, tratando más tarde con una planta de trituración, la cual trituró el material totalmente.

La barrenación se hizo en el banco antes citado con una separación de 2,50 x 3.00 m, con Track Drill y compresor y con una carga de dinamita que varió entre 0,35 a 0.6 kg/m³ dependiendo de la zona que se excavó.

Para la voladura se cargó y se pobló a mano, el material producto de la tronada se removió con tractor de orugas apilando el material con el objeto de que el cargador frontal de orugas trabaje con eficiencia, llenando los camiones de 5 m³ que acarrearon el material hasta el almacén.

Otro cargador frontal cargó nuevamente el material

para que fuera conducido hacia la planta de trituración, compuesta de un primario de quijadas. Una criba de un piso que seleccionó en primeras instancias el material de 1-1/2" que salió de este primer tratamiento y por medio de bandas se condujo el material mayor de 1-1/2" hacia un secundario que consistió en una trituradora de cono de media 24 s (2'). En seguida el material producto de este segundo tratamiento, se condujo por medio de bandas a la tolva principal que cargó los camiones que transportaron el material a un segundo almacenamiento o bien directamente al tramo.

Estos almacenamientos se hacen con el objeto de que en estas operaciones haya independencia y que el rendimiento de una no rejiré sobre la otra, obteniéndose la mayor eficiencia, tanto del Track Drill como de la planta de trituración.

nuevamente, habiendo otra carga en el segundo almacén, se llevó el material hacia el sitio de utilización, en donde se extendieron las pilas de material que dejaron los camiones, con motoconformadoras formando e incorporando el agua necesaria para lograr la humedad óptima.

La compactación que fue la fase siguiente, se hizo con un compactador liso autopulsado, siguiendo la secuela indicada en la compactación del terreno natural.

2.- BASE ASPALTICA.

La base asfáltica consistió en una capa de 15 cm -

de tirada sobre un riego de asfalto rebajado FM-2 con la base hidráulica, el material fue del banco número 5, "Río Teapa" con agregados de graduación cerrada de amplios límites y tamaño máximo de 1-1/2". Después de tirada la base, se impregnó con asfalto rebajado FR-3 y se compactó. Se barrió la superficie y se tiró otro riego de liga con el objeto de tender encima la carpeta de concreto asfáltico que en este caso se mezcló en planta.

Las operaciones de extracción y tratamiento, se efectuaron de manera similar a la base hidráulica en lo que difirió, fue en el extendido y compactación, puesto que se hizo sobre asfalto.

3.- CARPETA DE CONCRETO ASFALTICO.

A excepción de la plataforma de operaciones, en todos los demás trabajos se tuvo carpeta de concreto asfáltico.

El sistema que se usó fue el de la mezcla en caliente, que es el que produjo una carpeta de mayor calidad y estuvo formado por agregado pétreo con graduación cerrada y limitada y cemento asfáltico como cementante (en este caso del número seis).

El material una vez en la planta, se calentó de 140° a 153°C y el asfalto de 110°C a 130°C y se dosificó la mezcla.

Para haber logrado la dosificación granulométrica pedida en las Especificaciones, el material pétreo se

lisó completamente.

De la planta, la mezcla se transportó en camiones_ hasta la extendedora (Finisher) que realizó el trabajo_ en capas uniformes para dar los espesores requeridos -- del proyecto.

La mezcla se compactó a la temperatura de 90°C para que se lograra una efectiva compactación.

El rendimiento de la planta de asfalto se rigió -- por las operaciones de tendido y compactado.

El tendido como ya se dijo, se hizo con una extendedora o acabadora de concreto asfáltico, mientras que_ la compactación con una aplanadora de nueve o diez toneladas y rodillos neumáticos.

Las operaciones de Extracción y Tratamiento de los agregados pétreos, fueron hechas de manera similar a -- los de la base asfáltica, sólo que el material fue de -- tamaño máximo de 3/4".

El cemento asfáltico se dosificó aproximadamente -- de 5.5% a 6% del peso del material suelto.

4.- LOSAS DE CONCRETO HIDRAULICO.

La extracción del material se hizo en forma simi-- lar a las demás partes de la pavimentación, sólo cambió en la colocación y fabricación,

La fabricación se hizo con una planta de concreto, con el objeto de que la dosificación se hiciese adecuadamente, puesto que es difícil dar el grado necesario --

con simples revolvedoras, debido a que fue muy alto el especificado.

El concreto ya fabricado, se acarreó en camiones - revolvedoras hasta el sitio de colocación, la cual se hizo a mano porque el volumen no ameritó una extendidora de concreto hidráulico.

Hubo la necesidad de curar el concreto, lo cual se hizo a base de una membrana.

Una vez que el concreto alcanzó el grado de resistencia deseado, se procedió a hacer el junteo y recorres que marcó el proyecto.

4.2.- PROGRAMA DE OBRA.

Una base fundamental para la programación de una obra, es el cálculo de los rendimientos del equipo. Para justificar y controlar un trabajo se calcula el rendimiento técnico que está dado por la siguiente fórmula:

$$P = \frac{C \times E}{T_c}$$

En donde:

P = Producción dada en m³/hora, m³/min, Ha/Hr, -
Lt/hr, m³/semana, m³/mes, etc.

C = Capacidad.- Teórica de la máquina expresada comúnmente en m³.

T_c = Tiempo de ciclo expresado en minutos o segundos.

E = Eficiencia = Factor variable adimensional.

Cada empresa constructora tiene su propio criterio de cálculo en la interpretación de dichos rendimientos, el cual está en íntima relación con la experiencia y estadística de la empresa; el rendimiento calculado con la fórmula anterior puede ser comprobado con las gráficas y relaciones que publican los fabricantes de cada equipo afectándola desde luego de un factor de eficiencia.

Calculando los rendimientos de las máquinas que intervienen en los principales conceptos de trabajo, se programarán estos y tomando como base a los mismos, se programará toda la obra.

Los conceptos que se analizarán son algunos de terracerías, como ejemplos teóricos, ya que un análisis completo escapa del propósito de esta tesis.

Para los demás conceptos se siguió la misma secuencia de cálculo.

- 1.- Despalme.
- 2.- Excavación de préstamo de banco.
- 3.- Compactación del terreno natural.

Para el cálculo del tiempo del ciclo, de la eficiencia o de la producción de las máquinas, se requieren de ciertos datos que se enumeran a continuación en forma de tablas y gráficas dando además la explicación o consideración de las mismas cuando se requiera.

Tabla Núm. 1.- Característica de los materiales.

Peso volumétrico suelto en banco.

Coefficiente de variación volumétrica - -
(CVV).

Coefficiente de abundamiento.

Tabla Núm. 2.- Coeficiente de resistencia al rodamiento para diferentes tipos de camino y considerando llantas y oruga.

Tabla Núm. 3.- Coeficiente de tracción, para orugas y llantas.

Tabla Núm. 4.- Coeficiente de conversión de velocidad máxima a velocidad media.

Tabla Núm. 5.- Coeficiente de eficiencia.

Se componen por dos elementos:

A).- Coeficiente de eficacia. Representa el tiempo efectivo trabajado por hora. En este coeficiente se toma en cuenta principalmente:

- a).- Tiempo de abastecimiento.
- b).- Tiempo de mantenimiento.
- c).- Fatiga del operador.

Comunmente este coeficiente fluctúa entre cuarenta y cincuenta minutos efectivos por hora trabajada. En el cálculo de la tabla de eficiencias, se emplearán cuarenta y cinco minutos por hora, lo que da un factor de 0.75.

B).- Coeficiente de utilización:

B.1) Condiciones de trabajo.

- a).- Naturaleza del terreno.
- b).- Condiciones del suelo.
- c).- Condiciones del clima.
- d).- Topografía y tamaño de la obra.
- e).- Conexiones de dependencia.
- f).- Ritmo de trabajo.

B.2) Condiciones de organización.

- a).- Experiencia del personal.
- b).- Selección del equipo adecuado.
- c).- Cuidado y mantenimiento del equipo.
- d).- Ejecución, dirección y coordinación de operaciones.

La clasificación de las condiciones es la siguiente:

Excelente	0,9	a	0,95
Buenas	0,85	a	0,9

Regulares.	0.8	a	0.85
Malas.	0.7	a	0.8

Tabla Núm. 6.- Coeficiente de llenado para tractor.

Se basa en dos correcciones:

a).- Por pendiente.

3% menos por cada 1% de pendiente desfavorable.

1% más por cada 1% de pendiente favorable.

b).- Por tipo de material.

Material cohesivo 0.95

Material no cohesivo 0.85

Tabla Núm. 7.- Coeficiente por penetración y por material no aflojado.

Está en base al tipo de material y al tamaño del tractor.

El tipo de material interviene en base a la velocidad sísmica del material, la cual varía desde 0.3 km/seg en tierra vegetal hasta 3.7 km/seg en roca sedimentaria.

Para la interpretación de la Tabla Núm. 7, se utilizará la Tabla Auxiliar Núm. 7.1.

Tabla Núm. 8.- Eficiencia de llenado para cargador frontal.

Este factor varía únicamente por el tipo de material.

Gráfica Núm. 1.- Producción teórica de un compactador T-815 autopropulsado pata de cabra.

TABLA N^om. 1.

CARACTERISTICAS DE LOS MATERIALES.

MATERIAL.	PESO VOLUMETRICO		COEFICIENTE DE VARIACION VOLUMETRICA.	COEFICIENTE DE ABUNDANCIA.
	SUELTO $\frac{kg}{m^3}$	EN BANCO Kg/m^3		
Arcilla Plástica - Seca.	1485	1840	0.81	1.23
Arcilla Plástica - Húmeda.	1725	2650	0.65	1.54
Limo Arenoso Seco.	1180	1650	0.72	1.39
Limo Arenoso Húme- do.	1650	1840	0.90	1.11
Grava-Arena Húme- da.	1440	1920	0.75	1.33
Grava-Arena Bajo - Agua.	1110	1500	0.74	1.35
Tierra Vegetal Se- ca.	1550	1780	0.87	1.15
Tierra Vegetal Hú- meda.	1725	2075	0.83	1.20
Roca Caliza.	1540	2600	0.59	1.69

TABLA Núm. 2.

RESISTENCIA AL RODAMIENTO.

TIPO DE CAMINO.	C O E F I C I E N T E.	
	CARRILES.	LLANTAS.
A Superficie Estabilizada bien conservada sin penetración bajo carga.	0.02	0.018
B Firme de tierra que se ondula bajo carga, mantenimiento regular.	0.035	0.028
C Camino de tierra con raices flexibles bajo carga, sin mantenimiento y penetración de llantas de 2.5 a 5 cm.	0.05	0.04
D Camino de tierra suelta con raices inestables sin mantenimiento, penetración de llantas de 10 a 15.	0.075	0.06
E Arena y grava suelta.	0.1	0.08
F Camino lodoso sin mantenimiento.	0.15	0.12
G Roca.	0.1	0.07

TABLA Núm. 3.

COEFICIENTE DE TRACCION.

TIPO DE CAMINO.	C O E F I C I E N T E .	
	CARRILES.	LLANTA.
Concreto.	0.45	0.90
Arcilla Seca.	0.90	0.55
Arcilla Húmeda.	0.70	0.45
Arena Seca.	0.30	0.20
Arena Húmeda.	0.50	0.40
Grava Suelta.	0.50	0.36
Tierra Firme.	0.90	0.55
Tierra Suelta.	0.60	0.45
Banco de Roca.	0.55	0.65

TABLA Núm. 4.

COEFICIENTE DE CONVERSION DE VELOCIDAD MAXIMA A VELOCIDAD --
MEDIA.

LONGITUD DE ACARREO.	PARTIENDO DEL REPOSO.	PARTIENDO EN MOVI MIENTO CUANDO EN- TRA EN EL CAMINO DE ACARREO.
0 ----- 117	0.25 --- 0.50	0.50 ----- 0.70
117 ----- 229	0.35 --- 0.60	0.60 ----- 0.75
229 ----- 458	0.50 --- 0.65	0.70 ----- 0.80
458 ----- 764	0.60 --- 0.70	0.75 ----- 0.80
764 ----- 1170	0.65 --- 0.75	0.80 ----- 0.85
1170 ----- Más.	0.70 --- 0.85	0.80 ----- 0.90

NOTA: UTILIZACION DE LOS FACTORES.

F A C T O R .	RELACION Kg/HP.
M a y o r .	Hasta ----- 155
P r o m e d i o .	155 ----- 182
M e n o s .	182 o Más.

TABLA N^om. 5.
COEFICIENTE DE EFICIENCIA.

ORGANIZACION DE LA OBRA.				
	EXCELENTE	BUENA.	REGULAR	MALA.
Ex c e l e n t e	0.61	0.57	0.45	0.47
B u e n a	0.57	0.54	0.51	0.45
R e g u l a r	0.54	0.51	0.48	0.42
M a l a	0.47	0.45	0.42	0.37

TABLA N^om. 6.
COEFICIENTE DE LLENADO PARA TRACTOR EXCAVANDO.

T M I A P T O E D R E I A L.		CORRECCION POR PENDIENTE.				
		+10%	+ 5%	0%	-5%	-10%
	Cohesivo	1.05	1.00	0.95	0.81	0.67
	No Cohesivo.	0.94	0.89	0.85	0.72	0.60

NOTA: PARA CALCULAR CON PENDIENTES INTERMEDIAS, SE SIGUE LA
SECUELA EXPUESTA ANTERIORMENTE.

TABLA Núm. 7.
COEFICIENTE PARA TRACTOR ESCARIFICANDO.

TIPO DE MATERIAL.		POTENCIA DEL TRACTOR (H.P.)		
		200	300	400
Muy suave.	1	0.72	0.76	8.0
Suave.	2	0.56	0.72	0.76
Medio.	3	0.24	0.56	0.72
Semiduro.	4	----	0.24	0.56
Duro.	5	----	----	0.24
Muy duro.	6	----	----	----

TABLA 7 : 1

VELOCIDAD SISMICA DE DIFERENTES MATERIALES km/seg.

M A T E R I A L.	INTEMPERIZACION-FRACTURA (%)					
	90-90	90-50	50-50	50-30	30-30	0-0
Tierra vegetal.	0.3	0.8	- - -	- - -	- - -	- - -
Arcilla.	0.9	1.0	1.3	- - -	- - -	- - -
Membrana glacial.	1.0	1.15	1.4	- - -	- - -	- - -
Roca volcánica.	1.2	1.35	1.75	2.2	2.75	3.6
Roca sedimentaria.	1.4	1.5	2.1	2.6	3.2	3.7
Roca metamórfica.	1.2	1.3	1.7	2.1	2.65	3.6
Minerales.	1.1	1.25	1.6	2.0	2.6	3.4

CLASIFICACION, MUY SUAVE, SUAVE

TABLA Núm. 8.
EFICIENCIA DE LLENADO PARA CARGADOR FRONTAL.

M A T E R I A L .	FACTOR DE CARGA.	
SUELTO.		
Agregados húmedos.	0.85	0.95
Hasta 1/8"	0.95	1.00
Hasta 1/8" a 3/8"	0.85	0.90
Hasta 1/2" a 3/8"	0.90	0.95
Hasta 1" o más.	0.85	0.90
Tierra vegetal.	0.85	0.90
Arcilla.	0.9	0.95
Limo.	0.85	0.90
DINAMITADO.		
Bien fragmentado.	0.80	0.85
Medianamente fragmentado.	0.75	0.80
Mal fragmentado.	0.60	0.65

TABLA Núm. 9.
COEFICIENTE PARA CALCULO DEL PORCENTAJE DE PROFUNDIDAD OPTIMA.

TIPO DE MATERIAL.	TAMAÑO DEL CUCHARON.								
	3/8	1/2	3/4	1	1 1/4	1 1/2	1 3/4	2	2 1/2
Arcilla arenosa ligera.	1.5	1.65	1.8	2	2.1	2.2	2.3	2.4	2.55
Arena y grava.	1.5	1.65	1.8	2	2.1	2.2	2.3	2.4	2.55
Tierra ordinaria buena.	1.8	2	2.2	2.4	2.55	2.7	2.85	3	3.15
Arcilla compacta dura.	2.2	2.55	2.6	2.8	3	3.2	3.4	3.55	3.7
Arcilla pegajosa húmeda.	2.2	2.55	2.6	2.8	3	3.2	3.4	3.55	3.7

TABLA Núm. 10
COEFICIENTE DE EFECTO DE LA PROFUNDIDAD DEL CORTE Y DEL ANGULO DE OSCILACION EN LA PRODUCCION DE UNA DRAGA.

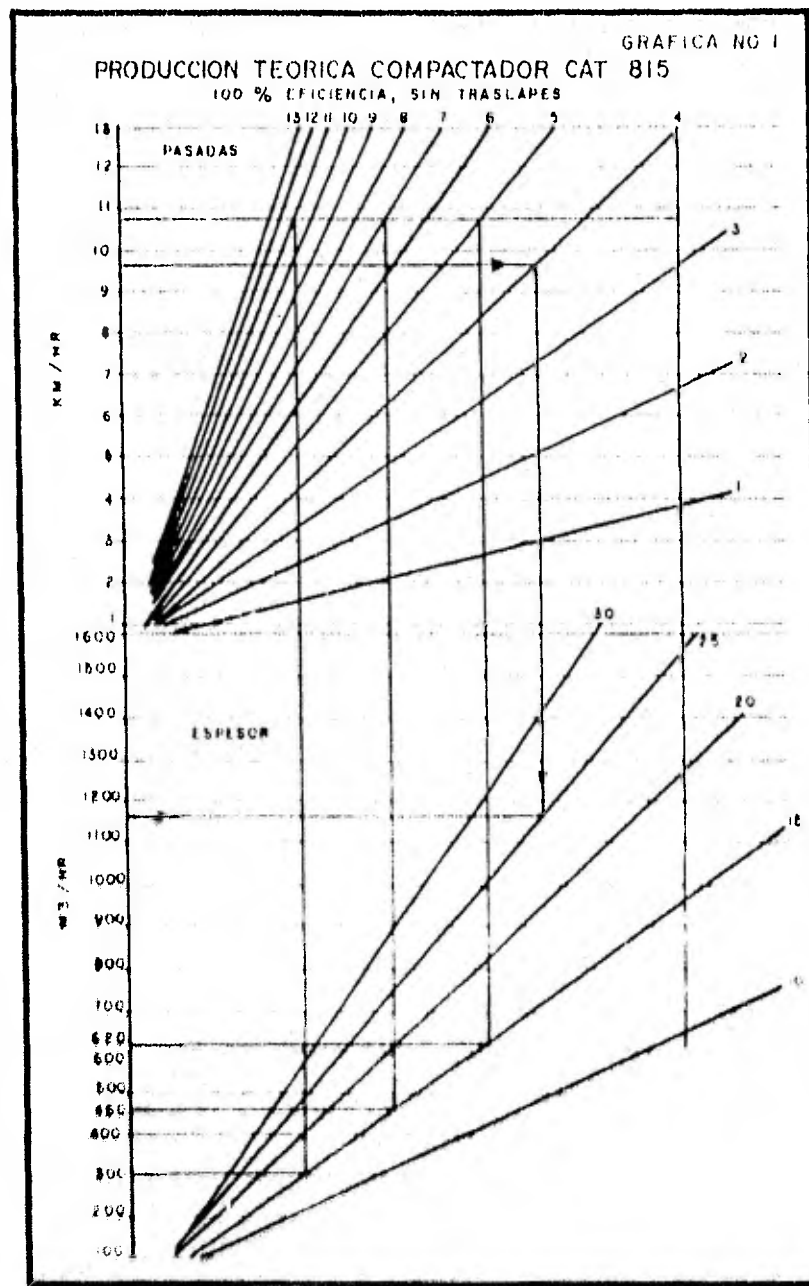
PORCENTAJE DE PROFUNDIDAD OPTIMA.	ANGULO DE OSCILACION.							
	30	45	60	75	90	120	150	180
20	1.06	0.99	0.94	0.9	0.87	0.81	0.75	0.70
40	1.17	1.08	1.02	0.97	0.93	0.85	0.78	0.72
60	1.24	1.13	1.06	1.01	0.97	0.88	0.8	0.74
80	1.29	1.17	1.09	1.04	0.99	0.90	0.82	0.76
100	1.32	1.19	1.11	1.05	1.00	0.91	0.83	0.77
120	1.29	1.17	1.09	1.03	0.98	0.90	0.82	0.76
140	1.25	1.14	1.06	1.00	0.96	0.88	0.81	0.75
160	1.20	1.1	1.02	0.97	0.93	0.85	0.79	0.73
180	1.15	1.05	0.98	0.94	0.9	0.83	0.76	0.71
200 o más.	1.1	1.0	0.94	0.9	0.87	0.79	0.73	0.69

TABLA Núm. 11
 PRODUCCION IDEAL PARA DRAGAS DE PLUMA CORTA, (PROFUNDIDAD OPTIMA 100%; ANGULO DE OSCILACION 90°).

TIPO DE MATERIAL.	3/8	1/2	3/4	1	1 1/4	1 1/2	1 3/4	2	2 1/2
Arcilla arenosa ligera.	53	72	99	122	148	167	186	201	232
Arena y grava	50	68	95	118	140	160	179	194	224
Tierra ordinaria buena.	45	57	80	103	125	144	160	175	201
Arcilla compacta dura	27	42	68	84	103	122	137	148	175
Arcilla pegajosa húmeda.	15	23	42	57	72	84	99	110	133

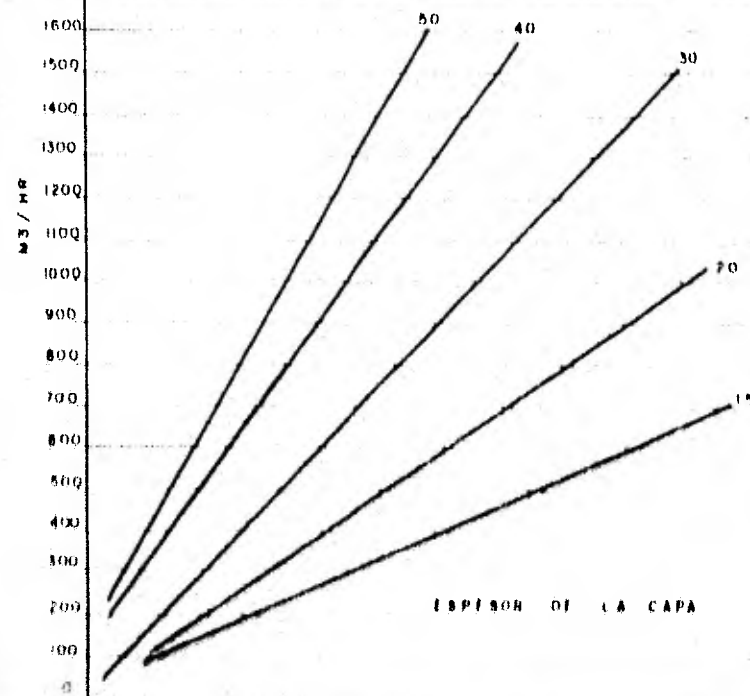
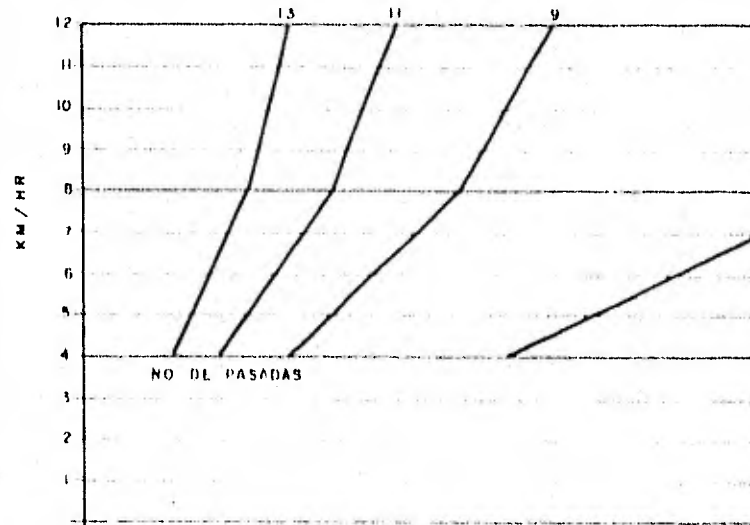
TABLA Núm. 12.
 RANGOS MAXIMOS DE TRABAJO "DRAGAS"

LONGITUD DE PLUMA (m)	K (kg)	PROFUNDIDAD MAXIMA DE EXCAVACION (m)							
		A (m)	B (m)	12	11	10	8.5	7	6
15	K	5500	5500	5500	5500	5500	5500	5500	5500
	A, B	17,3	15,4	15,5.5	14,7	14,7.5	12,8		
18	K	4750	5000	5350	5500	5500	5500	5500	5500
	A, B	20,4	18,2.5	17,7	17,8	16,95	14,10.5		
21	K	3050	3350	4150	4500	5000	5350		
	A, B	23,6.5	21,7	21,8	20,10	18,11	17,13		
24	K	2100	3000	5200	6000	5900	4450		
	A, B	26,7	25,8	24,10	23,11	21,13	20,14		
LONGITUD DE PLUMA (m)	K (kg)	20	25	50	35	40	40		
	A (m)	ANGULO DE PLUMA RECOMENDADO (GRADO).							
	B (m)								



GRAFICA NO 2

PRODUCCION TEORICA DEL
COMPACTADOR CA -- 25



Gráfica Núm. 2.- Producción teórica de un compactador - -
CA-25, autopropulsado vibratorio liso.

Concepto Núm. 1.- Despalme.

A).- Datos Generales.

Volumen Total = 103 905 m³

Material = Tierra Vegetal Húmeda.

De la Tabla Núm. 1.

PVB = 2075 kg/m³

PVS = 1725 kg/m³

CVV = 0.83

CA = 1.20

Equipo: Tractor 300 HP (D.8 k)

Peso = 24450 kg.

Hoja Angulable.

Peso = 5307 kg.

Capacidad = $(4.72 \times 1.12^2) = 5.92 \text{ m}^3$ - -
(Considerando el talud del ma-
terial 2:1).

Peso Total = 29757 kg,

Varios; Distancia de acarreo = 20 m (acarreo li-
bre).

Conversion V máx a V media = 0.7 (Tabla Núm. 4).

Pendiente = 5% adversa.

Peso del material = 10213 kg.

Camino tipo C-VII (Tablas Nums. 2 y 3).

Resistencia al rodamiento para carriles = 0.05

Coefficiente de tracción para carriles = 0.90

B).- Cálculo de la velocidad (V).

Resistencia total del tractor y de la carga:

$$Rt \text{ del Tractor} = 29757 \text{ kg} (0.05+0.05) = 2976 \text{ kg.}$$

$$Rt \text{ de la carga} = 10213 \text{ kg} + 102113 \times 0.05 = \frac{10724}{13\ 700} \text{ kg}$$

Resistencia total del tractor (Reversa).

$$Rt = 29757 \text{ kg} (0.05) = 1488 \text{ kg}$$

a).- Velocidad de ida.

$$V \text{ máx} = \frac{273 \times 300 \text{ HP} \times 0.80}{13\ 700 \text{ kg}} = 4.78 \text{ km/hr}$$

$$V \text{ med} = 4.78 \text{ km/hr} \times 0.7 = 3.35 \text{ km/hr}$$

b).- Velocidad de regreso.

$$V \text{ máx} = \frac{273 \times 300 \text{ HP} \times 0.8}{1488 \text{ kg}} = 43.98 \text{ km/hr}$$

Revisando con las tablas del fabricante se obtiene:

La máxima velocidad en reversa es la 13.2 km/hr.

lo cual daría una velocidad media de 9.24 km/hr.

El fabricante recomienda que en reversa, el tractor opere en segunda velocidad de 8.4 km/hr, por lo que se considera ésta la velocidad media desechando la antes calculada.

c).- Revisión por máxima fuerza tractiva.

$$29757 \text{ kg} \times 0.9 = 26781 \text{ kg} \text{ } 13\ 700 \text{ kg requerida.}$$

d).- Cálculo del tiempo del ciclo (T_c).

$$\text{Tiempos fijos} = 0.35 \text{ min.}$$

Tiempos variables:

$$\text{Tiempo de ida} = \frac{0.02 \text{ km} \times 60 \text{ min}}{3.35 \text{ km/hr}} = 0.36 \text{ min.}$$

$$\text{Tiempo de regreso} = \frac{0.02 \text{ km} \times 60 \text{ min.}}{8.4 \text{ km/hr}} = 0.14 \text{ min.}$$

$$T_c = 0.85$$

##

e).- Eficiencia.

La organización de la obra es buena, las condiciones de trabajo son regulares debido a -- las intensas lluvias, no obstante ser un terreno bastante plano, por lo que de la Tabla Núm. 5, se tiene 0.51.

El material es cohesivo y con la pendiente adversa del 5% de la Tabla Núm. 6, se tiene 0,81.

Entonces el factor de eficiencia es:

$$E = 0.51 \times 0.81 = 0.41$$

f).- Cálculo de la producción.

$$C = 5,92 \text{ m}^3 \cdot \text{s}$$

$$E = 0.41$$

$$T_c = 0.85 \text{ mín.}$$

$$P = \frac{C \times E}{T_c} = \frac{5.92 \text{ m}^3 \cdot \text{s} \times 0.41}{0.85 \text{ mín.}} \times 60 \text{ min/hr} = 171 \text{ m}^3 \cdot \text{s/hr.}$$

Transformando de suelto a banco:

$$171 \text{ m}^3 \cdot \text{s/hr} \times 0.83 \text{ (CVV)} = 142 \text{ m}^3/\text{hr.}$$

Si se consideran turnos de 8 hr/día y 6 días hábiles/semana, se tiene:

$$8 \text{ hr/día} \times 6 \text{ días/semana} = 48 \text{ hr/semana.}$$

$$142 \text{ m}^3/\text{hr} \times 48 \text{ hr/semana} = 6816 \text{ m}^3/\text{semana.}$$

El número de semanas-máquina para despallar toda la obra será:

$$\frac{103905 \text{ m}^3}{6816 \text{ m}^3/\text{semana}} = 15,24 \text{ sem} = 16 \text{ semanas-máquina.}$$

Concepto Núm. 2.- Excavación de Préstamo de Banco.

A).- Banco Núm. 1.

a).- Datos Generales.

Volumen Total = 146 365 m³.

Material = Arena Arcillosa saturada.

Propiedades de la Tabla Núm. 1, se tiene:

PVB = 1 840 kg/m³

PVS = 1 415 kg/m³

CVV = 0.77

CA = 1.30

Equipo:

Tractor D-8 k (300 HP) c/Ripper aflojando, excavando y apilando.

Cargador frontal 955 L (2-1/2 yd³) cargando.

Camión 5 m³ (F-600) acarreando.

b).- Afloje, excavado y apile:

1).- Afloje.

Consideración y datos:

Equipo: Tractor D-8 K con Ripper de un diente en paralelogramo.

Penetración máxima = 1.22 m.

Distancia entre pasadas = 0.90 m.

Distancia de recorrido = 1.00 m.

Se considera una sola pasada con el Ripper, debido a que el tractor excavará después.

2).- Velocidad.- Tanto el fabricante como los constructores han obtenido por el método de observación directa (que es el más confiable en este caso) que la velocidad media del tractor D-8K desgarrando,

B).- Bancos Núms. 2 y 3.

a).- Datos Generales.

Volumen total = 63 319 m³.

Material - grava - arena de río.

De las tablas anteriores:

PVB = 1 300

PVS = 960

CVV = 0.74

CA = 1.35

Equipo de Extracción = Dragas 3/4 y d³.

Carga - Cargador orugas 1-3/4 yd³.

Acarreo - Camión 5 m³.

b).- Extracción:

Pluma corta (15 - 24 m).

Angulo de oscilación - 90°.

Angulo de la pluma = 30°.

Profundidad de corte = 3 m.

1).- Porcentaje de la profundidad óptima (% PO) de la Tabla Núm. 1 para grava - arena y cucharón de 3/4" se tiene - 1,8

$$\% P O = \frac{3}{1,8} \times 100 = 167\%$$

2).- Coeficiente del efecto de profundidad óptima y del ángulo de oscilación (K) de la Tabla Núm. 12, se tiene para 90° de oscilación y 160° de PO un coeficiente de 0.93, con lo que interpolando se tiene:

$$K = 0.92$$

c).- Tiempo del ciclo:

Tiempos fijos = 0.25 min.

Tiempo desgarrando $\frac{0.1 \text{ km} \times 60 \text{ min/hr}}{1.5 \text{ km/hr}} = 4.00 \text{ min.}$

Tiempo de viraje y maniobras $\frac{= 0.25 \text{ min.}}{Te = 4.5 \text{ min.}}$

d).- Eficiencia:

Organización buena y condiciones regulares.

De la Tabla Núm. 5 se tiene 0.51

De la Tabla Núm. 7, con material medio y

300 HP se tiene 0.56

$E = 0.51 \times 0.56 = 0.29$

e).- Volumen desgarrado.

$V = 100 \text{ m} \times 1.22 \times 0.9 \text{ m} = 110 \text{ m}^3 - b$

f).- Producción.

$P = 110 \text{ m}^3 \cdot b \times 0.29 \times \frac{60 \text{ min/hr}}{4.5 \text{ min.}} = 425 \text{ m}^3 - b/\text{hr.}$

C).- Excavación y apile:

Consideraciones y datos.

Equipo-Tractor D-8 k (300 HP),

Peso del Tractor = 34 658 kg.

Capacidad de la hoja = 5.92 m³ - s.

Peso del material 5.92 m³ - s $\times 1415 \text{ kg/m}^3 = 8 377 \text{ kg.}$

Distancia de acarreo = 25 m (Promedio).

Camino tipo C-V.

RR Carriles = 0.05 (Tabla Núm. 2),

C_t Carriles = 0.5 (Tabla Núm. 3),

Pendiente = 5% adversa.

Conversión V máx a V med = 0.7 (Tabla Núm. 4),

a).- Velocidad.

$$\begin{aligned} \text{Resistencia del tractor} &= 34\ 658 (0.05+0.05) \\ &3\ 466 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Resistencia del material} &= 8\ 377 + \\ &8\ 377 \times 0.05 = \underline{8\ 796 \text{ kg}} \\ &12\ 262 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_t = \text{retroceso} &= (3\ 4656) (0.05 + 0.05) = \\ &3\ 466 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$V_{\text{máx}} = \frac{273 \times 300 \text{ HP} \times 0.8}{12\ 262 \text{ kg}} = 5.34 \text{ km/hr}$$

$$V_{\text{med}} = 5.34 \text{ km/hr} \times 0.7 = 3.74 \text{ km/hr}$$

$$V_{\text{máx}} = \frac{273 \times 300 \text{ HP} \times 0.8}{3\ 466 \text{ kg}} = 18.9 \text{ km/hr}$$

Revisando las tablas del fabricante, se desecha la velocidad de regreso calculada por ser exagerada y en su lugar se utilizará 8.4 km/hr como velocidad media para ser lo más recomendable.

Revisión por máxima fuerza tractiva.

$$3\ 458 \text{ kg} \times 0.5 = 17\ 329 \text{ kg} \quad 12\ 262 \text{ kg} \text{ requerida.}$$

b).- Tiempo del ciclo.

$$\text{Tiempos fijos} \quad 0.20 \text{ min.}$$

$$\text{Tiempo de ida } \frac{0.025 \text{ km} \times 60 \text{ min/hr}}{3.74 \text{ km/hr}} \quad 0.40 \text{ min.}$$

Tiempo de regreso

$$\frac{0.025 \text{ km} \times 60 \text{ min/hr}}{8.4 \text{ km/hr}} \quad 0.18 \text{ min}$$

$$\text{Tiempos perdidos.} \quad \underline{0.1 \text{ min}}$$

$$T_c = 0.88 \text{ min.}$$

c).- Eficiencia.

Organización buena y condiciones regulares de

de la Tabla Núm. 5 se tiene 0.51

Material cohesivo con pendiente adversa del -

5% de la Tabla Núm. 6 se tiene 0.81.

$$\text{Eficiencia} = 0.51 \times 0.81 = 0.41$$

d).- Producción.

$$p = \frac{5.92 \text{ m}^3 \cdot \text{s} \times 0.41 \times 60 \text{ min/hr}}{0.88} = 166 \text{ m}^3 \cdot \text{S/hr.}$$

$$P = 166 \text{ m}^3 \cdot \text{x/hr} \times 0.77 \text{ (CVV)} = 128 \text{ m}^3 \cdot \text{b/hr}$$

Entonces la producción del tractor D-8 aflo--
jando, excavando y apilando será:

$$\frac{1}{P} = \frac{1}{425} + \frac{1}{128} = \frac{425 + 128}{54 \ 400} = \frac{553}{54 \ 400} = \frac{1}{98}$$

$$P = 98 \text{ m}^3 \cdot \text{b/hr.}$$

$$P = \text{m}^3 \cdot \text{b/hr} \times 48 \text{ hr/semana} = 4 \ 704 \text{ m}^3 \cdot \text{b/semana.}$$

El número de semanas-máquina para este traba-
jo será:

$$\frac{146 \ 365 \text{ m}^3}{4 \ 704 \text{ m}^3/\text{sem-máq.}} = 31.1 = 31 \text{ semanas-máquina.}$$

D).- Carga.

Consideraciones y datos.

Equipo; cargador frontal de orugas 955 (2-1/4 yd³)

Capacidad en m³ = 1.71 m³ · S.

Acarreo. - No existe ya que el camión entrará hasta
el lugar donde el cargador opera.

Operador = Bueno.

Descarga = Camiones de tolva pequeña pero refor-
zada.

Posesión no común de cargador y camión.

Operación continua.

a).- Tiempo de ciclo.

1).- Primer criterio.- Se considera el ciclo básico del cargador entre 20 y 25 seg -- con sus respectivas correcciones (Tabla Núm. 9).

Ciclo Básico	20 seg.
Material del banco.	+ 2.4 seg.
Apilado a más de 3 on.	0,0
Posesión no común.	0,0
Operación continua.	- 2.4 seg.
Camiones pequeños.	+ 2.4 seg.
	<u> </u>
T_c	= 22.4 seg.

$$T_c = \frac{22.4 \text{ seg}}{60 \text{ min/seg}} = 0.37 \text{ min.}$$

2).- Segundo criterio (fabricante) Tabla Núm. 10.

Tiempo de carga.	0,07 min.
Tiempo de maniobra.	0,22 min.
Tiempo de descarga.	<u>0,06 min.</u>
	0,35 min.

Se usará entonces el promedio 0,36 min.

b).- Eficiencia.

Organización buena y condiciones regulares de la Tabla Núm. 5 se tiene = 0,51

Llenando.- De la Tabla Núm. 8 se tiene = 0,9

$$E = 0,51 \times 0,9 = 0,46$$

c).- Producción.

$$P = \frac{1.71 \text{ m}^3}{0.36 \text{ min}} - 5 \times 0.46 \times 60 \text{ min/hr} = 131 \text{ m}^3$$

- S/hr.

$$P = 131 \text{ m}^3 - \text{S/hr} \times 0.77 \text{ (CVV)} = 101 \text{ m}^3 - \text{B/hr}$$

$$P = 101 \text{ m}^3 - \text{b/hr} \times 48 \text{ hr/sem} = 4\,848 \text{ m}^3 -$$

b/sem.

El número de semanas-máquina requerida será:

$$\frac{146\,365 \text{ m}^3}{4\,848 \text{ m}^3/\text{sem-máq.}} = 30.2 = 31 \text{ semanas-máquina}$$

De los resultados anteriores se deduce que el equipo propuesto es el adecuado, debido a que está balanceado, requiriéndose de cada uno -- treinta y un semanas-máquina para terminar el trabajo.

E).- Acarreo.

Consideraciones y datos:

El acarreo real es de 1 km, se analizará para tal porque además así lo pide la Especificación SAHOP.

Equipo = camión Ford - F-600

Peso del camión = 4 700 kg.

Capacidad de la caja = 5 m³ - S.

Peso del material = 7 075 kg.

Camión tipo B - VII.

RR Llantas = 0,028 (Tabla Núm. 2).

Cr Llantas = 0,55 (Tabla Núm. 3).

Pendiente = 5% adversa.

Corrección V máx y V med = 0,5 (Tabla Núm. 4).

a).- Velocidad.

$$\text{Resistencia total ida} = (7\ 075 + 4\ 700) (0.028 + 0.05) = 942 \text{ kg.}$$

$$\text{Resistencia total regreso} = (4\ 700) (0.078 + 0.05) = 367 \text{ kg.}$$

$$V \text{ máx ida} = \frac{273 \times 155 \text{ Hp} \times 0.8}{918} = 36.38 \text{ km/}$$

$$V \text{ máx regreso} = \frac{273 \times 155 \text{ HP} \times 0.8}{367} = 92.24 \text{ km/hr}$$

$$V \text{ med regreso} = 9224 \text{ km/hr} \times 0.5 = 46.12 \text{ km/hr}$$

Revisión por máxima fuerza tractiva.

$$\text{Por ciento de carga sobre el eje propulsor} = 0.62$$

$$\text{MFT} = 4\ 700 \times 0.55 \times 0.62 = 1\ 603 \text{ kg} \quad 918 \text{ kg requerido.}$$

b).- Tiempo de ciclo.

1).- Tiempos fijos.

$$\text{Tiempo de carga} = \frac{5 \text{ m}^3 \times 0.36 \text{ min.}}{1.71 \text{ m}^3 \times 0.9 \text{ (llenado)}} = 1.17 \text{ min.}$$

cargador

$$\text{Tiempo de maniobra} = 2 \text{ min/maniobra} \times 2 = 4 \text{ min.}$$

$$\text{Tiempo de carga} = \frac{0.5 \text{ min.}}{5.67 \text{ min.}}$$

2).- Tiempo Variable.

$$\text{Tiempo de ida} = \frac{1 \text{ km} \times 60 \text{ min/hr}}{18.44 \text{ km/hr}} = 3.25 \text{ min.}$$

$$\text{Tiempo de regreso} = \frac{1 \text{ km} \times 60 \text{ min/hr}}{46.12 \text{ km/hr}} = 1.30 \text{ min.}$$

Tiempos perdidos.	$\frac{4.00 \text{ min.}}{5.55}$
Tiempos fijos.	5.67 min.
Tiempo variables.	$\frac{5.55 \text{ min.}}{11.22 \text{ min.}}$

c).- Eficiencia.

Organización buena y condiciones regulares de la Tabla se tiene: 0.51

Llenado camión: 0.9

$$E = 0.51 \times 0.9 = 0.45$$

d).- Producción.

$$P = 5 \text{ m}^3 - 5 \times 0.46 \times 60 \text{ min/hr} = 12.30 \text{ m}^3 - \text{S/hr.}$$

$$P = 12.30 \text{ m}^3 - \text{S/hr} \times 0.77 \text{ (CVV)} = 9.47 \text{ m}^3 - \text{B/ht.}$$

e).- Número de unidades requeridas por cargador.

$$\text{Núm. Unid.} = \frac{\text{Prod. Cargador} = 101 \text{ m}^3/\text{hr}}{\text{Prod. Camión } 9.47 \text{ m}^3/\text{hr}} = 11 \text{ unidades.}$$

Producción.

La producción ideal para una draga de 15 m de pluma con cucharón de 3/4 yd 3 extrayendo grava y arena de río, es: (Tabla Núm. 13).

$$P_i = 95 \text{ m}^3/\text{ht}$$

$$P = P_i \times K \times F$$

$$P = 95 \text{ m}^3/\text{hr} \times 0.92 \times 0.45 = 40 \text{ m}^3/\text{ht}$$

$$P = 40 \text{ m}^3/\text{hr} \times 48 \text{ hr/sem} = 1920 \text{ m}^3/\text{sem.}$$

f).- Revisión de capacidad de carga y selección de pluma.

Capacidad del cucharón = 0.57 m^3

Peso del material = $0.57 \text{ m}^3 \times 960 \text{ kg/m}^3 = 54.7$
kg.

Carga total = 1387 kg.

Con el ángulo de inclinación de la pluma 30° y una capacidad de carga de 1387 kg en tramos a la Tabla Núm. 12 y se obtienen las siguientes características.

Se puede utilizar cualquier longitud pluma.

Se usará entonces: 24 m.

Radio de descarga = 24.1 m.

Altura máxima de corte = 10.1 m.

Profundidad máxima de corte = 9.8 m.

Capacidad de carga 1 387 kg.

g). - Número de semanas-máquina requeridas.

$$\frac{63319 \text{ m}^3}{1920 \text{ m}^3/\text{sem-máq}} = 3298 = 33 \text{ sem-máq.}$$

F). - Carga.

Capacidad del cucharón = 1.34 m^3 - S

No hay acarreo.

Operador Bueno.

a). - Tiempo de ciclo básico 25 seg.

De la Tabla Núm. 9.

Material de diversos tamaños + 2.4 seg

Apilando a mano de 3 m + 0.6

Poseción no común de camión y car-

gador, 0.0

Operación continua, 2.4

Camiones pequeños. 2.4

$T_c = 28.0 \text{ seg.}$

$$T_c = \frac{28 \text{ seg.}}{60 \text{ min.}} = 0.47 \text{ min.}$$

b).- Eficiencia.

Organización buena y condiciones malas de la

Tabla 5 = 0.45

Llenado

De la Tabla 8 = 0.85

$$E = 0.45 \times 0.85 = 0.38$$

c).- Producción.

$$C = 1.34 \text{ m}^3 \cdot S$$

$$T_c = 0.47 \text{ min.}$$

$$E = 0.34$$

$$P = \frac{1.34 \text{ m}^3 \cdot S \times 0.38 \times 60 \text{ min/hr}}{0.47 \text{ min}} = 65 \text{ m}^3 \cdot S/\text{hr.}$$

$$P = 65 \text{ m}^3 \cdot S/\text{hr} \times 0.74 \text{ (CVV)} = 48 \text{ m}^3 \cdot S/\text{hr}$$

$$P = 48 \text{ m}^3 \cdot S/\text{hr} \times 48 \text{ hr/sem} = 2304 \text{ m}^3/\text{sem.}$$

d).- Número de semanas-máquina requerida.

$$\frac{6 \ 3310 \text{ m}^3}{2304 \text{ sem-máq.}} = 27.48 = 28 \text{ sem-máq.}$$

G).- Acarreo (1 km).

Capacidad del camión.

$$5 \text{ m}^3 \cdot S$$

Peso del camión.

$$4 \ 700 \text{ kg.}$$

Camión Tipo B - 11.

De las tablas.

$$RR \text{ llantas} = 0,028$$

$$Cr \text{ llantas} = 0,55$$

Pendiente 5% adversa.

$$\text{Peso del material} = 4 \ 800 \text{ kg.}$$

Conversión V máx a V med = 0.5

Peso del camión + material = 9 500 kg.

a).- Tiempo de ciclo.

1).- Tiempos fijos.

$$\begin{aligned} \text{Tiempo de carga} &= \frac{5 \text{ m}^3}{154 \text{ m}^3} \times \frac{0.17 \text{ min}}{0.85} = \\ & 2.06 \text{ min.} \\ \text{Tiempo de maniobras} & 5.00 \text{ min.} \\ \text{Tiempo de descarga} & \underline{0.5 \text{ min.}} \\ & 7.56 \text{ min.} \end{aligned}$$

2).- Tiempo variable.

$$Rt = 9\,500 \text{ kg} (0.028 + 0.05) = 74.1 \text{ kg.}$$

$$V = \frac{273 \times 155 \text{ HP} \times 0.8}{471 \text{ kg}} = 45.64 \text{ mph.}$$

$$V \text{ med} = 45.64 \text{ m/hr} \times 0.5 = 23 \text{ km/hr.}$$

b).- Velocidad de regreso.

Es igual a la calculada en el banco Núm. 1 =

$$46 \text{ km/hr.}$$

c).- Tiempos.

$$\text{Ida} = \frac{1 \text{ km} \times 60 \text{ min/hr}}{23 \text{ km/hr}} = 2.61 \text{ min.}$$

$$\text{Regreso} = \frac{1 \text{ km} \times 60 \text{ min/hr}}{46 \text{ km/hr}} = 1.30 \text{ min.}$$

Pérdidas.

$$t \text{ Variable} = \frac{1.00 \text{ min.}}{4.91 \text{ min.}}$$

$$T_c = 7.56 \text{ min} + 4.91 \text{ min} = 12.47 \text{ min.}$$

d).- Eficiencia.

Organización buena y condiciones malas de la

$$\text{Tabla Núm. 5} = 0.45$$

Llenando al 80% de su capacidad.

$$E = 0.45 \times 0.8 = 0.36$$

e).- Producción.

$$c = 5 \text{ m}^3 - S$$

$$T_c = 12.47 \text{ min.}$$

$$p = \frac{5 \text{ m}^3 - S \cdot 0.36}{12.47 \text{ min.}} \times 60 \text{ min/hr} = 8.66 \text{ m}^3 - S/\text{hr}$$

$$p = 8.66 \text{ m}^3 - S/\text{hr} \times 0.74 \text{ (CVV)} = 6.41 \text{ m}^3/\text{hr}$$

f).- Número de unidades por cargar.

$$\frac{48 \text{ m}^3/\text{hr}}{6.41 \text{ m}^3/\text{hr}} = 7.49 = 8 \text{ camiones-cargador.}$$

Concepto Núm. 3.- Compactación del Terreno Natural al 90 y 95%.

Datos Generales.

Volumen Total = 77350 m³ al 90% y 23 400 m³.

Al 95% = 100 750 m³.

Material-arcilla plástica saturada.

Propiedades: de la Tabla Núm. 1.

PV B = 2 650 km/m³.

PV S = 1 725 kg/m³

CVV = 0.65

CA = 1.54

Equipo: Motoconformadora 120-B (125 HP) escarificando.

Compactador vibratorio autopulsado, pata de cabra --

815 cat-compactando al 90%

Pipa - 8 000 lts - agua.

A).- Escarificando.

Consideraciones y datos.

Equipo: Motoconformadora 120-B,

Con escarificador de once dientes.

Peso - 11 721 kg.

Ancho de corte - 1.18 m.

Profundidad máxima de corte 0.23 m.

Profundidad a escarificar 0.15 m (incluye eficiencia escarificación).

Ancho total a escarificar - 50 m.

Camino tipo - B - III.

Propiedades:

RR Llantas - 0.28 (Tabla Núm. 2).

CT Llantas = 0.45 (Tabla Núm. 3).

Pendiente = 5% adversa.

Distancia de recorrido = 100 m.

a). - Velocidad.

La velocidad escarificando se estima en 4 - -
km/hr en el avance que es la más recomendable
para este trabajo.

b). - Volumen.

$$V = 100 \text{ m} \times 0.15 \times 50 \text{ m} = 750 \text{ m}^3$$

c). - Número de pesadas en el ancho total.

$$\frac{50 \text{ m}}{1.18 \text{ m}} \times 1.10 \text{ (traslapes)} = 46.61 \approx 47 \text{ pasadas}$$

d). - Tiempo del ciclo.

Tiempos fijos, 0.25 min.

$$\text{Tiempo avance } \frac{0.1 \text{ km}}{4 \text{ km/hr}} \times 60 \text{ min/hr} = 1.5$$

Tiempo maniobras. $\frac{0.25 \text{ min.}}{T_c} = 2 \text{ min.}$

e). - Eficiencia.

Organización buena y condiciones regulares de

la Tabla Núm. 5 se tiene - 0.51

Escarificando = 0.9

E = 0.51 x 0.9 = 0.46

f).- Producción.

$$p = \frac{750 \text{ m}^3 - b \times 0.46 - 60 \text{ min/hr} \times 60 \text{ min/hr}}{2 \text{ min/pas} \times 47 \text{ pas}} = 22 \text{ cm}^3 - b/\text{hr}$$

$$p = 220 \text{ m}^3/\text{hr} \times 48 \text{ hr/sem} = 10\,560 \text{ m}^3 - b/\text{sem}$$

g).- Semanas-máquina.

$$\frac{100\,750 \text{ m}^3}{10\,560 \text{ m}^3/\text{sem-máq.}} = 954 - 10 \text{ semanas-máquina}$$

h).- Agua para compactación.

No se utilizará agua para la compactación en virtud de que el material se encuentra saturado.

B).- Compactación al 90%.

Consideración y datos.

Equipo compactador 815 de pisonos con cuatro tambores (170 HP).

Peso de operación. = 17.3 ton.

Peso para compactar al 90% = 70 ton.

Número de pasadas para compactar una faja completa

= 2

Espesor de la capa por compactar = 0.15 m.

Ancho total por compactar = 50.00 m.

Ancho de compactación = 1.94 m.

Conversión V máx a V med = 0.5 (Tabla Núm. 4).

Camino tipo B - 111

Propiedades RR = 0.05 (Tabla Núm. 2).

CT = 0.7 (Tabla Núm. 3).

Pendientes = 5% adversa.

a).- Velocidad.

$$R_z = 17\ 300 \text{ kg} (0.05 + 0.05) = 1\ 730 \text{ kg.}$$

$$V_{\text{máx}} = \frac{273 \times 170 \text{ HP} \times 0.8}{1\ 730 \text{ kg}} = 21.46 \text{ km/hr} =$$

21.46 km/hr

$$V_{\text{med}} = 21.46 \text{ km/hr} \times 0.5 = 10.73 \text{ km/hr.}$$

b).- Número de pasadas por un mismo lugar.

$$\frac{70 \text{ ton}}{17.3 \text{ ton/pas}} = 4.1 \text{ pasadas.}$$

Se emplearán cinco pasadas para estar dentro de la seguridad.

c).- Producción teórica.

De la gráfica Núm. 1 con los valores de:

Velocidad = 10.73 km/hr.

Espesor de la capa = 15 cm.

Número de pasadas = 5 se obtiene:

$$P_t = 620 \text{ m}^3/\text{hr.}$$

d).- Eficiencia.

1).- Organización buena y condiciones regulares.

De la Tabla Núm. 5 se tiene 0.51

2).- Traslapos a factor de cubrimiento.

$$2.1).- \text{ Por lo ancho total: } \frac{50 \text{ m}}{1.94 \text{ m/pas}} = 25.77$$

pasadas.

$$\frac{25,77 \text{ pasadas.}}{26 \text{ pasadas.}} = 0,99$$

2.2).- Por cada pasada:

Ancho teórico compactado por cada dos pasadas = 4.30 m.

Ancho real por cada pasada = 1.94 mx 2
= 3.88 m.

$$\text{Eficiencia} = \frac{3,88 \text{ m}}{4,30} = 0,90$$

Eficiencia: debido al método por utilizarse por cada 50 m de avance se pierden 10 m en maniobra, lo que da una eficiencia del 80%.

$$E = 0,51 \times 0,99 \times 0,90 \times 0,8 = 0,36$$

e).- Producción.

$$P = P_t \times e = 620 \text{ m}^3/\text{hr} \times 0,36 = 223 \text{ m}^3/\text{hr.}$$

$$P = 223 \text{ m}^3/\text{hr} \times 48 \text{ hr/sem} = 10704 \text{ m}^3/\text{sem.}$$

f).- Número de semanas-máquina para este trabajo.

$$\frac{77350 \text{ m}^3}{10704 \text{ m}^3/\text{sem} \cdot \text{máq.}} = 7,2 \text{ sem} \cdot \text{máq.}$$

C).- Compactación al 95%

Peso para compactar al 95% = 112 ton.

a).- Velocidad.

$$V_{\text{med}} = 10,73 \text{ km/hr.}$$

b).- Número de pasadas.

$$\frac{112 \text{ ton}}{17,3 \text{ ton/pasadas}} = 6,5 \text{ pasadas} = 7 \text{ pasadas.}$$

c).- Producción teórica = de la gráfica se tiene

$$P_t = 460 \text{ m}^3/\text{hr.}$$

d).- Eficiencia.

Se consideran las mismas ; E = 0.36

e).- Producción,

$$P = 460 \text{ m}^3/\text{hr} \times 0.30 = 156 \text{ m}^3 \text{ hr.}$$

$$P = 166 \text{ m}^3/\text{hr} \times 48 \text{ hr/sem} = 7\,968 \text{ m}^3/\text{sem.}$$

f).- Número de semanas-máquina.

$$\frac{23\,400 \text{ m}^3}{7\,958 \text{ m}^3/\text{sem-máq.}} = 2.9 \text{ sem-máq.}$$

En conjunto.

$$7.2 + 2.9 = 10.1 = 10 \text{ semanas-máquina.}$$

El programa de obra y equipo es de suma importancia, debido a que en una obra, cualquiera que esta sea, optimiza el funcionamiento de los elementos que la realizan de una manera técnica, obteniéndose por ende la economía buscada afanosamente en Ingeniería.

En base a este programa, se puede en un momento dado -- hasta fijar un procedimiento constructivo determinado, ligado internamente con el plazo de ejecución, lo anterior reduce invariablemente en los costos de la obra.

Existen varios métodos o sistemas para hacer un programa de obra, pero se puede decir que utilizando debidamente - cualquiera de ellos, el resultado obtenido no variará significativamente.

El programa que a continuación se presenta, es tentativo a nivel de ejemplo, ya que durante la construcción de la obra, se fue modificando o sea que se tienen que hacer algunos ajustes, debido a condiciones meteorológicas por retraso de las asignaciones para autorizarse, etc. Sin embargo, uno

se puede dar cuenta de la secuela que se debe seguir en una obra similar.

V. - MODIFICACIONES BAJO CONDICIONES REALES.

CAPITULO V.

MODIFICACIONES BAJO CONDICIONES REALES.

Las modificaciones que se hicieron en el Aeropuerto de Villahermosa, Tab., y que a continuación se describen, fueron hechas con el propósito de seguir dando servicio a los usuarios, para que posteriormente al terminar su período económico estuviera en funcionamiento un nuevo Aeropuerto.

Debido a que la pista 02-20 y calles de rodaje del Aeropuerto Federal de Villahermosa, Tab., no estaban capacitadas para recibir aparatos tipo jets DC-9-15, DC-9-30 y Boeing 727-100, por su incremento turístico, comercial y de carga, fue necesario hacerle unas mejoras para tal fin, estas mejoras se hicieron por la noche con el propósito de no interrumpir las operaciones comerciales del día y fueron proyectadas para que funcionaran adecuadamente durante dos años con un número de operaciones de 3,000; como este Aeropuerto se encuentra en una zona, la cual no era posible por lo expuesto en uno de los Capítulos anteriores, ampliar el cuerpo de la pista y estar dentro de las márgenes requeridas de operabilidad, por lo que se proyectó modificar el cuerpo de la pista 02-20, las calles de rodaje y ampliar las cabece ras.

En la ampliación y reconstrucción de la pista 02-20 y calles de rodaje del Aeropuerto Federal de Villahermosa, Tab., se utilizaron los bancos siguientes:

- 1.- Banco "El Carrizal"

- 2.- Banco "Emiliano Zapata"
- 3.- Banco "El Tortugero".
- 4.- Banco "Pichucalco".

(Los materiales extraídos de los bancos "El Tortugero" y "Pichucalco", fueron sometidos a tratamiento de trituración total).

La subrasante fue compuesta por la arena extraída del banco "Río Carrizal" en un 70% combinada con un 30% de limo extraído del banco "Emiliano Zapata".

En la sub-base hidráulica se empleó material del banco "El Tortugero".

El material extraído del banco "Pichucalco" se utilizó en la elaboración de la base y concreto asfáltico, respectivamente.

OBRAS EJECUTADAS:

Posteriormente a los estudios se elaboró un proyecto basado en los siguientes datos:

- A).- Datos para proyecto.
 - a).- Tipo de aeronave considerada en el diseño de los pavimentos Boeing 727 con peso máximo de 64 ton y operación equivalente a 700 cubrimientos.
- B).- Valor relativo de soporte considerado en la capa subrasante actual 9%.
 - a).- Proyecto que comprendió las siguientes etapas:
 - i).- Adaptación de la pista 02-20 y calles de rodaje.

- 2).- Ampliación longitudinal y transversales de la cabecera 02.
- 3).- Ampliación transversal de la cabecera 20.
- 4).- Renivelación.
- 5).- Sobrecarpeta.
- 6).- Señalamiento.
- 7).- Iluminación y ayudas terrestres.

Para hacer los trabajos que constituyen el punto Núm. 1, se dividió en las siguientes etapas:

- a).- Detectado de baches.
- b).- Apertura de baches.
- c).- Relleno de baches con materiales seleccionados con anterioridad.

a).- Detectado de baches.- En el detectado de baches y con el fin de reducir el costo de la obra, únicamente se realizó en la parte central de la pista a cada 7.50 m del eje que fue mejorado, pues se supuso que es la parte de la pista que está sometida a mayores esfuerzos ocasionados por aterrizaje, despegue y rodaje de las aeronaves. Dicho detectado se realizó de la manera siguiente: se hizo pasar por la zona antes dicha y por tramo, varias veces un compactador neumático, con peso entre 60 y 65 ton y donde se presentara rebote elástico, se marcó con pintura blanca circundando el área fallada en forma rectangular con lados paralelos y normales al sentido del tránsito aéreo (el rebote elástico es un hundimiento y recuperación reflejado en la carpeta por fallas de las capas que constituyen el pavimento o por falla del terre

no natural debido a las cargas a que están sometidas).

Como no se contaba con el compactador neumático, se utilizó un trailer lastrado con 540 sacos de arena (remolque de catorce ruedas), con peso promedio de 75 a 80 ton, estos trabajos se realizaron entre las operaciones comerciales del Aeropuerto durante el día y durante quince días, dentro de los cuales se detectaron 13,430 m² de baches, lo que da un rendimiento detectado por día de 895 m²/día, limitados como ya se dijo por las operaciones comerciales del día, algunos baches chicos se marcaron de manera que pudieran atacarse con maquinaria se correría el riesgo de no poder rellenarlo durante la noche adecuadamente.

b y c).- Apertura de los baches y relleno de los mismos.- Posteriormente al detectado de baches, se procedió a cortar con una máquina cortadora durante el día, los baches que se suponían se podrían atacar durante la noche (generalmente se atacaban dos baches medianos igual a 100 m²).

El equipo empleado para la ejecución de estos trabajos, fue el siguiente:

Sierra cortadora.

Operador.

Ayudante.

Banderero.

Posteriormente, durante la noche, la caja marcadora y cortadora con la sierra se abría hasta la profundidad suficiente en encontrar condiciones favorables de cimentación, la cual debería tener un 90% mínimo de compactación (proc-

tor) y si no lo tenía se lograba con unas pasadas de compactador vibratorio.

Hecho lo anterior, se procedió a rellenar con una capa de material: a) Subrasante, b) Base hidráulica, c) Arena; generalizando, pues no todos los baches se tratarán con el mismo material, pues en unos se empleó subrasante, en otros base hidráulica y en otros arena como filtro, excepto los últimos 25 cm de capa en los que se empleó material de base asfáltica en todos los baches.

Si el bache era tratado con material subrasante compuesto con un 75% de arena y 25% de limo procedentes de los bancos ríos "Carrizal" y "Emiliano Zapata", respectivamente, esta capa debería tener un porcentaje mínimo de compactación de 100% si se trataba con material de base hidráulica del banco "El Tortugero", localizado a 62 km del Aeropuerto; la capa debería tener un porcentaje mínimo de compactación del 95%, la última capa de base asfáltica debería tener un grado de compactación mínimo del 95%, esta base asfáltica primeramente fue hecha como mezcla en el lugar, empleando material triturado de 1-1/2" combinado con asfalto rebajado FR-3; posteriormente en los últimos baches se empleó material de desperdicio del procedimiento en la elaboración de la mezcla para carpeta combinada con asfalto Núm. 6 elaborado en planta, si se utilizaba arena con filtro en la compactación del bache, a esta capa se le proporcionaba de seis a ocho pasadas con compactador vibratorio.

El equipo empleado en la apertura y relleno de baches -

fue el siguiente:

- 1).- Planta de luz.
- 2).- Motoconformadora.
- 3).- Traxcavo 944-B.
- 4).- Vibro pactor.
- 5).- Compactadores neumáticos.
- 6).- Rodillo liso.
- 7).- Camiones de volteo.

Los baches tuvieron una profundidad promedio de 0.50 m, con excepción de dos baches, uno localizado en la pista 02-20 y otro en la calle de rodaje B; los que tuvieron profundidades mayores de 2.50 m, los cuales fueron tratados con piedra bola.

2.- Ampliación transversal y longitudinal de la cabecera 02.

Se amplió la cabecera con las dimensiones siguientes: 100 m de largo X 60 m de ancho, con una zona de parada de 60 X 60 m. La ampliación de la cabecera 02 se inició en el km 1+680 del cadenamiento del eje de la pista y terminó en el km 1+780 y la zona de parada se inició en el km 1+780 y terminó en el km 1+840 del mismo cadenamiento.

El espesor de pavimento en la cabecera 02 es de 87 cm, constituidas por las siguientes capas: 30 cm de capa subrasante compactada al 100% mezcla (arena limo) con una proporción de 70% y 30%, respectivamente, antes de tender esta capa el terreno tendría un porcentaje de compactación a 90% mínimo. La capa de material subrasante hubo de tenderla varias

veces, ya sea por no haber dado la compactación debida o por que contenía exceso de humedad, ya que es una mezcla de materiales muy delicados en su manejo, en algunas franjas hubo necesidad de estabilizarla con cal. Sobre la capa de sub-base hidráulica compuesta con material triturado de 1-1/2" procedente del banco "El Tortuguero", compactada al 100% mínimo con un espesor de 30 cm sobre la que se colocó la capa de base hidráulica compactada al 100%, constituida con material de 1-1/2" procedente del banco "El Tortuguero de 20 cm de espesor sobre la que se dió un riego de impregnación para evitar la pérdida de humedad y constituyera una capa de transición entre la capa de material con producto asfáltico (carpeta) de 7 cm de espesor compactada al 95% mínimo.

Los espesores de la zona de parada fueron los siguientes: 30 cm de subrasante compactadas al 100%, 20 cm de base hidráulica compactadas al 100% y 5 cm de carpeta.

3.- Ampliación transversal cabecera 20.

Esta ampliación fue hecha en forma de cuña y se trató en forma de bache como se vió anteriormente.

4.- Renivelación.

Conforme se iba avanzando el bacheo, se procedió a renivelar con mezcla en planta de material triturado de 1-1/2" y cemento asfáltico Núm. 0, con el fin de que los espesores por compactar fueran los adecuados para facilitar la compactación y fueran menores espesores de carpeta; antes de proceder a la renivelación se daba un riego de liga. El tendido de la mezcla asfáltica se realizó con una máquina extendido-

ra mecánica.

El concreto asfáltico recomendado para las nivelaciones, así como el correspondiente a la sobrecarpeta, se encontró alojada en la parte media de la zona dos de las Especificaciones de la SAHOP y cemento asfáltico Núm. 6 en cantidad aproximada de 95 kg/m^3 de material pétreo compacto.

Los riegos de impregnación y el riego de liga fueron a razón de 1.5 lts/m^2 , respectivamente.

5.- Sobrecarpeta.

La sobrecarpeta se colocó sobre la nivelación y sobre la carpeta ya existente, pues como se dijo anteriormente, sólo se mejoró la parte central de la pista; esta mezcla se extendió con una máquina extendidora mecánica y estuvo constituida con material triturado de 3/4" procedente del banco "Pichucalco" y cemento asfáltico Núm. 6, procesado en planta con un rendimiento promedio de la planta de $12.77 \text{ m}^3/\text{hr}$, esta mezcla, cuando salía de la planta, debería tener un máximo de 160°C de temperatura con el fin de no calcinar el material pétreo, lo que daría al compactarse trituración de los mismos y un mínimo de 100°C al momento del tendido, con el fin de lograr una compactación adecuada; después de tendida la mezcla, se le pasaba un compactador de rodillo liso, con el fin de formar el material, pues un peso excesivo correría la mezcla; después de las pasadas del compactador rodillo liso, los compactadores neumáticos para proporcionarle a la mezcla la compactación exigida de 95% mínima, este procedimiento se siguió en el tendido de la carpeta de la cabecera

02 y zona de parada, cabe mencionar que los tramos que se --
abanzaban en el tendido de la carpeta eran de 25 m de largo --
por 35 m de ancho, por una noche de trabajo (promedio) en el
cuerpo de la pista, estos tramos terminaban con un chaflán -
muy tendido con el fin de no formar un escalón que perjudica --
ría las operaciones comerciales del día, este chaflán antes --
del tendido del siguiente tramo era quitado y se hacía una -
junta a tope, en los últimos tramos este chaflán ya no fue -
eliminado.

6.- Señalamiento.

Este se encuentra en la pista, calles de rodaje, zona -
de parada y plataforma de operaciones.

7.- Iluminación y ayudas terrestres.

Además de las luces de pista y umbral, cuenta con un --
sistema AVASI, localizado en la cabecera 02 y sistemas REIL,
localizados en ambas cabeceras, así como un equipo VOR; ante --
riormente contaba con luces de pista, luces de umbral en for --
ma provisional y equipo VOR.

Una vez que se terminó el acondicionamiento de la pis --
ta, se decidió enviar al personal y equipo de la Brigada de --
Estudios de Texturade Pavimentos, con el objeto de eliminar
en lo posible las irregularidades notables presentadas en su
superficie, sobre todo, en las zonas cercanas a las juntas -
de construcción,

Las actividades se iniciaron con el levantamiento de --
perfilogramas en la franja central de la pista con un ancho --
de 15,0 m y desde el cadenamiento 0+040 al 1+740, hecho esto --
se procedió a fijar los tramos y a rebajarlos, efectuando --

así el rebajado con el objeto de atacar las protuberancias - que incluso a simple vista se podrían apreciar. Este trabajo se efectuó desde el cadenamiento 1+680 hasta el cadenamiento 0+200; a continuación, en una segunda etapa, se rebajó uniformemente a partir del cadenamiento 0+075 hasta el 1+355, de esta manera el rebajado, con sus dos etapas, cubrió todo el largo de la pista.

Por el carácter provisional que tiene esta pista, al rebajado no se le exigió que redujera drásticamente las irregularidades hasta obtener índices de perfil menores de 30, sino que, como las condiciones de textura originales llegaron a causar efectos de vibración molestos y peligrosos en los aviones, se llevaron a cabo los trabajos hasta el punto en que se aliviaran en su mayor parte posible, estos efectos indeseables, así de un valor de índice de perfil promedio de 95,6 y una desviación estándar de 24,1, se llegó después de rebajado a un valor índice de perfil promedio de 71,1 y una desviación estándar de 19,2.

TABLA 1 (antes de rebajado)		INDICE DE PERFIL Pavimento flexible					Hoja No. 4
Longitud de pista: 1840 mts.		AEROPUERTO VILLAHERROSA, TAB.					Fecha.
Da Cadenamiento	A Cadenamiento	E J E S					Grn Promedio
		1	2	3	4	5	
0 + 040	0 + 200	61.8	96.0	91.0			83.6
0 + 200	0 + 360	76.9	77.5	61.7			72.0
0 + 360	0 + 520	94.9	91.3	76.1			87.4
0 + 520	0 + 680	81.1	107.1	89.7			91.3
0 + 680	0 + 840	114.7	92.1	107.1			103.9
0 + 840	1 + 000	141.1	116.0	124.8			133.9
1 + 000	1 + 160	124.0	89.5	126.3			113.2
1 + 160	1 + 320	91.0	117.0	66.9			91.6
1 + 320	1 + 480	43.4	96.9	65.1			65.4
1 + 480	1 + 640	100.7	89.6	59.9			83.4
1 + 640	1 + 740	120.9	139.5	112.5			122.3
		95.5	102.02	89.28			95.6

DIRECCION GENERAL DE AEROPUERTOS

SECRETARIA DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES

ESTADO LIBRE ASOCIADO DE PUERTO RICO

107-2

INDICE DE PERFIL
Pavimento flexible

(después del rebajado)

Longitud de pista: 1840 mts.

AEROPUERTO DE VILLAHERRERA, TAB.
Fecha: 1950-02-20

De Cadenamiento	A Cadenamiento	E J E S					Gran Promedio
		1	2	3	4	5	
0+040	0+200	67.7	70.8	69.5			67.0
0+200	0+360	61.1	58.4	49.4			60.6
0+360	0+520	58.4	50.0	51.3			55.9
0+520	0+680	51.8	48.0	57.2			50.6
0+680	0+840	59.3	56.4	73.2			71.3
0+840	1+000	109.6	90.8	79.1			93.9
1+000	1+160	96.7	59.7	75.5			78.7
1+160	1+320	61.4	74.8	63.5			66.5
1+320	1+480	57.7	73.2	57.0			64.3
1+480	1+640	80.1	65.9	81.4			72.3
1+640	1+800	110.5	109.7	105.9			108.7
		75.0	70.3	67.2			71.1

DIRECCION GENERAL DE AEROPUERTOS | DEPARTAMENTO TECNICO III
 OFICINA CENTRAL DE ESPECIALIDAD
 Formulario No. 111-12

TABLA No. 4

$$d_e = \sqrt{\frac{\sum (X - \bar{X})^2}{N}}$$

$$d_e = \sqrt{\frac{12,496.71}{33}} = \sqrt{369.68} = 19.2$$

DESVIACION ESTANDAR
 (después del rebajado)
AEROPUERTO DE VILLAHERMOSA, TAB.
 FIG. 02-30

Hoja No. **7**
 Fecha.

Nº	IP X	\bar{X}	X - \bar{X}	(X - \bar{X}) ²
1	60.7	71.1	6.4	40.95
2	61.1	"	10.0	100.0
3	53.4	"	12.7	161.29
4	56.3	"	14.3	204.49
5	46.3	"	13.2	174.24
6	103.6	"	25.5	1260.25
7	74.1	"	23.0	529.00
8	61.4	"	9.7	94.09
9	57.7	"	13.4	179.56
10	80.1	"	9.0	81.00
11	110.5	"	39.4	1552.36
12	70.8	"	0.3	0.09
13	36.4	"	32.7	1069.29
14	58.0	"	13.1	171.61
15	68.0	"	3.1	9.61
16	56.4	"	14.7	216.09
17	90.8	"	19.7	388.09
18	59.7	"	11.4	129.96
19	71.2	"	3.7	13.69
20	73.2	"	7.1	50.41
21	56.9	"	4.2	17.64
22	109.7	"	28.6	1489.96
23	65.8	"	5.6	31.36
24	49.4	"	21.2	449.44
25	51.1	"	19.8	392.04
26	57.7	"	13.9	193.21
27	72.2	"	2.1	4.41
28	89.2	"	28.2	795.24
29	71.5	"	2.3	5.29
30	63.5	"	7.6	57.76
31	57.0	"	14	196.00
32	61.4	"	29.7	882.09
33	125.9	"	24.8	1215.04
	2147.5	71.1	1.7	1219.09

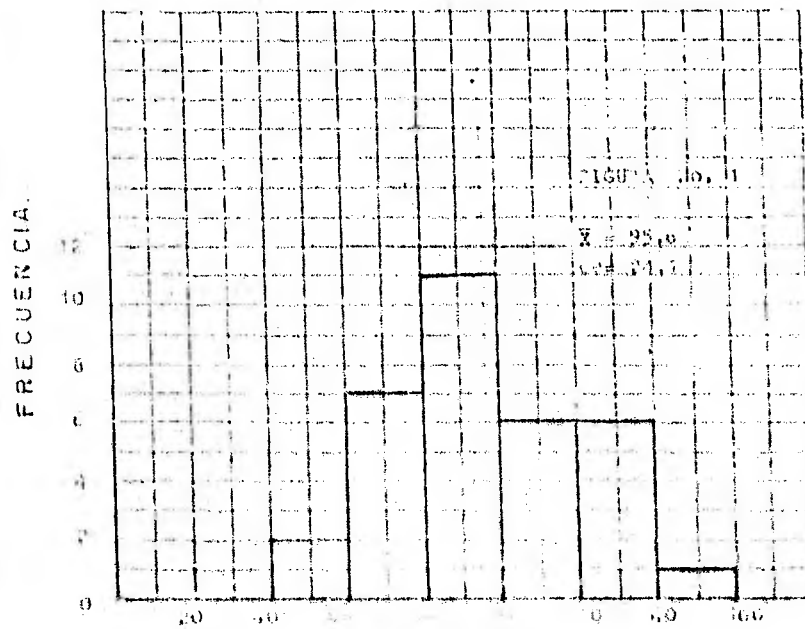
Antes del rebajado

POLIGONO DE FRECUENCIAS

8

AEROPUERTO DE VILLA HERNANDEZ, VZC.
DEL 15 AL 03-50

Marco de clase	Intervals de clase	Frecuencias	Frecuencias acumuladas	Frecuencias acumuladas relativas
50	40 - 60	2	2	0.100
70	60 - 80	2	4	0.200
80	80 - 100	11	15	0.550
100	100 - 120	6	21	0.770
120	120 - 140	6	27	0.900
150	140 - 160	1	28	1.000



ÍNDICE DE PERFIL

Intervalos de clase

DIRECCION GENERAL DE AEROPUERTOS
 INSTITUTO TECNOLÓGICO DE AERONÁUTICA
 OFICINA DE ESTUDIOS ESPECIALES

Antes del rebajado

180
GENERAL
Frecuencia I.P.

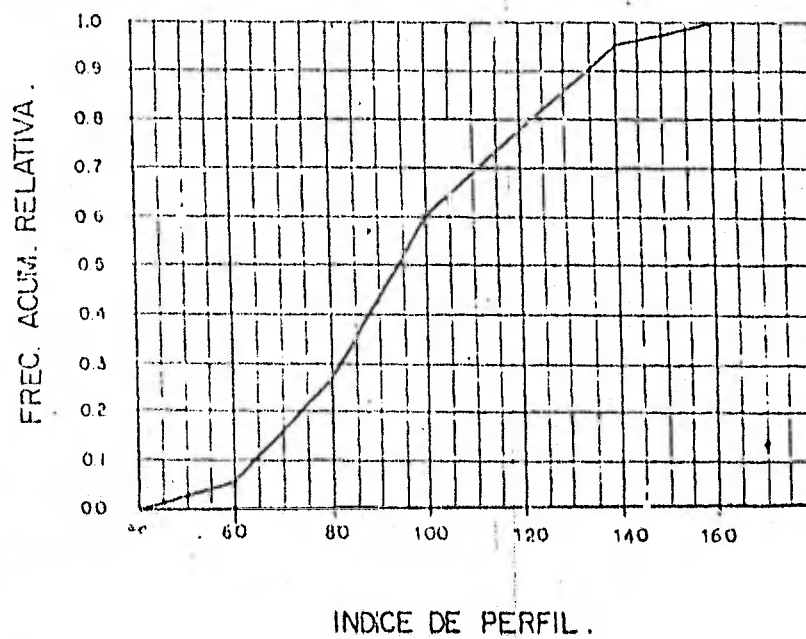
Hoja No.

9

AEROPUERTO DE VILLAHERMOSA, TAB.
PISTA 02-20

Fecha

FIG. 2



DIRECCION GENERAL DE AEROPUERTOS

SECRETARIA DE AERONAUTICA

COMANDO EN JEFE

COMANDO EN JEFE

SECRETARIA DE AERONAUTICA

COMANDO EN JEFE

COMANDO EN JEFE

COMANDO EN JEFE

Después del rebajado

GENERAL
Frecuencia I.P.

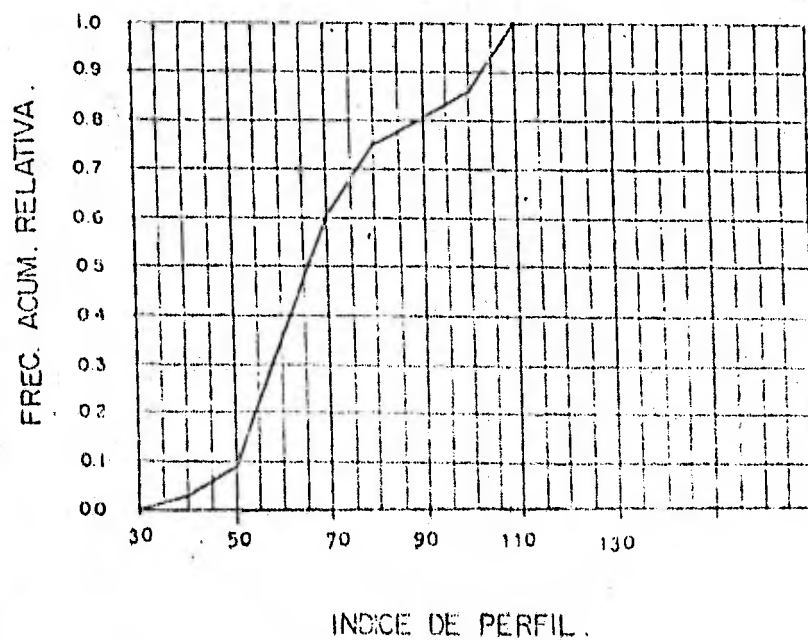
Hoja No.

11

AEROPUERTO DE VILLAHERMOSA, TAB.
PISTA 02-20

Fecha

FIGURA No. 4



DIRECCION GENERAL DE AEROPUERTOS
SISTEMA TECNICO
OFICINA DE ESTUDIOS ESPECIALES
CARLOS L. LOPEZ
ING. RODOLFO SANTIAGO

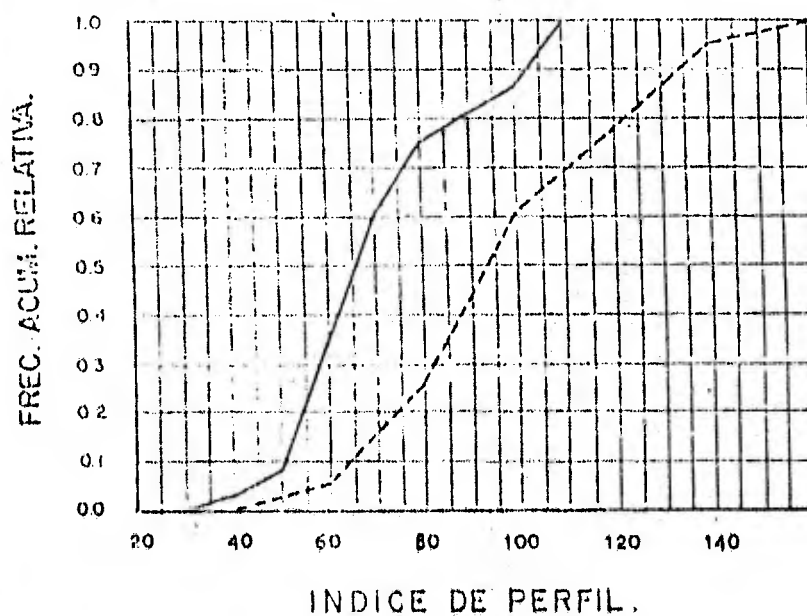
Antes y después del rebajado

GENERAL
Comparativa.

Hoja No.

12

Fecha.

AEROPUERTO DE VILBAHEROSA, TAB. I.
Pista 02-20.

————— Después de rebajado,
- - - - - Antes de rebajado.

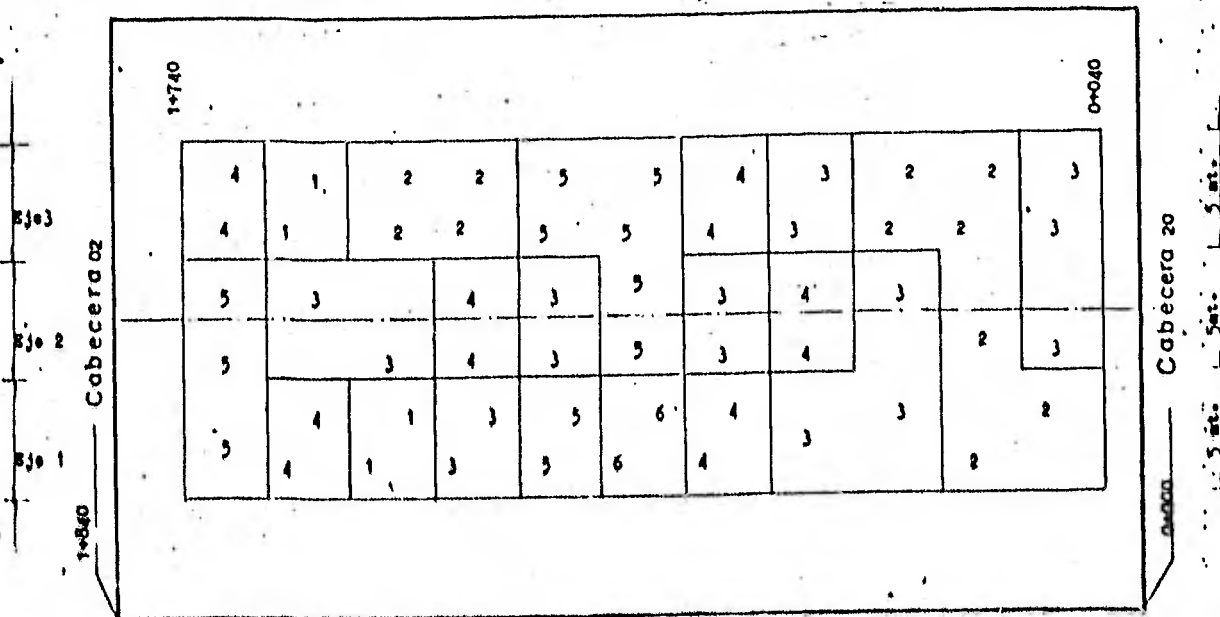
DIRECCION GENERAL DE AERONAVIACION
SECRETARIA DE AERONAVIACION
AEROPUERTO DE VILBAHEROSA, TAB. I.
Pista 02-20
INGENIERO CARLOS VILBAHEROSA
INGENIERO DANIEL G. ...

CROQUIS DE PERFILES LEVANTADOS

FIGURA No. 6

CLAVE DEL INDICE DE PERFIL.

- (1) De 40 a 60
- (2) De 60 a 80
- (3) De 80 a 100
- (4) De 100 a 120
- (5) De 120 a 140
- (6) De 141 a



NOTA: Pista aún no rebajada.

Perfiles Levantados
Pav. Flex.

DIRECCION GENERAL DE AEROPUERTOS
DEPARTAMENTO TECNICO
OFICINA DE ESTUDIOS ESPECIALES

AEROPUERTO de VILLAHERMOSA
PISTA 02-29






ETP-19

Fig. 1:2500

Esc. 1:10000

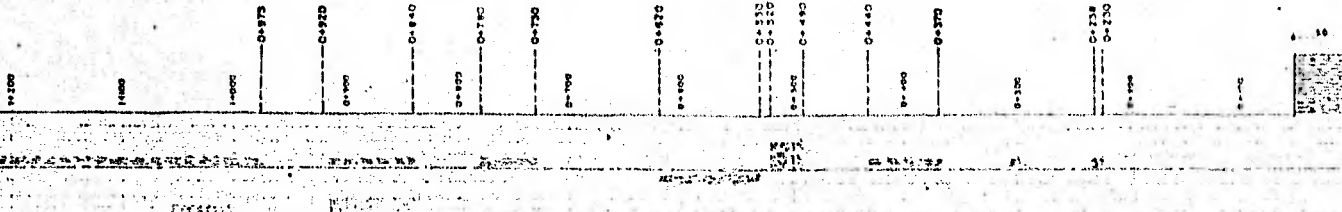
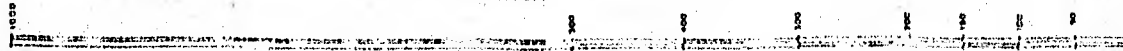
02

SÍMBOLOS

-  CUNETAS LONGITUDINALES DE 80 cm DE ALTEZOR
-  CUNETAS TRANSVERSALES DE 20 cm DE ALTEZOR Y BARRAS DE 10 cm DE DIAM.
-  CUNETAS LONGITUDINALES DE 15 cm DE ALTEZOR
-  CUNETAS PROFUNDAS DE 10 cm DE ALTEZOR Y BARRAS DE 10 cm DE DIAM.
-  ZONA ESTABILIZADA CON CARPETAS PRESTADAS DE CARPETAS

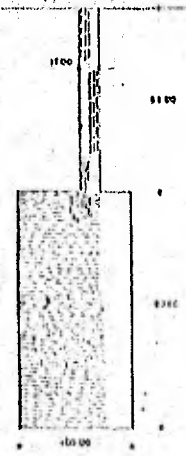
ESCALAS { VER. 1:2500
HOR. 1:10000

ESC. 1:2500



1500
1450
1400
1350
1300
1250
1200

20

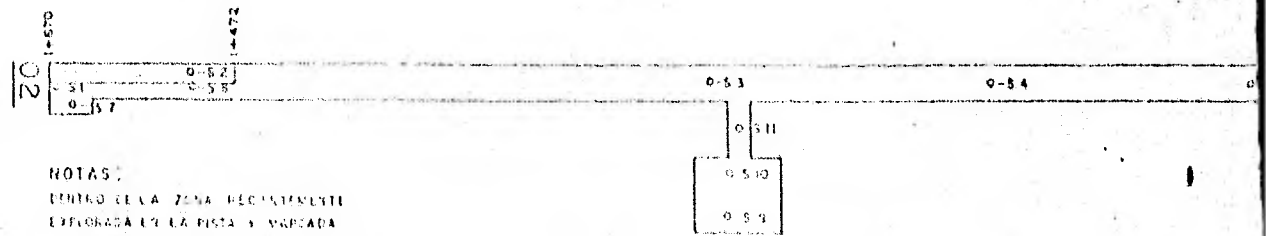
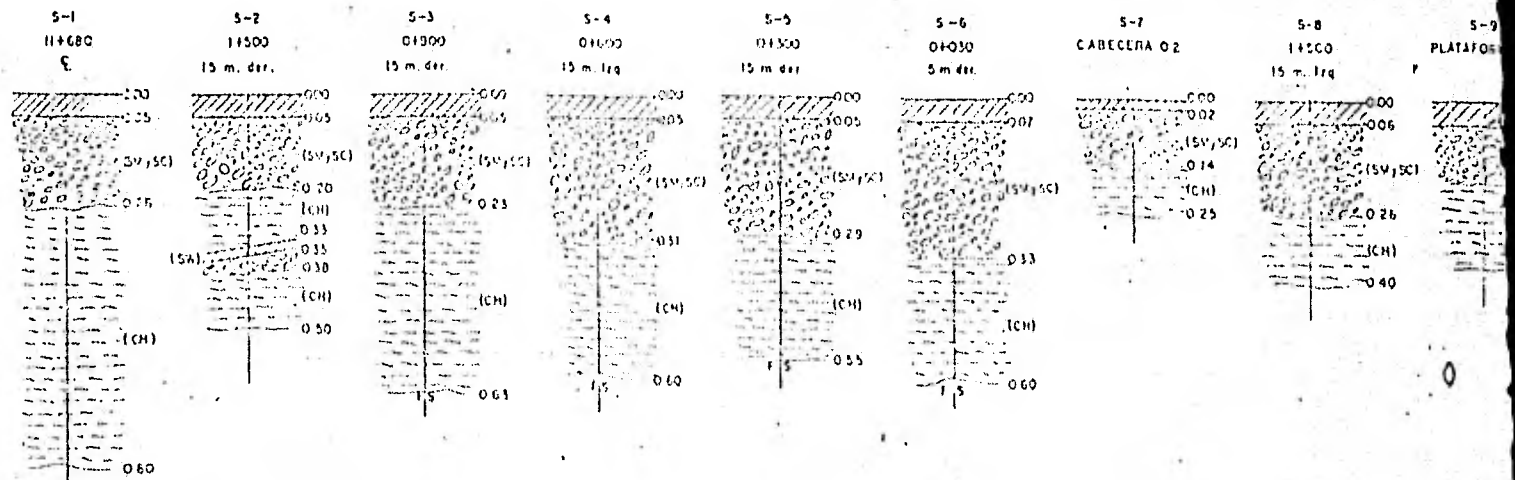


SIEMBOLOS

- EXISTENTE PAVIMENTO DE CONCRETO
- EXISTENTE PAVIMENTO DE CONCRETO CON UN 10% DE PENDIENTE
- EXISTENTE PAVIMENTO DE CONCRETO CON UN 20% DE PENDIENTE
- EXISTENTE PAVIMENTO DE CONCRETO CON UN 30% DE PENDIENTE
- EXISTENTE PAVIMENTO DE CONCRETO CON UN 40% DE PENDIENTE

ENCALAS { VER. 1:10000
HOR. 1:2500




U N A M	
AEROPUERTO DE VILLAHERMOSA, TAB. ESTADO ACTUAL DEL PAVIMENTO.	
FAC INGENIERIA	NO.

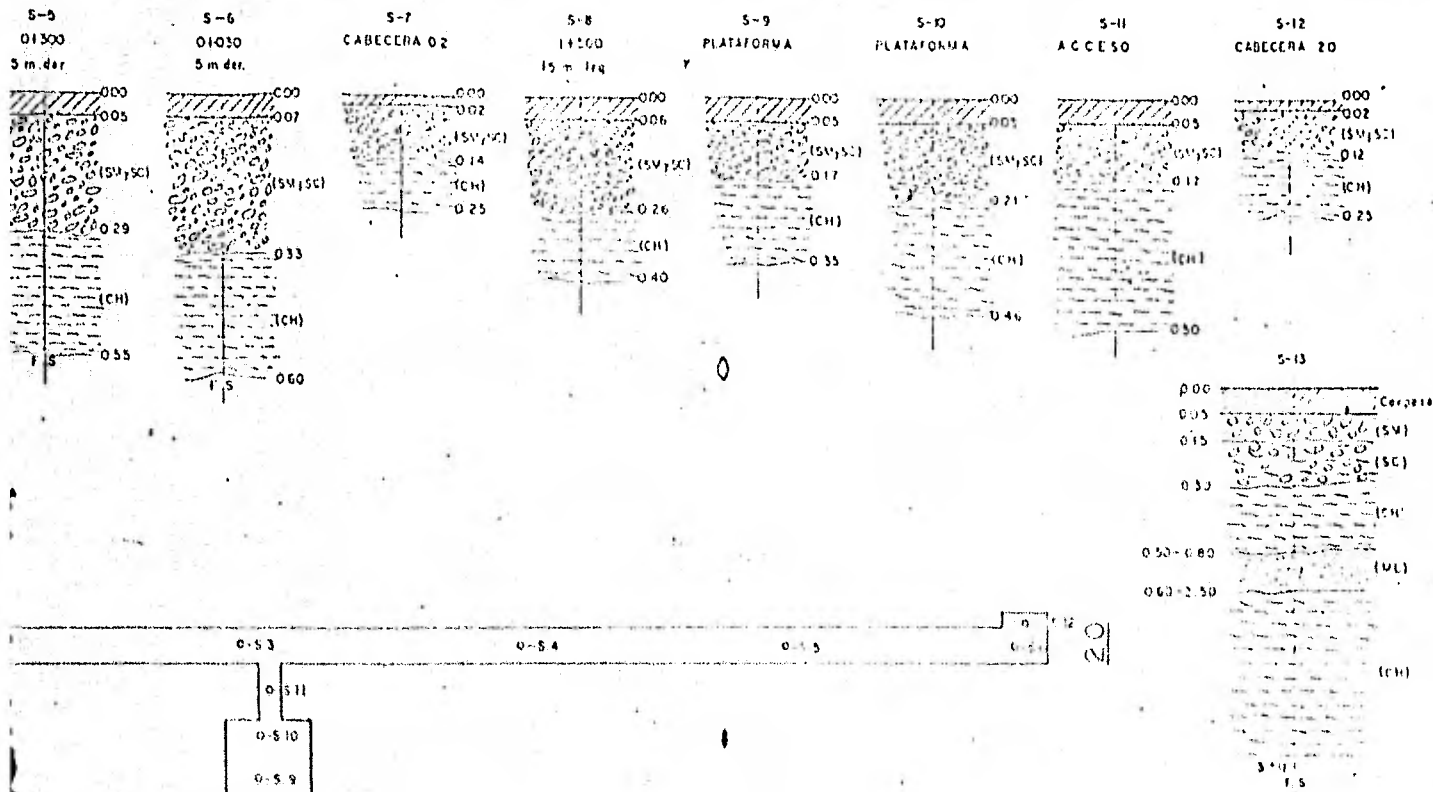


NOTAS:




DENTRO DE LA ZONA RECIENTEMENTE
 EXPLORADA EN LA RISTA Y MARCADA
 CON ANCIAL, SE REALIZARON 9
 SONDEOS CUYA ESTADÍSTICA REPRESENTATIVA SE INDICA EN EL SONDEO 13

ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO:

- 
 CAPA DE BARRIDO DE 15 CM. DE ESPESURA EN EL LUGAR
- 
 BASE Y PAVIMENTO DE 15 CM. DE ESPESURA DE BARRIDO Y ARCILLA
- 
 SUBRASANTE ANCHO DE 15 CM. DE ESPESURA DE BARRIDO Y ARCILLA (CH)



ESTRUCIURA DEL PAVIMENTO

-  CARPETA ASFALTICA NEGRA CON BIELLA EN EL FUGAR
-  BASE Y SUBRASA CONSTRUIDAS CON ARENA FINA (S), LAPILOS Y ARCILLAS CON AGU. DE UNIA PUERTECULADA. C.A. (10-15) LARGOS DE 8" (20) CANTOS (SM, SC)
-  SUBRASANTE ARENOSA DE ALTA PLASTICIDAD CON FINOS (CH)

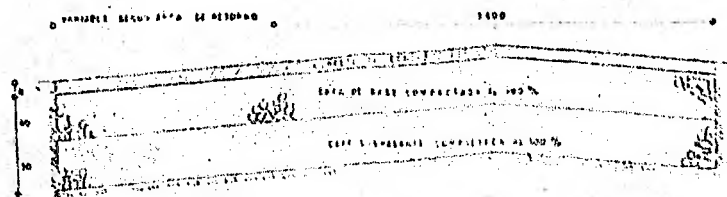
U N A M

AEROPUERTO DE VILLAHERMOSA,
TAB. CONDICIONES ESTRATIGRAFICAS
DE LOS ELEMENTOS DE CIRCULACION

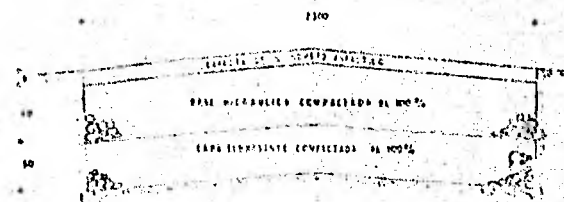
FAC INGENIERIA

NO

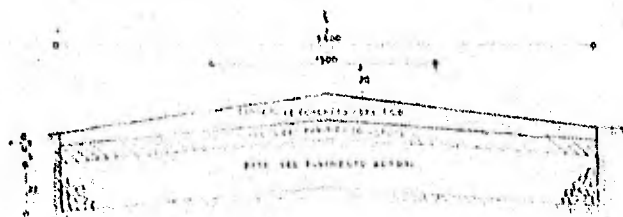
CAPECERA 02 SECCION A-A



ACCESO SECCION D-D



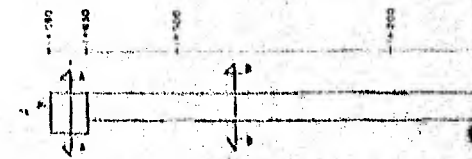
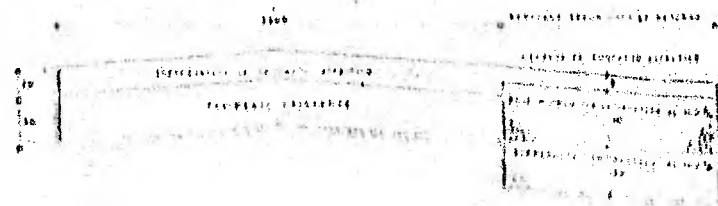
PISTA 02-70 ENTRE ESTACIONES 11200 H 1200 SECCION B-B



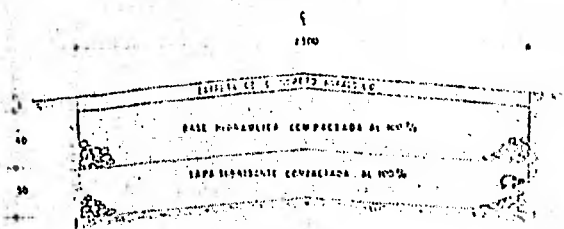
PLATAFO



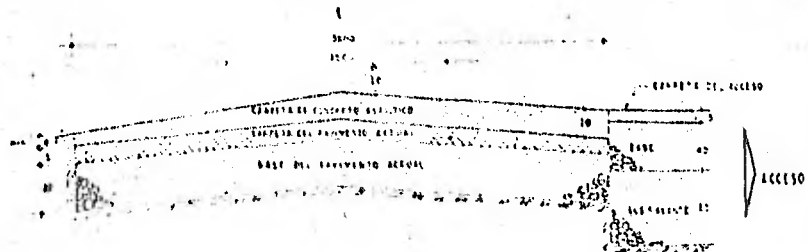
CAPECERA 20 SECCION C-C



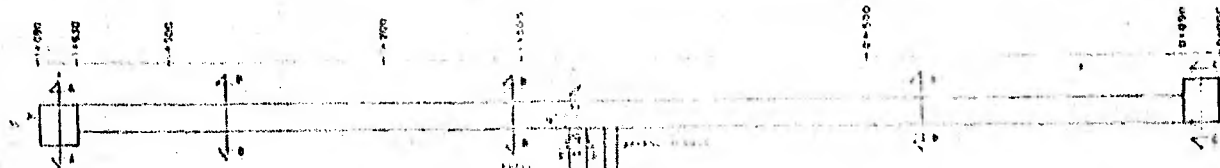
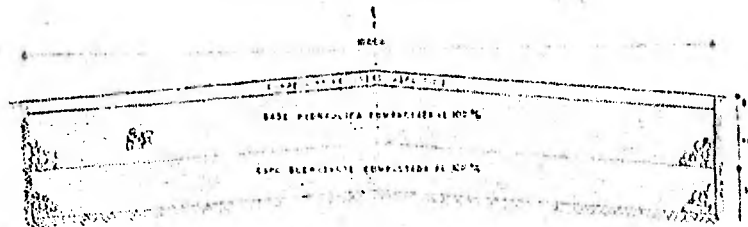
ACCESO SECCION D-D



SECCION F-F

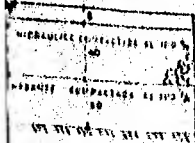


PLATAFORMA SECCION E-E



ACEROL SEGUN AREA Y REQUERIDO

ESTRATO DE CEMENTO ARMADO



U N A M

AEROPUERTO DE VILLAHERMOSA
SECCIONES ESTRUCTURALES

FAC INGENIERIA NO

VI. - CONCLUSIONES .

CAPITULO VI.

C O N C L U S I O N E S .

La demanda de servicios aéreos que se registra actualmente en la región de Villahermosa, Tab., es bastante significativa y ello en razón de la importancia económica que en los últimos años ha manifestado la capital de Tabasco, no obstante dicha demanda se encuentra restringida por el tamaño de las aeronaves que pueden operar.

Como puede observarse en el presente trabajo, la pista y calles de rodaje del actual Aeropuerto, no se mejoraron totalmente, ya que para la localización del Aeropuerto y espesores de pavimentación existentes, era necesario la construcción de un Nuevo Aeropuerto.

Para tal efecto, el proyecto que realizó la Secretaría de Asentamientos Humanos y Obras Públicas, fue apegado a las necesidades que demanda la Entidad de Tabasco.

Durante la construcción del Nuevo Aeropuerto, se presentaron ciertos problemas de inestabilidad en las terracerías, pero de los estudios de evaluación efectuados para dichos problemas, confirman la presunción establecida con anterioridad, en el sentido de que la sección estructural del pavimento flexible, prevista para la nueva pista, no resultaba confiable y por lo mismo, su revisión condujo a la recomendación de adoptar un diseño de pavimento rígido en la franja central de la pista y en las cabeceras respectivas, y en las franjas laterales por quedar expuestas a una operación even-

tual, el pavimento flexible tendrá un comportamiento satisfactorio.

La finalidad primordial de la construcción de un Nuevo Aeropuerto de mediano alcance en dicha zona, se verá reflejada al cubrir la demanda insatisfecha actual, misma que ha sido presionada durante los últimos años como consecuencia del desarrollo agropecuario, cuyo origen radica en la diversidad de trabajos que se han visto involucrados en el programa de desarrollo regional llamado Plan de Chontalpa. De esta manera la realización de la obra en construcción, vendrá a dar un importante apoyo al aprovechamiento racional de los vastos recursos del Estado.

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

Informes Técnicos, proporcionados por la Dirección General -
de Aeropuertos, de la Secretaría de Asentamientos Humana-
nos y Obras Públicas.

Informes proporcionados por la Empresa GEOSOL, S. A.

Yoder E. J. Principales of Paviment Design John Wily and - -
Sons.- E.U.A.- 1967.

Construcción del Nuevo Aeropuerto de Veracruz, Ver.- Tesis -
Profesional de Echánove Romero J. H.- U.N.A.M.- 1971.

Elaboración del Concurso de la Pista 08-26, calles de roda--
je, plataformas de operación y avionetas, estacionamien-
to, obras de drenaje, cercado, camino de acceso y obras
complementarias del Aeropuerto Nacional de Villahermo--
sa, Tab.- Tesis Profesional de Alberto Eduardo González
Soto.- U.N.A.M.- 1977.

Apuntes tomados en la clase de Aeropuertos.- Facultad de In-
geniería.- ING, FEDERICO DOVALI RAMOS.

Apuntes tomados en la clase de Construcción I.- ING, IGNACIO
RUIZ DE CHAVEZ,

Apuntes tomados en la clase de Construcción II.- ING, ROSEN-
DO ORTIZ PIRÓN,

Apuntes tomados en la clase de Construcción III.- ING, JORGE
TERRAZAS.

Métodos de Planeamiento y Construcción.- Peurifoy.

Informe.- Octava Reunión de Mecánica de Suelos.

Control de Mantenimiento de Equipo y Maquinaria usados en --
Construcción Pesada.- Tesis Profesional de Jorge Eije -
Fusuya Meguro.- U.N.A.M.- 1974.

Método de Construcción en Terracerías y Excavación en Roca a
Cielo Abierto y Excavaciones Subterráneas.- Tesis Profe
sional de Ernesto René Mendoza Sánchez y Ricardo Ytt Es
pinosa.- U.N.A.M.- 1975.