

300615

22
2ej



UNIVERSIDAD LA SALLE

ESCUELA DE INGENIERIA
INCORPORADA A LA U. N. A. M.

**ANALISIS DE CAPACIDAD DEL AEROPUERTO
DE CANCUN**

TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO CIVIL
P R E S E N T A :

LORENZO DANIEL SANTANA GONZALEZ

Asesor de Tesis: Ing. Raul Aburto Saldaña

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

MEXICO, D. F.

1991



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 está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

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

INTRODUCCION	vii
CAPITULO I BASES DEL AEROTRANSPORTE	1
1.1 Reseña histórica	2
1.2 Clasificación aeroportuaria	4
1.3 Descripción del sistema	5
CAPITULO II ANALISIS DE LA DEMANDA DEL TRANSPORTE AEREO EN LA REPUBLICA MEXICANA	10
2.1 Tráfico anual	11
2.2 Tráfico horario	12
CAPITULO III ESTUDIOS PREVIOS	19
3.1 Meteorológicos	20
3.2 Topográficos	21
CAPITULO IV PROYECTO GEOMETRICO	26
4.1 Diseño de pistas	27
4.2 Diseño de calles de rodaje	31
4.3 Diseño de plataformas	34
CAPITULO V AUXILIOS PARA LA NAVEGACION	36
5.1 Señalamientos horizontales	37
5.2 Señalamientos verticales	39
5.3 Ayudas visuales	40
CONCLUSIONES	44
BIBLIOGRAFIA	46
APENDICE	49

INTRODUCCION

INTRODUCCION

El incesante crecimiento de la población y la necesidad de intercomunicación, hacen indispensable el desarrollo, tanto de las telecomunicaciones, como el de las vías de comunicación.

Dentro de las telecomunicaciones podríamos nombrar el teléfono, telégrafo, radio, televisión, cine, telefax, etc., y como parte de las vías de comunicación: carreteras, vías férreas, puertos y aeropuertos que es el tema de esta tesis.

Para empezar nuestro estudio, deberemos ubicarnos en el contexto de la red aeroportuaria nacional que consta de 57 aeropuertos; los cuales, por orden alfabético, son:

* Acapulco	* Huatulco	* Pto. Vallarta
* Aguas Calientes	* La Paz	* Querétaro
* Campeche	* León	* Reynosa
* Cancún	* Loreto	* Saltillo
* Cd. del Carmen	* Los Mochis	* Sn. José los Cabos
* Cd. de México	* Manzanillo	* Sn. Luis Potosí
* Cd. Obregón	* Matamoros	* Tamuín
* Cd. Juárez	* Mazatlán	* Tampico
* Cd. Victoria	* Mérida	* Tapachula
* Coahuila de Zaragoza	* Mexicali	* Tepic
* Colima	* Monterrey	* Tijuana
* Cozumel	* Morelia	* Toluca
* Culiacán	* Minatitlán	* Torreón
* Chetumal	* Nogales	* Tuxla Gutiérrez
* Chihuahua	* Nvo. Laredo	* Uruapan
* Durango	* Oaxaca	* Veracruz
* Guadalajara	* Poza Rica	* Villa Hermosa
* Guaymas	* Puebla	* Zacatecas
* Hermosillo	* Pto. Escondido	* Zihuatanejo

De toda esta red aeroportuaria únicamente nos interesará para nuestro estudio el aeropuerto de Cancún, el cual será analizado para un mediano plazo de 10 años con el fin de mejorarlo proponiendo una solución opcional al mismo.

Esta tesis no observa el problema de pavimentos, torre, edificio terminal o servicios conexos que podrían ser tema

del desarrollo de otra tesis; únicamente aborda el problema de una manera geométrica.

El primer capítulo de la tesis marca la pauta que nos indica la razón y necesidad del aerotransporte, a diferencia del segundo que nos pondrá al tanto de la problemática específica del aeropuerto en cuestión.

Para el tercer capítulo nos poseionaremos en el lugar exacto en que se plantó el emplazamiento, y para el cuarto emplearemos algunos resultados obtenidos con anterioridad con el fin de proyectar geoméricamente el aeropuerto.

Finalmente el quinto capítulo nos hablará de algunos de los auxilios para la navegación empleados normalmente en cualquier aeropuerto, el posesionamiento de ellos es recomendación del anexo 14 de la OACI, y se puede observar en la Fig. 22.

CAPITULO 1

BASES DEL AEROTRANSPORTE

C A P I T U L O I

AERODROMO

Es toda superficie definida de tierra, o de agua, destinada al movimiento, despegue y aterrizaje de aeronaves.

AEROPUERTO

Es un sistema que cuenta con obras, instalaciones y servicios conexos propios para la operación de aeronaves de servicio público.

HELIPUERTO

Toda area de tierra que cuenta con instalaciones adecuadas y destinadas para el ascenso y descenso de helicópteros y de aeronaves de despegue vertical.

1.1 RESEÑA HISTORICA

Durante muchísimos años el hombre creyó que jamás podría navegar por el espacio si pretendía utilizar aparatos más pesados que el aire; por esta razón se decidió a perfeccionar los globos, pero estos artefactos eran difíciles de manejar, el viento los empujaba por donde le placía, y a pesar de que el aeronauta podía controlar la subida y el descenso, no era capaz de dirigirlos hacia donde le interesaba.

A fines del siglo anterior y principios del actual, se inició la verdadera lucha por la conquista del aire. La realización práctica fué protagonizada por dos pioneros de la aviación, cuyos nombres han quedado escritos con letras gloriosas en los anales de los vuelos aeronáuticos, tales hombres fueron los hermanos Wilbur y Orville Wright, nacidos en Dayton (Carolina del Norte, EEUU).

Sin embargo, aunque se afirma que fueron estos dos norteamericanos los primeros que remontaron el aire con un aparato de su invención, justo es reconocer que fué el ingeniero francés Clement Ader quien, a bordo de su avión EOLO efectuó varios vuelos doce años antes que los hermanos Wright, al Ing. Ader se le atribuye el nombre de AVION con que actualmente se conoce al aeroplano.

Empleando la técnica adquirida como fabricantes de bicicletas, los hermanos Wright lograron construir grandes planeadores de estructura ligera con los que efectuaron incontables vuelos; después surgió la necesidad de un motor, que los hermanos Wright fabricaron y acoplaron a un planeador, el que accionaba un par de hélices.

Llamaron al nuevo aparato FLYER (volador), con el consiguió Orville Wright mantenerse en el aire 12 seg. y realizar un vuelo de 36.00 mts., puede decirse que aquel día nació la aviación.

Al empezar el primer conflicto mundial la aviación se difundió velozmente, y asumió en la contienda el papel que antes desempeñaba la caballería, y en parte también el de la artillería, bombardeando el frente y la retaguardia del enemigo.

Una vez terminada la primera guerra mundial, la navegación aérea alcanzó gran perfección y muchos aviadores, a quienes la lucha había acostumbrado al peligro, se lanzaron a arriesgadas empresas.

En la república Mexicana el transporte aéreo ha ido evolucionando gracias a la orografía del país, ya que por sus grandes distancias y por sus masas montañosas, se presenta un obstáculo para el desarrollo de las vías de comunicación terrestres como son el ferrocarril y los caminos.

Aún cuando en la historia figura México como uno de los primeros países que aprovecharon el avión como medio de transporte, la red aeroportuaria se empezó a formar con un plan definido a partir de los años de 1922 ó 1923 aproximadamente. Esta red cuyo origen fué eventual, se ha ido desarrollando gradualmente y en forma muy rápida hasta llegar a la magnitud que tiene en la actualidad, en que se puede considerar de los de principal importancia en América Latina.

Los primeros aviones que volaron en la república Mexicana, lo hicieron llevando exclusivamente pasaje, y no fué sino hasta el año de 1939 cuando empezaron a transportar carga.

1.2 CLASIFICACION AEROPORTUARIA

El primer paso, en el proyecto de un aeropuerto, es la determinación del tipo del mismo; interviniendo en ello, muchos y muy variados factores, pudiendo numerar entre estos a algunos como la potenciabilidad del tráfico aéreo, presente y futuro, el número y tipo de máquinas que se usarán en el campo, la localización relativa de la nueva obra con aeropuertos vecinos, condiciones topográficas, etc.

El funcionamiento de los aeropuertos, como los clasifica la S.C.T., puede ser:

A)Comercial

B)Privado

No pueden ser explotados como facilidades al tráfico comercial.

C)Gubernamental

A el pertenecen diversas dependencias del poder ejecutivo.

D)Militar

Por otra parte los aeropuertos pueden ser clasificados por su operación como:

A)Federales

D)Vecinales

B)Estatales

E)Privados

C)Municipales

De éstos únicamente los federales cuentan con personal técnico de la D.G.A.C. de la S.C.T.

1.3 DESCRIPCION DEL SISTEMA

FRANJA DE ATERRIZAJE (Fig.1.a)

Es el área rectangular definida, en el centro de la cual se encuentra localizada la pista, la zona de parada y la franja lindante (lindero). Esta franja deberá extenderse por lo menos 60.00 mts. más allá del extremo de la pista o zona de parada si la hay.

FRANJA LINDANTE (Fig.1.b)

Area que rodea la pista y zona de parada, que se extiende al mismo nivel más allá del extremo de la pista y zona de parada.

BALIZAS

Objetos utilizados de día para señalar obstáculos o para comunicar información aeronáutica. Se exceptúan los indicadores de dirección de aterrizaje, los de dirección del viento y las banderas.

BALIZAS LIMITROFES

Son las balizas utilizadas para señalar los límites del área de aterrizaje.

UMBRAL (Fig.1.c)

Son los extremos de la pista que nos indican la parte utilizable del área para efectuar las maniobras de aterrizaje o despegue.

ZONA LIBRE DE OBSTACULOS

Area rectangular situada en el extremo de la faja de aterrizaje, en el sentido de despegue y preparada como zona adecuada sobre la cual pueden efectuar las aeronaves una parte del ascenso inicial hasta una altura especificada.

SUPERFICIE DE APROXIMACION

Es una porción del plano inclinado cuyos límites están situados verticalmente sobre los límites del área de aproximación correspondiente. El límite inferior de cada superficie de aproximación es una línea horizontal perpendicular al plano vertical que contiene al eje de la pista y coincide con la base menor del área de aproximación.

AREA DE APROXIMACION

Es una porción de la superficie del terreno de forma

cuadrilátera que se extiende desde el extremo de la franja de aterrizaje correspondiendo a la proyección de la superficie de aproximación.

SUPERFICIE DE TRANSICION

Es el plano inclinado con pendiente de 7:1 medido en el plano vertical perpendicular al eje longitudinal de la pista. La superficie de transición principia en la orilla de la franja de aterrizaje a ambos lados y termina al llegar a los 45.00 mts., sobre el nivel del punto de referencia del aeródromo.

ZONA DE PROTECCION Y SEGURIDAD

Espacio aéreo que se extiende hacia arriba desde la superficie terrestre. Los límites de esta zona se extenderán por lo menos 16.00 km. a partir del centro geométrico del aeropuerto. Incluirá asimismo la zona de control del aeropuerto, definida y estipulada en el reglamento del tráfico aéreo.

PISTA (Fig.1.d y Fig.2.d)

Area de terreno de forma rectangular, que se encuentra en el centro de la franja de aterrizaje, despejada, nivelada y libre de obstáculos, adecuada para que se efectúen a lo largo de ella los recorridos de despegue y aterrizaje de las aeronaves.

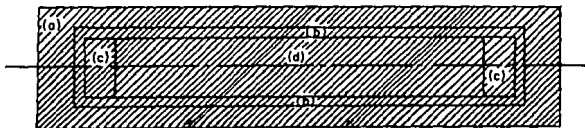


Fig. 1

GOTAS DE RETORNO (Fig.2.e)

Son ampliaciones en las cabeceras de las pistas, proyectadas para que el viraje de las aeronaves sea más rápido y eficiente.

ZONA DE CONTACTO

Sitio donde la aeronave toca la pista en maniobra de aterrizaje.

ZONA DE PARADA

Area rectangular definida, en el extremo de una pista, en el sentido de despegue, escogida y acondicionada como superficie conveniente para que las aeronaves puedan pararse después de un despegue interrumpido.

CALLE DE RODAJE (Fig.2.f)

Es la vía definida de un aeropuerto terrestre, escogida o preparada para el rodaje de las aeronaves.

PLATAFORMA (Fig.2.g)

Area definida de un aeródromo o aeropuerto, destinada a estacionar las aeronaves para maniobras de embarque o desembarque de pasajeros y/o carga, reaprovisionamiento de combustibles y lubricantes, mantenimiento y otros servicios.

AREA DE MOVIMIENTO

La parte del aeropuerto destinada al movimiento de aeronaves en superficie se denomina area de movimiento.

AREA DE SEÑALES

Así llamamos al área que un aeródromo utiliza para exhibir señales terrestres que sirvan como ayuda al piloto.

TORRE DE CONTROL DEL AERODROMO O AEROPUERTO (Fig.2.h)

Instalación especial establecida para suministrar servicio y control especial aéreo, de tráfico y maniobras del aeródromo o aeropuerto. Su altura y localización deberá ser tal que permita una línea visual ininterrumpida desde la torre de control a cualquier punto del área de maniobras de la faja de aterrizaje.

EDIFICIO TERMINAL (Fig.2.i)

Es una construcción que aloja vestíbulos, pasillos y dispositivos destinados a la atención tanto de pasajeros como de carga.

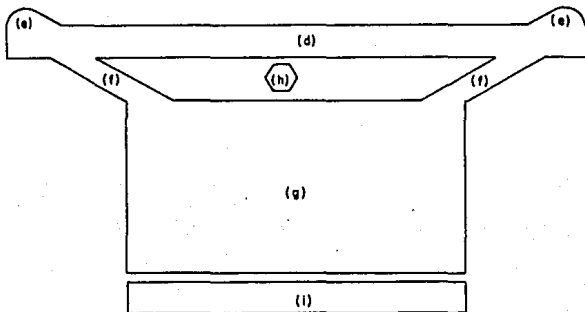


Fig. 2

SERVICIOS CONEXOS

Prestaciones proporcionadas en los aeropuertos en relación con las comunicaciones aeronáuticas, reportes meteorológicos, servicios mecánicos, reaprovisionamiento de combustible, almacenamiento, maniobras de estiba, utilización de edificios e instalaciones, etc.

CAPITULO 2

ANALISIS DE LA DEMANDA DEL TRANSPORTE AEREO EN LA REPUBLICA MEXICANA

C A P I T U L O II

Un proceso común de planificación para el estudio de la demanda, puede ser dividido en diferentes partes:

- A) Analizar los antecedentes; normalmente los mejores antecedentes son los datos estadísticos.
- B) Una vez analizados estos datos se establecen proyecciones a futuro, con base en las tasas de crecimiento definidas por las estadísticas.
- C) Las estadísticas y sus proyecciones servirán para obtener lo que se puede llamar parámetros de proyecto y sus tendencias, cifras que permitan definir la magnitud de los diferentes elementos del aeropuerto.

2.1 TRAFICO ANUAL

Las estadísticas anuales de operaciones y pasajeros para cualquier aeropuerto, nos dan la oportunidad de pronosticar, para el tiempo deseado, tanto los pasajeros como las operaciones futuras; esto se logra empleando modelos matemáticos que se basan en dichas estadísticas.

Para nuestro caso bastara con las curvas de regresión lineal, ajuste logaritmico y ajuste potencial que se presentan a continuación: (1)

$$Y = A + BX + C \quad (\text{Regresión lineal})$$

$$Y = A + BLX + C \quad (\text{Ajuste logaritmico})$$

$$Y = AX^B + C \quad (\text{Ajuste potencial})$$

En estas curvas X y Y representan las variables dependiente e independiente respectivamente, A y B son

constantes propias del tipo de curva empleada, las cuales fueron calculadas con ayuda del programa anexo, y C es una constante de corrección que obligará a las curvas a pasar por el punto donde se encuentra el último dato estadístico.

Operando dichas curvas se obtuvieron los siguientes resultados (Ver ejemplo anexo).

ANO	OPAC	OPAG	OPAT	PAC	PAG	PAT
1990	30	8	38	2309	16	2325
1995	42	9	50	3102	15	3117
2000	54	7	61	3932	14	3946

2.2 TRAFICO HORARIO

Una vez que se tienen tanto los pasajeros como las operaciones anuales (lo que da el tráfico anual), es posible obtener el tráfico horario mediante la aplicación de las siguientes fórmulas empíricas (1).

OPERACIONES HORARIAS COMERCIALES

$$Y = 0.0142 X^{0.65}$$

$$Y = 17$$

X= Operaciones anuales comerciales.

Y= Operaciones horarias comerciales.
(Año 2000)

OPERACIONES HORARIAS DE AVIACION GENERAL

$$Y = 0.00055 X$$

$$Y = 4$$

X= Operaciones anuales de aviación gral.

Y= Operaciones horarias de aviación gral.
(Año 2000)

OPERACIONES HORARIAS TOTALES

$$Y = 0.0185 X^{0.65} \quad \text{si } \frac{\text{OPAG}}{\text{OPAT}} < 50\%$$

X= Operaciones anuales totales

$$Y = 0.0148 X^{0.65} \quad \text{si } \frac{\text{OPAG}}{\text{OPAT}} > 50\%$$

Y= Operaciones horarias totales

$$Y = 24 \quad (\text{Año } 2000)$$

PASAJEROS HORARIOS COMERCIALES

$$Y = 0.16 X^{0.61}$$

$$Y = 1686$$

X = Pasajeros anuales
comerciales
Y = Pasajeros horarios
comerciales
(Año 2000)

PASAJEROS HORARIOS DE AVIACION GENERAL

$$Y = 3.38 \left(\frac{T}{79} \right)^{8.24}$$

$$Y = 24$$

Y = Pax/Avión
T = año (i) - 1900
(Año 2000)

PASAJEROS HORARIOS TOTALES

$$Y = 0.16 X^{0.61}$$

$$Y = 1690$$

X = Pasajeros anuales
totales
Y = Pasajeros horarios
totales
(Año 2000)

POSICIONES SIMULTANEAS EN PLATAFORMA

$$Y = 0.35n + \frac{N}{800}$$

$$N_s = 11$$

N_s = Posiciones simultáneas
en plataforma
n = Operaciones horarias
de aviación general
N = Operaciones anuales
de aviación general
(Año 2000)

PROGRAMA PARA EL CALCULO DE LAS CONSTANTES DE CADA
CURVA

01 LBL LIN	45 RCL 15	89 RCL 06	133 LBL 05
02 5	46 RCL 11	90 a	134 RCL 05
03 LIN	47 RCL 10	91 XEQ 88	135 *
04 GTD 13	48 RCL 10	92 RCL 05	136 RCL 06
05 LBL EXP	49 XEQ 09	93 b	137 +
06 6	50 STO 03	94 GTD 01	138 GTD 00
07 EXP	51 RCL 12	95 LBL 06	139 LBL 88
08 GTD 13	52 RCL 11	96 LBL 08	140 !=
09 LBL LOG	53 RCL 10	97 E^X	141 ARCL X
10 7	54 RCL 14	98 LBL 05	142 AVIEW
11 LOG	55 XEQ 09	99 LBL 07	143 RTN
12 GTD 13	56 RCL 03	100 RTN	144 LBL a
13 LBL PDT	57 /	101 LBL 09	145 GTD IND 08
14 8	58 STO 04	102 *	146 LBL INIT
15 PDT	59 XEQ IND 00	103 STO 07	147 CLRG
16 LBL 13	60 STO 06	104 RDN	148 CF 00
17 XEQ INIT	61 RCL 15	105 *	149 CF 01
18 STO 00	62 RCL 14	106 RCL 07	150 CF 02
19 ASTO 08	63 RCL 10	107 -	151 SF 21
20 REG 10	64 RCL 12	108 RTN	152 SF 27
21 CL	65 XEQ 09	109 LBL 00	153 CF 29
22 AVIEW	66 RCL 03	110 Y.	154 RTN
23 STOP	67 /	111 LBL 01	155 END
24 LBL C	68 STO 05	112 !=	
25 X<>Y	69 LBL 03	113 ARCL X	
26 XEQ IND 00	70 RCL 04	114 AVIEW	
27 -	71 RCL 12	115 FS? 55	
28 STOP	72 *	116 STOP	
29 LBL A	73 RCL 05	117 LBL 04	
30 X<>Y	74 RCL 14	118 GTD IND 00	
31 XEQ IND 00	75 *	119 LBL 08	
32 +	76 +	120 RCL 05	
33 STOP	77 RCL 12	121 Y^X	
34 LBL 07	78 X^2	122 GTD 09	
35 LN	79 RCL 15	123 LBL 06	
36 RTN	80 /	124 RCL 05	
37 LBL 08	81 STO 09	125 *	
38 LN	82 -	126 E^X	
39 LBL 06	83 RCL 13	127 LBL 09	
40 X<>Y	84 RCL 09	128 RCL 06	
41 LN	85 -	129 *	
42 X<>Y	86 /	130 GTD 00	
43 RTN	87 R2	131 LBL 07	
44 LBL E	88 XEQ 88	132 LN	

EJEMPLO PARA EL USO DEL PROGRAMA ANEXO

Tomando en consideración la figura 4, podemos elaborar la siguiente tabla:

PAX	NAC
1975	69
76	179
77	237
78	261
79	283
80	332
81	388
82	439
83	510
84	508
85	542
86	585
87	566
88	445
89	569

NOTAS:

1-Con el fin de evitar números grandes en las operaciones, se tomarán en cuenta sólo los dos últimos dígitos de cada año.

2-El pasaje nacional se obtuvo en miles de pasajeros, sumando el tránsito con el pasaje nacional.

Con los datos así dispuestos se puede hacer uso del programa presentado, resultando la correlación en cada caso:

CURVA	R2
Exponencial	0.7257
Potencial	0.7432
Logarítmica	0.8679
Lineal	0.8557

Eligiendo la mejor correlación, el mismo programa nos da los siguientes resultados en cada caso:

$$A = -11,650.7848$$

$$B = 2,734.1860$$

$$C = -52.9820 \quad (\text{Calculada con la curva})$$

por tanto: $Y = -11,650.7848 + 2,734.1860 (LX)$

Con esta curva ya podemos pronosticar los pasajeros anuales nacionales para 1990, 1995 y 2000; tomando en consideración que los datos sólo nos dan una idea del tráfico anual para dichas fechas.

Para la presentación de resultados se han empleado las siguientes abreviaturas:

OPAC = Operaciones anuales comerciales

OPAG = Operaciones anuales de aviación general

OPAT = Operaciones anuales totales

PAC = Pasajeros anuales comerciales

PAG = Pasajeros anuales de aviación general

PAT = Pasajeros anuales totales

- CUN -
AEROPUERTO ESTADISTICA DE OPERACIONES ANUALES

AÑO	NACIONAL	TASA %	INTERNA- CIONAL	TASA %	TOTAL COMER."A"	TASA COMER."A" %	TASA COMERCIAL "A.A."	TASA COMERCIAL %	TOTAL COMERCIAL	AV. GRAL.	TASA %	GRAN TOTAL	TASA %
1987													
88													
89													
90													
71													
72													
73													
74													
75	699		304		1,003		917		1,920	2,803		4,723	
76	2,116	202.72	1,076	253.95	3,192	218.25	2,277	149.31	5,469	3,813	36.03	9,289	96.67
77	2,953	39.56	2,150	99.81	5,103	59.67	3,876	70.22	8,979	3,204	-15.97	12,183	31.15
78	3,519	19.17	2,916	35.63	6,435	26.10	2,804	-27.66	9,339	4,203	31.88	13,542	11.15
79	3,357	-4.60	4,331	48.53	7,688	19.47	2,834	1.07	10,522	5,203	23.79	15,725	16.12
80	3,696	10.10	5,247	21.15	8,943	16.32	5,811	105.05	14,754	7,297	40.25	22,051	40.22
81	4,208	13.85	7,735	47.42	11,943	33.55	8,584	47.72	20,527	7,917	8.50	28,444	28.99
82	4,534	7.75	6,221	-19.57	10,753	-9.95	7,881	-8.19	18,634	6,343	-19.88	24,977	-12.18
83	4,868	7.37	8,535	37.20	13,403	24.62	8,136	3.24	21,539	4,822	-23.98	26,361	5.54
84	5,413	11.20	8,582	0.55	13,995	4.42	6,076	-25.32	20,071	3,595	-24.45	23,666	-10.22
85	5,214	-3.68	8,805	2.60	14,019	0.17	5,613	-7.59	19,632	3,230	-10.15	22,862	-3.39
86	6,713	28.75	10,846	23.18	17,559	25.25	6,518	16.08	24,077	4,949	53.22	29,026	26.96
87	6,368	-5.14	13,612	25.50	19,980	13.79	5,618	-13.81	25,998	4,167	-15.80	29,765	2.54
88	4,219	-33.75	13,327	-2.09	17,546	-12.18	6,323	12.55	23,869	5,404	29.68	29,273	-1.65
89	5,028	19.17	16,061	20.51	21,089	20.19	6,933	9.65	28,022	5,763	6.64	33,785	15.41
90													
91													
92													
93													
94													
95													
96													

- CUN -
AEROPUERTO ESTADISTICA DE PASAJEROS ANUALES

AÑO	NACIONAL	TASA %	INTERNA-CIONAL	TASA %	TRANSITO	TASA %	TOTAL COMER."A"	COMERCIAL "AA"	TASA %	TOTAL COMERCIAL	AVIACION GRAL.	TASA %	GRAN TOTAL	TASA %
1967														
68														
69														
70														
71														
72														
73														
74														
75	62,847		20,128		6,387		89,362	12,734		102,096	8,526		110,622	
76	165,990	165.99	94,296	368.48	12,519	96.01	272,805	33,632	164.11	306,437	11,597	36.02	318,034	287.49
77	209,760	26.37	166,987	77.09	27,648	120.85	404,395	42,501	28.37	446,896	14,420	24.34	461,316	45.05
78	225,255	7.39	231,543	38.66	35,603	28.77	492,401	31,747	-25.30	524,148	19,123	32.61	543,271	18.41
79	235,498	4.55	317,732	37.22	47,472	33.34	600,702	35,687	12.41	636,389	22,548	17.91	658,937	21.29
80	278,986	18.47	372,143	17.12	52,687	10.99	703,816	44,506	24.71	748,322	28,469	26.26	776,791	17.88
81	302,832	8.55	475,766	27.84	85,122	61.56	863,720	71,394	60.41	935,114	24,992	-12.21	960,106	23.59
82	357,767	18.14	510,135	7.22	81,011	-4.83	948,913	81,139	13.65	1'030,052	20,600	17.57	1'050,657	9.43
83	394,659	10.31	829,858	62.67	115,459	42.52	1'339,976	111,017	36.82	1'450,993	15,179	-26.32	1'466,172	39.54
84	412,009	4.40	852,998	2.79	95,777	-17.05	1'360,784	96,823	-12.79	1'457,607	10,796	-28.88	1'468,403	0.15
85	446,140	8.28	922,551	8.15	95,702	-0.08	1'464,393	92,393	-4.58	1'556,786	9,346	-13.43	1'566,132	6.65
86	458,845	2.85	1'166,454	26.44	125,752	31.40	1'751,051	107,255	16.09	1'858,306	14,061	50.45	1'872,367	19.55
87	463,755	1.07	1'531,515	31.30	129,061	2.63	2'124,331	94,234	-12.14	2'218,565	11,839	-15.80	2'230,404	19.12
88	328,736	-29.11	1'336,836	-12.71	116,707	-9.57	1'782,279	66,189	-29.76	1'848,468	13,510	14.11	1'861,978	-16.51
89	454,020	38.11	1'504,763	12.56	114,839	-1.60	2'073,622	78,295	18.29	2'151,917	16,003	18.45	2'167,920	16.43
90														
91														
92														
93														
94														
95														
96														

Fig. 4

CAPITULO 3

ESTUDIOS PREVIOS

C A P I T U L O I I I

Como la selección y preparación del sitio para la plantación del emplazamiento resulta de un estudio muy amplio en tiempo, aquí solo se tratará el tema de una manera teórica, pues el actual aeropuerto fué posesionado mediante la ayuda de la rosa de los vientos anexa (Fig. 6).

3.1 METEOROLOGICOS

Debido a que tanto la aeronáutica como la meteorología se desarrollan en el espacio, es precisamente la aeronáutica la que utiliza mayormente a la meteorología y ha dado oportunidad a su desarrollo.

Dentro de las condiciones meteorológicas que un aeropuerto debe reunir, ellas se pueden clasificar en tres partes:

CONDICIONES CLIMATERICAS GENERALES DE TODA LA ZONA

El estudio de los aspectos climáticos de toda la zona marcan, precisamente, las condiciones de utilización de los diferentes probables lugares de ubicación del aeropuerto dentro de la zona. Los datos son, generalmente, obtenidos del observatorio meteorológico más cercano y se refieren a intensidad, frecuencia de dirección y duración de los vientos, así como a temperaturas, lluvias y nieves en la zona y número de días en que las nubes son de altura menor de 200.00 mts. De estas condiciones meteorológicas las más importantes, para el estudio del aeropuerto son, quizás, las que se refieren a los vientos y a la precipitación pluvial, ya que servirán para la orientación de las aeropistas y para

el estudio del drenaje del aeropuerto, respectivamente.

CONDICIONES GENERALES DE UBICACION DEL AEROPUERTO

Se puede decir que es necesario tomar en cuenta que, en muchas ocasiones, pequeños cambios en la ubicación del mismo pueden conducir a mejorar las condiciones generales de las recaladas, debiendo evitarse para ello el tener que atravesar zonas de mala visibilidad al ir perdiendo altura en el aterrizaje.

CONDICIONES ESPECIALES DEL LUGAR ELEGIDO

Las condiciones especiales del lugar elegido para el aeropuerto se refieren al hecho de tratar de evitar, hasta donde ello sea posible, el ubicarlo en terrenos que, por su relieve, puedan modificar en parte la meteorología común de toda la zona debido a cambios en las condiciones de las capas de aire mas bajas. El cambio en las capas de aire mas bajas puede producir corrientes ascendentes y descendentes, así como variación en la dirección de los vientos, cosas que tendrán que tomarse en cuenta en el proyecto del aeropuerto, pues las corrientes ascendentes y descendentes hacen peligrosas las operaciones de aterrizaje y despegue de los aviones, y la variación en la dirección de los vientos alteraría la orientación de las pistas.

3.2 TOPOGRAFICOS

TRABAJOS PRELIMINARES

Los trabajos preliminares necesarios para localizar el sitio más apropiado para un aeropuerto, se realizan con la ayuda de la fotogrametría, ya que al aplicar éste método se

abarcan extensas zonas facilitando el estudio del sitio más conveniente.

Con la restitución fotogramétrica, se procede a elaborar el anteproyecto geométrico, que será la base para el estudio de campo, esto es, se puede precisar la longitud de pista atendiendo a las necesidades de la zona, asimismo se localizará el sitio más adecuado para la o las calles de rodaje, plataforma, zona para edificios y estacionamiento. Así también los fotogramas presentan una gran ayuda para localizar los caminos de acceso, al dar una idea más firme de la configuración del terreno por donde se pretenden trazar dichos caminos.

TOPOGRAFIA

Para la ingeniería en general y para la ingeniería civil en particular, la construcción es la culminación de la planeación y el diseño; con ella se completa y termina un proyecto. Puede tratarse de un edificio, ferrocarril, túnel, puente, canal, camino, presa, etc., y en nuestro caso particular, un aeropuerto. El proyecto elaborado con el propósito de utilizarlo para determinado sitio particular, debe tratarse teniendo en cuenta el lugar especificado, y alinearse debidamente con respecto a las estructuras adyacentes. Para ejecutar correctamente el trazo sobre el terreno, es indispensable hacer mediciones. En el trabajo a realizar las distancias horizontales se medirán con cintas metálicas, cadenas, aparatos electrónicos, etc. Las diferencias de altura o de elevaciones se determinarán por

medio de niveles de precisión. Los ángulos, tanto horizontales como verticales, se medirán con la ayuda del teodolito o tránsito.

Topográficamente debe buscarse un lugar donde el terreno forme una planicie con una inclinación muy suave, lo que constituye un medio muy aprovechable para el drenaje. La ausencia de obstáculos naturales, como cerros y montañas, así como artificiales, construcciones elevadas, etc., hace que los conos se aprovechen y tengan así un amplio grado de bondad.

Para el estudio topográfico deberá procederse a levantar un plano del lugar y sus alrededores, mostrando en él, las curvas de nivel a intervalos de un metro, con cotas referidas a bancos sobre el nivel del mar; además deben mostrarse los detalles existentes de drenaje, obstáculos y demás características dignas de observación.

Además de que el lugar seleccionado para la plantación del emplazamiento cumpla con los estudios anteriores, deberá realizarse un estudio de los suelos que forman las diferentes partes de la estructura mediante un laboratorio de campo.

Para cualquier tipo de obra como ésta se requieren estudios comunes que se hacen de las propiedades de los suelos, tales como granulometría, densidad, relación de vacíos, estructura plástica, absorción, peso volumétrico, humedad, cohesión, permeabilidad y compresibilidad.

Las pruebas anteriores de laboratorio, son consideradas necesarias para tener confianza y seguridad de que estén bien

hechas las clasificaciones de los materiales en la construcción de base y sub-base del pavimento.

Con los datos recopilados anteriormente podemos posesionar la pista, la que estará orientada hacia el viento dominante, salvo excepciones en que, ya sea por la presencia de obstáculos naturales o artificiales, se impida dicho posesionamiento.

En el caso del aeropuerto de Cancún la rosa de los vientos nos da la dirección que deberán tener las pistas, contemplando el que sólo se permiten dos dígitos para sus cabeceras, dicha dirección será 12-30; y el sitio elegido para la ubicación del aeropuerto ya fué determinado.

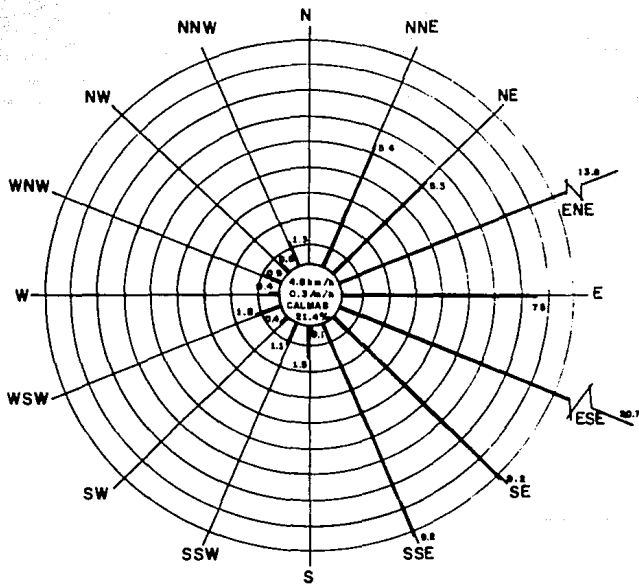


Fig. 5. Rosa de los vientos

CAPITULO 4

PROYECTO GEOMETRICO

CAPITULO IV

Como se vio al principio, el sistema aeroportuario cuenta con una serie de construcciones destinadas siempre a la mejor operación y conservación tanto de las aeronaves como de los pasajeros.

El avión crítico que se empleará para los siguientes cálculos será un B-727-200, su geometría así como los nomogramas utilizados en este capítulo se encuentran en el anexo correspondiente.

4.1 DISEÑO DE PISTAS

METODO DE LA OACI

Para obtener la longitud de pista se ha desarrollado el concepto de longitud básica de pista, la cual es la longitud necesaria para que operen las aeronaves a las que se destina en un terreno horizontal, al nivel del mar, viento en calma y en condiciones atmosféricas tipo, operando la aeronave a su máximo peso estructural.

La atmósfera tipo es aquella que tiene las siguientes características:

- A) El aire es un gas perfecto seco.
- B) La temperatura al nivel del mar es de 15°C.
- C) Existe una presión equivalente a 760 mm de mercurio al nivel del mar.
- D) El gradiente de temperatura desde el nivel del mar hasta la altura en que la temperatura baja a 56.5°C es de -0.0065°C por metro.

La longitud de pista se encontrará modificando la

longitud básica de la siguiente forma (3).

1) Corrección por altitud

La longitud básica de pista se aumentará a razón de 7% por cada 300.00 m. de elevación sobre el nivel del mar, del lugar en que se construirá la pista.

$$F_e = 0.07 \left(\frac{H}{300} \right) + 1$$

F_e = Factor de
amplificación por
elevación.

H = Altura del aero-
puerto.

2) Corrección por temperatura

La nueva longitud obtenida por altitud se aumentará en 1% por cada grado centigrado que la temperatura de referencia exceda la temperatura tipo que corresponda a la elevación de la aeropista.

$$F_t = 0.01 [T - (15 - 0.0065H)] + 1$$

F_t = Factor de
amplificación
por temperatura.

T = Temperatura del
aeropuerto.

3) Corrección por pendiente

La OACI considera dos criterios con respecto a la pendiente. El método inglés dice que se incremente la longitud de pista un 10% por cada grado de inclinación de la pista. En cambio el método americano propone un 20% por cada uno por ciento de pendiente efectiva; el método inglés es el más empleado.

$$F_g = 0.10s + 1$$

F_g = Factor de
amplificación
por pendiente.

s = pendiente de la pista.

Sin embargo, si la corrección total por elevación y temperatura fuera superior a 35%, las correcciones necesarias deberán obtenerse mediante un estudio al efecto.

Además debiera también corregirse la longitud básica de pista por viento, pero las operaciones que se realizarán sobre ella siempre ocurrirán de manera favorable respecto al viento, por lo que éste ayudará a la sustentación de la aeronave.

Para el aeropuerto en cuestión su altura es de 5 m.s.n.m., su temperatura de 32 C y la pendiente de la pista 0.005.

$$L_b = 3,176 \text{ mts. (Fig. 19)}$$

$$F_e = 0.07 \left[\frac{5}{300} \right] + 1 \qquad F_e = 1.0012$$

$$F_t = 0.01[32 - (15 - 0.0065(5))] + 1 \qquad F_t = 1.1703$$

$$F_g = 0.10 (0.005) + 1 \qquad F_g = 1.0005$$

L_p = Longitud de pista

$$L_p = 3,176 (1.0012)(1.1703)(1.0005)$$

$$L_p = 3,723.19 \text{ m}$$

$$(F_e)(F_t) = (1.0012)(1.1703) = 1.1717$$

$$17.17\% < 35\% \quad \text{OK!}$$

METODO DE LOS NOMOGRAMAS

El método anterior resulta de mucha utilidad en aeropuertos rurales, en lugares de baja elevación y temperaturas de referencia relativamente pequeñas; sin embargo cuando se requiere obtener la longitud de pista más

precisamente debe utilizarse el método presentado a continuación.

Para dicho fin la Administración Federal de Aviación (FAA) ha elaborado una serie de gráficas basadas en las características físicas y operacionales de cada avión, dichas tablas y nomogramas se presentan en el anexo correspondiente.

En el caso del avión crítico, la Fig. 6 nos proporciona los valores que a continuación se muestran:

Peso máximo de despegue (MTOW)	= 86,409 kg.	
Peso máximo de aterrizaje (MLW)	= 64,636 kg.	
Peso básico de operación	= 45,826 kg.	
Peso cero combustible	= 63,503 kg.	
Peso del pasaje	= 13,950 kg.	} CPT
Correo y Express	= 3,727 kg.	

Las figuras 7 y 8 nos dan la oportunidad de conocer tanto el combustible de etapa como el de espera y al alterno, sin embargo estas gráficas se utilizan cuando un piloto sabe la altitud de su vuelo, por lo que para este caso no se requieren, el combustible necesario se calculará atendiendo únicamente al consumo del avión (5180 kg/hr), sumando el de etapa con el del alterno y añadiendo 30 min. de espera.

CONCEPTO	DISTANCIA	TIEMPO (hr)	CONSUMO (kg)
Etapa	624 m.n.	1.248	6,424.64
Alterno	160 m.n.	0.32	1,657.60
Espera	----	0.50	2,590.00

Para los cálculos también se tomo en cuenta la velocidad

uniforme de la aeronave de 500 nudos = 500 m.n./ hr.

Al despegue sumaremos el peso básico de operación, la carga pagable total (CPT) y el consumo total de combustibles.

$$74,215.24 < \text{MTOW} \quad \text{OK!}$$

En cambio para el aterrizaje bastará restar a este valor el combustible de etapa.

$$67,750.60 > \text{MLW}$$

Por lo que se deduce que para aterrizar el avión tendrá que liberar un poco de combustible sobrante con el fin de por lo menos igualar el MLW.

Otra forma de encontrar el peso de despegue sería con ayuda de la Fig. 9, la cual está referida a la Fig. 12, sin embargo resulta más físico y real éste método.

Mediante el empleo de las figuras 10 y 11 puede calcularse la longitud de pista escogiendo la figura conveniente, para nuestro caso:

$$L_p = 6600 \text{ ft} = 2012.00 \text{ m}$$

Para dar una solución más certera se tomará un promedio de los dos valores obtenidos para la longitud de pista y se redondeará el resultado.

$$L_p = 3,000.00 \text{ mts.}$$

4.2 DISEÑO DE CALLES DE RODAJE

Las calles de rodaje o de taxeo son estructuras destinadas a la fluencia de aeronaves entre pista y plataforma, su disposición se puede obtener tomando en consideración las operaciones a realizar en el aeropuerto así como su configuración, la cual se encuentra en la ref. 1.

En tanto que su geometría se obtiene en base a la Fig. 13 observando que su clasificación es 4C (Fig. 19).

Anchura mínima de pavimento de la calle de rodaje.	18.00 m
Anchura mínima de pavimento del rodaje y margen.	25.00 m
Anchura mínima de la franja de calle de rodaje.	57.00 m
Anchura mínima de la parte nivelada de la franja.	25.00 m
Separación mínima entre la rueda exterior del tren principal y el borde del rodaje.	4.50 m
Separación mínima entre el eje del rodaje y pista.	176.00 m
Separación entre ejes de calles de rodaje.	46.50 m
Pendiente máxima del pavimento de la calle de rodaje.	1.5 %
Pendiente máxima transversal de la franja del rodaje (ascendente).	2.5 %
Pendiente máxima transversal de la franja del rodaje (descendente).	5 %
Radio mínimo de la curva vertical longitudinal.	3000.00 m

Sin embargo todas las aeronaves al hacer un viraje tienden a obligar a que el tren de nariz siga el señalamiento predeterminado, lo que hace que el centro del tren de aterrizaje principal se aleje paulatinamente de dicho señalamiento ocurriendo la desviación máxima Y al término de la curva (Fig. 14).

Para dar seguridad al piloto de la aeronave se proyectan ampliaciones en los lados interiores de los cambios de dirección llamadas filetes; analíticamente procedemos de la manera siguiente ayudados de las fórmulas empíricas que para el efecto nos proporciona la ref. 2, las variables de dichas fórmulas se basan en la Fig. 14.

Radio del filete	$r = R - (Y + 0.5a + s)$
Desviación en el tramo recto	$Y' = 0.5x - (s + 0.5a)$ $x = \text{Ancho del rodaje.}$

En nuestro ejemplo se proyectará un filete para calle de rodaje teniendo en cuenta que los demás son igual.

Cambio de dirección del rodaje (A)	= 30°
Radio del señalamiento del rodaje (R)	= 151 ft.
Ancho de la calle de rodaje (x)	= 49 ft.
Distancia del centro de viraje al puesto de pilotaje (D)	= 71 ft.
Ancho del tren (a)	= 23 ft.
Margen de seguridad (s)	= 10 ft.
Distancia entre trenes (T)	= 63.25 ft.

Los valores presentados se obtuvieron con ayuda de las figuras 13 y 19.

Obteniendo la relación $R/D = 2.13$ podemos entrar a la Fig. 15 para determinar la desviación máxima $Y = 15.2\%(71) = 10.79$ ft., con una fórmula anterior $r = 151 - (10.79 + 11.5 + 10) = 118.71$ ft.; por otra parte se puede obtener la desviación máxima en el tramo recto de la calle de rodaje

como $Y' = 24.5 - (10 + 11.5) = 3$ ft.

De la Fig. 16 $\theta = 3^\circ$ y de la Fig. 17 $\theta = 17^\circ$. La Fig. 18 nos proporciona las siguientes distancias basadas en los ángulos descritos, $L_1 = 221.52$ ft. y $L_2 = 88$ ft., valores con los cuales puede calcularse la longitud que necesita la aeronave para reducir el ángulo de esvía de 17° a 3° como $L = L_1 - L_2 = 133.52$ ft.

En la Fig. 20 se presentan los resultados para este ejemplo.

4.3 DISEÑO DE PLATAFORMAS

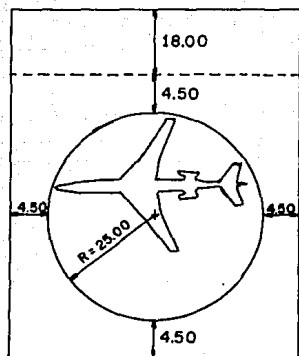
La plataforma es un área destinada para maniobras y estacionamiento de aeronaves, su ubicación se encuentra junto a la terminal de pasajeros, para su dimensionamiento bastará con atender a la Fig. 19 y el margen de seguridad para cada aeronave (ref.2).

CLAVE	MARGEN
A	3.00
B	3.00
C	4.50
D	7.50
E	7.50

La tabla mostrada se encuentra en metros, por último debe también atenderse al número de posiciones simultáneas que se obtuvieron en un capítulo anterior.

Se proyectará una plataforma de operaciones para 11 posiciones simultáneas del avión crítico B-727-200 (Cap II) teniendo en cuenta que cada uno de ellos tendrá movimiento

autónomo y, por tanto, $R = 25.00$ m (Fig. 19); mostrándose los cálculos a continuación:



Teniendo en consideración que la figura anterior es para un avión con movimiento autónomo, los otros diez tendrán las mismas dimensiones, por tanto la plataforma sería de 649.00×74.00 mts., sin embargo debe tomarse en cuenta que dicha plataforma será usada por distintos tipos de aeronaves y, para preveer errores causados por ello, se incrementará hasta tener las dimensiones de 650.00×120.00 mts. Además se tendrá la disponibilidad de un remolcador para operaciones en que se requiera.

Con el fin de abatir costos se utilizarán las instalaciones existentes, esto nos proporciona la geometría presentada en el plano de conjunto que se encuentra en los anexos.

CAPITULO 5

AUXILIOS PARA LA NAVEGACION

CAPITULO V

Con el fin de ayudar a los pilotos para conducir a las aeronaves en las pistas, rodajes y plataformas, deberá proyectarse un señalamiento horizontal y vertical luminoso o no luminoso.

5.1 SENALAMIENTO HORIZONTAL (Fig. 21)

Se compone de rayas, marcas, figuras, letras, cifras y dispositivos destinados para comunicar información aeronáutica visual a los pilotos de las aeronaves en sus maniobras en el aeropuerto y/o sus proximidades.

SENALES DESIGNADORAS DE PISTA

Número o números y letras pintadas en el pavimento de las pistas, destinadas a informar al piloto el azimut aproximado del eje de la pista y/o la situación de la misma con respecto a otras paralelas.

SENAL DE EJE DE PISTA

El eje de pista se marca con una línea de trazos, estas líneas serán de igual longitud y espaciadas uniformemente, que se extienden en toda la longitud de la pista entre las cifras que llevan éstas en sus extremos. La longitud de éstas rayas no debe ser menor a los espacios entre ellas.

SENAL DE UMBRAL

Son rayas destinadas a señalar los extremos longitudinales utilizables de la pista, estas señales las tendrán todas las pistas excepto cuando, el contraste entre la superficie del umbral y el terreno adyacente o la claridad de las señales designadoras de pista y las condiciones de

visibilidad en las que es probable se use la pista, sean tales que no sean necesarias dichas señales.

SENALES DE ZONA DE CONTACTO

Rayas destinadas a señalar la zona de contacto de las aeronaves en el aterrizaje y/o informar al piloto de la distancia disponible hasta el extremo de la pista.

SENALES DE FAJA LATERAL

Las señales de faja lateral consisten en rayas destinadas a indicar al piloto el límite lateral utilizable de la pista, paralelamente al eje longitudinal y equidistantes del mismo, en toda la distancia comprendida entre las señales de umbral de pista, excepto en las intersecciones con otras pistas de mayor importancia, donde se interrumpirán.

SEÑAL DE EJE DE CALLE DE RODAJE

En el eje de las calles de rodaje se dibuja una línea continua de 15 cm. de ancho, todas las señales de pista o rodaje se marcan con pintura blanca, amarilla o el color que mas contraste con el pavimento, este tipo de pintura se emplea en todo el sistema de circulación.

SEÑAL DE PUNTO DE ESPERA (Sencillo o doble)

La señal de punto de espera consiste en una o dos líneas continuas y una o dos interrumpidas respectivamente, pintadas transversalmente al eje del rodaje.

SEÑAL DE PLATAFORMA

Consiste en franjas y marcas destinadas a guiar a las aeronaves hasta la posición de su estacionamiento en la

plataforma.

SEÑAL DE BORDE DE PLATAFORMA

Señal de color rojo destinada a indicar al piloto el límite utilizable de la plataforma.

SENALES DE ZONAS INUTILIZABLES

Estas consisten en rayas o marcas destinadas a indicar cualquier parte del área de movimiento del aeropuerto inadecuada o peligrosa para el movimiento de las aeronaves.

5.2 SENALAMIENTO VERTICAL

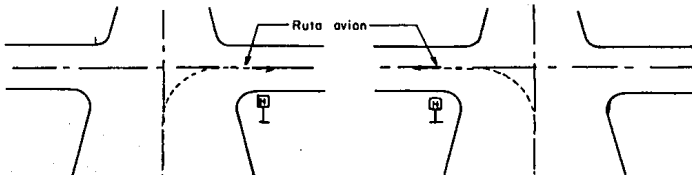
Verticalmente este tipo de señalamiento se lleva a cabo mediante letreros que proporcionen al piloto diversos tipos de información relacionada con características operacionales para las aeronaves.

LETRERO DE PARADA

Se destinan a marcar los límites utilizables de la zona de parada en los extremos de la pista y consisten en placas, balizas o marcas que delimiten claramente la extensión de la zona.

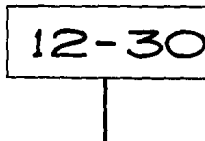
LETRERO DE INTERSECCION

Las placas de aviso de intersecciones de pista llevarán números y letras asignados a cada extremo de la misma, la disposición de los números de la pista en el tablero indicará la dirección hacia los extremos numerados correspondientes.



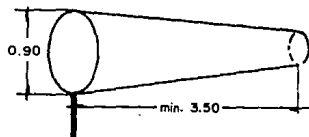
PLACAS DESIGNADORAS DE PISTA

Tablero o placas destinadas a indicarle a los pilotos, antes de su entrada a las pistas, los números y/o letras designadoras de la misma.



INDICADORES NO LUMINOSOS DE LA DIRECCION DEL VIENTO

Estos indicadores consistirán en conos truncados de tela colocados cerca del área de aterrizaje de manera que puedan verse desde las aeronaves en vuelo o desde cualquier parte del área de movimiento del aeropuerto.



Acotaciones: mts.

SENALES DE OBSTACULOS

Siempre que sea posible se pintarán todos los obstáculos, cuando esto no sea posible se colocarán banderas o balizas sobre dichos obstáculos o por encima de ellos, excepto de aquellos que, por su forma, tamaño o color, sean suficientemente visibles o bien aquellos obstáculos o parte de los mismos que se encuentren ocultos por otros.

5.3 AYUDAS VISUALES

Además de operar diurnamente, un aeropuerto también deberá operar nocturnamente, por lo cual se deberá proyectar,

además de señalamientos horizontales y verticales que se visualizan de día, una serie de ayudas visuales que sean visibles de noche.

FARO AERONAUTICO

Luz aeronáutica de superficie, visible en todos los azimuts, ya sea continua o intermitente, para señalar un punto determinado de la superficie de la tierra.

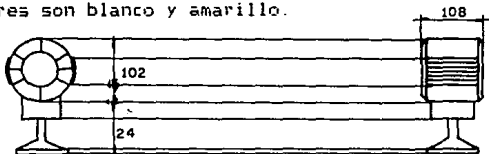
FARO DE AERODROMO

Faro aeronáutico utilizado para indicar la posición de un aeródromo.

FARO DE LOCALIZACION

Faro giratorio, normalmente emplazado en la torre de control (Parte más alta del aeropuerto), diseñado para emitir una secuencia periódica de destellos luminosos, visibles para el piloto desde cualquier ángulo normal de aproximación.

El faro giratorio normal para aeropuerto terrestre consiste en seis destellos blancos y seis verdes alternados por minuto, el de aeropuerto acuático es similar excepto que los colores son blanco y amarillo.



Acol:cm.

FARO DE IDENTIFICACION

Faro aeronáutico que emite una señal en clave, por medio de la cual puede identificarse un punto determinado que sirve de referencia.

FARO DE PELIGRO

Faro aeronáutico que se utiliza para indicar un peligro para la navegación aérea.

LUCES DE OBSTACULOS

Luces aeronáuticas de superficie destinadas a señalar obstáculos.

LUCES DE PISTA

Luces dispuestas a lo largo de una pista de manera que indiquen su dirección o límites laterales.

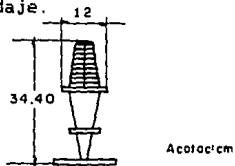


LUZ AERONAUTICA DE SUPERFICIE

Toda luz dispuesta especialmente para que sirva de ayuda a la navegación aérea.

LUCES DE CALLE DE RODAJE

Luces aeronáuticas de superficie dispuestas a lo largo de una calle de rodaje para indicar la ruta que deben seguir las aeronaves durante el rodaje.



LUCES LIMITROFES

Luces aeronáuticas de superficie que señalan los límites del área de aterrizaje.

BARRETA

Tres o mas luces aeronáuticas de superficie, poco espaciadas y situadas sobre una línea transversal, de manera que se forme como una pequeña barra luminosa.

CONCLUSIONS

CONCLUSIONES

Resulta evidente que un aeropuerto debe contar con una extensa serie de dispositivos que ayuden y comuniquen información, tanto a los usuarios como a los pilotos, se presentan aquí algunos de los cuales se consideraron más importantes, mas habrá que hacer notar que no son las únicas instalaciones con que cuenta o debe contar un aeropuerto.

Esta tesis no pretende agotar la información sobre el tema, ni tampoco imponer una solución al problema, sin embargo se puede verificar que los resultados obtenidos son convenientes al compararlos con la ampliación presentada en el plano segundo, el cual propone Aeropuertos y Servicios Auxiliares (ASA) para el mismo caso, el presente trabajo se planteó para solucionar el problema a mediano plazo (10 años), pero debe tenerse en consideración que llegará un momento en que el aeropuerto en cuestión resulte inoperante debido al inconmensurable desarrollo de la población.

La conveniencia o inconveniencia de realizar este proyecto no es tema de esta tesis, ello podría ser motivo de otra tesis, sin embargo su utilidad práctica salta a la vista al resultar una solución inmediata más económica.

Se presenta aquí una solución opcional al aeropuerto en caso de que la planeación propuesta por ASA sea irrealizable, todo ello en un mayor beneficio de la economía del país, si se cumple con ello, entonces la tesis ha logrado su objetivo.

BIBLIOGRAFIA

- 1 INGENIERIA DE AEROPUERTOS (Planeación)
Centro de educacion continua
U.N.A.M.

- 2 INGENIERIA DE AEROPUERTOS (Proyecto)
Centro de educación continua
U.N.A.M.

- 3 AEROPUERTOS
Norman Ashford y Paul H. Wright
Ed. Paraninfo

- 4 PLANNING AND DESIGN OF AIRPORTS
Horonjef, Robert
Mc. Graw Hill (3a. Edición)

- 5 ESTADISTICAS (ASA)
Aeropuertos y servicios auxiliares

- 6 NORMAS Y METODOS INTERNACIONALES
RECOMENDADOS PARA AERODROMOS
OACI - Anexo 14
Canadá, 1983.

- 7 VIAS DE COMUNICACION
Crespo Villalaz, Carlos
Ed. Limusa.

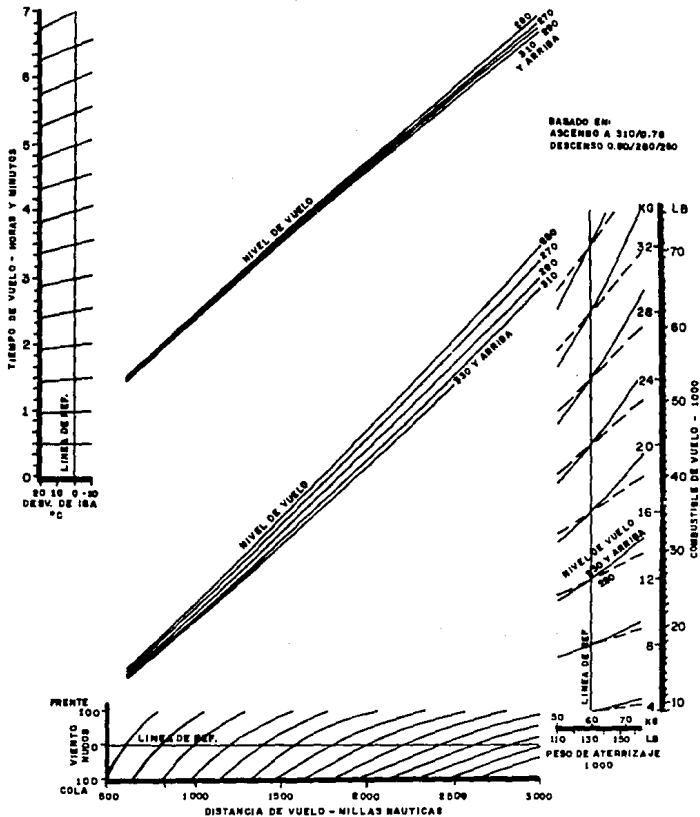
- 8 ELABORACION DE UN LIBRO DE TEXTO
PARA AEROPUERTOS
Merino Torres, Guillermo
Tesis Profesional (IPN)
- 9 PLANEACION DE AEROPUERTOS
Rodriguez Cortés, Héctor
Tesis Profesional (IPN)
- 10 ILUMINACION DE AEROPUERTOS
Urquillas Sota, Humberto
Tesis Profesional (IPN)

APENDICE

MODELOS	PESO MAXIMO DE DESPEGUE	PESO MAXIMO DE ATERRIZA.	PESO BASICO DE OPERAC.	PESO CERO COMBUSTIBLE	NUMERO DE PASAJEROS	PESO POR PASAJERO	PESO TOTAL DE PASAJEROS	PESO DE EXPRESS Y CORREO	CARGA PAGABLE TOTAL	VELOCIDAD
	lb kg	lb kg	lb kg	lb kg	PAX	lb kg	lb kg	lb kg	lb kg	nudos
DOUGLAS DC-9-15	90 619	81 627	82 350	73 932	85	209.43	17 802	3 780	21 882	473
	41 105	37 026	23 746	33 536		95	8 075	1 715	9 790	
DOUGLAS DC-9-32	108 000	98 100	80 800	87 000	115	209.43	24 085	2 115	26 200	473
	48 989	44 498	27 578	38 483		95	10 925	959	11 884	
DOUGLAS DC-9-82	147 000	128 000	80 900	22 000	155	209.43	32 482	3 988	36 450	473
	66 679	58 061	36 696	65 339		95	14 725	1 809	16 534	
BOEING B-727-200	190 496	142 498	1 01 027	139 998	185	198.41	30 754	8 216	38 970	500
	86 408	64 636	45 828	63 503		90	13 950	3 727	17 677	
DOUGLAS DC-8-51	285 998	199 499	141 417	173 498	153	198.41	30 357	1 724	32 081	473
	129 729	90 493	64 147	75 688		90	13 770	782	14 552	
DOUGLAS DC-10-15	454 990	363 494	263 046	354 993	315	198.41	62 500	29 447	91 947	480
	206 384	164 881	110 246	151 953		90	28 350	13 357	41 707	
DOUGLAS DC-10-30	354 990	402 993	264 993	367 993	301	209.43	63 040	40 644	103 884	477
	251 744	182 798	119 600	166 922		95	28 595	18 527	47 122	
BOEING B-747	730 000	564 000	383 750	526 500	490	205	100 450	42 300	142 750	500
	322 054	256 829	174 088	231 619		93	46 584	19 187	64 751	

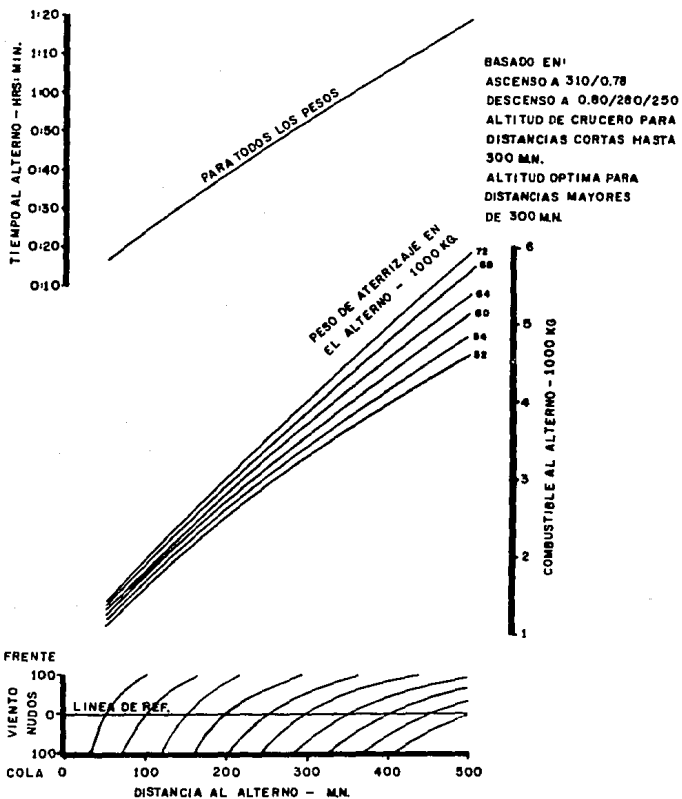
Fig. 6. Características físicas y operacionales de los aviones (performance)

COMBUSTIBLE DE ETAPA
(Fig. 7)



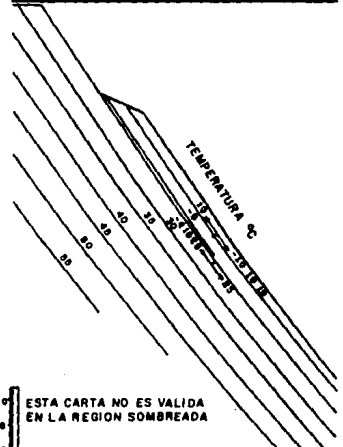
CONSUMO DE COMBUSTIBLE PARA ALTERNO
Y ESPERA

(Fig. 8)



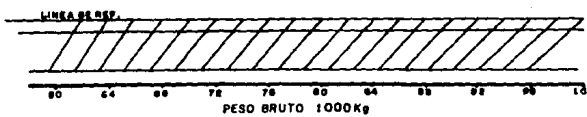
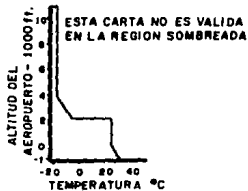
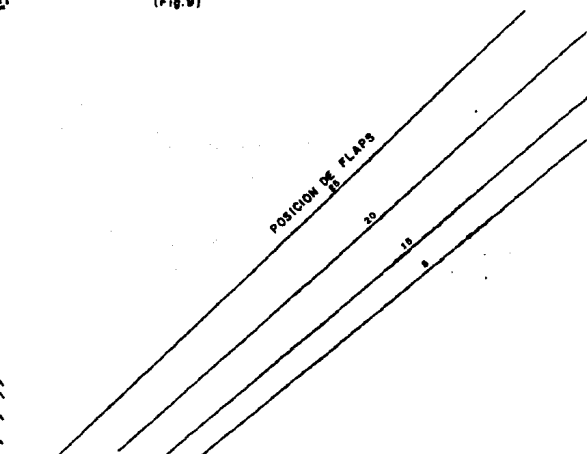
ALTITUD DEL AEROPUERTO
1000 Ft.

1 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11

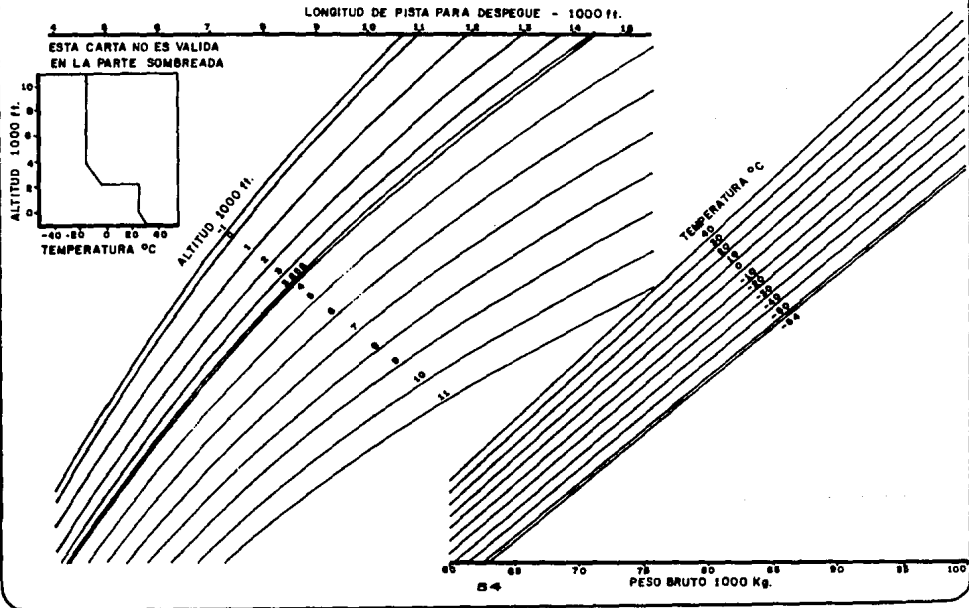


PESO DE DESPEQUE LIMITADO
POR SEGUNDO SEGMENTO

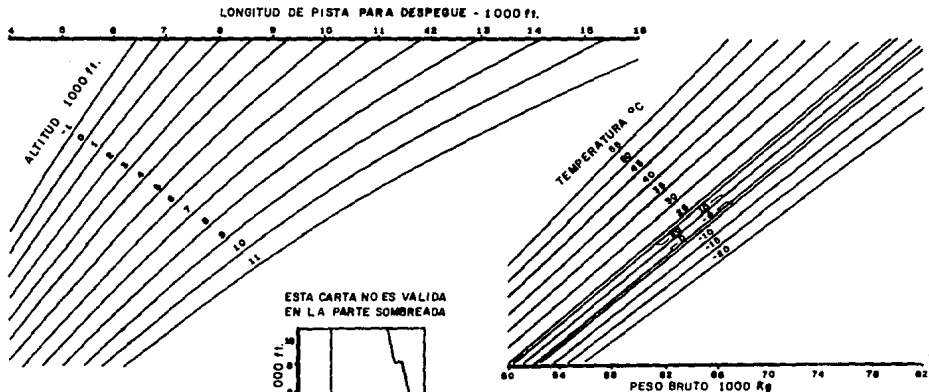
(Fig. 9)



LONGITUD DE PISTA PARA DESPEQUE
(Fig.10)



LONGITUD DE PISTA PARA DESPEGUE
(Fig.11)



ESTA CARTA NO ES VALIDA
EN LA PARTE SOMBREADA

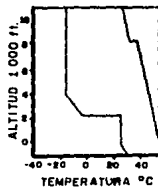


Fig. 13. Criterios relativos al proyecto de una calle de rodaje

		LETRA DE CLAVE					
CARACTERISTICAS FISICAS		A	B	C	D	E	
Anchura mínima de:	1	2	3	4	5	6	7
	Pavimento de la calle de rodaje	7,5 m	10,5 m	18 m ^a 18 m ^b	23 m ^c 19 m ^d	23 m	23 m
	Pavimento de calle de rodaje y de margen	—	—	25 m	38 m	—	44 m
	Franja de calle de rodaje	27 m	39 m	57 m	86 m	—	93 m
	Parte nivelada de la franja de calle de rodaje	22 m	28 m	25 m	38 m	—	44 m
	Margen mínimo de acercamiento la rueda exterior del tren de aterrizaje principal y al borde de la calle de rodaje	1,5 m	2,25 m	4,5 m ^e	4,8 m	—	4,8 m
	Distancia mínima de separación entre el eje de la calle de rodaje y	Eje de uso pista de vuelo por instrumentos					
	Número de clave	1	2	3	4		
		1	2	3	4		
		1	2	3	4		
Eje de uso pista que no sea de vuelo por instrumentos							
Número de clave	1	2	3	4			
	1	2	3	4			
	1	2	3	4			
Eje de calle de rodaje	21 m	31,5 m	46,5 m	66,5 m	—	76,5 m	
Objeto							
Calle de rodaje ^a	13,5 m	19,5 m	28,5 m	42,5 m	—	46,5 m	
Calle de acceso al puesto de estacionamiento de aeronaves	1,2 m	1,8 m	2,4 m	3,6 m	—	4,0 m	
Pendiente longitudinal máxima de la calle de rodaje	Pavimento	3%	3%	1,8%	1,8%	1,8%	
	Veredas de la pendiente	1% en 20 m	1% en 25 m	1% en 30 m	1% en 30 m	1% en 30 m	
Pendiente transversal máxima de	Pavimento de la calle de rodaje	2%	2%	1,5%	1,5%	1,5%	
	Parte nivelada de la franja de calle de rodaje ^a pendiente ascendente	3%	3%	2,5%	2,5%	2,5%	
	Parte nivelada de la franja de calle de rodaje ^a pendiente descendente	5%	5%	5%	5%	5%	
	Parte no nivelada de la franja ^a pendiente ascendente	5%	5%	5%	5%	5%	
Radio mínimo de la curva vertical (longitudinal)	2800 m	2500 m	3000 m	3000 m	—	3000 m	
Atención visual mínima en la calle de rodaje	Desde 150 m por encima de 1,5 m	Desde 200 m por encima de 2 m	Desde 300 m por encima de 3 m	Desde 300 m por encima de 3 m	—	Desde 300 m por encima de 3 m	

a. Calle de rodaje de pista pero ser utilizada por aviones con base de ruedas ligera superior a 18 m

b. Calle de rodaje de pista pero ser utilizada por aviones con base de ruedas inferior a 18 m

c. Calle de rodaje de pista pero ser utilizada por aviones cuya distancia entre ruedas del tren principal sea igual o mayor a 9 m

d. Calle de rodaje de pista pero ser utilizada por aviones cuya distancia entre ruedas del tren principal sea inferior a 9 m

e. Calle de rodaje que no sea calle de acceso al puesto de estacionamiento de aeronaves

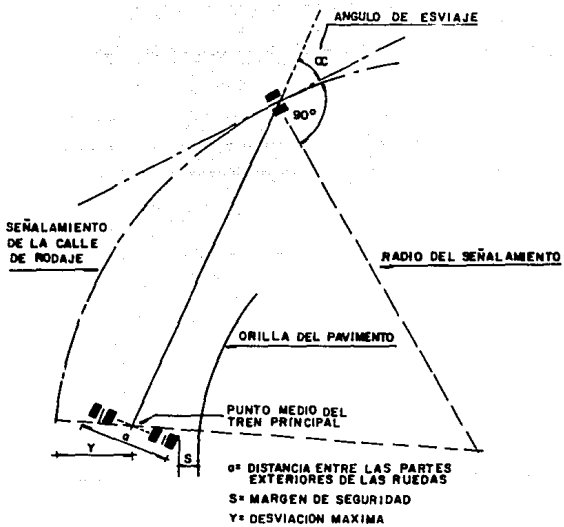


Fig. 14. Trayectoria del tren de aterrizaje principal

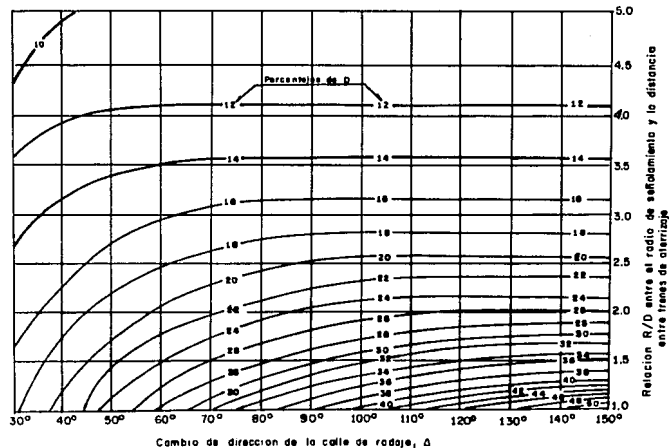


Fig. 15. Desviacion maxima del centro del tran de otterizaje

ESTA TESIS NO DEBE SALIR DE LA BIBLIOTECA

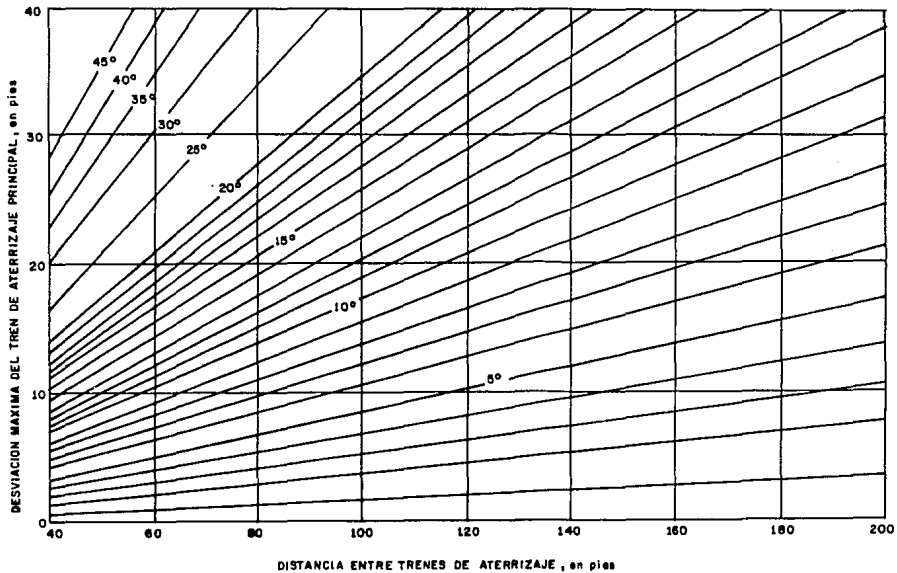


Fig. 16 Angulo de desviación y desviación máxima del tren de aterrizaje principal, en pies

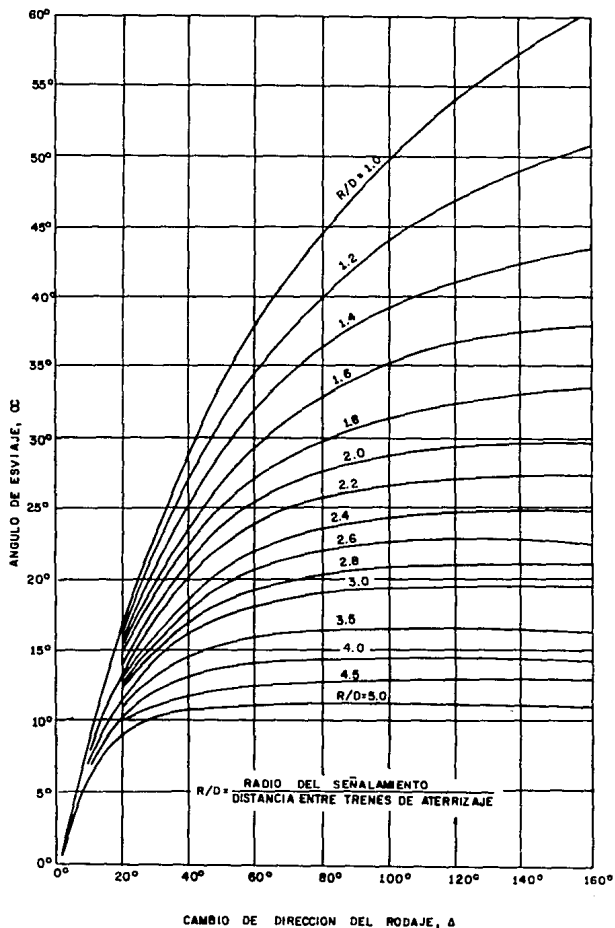


Fig.17. Incremento del angulo de esvaje durante el viraje

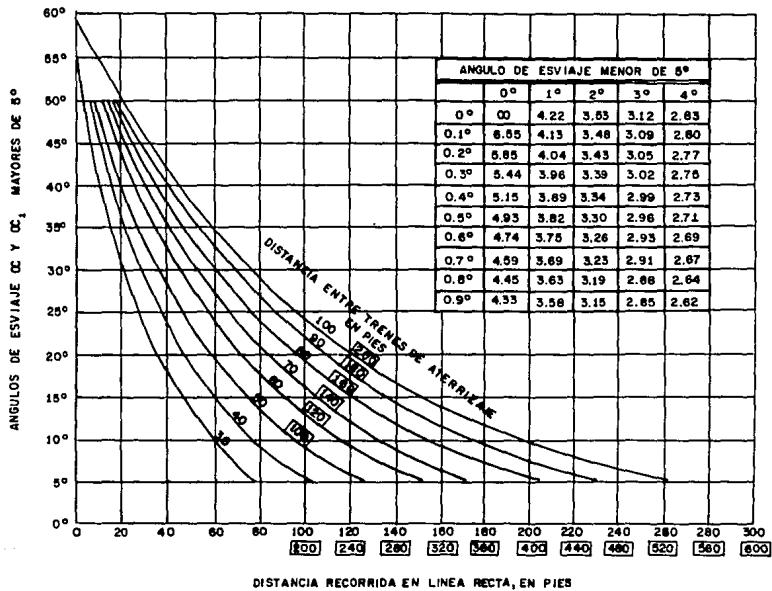


Fig.18. Transformación de los ángulos de esviaje a distancia recta

RADIO DE GIRO, en mts.	
de R a A:	25.00
de R a B:	24.40
de R a C:	20.10

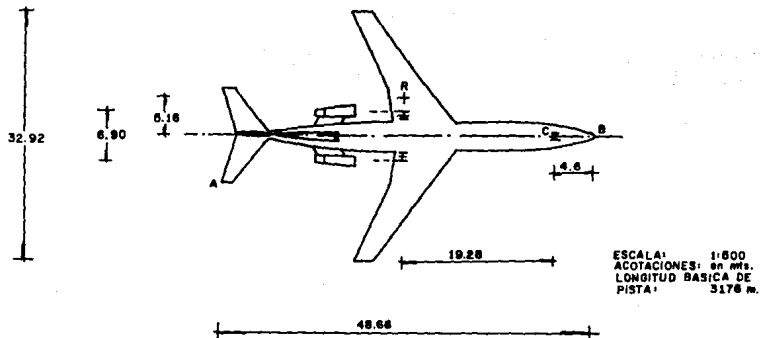
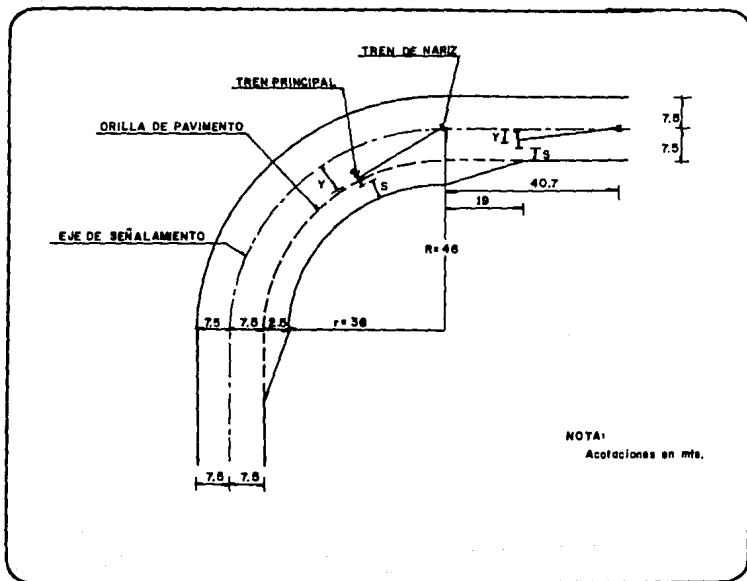


Fig.19. B-727-200 (4C)

Fig. 20. Geometría del fillete



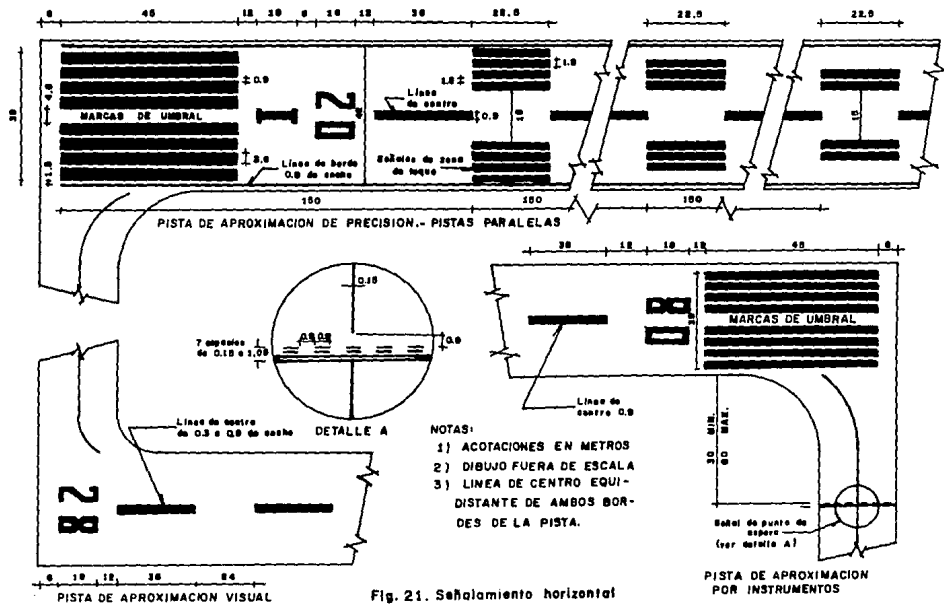


Fig. 21. Señalamiento horizontal



SOLICITUD DE REVISION DE TESIS
(INDIVIDUAL)

C. DIRECTOR GENERAL DE INCORPORACION
Y REVALIDACION DE ESTUDIOS DE LA UNAM
Presente.

Santana González Lorenzo Daniel
Apellido Paterno Materno Nombre (s)
No. de expediente: 8270028140
Alumno de la carrera de: Ingeniero Civil
Solicita la revisión de la tesis titulada: Análisis de capacidad del
Aeropuerto de Cancún
área _____

México, D.F., a 13 de Agosto de 19 90.

Firma del Solicitante

Vo. Bo.

Asesor de la tesis
(Ante firma)

Director de la carrera
(Ante firma)

Ing. Raúl Aburto Saldaña

Ing. Arturo Rojas de Bengardí



DIRECCION GENERAL DE
INCORPORACION Y REVA-
LIDACION DE ESTUDIOS.

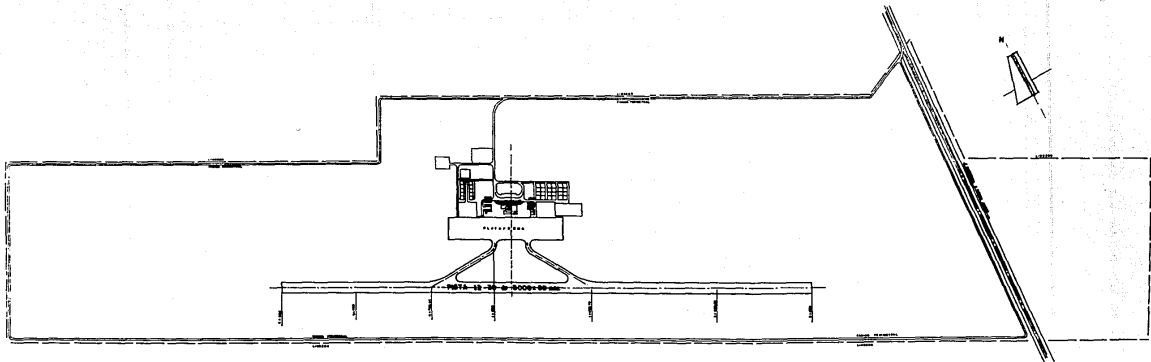
EL JEFE DEL DEPARTAMENTO DE EXAMENES.

Hace constar la aprobación de la Tesis objeto de esta solicitud, y autoriza su impresión.

Ciudad Universitaria, D.F., a 19 de octubre de 19 90.

"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

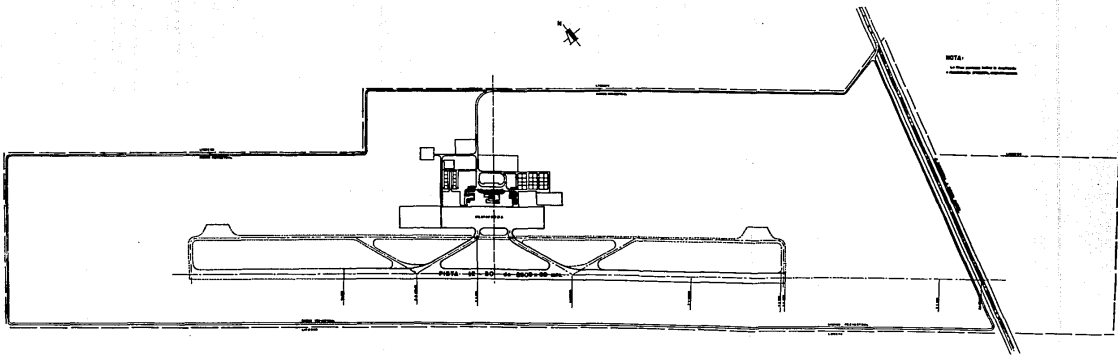
Lic. David Casarrubias Dávila



PLANTA DE... 0-0000-00 m



	TESIS PROFESIONAL
	PROPUESTA PROYECTO EN ESTA TERCERA
	U. L. S. A.



NOTA:
 Se debe considerar el espacio
 necesario para el acceso de
 personas con discapacidad.

	TERCER PROFESIONAL	1 4 5
	ASOCIACIÓN DE ARQUITECTOS Y INGENIEROS PLATEADOS PROV. DE B. A. 1985 8000	
U L S A	<small>Sección de Obras y Construcción - Plan No. 10</small>	