

Nº 10
R.E.J.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

**ANÁLISIS OPERACIONAL DE LAS
PISTAS EN AEROPUERTOS**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL
P R E S E N T A
GONZALO BARAHONA PEREZ



ASESOR:
ING. FEDERICO DOVALI RAMOS

MEXICO, D. F.

1992

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN.**



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

I N D I C E

	PAG.
TEMA I.- INTRODUCCION	
TEMA II.- DESCRIPCION DE LOS SISTEMAS DE UN AEROPUERTO	
II.1.- Espacios aereos.....	1 - 6
II.2.- Pistas.....	7 - 10
II.3.- Calles de rodaje.....	11 - 13
II.4.- Plataformas.....	14 - 16
II.5.- Edificio de pasajeros.....	17 - 21
II.6.- Caminos de acceso.....	22 - 24
II.7.- Almacenamiento y distribución de combustible.....	25 - 26
TEMA III.- DESCRIPCION OPERACIONAL DE PISTAS	
III.1.- Longitud de pista.....	27 - 36

III.2.- Inmediaciones del Aeropuerto..... 37 - 39

III.3.- Ejemplos..... 40 - 48

TEMA IV .- ANALISIS DEL NUMERO Y ORIENTACION DE PISTAS

IV.1.- Viento..... 50 - 56

TEMA V.- DETERMINACION DE LA DEMANDA 57 - 67

TEMA VI.- INTEGRACION CON LAS CALLES DE RODAJE..... 68 - 79

TEMA VII.- EFECTOS EN OTRAS INSTALACIONES

VII.1.- Configuración de pistas..... 80 - 84

VII.2.- Instalaciones en pistas..... 84 - 87

TEMA VIII.- EFECTOS EN LA CAPACIDAD..... 88 - 94

CONCLUSIONES

BIBLIOGRAFIA

TEMA I

I N T R O D U C C I O N

El presente trabajo el cual nació como una inquietud personal al cursar la materia de Aeropuertos, en nuestra honorable Alma Mater, presenta aspectos generales del análisis operacional de pistas en los aeropuertos.

En este trabajo se encontrarán con los conceptos que intervienen en la operación de pistas, así como las relaciones y efectos con otras instalaciones.

Debido a que el tema de aeropuertos y de los sistemas que lo integran son tan extensos e interesantes, que no podrían ser abarcados en un trabajo como este.

Por lo que presento los puntos que a mi juicio considere más importantes para el desarrollo de este trabajo, en la forma más clara breve posible.

TEMA I

II.- DESCRIPCION DE LOS SISTEMAS DE UN AEROPUERTO

Es importante conocer el concepto de Aeropuerto antes de describir los sistemas que lo componen:

Aeropuerto.- Area definida de tierra o de agua (que incluye todas sus edificaciones, instalaciones y equipos), destinada total o parcialmente a la llegada y movimientos en superficie de aeronaves. Dotado de todos los medios auxiliares de la navegación aérea.

Un aeropuerto está compuesto de los siguientes sistemas:

- 1.- Espacios aéreos
- 2.- Pistas
- 3.- Calles de rodaje
- 4.- Plataformas
- 5.- Edificio de pasajeros
- 6.- Caminos de acceso
- 7.- Almacenamiento y distribución de combustible

2.1.- Espacios aéreos

Los espacios aéreos son zonas libres de obstáculos que permiten las maniobras aéreas, en las proximidades de los aeropuertos.

Es importante que se cuente con el espacio aéreo adecuado en cada emplazamiento de pista. El contar con cualquier objeto que limite las trayectorias de vuelo puede deteriorar la eficacia de las aeronaves, así como las operaciones seguras de las mismas.

Para evitar la presencia de numerosos obstáculos en los alrededores de los aeropuertos la OACI (Organización de Aviación Civil Internacional) en su anexo 14 ha establecido una serie de superficies limitadoras de obstáculos que son las siguientes:

a) Superficie horizontal externa (superficie cónica).- Es una superficie de pendiente ascendente y hacia afuera que se extiende desde la periferia de la superficie horizontal interna. (véase fig. 2.1)

b) Superficie horizontal interna .- Superficie situada en un plano horizontal sobre un aeródromo y sus alrededores. (véase fig. 2.1)

c) Superficie de aproximación.- Plano inclinado o combinación de planos anteriores al umbral. (véase fig. 2.1)

d) Superficie de aproximación interna.- Porción rectangular de la superficie de aproximación inmediatamente anterior al umbral.

e) Superficie de transición.- Superficie compleja que se extiende a lo largo del borde de la franja a parte del borde de la superficie de aproximación, de pendiente ascendente y hacia afuera hasta la superficie horizontal interna.

f) Superficie de transición interna.- Superficie similar a la superficie de transición pero más próxima a la pista.

g) Superficie de aterrizaje interrumpido.- Plano inclinado situado a una distancia especificada después del umbral, que se extiende entre las superficies de transición internas.

h) Superficie de ascenso en el despegue.- Plano inclinado u otra superficie especificada situada más allá del extremo de una pista o zona libre de obstáculos.

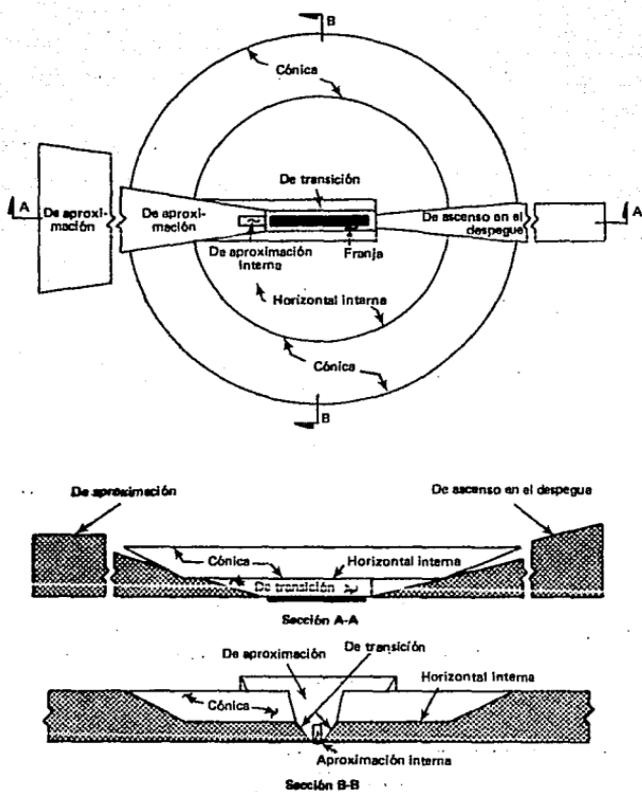


FIG. 2.1 SUPERFICIES LIMITADORAS DE OBSTACULOS

(Ref. 4, pág. 27)

En la siguiente tabla se presentan las dimensiones y pendientes de las superficies limitadoras de obstáculos. (véase tabla 2.1)

En esta se utilizan números de clave, y para el caso de aproximación de precisión se usan categorías I, II, III, estas clasificaciones se describen a continuación:

- Pista para aproximaciones de precisión de categoría I.- Pista de vuelo por instrumentos seguida por ILS (vuelo por instrumentos) y por ayudas visuales destinadas a operaciones hasta una altura de decisión de 60 metros y un alcance visual en la pista del orden de 800 metros.
- Pista para aproximaciones de precisión de categoría II.- Pista de vuelo por instrumentos servida por ILS y ayudas visuales destinadas a operaciones hasta una altura de decisión de 30 metros y un alcance visual en la pista del orden de 400 metros.
- Pista para aproximaciones de precisión de categoría III.- Pista de vuelo por instrumentos servida por ILS hasta una superficie de la pista y a lo largo de la misma; y

A.- Destinada a operaciones hasta un RVR (alcance visual en la pista) del orden de 200 metros (sin altura de decisión aplicable) utilizando ayudas visuales durante la fase final del aterrizaje ;

B.- Destinada a operaciones hasta un RVR del orden de 50 metros (sin altura de decisión aplicables), utilizando ayudas visuales para el rodaje ;

C.- Destinada a operaciones en la pista y calles de rodaje sin depender de referencias visuales.

Núm. de clave	Elemento 1 de la clave		Elemento 2 de la clave	
	(1)	(2)	(3)	(4)
1	Menos de 800 m	A	Hasta 15 m (exclusive)	Hasta 4,5 m (exclusive)
2	Desde 800 m hasta 1 200 m (exclusive)	B	Desde 15 m hasta 24 m (exclusive)	Desde 4,5 m hasta 6 m (exclusive)
3	Desde 1 200 m hasta 1 800 m (exclusive)	C	Desde 24 m hasta 36 m (exclusive)	Desde 6 m hasta 9 m (exclusive)
4	Desde 1 800 m en adelante	D	Desde 36 m hasta 52 m (exclusive)	Desde 9 m hasta 14 m (exclusive)
		E	Desde 52 m hasta 65 m (exclusive)	Desde 9 m hasta 14 m (exclusive)

a. Distancia entre los bordes exteriores de las ruedas del tren de aterrizaje principal.

Tabla 2.1 CLAVE DE REFERENCIA DE AERODROMO

Longitud de campo de referencia .- La longitud de campo mínima necesaria para el despegue con el peso máximo homologado de despegue al nivel del mar, atmósfera tipo, sin viento y con pendiente de pista cero, como se indica en el correspondiente manual de vuelo del avión, prescrito por la autoridad que otorga el certificado, según los datos equivalentes que proporcione el fabricante. Longitud de campo significa longitud de campo balanceado para los aviones, si corresponde, a distancia de despegue en los demás casos.

PISTAS DE ATERRIZAJE

Superficies y dimensiones*	Clasificación de las pistas									
	Aproximación visual				Aproximación que no sea de precisión			Aproximación de precisión		
	Número de clave				Número de clave			Categoría I		Categoría II o III
(1)	1	2	3	4	1,2	3	4	Número de clave	Número de clave	Número de clave
	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	1,2	3,4	3,4
	(9)	(10)	(11)							
CONICA										
Pendiente	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%
Altura	35 m	55 m	75 m	100 m	60 m	75 m	100 m	60 m	100 m	100 m
HORIZONTAL INTERNA										
Altura	45 m	45 m	45 m	45 m	45 m	45 m	45 m	45 m	45 m	45 m
Radio	2 000 m	2 500 m	4 000 m	4 000 m	3 500 m	4 000 m	4 000 m	3 500 m	4 000 m	4 000 m
APROXIMACION INTERNA										
Anchura	-	-	-	-	-	-	-	90 m	120 m	120 m
Distancia desde el umbral	-	-	-	-	-	-	-	60 m	60 m	60 m
Longitud	-	-	-	-	-	-	-	900 m	900 m	900 m
Pendiente	-	-	-	-	-	-	-	2,5%	2%	2%
APROXIMACION										
Longitud del borde interior	60 m	80 m	150 m	150 m	150 m	300 m	300 m	150 m	300 m	300 m
Distancia desde el umbral	30 m	60 m	60 m	60 m	60 m	60 m	60 m	60 m	60 m	60 m
Divergencia (a cada lado)	10%	10%	10%	10%	15%	15%	15%	15%	15%	15%
Primera sección										
Longitud	1 600 m	2 500 m	3 000 m	3 000 m	2 500 m	3 000 m	3 000 m	3 000 m	3 000 m	3 000 m
Pendiente	5%	4%	3,33%	2,5%	3,33%	2%	2%	2,5%	2%	2%
Segunda sección										
Longitud	-	-	-	-	-	3 600 m ^b	3 600 m ^b	12 000 m	3 600 m ^b	3 600 m ^b
Pendiente	-	-	-	-	-	2,5%	2,5%	3%	2,5%	2,5%
Sección horizontal										
Longitud	-	-	-	-	-	8 200 m ^b	8 200 m ^b	-	8 400 m ^b	8 400 m ^b
Longitud total	-	-	-	-	-	15 000 m	15 000 m	15 000 m	15 000 m	15 000 m
DE TRANSICION										
Pendiente	20%	20%	14,3%	14,3%	20%	14,3%	14,3%	14,3%	14,3%	14,3%
DE TRANSICION INTERNA										
Pendiente	-	-	-	-	-	-	-	40%	33,3%	33,3%
SUPERFICIE DE ATERRIZAJE INTERRUPTIDO										
Longitud del borde interior	-	-	-	-	-	-	-	90 m	120 m	120 m
Distancia desde el umbral	-	-	-	-	-	-	-	c	1 800 m ^d	1 800 m ^d
Divergencia (a cada lado)	-	-	-	-	-	-	-	10%	10%	10%
Pendiente	-	-	-	-	-	-	-	4%	3,33%	3,33%

TABLA 2.2 DIMENSIONES Y PENDIENTES DE LAS SUPERFICIES LIMITADGRAS DE OBSTACULOS (Ref. 4, pág.31)

2.2 .- PISTAS

Pista.- Area rectangular definida en un aeródromo terrestre preparado para el aterrizaje y el despegue de las aeronaves.

El sistema de pista en un aeropuerto consiste de los siguientes elementos (véase fig. 2.2.) :

1.- El pavimento estructural que soporte la carga estructural aplicada por el peso del avión, también debe permitir maniobrabilidad, control y estabilidad.

2.- Los márgenes adyacentes al termino del pavimento estructural, que deben resistir la erosión provocada por el chorro de los reactores y acomodar equipos de mantenimiento y emergencia.

3.- El sector contra chorros es una área diseñada para prevenir la erosión de las superficies adyacentes a los finales de la pista, las cuales están sujetas a un prolongado o repetido chorro de reacción de los aviones.

4.- Una zona de parada la cual es una longitud adicional de pavimento que se prolonga rebasando el extremo de la pista. El pavimento de la zona de parada debe tener la resistencia suficiente para soportar ocasionalmente el peso de los aviones.

5.- El área de seguridad de pista es una área la cual ha sido despejada, e incluye el pavimento estructural, los márgenes adyacentes, el sector contra chorros y zona de parada, esta área debe ser capaz de soportar equipo de emergencia y mantenimiento, así como también proporcionar soporte a los aviones en caso de que tuvieron que virar fuera del pavimento.

6.- Una zona libre de obstáculos es una zona no pavimentada, situada más allá del extremo de la pista.

En la tabla 2.3 se resumen algunas de las especificaciones de pistas adoptadas por la OACI.

	Número clave			
	1	2	3	4
Anchura de pista				
Letra clave A	18 m	23 m	30 m	—
Letra clave B	18 m	23 m	30 m	—
Letra clave C	23 m	30 m	30 m	45 m
Letra clave D	—	—	45 m	45 m
Letra clave E	—	—	—	45 m
Anchura de pista más márgenes	Si la letra clave es D o E, la anchura total de la pista y de sus márgenes no será superior a 60 m			
Pista				
Pendiente longitudinal máxima	1,5%	1,5%	1,25%	1,25%
Gradiente máximo efectivo	2%	2%	1%	1%
Cambio máximo longitudinal de la rasante	2%	2%	1,5%	1,5%
Pendiente transversal máxima	2% si la letra clave es A o B; 1,5% si la letra clave es C, D o E			
Anchura de la franja de la pista				
Pista de precisión o no	150 m	150 m	300 m	300 m
Pista de vuelo visual	60 m	80 m	150 m	150 m
Franja				
Pendiente longitudinal máxima	2%	2%	1,75%	1,5%
Pendiente transversal máxima	3%	3%	2,5%	2,5%

Tabla 2.3.- ESPECIFICACIONES DE LAS PISTAS Y FRANJAS

A continuación se presentan algunos conceptos usados para clasificar pistas :

Pista de vuelo por instrumentos.- Uno de los siguientes tipos de pista destinados a la operación de aeronaves que utilizan procedimientos de aproximación por instrumentos :

a) Pista para aproximaciones que no sean de precisión .- Pista de vuelo por instrumentos sirve por ayudas visuales y una ayuda no visual que proporcione por lo menos guía direccional adecuada para la aproximación directa.

b) Pista para aproximaciones de precisión categoría I

c) Pista para aproximaciones de precisión categoría II

d) Pista para aproximaciones de precisión categoría III

Pista de vuelo visual.- Pista destinada a las operaciones de aeronaves que utilicen procedimientos visuales para la aproximación.

Pista(s) principales .- Pista(s) que se utiliza(n) con preferencias a otras siempre que las condiciones lo permitan.

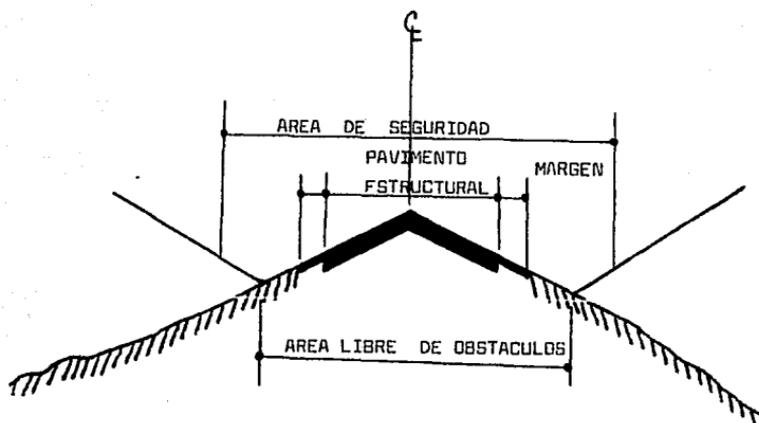
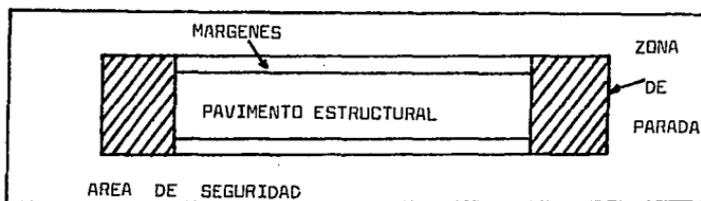


FIG. 2.2 ELEMENTOS DE UNA PISTA

2.3 .- CALLES DE RODAJE

Calle de rodaje.- Vía definida en un aeródromo terrestre, establecida para el rodaje de aeronaves y destinada a proporcionar enlace entre una y otra parte del aeródromo incluyendo:

- a) Calle de acceso al puesto de estacionamiento de aeronave.- La parte de una plataforma designada como calle de rodaje y destinada a proporcionar acceso a los puestos de estacionamiento de aeronaves solamente.
- b) Calle de rodaje en la plataforma .- La parte de un sistema de calles de rodaje situada en una plataforma y destinada a proporcionar una vía para el rodaje a través de la plataforma.
- c) Calle de salida rápida .- Calle de rodaje que se une a una pista en un ángulo agudo, y esta proyectada de modo que permita a los aviones que aterrizan virar a velocidades mayores que las que se logran en otras calles de rodaje de salida y logrando así que la pista este ocupada el mínimo tiempo posible. (véase fig. 2.3)

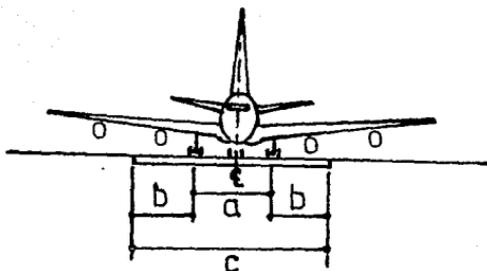
Dado que las velocidades de las aeronaves en las calles de rodaje son considerablemente menores que en las pistas, los criterios en cuanto a sus dimensiones no son tan estrictos, como en el caso de las pistas. Además, las velocidades reducidas permiten que la anchura de las calles de rodaje sea menor que la de las pistas. En la tabla 2.4 se describen las anchuras normales en las calles de rodaje.

La función de las calles de rodaje de salida de la pista es reducir al mínimo el tiempo de ocupación de las pistas por las aeronaves que aterrizan. Las calles de salida pueden construirse en ángulo recto con respecto a la pista o en otro ángulo. Cuando es de 25 a 45 grados, la expresión "pista de salida de alta velocidad" se utiliza para denotar que se ha proyectado para velocidades mayores que las permisibles en otras configuraciones de calles de salida.

La ubicación de las calles de salida depende de la variedad de aeronaves, de las velocidades de aproximación y de toma de contacto, de la velocidad de salida, del régimen de desaceleración, todo lo cual, a su vez, depende del estado de la superficie del pavimento (mojado o seco), y del número de salidas existentes. La rapidez y la manera en que el control de tránsito aéreo puede despachar las aeronaves de llegada son factores muy importantes en la determinación de la ubicación de las calles de salida. Su emplazamiento se ve afectado también por el de las pistas con relación al área terminal.

<i>Letra clave</i>	<i>TABLA 4.2 Anchura de calles de rodaje</i>	<i>Anchura total de la calle de rodaje y sus márgenes</i>
A	7,5 m	—
B	10,5 m	—
C	15 m si la calle de rodaje se ha previsto para aviones con una base de ruedas inferior a 18 m; 18 m si la calle de rodaje se ha previsto para aviones con una base de ruedas superior a 18 m	25 m
D	18 m si la calle de rodaje se ha previsto para aviones cuya anchura exterior entre ruedas del tren de aterrizaje principal es inferior a 9 m; 23 m si la calle de rodaje se ha previsto para aviones cuya anchura exterior entre ruedas del tren de aterrizaje principal es igual o superior a 9 m	38 m
E	23 m	44 m

Nota.— Las cifras anteriores se refieren a la porción recta de la calle de rodaje.



donde:

- a.- Anchura exterior de ruedas del tren de aterrizaje principal.
- b.- Margen entre las ruedas exteriores del tren de aterrizaje y el borde de la calle de rodaje.
- c.- Anchura de la calle de rodaje.

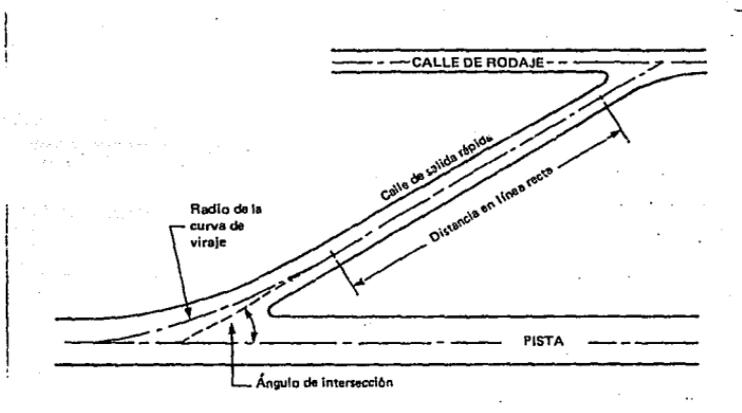


FIG. 2.3 Anchura y esquema de una calle de rodaje

2.4 .- PLATAFORMAS

2.4.1 Plataforma.- Area definida , en un aeródromo terrestre, destinada a dar cabida a las aeronaves para los fines de embarque o desembarque de pasajeros, correo o carga, abastecimiento de combustible, estacionamiento o mantenimiento.

TIPOS DE PLATAFORMAS

2.4.2 Plataforma terminal .- La plataforma terminal es una área designada para las maniobras y estacionamiento de las aeronaves situada junto a las instalaciones de la terminal de pasajeros. Desde este área los pasajeros que salen del edificio embarcan en la aeronave.

Cada uno de estos lugares de estacionamiento de aeronaves en la plataforma se les denomina puestos de estacionamiento de aeronaves.

2.4.3 Plataforma de carga .- Para las aeronaves que sólo transportan carga y correo puede establecerse una plataforma de carga separada junto al edificio terminal. Es conveniente la separación de las aeronaves de carga y de pasajeros debido a los distintos tipos de instalaciones que cada una de ellas necesita en la plataforma y en la terminal.

2.4.4 Plataforma de estacionamiento de pernocta.- En los aeropuertos puede necesitarse una plataforma de estacionamiento por separado , además de la plataforma de la terminal donde las aeronaves pueden permanecer estacionadas por largos periodos . Estas plataformas pueden utilizarse durante la parada-estancia de la tripulación o mientras se efectúa el servicio y mantenimiento periódico menor de aeronaves que se encuentran alejadas de las plataformas de la terminal.

2.4.5 Plataformas de servicios y hangares .- Una plataforma de servicio es una área descubierta adyacente a un hangar de reparaciones en el que puede efectuarse el mantenimiento de aeronaves mientras que una plataforma de hangar es una área desde la cual la aeronave sale y entra de un hangar de aparcamiento.

2.4.6 Plataforma para la aviación general .- Las aeronaves de la aviación general son utilizadas para vuelos de negocios o de carácter personal, necesitan varias categorías de plataformas para atender distintas actividades de la aviación general.

2.4.6.1 Plataforma temporal .- Las aeronaves de la aviación general que efectúan vuelos de carácter transitorio (temporal) utilizan este tipo de plataforma como medio de estacionamiento temporal, así como para el acceso de las instalaciones de aprovisionamiento de combustible, servicio de las aeronaves y transporte terrestre.

2.4.6.2 Plataforma de aparcamiento base en un aeródromo.- Las aeronaves que tienen su base en un aeródromo necesitan ya sea espacio de puesto de aparcamiento o de amarre en una zona al descubierto

2.4.6.3 Otras plataformas de servicio de tierra.- Deberían también establecerse en la medida necesaria, zonas para llevar a cabo las zonas de servicio, aprovisionamiento de combustible o carga y descarga.

Para determinar la superficie que se necesita para cada puesto de estacionamiento, es preciso conocer las calles de rodaje de acceso al puesto, así como también las calles de rodaje que son usadas en la plataforma conjuntamente con otros puestos.

Por lo tanto la plataforma requiere de una superficie total que depende de ; el tamaño de los aviones, los márgenes de separación y métodos de estacionamiento así como de la disposición geométrica de las calles de rodaje, barreras protectoras contra el chorro de los motores, zonas utilizadas para el estacionamiento de vehículos de mantenimiento, y los caminos utilizados para su desplazamiento.

El tipo de diseño de plataforma más adecuado para satisfacer las necesidades de un aeropuerto, depende de muchos factores relacionados entre sí ; por mencionar, la plataforma debe ser compatible con el diseño del edificio de pasajeros y viceversa. El volumen de tránsito que utiliza la plataforma es un factor importante para decidir el trazado de la misma, y que este sea el más eficaz para satisfacer las necesidades del proyecto de edificio terminal. Así también si un aeropuerto tiene determinadas características de tránsito, puede ser que este necesite un proyecto especial de sistema de terminal y de plataforma.

2.5 .- EDIFICIO DE PASAJEROS

El edificio de pasajeros es el lugar donde se lleva a cabo el transbordo de pasajeros y sus equipajes, desde el transporte terrestre hacia la aeronave y viceversa.

Un edificio de pasajeros debe contar con los servicios necesarios para el usuario. Al planear el edificio de pasajeros, se deberá tener en cuenta la posibilidad de futuras expansiones, así como su costo.

A continuación se presentan algunos conceptos de edificio de pasajeros (véase fig. 2.4)

a).- Concepto sencillo.- Un edificio sencillo es adecuado generalmente para aeropuertos de poca actividad. Este edificio es lineal y generalmente de una planta, con una zona común de espera, y con varios puestos de embarque que dan a la plataforma de estacionamiento.

b).- Concepto en espigón.- El proyecto en espigón o muelle, consiste en agregar corredores con puestos de embarque a los edificios centrales. El edificio central de pasajeros, se utiliza para despachar a los pasajeros y el equipaje, mientras que los espigones proporcionan un medio de acceso del edificio central hasta el puesto de embarque.

c).- Concepto en satélite .- El concepto en satélite consta de una terminal única con todos los servicios para el despacho de pasajeros y equipaje. En este concepto las salas de espera están conectadas por corredores a una o más estructuras satélite, donde se encuentran los puestos de embarque.

d).- Otros conceptos.- Entre los otros conceptos, se pueden citar la sala móvil que también se conoce como sistema de estacionamiento de aeronaves, y la terminal unitaria.

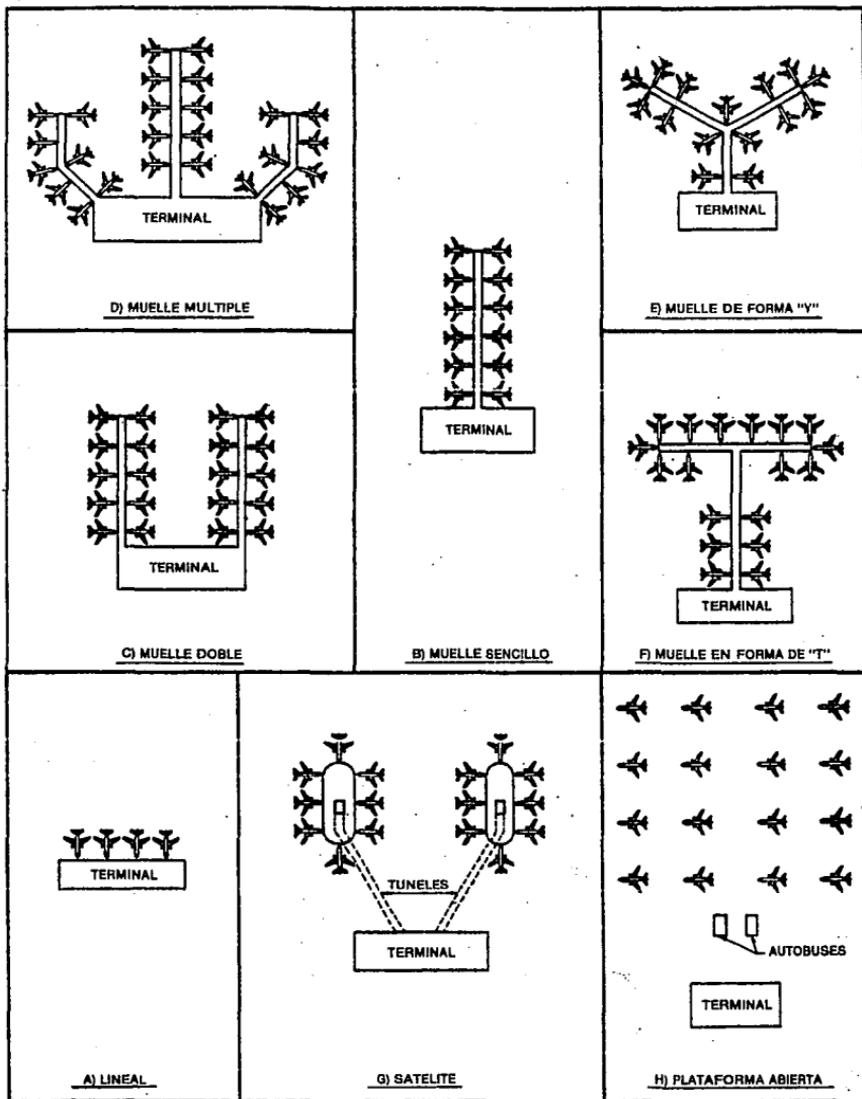


FIG. 2.4 CONCEPTOS DE TERMINAL DE PASAJEROS (Ref.3, pág50)

Los edificios de pasajeros tienen variaciones en cuanto a los niveles de acceso, despacho y salida de pasajeros. Existen configuraciones típicas como las siguientes : (véase fig. 2.5)

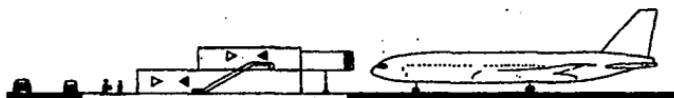
a) Calle a un nivel / plataforma a un nivel .- En esta configuración el despacho de los pasajeros de llegada y de salida en la terminal se realizan en el mismo nivel, aunque separados en sentido horizontal.

b) Calle a un nivel / plataforma a dos niveles .- En esta configuración, el despacho de llegada y de salida en la estación de la terminal se realizan normalmente en la planta que esta al nivel de la calle, y las salas de embarque en un nivel superior. Existen variaciones de esta configuración, por ejemplo; que la calle de acceso y la acera para llegada y salida estén separadas en sentido lateral.

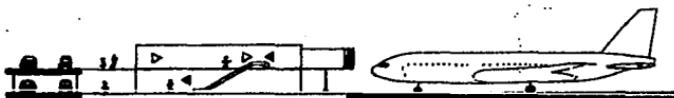
c) Calle a dos niveles / plataforma a dos niveles.- En este caso las calles de acceso y la acera se encuentran en niveles diferentes ,para permitir la separación vertical del despacho de llegada y de salida en la terminal (generalmente el nivel superior se destina a la salida y el interior a la llegada).



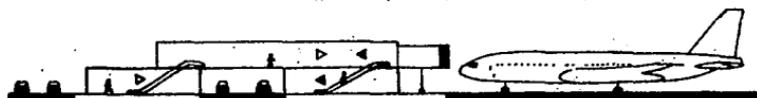
a) calle a un nivel/terminal a un nivel



b) calle a un nivel/terminal a dos niveles



c) calle a dos niveles/terminal a dos niveles



d) calle a un nivel/terminal a dos niveles

- ▷ Pasajeros que salen
- ◀ Pasajeros que llegan

FIG. 2.5 CONFIGURACIONES TÍPICAS POR NIVELES (Ref. 2, pág.84)

2.6 .- CAMINOS DE ACCESO

El acceso por tierra a los aeropuertos se efectúa principalmente de dos formas, en automóviles particulares, y en transporte público (taxis y autobuses predominantemente). El automóvil es el medio de acceso más usado tanto por particulares como por el transporte público.

El tránsito vehicular lo forman principalmente los pasajeros, le siguen los empleados, las mercancías, visitantes, etc.

Es necesario calcular el tránsito vehicular y las instalaciones que este requiere, para este propósito se podrán usar datos de los pronósticos de volúmenes de pasajeros y convertirlos en volúmenes de tránsito vehicular.

Para convertir los volúmenes de pasajeros a volúmenes de tránsito es necesario contar con datos como los siguientes :

- 1.- El porcentaje de pasajeros que lleguen y su relación con los visitantes.
- 2.- El porcentaje de pasajeros por tipo de vehículo.
- 3.- El grado de ocupación por tipo de vehículo.
- 4.- El porcentaje de estacionamientos breves y prolongados.
- 5.- El tránsito vehicular en el interior del aeropuerto.

Los resultados de estos estudios pueden utilizarse para analizar los volúmenes de tráfico sobre los principales segmentos del aeropuerto, tales como los segmentos entre el acceso al aeropuerto y el estacionamiento, entre el estacionamiento y la terminal, entre el acceso al aeropuerto y el terminal.

En los aeropuertos más grandes quizás sea conveniente separar la circulación de los vehículos de servicio y de los camiones de la de vehículos de pasajeros y visitantes, ya sea antes o poco después de haber franqueado el recinto del aeropuerto. Esto puede considerarse mediante tres tipos de caminos :

- 1.- El camino público principal de acceso al aeropuerto, para uso de los pasajeros, visitantes y empleados.
- 2.- Los caminos públicos de servicio compuesto de central de seguridad que sólo permitan el acceso a los vehículos autorizados .
- 3.- La red de caminos de servicio prohibidos al público con puestos de control de seguridad para el uso exclusivo de los vehículos autorizados, tales como los de mantenimiento, extinción de incendios y salvamentos, reabastecimiento de combustible, carga, zona industrial etc.

La red pública para los vehículos de servicio solamente debe estar conectada con el terminal para la entrega de mercancías en lugares designados. La red la cual se encuentra prohibida al público para la circulación de vehículos que presten servicio a las aeronaves estacionadas en la plataforma de la terminal, debe estar totalmente aislado de la red pública.

Las necesidades en cuanto a las aceras del edificio de pasajeros constituye un elemento importante de las instalaciones del aeródromo, las características principales de este elemento son; las vías de tránsito vehicular, las de tránsito directo, las de desviación, y las de maniobra y parada junto a la acera, las señales indicadoras y de identificación de las plataformas colocadas en la acera, los puntos exteriores de facturación del equipaje, junto a las aceras y los cruces para peatones.

2.7.- ALMACENAMIENTO Y DISTRIBUCION DE COMBUSTIBLE

En el uso y manejo de combustible se debe tener especial cuidado y una extrema seguridad, debido al riesgo de incendio inherente al combustible, principalmente en las plataformas en las cuales se realiza la operación de reabastecimiento de combustible. Debido a lo anterior se debe tener cuidado de que los desplazamientos de vehículos grandes y pesados no dañen el pavimento de las plataformas, así como las áreas remotas de estacionamiento y las vías de servicio.

El gasto requerido de combustible es uno de los factores que intervienen en la selección del sistema de reabastecimiento de combustible.

2.7.1 Capacidad de los depósitos

Los pronósticos sirven de base para estimar la capacidad de los depósitos, tomando en cuenta los siguientes puntos :

- 1.- Los tipos de aeronaves que utilizaran el aeropuerto.
- 2.- La frecuencia de los vuelos.
- 3.- El combustible necesario por cada aeronave.
- 4.- Tiempo de surtido al aeropuerto.
- 5.- Las distintas variedades de combustible requeridas.

También es necesario considerar las reservas de combustible, por si se llegara a interrumpir el abastecimiento por un cierto período.

Las entregas de combustible las hacen las propias refineries u otros depósitos centrales a ellos vinculados . Su transporte a los aeropuertos se realiza por medio de buques-cisterna, barcazas, ferrocarril, camiones-cisterna y oleoductos.

2.7.2 Ubicación de los depósitos

Los depósitos deberán instalarse tan cerca como sea posible de los puestos de abastecimiento de combustible para aeronaves, tomando en cuenta las distancias previamente establecidas para que los circuitos de vuelo puedan evitar los obstáculos y futuras ampliaciones.

2.7.3 Abastecimiento de combustible a las aeronaves

Las aeronaves se abastecen de combustible en sus puestos de estacionamiento , ya sea en puntos proximos a los edificios de la terminal o en puntos remotos mediante vehículos- cisterna, bocas de toma empotradas en el suelo o mediante hidrantes.

Otra forma de reabastecimiento consiste en instalar oleoductos a partir de un depósito central de combustible, el cual alimenta bocas de toma, mediante bombas colocadas en los depósitos.

TEMA III

III .- DESCRIPCION OPERACIONAL DE PISTAS

3.1 LONGITUD DE PISTA

Hay factores que tienen relación sobre la longitud de pista, estos factores podrían ser agrupados en tres grandes categorías generales :

- 1.- Los requerimientos de funcionamiento propios del avión en función de la fabricación y la operación del mismo.
- 2.- Inmediaciones del aeropuerto.
- 3.- Las operaciones de despegue o aterrizaje frustrado así como los pesos para cada tipo de avión.

Es importante señalar que para operaciones seguras, se establecen tres casos generales para longitudes de pista necesaria :

- 1.- Un despegue normal en el cual todos los motores se encuentren disponibles, para este caso , es importante que exista la suficiente longitud de pista para diferentes tipos de despegue y para las características propias de cada avión.
- 2.- Un despegue donde se presenta la falla de motor, aquí se requiere que exista suficiente longitud de pista para permitir que el avión continúe el despegue, o que este frene hasta el alto total.

3.- El aterrizaje donde se necesita suficiente pista para permitir diferentes tipos de aterrizaje y que prevenga malas aproximaciones, etc.

Estos tres casos referidos anteriormente estan ilustrados en la figura 3.1

En el primer caso que es el caso de aterrizaje (fig. 3.1 a), en este la distancia de aterrizaje (DA) necesaria para cada avión que esta usando el aeropuerto debe ser suficiente para que permita que el avión llegue a pero total a esto se le llamo distancia de parada (DP), el avión debe de poder aterrizar dentro del 60 por ciento de esta distancia, tomando en cuenta que el piloto pueda hacer una aproximación a la velocidad propia y cruzar el umbral de la pista a una altura de 15.25 m . La distancia de aterrizaje debe ser pavimentada.

Ahora veamos el segundo caso que es el caso normal, despegue con todos los motores (3.1b) aquí se requiere de una distancia de despegue (DD), la cual para un peso específico de un avión, debe ser de 115 por ciento de la actual distancia que el avión usa para alcanzar una altura de 10.7 m (D 10.7) . Es necesario que esta distancia este libre de obstáculos para proteger contra un despegue que vaya mas allá, por lo que es necesario el uso de una zona libre-

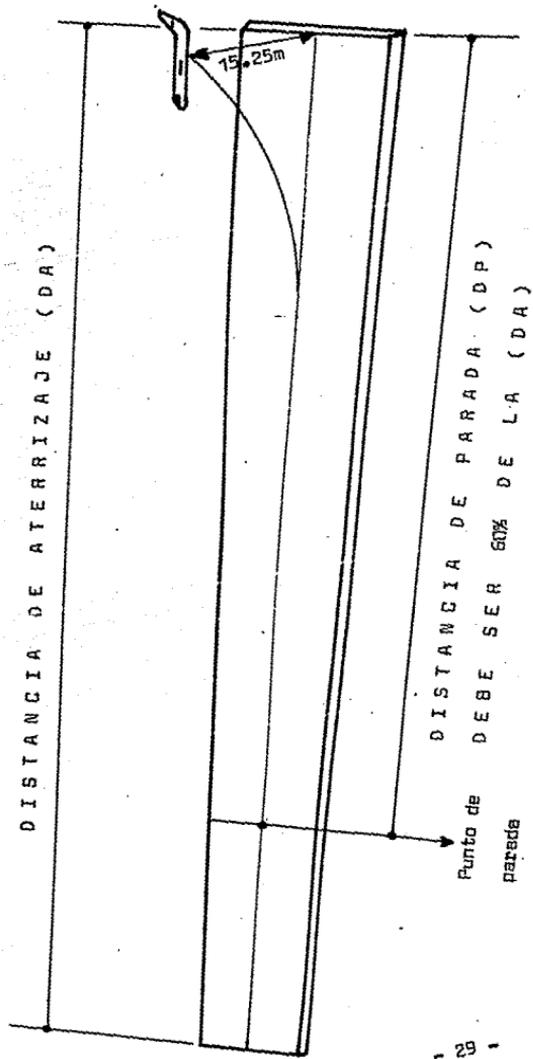


FIG. 3.1 (a) CASO DE ATERRIZAJE

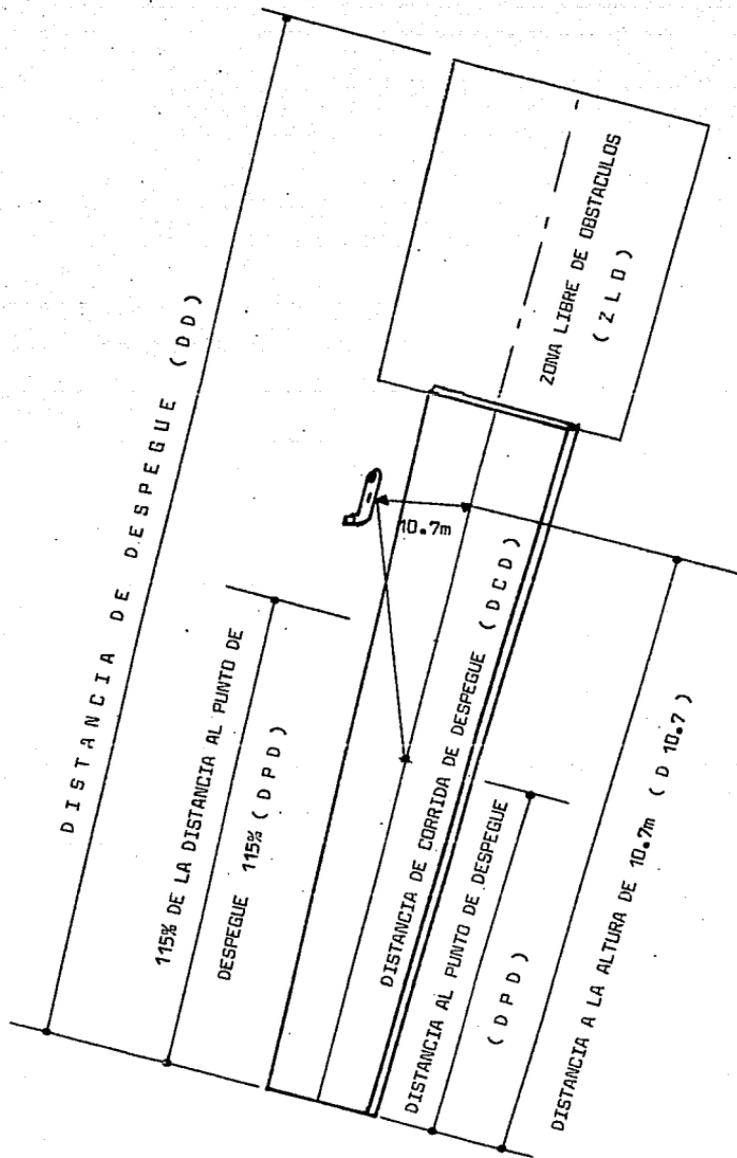


FIG. 3.1 (b) CASO NORMAL DE DESPEGUE TODOD LOS MOTORES DISPONIBLES

de obstáculos (ZLO), como una área más allá de la pista no menor de 153m de ancho, centralmente localizada y extendida en la línea central de la pista. La zona libre de obstáculos se extiende desde el final de la pista con una pendiente ascendente no mayor de 1.25 por ciento.

Para el caso de falla de motor (fig. 3.1 c), la distancia requerida de despegue es la distancia actual que se necesita para alcanzar una altura de 10.7m (D10.7). Se permite también el uso de una zona libre de obstáculos .

En el caso de falla de motor la distancia que se necesita para que el avión continúe el despegue o se detenga hasta el alto total es conocida como distancia de aceleración parada (DAP). A la distancia hasta la cual el avión pierde contacto con el pavimento se le conoce como distancia de punto de despegue (DPD). También es usada una zona de parada (ZP), para que parte de la distancia de aceleración parada vaya más allá de la corrida de despegue (sólo en el caso de pista desbalanceada). La zona de parada está definida como una área más allá de la pista, no menor en anchura que la anchura de la pista, centralmente localizada cerca de la línea central de la pista, esta zona es usada para desaceleración en caso de que un despegue sea abortado.

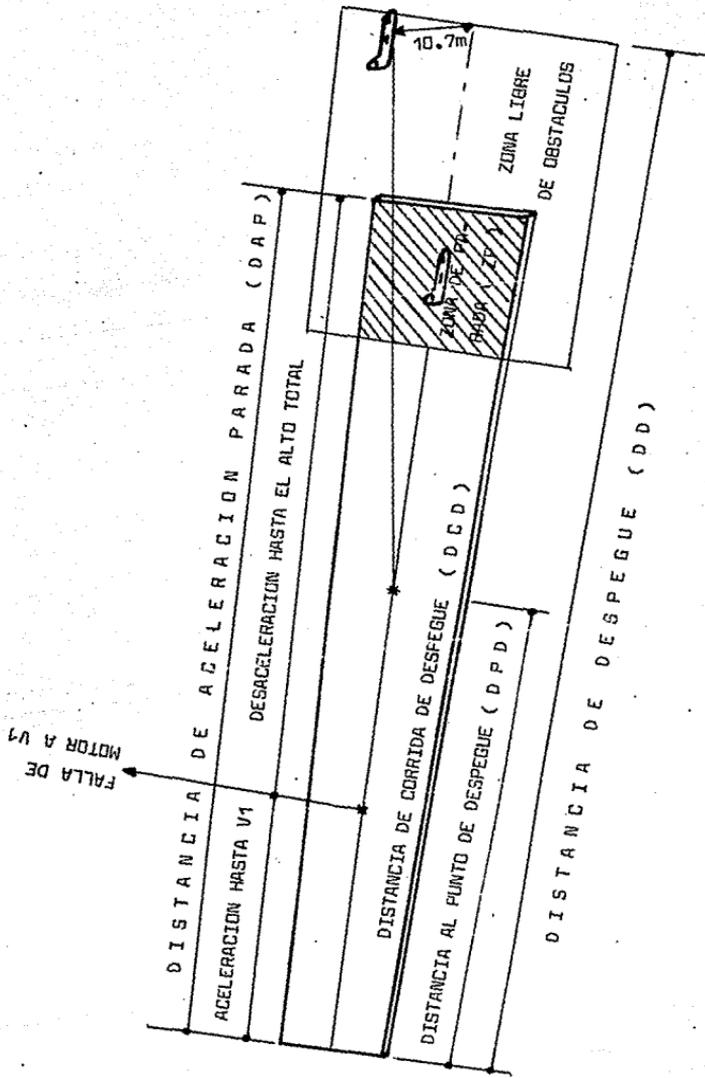


FIG. 3.1 (c) CASO DE FALLA DE MOTOR

La zona de parada debe ser capaz de soportar a el avión durante el despegue que ha sido abortado, sin que se produzca daño estructural al avión. Otra distancia importante es la distancia de corrida de despegue (DCD), esta distancia es la distancia de pista pavimentada excluyendo a la zona de parada.

Cuando en una pista desbalanceada se requiere una longitud de campo es decir la longitud que este integrada generalmente por tres componentes; la distancia de corrida de despegue (DCU), la zona de parada (ZP), y de la zona libre de obstáculos (ZLG), más adelante se mencionara el caso de piste balanceado.

Si las operaciones se efectuaran en ambos sentidos de la pista, como es el caso usual, las componentes de la longitud de campo deben existir en cada dirección.

La distancia de despegue y la distancia de aceleración parada dependerá de la velocidad que el avión haya alcanzado cuando se produce la falla del motor. La velocidad a la cual se presentará la falla del motor en el avión es conocida como velocidad crítica V_1 . Si un motor falla antes de esta velocidad, el piloto debe frenar hasta el alto total. Si el motor falla después de esta velocidad el piloto debe proseguir el despegue.

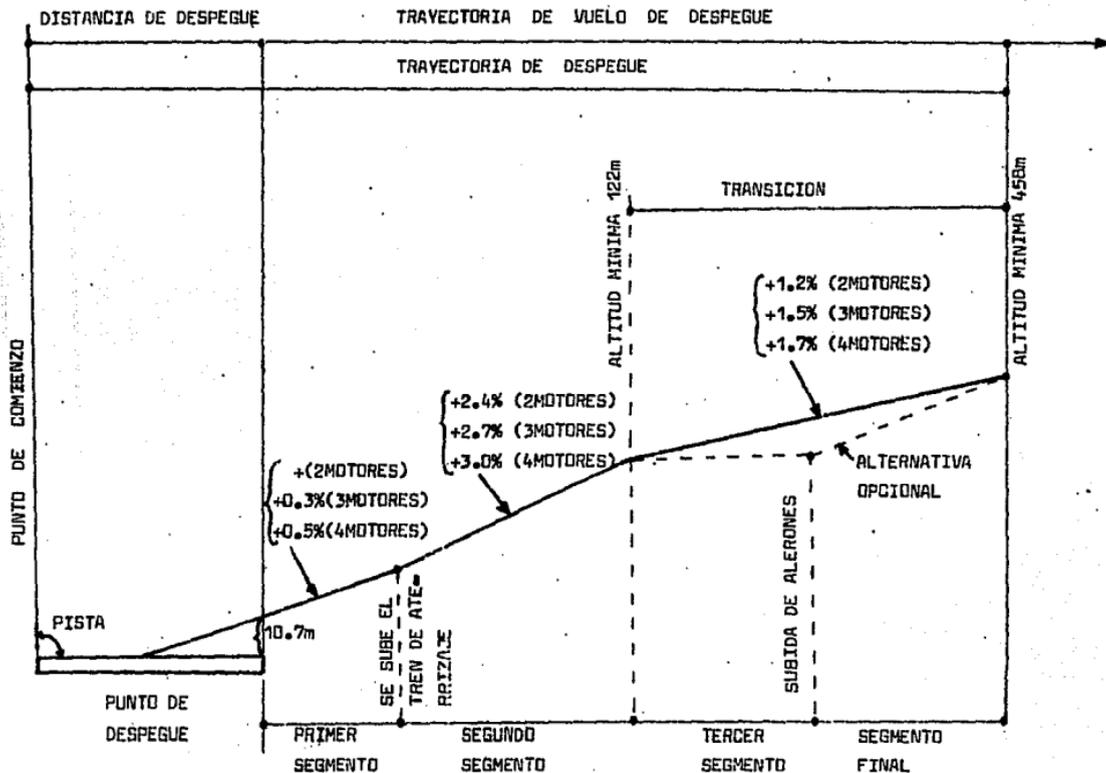
En el caso de que la falla se presente al alcanzar la velocidad V_1 queda a criterio del piloto decidir si prosigue o aborta el despegue.

El concepto de pista balanceada es determinado a partir de seleccionar una V_1 tal que la distancia de aceleración parada sea igual a la distancia de despegue. Esto quiere decir que la distancia desde el punto en que la velocidad V_1 es alcanzada hasta el alto total, es la misma desde el mismo punto hasta que el avión alcanza la altura especificada arriba de la pista.

Es importante el señalar que la trayectoria de vuelo debe estar libre de obstáculos, es decir que no existan obstrucciones en ella. Si ya existen los obstáculos el peso de despegue se verá reducido, para proporcionar el espacio libre necesario para que la trayectoria pase por encima de los obstáculos.

En la figura 3.2 vemos algunas de las restricciones de ascenso y espacio libre de obstáculos, aquí la trayectoria de vuelo de despegue la cual se extiende desde el punto donde el avión ha alcanzado una altura de 10.7m por encima de la superficie del pavimento con un motor inoperando hasta un punto donde se ha alcanzado una altura de 458m.

FIG. 3.2



La trayectoria de vuelo de despegue esta dividida en varios segmentos estos son definidos como primer segmento, segundo segmento, tercer segmento y segmento final, estos dos ultimos a veces son llamados segmentos de transición. Se podrá ver que para cada segmento existen diferentes pendientes mínimas de ascenso, dependiendo del número de motores en el avión. La pendiente más grande esta en el segundo segmento por lo que este segmento es normalmente el critico, para determinar el peso mínimo de ascenso. Este segundo segmento comienza donde el tren de aterrizaje ha sido subido y termina donde el avión alcanza una altura de 122m, por encima del final de la pista.

La aplicación de estas pendientes dependerá de la existencia de obstáculos.

3.2.- INMEDIACIONES DEL AEROPUERTO

Existen ciertas condiciones por las que el aeropuerto también se ve influenciado. Las más importantes de estas circunstancias son; temperatura, viento, pendiente de pista, altitud del aeropuerto y condiciones de la superficie de la pista.

3.2.1 Temperature

Las altas temperaturas producen densidades menores del aire, lo cual da como resultado menor rendimiento en el empuje y menor sustentación, por lo que cuanto mayor sea la temperatura, mayor longitud de pista sera requerida. Este incremento de longitud de pista no se comporta de manera lineal con respecto a la temperatura.

3.2.2 Viento

Mientras más fuerte sea el viento de frente más corta será la longitud de pista, y al contrario un viento grande de cola provocara un alargamiento de pista. El efecto del viento varia dependiendo en parte de la temperatura y del peso del avión.

3.2.3 Pendiente de la pista

Una pista con pendiente ascendente requiere de una mayor longitud que una pista al nivel o con una pendiente descendente. Cuando existe una pendiente uniforme la relación con el incremento o decremento en longitud de pista es aproximadamente lineal. Se usa por lo general de un 7% a un 10% por cada por ciento de pendiente uniforme. Esta pendiente uniforme es una línea recta que une los finales de las pistas. También es usada una pendiente efectiva la cual está definida como la diferencia de elevación entre el punto más alto y el punto más bajo en el perfil de la pista dividida por la longitud.

3.2.4 Altitud

Cuanto más alta sea la elevación del aeropuerto más longitud de pista será necesaria.

3.2.5 Condiciones de la superficie de la pista

Cuando existe sobre la pista agua estancada o nieve a medio derretir causa efectos indeseables en las operaciones de los aviones. La nieve a medio derretir provoca que el frenado sea extremadamente pobre. En el caso de que exista agua esta es desplazada por las -

-llantas lo que produce una reducción en la potencia del avión principalmente en el despegue, esta reducción de poder, puede dar una longitud en la que el avión no puede acelerar a la velocidad de despegue. Por lo que es importante que se cuente con un adecuado sistema de drenaje para remover el agua en la superficie de la pista al igual que la nieve.

Tanto el agua como la nieve a medio derretir dan un coeficiente de fricción pobre al frenado. Cuando las llantas pasan sobre la superficie del agua o nieve ocurre un fenómeno conocido como acuaplano. Cuando se presenta este fenómeno el coeficiente de fricción es demasiado bajo o nulo y se pierde la habilidad de conducción y de enfrenamiento. El acuaplano es función de la presión de inflado de las llantas y del dibujo de las mismas. Para reducir el riesgo de acuaplano y mejorar el coeficiente de fricción al frenado, los pavimentos de la pista deben tener un ranurado en sección transversal.

3.3.- EJEMPLOS

Existen dos métodos para determinar la longitud de pista . El primero es recomendado por la OACI y se conoce como método de correcciones. El segundo consiste en el uso de manuales de vuelo.

3.3.1 Método de correcciones

Este método consiste en realizar correcciones de la longitud de pista por altitud, temperatura y pendiente.

El método de correcciones funciona si la siguiente condición se cumple:

$$\text{Longitud final} \leq 1.35 \text{ Longitud básica}$$

La longitud básica (longitud de campo de referencia).- Es la longitud de pista que se requiere bajo las siguientes condiciones:

- a).- Peso máximo de despegue.
- b).- Altitud al nivel del mar.
- c).- Condiciones de atmósfera estandar .- Esto es una temperatura $t=15^{\circ}\text{C}$. A esta temperatura se le restará un 0.0065 de grado centígrado, por cada metro de elevación del aeropuerto.
- d).- Viento calma.

La primera corrección es la de altitud.- Se debe aumentar un 7% a la longitud de campo de referencia por cada 300 metros de elevación .

La segunda corrección es por temperatura.- Se debe aumentar a la longitud obtenida en la primera corrección 1% por cada 1 °C que la temperatura de referencia exceda a la temperatura atmosférica estándar.

La temperatura de referencia es aquella que se toma del promedio de las temperaturas más altas en el mes más caluroso. Se debe tener un estudio de 5 años como mínimo para obtener la temperatura de referencia.

La tercera corrección es por pendiente.- Esta corrección es necesaria si la longitud de campo de referencia requerida es de 900 m o más. Se debe aumentar un 10% por cada 1% de pista a la longitud obtenida en la segunda corrección.

También es necesario revisar la longitud de pista para aterrizaje. Se debe realizar la corrección por elevación a la longitud básica de aterrizaje y compararla con la longitud obtenida por las correcciones para despegue y tomar la que resulte mayor.

Para el uso de manuales de vuelo es necesario conocer el modelo del avión y el tipo de motores.

El método de manuales se ilustrará más adelante con un ejemplo.

EJEMPLO # 1.- Determinar por el método de correcciones la longitud de pista requerida con los siguientes datos:

- 1).- Longitud básica requerida para el aterrizaje
en condiciones estandar -----=2400m

- 2).- Longitud de campo de referencia para el
despegue en condiciones estandar ----- =2000m

- 3).- Elevación del aeropuerto ----- = 200m

- 4).- Temperatura de referencia de aeropuerto ----- =-26°C

- 5).- Pendiente de pista ----- = 0.5%

Solución :

Correcciones de longitud de pista para despegue:

- Primera corrección por elevación

$$\text{Longitud elevación} = \left[2000 \times 0.07 \times \frac{200}{300} \right] + 2000$$

$$L_e = 93.33 + 2000 = 2093.33 \text{ m}$$

- Segunda corrección por temperatura

$$\text{Temperatura atmósfera estándar} = 0.0065 \times 200 = 1.3 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\text{Temperatura atmósfera estándar} = 15 - 1.3 = 13.7 \text{ }^\circ\text{C}$$

Longitud temperatura =

$$L_t = \left[2093.33 \times (26 - 13.7) \times 0.01 \right] + 2093.33$$

$$L_t = 257.5 + 2093.33 = 2351 \text{ m}$$

- Tercera corrección por pendiente

$$L_p = \left[2351 \times 0.5 \times 0.10 \right] + 2351$$

$$L_p = 118 + 2351 = 2469 \text{ m}$$

- Corrección de longitud básica para el aterrizaje

$$\left[2400 \times 0.07 \times \frac{200}{300} \right] + 2400 = 2512 \text{ m}$$

Como 2512 m > 2469 m se toma la mayor

por lo que la longitud final = 2512 m

verificando la condición :

$$\frac{2512}{2000} < 1.35 \text{ por lo tanto este correcto}$$

Ejemplo # 2

Usando el método de manuales de vuelo y con los siguientes datos:

Modelo ----- Boeing 747

Elevación ----- 1525 m

Temperatura de

referencia----- 25°C

Pendiente de pista--- 1%

Viento calma

Calcular :

- a).- Pesos máximos de despegue autorizados
- b).- Longitud de pista a pesos máximos autorizados.

a) Pesos máximos autorizados

-Para la condición de aletas 10° y húmedo el peso máximo de despegue es :

usando la gráfica 3.1 obtenemos un peso de despegue de 285 ton

-Para la condición de aletas 10 seco el peso máximo de despegue es:

273 ton.

-Para la condición de aletas 20 húmedo el peso máximo de despegue es:

274 ton.

-Para la condición de aletas 20 seco el peso máximo de despegue es:

263 ton.

b) Longitud de pista a pesos máximos autorizados

El diseño es en condiciones de viento calma y pendiente ascendente.

-Para la condición de aletas 10 húmedo la longitud de pista es:

usando la gráfica 3.2 obtenemos una longitud de pista de: 3760 m

-Para la condición de 10° seco la longitud de pista es; 3660 m

-Para la condición de 20° húmedo la longitud de pista es: 3180 m

-Para la condición de 20° seco la longitud de pista es : 3050 m

Estos son las condiciones de longitud de pista a pesos máximos, los cuales deberá de revisar el piloto. Por ejemplo supongamos que el peso de despegue es de 270 ton, entonces no podrá despegar en la condición de 20° seco y ahora revisando la longitud de despegue necesaria para este peso:

- Para 10° húmedo la longitud es de : 3300 m

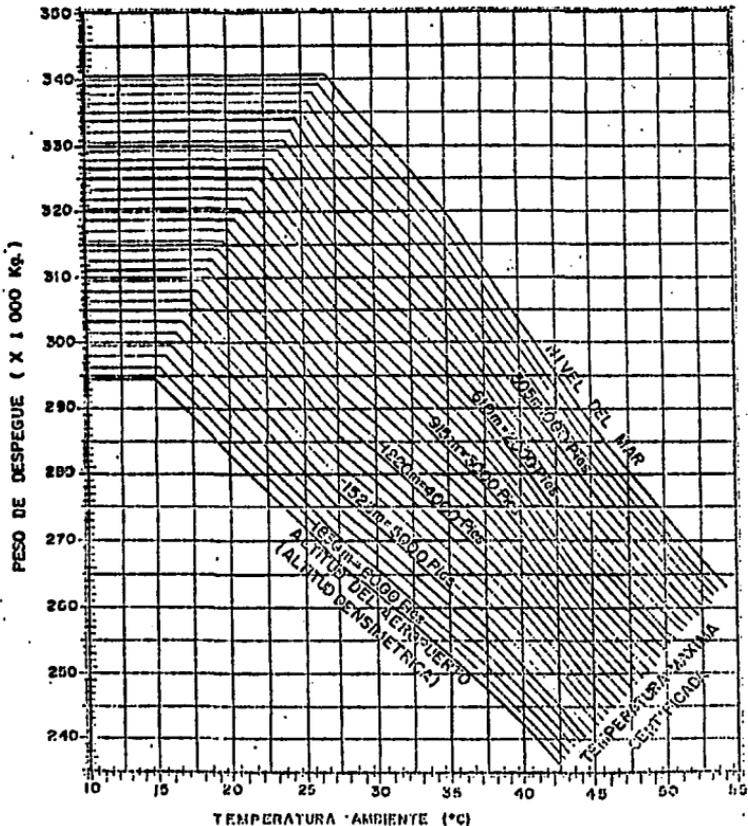
- Para 10° seco la longitud es de : 3520 m

- Para 20° húmedo la longitud es de : 2990 m

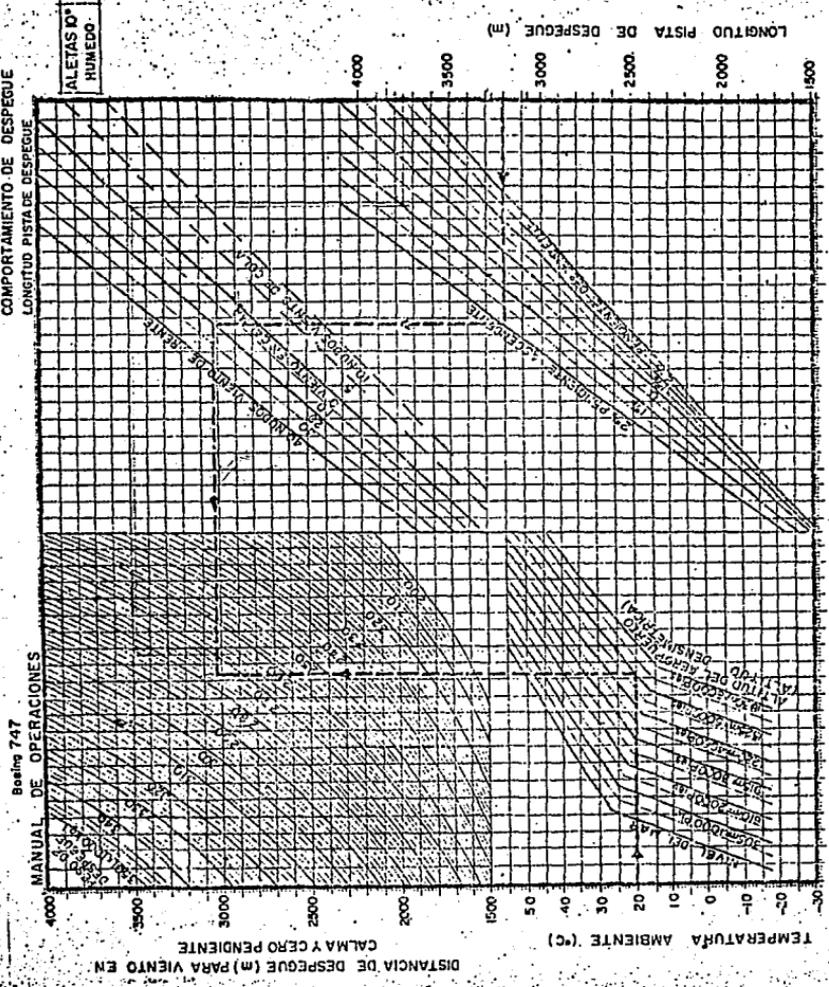
- Por lo tanto el piloto deberá revisar el peso de despegue, la longitud de pista con la que cuenta y revisar para las diferentes condiciones.

BOEING - 747
MANUAL DE OPERACIONES

COMPORTAMIENTO DE DESPEGUE
LIMITACION DE PESO POR ASCENSO
HUMEDO
ALETAS 10°



GRAFICA 3.1 PESO DE DESPEGUE



GRAFICA 3.2 LONGITU DE PISTA

TEMA IV

IV.- ANALISIS DEL NUMERO Y ORIENTACION DE PISTAS

Para determinar el lugar, la orientación y el número de pistas que necesita un aeropuerto, se requiere conocer de una serie de factores que nos ayudarán para obtener el mejor sitio de la pista, por ejemplo, aspectos climatológicos (principalmente viento, nubes, niebla, etc.), las inmediaciones del aeropuerto, su topografía etc.

También es importante conocer el tipo de aviones que operaran en el aeropuerto así como las características propias de los mismos. Antes de seleccionar el lugar adecuado se deberá tomar en cuenta al efecto del ruido en el medio ambiente.

Para obtener el número de pistas que se necesitan en un aeropuerto, es importante que este número sea el adecuado para cubrir las necesidades del tránsito aéreo en el aeropuerto, considerando el número de llegadas y salidas y su relación de llegadas y salidas en horas críticas, también es importante conocer el número de aviones, de que tipo son y conocer el tipo de operación del aeropuerto.

4.1 VIENTO

El viento es un factor determinante en la orientación de las pistas en un aeropuerto por lo que se requiere de un análisis de viento.

Es importante que la pista principal este orientada en la dirección del viento predominante. Es fundamental que un avión al despegar y al aterrizar, este sea capaz de maniobrar en la longitud de pista, siempre que la componente de viento cruzado (es decir la componente de viento en un ángulo recto a la dirección del viaje del avión) no sea excesivo. Hay varios factores que afectan el valor permisible de esta componente de viento cruzado como son; el tamaño del avión, el tipo de las alas, las condiciones de la superficie del pavimento etc. Pero se establecen ciertos límites permisibles de esta componente de viento cruzado.

Las pistas deben estar orientadas por lo menos 95% del tiempo con componente de viento cruzado que no exceda de 37 Km/h para aviones cuya longitud de pista sea de 1500m o más, de 24 Km/h para pistas entre 1200m y 1500m y 19 Km/h para pistas de longitud menor a 1200m.

Existe un método gráfico para conocer la orientación de pistas conocido como rosa de vientos. Para el uso de este método se requiere de registros meteorológicos. En estos registros las velocidades se encuentran generalmente divididas en incrementos de 22.5 grados. También estos registros nos proporcionan los porcentajes de tiempo en que ocurren ciertas combinaciones de techo y visibilidad, así como los porcentajes de tiempo en que ocurren vientos de cierta velocidad en las diferentes direcciones, estas direcciones se hacen en referencia al Norte verdadero.

Veamos el uso de este método a través de un ejemplo. Si consideramos que en la tabla 4.1 se cuenta con los datos necesarios de un estudio de vientos para todas las condiciones de velocidad, podemos proceder al trazado de la rosa de vientos.

Una vez que se cuenta con los datos se realiza el trazado de la rosa de vientos como se muestra en la figura 4.1. Se debe ir colocando en cada sector de la rosa de vientos el porcentaje que corresponde a cada una de las direcciones y velocidades, es decir vaciar los datos de la tabla 4.1 en la rosa de vientos ya previamente trazada.

	% VIENTO	% VIENTO	% VIENTO	TOTAL
DIRECCION DEL VIENTO	Km/h 7 - 24	Km/h 26 - 37	Km/h 39 - 76	
N	1.5	4.9	0.3	6.7
NNE	3.7	2.4	0.1	6.2
NE	4.8	2.6	0.2	7.6
ENE	5.0	0.3	-	5.3
E	2.4	0.4	-	2.8
ESE	2.3	0.1	-	2.4
SE	4.4	0.9	-	5.3
SSE	7.3	2.2	0.1	9.6
S	6.4	7.7	0.3	14.4
SSW	3.1	3.2	0.2	6.5
SW	1.6	1.1	-	2.7
WSW	2.6	0.4	-	3.0
W	4.8	0.3	-	5.1
WNW	5.8	0.1	-	5.9
NW	1.9	0.8	-	2.7
NNW	7.8	1.3	0.1	9.2
VIENTO CALMA 0 - 6 Km/h				4.6
				100

TABLA 4.1 DATOS DE PORCENTAJES DE VIENTO

El siguiente paso es traer en una tira de material transparente tres líneas paralelas y que estén con la misma separación una de la otra, en este método la línea central nos representa el eje de la pista y la distancia que se encuentra entre las dos líneas exteriores nos representa, el doble de la componente de viento cruzado permisible (en nuestro ejemplo el doble de la componente de viento cruzado es igual a 48 Km/h).

Una vez que ya se tienen trazadas las tres líneas en la tira de material transparente se debe colocar esta tira encima de la rosa de vientos, de tal forma que la línea central pase por el centro de la rosa de vientos, se usa este centro como punto de rotación, entonces se hace girar la tira transparente y en cada posición se realiza la suma de los porcentajes que se encuentran entre las líneas exteriores de la tira transparente, así sucesivamente hasta que se encuentra que la suma en cierta posición nos da un valor máximo (véase tabla 4.2).

Cuando alguna de las líneas exteriores de la tira transparente divide un segmento de dirección de viento, la parte que ha sido dividida se calcula visualmente tomando el 0.1 por ciento más próximo.

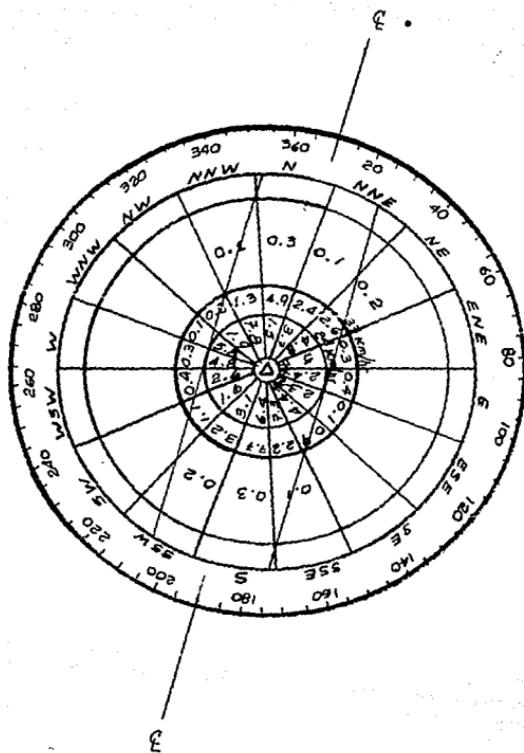


FIG. 4.2 ROSA DE VIENTOS

55

ORIENTACION Km/h	01 ₇₉	02 ₂₀	03 ₂₁	04 ₂₂	05 ₂₃	06 ₂₄	07 ₂₅	08 ₂₆	09 ₂₇	10 ₂₈	11 ₂₉	12 ₃₀	13 ₃₁	14 ₃₂	15 ₃₃	16 ₃₄	17 ₃₅	18 ₃₆
0 - 6	4.6	4.6	4.6	4.6	4.6	4.6	4.6	4.6	4.6	4.6	4.6	4.6	4.6	4.6	4.6	4.6	4.6	4.6
7 - 24	65.4	65.4	65.4	65.4	65.4	65.4	65.4	65.4	65.4	65.4	65.4	65.4	65.4	65.4	65.4	65.4	65.4	65.4
24 - 37	26.9	26.5	25.2	23.9	19.45	15.37	12.1	9.37	8.15	6.7	8.58	9.12	15.97	18.49	22.06	23.84	25.22	26.67
+ 37	1.2	1.2	0.8	0.7	0.4	0.4	0.4	0.1	0.1	0	0.2	0.2	0.3	0.4	0.5	0.7	1	1.2
Σ	98.1	97.7	96	94.6	89.85	85.77	82.5	79.4	78.22	76.7	78.78	79.32	86.3	88.9	92.56	94.5	96.22	97.8

TABLA 4.2 DATOS DE VIENTO

El último paso una vez que se ha encontrado el valor máximo es leer en la escala exterior de la rosa de vientos la orientación de la pista, esto es ver en que puntos la línea central de la franja transparente cruza la escala exterior (esta escala exterior se encuentre marcada en el último círculo de la rosa de vientos). Se observará que en nuestro ejemplo, que una pista con una orientación de 190 grados a 10 grados (N 10° E verdadero) podrá ser usada el 95% del tiempo con una componente de viento cruzado no mayor de 24 Km/h .

Este método gráfico de rosa de vientos puede ser usado para cualquier otra velocidad límite de componente de viento cruzado.

También se deben examinar los datos para condiciones de escasa visibilidad.

Cabe señalar que existen otras condiciones que afectan la orientación y el número de pistas, como son los espacios aéreos, la presencia de obstáculos, etc.

El conocer la orientación del viento predominante a través del método de rosa de vientos permitirá que la pista este lo mejor localizada, siempre que esto sea posible.

TEMA V

V.- DETERMINACION DE LA DEMANDA

Cuando se piensa en un nuevo aeropuerto o en la ampliación de uno ya existente, la determinación de la demanda pasa a ser un punto de vital importancia, ya que dependiendo de los niveles de esta, se determinará la capacidad necesaria de los sistemas del aeropuerto en las diferentes etapas de planeación y desarrollo.

La estimación de la demanda esperada se logra a través del uso de pronósticos, pero hay que reconocer el hecho de que los pronósticos no son exactos, estos tienen diferencias que pueden ser mayores o menores a la demanda real. Pero dan un buen conocimiento de los niveles de actividad que se presentarán en el futuro.

El funcionamiento de un aeropuerto dependerá en gran medida de que tan bien se determine la demanda, para cada uno de los sistemas del aeropuerto, para que se tenga un buen manejo en forma eficiente y segura de aviones, pasajeros, carga, etc.

Si no se tuviere un conocimiento de la variación de la demanda en el futuro, y de las cargas a las que estará sometida cada componente del aeropuerto, sería imposible estimar las necesidades físicas y operacionales de cada una de las componentes del aeropuerto. Por ejemplo si no se tuvieran pronósticos, que proyectarán la mezcla de aviones y tipo de actividad en un aeropuerto, que se necesitan para identificar el avión crítico, el cual dicta los elementos de geometría y diseño estructural (de componentes del aeropuerto como; pistas, calles de rodaje, plataforma, etc.). Así como la extensión, necesidades físicas, y que tipo de ayudas a la navegación son necesarias, no se podrían diseñar y planear adecuadamente este tipo de componentes sin la ayuda de los pronósticos.

Los pronósticos son útiles también para tener una idea de los ingresos del aeropuerto por rentas, concesiones, servicios, etc., que ayudarán al programa de financiamiento del aeropuerto en sus diferentes etapas.

Los pronósticos se realizan para plazos cortos de 3 a 5 años , medianos de 7 a 10 años y largos de 15 a 25 años, pero mientras más grande sea el tiempo que abarque el pronóstico el nivel de error se esperará igualmente mayor. Así también se realizan estimaciones por condiciones diarias y horarias.

La demanda que determina las instalaciones requeridas en el aeropuerto, es la demanda que se presenta en la hora crítica, la cual se toma como la 30a o 40a hora de mayor tráfico.

Se podría pensar que un aeropuerto está diseñado para un cierto proyecto y un patron de demanda, pero muchas veces se presentan alteraciones en la magnitud o configuración de ella, lo que da como consecuencia la implementación de modificaciones fáciles que permiten un ajuste para las nuevas necesidades del aeropuerto.

La realización de pronósticos así como su desarrollo es considerablemente caro debido al gran gasto que se requiere de tiempo y de recursos monetarios, ya que se requiere de la recopilación de una extensa cantidad de datos, y a los complejos métodos que son utilizados.

Para estimar futuros volúmenes de aviones, pasajeros, carga, correo, y tráfico, se necesita de la recopilación de datos e información de:

- 1.- La zona a la cual servirá el aeropuerto.
- 2.- Orígenes y destinos de los viajes de residentes y no residentes de la zona servida.
- 3.- Aspectos demográficos y características de crecimiento de la población.
- 4.- El carácter económico de la zona servida, indicado por factores como; ingreso por persona, negocios, industria, actividades financieras, registros de hoteles, etc.
- 5.- Tendencias en la transportación existente para pasajeros, carga, correo, tráfico nacional y de carácter industrial.
- 6.- Distancia, población y carácter industrial de áreas cercanas que cuenten con servicio aéreo.

7.- Factores geográficos que influyen en las necesidades de transportación.

8.- La existencia y grado de competencia entre aerolíneas y entre los varios medios de transportación.

9.- El número de visitantes acompañantes y no acompañantes a el aeropuerto.

10.- Servicios que requerirá el aeropuerto, como combustible, agua, electricidad, etc.

Este tipo de datos son usados como base para elaborar los pronósticos, también proporcionan un fundamento para el planeador de aeropuertos en el cual basarse para el inicio del desarrollo de planes para las necesidades futuras del aeropuerto.

Otros métodos para la elaboración de pronósticos, utilizan principalmente datos como los siguientes:

1.- Los volúmenes horario y características punta (o críticas) de pasajeros, aviones, carga, correo, vehículos, etc.

2.- El número y tipo de aviones para servir en horas punta.

3.- El número de aviones de aviación general y el número de operaciones.

4.- Las características de funcionamiento y operación de los sistemas de acceso por tierra.

A continuación se mencionan algunas técnicas para pronósticos que se usan en la determinación de la demanda:

1.- Pronósticos por juicio.- En esta técnica se reúne a un grupo de expertos y conocedores de aviación y se analizan los factores que influyen en las tendencias de aviación, también se examinan pronósticos de diferentes fuentes, entonces en concordancia con la información de esas fuentes y el juicio colectivo del grupo son preparados los pronósticos.

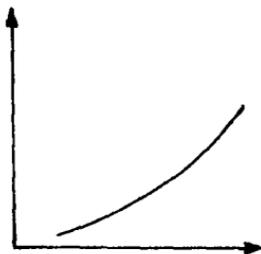
2.- Tendencia de proyección y extrapolación.- Esta técnica se basa en el examen de patrones históricos de actividad y asume que los factores que determinaron esa variación de tráfico, se seguirán presentando con características similares en el futuro. Dentro de esta técnica existen tipos como los que se mencionan a continuación;

a).- Extrapolación lineal.- Esta técnica se usa cuando se presenta un patron de demanda el cual demuestra una relación histórica lineal con un tiempo variable. Un ejemplo de esta se muestra en la siguiente figura:



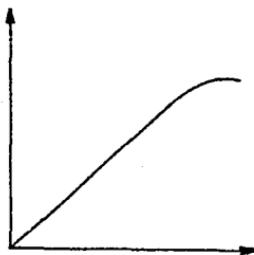
$$Y = a + bx$$

b).- Extrapolación exponencial.- Cuando se presenta una situación en la cual la variable dependiente presenta un crecimiento el cual es constante con el tiempo, esta técnica es usada. Un ejemplo se muestra en la siguiente figura:



$$Y = ab^{cx}$$

c).- Curva de extrapolación logística.- El uso de esta técnica se puede utilizar para analizar tendencias, cuando se presentan situaciones donde el promedio de la razón de crecimiento comienza a disminuir gradualmente con el tiempo. Un ejemplo se muestra en la siguiente figura:



$$1/Y = a + bc^x$$

En cuanto a proyecciones de tendencias estas son utiles para períodos cortos.

3.- Métodos de análisis de mercado.- Estas técnicas de pronósticos son utilizadas para proporcionar una gran escala en un nivel local. Tambien son particularmente utiles en aplicaciones en las cuales puede ser demostrado que la participación de mercado es un parametro regular, estable o predecible. Por ejemplo el número de pasajeros puestos en vuelo anualmente en los centros de mayor tráfico aéreo -

- ha mostrado ser una constante y relativamente un factor estable por lo que este método es a menudo usado para estimar este parámetro.

4.- Métodos econométricos.- Esta técnica es la mas elaborada y compleja que se encuentra en aviación y para pronósticos de demanda de aeropuertos. Estos métodos usan modelos los cuales relacionan medidas de actividad en aviación para factores económicos y sociales.

5.- Modelos estadísticos.- Esta técnica consiste en la computación de datos y encontrar las interrelaciones que existen entre variables dependientes e independientes y encontrar una ecuación del modelo que permita la ayuda a proyecciones futuras.

Estos son algunas técnicas que se utilizan en la determinación de la demanda.

Los pronósticos ayudan de manera fundamental a la elaboración de planes para aeropuertos, como son el plan sistema de aviación y el plan maestro.

Plan sistema de aviación .- Este plan tiene como propósito el identificar los requerimientos para el desarrollo de aviación, para que sean cubiertas las necesidades actuales y futuras de una determinada región, estado o área metropolitana. El plan sistema de aviación requiere de diversos pronósticos para su elaboración, por ejemplo la primera necesidad de los pronósticos es una proyección de el nivel de actividad de aviación durante el período de planeación. Así el plan sistema necesite de la determinación de la demanda para diferentes componentes como; el total de operaciones de aviones, transportación aérea, operaciones generales de aviación, carga, correo, pasajeros puestos en vuelo, etc. Una vez conocidas las estimaciones de estas demandas el plan sistema de aviación es hecho con un conocimiento aceptable de la demanda actual y futura en el aeropuerto.

Plan maestro de aeropuertos.- El propósito de este plan es el de proporcionar los detalles específicos, para el desarrollo futuro de un aeropuerto individual y que este satisfaga las necesidades de los diversos objetivos de la comunidad . Este plan esta apoyado en los pronósticos.

El plan maestro requiere de pronósticos mas detallados, que sean hechos por magnitud, naturaleza y variación de demanda mensualmente diariamente y horariamente, así como contar con pronósticos anuales de tráfico aéreo durante el periodo de planeación. Estos pronósticos se hacen para cada tipo de usuario mayor en el aeropuerto como; carga aérea, carga de aviación general, carga, aviones, pasajeros originarios y puestos en avión, correo, acceso por tierra, mezcla y tipo de aviones, demanda de estacionamiento, etc. Todos estos pronósticos ayudaran a la elaboración y desarrollo del plan maestro.

Como hemos visto la determinación de la demanda se logra a través del uso de técnicas de pronósticos. Y esta determinación ayuda a la elaboración de planes y planificación, así como al diseño de las instalaciones necesarias en el aeropuerto.

TEMA VI

VI.- INTEGRACION CON LAS CALLES DE RODAJE

Ya anteriormente en el tema de descripción de los sistemas del aeropuerto se menciono el concepto de calle de rodaje, pero en este tema hablaremos de que forme se integran con las pistas y otros componentes del aeropuerto.

Las calles de rodaje deben proporcionar acceso entre las pistas, a la terminal aérea y a los hangares. Las calles de rodaje deben estar diseñadas de tal forma que no exista interferencia entre aterrizajes y despegues de aviones. Se deberá buscar al diseñar calles de rodaje las distancias más cortas a los puntos a lo que deberán de servir para reducir los tiempos de ocupación de pista, así como los tiempos de rodaje.

El número y tipo de calles de rodaje necesario en un aeropuerto dependerá del número de operaciones que tenga el aeropuerto, por ejemplo en un aeropuerto concurrido, se deberá proporcionar varias-

- calles de rodaje a lo largo de la pista en diferentes puntos, esto es con la finalidad de que la pista sea desalojada lo más rápidamente posible y que sea usada por otro avión. A las calles de rodaje que permiten el desalojo de los aviones de la pista se les llama de salida.

Las calles de rodaje deben estar localizadas siempre que sea posible, de modo que no crucen con otras pistas u otras calles que sean muy transitadas.

La capacidad de una pista depende en gran medida del sistema de calles de rodaje, ya que mientras más rápido un avión desaloje la pista se podrán realizar más operaciones.

Por ejemplo en aeropuertos de poca demanda se pueden usar calles de rodaje de salida con ángulos de 90 grados, pero estas calles de rodaje provocan que los aviones tengan que desacelerar hasta velocidades muy bajas para salir de la pista, lo que aumenta el tiempo de ocupación de la pista. Pero en aeropuertos donde se presenta -

-una gran demanda será necesario el uso de calles de rodaje que permitan salir de la pista a altas velocidades, lo que reduce el tiempo de ocupación.

Es importante señalar que los criterios geométricos para calles de rodaje no son tan estrictos como para el diseño de pistas, salvo en las intersecciones. Esto se debe a que las velocidades de los aviones sobre las calles de rodaje son considerablemente menores que las que se permiten en pistas. Por ejemplo al ser menores las velocidades la anchura de las calles de rodaje suelen ser menores que las de las pistas.

En aeropuertos de gran demanda se utilizan calles de rodaje de salida de alta velocidad, estas calles de rodaje están diseñadas con ángulos del orden de 30 grados con lo que permite que los aviones puedan salir de las pistas a gran velocidad, y así permitir una mayor capacidad en el manejo de operaciones.

Por ejemplo una calle de rodaje de salida de alta velocidad a 30 grados está mostrada en la figura 6.1.

En la figura 6.2 se muestra una calle de rodaje de salida de alta velocidad con un ángulo de 45 grados.

Las velocidades de salida varían más o menos de 15 Km/h a unos 95 Km/h . Estas velocidades de salida dependen del ángulo de salida que tengan las calles de salida.

Algunas intersecciones de calles de rodaje son mostradas en la figura 6.3.

La localización de las calles de rodaje depende en gran medida de la mezcla de aviones que utilizan el aeropuerto, la aproximación a la pista y velocidad del avión cuando este toca la pista, el punto de toque, la velocidad de salida, el promedio de desaceleración, y también el número de salidas. Otro factor que es muy importante que influye en la localización de las calles de rodaje es que tan rápido y en que forme el control de tránsito aéreo puede manejar las llegadas y las salidas de los aviones. La relación entre la ubicación de las pistas y el edificio de pasajeros influye fuertemente en la localización de las calles de rodaje de salida.

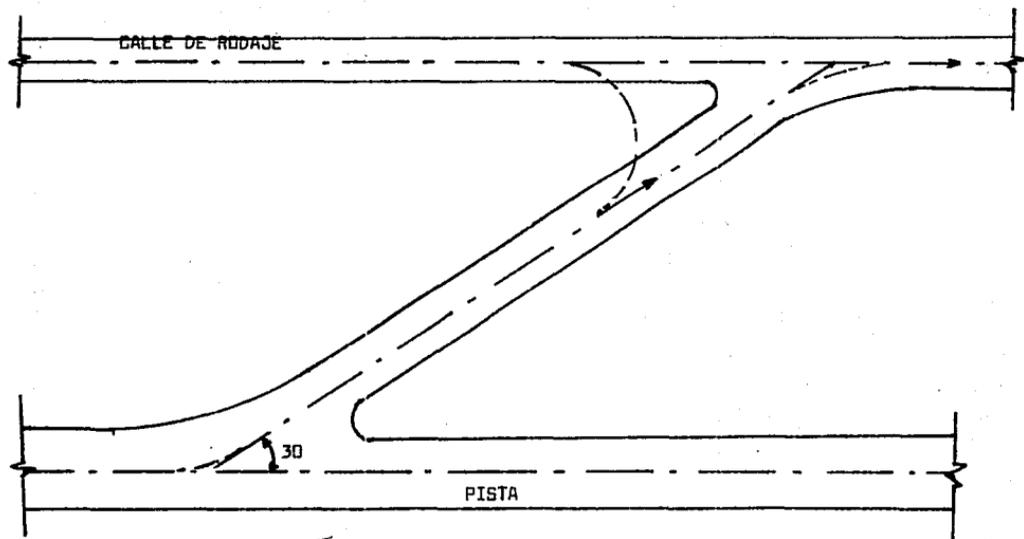


FIG. 6.1 CALLE DE RODAJE DE SALIDA A 30

(Ref. 1, pág 306)

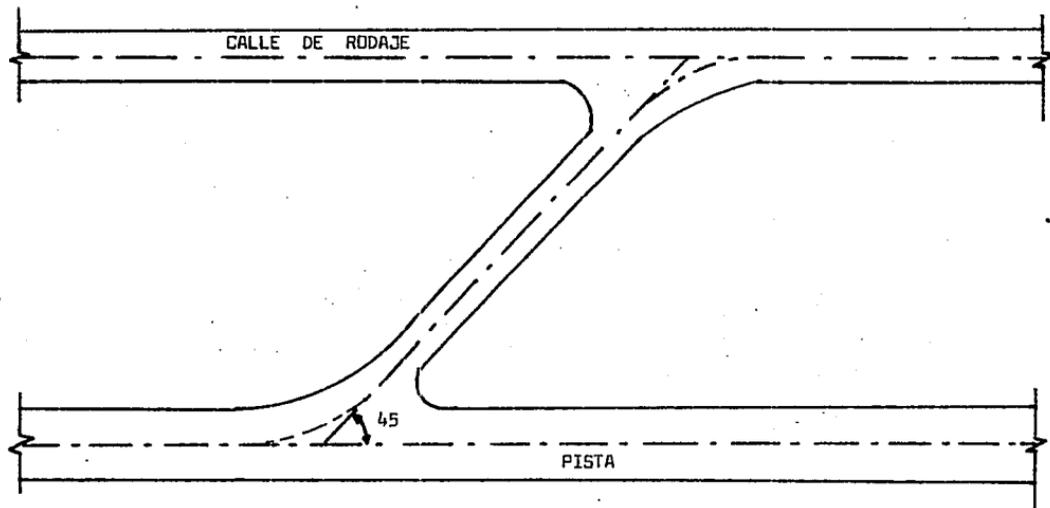


FIG. 6.2 CALLE DE RODAJE DE SALIDA A 45

(Ref.1, pág. 307)

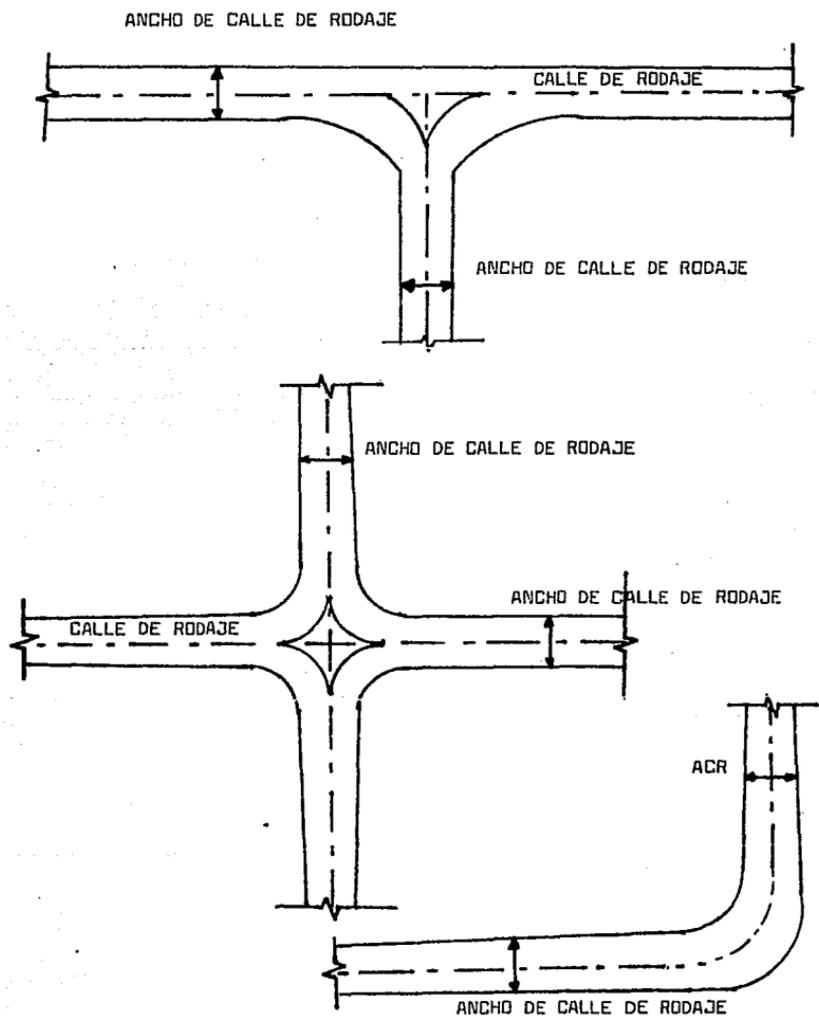


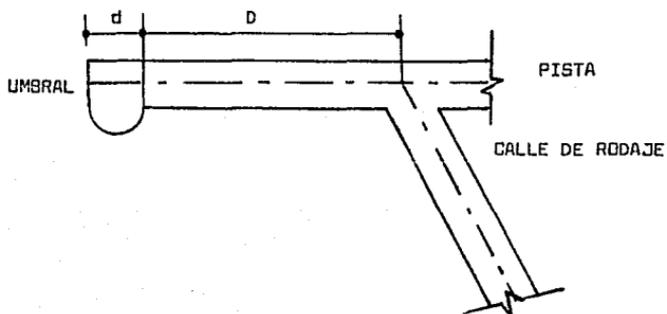
FIG. 6.3 INTERSECCION CON CALLES DE RODAJE

(Ref.1, pág. 308)

Es importante conocer el proceso de aterrizaje para conocer mejor la velocidad de salida del avión. Este proceso se describe de la siguiente manera; tomando como inicio el momento en que el avión cruza el umbral de la pista y desacelera en el aire hasta el momento en que el tren de aterrizaje principal toca la superficie del pavimento en este punto el tren de nariz no ha hecho contacto todavía con el pavimento. Para llegar a este punto, pasa más o menos 3 segundos después de que el tren de aterrizaje principal tocó el pavimento. Hasta que la llanta de nariz no ha tocado la superficie del pavimento, el avión no tiene forma de frenado. Una vez que el tren de aterrizaje principal y el tren de nariz están en contacto con el pavimento, el avión comienza el frenado y desaceleración hasta llegar a la velocidad de salida.

Para estimar aproximadamente a que distancia se debe localizar una calle de rodaje de salida a partir del umbral, se puede determinar de la siguiente manera; las distancias del umbral al punto de toque se toman como valores fijos para ciertas clases de aviones, por decir 300 m para aviones medianos y 450 m para aviones grandes. A esta distancia hasta el punto de toque se le suma la distancia -

- que el avión necesita para desacelerar hasta la velocidad de salida (véase la siguiente figura) :



donde

d = distancia del umbral al punto de toque

D_{dD} = distancia de desaceleración a la velocidad de salida.

Entonces la distancia del umbral hasta alcanzar la velocidad de salida es:

$$D_{dD} = d + D$$

La distancia D se calcula con la siguiente expresión :

$$D = \frac{V_T^2 - V_S^2}{2a}$$

donde D = distancia desde el toque hasta la velocidad de salida.

V_T = velocidad de toque

V_S = velocidad de salida

a = promedio de desaceleración

Un ejemplo de el cálculo de la distancia del umbral a la velocidad de salida se muestra a continuación; supongamos que tenemos una distancia del umbral al punto de toque de 450m = d y un promedio de desaceleración de 1.6 m/s², y los valores de las velocidades son de 260 Km/h para la velocidad de toque y de 95 Km/h para velocidad de salida, por lo que la distancia del umbral a la velocidad de salida es:

$$D = d + D$$

$$d = 450m$$

$$D = \frac{V_T^2 - V_S^2}{2(a)} \quad \text{sustituyendo}$$

$$V = 260 \text{ Km/h} = 72.2 \text{ m/s}$$

$$V = 95 \text{ Km/h} = 26.4 \text{ m/s}$$

$$D = \frac{(72.2)^2 - (26.4)^2}{2(1.6)} = \frac{5213 - 697}{3.2} = 1411\text{m}$$

$$D = 1411\text{m.}$$

Por lo que la distancia D es igual a :

$$D = 450\text{m} + 1411\text{m} = 1861\text{m.}$$

La temperatura y la altitud pueden llegar a afectar la localización de las calles de rodaje. También es importante el conocer las condiciones donde se encontrará el aeropuerto, así como las condiciones climatológicas, para conocer con que frecuencia se presentará la condición de pavimento mojado, y condiciones de viento fuerte.

En el diseño de calles de rodaje se debe proporcionar un margen de seguridad en las áreas donde se realizaran operaciones, en estas-

ESTA TESIS NO DEBE SALIR DE LA BIBLIOTECA

- Áreas los caminos por donde se transita deben tener el suficiente espaciado, es decir entre calles de rodaje y pistas, calles de rodaje y otras calles de rodaje, calles de rodaje con objetos adyacentes fijos y móviles, etc.

Existen calles de rodaje de vía de circulación a terminal que se encuentran localizadas sobre una área de acceso a estacionamiento o posiciones de entrada. Una calle de rodaje de áreas de estacionamiento es una calle de rodaje localizada por lo general en la periferia de una área de estacionamiento.

Otras componentes son necesarias para integrar las calles de rodaje con pistas, y de otras calles de rodaje y plataforma, como son áreas de espera y superficies de enlace. Las superficies de enlace se utilizan en uniones e intersecciones de calles de rodaje y pistas, las superficies de enlace ensanchan la calle de rodaje para que el tren de aterrizaje del avión tenga un margen adecuado que le permita maniobrar adecuadamente y proporcione un margen de seguridad. Las áreas de espera se localizan en los finales de las pistas, estas son usadas como áreas de almacenaje para los aviones antes de despegar, las áreas de espera son diseñadas para que un determinado avión pueda desviarse para pasar a otro que se encuentre adelante cuando esto sea necesario. Existen muchas configuraciones de áreas de espera como rectangular, trapecial, etc .

TEMA VII

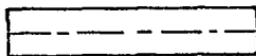
VII.- EFECTOS EN OTRAS INSTALACIONES

Debido a que la orientación de pistas debe hacerse en dirección del viento predominante, la localización de pistas afecta a otras instalaciones en el aeropuerto. También se mencionaran otras instalaciones que son necesarias en pistas.

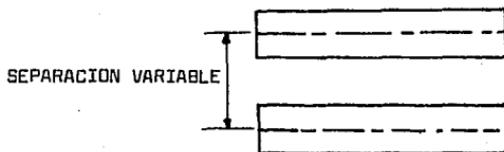
7.1 CONFIGURACION DE PISTAS

En los aeropuertos existen una gran variedad de configuraciones de pistas , que dependen del número de pistas y de las necesidades de cada aeropuerto. Muchas configuraciones se derivan de combinaciones de configuraciones de pistas llamadas básicas. Estas configuraciones básicas son las siguientes:

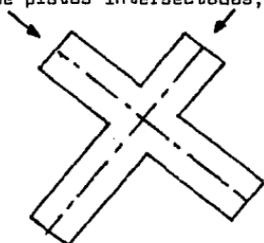
a).- Configuración de pista sencilla;



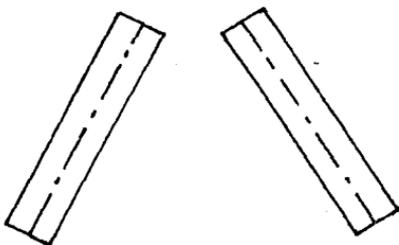
b).- Configuración de pistas paralelas;



c).- Configuración de pistas intersectadas;



d).- Configuración de pistas convergentes o divergentes;



Dependiendo de la configuración de pistas adoptadas por cada aeropuerto, se varan efectadas instalaciones como; edificio terminal, torre de control, calles de rodaje, plataformas, hangares, áreas de estacionamiento, áreas de almacenamiento de combustible, y áreas como bomberos y servicios, etc.

Por ejemplo se deberá buscar una relación entre la terminal aérea y las pistas en un aeropuerto, a través de proporcionar las distancias más cortas de rodaje en las calles de rodaje de la terminal aérea, a los finales de la terminal aérea, a los finales de la pista -

- para los despegues y para acortar las distancias de rodaje para los aviones que aterrizan.

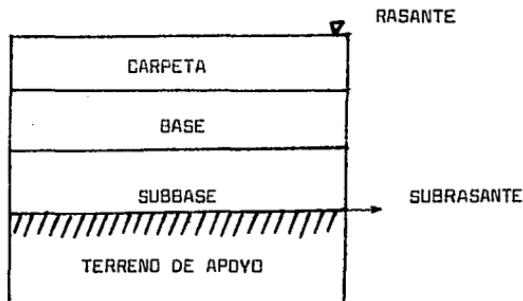
7.2 INSTALACIONES EN PISTAS

7.2.1 Pavimentos

La estructura de un pavimento consiste de varias capas de materiales procesados. Integrándose como una mezcla de materiales. Cuando es un pavimento flexible se utilizó concreto asfáltico y materiales granulados. Un pavimento rígido consta de una losa de concreto hidráulico y subbase.

El pavimento debe proporcionar una superficie de textura regular y segura en todo clima y el espesor de cada uno de los estratos debe ser adecuado para que las cargas aplicadas no provoquen un mal funcionamiento de algunos estratos del pavimento.

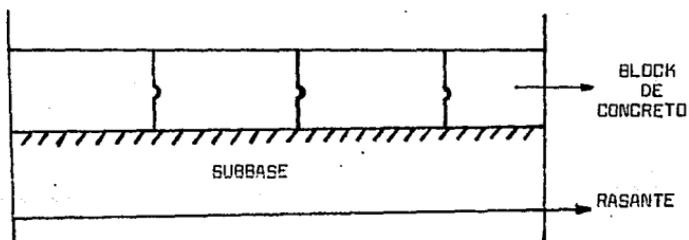
En la siguiente figura se muestra la sección de un pavimento flexible:



La figura anterior muestra la estructura de un pavimento flexible, como se puede observar consta de varios estratos clasificados como; carpeta, base, subbase, los cuales descansan sobre un terreno de apoyo. La carpeta consiste de una mezcla hecha de asfalto y agregados. La carpeta debe proporcionar operaciones seguras y resistir las cargas aplicadas y la influencia del medio ambiente por un período de tiempo determinado de operación, el cual puede ser expresado en términos del número de repeticiones de carga o algún período de tiempo, también la carpeta debe distribuir las cargas aplicadas a los demás-

- estretos. La base puede consistir de materiales tratados con cemento hidráulico o asfalto, o de materiales granulares no tratados. Al igual que la carpeta, la base debe resistir las cargas aplicadas. La subbase puede estar compuesta de materiales tratados o no tratados. Existen pavimentos flexibles que pueden constar de varias capas subbase.

Un pavimento rígido consiste de una losa de concreto hidráulico. La cual esta situada sobre una subbase. Ver la siguiente figura:



7.2.2 Ayudas visuales

Se debe proporcionar a los pilotos de aviones ayudas visuales que les permiten tener información visual durante el aterrizaje así como para el despegue y guía para el rodamiento. Esto se logra proporcionando las siguientes ayudas en los casos de baja visibilidad, noche y día:

- 1.- Iluminación de aproximación.
- 2.- Iluminación del umbral de la pista y borde de pista.
- 3.- La línea central de pista y luces de área de toque.
- 4.- Borde de calles de rodaje e iluminación de la línea central.
- 5.- Guía de calle de rodaje y sistemas de señales.

La iluminación es requerida principalmente en condiciones de baja visibilidad, y durante la noche. Desde el aire el piloto ve la pista como una larga y estrecha tira de lados rectos y libre de obstáculos y conforme se aproximan las marcas en tierra son usadas por el piloto como ayudas visuales para orientación cuando se están aproximando al aeropuerto para aterrizar.

Después de que el piloto ha cruzado el umbral debe continuar hasta llegar al toque y rodar sobre la pista. En esta etapa las ayudas visuales de pista se deben diseñar para dar al piloto información sobre alineación, trayectoria lateral, rodaje y distancias.

Los pavimentos de las pistas son marcadas con líneas y números para ayudar a guiar al piloto, estas son usadas en el día y al atardecer y de noche es usado el sistema de luces. Para el marcado se usa el color blanco para pistas y amarillo para calles de rodaje. El final de cada pista es marcado con un número el cual indica el azimut magnético. El número marcado se toma a los 10 grados más cercanos y omitiendo el último dígito. Por ejemplo supongamos que tenemos una pista de rumbo N 63° E en el extremo de la pista se marcará con el número 06.

7.2.3 Drenaje

En las pistas debe existir un buen sistema de drenaje que desdoble el agua de la superficie y debajo de esta, para proporcionar seguridad a los aviones y una mayor duración del pavimento. Un adecuado sistema de drenaje evitará la formación de charcos en la superficie, lo que resulta peligroso para los aviones que despegan o aterrizan.

El sistema de drenaje debe proporcionar las siguientes funciones:

- 1.- La intercepción y desalojo del flujo de agua de la superficie propia y la originada en terrenos adyacentes al aeropuerto.
- 2.- Desalojar el flujo de agua de la superficie y subsuperficie del aeropuerto.

Estas instalaciones son indispensables para el buen manejo y operación de pistas, por lo que se debe tener muy en cuenta su adecuada planeación y diseño.

TEMA VIII

VIII.- EFECTOS EN LA CAPACIDAD

Un aeropuerto esta integrado por un conjunto de componentes individuales las cuales forman todo el sistema interrelacionandose. Estos componentes individuales para el caso de aeropuertos son; pistas, calles de rodaje, edificio terminal, etc. Por lo tanto para determinar la capacidad de un aeropuerto es necesario evaluar a cada una de las componentes que integran el aeropuerto. En el sistema de aeropuertos donde las componentes son usadas en forma secuencial (por ejemplo de un aterrizaje de avión; el avión usa primero la pista, después la calle de rodaje de salida y las áreas de estacionamiento), la capacidad del sistema total se ve afectada por la capacidad de la componente menos eficiente.

Un sistema de transportación aérea debe procesar eficientemente los movimientos de aviones, pasajeros y carga. En muchas ocasiones la ventaja de rapidez que proporciona un sistema de transportación aérea, a través de la velocidad de los aviones se ve deteriorada debido a la falta de estacionamiento, dificultad en los accesos por tierra al aeropuerto, sistema de terminal, retraso de vuelos. Esto-

- se debe generalmente a que muchas de las componentes del aeropuerto están siendo afectadas al ser forzadas a trabajar más allá de su capacidad de diseño, lo que provoca un deterioro en el servicio aéreo.

Cuando comienzan a presentarse deficiencias en el servicio, se debe realizar un estudio para comparar la capacidad de cada una de las componentes con el nivel de demanda actual y con los pronósticos de demanda, con el fin de averiguar si se puede realizar un incremento en la capacidad de alguna de las componentes y en que medida.

Al reducirse los retrasos se mejorarán los beneficios, los cuales son usados para compensar el costo de los mejoramientos en las capacidades. Es más conveniente incrementar la capacidad y reducir los retrasos, ya que al existir retrasos esto indica que existe una inadecuada capacidad en una o más componentes del sistema, lo que no permite dar un servicio adecuado.

La demanda en un sistema de transporte aéreo no se presenta en forma constante en el tiempo, sino que esta presenta fluctuaciones en ciertos periodos de tiempo, por lo que se debe desde el diseño y planeación de un aeropuerto, proporcionar la suficiente capacidad para atender a la demanda con un aceptable nivel de servicio.

La capacidad refleja en cierta medida la efectividad de un aeropuerto. Cuando la demanda se acerca a la capacidad en ciertos periodos de tiempo, o llega a superar a la capacidad se presentaran congestiones y retrasos. Por lo que existe una relación entre capacidad y retraso, por lo que en el diseño se deberá considerar un adecuado nivel de retraso. Se deben determinar medios efectivos y eficientes que permitan incrementar la capacidad y reducir los retrasos.

Cuando existen variaciones en la demanda se deben realizar ciertos análisis para examinar el servicio que se le proporciona a esta demanda. Algunos de estos análisis son los siguientes; la localización de calles de rodaje de salida, geometría y capacidad de pistas, restricciones en el campo aéreo, control de tráfico aéreo, mezcla-

- de aviones, tipo de configuración de pista etc. Por ejemplo para un cierto nivel de demanda, los planeadores deberán analizar diferentes tipos de configuraciones de pista que sean adecuados para sus necesidades.

Capacidad es el número de operaciones que un aeropuerto puede manejar en un intervalo de tiempo con un cierto nivel de servicio.

La zona aeronáutica es el sistema de componentes sobre las cuales opera el avión, por lo que la capacidad del campo aéreo dependerá de la capacidad de sus componentes. Estas componentes del campo aéreo son; pistas, calles de rodaje, áreas de estacionamiento.

Existen factores que afectan la capacidad y provocan retraso en las componentes de la zona aeronáutica, por ejemplo la capacidad de pistas se ve afectada por el control de tránsito aéreo, condiciones climatológicas, etc. Existen también factores que afectan en general a toda la capacidad de la zona aeronáutica como son los siguientes:

- 1.- La configuración, número, espaciado y orientación del sistema de pistas y calles de rodaje.

- 2.- La colocación, tamaño y número de posiciones en el área de estacionamiento de aviones.
- 3.- El tiempo de ocupación de pista para llegadas y salidas de aviones.
- 4.- El tamaño y mezcla de aviones.
- 5.- El techo y visibilidad.
- 6.- Las condiciones de viento, las cuales pueden llegar a imposibilitar las operaciones en las pistas disponibles.
- 7.- Los procedimientos de abatimiento de ruido.
- 8.- El número de llegadas relacionadas con el número de salidas.
- 9.- La presencia de vórtices que se originen desde las puntas de las alas, ya que estos influyen en la separación de aviones.
- 10.- Tipo y naturaleza de ayudas a la navegación.
- 11.- La disponibilidad y estructura de espacios aéreos.

12.- El tipo y extensión de control de tránsito aéreo.

Es importante señalar que la combinación de aviones y en consecuencia su separación, es la que más afecta la capacidad pistas. Esta separación difiere en condiciones meteorológicas, cuando se usan VFR (reglas visuales de vuelo) o IFR (reglas de vuelo por instrumentos) por lo que es necesario determinar el techo y la visibilidad.

Para la capacidad de pistas, las superficies de estas pueden ser usadas de varias maneras de tal forma que den una adecuada capacidad en ciertas condiciones de clima, tipo de avión, espacio entre pistas. Por ejemplo dos pistas paralelas pueden ser usadas con llegadas en una pista y salidas en la otra, al mismo tiempo, o con llegadas y salidas en una y sólo llegadas en la otra, etc. Estas son estrategias que usan los aeropuertos en el uso de pistas en ciertos periodos de tiempo.

Para determinar la capacidad de un aeropuerto es necesario conocer la capacidad de cada una de sus componentes ya que al interrelacionarse entre sí, las capacidades de cada componente afectan a -

- todo el sistema, también se debe conocer la demanda de cada componente para estimar los incrementos de capacidad, si es que es necesario para cada una de las componentes y evitar en lo más posible el número de retrasos y mejorar la efectividad en el manejo de aviones, pasajeros y carga.

CONCLUSIONES

Espero que este trabajo haya cumplido con el objetivo de presentar los aspectos más generales del análisis operacional de pistas. Y haber mostrado como el sistema de pistas afecta y se ve influenciado por las demás instalaciones que componen un aeropuerto. Así también en forma general como se integra con otros sistemas del aeropuerto, y las componentes que forman el sistema de pistas.

En la medida de lo posible se trato de abarcar lo más importante, y de dar una idea general de la operación de pistas.

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

- 1.- HORONJEFF ROBERT Y MCKELVEY FRANCIS X. Planning and Design of Airports, 3a Edición, Singapur, Ed. McGraw-Hill , 616 págs.
- 2.- ORGANIZACION DE AVIACION CIVIL INTERNACIONAL, Manual de Planificación de Aeropuertos, 2a Edición, (Doc. 9184- AN/902).
- 3.- ORGANIZACION DE AVIACION CIVIL INTERNACIONAL, Manual de Proyecto de Aeródromos, Parte 1y2, 2a Edición, (Doc. 9157- AN/901).
- 4.- ORGANIZACION DE AVIACION CIVIL INTERNACIONAL, Normas y Métodos Recomendados Internacionales, (anexo 14 aeródromos) 1a Edición.

Otros Documentos Consultados

- 5.- DOVALI RAMOS FEDERICO, Notas no publicadas del Curso de la materia de Aeropuertos, México D.F. 1991.