

300615

25
29.



UNIVERSIDAD LA SALLE

**Escuela de Ingeniería
Incorporada a la U.N.A.M.**

**PROPUESTA para la
AMPLIACION Y REPARACION
de las PISTAS
y PLATAFORMAS
de un AEROPUERTO**

Tesis Profesional

Que para obtener el Titulo de

INGENIERO CIVIL

Presenta

ENRIQUE VELASCO PEÑA

México, D. F.

TESIS CON
FALLA LE ORIGEN

1986



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

CAPITULO I EMPLAZAMIENTOS

CAPITULO II PRONOSTICOS

+ METODO DESARROLLADO POR AJUSTE DE
CURVAS

CAPITULO III PISTAS

CAPITULO IV CALLES DE RODAJE

CAPITULO V PLATAFORMAS

CAPITULO VI CAJAS DE ESPERA Y OTRAS CALLES DE DESVIO

CAPITULO VII PROPOSICION DE UNA PISTA INTERCONTINENTAL

CAPITULO VIII EVALUACION DEL BENEFICIO COSTO

+ BENEFICIOS ECONOMICOS

+ BENEFICIOS SOCIALES

+ COSTOS ECONOMICOS O DE CONSTRUCCION

+ COSTOS SOCIALES

CAPITULO IX CONCLUSIONES

INTRODUCCION

El rápido crecimiento del transporte aéreo está rebasando la capacidad de muchos aeropuertos internacionales y da motivos para que se reconsideren el tamaño y número de las instalaciones y servicios. El tráfico cada vez mayor de pasajeros y de mercancías impondrá nuevas exigencias a los aeropuertos, aunque los movimientos de aeronaves puede que aumenten con menor rapidez, tomando en cuenta la posibilidad de la introducción de aeronaves de mayor tamaño, aunque esto, por la tendencia actual es poco probable que suceda debido a que por ejemplo el Jumbo B-747 que es la aeronave más grande que existe en la actualidad, empieza a ser incosteable para las líneas aéreas comerciales por sus altos costos de servicios y mantenimiento, por lo anterior es ilógico pensar en introducir aeronaves más grandes al mercado, sino por el contrario hacerlas más pequeñas y eficientes.

En la presente tesis se pretende en primer lugar dar una serie de normas con las cuales cualquier persona interesada pueda determinar el número y longitud de pistas así como el tamaño de la plataforma o plataformas y calles de rodaje según la demanda del aeropuerto en cuestión y del tipo de aeronaves que espere recibir dicho aeropuerto.

Esta primera parte se tratará de una forma somera ya que es complementaria al objetivo específico de esta tesis. En éstos mismos términos se da orientación para decidir el tipo de aeropuerto que pudiera necesitarse para satisfacer las necesidades de una comunidad o región, así como la selección y evaluación de los emplazamientos para el mismo, esto último se aplica cuando en el estudio de ampliación y reparación de un aeropuerto resulte como única solución la construcción de un nuevo aeropuerto.

En segundo lugar, en la presente tesis y siendo este su objetivo principal, se pretende justificar la ampliación de un aeropuerto internacional para que tenga la capacidad tanto de recibir como de enviar aviones comerciales y de carga en vuelos intercontinentales, es decir, que dichos aviones puedan despegar y aterrizar de alguna pista nacional con el 100% de su carga sin tener ningún tipo de limitación las cuales se tienen actualmente en todos los aeropuertos nacionales.

También dentro de este objetivo principal se pretende que dicha ampliación sea con el costo mínimo posible y de realización inmediata estando totalmente de acuerdo con los planes generales desarrollados por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes en la sección de Aeropuertos.

Por lo último dicho se escogió el aeropuerto de Guadalajara Jalisco para ejemplificarlo.

EMPLAZAMIENTOS

La construcción de un nuevo aeropuerto o la ampliación de uno ya existente, exige grandes inversiones de capital y la ejecución de trabajos de gran envergadura. Para evitar que quede prematuramente anticuado y que no se derrochen valiosos recursos financieros y materiales, es importante que su vida útil sea lo más dilatada posible. Para lograr este fin, deberá contarse con suficiente terreno para llevar a cabo las progresivas ampliaciones, al mismo ritmo con que crezca la demanda de tráfico aéreo. A fin de que la inversión rinda los máximos beneficios, además de disponer de suficiente terreno, es igualmente necesario velar por la seguridad de las operaciones aeronáuticas y evitar peligros o molestias a las poblaciones vecinas, sin coartar el crecimiento y la eficacia del aeropuerto. Por consiguiente, deberán elegirse emplazamientos en los terrenos que ofrezcan las máximas posibilidades de ampliación a largo plazo, con las mínimas cargas financieras y sociales.

El punto de partida en la selección del emplazamiento de un aeropuerto o en la evaluación de la conveniencia de un emplazamiento existente, consiste en determinar la finalidad a la que debe destinarse el aeropuerto. Para ello, deben considerarse las previsiones de la futura demanda y el volumen y tipo de tráfico que haya que atender, detalles que deben obtenerse de los pronósticos operacionales y económicos. A continuación, es necesario determinar el tipo de aeropuerto y los sistemas operacionales, para efectuar los pronósticos del tráfico de pasajeros y de mercancías. A base de esta información, el verdadero método de selección del emplazamiento se divide en varias etapas principales, que comienzan con la determinación de la forma y dimensiones del área necesaria para el aeropuerto, el emplazamiento de las -

zonas que ofrecen posibilidades de ampliación, y el examen y evaluación de dichos emplazamientos.

Las etapas principales de toda evaluación o selección del emplazamiento, ya sea de un aeropuerto existente o de uno de nueva planta son, entre otras, las siguientes:

- a) Determinación general de la extensión de terreno necesaria.
- b) Situación de los emplazamientos.
- c) Estudio preliminar, sobre papel, de los emplazamientos posibles.
- d) Inspección del terreno.
- e) Examen de los posibles emplazamientos.
- f) Preparación de los planos esquemáticos y cálculo de gastos e ingresos.
- g) Evaluación y selección definitiva.
- h) Informe y recomendaciones.

Antes de proceder a la inspección de cualquiera de los emplazamientos probables, incluso de los existentes, es necesario determinar, en líneas generales, la extensión de terreno que probablemente se necesitará. Para ello, se considera el espacio necesario para la ampliación de las pistas que, por lo general, constituyen la mayor parte del terreno exigido por un aeropuerto. A este fin, deben examinarse los siguientes factores:

- Longitud de las pistas
- Orientación de las pistas

- Número de pistas
- La combinación de la longitud, número y orientación de las pistas para trazar a grandes rasgos la configuración de las mismas, a efectos de calcular aproximadamente el orden de magnitud del terreno necesario.

En el capítulo referente a pistas, contiene una explicación de los parámetros que afectan a la longitud de las pistas, junto con nomogramas para calcular la longitud de las mismas en función de determinados tipos de aeronaves, a efectos de la planificación de un aeropuerto. Asimismo, explica el concepto de utilizar una combinación de pista, zona de parada y zona libre de obstáculos, como una de las etapas de la ampliación a largo plazo.

A fin de no imponer innecesariamente limitaciones de utilización a las aeronaves ni de incurrir en gastos desproporcionados de construcción y mantenimiento, deberá preverse suficiente espacio para que las pistas puedan ampliarse de acuerdo con las necesidades a largo plazo. En consecuencia, es importante conocer las características de las aeronaves críticas actuales y futuras, es decir, las que presentan las máximas exigencias dentro del grupo general de las que se prevé que utilizará el aeropuerto. Aún en el caso de que las aeronaves cuya entrada en servicio esté prevista dentro de un futuro próximo no exigieran, para efectuar etapas de longitud similar, pistas más largas que las grandes aeronaves civiles actuales, es preciso tener presente factores tales como la posibilidad de que se efectúen vuelos directos más largos y de que se releguen a rutas secundarias los aviones de gran tonelaje actuales, lo que impondría la necesidad de ampliar y renovar las pistas,

A los efectos de la planificación a largo plazo, no pueden definirse con certeza los pormenores de la longitud necesaria de las pistas. No obstante, la planificación sería sumamente deficiente si no se previese un margen razonable para el futuro y no se adquiriese o reservase terreno suficiente para la máxima ampliación de las pistas, incluso la protección de las aproximaciones y la instalación de las correspondientes ayudas visuales y radioayudas (no visuales) para la navegación. Al considerar las necesidades a largo plazo, debería recabarse asesoramiento de los explotadores en lo que concierne a las características de utilización de sus futuras aeronaves. Aunque probablemente no se utilice toda la extensión de terreno reservada para su utilización a largo plazo, los errores de cálculo por defecto pueden resultar posteriormente insolubles.

En términos generales, las pistas deben estar orientadas de manera que las aeronaves no tengan que pasar sobre zonas pobladas y eviten los obstáculos. Siempre que todos los demás factores no varíen, deberían estar orientadas en la dirección del viento predominante, en el caso de que éste sople persistentemente en una dirección.

Por regla general, la pista principal de un aeropuerto debería estar orientada, en la mayor medida posible, en la dirección del viento predominante. Durante el aterrizaje y el despegue, las aeronaves pueden maniobrar en una pista siempre que la componente del viento en ángulos rectos a la dirección del movimiento de la aeronave (definida como viento transversal) no sea excesiva. El viento transversal máximo permisible depende no solamente del tamaño de la aeronave, sino también de la configuración alar y también del estado de la -

superficie pavimentada. Las aeronaves de transporte pueden maniobrar con vientos transversales de una velocidad máxima de 30 nudos, pero es bastante difícil hacerlo, por lo que en la planificación de aeropuertos, se utilizan valores inferiores.

En el anexo 14 de la OACI se especifica que la orientación de las pistas deberá ser tal que el coeficiente de utilización del aeródromo no sea inferior al 95% con componentes de viento transversales de 20 nudos (23 m/h) para las pistas de las categorías A y B, de 13 nudos (15 m/h) para las pistas de la categoría C, y de 10 nudos (11.5 m/h) para las pistas de las categorías D y E.

Letra de Clave	Longitud de la pista
A	2100 m (7000 pies) y más
B	1500 m (5000 pies) hasta 2100 m sin incluir esta
C	900 m (3000 pies) hasta 1500 m sin incluir esta
D	750 m (2500 pies) hasta 900 m sin incluir esta
E	600 m (2000 pies) hasta 750 m sin incluir esta

Una vez elegida la componente máxima transversal del viento permisible puede determinarse la orientación más conveniente de las pistas para tener en cuenta los vientos, examinando las características de los mismos en lo que respecta a las condiciones siguientes:

- a) Todos los vientos, cualquiera que sea la visibilidad o el techo de nubes.

- b) Las condiciones del viento cuando el techo se encuentra entre 61 m - (200 pies) y 305 m (1000 pies) y (o) la visibilidad es de 0.8 km. - - (½ milla) a 4.8 km. (3 millas).

La primera condición representa toda la gama de visibilidad deficiente - que exigen la utilización de instrumentos para el aterrizaje. Cuando la visibilidad es limitada, es importante conocer la fuerza del viento. Normalmente, cuando la visibilidad se acerca a 0.8 km. y el techo es de 61 m., hay muy poco viento y por consiguiente la niebla, la calina, el humo y la niebla mezclada con humo, reducen la visibilidad. A veces, la visibilidad puede ser sumamente deficiente y aún así no haber un techo de nubes apreciable; tal vez, - incluso, ni siquiera haya nubes. La niebla, calina, humo, etc., constituyen ejemplos de esta condición.

El criterio del 95% recomendado por la OACI es aplicable a todas las condiciones meteorológicas, pero, pese a ello, no deja de ser conveniente examinar los datos separadamente, siempre que sea posible.

Los registros meteorológicos pueden obtenerse normalmente de las oficinas meteorológicas estatales. Las velocidades se dividen generalmente en incrementos de 22.5° (16 puntos de la brújula). Dichos registros contienen el - porcentaje del tiempo en que se producen determinadas combinaciones de techo de nubes y visibilidad (por ejemplo, techo: de 500 a 274 m; visibilidad, 4.8 a 9.7 km.), y el porcentaje del tiempo en que predominan vientos de determinada velocidad, procedentes de distintas direcciones, por ejemplo NNE: de 2.6 a 4.6 nudos (de 4 a 7 mph). Las direcciones se indican en relación con el nor-

te verdadero.

Frecuentemente, no se han registrado los datos relativos a los vientos predominantes en un emplazamiento totalmente nuevo. De ser así, deberían consultarse los registros de las estaciones meteorológicas cercanas. Si el terreno circundante es bastante llano, los registros de dichas estaciones deberían indicar las características de los vientos predominantes en el emplazamiento del aeropuerto propuesto. No obstante, si el terreno es accidentado, la configuración de los vientos viene dictada por la topografía y es peligroso utilizar los registros de las estaciones situadas a cierta distancia. En este caso, puede ser útil estudiar la topografía de la región y consultar a los que la habitan desde hace tiempo.

La orientación de las pistas puede determinarse gráficamente como se indica a continuación. Supongamos que los datos relativos al viento, en todas las condiciones de visibilidad, son los indicados en la siguiente tabla:

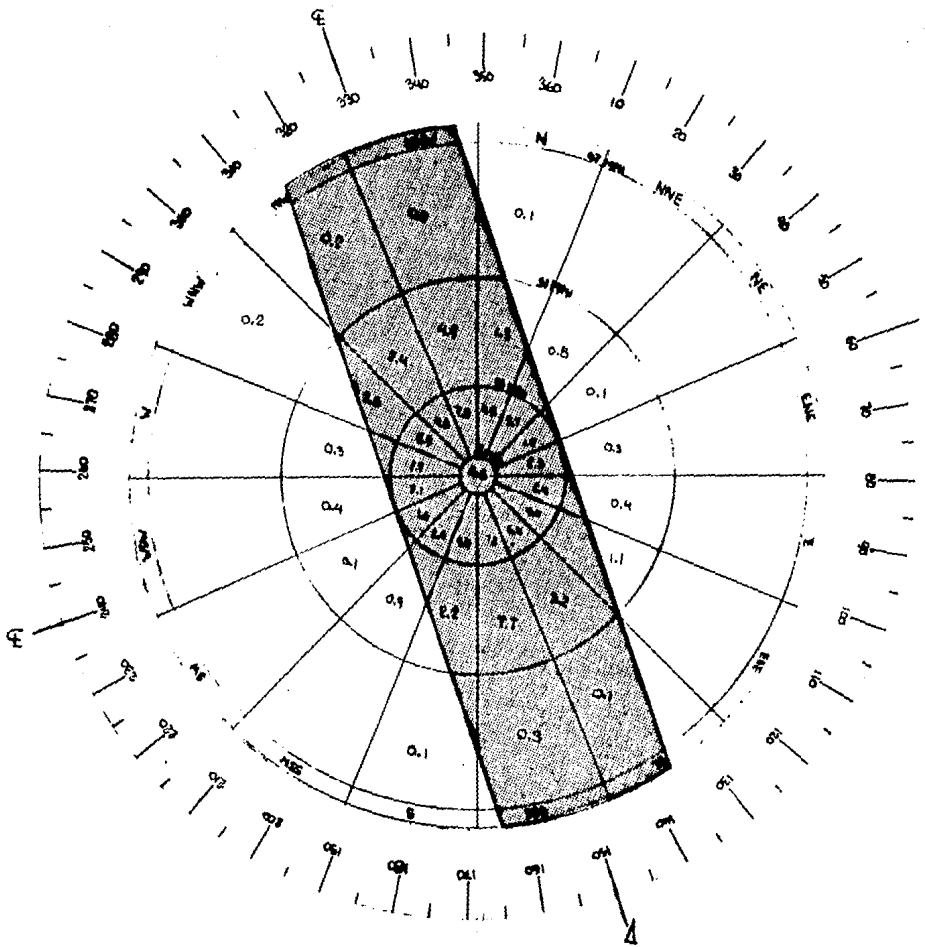
Porcentaje de los vientos

Dirección del viento	4-15 mph	15-31 mph	31-47 mph	Total
N	4.8	1.3	0.1	6.2
NNE	3.7	0.8	---	4.5
NE	1.5	0.1	---	1.6
ENE	2.3	0.3	---	2.6
E	2.4	0.4	---	2.8
ESE	5.0	1.1	---	6.1
SE	6.4	3.2	0.1	9.7
SSE	7.3	7.7	0.3	15.3

Dirección del viento	4-15 mph	15-31 mph	31-47 mph	Total
S	4.4	2.2	0.1	6.7
SSW	2.6	0.9	---	3.5
SW	1.6	0.1	---	1.7
WSW	3.1	0.4	---	3.5
W	1.9	0.3	---	2.2
WNW	5.8	2.6	0.2	8.6
NW	4.8	2.4	0.2	7.4
NNW	7.8	4.9	0.3	13.0
Viento en calma		0-4 mph		4.6
Total				100.0%

Partiendo de estos datos puede trazarse una rosa de los vientos, como la que en la siguiente hoja se dibuja.

El porcentaje de vientos corresponde a una dirección y velocidad determinadas, se marca en el sector apropiado de la rosa de los vientos. Utilizando una franja de material transparente, en la que se hayan trazado tres líneas paralelas e igualmente espaciadas entre sí, puede determinarse la orientación óptima de las pistas. La línea central representa el eje de la pista y la distancia entre las dos líneas exteriores es, a escala, el doble de la componente transversal del viento permisible (en el ejemplo, 19.9 nudos ó 30 mph).



4.6% viento calma, 0-4 mph.

ROSA DE LOS VIENTOS Y POSICION DE LA PISTA (para los datos de la hoja anterior)

La franja transparente se coloca encima de la rosa de los vientos, de tal manera que la línea central de la franja pase por el centro de la misma. Utilizando el centro de ésta como eje de rotación, se hace girar la franja transparente hasta que la suma de los porcentajes, comprendidos entre las líneas exteriores sea un máximo. Cuando una de las líneas exteriores de la franja transparente divide un segmento de dirección del viento, la parte fraccionaria se calcula visualmente al 0.1% más próximo. Este procedimiento no va en menoscabo de la precisión de los datos relativos al viento.

El paso siguiente consiste en leer la marcación de la pista en la escala exterior de la rosa de los vientos, en el punto en que la línea central de la franja transparente cruza la escala de direcciones. Debido al hecho de que en los datos publicados sobre el viento se utiliza el norte verdadero, normalmente esta marcación será distinta de la utilizada en la de las pistas, que se basa en la marcación magnética. En cuanto a la figura de la rosa de los vientos anterior, se observará que una pista cuya orientación sea de 150° a 330° E verdadero) podrá utilizarse el 95% del tiempo con componentes transversales del viento que no excedan de 10 nudos o 15 mph.

Hasta ahora, hemos hablado de este procedimiento aplicándolo a un valor máximo de las componentes transversales del viento de 10 nudos o 15 mph. No obstante, también puede utilizarse para obtener estimaciones de los vientos cuyo valor máximo de las componentes transversales sea distinto. Los círculos concéntricos de la rosa de los vientos están trazados a escala y representan los valores máximos de los datos relativos a la velocidad del viento. Supongamos que el valor máximo es de 8 nudos en vez de 10 nudos (12 en vez de -

15 mph). En ese caso, las dos líneas paralelas que representan la componente máxima del viento transversal permisible de 10 nudos o 15 mph no son tangentes al círculo de 8 nudos o 12 mph, sino que estarán fuera del mismo. En ese caso, debe calcularse el segmento de porcentaje fraccional que se encuentra entre el círculo de 8 nudos (12 mph) y las líneas paralelas de 10 nudos (15 mph), y agregarse al segmento de porcentaje que está entre el círculo de 8 nudos (12 mph) y agregarse al segmento de porcentaje situado entre el círculo de 8 nudos (12 mph).

Seguidamente deben examinarse los datos relativos al viento en condiciones de escasa visibilidad, mencionadas anteriormente, y trazar una rosa de los vientos que corresponda a esta condición. Gracias a este análisis puede determinarse si las pistas pueden admitir aeronaves, por lo menos el 95% del tiempo, cuando la visibilidad es escasa. El análisis proporcionará asimismo, información sobre el porcentaje del tiempo total en que predominan dichas condiciones. En la siguiente hoja se da un ejemplo de la manera en que se presentan, en forma de tabla, los datos relativos a las condiciones de escasa visibilidad. En ella se indican las observaciones de los vientos efectuados únicamente en una dirección de la brújula en este caso del nordeste. El número total de observaciones, para todas las direcciones de la brújula, es de 24 081, de las cuales 1 106 corresponden a vientos del nordeste. Para completar el análisis, tendrían que trazarse cartas de este tipo para otras direcciones de la brújula. A efecto de ejemplo, se partió del supuesto de que un techo de 950 pies equivalía a 1000 pies. El número 7 rodeado de un círculo significa que se hicieron siete observaciones cuando el viento era del nordeste, de velocidades que oscilaban de 5 a 9 mph, el techo comprendido entre




0 y 150 pies, y la visibilidad entre 0 y $\frac{1}{2}$ de milla. La parte marcada con -
ashurado se ciñe a los criterios anteriormente citados, con respecto al techo
y a la visibilidad.

Se necesita un número suficiente de pistas para satisfacer las exigen- -
cias del tránsito previsto, es decir, el número de aeronaves, la variedad de
tipos de éstas y la combinación de llegadas y salidas que pueden admitirse en
una hora durante los períodos de máxima actividad.

El 95% de utilización especificado en el Anexo 14 de la OACI, en lo que
se refiere a la velocidad del viento transversal en la superficie, constituye
un mínimo. En los aeropuertos muy activos, la imposibilidad de funcionar du-
rante el período remanente del 5%, valor que corresponde aproximadamente a 18
días por año, puede representar un serio inconveniente. En consecuencia, ade
más de las pistas principales, tal vez sea necesario prever una o más pistas
adicionales para poder admitir las aeronaves en condiciones de viento trans -
versal fuerte. Pueden proporcionarse pistas secundarias en el caso de que se
considere probable que los trabajos de mantenimiento del aeropuerto puedan in
terrumpir la regularidad del servicio aéreo. No obstante, como las pistas pa-
ra vientos transversales se utilizarían solamente con fuertes componentes de
viento frontal, pueden ser considerablemente más cortas que las pistas princi
pales.

Una vez hecha la evaluación general del terreno necesario, a base de un
trazado provisional que pueda satisfacer las exigencias del plan general del
aeropuerto, se inicia la recopilación de antecedentes. Esta información pue-

Viento NORDESTE (NE)		Total de observaciones 24,081							
Grupos de techos (pies)	Grupos de velocidades (millas)	Velocidad en millas							Total Obs.
		0- $\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$ -1	$1\frac{1}{2}$ -3/4	3/4-1	1-1 $\frac{1}{2}$	1 $\frac{1}{2}$ -3	3 ó +	
1000	01-04	4		1	2	4	14	202	227
	05-09	1	5	1	3	6	17	383	416
	10-14	2			1		5	277	285
	15-30							114	114
	30 ó +								
	Total	7	5	2	6	10	36	976	1,042
600 hasta 900	01-04		1					1	3
	05-09			1	1	1	1	8	12
	10-14				1		3	1	8
	15-30								
	30 ó +								
	Total		1	1	2	2	4	14	23
500	01-04			1				1	2
	05-09						2	1	2
	10-14								
	15-30								
	30 ó +								
	Total			1			2	1	4
400	01-04			1					1
	05-09				1	1	2		4
	10-14						1		1
	15-30								
	30 ó +								
	Total			1	1	1	2		6
300	01-04	1	1		1	1	1		5
	05-09	1						1	2
	10-14						1	1	2
	15-30								
	30 ó +								
	Total	2	1		1	1	2	2	9
200	01-04					1			1
	05-09	1	1	1			1	1	5
	10-14						1		1
	15-30				1				1
	30 ó +								
	Total	1	1	1	1	1	2	1	8
100	01-04	3							3
	05-09	7	1						8
	10-14		3						3
	15-30								
	30 ó +								
	Total	10	4						14
7	% por grupos de velocidades		01-04 mill.	05-09 mill.	10-14 mill.	15-30 mill.	30 ó + mill.		
			10	19	5				

-  Observaciones que deben considerarse debido a las condiciones del techo
-  Observaciones que deben considerarse debido a las condiciones de visibilidad
-  Observaciones que deben considerarse debido a las condiciones del techo y de visibilidad

EJEMPLO DE DATOS PARA ANALIZAR LOS VIENTOS PREDOMINANTES EN UNA DIRECCION DETERMINADA DURANTE PERIODOS DE ESCASA VISIBILIDAD.

de ser igualmente útil al evaluar un emplazamiento existente o el previsto para un nuevo aeropuerto. Los factores acerca de los cuales deberá recopilarse información son, entre otros, los siguientes:

a) **Actividad aeronáutica:** Consultar a los explotadores de aeronaves, - confirmados y posibles y a las asociaciones - de pilotos.

b) **Desarrollo de la zona circundante:** Establecer contacto con las autoridades y entidades de planificación, a fin de obtener planos de la utilización, presente y futura, - de los terrenos.

c) **Condiciones atmosféricas:** Obtener datos acerca de la presencia de niebla, calina, humo, etc., que pueden reducir la visibilidad y, en consecuencia, la capacidad del aeropuerto. Preparar una lista de todos los factores meteorológicos locales, de carácter especial; por ejemplo, variaciones climatológicas, vientos predominantes, niebla, nubes bajas, precipitación lluviosa, nieve, turbulencia, etc.

d) **Accesibilidad al transporte de superficie:** Observar el emplazamiento de las carreteras, vías - férreas y rutas de transporte público.

e) **Disponibilidad de terrenos para ampliar un aeropuerto existente o - - construir uno nuevo:** Es necesario disponer de terreno adecuado para futuras ampliaciones.

Estudiar mapas aeronáuticos, geográficos, de carreteras y topográficos, así como fotografías aéreas, etc.. Estudiar mapas topográficos para determinar las zonas que presentan pendientes y drenajes adecuados. Examinar mapas geo-

lógicos que muestran la distribución de los diversos tipos de suelo y de rocas. Determinar el emplazamiento y disponibilidad de materiales de construcción, canteras, etc.. Determinar el valor general de los terrenos, según las diversas zonas de utilización (residencial, agrícola, ganadera, industrial, etc.).

- f) Topografía: Observar los factores importantes que repercutan en el precio de la construcción, tales como la necesidad de excavar o rellenar, condiciones de drenaje y deficiencias del terreno.
- g) Medio ambiente: Observar el emplazamiento de las zonas naturales reservadas a la flora y fauna y las destinadas a refugios migratorios, así como también de las sensibles al ruido, por ejemplo, escuelas y hospitales.
- h) Existencia de otros aeropuertos: Observar el emplazamiento de los aeropuertos y de las rutas ATS existentes, con sus respectivos espacios aéreos, así como todo plan de que se tenga noticia para modificar los mismos en el futuro.
- i) Disponibilidad de servicios de utilidad pública: Observar las redes principales de distribución de energía eléctrica y de conducción de agua alcantarillado y gas, servicios telefónicos, abastecimiento de combustible, etc.

Una vez determinadas las dimensiones aproximadas y tipo del aeropuerto y tabulados todos los factores mencionados anteriormente, es preciso analizar estos datos y, después de haberlo hecho, trazar en cartas y mapas los posibles emplazamientos del nuevo aeropuerto o el terreno adicional necesario para el aeropuerto existente.

La finalidad de este estudio es eliminar los emplazamientos inapropiados o determinar la idoneidad de un emplazamiento existente, antes de iniciar las inspecciones sobre el terreno, siempre costosas.

Después de establecida la lista de todos los emplazamientos probables - que se consideran interesantes para realizar estudios más amplios, es necesario llevar a cabo un reconocimiento completo sobre el terreno y desde el - - aire, a fin de que sirva de base para evaluar las ventajas e inconvenientes - de cada uno de los lugares considerados. Los aeropuertos deberfan emplazarse de manera que las aeronaves puedan utilizarse con eficacia y seguridad, en - forma compatible desde el punto de vista social y de manera que los gastos de construcción se mantengan al nivel óptimo, teniendo en cuenta todos los factores, entre los cuales los más importantes pueden agruparse según consideraciones operacionales, sociales y económicas.

El espacio aéreo apropiado es tan importante para el funcionamiento eficaz de un aeropuerto, que exige particular atención para cerciorarse de cada emplazamiento satisface las condiciones a este respecto y, en caso contrario, para determinar la magnitud de cualquier restricción y sus probables efectos. Un lugar situado cerca de un núcleo de demanda, aunque imponga ciertas res- - tricciones al espacio aéreo, puede ser preferible a uno cuyo espacio aéreo no existan restricciones, pero que, por su situación alejada o difícil acceso, - origine una demanda de tráfico limitada o nula. Estos factores tienen que - ponderarse para lograr el mejor equilibrio. Cuando dos aeropuertos tengan - que compartir el mismo espacio aéreo, tal vez haya que limitar el ritmo del - movimiento combinado de aeronaves. En lugar de poder operar de manera total-

mente independiente uno de otro, hasta el límite de sus propias posibilidades, será necesario que cada aeropuerto combine con el otro los movimientos de aeronaves, de manera que se pueda mantener la necesaria separación entre ellas. En consecuencia, los nuevos aeropuertos deberán estar emplazados de manera que se reduzca al mínimo toda superposición del espacio aéreo requerido por las aeronaves que utilizan otros aeropuertos y la consiguiente limitación de la capacidad total. Por la misma razón, es preciso estudiar los posibles emplazamientos de aeropuerto en relación con las rutas ATS, para evitar problemas similares.

En general, a causa de las grandes extensiones de terreno que abarcan los aeropuertos (15 km (50 000 pies) a lo largo de los ejes de las pistas, a partir de sus límites, es difícil conseguir terrenos que ofrezcan todos los márgenes de seguridad deseados y en consecuencia, tienen que evitarse accidentes del relieve, tales como elevaciones del terreno, árboles y estructuras artificiales que constituyan obstáculos. Es importante mantener un margen de separación con mástiles y otras armazones estructurales poco perceptibles porque, pese a que el señalamiento y el balizaje ayudan a distinguirlos, estas medidas no ofrecen una protección total, especialmente cuando la visibilidad es reducida.

Cualquier objeto que limite las trayectorias de vuelo existentes puede limitar la eficiencia de las operaciones. La presencia de estructuras elevadas en áreas (o en sus cercanías) adecuadas bajo los demás conceptos para las aproximaciones por instrumentos, podría obligar a establecer alturas reglamentarias distintas de las normales, con la consiguiente prolongación de

los procedimientos de aproximación y la demanda de que se asignen altitudes útiles a las aeronaves en los circuitos de espera conexos. Tales estructuras pueden, por otra parte, limitar la conveniente flexibilidad de las aproximaciones iniciales dirigidas por radar y la posibilidad de efectuar un viraje en ruta durante el ascenso de salida.

Al evaluar las posibilidades de facilitar aproximaciones libres de obstáculos, éstas deberán ponderarse en función de las longitudes máximas previstas en el plan general. Si el emplazamiento es adecuado para las ampliaciones máximas previstas, probablemente impondrá pocas restricciones, caso de haberlas, en las primeras fases del plan.

Los factores locales pueden tener importancia en lo que respecta a la ubicación de cada uno de los emplazamientos. Los centros industriales, por ejemplo, pueden producir humo que se concentre en determinada dirección bajo el efecto de los vientos predominantes. Debido a ello, en ciertas zonas la visibilidad puede ser limitada, excluyendo así las operaciones VFR. Los emplazamientos adyacentes a reservas destinadas a la fauna, lagos, ríos y zonas costeras, vertederos de basura y bocas de descarga del alcantarillado, etc., pueden no ser adecuados porque existe el peligro de que atraigan a las aves con las que pueden chocar las aeronaves. Este peligro reviste especial importancia cuando se trata de aeronaves rápidas y de gran tonelaje. Asimismo, debe considerarse la situación del emplazamiento en relación con el régimen migratorio y las rutas seguidas por las aves, especialmente las de gran tamaño, tales como los cisnes y los gansos. El manual de servicios de aeropuertos - parte 3 de la OACI, contiene información detallada para evaluar el peligro -

potencial que representan las aves en un emplazamiento.

Las condiciones meteorológicas pueden variar considerablemente entre emplazamientos situados en la misma zona. La distribución de los vientos combinados con la visibilidad y el techo de nubes, son elementos de primordial importancia para decidir la orientación de las pistas y tomar medidas en previsión de que las operaciones se realicen en todo tiempo o solamente en condiciones visuales. Ciertas localidades pueden estar sujetas a la formación de niebla, fenómenos de turbulencia, o mayor precipitación lluviosa, lo cual puede restar eficiencia y regularidad a las operaciones.

Las ayudas para la navegación, la aproximación y el aterrizaje, son elementos esenciales del sistema de transporte aéreo. Las ayudas no visuales - (electrónicas) para guía de las aeronaves, especialmente con nubes bajas y poca visibilidad, tienen mayor importancia desde el punto de vista del emplazamiento del aeropuerto, a causa del margen vertical necesario sobre los objetos (líneas de alta tensión, grandes edificios, vehículos en movimiento, etc.), que pueden afectar la seguridad de su funcionamiento. Deben emplazarse en relación con el aeropuerto, el espacio aéreo y las trayectorias de vuelo de las aeronaves a que han de servir, y los lugares considerados deberán comprender áreas idóneas para su instalación.

Es preciso elegir con gran cuidado el emplazamiento de los aeropuertos - en relación con las zonas pobladas circundantes y las pistas deberán orientarse de manera que las trayectorias de vuelo no pasen sobre centros habitados, mientras las aeronaves se encuentran por debajo de ciertas alturas. Pero, -

por otra parte, es también necesario que los aeropuertos estén situados cerca de las ciudades o de las zonas comerciales a las que sirven. Por lo general, será preciso llegar a una solución intermedia entre estos dos principios antagónicos, para encontrar el emplazamiento que, en conjunto, presente las mayores ventajas.

Los aeropuertos deberán estar convenientemente situados desde el punto de vista de la distancia y el tiempo necesario para poder trasladarse a ellos desde los núcleos de población existentes y futuros, así como desde las zonas comerciales e industriales que estén destinados a servir. Por consiguiente, es preciso considerar el posible lugar de emplazamiento desde el punto de vista general de los pasajeros, expedidores de mercancías, explotadores de mercancías, explotadores de aeronaves y personal empleado, mano de obra, etc. La conveniencia del emplazamiento de un aeropuerto con relación a las zonas que sirve, puede medirse en función del tiempo y el precio del viaje hasta el mismo. A título de guía, para evaluar las ventajas relativas de determinados emplazamientos, se pueden trazar gráficas que indiquen el tiempo invertido por los diversos medios de transporte, en relación al centro de las distintas zonas de demanda. Por ejemplo, considerando el transporte por carretera y los límites de velocidad impuestos en las carreteras que enlacen las zonas de demanda, se pueden trazar las curvas de tiempo en incrementos adecuados, de unos cinco a diez minutos, tanto para el presente como para el futuro.

Para que un aeropuerto pueda prestar servicios eficientes, es indispensable que los pasajeros y las mercancías tengan acceso rápido y cómodo al mismo. Los posibles emplazamientos que cuenten con sistemas de transporte inefi

ciente o inadecuados, que no permitan la circulación uniforme del tráfico en todo momento, exigirán desembolsos para remediar estas deficiencias. En igualdad de condiciones, son preferibles los emplazamientos que estén comunicados por una red de carreteras apropiada y, cuando corresponda, por ferrocarriles y vías navegables.

En las primeras etapas de la investigación, deberá comunicarse a las dependencias oficiales encargadas de los sistemas de transporte público y por carretera, toda propuesta de construcción de un nuevo aeropuerto de obras importantes de ampliación de los ya existentes. Deberá recabarse su asistencia para obtener detalles de las instalaciones existentes y de las mejoras previstas. Con ello se logrará que dichas dependencias estén debidamente informadas y se creará un clima propicio a la colaboración futura.

Cuando el tiempo invertido en el viaje por tierra sea aproximadamente igual entre varios emplazamientos posibles, el precio del viaje será el factor determinante. La comodidad de los pasajeros que se trasladan al aeropuerto por medios de superficie es, igualmente, un aspecto que merece detenido estudio. Por ejemplo, una autopista de varias vías, con un número limitado de intersecciones es evidentemente preferible a una carretera congestionada, con numerosos semáforos, o una estrecha carretera de montaña. Además de los vehículos particulares, es importante tener en cuenta los servicios de transporte público, tales como autobuses, ferrocarriles, taxis, y en ciertos casos, aeronaves de despegue vertical o corto (V/STOL).

El ruido producido por las aeronaves en las inmediaciones de los aero -

puertos constituye un serio problema. Entre los factores que deben considerarse al proyectar un aeropuerto se encuentran, por ejemplo: la medición y descripción del ruido producido por las aeronaves, la reglamentación de la utilización de los terrenos, los procedimientos para atenuar el ruido de los motores en tierra y en vuelo, la certificación de aeronaves en cuanto al ruido, la tolerancia humana al ruido de las aeronaves, el efecto que tiene en la vecindad de los aeropuertos el aumento del tráfico y la entrada en servicio de nuevos tipos de aeronaves.

Para prevenir una reacción social adversa, no es siempre factible situar un aeropuerto en un lugar suficientemente apartado de los núcleos de población. La construcción de aeropuertos en lugares alejados es a la vez poco práctica y costosa, sin contar que va contra el objetivo de reducir la duración del viaje de puerta a puerta. Por lo tanto, es importante adquirir o disponer de una extensión suficiente de terreno para salvar o mitigar el problema del ruido, tanto en el propio aeropuerto como en los núcleos de población. Es preciso determinar el nivel que pueden alcanzar las molestias debidas al ruido, en términos que indiquen la relación existente entre el nivel y duración de la exposición al ruido y la reacción humana.

Al tratar de evaluar la magnitud de las molestias que puede causar en el futuro el ruido en los emplazamientos que se estén considerando, es importante conocer el ritmo previsto de movimientos de aeronaves y las fases en que se efectuarán las obras, así como los tipos de aeronaves y las horas en que tendrá lugar su utilización. No obstante, cabe pensar que los cálculos y evaluaciones a largo plazo de la perturbación debida al ruido serán hipotéticos

y menos fidedignos que los que se hagan a corto plazo. En la circular - - 116-AN/86 y en el Anexo 14 de la OACI se encontrará información más detallada con respecto a la evaluación del ruido.

El nivel de ruido producido por las aeronaves en el aeropuerto y en sus inmediaciones, se considera generalmente una partida principal de gastos adscrita al medio ambiente y relacionada con la instalación. El terreno mayormente expuesto al ruido se encuentra directamente debajo y a ambos lados de las trayectorias de aproximación y despegue. En general, los niveles de ruido se miden aplicando alguna fórmula en la que intervienen el número de decibeles y el de veces en que se perciben, así como la duración. Existe un gran número de técnicas para medir el ruido (véase el Anexo 16 y la Circular 16-AN/86 de la OACI). La selección de un emplazamiento adecuado y la planificación atinada de la utilización del terreno circundante pueden contribuir enormemente a mitigar, o acaso a eliminar totalmente, el problema del ruido inherente al - aeropuerto.

Las ventajas e inconvenientes de los distintos emplazamientos dependerán de la utilización de los terrenos circundantes. Los aeropuertos deberán emplazarse de manera que se cree o se preserve la compatibilidad, sin que las modalidades existentes de utilización de los terrenos se vean perturbadas por las aeronaves. Con ello se evitaría la adquisición de terrenos costosos y se facilitaría la implantación de medidas normativas en materia de utilización de los terrenos, que pudieran considerarse necesarias para soslayar los problemas planteados por el ruido o los obstáculos. En general, son preferibles los emplazamientos cuyas trayectorias de aproximación pasen sobre extensiones

de agua, pero exentos del peligro que representan las aves, y en vez de los -
adyacentes a las zonas residenciales.

Cuando en un posible emplazamiento sea necesario modificar la utiliza- -
ción de los terrenos, pueden plantearse problemas sociales evidentes, así co-
mo dificultades de carácter legal y económico. En ciertos casos, tal vez sea
necesario recurrir a la compra o expropiación forzosa, con las consiguientes
complicaciones jurídicas y demoras, aunque, mediante acuerdos apropiados con
las autoridades competentes para que reglamenten la utilización de manera que
se conserven los terrenos actualmente compatibles, quizás se logre aminorar -
los problemas en el futuro. En el Manual de proyectos de aeródromos, de la -
OACI, parte 2, se proporcionan más detalles relativos a la utilización de los
terrenos.

Con el objeto de sacar el mejor partido posible de las inversiones nece-
sarias para su construcción, los aeropuertos deberán emplazarse de manera que
los gastos de construcción se reduzcan al mínimo. Por consiguiente, la topo-
grafía, la naturaleza del suelo y los materiales de construcción, los servi -
cios disponibles y el valor del terreno son factores de particular importan -
cia.

La topografía es importante por la pendiente del terreno, por la situa -
ción y por la variedad de características naturales, por ejemplo, árboles y -
cursos de agua; así como la existencia de estructuras artificiales, edifi- -
cios, carreteras, líneas de alta tensión, etc., puede influir en la necesi -
dad de efectuar trabajos de desmonte, terraplanado, nivelación y drenaje. La

pendiente natural y el drenaje del terreno son importantes desde el punto de vista del proyecto y construcción, porque determinan el volúmen y la magnitud de los trabajos de movimiento de tierras y nivelación, necesarios para contener las pendientes deseadas y, por ende, el costo de preparación del emplazamiento. Un terreno que se ajuste de cerca a los niveles previstos, y que - -
cuenta con un buen drenaje, puede ahorrar sumas considerables.

En aquellas regiones donde las enfermedades tropicales son endémicas al proyectar los aeropuertos deberá procurarse que no exista la posibilidad de -
que los insectos vectores de enfermedades entren en las aeronaves, teniendo -
en cuenta las distancias, reconocidas internacionalmente, que pueden volar -
los mosquitos.

En la guía para la higiene y los Aspectos Sanitarios de la Aviación, de la Organización Mundial de la Salud, figuran recomendaciones relativas a la -
lucha antivectorial en los aeropuertos. Para mantener el recinto aeroportuario libre del "aedes aegypti" en sus fases larval y adulta, es necesario to -
mar medidas contra los mosquitos dentro de una zona protegida que se extienda a una distancia mínima de 400 m (1 300 pies), alrededor del perímetro. Las -
extensiones de agua que no sea posible eliminar y que puedan constituir criaderos de mosquitos deberán ser tratados debidamente.

Desde el punto de vista del costo, la clasificación de los suelos naturales de los posibles emplazamientos es importante. Es preciso proceder a un -
reconocimiento general del suelo y localizar los depósitos rocosos exentos: -
Asimismo, es importante localizar las fuentes de abastecimiento de agua, ya -

que su abundancia y la distancia a la que tengan que transportarse repercutirá en el costo de construcción. En estos aspectos, conviene contar con el asesoramiento de expertos.

Los emplazamientos considerados deberán, en lo posible, encontrarse en las cercanías de las fuentes de suministro de energía eléctrica y agua, con ductaciones principales de alcantarillado y gas, canales de desagüe, hilos telefónicos, etc. El hecho de contar con estos servicios puede eliminar la necesidad de tener que suministrarlos expresamente para el aeropuerto, reduciendo así los costos.

Los aeropuertos necesitan espacio para futuras ampliaciones, por lo que el valor del terreno es un factor que debe tenerse en cuenta. En general, la demanda de transporte aéreo guarda relación con el sector de población al que sirve y, en consecuencia, puede preverse que, en gran parte, la construcción de futuros aeropuertos se llevará a cabo en las cercanías de las zonas metropolitanas. Dado el crecimiento de las poblaciones urbanas, la mejora del nivel de vida y la ampliación de las redes de carreteras, la superficie ocupada por los distritos metropolitanos continuará dilatándose. Por lo general, el valor de los terrenos aumenta considerablemente a medida que la zona pasa de rural a urbana, razón por la cual la oportuna reserva de los emplazamientos adecuados permitirá, casi siempre, que los aeropuertos estén mejor situados y su costo sea menos elevado.

Frecuentemente, las nuevas carreteras y servicios públicos necesarios para un aeropuerto se construyen en terrenos baldíos o cerca de ellos, lo que -

constituye un incentivo para la urbanización. El número de personas empleadas en los grandes aeropuertos crea una demanda de construcción de viviendas e industrias auxiliares que de crecer indiscriminadamente, pueden redundar en detrimento de la eficiencia del aeropuerto. Cuando se considera la conveniencia de un emplazamiento, a menos que se pueda regular la planificación de la zona para evitar que se desarrolle para fines incompatibles, puede plantearse la cuestión de saber si se podrá disponer de terrenos suficientes para futuras ampliaciones. El hecho de adquirir, desde un principio, todo el terreno que se considera necesario garantiza la posibilidad de efectuar futuras ampliaciones y con frecuencia, es el procedimiento más económico. No obstante, al comparar simplemente los gastos previstos para la adquisición presente y futura de terrenos no se tiene en cuenta el importante factor tiempo, por lo que no constituye una base satisfactoria para decidir si ha de comprarse o no de antemano la tierra. El dinero abonado al contado tiene más valor que el gastado en el futuro, ya que, si se aplaza el desembolso puede invertirse el capital que devenga intereses inmediatos. Antes de obtener una base para cualquier decisión, convirtiendo los pagos futuros a su valor potencial de ingresos en la actualidad, es preciso tener en cuenta el valor actual de los terrenos y las fluctuaciones que pueden producirse en los precios de la propiedad, así como la revalorización que puede aportar el desarrollo de viviendas, industria, agrícola o de otra naturaleza.

Los aspectos relativos al medio ambiente deben ponderarse cuidadosamente al construir un nuevo aeropuerto o ampliar uno ya existente. Deben efectuarse estudios del impacto que tendrá la construcción y funcionamiento de un aeropuerto o la ampliación de uno existente y los niveles aceptables de la cali

dad del aire y del agua, niveles de ruido, procesos ecológicos y expansión demográfica de la zona, a fin de determinar como pueden satisfacerse mejor las exigencias del aeropuerto.

El ruido producido por las aeronaves es el problema más grave, en materia de medio ambiente, que debe considerarse al proyectar las instalaciones aeroportuarias. Se ha hecho muchísimo para fabricar motores más silenciosos y modificar los procedimientos de vuelo, lo que ha dado lugar a una atenuación considerable del ruido. Otro medio eficaz para lograrlo consiste en planificar convenientemente la utilización de los terrenos que circundan el aeropuerto. Cuando se trata de aeropuertos existentes pueden plantearse dificultades, porque el terreno puede estar ya edificado. Deberá hacerse todo lo posible para adaptar el tránsito aéreo de las zonas edificadas.

Otros factores importantes en este campo son la contaminación atmosférica y del agua, los desperdicios industriales y las aguas residuales del propio aeropuerto, así como la perturbación de los valores ecológicos. Un aeropuerto puede afectar considerablemente a la contaminación del agua si no se construyen instalaciones para tratar los desperdicios del aeropuerto. En el estudio ecológico es preciso considerar como puede superarse el problema de la contaminación del agua.

La construcción de un nuevo aeropuerto o la ampliación de uno existente pueden tener repercusiones importantes en el entorno natural, especialmente cuando entran en juego largas extensiones en las que deban desviarse corrientes de agua o canales de drenaje, la vida de la fauna puede verse perturbada

y tal vez sea necesario modificar nuevamente los bosques y espacios recreativos. El estudio deberá indicar como podría mitigarse esta perturbación de la naturaleza.

A estas alturas, deberá disponerse de información suficiente para ir eliminando emplazamientos y reducir su número a los que merecen consideración detallada. El proyectista deberá examinar los resultados del estudio y de la investigación sobre el terreno. Basándose en este examen, deberán eliminarse los emplazamientos que no son adecuados y que no justifiquen un examen más a fondo.

Para considerar las ventajas relativas de los emplazamientos restantes se necesita lo siguiente:

- Levantamiento topográfico detallado de cada emplazamiento, incluyendo el de los obstáculos.
- Preparación de un plano esquemático del trazado del aeropuerto, en cada uno de los emplazamientos contemplados.
- Preparación de un cálculo global de los costos, que abarque el total de los gastos de capital y de explotación necesarios, e incluso los no pertenecientes propiamente al aeropuerto, como son las vías de acceso, las comunicaciones con los núcleos de población, los planes de reglamentación de las zonas adyacentes y los cálculos del porcentaje de fluctuación anual del valor de las tierras durante toda la vida útil probable del aeropuerto, así como los plazos en que se prevé efectuar los desembolsos.

- Cuando se trate de la ampliación o del abandono de emplazamientos - - existentes, los valores amortizados y actuales de toda instalación - existente, junto con el valor de las propiedades conexas situadas fuera del aeropuerto, incluso las vías de servicio, instalaciones de servicio público, zonas sujetas al régimen de atenuación del ruido, etc.

En la evaluación definitiva, cuando se están considerando varios emplazamientos posibles, la cuestión relativa al costo desempeña un papel importante en la elección definitiva. Si todos los emplazamientos posibles presentaran en conjunto las mismas ventajas, lógicamente la selección deberá basarse en el costo mínimo. Lamentablemente, en la práctica, rara vez existe una situación tan netamente definida, por lo que, normalmente, es necesario ponderar las ventajas e inconvenientes en sus diversos grados, antes de llegar a una decisión. Los factores económicos son de gran importancia porque el índice y las características de crecimiento de una economía obedecen, no solo a la cuantía de la inversión de capital, sino también a la manera en que se utiliza. En general el capital es escaso y puede invertirse de varias maneras. Puede malgastarse si se destina a usos antieconómicos, pero empleado con inteligencia y eficacia, una cantidad más modesta puede lograr el objetivo perseguido.

La dependencia encargada de financiar las obras de un aeropuerto puede, en cualquier momento, tener que hacer frente a peticiones destinadas a aumentar los gastos para atender a un sinnúmero de otras finalidades. El problema que se presenta a menudo cuando se considera aisladamente cada proyecto, cualquiera que sea su valor intrínseco, es que no pueden satisfacerse -

simultáneamente todas las propuestas con los recursos financieros disponibles. Es preciso considerar las propuestas que representen gastos con arreglo a sus propios méritos, pero puede también ser necesario considerarlas - comparativamente con otras propuestas similares. La necesidad de los costos con relación a su eficacia ha llevado a conceder una atención creciente a la ponderación y evaluación de las ventajas y de los gastos, mediante la técnica conocida como análisis de la relación "costo/ventajas". La finalidad de estos análisis consiste en comparar las ventajas que se obtienen de los proyectos en relación con su costo, de tal manera que se superen las dificultades inherentes a la división del proyecto en fases. Analizando la corriente prevista de gastos y ventajas respecto a la vida útil del aeropuerto, es posible determinar relaciones que sirvan de guía, en cuanto a la utilidad del proyecto, y para seleccionar el emplazamiento más conveniente.

Es necesario proceder a dos tipos distintos de análisis de la relación costo/ventajas, uno de carácter operacional y otro social. La evaluación definitiva exige que la determinación se base en la comparación de la eficacia en materia de costo, operacional y social:

OPERACIONAL

- 1) Terrenos disponibles
- 2) Espacio aéreo disponible
- 3) Efecto de toda restricción de la eficacia operacional
- 4) Capacidad potencial

SOCIAL

- 1) Proximidad a los centros de demanda

- 2) Suficiencia de vías de acceso
 - 3) Posibles problemas causados por el ruido
 - 4) Utilización actual del terreno y necesidad de imponer medidas reguladoras
- COSTO
- 1) Análisis de la relación costo/beneficio

Se presentará la redacción de un informe completo, acompañado de planos, etc., que contenga:

- 1) Los resultados del examen y evaluación de los emplazamientos considerados.
- 2) El orden de preferencia de los emplazamientos, explicando los motivos en que se basa.
- 3) Las recomendaciones pertinentes.

Para obtener información más precisa sobre orientación de pistas, número de pistas, consultar el Anexo 14, Capítulo 3, Adjunto B de la OACI.

Para obtener información más precisa sobre espacio aéreo, se puede consultar el Anexo 14 y el documento de "Procedimientos para los servicios de navegación aérea - Operación de aeronaves" de la OACI.

Para obtener información más precisa sobre Obstáculos, consultar el Anexo 14 - Aeródromos, Capítulo 4 y en el Adjunto A del mismo Anexo además en el Manual de servicios de aeropuerto, Parte 6 - Limitación de obstáculos.

PRONOSTICOS

La pronosticación es el punto vital de los procesos de planificación y control. Los pronósticos son necesarios para definir las instalaciones - que se requerirán, la importancia de esas instalaciones y el momento en - que se necesitarán.

La finalidad de la pronosticación no es predecir el futuro con preci - sión, sino facilitar información que pueda ser utilizada para evaluar los efectos de la incertidumbre con respecto al futuro. Por lo tanto, debe - rían tenerse en consideración, tanto para la planificación física como pa - ra fines de evaluación financiera, no solamente las inferencias de los pro - nósticos mismos, sino también las atribuciones a la falta de precisión de los pronósticos y al hecho de la conversión de los pronósticos en criterios de planificación.

Para periodos tan prolongados como los que transcurren entre la plani - ficación y la inauguración o reinauguración de los aeropuertos, los pronós - ticos, en general, se producen anualmente (la pronosticación para periodos de tiempo más cortos es más compleja y su viabilidad está también limitada por la disponibilidad de datos). Pero es la demanda en los periodos pun - ta, más que la demanda anual, la que debe determinarse a fin de evaluar - los requisitos relativos a la instalación, ya que la capacidad de utiliza - ción de las instalaciones aeroportuarias se hace más crítica durante los - días y horas de los periodos punta del tráfico. Por lo tanto, los pronós - ticos básicos tienen que convertirse en información relativa a los perio - dos punta, tanto para los vuelos de aeronaves (que definen los requisitos relativos a las pistas, calles de rodaje, control de tránsito aéreo y pla -

taformas) como para los pasajeros, mercancías y correo despachados (lo que define los requisitos relativos a los sistemas de terminal y de acceso, - - cuando se han incorporado análisis adicionales relativos al número de visitantes que acompañan a los pasajeros, espectadores y trabajadores del aeropuerto o que, sin estar adscritos a éste, trabajan en él).

Si se establece un proceso de planificación sistemático, pueden evaluarse los efectos de la fluctuación de los factores socioeconómicos que influyen los pronósticos, los efectos de pronósticos imprecisos, o los efectos de diversos criterios además se puede determinar los costos de capital y, a continuación, los costos recurrentes, para lo que los pronósticos de tráfico originales son utilizados a fin de evaluar los costos anuales totales de los servicios.

Por supuesto en la presente tesis solo nos interesarán los requisitos relativos a la instalación.

Las cuestiones que deben ser objeto de pronóstico y las unidades en que han de expresarse deben relacionarse con las necesidades de planificación de cada aeropuerto. Del examen de la aviación en general no resultan obvios inmediatamente, por lo tanto, las estadísticas y pronósticos que representen el crecimiento mundial del tráfico, expresado en pasajeros o en toneladas-kilómetros, o proporciones del número total mundial de vuelos expresados en aeronaves de reacción y de hélice, longitud del sector de vuelo, o diferentes categorías de propietarios de aeronaves, tienen poca utilidad para fines de planificación aeroportuaria, aparte de señalar las tendencias -

generales del desarrollo de la aviación. Estas tendencias sirven únicamente como indicadores generales para las previsiones a largo plazo, pero no proporcionan una base para la planificación de cada aeropuerto.

El pronóstico primario se elabora frecuentemente en función de los pasajeros y mercancías despachados, ya que los datos referentes a estas cuestiones están generalmente disponibles y la demanda básica para la utilización de las instalaciones aeroportuarias está determinada por esos elementos. Esta demanda está determinada principalmente por factores externos al proceso de planificación aeroportuaria y, por ello, constituye una piedra angular en la que cabe apoyarse para proyectar el plan.

Como ya se ha mencionado, los requisitos en cuanto a instalaciones están determinados por la actividad en el período punta, principalmente por la "hora punta típica". A fin de no prever inútilmente para un tráfico que sólo surge raramente, no se la "hora punta típica" como la hora punta del año, sino que se acepta como la 30a. o 40a. hora de mayor actividad. Similarmente, el "día de mayor actividad típico" es el 30° o 40° día de mayor actividad. Una interrelación importante que hay que establecer es aquella entre el pronóstico primario (punto 1 de la lista siguiente) y el pronóstico de la hora punta típica (punto 2 a continuación), en la lista que se da a continuación incluye también otras cuestiones que quizás requieran pronosticación. Algunas de ellas ayudarán a determinar la interrelación mencionada, y, por supuesto, la mayoría de ellas son interdependientes. Si se dispone de datos básicos apropiados, conviene pronosticar independientemente los elementos más importantes y determinar sus interacciones, a fin de faci-

litar la comprobación recíproca de su validez y apreciar la congruencia de los pronósticos.

- 1) Pasajeros, mercancías y correo despachados anualmente, agrupados por categorías en tráfico internacional e interior, regular y no regular; y también por llegadas, salidas, en tránsito y de transbordo.
- 2) Vuelos y tráfico de pasajeros, mercancías y correo despachados a la hora punta típica, agrupados por categorías, con preferencia, en llegadas y salidas, así como el tráfico combinado (la hora punta típica puede acaecer, respecto a cada elemento y grupo, a diferentes horas).
- 3) Los vuelos, pasajeros, mercancías y correo despachados en el día medio del mes punta, agrupados por categorías como en el número 1 de esta lista (para la planificación de instalaciones y servicios).
- 4) Número de líneas aéreas que utilizan el aeropuerto y sus estructuras de rutas, tanto interiores como internacionales, en relación con el aeropuerto para proporcionar mostradores para las compañías oficinas, instalaciones de mantenimiento y para la comprobación recíproca de 1 a 3 anteriores.
- 5) Tipos de aeronaves que utilizan el aeropuerto, incluyendo el número total de cada tipo importante y su proporción a las horas de mayor actividad.
- 6) Número de aeronaves con base en el aeropuerto, expresado en transportistas regulares, no regulares y aviación general. Requisitos relativos al mantenimiento de base y de línea de éstas y otras aeronaves (solo se requieren estimaciones aproximadas para evaluar las zonas de servicio de las líneas aéreas y los requisitos de acceso).

7) Los requisitos relativos a los sistemas de acceso entre el aeropuerto y la región servida por el mismo, ya que esto puede afectar el trazado del aeropuerto tanto en la parte aeronáutica (por ejemplo, si se espera que haya servicios aéreos secundarios) como en la parte pública.

8) Número de visitantes y número de trabajadores aeroportuarios por categorías (para utilizarlo en la planificación de las instalaciones, incluyendo posiblemente las necesidades de alojamiento en viviendas).

Por las mercancías puede que sea necesario efectuar agrupaciones por categorías específicas. Frecuentemente, las características de llegada y salida de las mercancías difieren notablemente en cuanto al volumen, horario e instalaciones. Cuando se espera que las mercancías lleguen o salgan en aeronaves exclusivamente de carga o en aeronaves mixtas (pasajeros y mercancías), es necesario establecer categorías para planificar el terminal de mercancías y el aspecto de la manipulación, así como también la transferencia de las mercancías desde las aeronaves mixtas al terminal de mercancías. Las zonas para tramitación y despacho de mercancías están generalmente calculadas a base de un metro cuadrado por tonelada despachada en una unidad de tiempo, pero esta proporción puede variar con la mezcla del tráfico, el grado en que se utilizan los contenedores, etc., pudiendo ser necesario establecer otras categorías (basándose usualmente en el análisis de los conocimientos de embarque aéreo). La disponibilidad de depósitos de agrupamiento exteriores al aeropuerto pueden afectar la naturaleza y la duración de las formalidades de despacho. Los vuelos de las aeronaves exclusivamen-

te de mercancías deberían pronosticarse por separado, ya que esas aeronaves pueden utilizarse fuera de las horas punta, utilizando criterios apropiados, aunque estas posibilidades pueden verse limitadas por las horas de cierre nocturno.

Dado que el volumen del tráfico postal es generalmente bastante escaso y debido al hecho de que suele transportarse en aeronaves mixtas, sólo es necesario prever el espacio que requerirá el correo en el edificio terminal. Si la política de transferir mayormente el correo a la vía aérea se generaliza en lo futuro, la planificación del tráfico postal podría hacerse en forma similar a la de las mercancías.

Puede que sea también necesario prestar atención a la aviación general y a las actividades de fletamento. Las actividades de la aviación general son particularmente difíciles de pronosticar, ya que no reflejan necesariamente las características socioeconómicas de la región ni presentan tendencias regulares. Sin embargo, tanto las actividades de la aviación general como las de los vuelos no regulares pueden, usualmente ser distribuidos fuera de los períodos punta.

La selección de los pronósticos que se necesitan en algún caso particular, y la secuencia de las tareas de pronosticación, en concordancia con los métodos propuestos y los requisitos relativos a la actividad para el plan, son características importantes del proceso de pronosticación. El grado de detalle del pronóstico variará con el tiempo. Por ejemplo, se necesitarán indicaciones generales únicamente en la primera fase de determina

ción de los requisitos, en cuanto al terreno, relativos a la selección del emplazamiento del aeropuerto o de su ampliación. Estos pronósticos deberían hacerse con 20 años de antelación por lo menos. Naturalmente, no puede esperarse que estos pronósticos a largo plazo sean precisos, particularmente debido a que hay que anticipar cambios tecnológicos.

Los requisitos futuros para atender al tráfico durante la existencia proyectada del aeropuerto pueden ser juzgados únicamente de forma general, pero, en cierto modo, puede permitirse cierto grado de optimismo, en el sentido de considerar que un área está suficientemente protegida para asegurar el desarrollo posible y razonable del emplazamiento. El que la demanda evolucione hasta los niveles previstos, puede que lleve un período de tiempo mayor o menor que el pronosticado, pero esto no tiene gran importancia si se dispone de zonas de terreno apropiadas que permitan el desarrollo cuando sea necesario (y que, mientras tanto, puedan ser utilizadas provechosamente).

Las obras de construcción deberían llevarse a cabo cuando el aumento del tráfico y los pronósticos a corto plazo, que son menos susceptibles a errores importantes, demuestren que son necesarias. Por lo tanto, los pronósticos a largo plazo facilitan las directrices generales necesarias para la planificación general. Los pronósticos a corto plazo, como de tres a cuatro años de antelación, facilitan las bases para el trabajo de desarrollo real, en tanto que los pronósticos a plazo intermedio (de cinco a veinte años, usualmente a intervalos quinquenales, por conveniencia) cubren las lagunas dejadas por los de largo plazo y facilitan información provisional

sobre las bases subsecuentes probables del desarrollo.

El grado de precisión apropiado de la pronosticación puede definirse con relación a los incrementos de la capacidad, para los que es posible establecer fases de desarrollo aeroportuario. Hasta cierto punto, estas fases variarán para cada aeropuerto. Si los incrementos son tales que no existe dependencia crítica en la precisión de los pronósticos, un sistema sencillo de pronosticación (y barato) puede ser suficiente. La precisión que se requiere en la pronosticación de los vuelos está relacionada con la capacidad ofrecida por cada pista adicional. En la pronosticación del tráfico de pasajeros y mercancías despachado, es conveniente una precisión mayor, debido a que las unidades de capacidad, a base de las cuales pueden construirse - los edificios del terminal o ampliarse, son menores que las unidades de capacidad que resultan de la adición de pistas. Sin embargo, si un requisito adicional de terminal sobrepasa la posibilidad física de proporcionarlo en un aeropuerto existente, la unidad de capacidad es entonces mayor. Similarmente, se requiere una precisión mayor en los pronósticos (y mayor flexibilidad en el plan general) de los requisitos relativos a las plataformas.

La viabilidad económica es un factor mucho más incierto que la previsión de los requisitos físicos. Los resultados económicos dependen del margen entre los ingresos totales y los costos totales, que, con el tiempo, se acumulan. Un cambio relativamente pequeño en los pronósticos sobre el tráfico puede tener un efecto relativamente grande en la financiación.

La precisión de los pronósticos, en sí mismos, está sujeta a un gran nú

mero de factores y es muy difícil estimar con precisión el momento y magnitud de las necesidades futuras. Cuanto más largo sea el período abarcado por el pronóstico, mayor es la posibilidad de variación de los factores que afectan los resultados y mayor el riesgo económico resultante de un error - (una subestimación anual del tráfico del 2%, se convierte en 20 años en un error del 49%).

La complejidad creciente de la metodología de pronosticación y la importancia que también va en aumento, de los factores "objetivos", de esa metodología, deberían mejorar la precisión en el futuro. Sin embargo, siempre existirá un cierto número de factores que harán de la pronosticación una ciencia imprecisa. Estos factores son:

- 1) El método deficiente de pronosticación.
- 2) Los datos básicos deficientes
- 3) Los pronósticos deficientes de los factores socioeconómicos que se considera que afectarán, con la mayor probabilidad, la demanda de transporte aéreo.
- 4) La introducción imprevista de nuevos factores socioeconómicos influyentes, no considerados anteriormente como de primera importancia.
- 5) La influencia de factores difíciles de cuantificar.

En tanto las limitaciones anteriores se reconozcan como tales, algo puede hacerse, examinando sus probables efectos, en el proceso de planificación.

Existen dos procedimientos principales para tratar las limitaciones de la pronosticación. A fin de tratar el punto 1 indicado anteriormente, y en - - cierto grado también el 2, el procedimiento consiste en efectuar ensayos de - sensibilidad para averiguar el grado de precisión que puede esperarse de un - pronóstico único; en otras palabras, evaluar los errores probables inherentes al proceso de pronosticación, teniendo en cuenta los datos básicos utiliza- - dos. El segundo procedimiento se refiere al punto 3, y en cierto grado tam - bién al 4, que consiste en preparar diversos conjuntos hipotéticos a base de los cuales se hacen los pronósticos; en otras palabras, preparar diversas imá genes del ambiente socioeconómico futuro y/o de la política a seguir, y luego diversos conjuntos de las previsiones del tráfico. Quizás pueda ocurrir que se considere crítico un solo factor (por ejemplo, el costo de explotación de la línea aérea, y, de ahí, las tarifas de pasajeros y carga) y que los cam - bios se hagan a este factor, dejando los otros intactos.

Una característica de los resultados obtenidos estableciendo otros conjun tos de estimación del tráfico es que el límite superior, así determinado, no es necesariamente (por supuesto no lo es usualmente) igual o por encima de la estimación "más probable", cuando el límite inferior está por debajo. Este es un punto importante, ya que influencia los riesgos que supone pronosticar una capacidad de equivalencia insuficiente. Para evaluar la viabilidad económi - ca, es útil presentar los pronósticos más probables y los márgenes en función de un calendario (así como en función de diferentes volúmenes de tráfico esti mados en un momento determinado en el tiempo). Por ejemplo: "Es muy probable que, en 1955, se atienda a un total de 100,000 pasajeros; probablemente, lo - más pronto en 1977, y lo más tarde en 1992".

El producir diversos pronósticos requiere trabajo adicional, pero ese trabajo es usualmente marginal en comparación con el requerido para hacer el pronóstico primario, particularmente si se adopta algún procedimiento sistemático. Quizás sea necesario llegar a una fórmula de compromiso entre emplear recursos para perfeccionar el pronóstico primario o producir una serie de pronósticos posibles.

Disponiendo de varias series de pronósticos, es posible utilizar el sistema de planificación para evaluar los riesgos que supone la adopción de los criterios sugeridos por el pronóstico primario. La estimación de los parámetros de planificación está, por supuesto, sujeta también a error; factor que también debería tenerse en cuenta al analizar los riesgos.

Como se ha mencionado anteriormente es precisamente la demanda punta más que la anual la que determina las necesidades en cuanto a las instalaciones y servicios. El intenso esfuerzo desplegado para conseguir un pronóstico de calidad puede quedar anulado por la conversión deficiente del pronóstico, al convertir éste en instalaciones y servicios necesarios: "una cadena es tan resistente como su eslabón más débil". La conversión de los pronósticos del tráfico de pasajeros en proyecciones anuales, de temporada y de períodos punta de los vuelos, así como su conversión en proyecciones de temporada y punta del flujo de pasajeros, es de capital importancia.

No es posible establecer métodos específicos para los procesos de conversión ya que el método dependerá de cada situación, y estará relacionado con el método, o los métodos, de pronosticación utilizados y viceversa (por ejemplo,

puede que se preparen pronósticos de temporada sobre los pasajeros, más - - bien que anuales para corto plazo, como medio de conseguir una información - de punta más precisa). En aeropuertos grandes, quizás puede utilizarse un - procedimiento sistemático para traducir los datos anuales a períodos de punta horarios, pero en los aeropuertos pequeños un solo vuelo puede cambiar toda la situación, de hecho, el perfil diario puede ser una característica tan importante como la hora punta misma, ya que este perfil determinaría los criterios y las necesidades, si acaece una situación de congestión en la hora - punta. Sin embargo, los métodos utilizados para obtener los criterios primarios a partir de los datos anuales que se dan a continuación, proporcionan - algunas directivas útiles (tanto sobre la conversión como sobre los requisitos en materia de datos).

A.- Fuente: F.A.A.

- 1) El total anual de asientos a la salida del aeropuerto, durante el año más reciente del que se dispone de datos reales (el año base) está pronosticado que aumentará en la misma proporción que el - pronóstico de los pasajeros embarcados (por ejemplo, sin cambio - del coeficiente de embarque).

Hay que tener en cuenta la diferencia entre el coeficiente de embarque y el coeficiente de carga de pasajeros generalmente utilizado por los - - transportistas (pasajeros-kilómetros dividido por el número de asientos-kilómetros disponibles).

- 2) Todos los asientos así pronosticados se distribuyen entonces en - tre los tipos de aeronaves que los transportistas esperan explo - tar en el año del pronóstico. Los totales de asientos de cada ti

po de aeronaves se dividen por las capacidades medias de asientos a fin de obtener el número de vuelos. El total anual de vuelos se determina sumando los vuelos de cada tipo de aeronave.

- 3) El número de asientos requeridos durante la hora punta respecto al año del pronóstico, se determina multiplicando primero los asientos requeridos anualmente por la razón entre los asientos de un día típico de gran actividad del año base y los asientos del año base en su totalidad. Los asientos requeridos el día de mucha actividad se multiplican entonces por el porcentaje de la hora punta del día de mucha actividad del año base.
- 4) Los asientos de la hora punta requeridos se distribuyen entre los diferentes tipos de aeronave que se espera sean explotados por los transportistas durante el año del pronóstico, a base de la distribución de todos los asientos ofrecidos por tipo de aeronave durante el año base.
- 5) Los asientos requeridos por cada tipo de aeronave se dividen luego por la capacidad media para determinar los vuelos requeridos. El total de vuelos en la hora punta es la suma de los vuelos por tipo de aeronave. ¶

B.- Fuente: "Ejemplo de métodos de planificación a base de la hora punta". R. Dixon Speas Associates (R. Smithies).

- 1) Determinar el día punta (de los vuelos) de varios años.
- 2) Analizar los vuelos del día punta y determinar, por inspección, la hora punta del tráfico de pasajeros, a base de los manifiestos de pasajeros.

- 3) Relacionar el tráfico total de pasajeros en la hora punta, registrando en el día punta de varios años y el tráfico total del día punta, para obtener una proporción ponderada del tráfico de hora punta/día punta.
- 4) Determinar los dos meses de tráfico punta del año, analizando las variaciones de temporada.
- 5) Calcular el número de pasajeros que utilizan el aeropuerto durante el día medio de los dos meses punta; considerar que este día medio representa el 30° al 40° día de mayor actividad del año.
- 6) Relacionar el índice del tráfico en la hora punta con el día de mayor actividad típico, para determinar el número de pasajeros en la hora punta típica, por tipo de servicio.
- 7) Dividir la hora punta típica por el número medio de pasajeros embarcados/desembarcados por vuelo, para determinar el número de vuelos por hora punta típica, teniendo en cuenta que la media es probablemente más alta que la normal durante los periodos punta.

Existe también una técnica para añadir frecuencias de vuelo en un tramo de ruta. Este método se basa en la hipótesis de que cuando el tráfico alcanza un nivel que corresponde a determinado coeficiente de carga medio especificado, se añade un vuelo adicional en ese tramo.

Es obvio que ninguno de estos métodos, ni ningún otro método, puede ser preciso ya que cada uno puede llevar a resultados diferentes a partir de determinado conjunto de datos (y, por supuesto, la disponibilidad de datos puede constituir un factor importante en la determinación del método utili-

zado). Quizás sea necesario también llevar a cabo otros análisis en relación con las variaciones punta debido a retrasos, a las condiciones meteorológicas, etc. De nuevo, en tanto se reconozcan las lagunas del método escogido, no tienen necesariamente que plantear dificultades, ya que es posible idear otras medidas y métodos de verificación. En casos específicos, los aspectos que deberían tratarse con especial cuidado son el hecho de que la distribución de las categorías de tráfico puede diferir entre el período punta y otros períodos; y que las puntas particularmente pronunciadas parecen ser endémicas en los servicios de larga distancia, como consecuencia de las zonas horarias y de la conveniencia de conseguir la máxima rotación de las aeronaves. Las puntas pronunciadas también acaecen frecuentemente cuando las operaciones locales corresponden predominantemente a los transportistas ubicados en el aeropuerto en cuestión (por ejemplo, salidas punta en la mañana y llegadas punta en la tarde).

En el campo de la pronosticación, gran parte del trabajo de preparación tiene como finalidad producir pronósticos más bien que proporcionar una descripción simplemente explicativa. Naturalmente, la sensación de confianza es mayor cuando un pronóstico está basado en la comprensión del proceso que genera las variables de tráfico observadas. Las fases preliminares de todo procedimiento de pronosticación están, por lo tanto, dedicadas usualmente a determinar, aislar y cuantificar los efectos de los factores subyacentes de la actividad de tráfico aéreo.

Estos factores pueden clasificarse en cuatro categorías generales a saber: económicos, sociales y demográficos, tecnológicos y sistemáticos, comer

ciales y políticos. En cada una de estas categorías, se utilizan frecuentemente indicadores generales para determinar la actividad de tráfico aéreo total, nacional e internacional (por ejemplo el producto nacional bruto se utiliza frecuentemente como un indicador económico), pero en el caso de determinado aeropuerto quizás sea necesario examinar indicadores más específicos a un nivel regional o incluso más preciso. Cuando sea posible, es preferible categorizar la propia demanda de tráfico aéreo en razón de los viajes, ya que los motivos, y por lo tanto los indicadores subyacentes, serán diferentes (por ejemplo, entre viajes de negocios y de placer, entre viajeros en situación económica desahogada y viajeros con ingresos módicos, entre los vuelos de carga aérea de emergencia y los planificados, etc.).

En el manual de previsión está incluida una tabla que contiene cierto número de factores que se piensa influyen en la demanda de transporte aéreo categorizados en aspectos particulares. Se limitaron estos factores a aquéllos cuyos valores, a lo largo de un período de tiempo, están con frecuencia más fácilmente disponibles a base de datos publicados, y, también en este caso, su finalidad es servir de guía únicamente. El ejemplo de un indicador o de un grupo de ellos, particularmente se han sido escogidos por la facilidad de su medición, no debería impedir el examen más a fondo de las actividades que representan. Por ejemplo, aunque el producto nacional bruto de determinado país pueda continuar creciendo de acuerdo con precedentes históricos, los efectos de la inflación y de la flotación de divisas podría afectar su relación con el crecimiento del tráfico aéreo. Similarmente, la carga aérea internacional está afectada particularmente por los aranceles de aduanas y los cupos de importación.

Los factores relacionados con el proceso que determina las decisiones de los consumidores son muy difíciles de medir. La calidad del servicio, determinada por la velocidad, regularidad y conveniencia, es un factor al que el desarrollo tecnológico parece haber cambiado sensiblemente. Su repercusión, cuando se considere que es importante, quizás se pueda evaluar sobre una base subjetiva, fundada quizás en conceptos precedentes y/o complejos (por ejemplo, el valor del tiempo).

Es importante distinguir entre los factores exógenos (los ajenos a la función de planificación, que no se pueden alterar en este contexto) y los endógenos (que pueden ser influenciados por el plan y que, acaso, pueden llegar hasta la política de transporte público de la región en cuestión).

La determinación de la función que ha de desempeñar cada aeropuerto en relación con otros puede resultar una tarea complicada. La distribución demográfica y el emplazamiento de los aeropuertos, en relación con las direcciones predominantes de las afluencias de tráfico aéreo, serán factores importantes.

Aparte de la interacción local entre aeropuertos vecinos, la función relativa futura de los aeropuertos de una red puede depender del crecimiento demográfico, del desarrollo comercial de la región, del índice de crecimiento demográfico, del desarrollo comercial de la región, del índice de crecimiento relativo de la demanda y del tamaño de las aeronaves, de las tendencias en cuanto al radio de acción de las aeronaves, y de la evolución relativa de los gastos motivados por las aeronaves en la terminal y en ruta.

A causa de la sensibilidad de la demanda a la frecuencia y calidad de los servicios proporcionados, un pequeño cambio de la demanda relativa de dos aeropuertos (por ejemplo, debido a las fluctuaciones demográficas o a cambios de la accesibilidad a uno de ellos) pueden ampliarse considerablemente por las diferencias resultantes en los servicios proporcionados. En definitiva, esto puede conducir a la redistribución apreciable de las funciones de dos aeropuertos.

La eficacia de los aeropuertos existentes es también un factor que requiere examen particular. En un pronóstico sobre la demanda, que se aplique a fines de la planificación técnica de un aeropuerto, no se deberían tener en cuenta los efectos de la congestión ni otras formas de funcionamiento defectuoso, dado que la finalidad del estudio es calcular el tráfico al que el aeropuerto debe servir convenientemente. Esto quiere decir que cuando se empleen para los pronósticos las tendencias de tráfico pesadas, deberían ajustarse, cuando sea necesario, para tener en cuenta los efectos de la congestión.

Usualmente el proceso de pronosticación consiste en coordinar cierto número de elementos (incluyendo datos históricos de tráfico, factores del pasado y previstos que influyen la pronosticación) y en llevar a cabo análisis para medir su repercusión sobre las afluencias de tráfico aéreo futuras. Puede compararse a la composición de un rompecabezas. En general, al tratar algunos factores, es más importante tener en cuenta todos los que se consideran significativos que el utilizar métodos complicados.

Los métodos de pronosticación dependerán de los datos disponibles, del tiempo y recursos de que se dispone para efectuar el pronóstico y de la finalidad para la cual se prepara el pronóstico (con el cual están asociados los requisitos sobre precisión considerados anteriormente). Por lo tanto, todo pronóstico o sistema de pronosticación tiene que ser usualmente, preparado para cada caso, es decir, hecho a la medida según las necesidades de una situación. No será pues posible indicar un método o procedimiento determinado, si no más bien hacer algunas observaciones generales al respecto.

El pronosticador debería tratar de aprovechar todas las estadísticas útiles y toda información que pueda conseguir para abordar el problema desde diferentes puntos de vista y verificar los resultados logrados, es muy conveniente que mantenga estrecha relación con los órganos de planificación de otras esferas para obtener datos fiables sobre los pronósticos económicos, demográficos, comerciales y técnicos en que se apoyan los pronósticos atinentes a la demanda.

Las fuentes de datos confiables son muchas y diversas y entre ellas figuran los bancos nacionales, las instituciones financieras internacionales, los organismos gubernamentales locales y nacionales, las oficinas de la Asociación del Transporte Aéreo Internacional (IATA), los servicios de las Direcciones Generales de Aviación Civil (DGAC), la "Federal Aviation Administration" de los Estados Unidos, las líneas aéreas, las asociaciones profesionales de aviación, las Naciones Unidas y sus organismos afiliados, organismos locales y nacionales de planificación y ciertos documentos de la OACI. Además, al emprender la planificación general de un aeropuerto existente, pueden ser de -

utilidad los archivos llevados por la administración aeroportuaria, las líneas aéreas, otros inquilinos del aeropuerto, etc.

La preparación y recopilación de datos apropiados sobre el uso de un aeropuerto y sus componentes es fundamental para la buena planificación general, la cual exige métodos de previsión confiables y datos estadísticos pertinentes, en los cuales puede basarse la planificación futura.

La naturaleza de los datos que habrá que recopilar no debería abarcar solamente las instalaciones físicas del aeropuerto, sino que debería comprender también indicaciones de su utilización, volumen y composición del tráfico, el costo del transporte y las tarifas correspondientes, la situación económica de las líneas aéreas que usen el aeropuerto y los criterios y reglamentos estatales en materia de transporte.

Si se dispone de recursos, estas fuentes pueden complementarse, para fines de pronóstico, con análisis de mercado por medio de los datos existentes facilitados por los propios transportistas (por ejemplo, las matrices de los boletos de pasajeros y los conocimientos de embarque aéreo) u organizando encuestas sobre el mercado.

Como se ha indicado anteriormente, la complejidad del método utilizado debería escogerse teniendo en cuenta el inevitable margen de error del resultado final. Para los programas a corto y largo plazo pueden utilizarse diferentes métodos, ya que puede conseguirse una afluencia de tráfico punta más precisa si se utilizan para corto plazo los pronósticos que tienen en cuenta las

tendencias de temporada.

Se puede establecer una diferencia importante entre la pronosticación "de arriba a abajo" y la pronosticación "de abajo a arriba". Los métodos "de arriba a abajo" proporcionan una cifra global y recurren a coeficientes fraccionales, y a otros medio, para desglosarla en estimaciones fraccionarias. La pronosticación "de abajo a arriba" consiste en la sintetización de los pronósticos de unidades categorizadas. El método de "abajo a arriba" tiene la ventaja de ser más fácil de relacionar a la causa y al efecto, pero las actividades categorizadas son frecuentemente objeto de amplias fluctuaciones, la adición de varios pronósticos conduce a una variación más amplia de los límites fiables de la cifra global, y el costo del tratamiento de un lote de datos desagregados finamente es alto. Usualmente, los pronósticos "de abajo a arriba" son más precisos y útiles a corto plazo, y, a su vez, los "de arriba a abajo" lo son a largo plazo. Cuando sea posible, convendría utilizar estas dos modalidades de abordar el problema y comparar luego los resultados.

Por supuesto, generalmente es una buena idea el utilizar más de una forma de abordar la pronosticación, como procedimiento de verificación doble, a fin de estimar las variaciones posibles debidas a la metodología imprecisa de la pronosticación.

Debe establecerse también una distinción neta entre la pronosticación para un aeropuerto existente y la pronosticación para un aeropuerto completamente nuevo. En los casos en que el aeropuerto en cuestión haya estado fun-

cionando durante varios años, cuando la región que se ha de servir se encuentra en un estado de desarrollo estable, y cuando la red de explotadores de aeronaves que conecta el aeropuerto con otros está bien desarrollada los pronósticos pueden basarse, en gran medida, en los antecedentes reunidos acerca del aeropuerto, de la red de transporte aéreo y de la región en cuestión. A base de la proyección de las tendencias del tráfico registradas en el pasado, pueden obtenerse pronósticos preliminares bastante confiables y se pueden elaborar pronósticos más exactos analizando los factores que han afectado al desarrollo en el pasado.

La preparación de pronósticos para un nuevo aeropuerto constituye un problema totalmente diferente, especialmente si el transporte pasa por circunstancias inestables y si la región se encuentra en una fase de rápido desarrollo económico. En tales casos, los métodos de abordar y resolver el problema tendrán que ser también completamente diferentes.

La evaluación de la afluencia central de tráfico puede que constituya un asunto más delicado que el mismo pronóstico. La forma de enfocar el asunto - respecto a los nuevos aeropuertos incluye métodos de porcentaje (relacionando los niveles categorizados de la actividad aeronáutica de determinado aeropuerto con los de la región o de la nación como un todo) y análisis en corte (análisis y comparaciones con otros aeropuertos y medios ambientales). En el caso de un nuevo aeropuerto, es muy probable que la función de los análisis y de las encuestas de mercado sea de consideración.

A continuación se incluye un breve resumen de algunas de las técnicas que

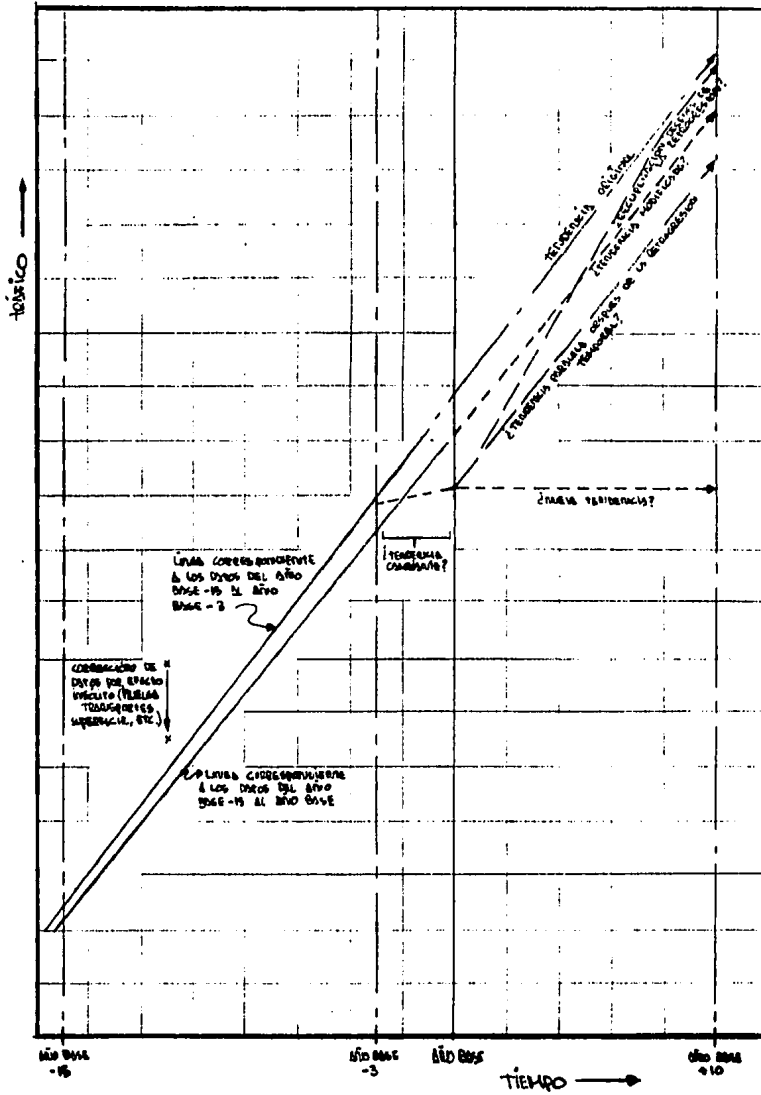
son apropiadas para la planificación de aeropuertos.

La opinión autorizada de un individuo o de un grupo de personas es el método original de pronosticar, y todavía es el más completo, ya que usualmente implica considerar un amplio número de variables. Cualquiera que sea el método de pronosticación básico utilizado, es inevitable una gran parte de opinión personal. La opinión puede introducir parcialidades subjetivas y frecuentemente sin base, pero sirve para comprobar si los resultados de otros métodos de pronosticación tienen sentido, y para estimar efectos y factores difíciles de medir. Una característica particular, que quizás sea conveniente incorporar en el proceso de pronosticación, es comprobar si la evaluación a largo plazo está o no influenciada demasiado por sucesos a corto plazo recientes o actuales.

La extrapolación de tendencias consiste en tratar de determinar algunas formas de crecimiento subyacente a largo plazo, que se ajuste al comportamiento del tráfico aéreo en el pasado. El proceso de crecimiento considerado en un período de tiempo es usualmente una línea recta (implicando un cambio absoluto constante entre períodos de tiempo sucesivos); o asintóticos (implicando que el desarrollo progresa hacia un cierto nivel límite a un ritmo gradualmente decreciente). Una serie cronológica de datos precedentes tiene que ser primeramente rectificada debido a efectos infrecuentes tales como las huelgas laborales, los acontecimientos especiales, etc. El proceso de crecimiento escogido se adapta a continuación a los datos rectificadas y luego se proyecta. La adaptación puede hacerse a base de técnicas estadísticas, pero también puede efectuarse a ojo, de forma aproximada, mediante el -

trazado gráfico de datos cronológicos del tráfico. La extrapolación de tendencias supone que todos los factores que influenciaron el tráfico aéreo en el pasado (con excepción de los efectos infrecuentes mencionados anteriormente) continuarán actuando de la misma forma en el futuro, cosa que frecuentemente no sucede así. La extrapolación de tendencias crea también un problema cuando los datos del pasado presentan alguna anomalía reciente (como muestra la figura siguiente por ejemplo). Sin embargo, la extrapolación de tendencias es un instrumento útil, ya que introduce cierto grado de objetividad en la pronosticación. Es también relativamente fácil de llevar a cabo e impone una disciplina presentando la situación de una manera sencilla que puede facilitar el análisis ulterior y/o una base para comprobar la validez de los pronósticos obtenidos independientemente por medio de otras técnicas. Por supuesto, si se considera como un análisis de tendencias constituye de por sí un instrumento analítico de valor inestimable.

El método econométrico es aquél utilizado para intentar explicar la evolución del tráfico aéreo en función de causas subyacentes. Por medio de técnicas estadísticas, se ha demostrado que solamente pocos factores importantes - commensurables, que ejercen influencia de la demanda de transporte aéreo, pueden explicar la mayor parte de la variación en esta demanda, y puede aislarse, hasta cierto punto, la aportación de cada factor. El método puede utilizarse tanto para los datos de las series cronológicas como para los datos de los cortes. Los pronósticos de los factores contribuyentes, que son generalmente menos sensibles que los de la propia demanda de transporte aéreo. El método econométrico tiene sus propias limitaciones técnicas. Los factores escogidos para su inclusión son también una reflexión de la representación de



EXTRAPOLACION DE TENDENCIAS Y ALGUNOS DE SUS INCONVENIENTES

causas y efecto que se hacen los constructores de modelos y quizás pueda - - - atribuirse demasiada confianza a la acción de los factores que pueden medirse fácilmente en detrimento de aquellos que no pueden medirse con tanta facilidad. Pero estos modelos tienen un valor particular en el proceso de planificación ya que, una vez que se han preparado, es asunto relativamente sencillo - evaluar la sensibilidad de los pronósticos a los diferentes factores y a los efectos de diversos criterios. Tal como está indicado en el manual de previsión, el uso efectivo del método econométrico queda restringido a un número limitado de aeropuertos, debido a la disponibilidad de datos, disponibilidad de recursos y a la naturaleza especializada de muchas operaciones.

Las encuestas de mercado son métodos utilizados para obtener datos primarios de las fuentes de demanda de instalaciones aeroportuarias: los propios usuarios. Las encuestas son probablemente el único método idóneo para aplicación universal, y las encuestas de los pasajeros, expedidores y líneas aéreas pueden constituir un instrumento muy valioso para el planificador de aeropuertos. Sin embargo, las encuestas satisfactorias y bien fundamentadas dependen de cuestiones estructuradas apropiadamente, de la eliminación de distorsiones y finalmente, sobre todo, de la competencia de quienes organicen y lleven a efecto las encuestas. Las encuestas son también relativamente caras. Las encuestas de mercado han sido utilizadas: directamente en el proyecto de aeródromos; para reducir las distorsiones subjetivas de otros métodos de pronosticación, verificando las teorías; y como base para la pronosticación del tráfico aeroportuario. Este último método ha sido preparado particularmente por la Administración Portuaria de Nueva York, además Howard en su libro habla de alguna de las técnicas y programa de encuesta de aquélla. Aunque las necesida -

des de Nueva York son bastante más amplias y detalladas de lo que podrían ne cesitarse para nuestro país, los principios y métodos serían similares.

Como se menciona en el manual de previsión, para países en vías de desa - rrollo, una forma de abordar la cuestión consiste en basar los pronósticos - en estudios de mercado incluyendo el examen de la evolución de la estructura de la actividad económica del país, su política en materia de turismo y la - estructura de su comercio.

Cualesquiera que sean los métodos seleccionados, es probable que la reco - pilación y análisis de los datos (tales como la prueba de su validez y su - rectificación) consumirán la mayor parte del tiempo dedicado a la actividad de pronosticación.

Como se ha mencionado anteriormente, y dentro de los límites de los re - cursos disponibles, al producir el pronóstico es útil utilizar más de un mé - todo. Tanto si se utilizan uno o varios métodos, es esencial que se regis - tren en forma clara y explícita las suposiciones, datos utilizados y la téc - nica, o técnicas, en las que se basa cada pronóstico. Todo ajuste efectuado a base de apreciaciones personales debería estar claramente indicado.

Los pronósticos deberían presentarse en forma coherente, que permita su actualización periódica. Si es posible, los pronósticos deberían examinarse anualmente, y, si es necesario, deberían ser revisados (posiblemente con vig - tas a la revisión de aspectos generales o específicos del plan general). - Las divergencias entre los pronósticos y los datos reales, o los cambios an -

ticipados en las suposiciones relativas a los factores de influencia puede -
surgir la necesidad de revisar el método de pronosticación, así como también
los pronósticos.

PREVISION MEDIANTE
LA
PROYECCION DE TENDENCIAS

Una operación inicial lógica para prever la actividad del tráfico aéreo consiste en estudiar los datos reunidos en el pasado (serie cronológica) y analizar la tendencia de su evolución. En este capítulo se describen en términos generales los métodos para aislar una tendencia, que es el movimiento uniforme de una serie cronológica en el transcurso de un espacio de tiempo prolongado. Una vez que se ha conseguido aislar la tendencia de una variable, puede utilizarse como base de previsión. Este procedimiento, consiste en una extrapolación de la tendencia, supone que cualesquiera que sean los factores que determinen la magnitud del tráfico, seguirán actuando en el futuro de la misma manera que lo hicieron en el pasado, con la excepción de que puede alcanzarse un nivel de saturación a partir del cual el tráfico aéreo dejará de crecer. La utilización del análisis de las tendencias en la labor de previsión dependerá en gran manera de la confianza que tenga el pronosticador en la validez de dicho supuesto con respecto a su problema de previsión.

El procedimiento más corriente para determinar la tendencia de una serie cronológica consiste en situar los datos correspondientes a dicha serie en un papel milimétrico normal. La función del tráfico que quiere preverse (variable dependiente) se mide sobre el eje vertical y el tiempo (variable independiente) se refiere al eje horizontal. Una vez situados cada uno de los puntos de la serie cronológica podrá trazarse a mano una curva con los puntos fijados. Dicha curva da una idea preliminar del tiempo de la evolución. Aparecerá una tendencia cuando el ritmo de crecimiento tienda a ser estable en valor absoluto o porcentual, cuando el porcentaje del ritmo de crecimiento haya venido disminuyendo gradualmente a través de los años o

aun cuando exista una indicación más acusada de saturación. Basándose en estas presentaciones, se podrá elegir el tipo de curva que sea más representativo y, con ello, trazar una proyección de la tendencia.

Cuando la tendencia parezca indicar que la variable dependiente aumenta o disminuye según una constante a través del tiempo, la curva que se ajustaría a dichos datos sería una línea recta. La línea recta, expresada en forma de $y=a+bx$, en la que "y" es la variable objeto de la previsión, "x" el tiempo y "a" y "b" son constantes, constituye la curva de la tendencia más sencilla, pero muchas veces no representa la tendencia de la evolución del tráfico aéreo.

Cuando la tendencia parezca indicar que la variable dependiente varía según un porcentaje constante a medida que varía la variable independiente (tiempo), la curva correspondiente será una curva exponencial. La ecuación de la curva exponencial viene dada por $y=ab^x$, en la que "y" es la variable que debe preverse, "x" el tiempo y "a" y "b" son constantes. Una característica interesante de la función exponencial es que cuando se saca el logaritmo de las variables se obtiene una función lineal: $\log y = \log a + x \log b$. Muchas veces resulta más fácil trazar las variables en papel de cuadrícula logarítmica cuando se espera llegar a una tendencia exponencial, ya que la curva vendrá expresada por una línea recta en dicho papel y, por lo tanto, es más fácil distinguir.

En materia de transporte aéreo se observa algunas veces que cuando una ruta lleva tiempo establecida, la tendencia a largo plazo (de 10 a 20 años)

es que el porcentaje anual de crecimiento vaya disminuyendo gradualmente. -
 Bo Björkman utilizó una curva de tendencia en la que se tenía en cuenta este
 hecho al hacer la proyección, para preverse el volúmen de tráfico en las ru-
 tas de Europa. La expresión de dicha curva es la siguiente:

$$T_i = T_s \left[\frac{y_i - y_0}{y_s - y_0} \right]^2$$

en la que: T_i = Volúmen de tráfico correspondiente al año y_i

T_s = Volúmen de tráfico correspondiente al año y_s

y_i = Cualquier año futuro

y_s = Primer año objeto de la previsión

y_0 = Año en que se inició el servicio con una frecuencia razonable

Dicha curva de tendencia queda situada entre la línea recta y la curva
 exponencial. El crecimiento anual aumenta en valor absoluto pero disminuye
 la expresión de su porcentaje.

Se observa que, a veces, una serie que experimenta un rápido ritmo de -
 aumento en un período de tiempo dado acaba finalmente por estabilizarse, -
 llegando a un límite superior en determinado punto. Este concepto de nivel
 de saturación puede introducirse directamente en la ecuación de una curva de
 tendencia exponencial, agregando una constante (K) a la ecuación. Dicha -
 ecuación se escribirá entonces, $y = k + ab^x$. Según los valores que adquieran -
 "a" y "b", esta curva puede revestir distintas formas. Cuando "a" signo ne-
 gativo, "k" se convierte en el límite superior al que se aproximará y con el
 tiempo, pero nunca superará.

Una característica común de las curvas exponenciales y de las curvas exponenciales modificadas, es que la relación entre las primeras diferencias sucesivas es constante e igual a lo descrito en el párrafo anterior. Se antiende por primera diferencia la del valor de "y" en dos períodos sucesivos que suele ser de un año. Para ilustrar esta propiedad, supongamos el número de pasajeros transportados en una ruta determinada durante años sucesivos. - La diferencia entre el número de pasajeros transportado en 1970 y el número de pasajeros transportado en 1969, dividida por la diferencia entre las cifras correspondientes a 1969 y 1968, dará un cociente determinado. Si la evolución del tráfico es exponencial o exponencial modificada, este cociente será el mismo cualesquiera que sea la serie de años sucesivos elegidos, y será igual a "b" en la fórmula representativa de las curvas de tendencias.

Hay otras curvas de crecimiento que se aproximan asintóticamente al lí-mite superior, que son la curva logística (también llamada curva de Pearl - Reed) y la curva Gompertz. La curva logística adopta la forma $\frac{1}{y} = k + bc^x$, es decir, $\frac{1}{y}$ está relacionada con el tiempo (x) de la misma manera que "y" está relacionada con el tiempo en la curva de exponencial modificada. Sin embar-go a pesar de esta diferencia fundamental, el tipo de crecimiento puede ser similar en ambos casos cuando los signos y magnitud de la constante sean distintos.

La curva de Gompertz da resultados parecidos a los de la curva logísti-ca y tiene la forma de $y = ka^{bx}$. En esta curva, las primeras diferencias de - los logaritmos de los valores de "y" varían según un porcentaje y la constante "k" se convierte en el límite de asíntota. En otras palabras, las prime-

ras diferencias de los logaritmos de los valores de "y" son lineales con relación al tiempo. Esta ecuación se puede escribir en logaritmos de la manera siguiente:

$$\log y = \log k + (\log a) (b^x)$$

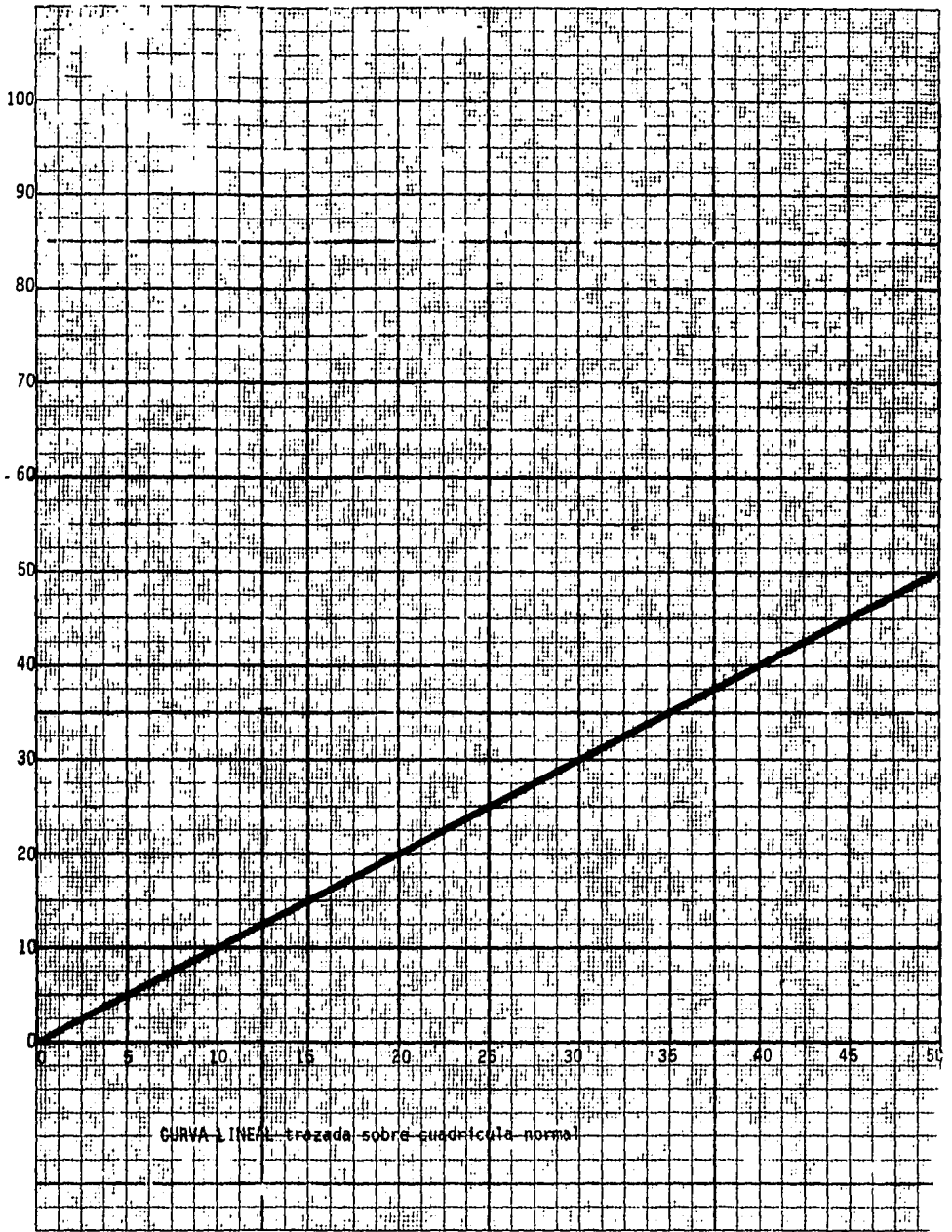
haciendo $\log y = \hat{y}$, $\log k = \hat{k}$, $\log a = \hat{a}$, la ecuación se transforma en:

$$\hat{y} = \hat{k} + \hat{a}b^x$$

adquiriendo la misma forma que la curva exponencial modificada.

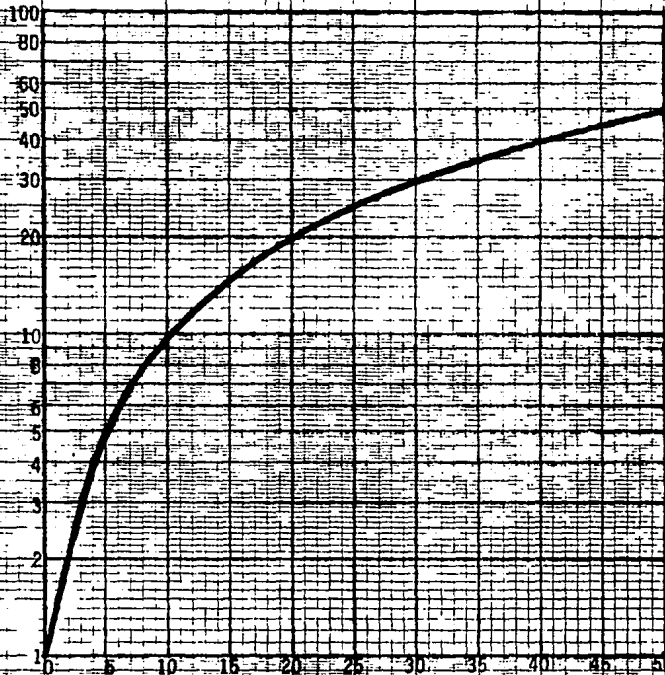
Las curvas lineal, exponencial, logística y de Gompertz, vienen representadas gráficamente en las figuras de las páginas siguientes.

Para series muy largas puede ser necesario combinar dos o más tipos de curvas de tendencias. Algunas de las curvas presentadas anteriormente tienen a una estabilización o límite superior que parece ser muy razonable. Sin embargo, después de esta estabilización, las series pueden experimentar una etapa de rápido crecimiento o bien disminuir indefinidamente y aún desaparecer. La tendencia evolutiva puede sufrir un cambio radical, por ejemplo, en períodos de disturbios o debido a la influencia de grandes adelantos técnicos. Estas consideraciones indican que es posible distinguir dos o más tipos de tendencias, especialmente si las series son largas. A pesar de ello, la mayor parte de las curvas de tendencia obtenidas en la previsión del transporte aéreo son lineales o exponenciales. Estas últimas son las que se utilizan con mayor frecuencia y generalmente se presentan como una relación lineal de los logaritmos de las variables. Las otras relaciones indicadas anteriormente pueden ser útiles en circunstancias especiales, como por

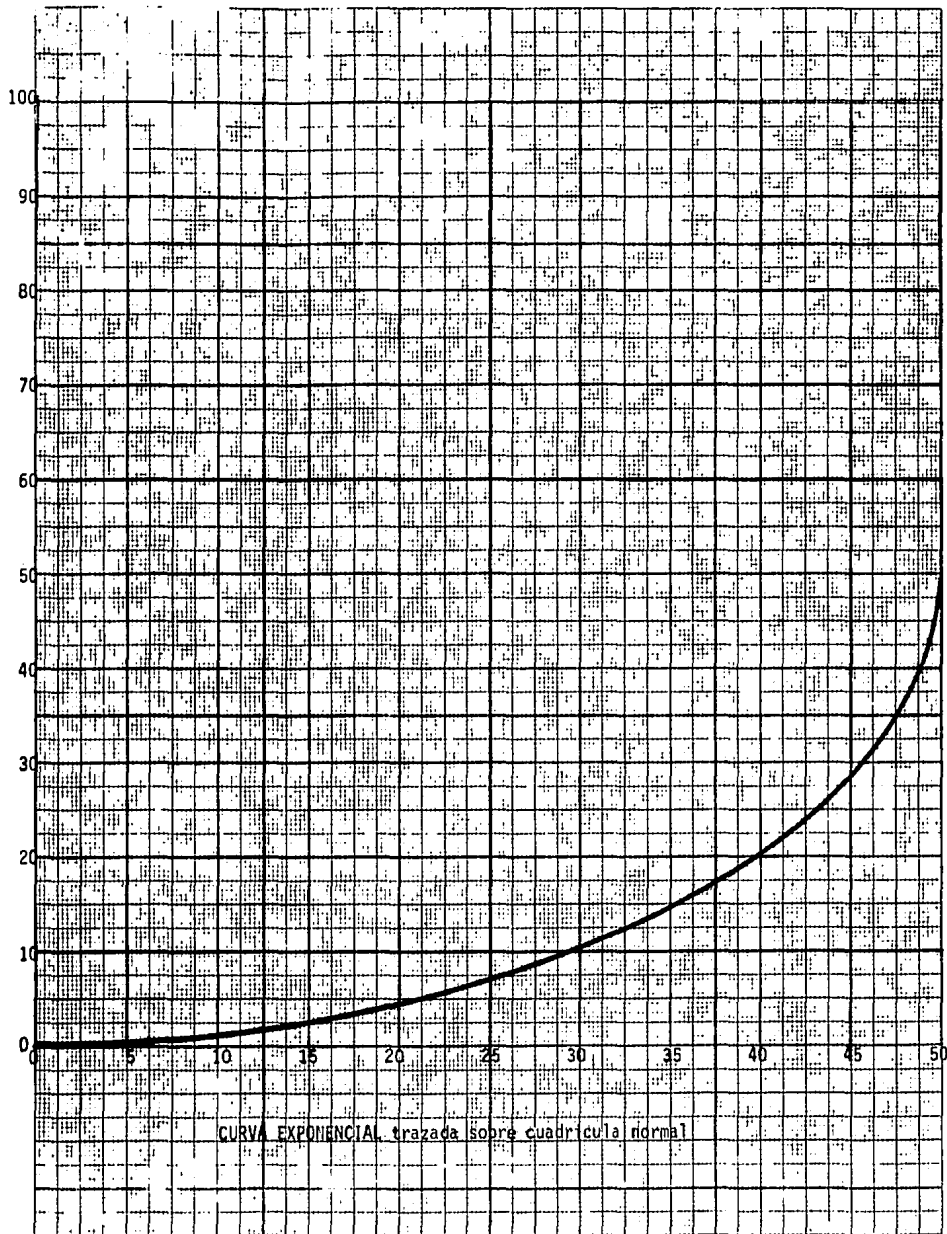


CURVA LINEAL trezada sobre quadricula normal

ESTA TESIS NO DEBE SALIR DE LA BIBLIOTECA

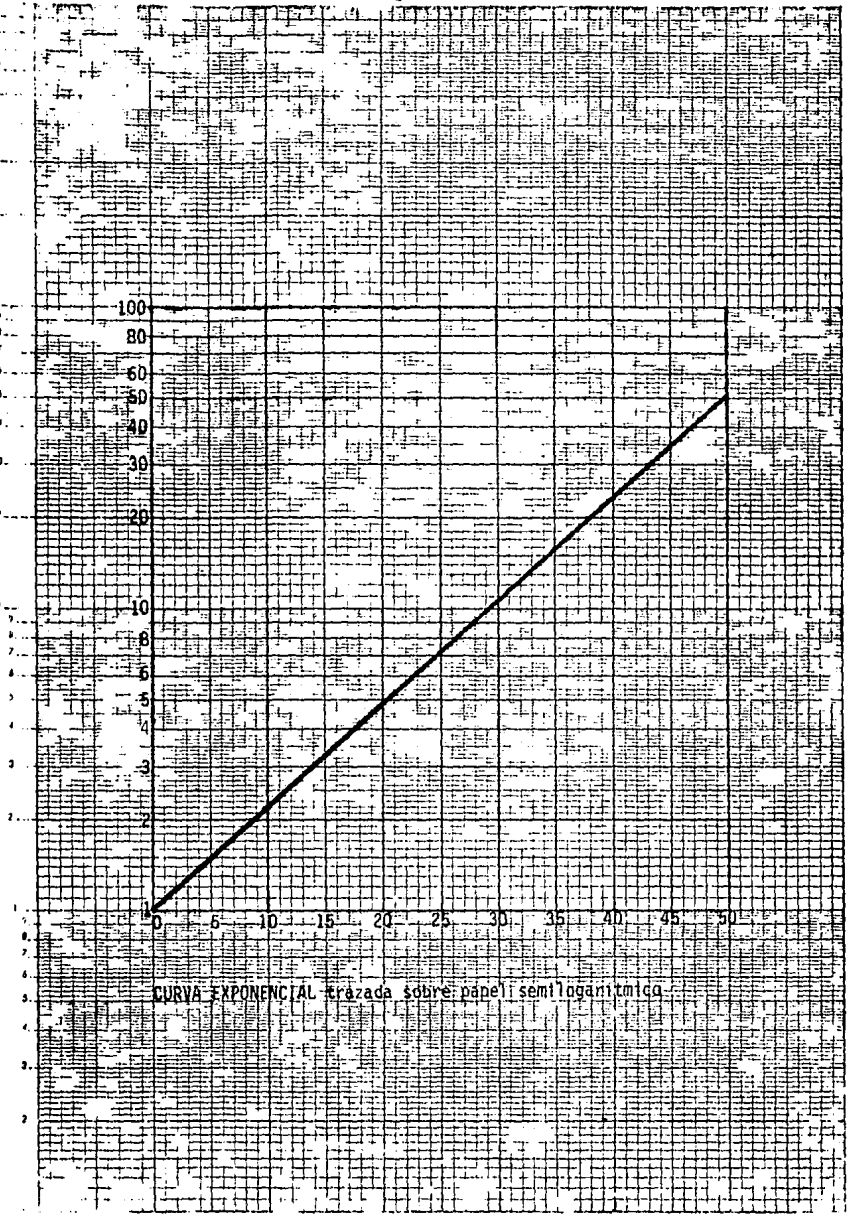


CURVA LINEAL trazada sobre papel semi-logarítmico

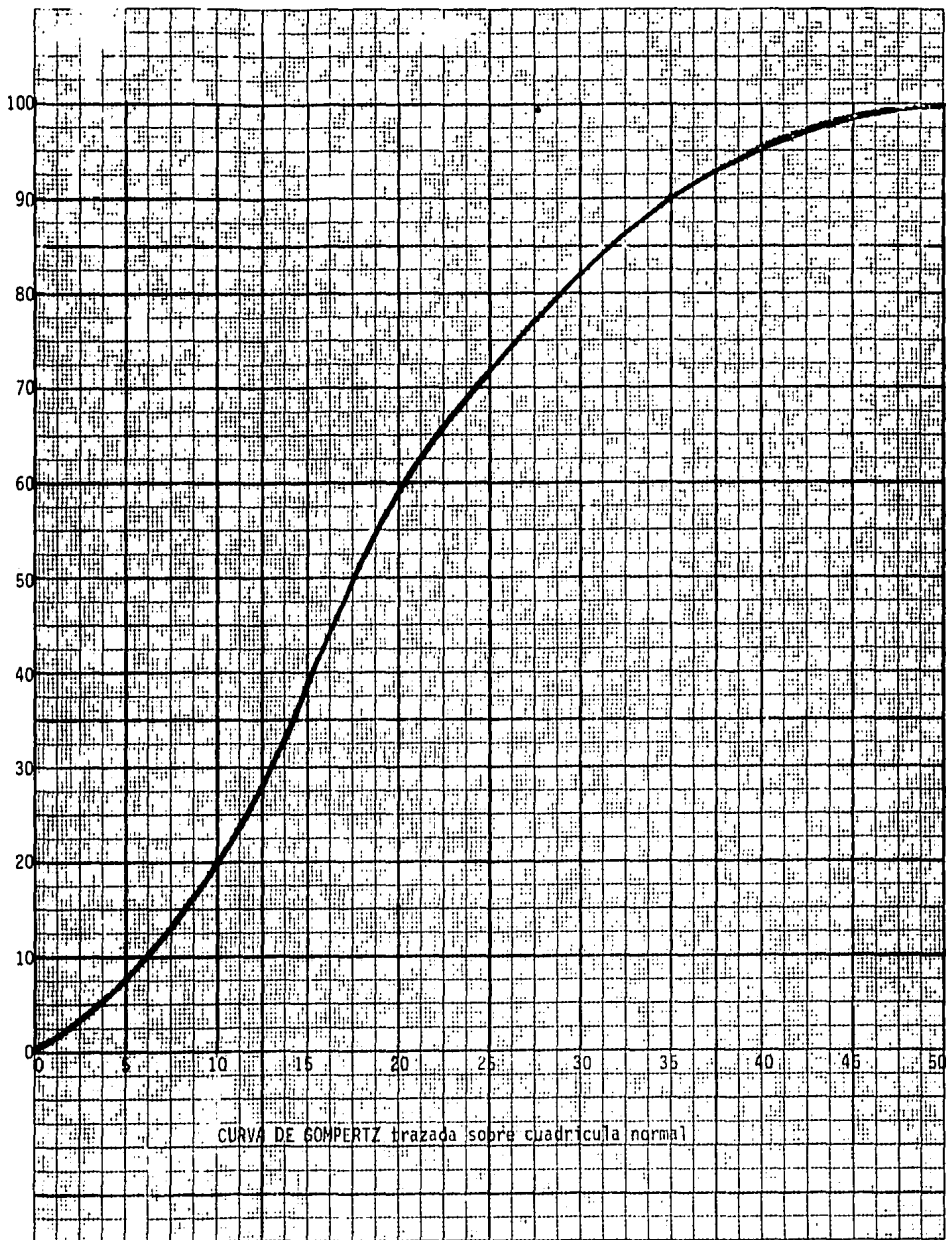


CURVA EXPONENCIAL, trazada sobre cuadrícula normal

SE-40 (m. No. 0 + CILINDRO + 20 + 100)

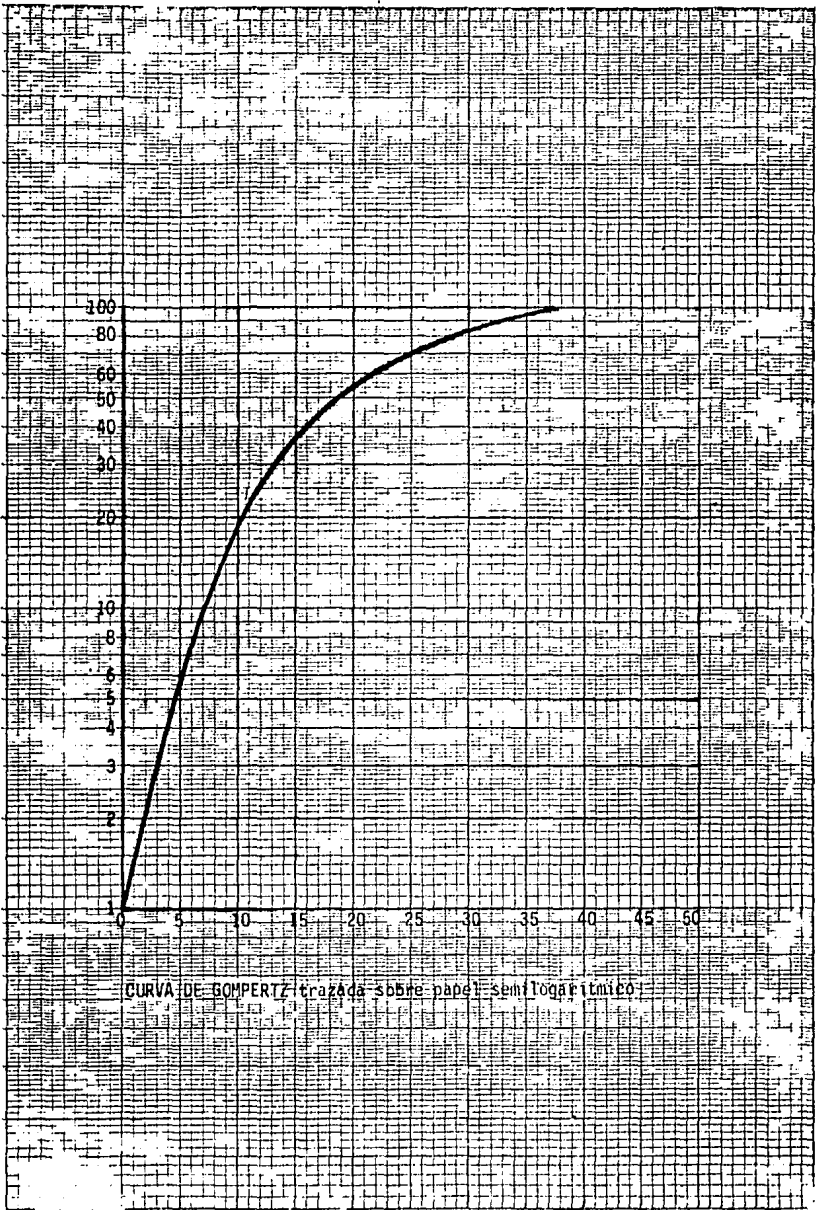


CURVA EXPONENCIAL trazada sobre papel semi-logaritmico

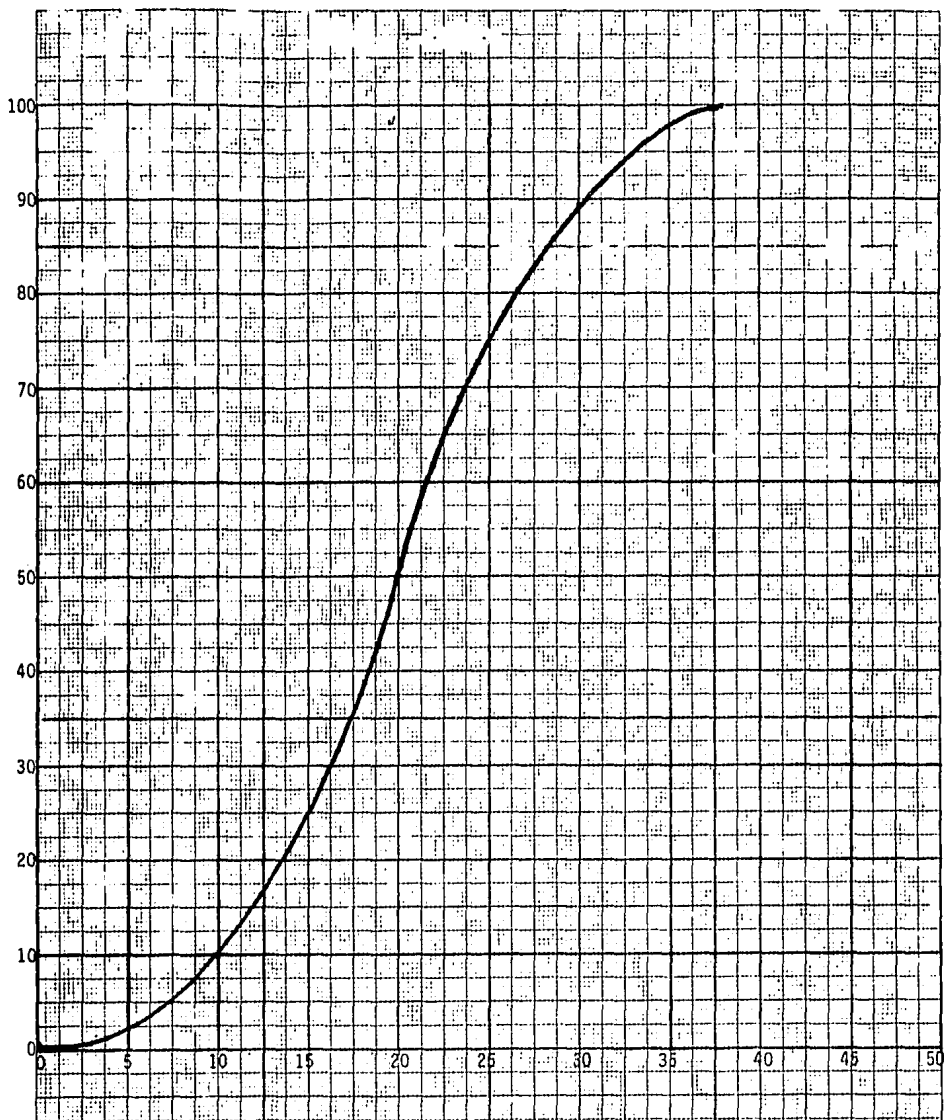


CURVA DE GOMPERTZ trazada sobre cuadrícula normal

SEMIOLOGARITMICO 4 CIRCULOS x 10 DIVISIONES

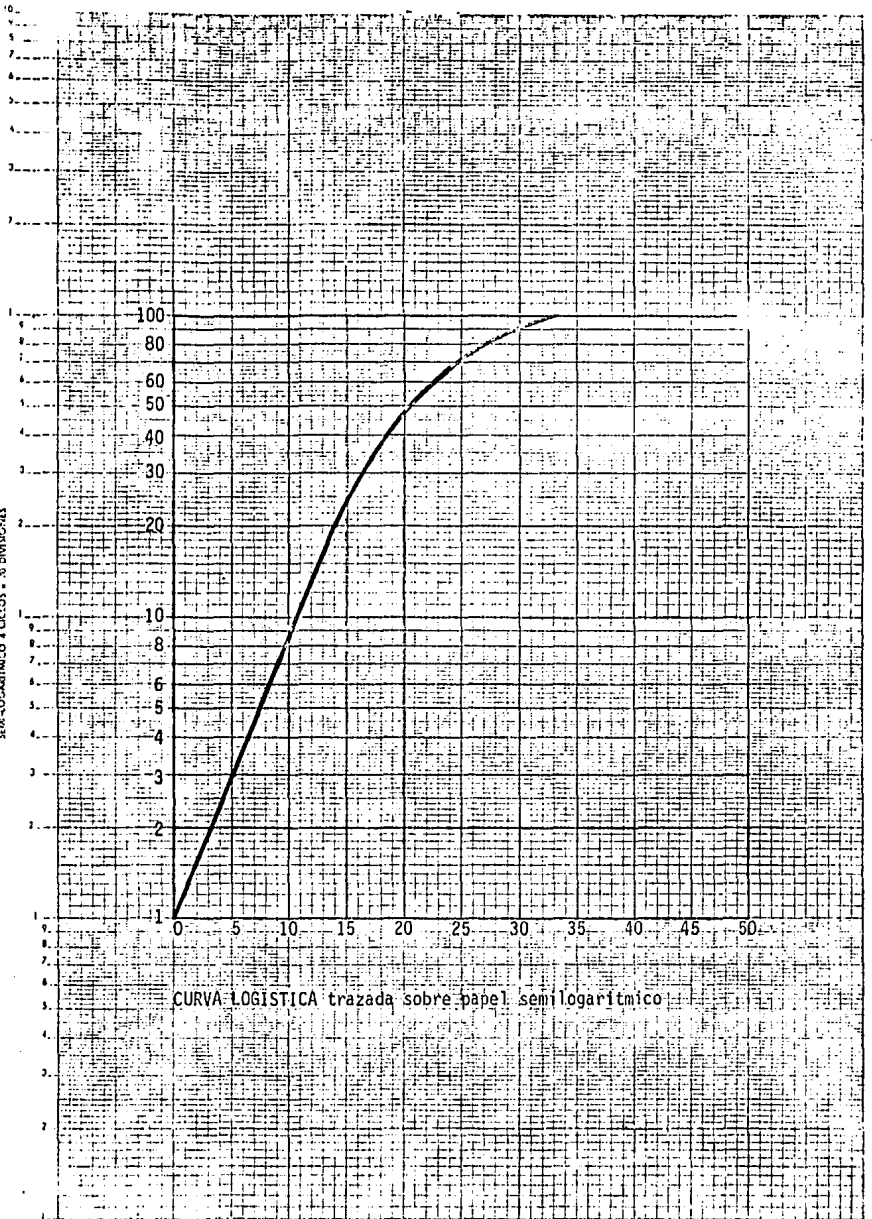


CURVA DE GOMPERTZ trazada sobre papel semilogaritmico



CURVA LOGISTICA trazada sobre cuadrícula normal

SEM-LOGARITMICO * CICLOS * W DIVISIONES



CURVA LOGISTICA trazada sobre papel semi-logaritmico

ejemplo al describir el tráfico en una ruta bien desarrollada o al prever la tendencia a largo plazo en materia de viajes.

El examen inicial del tipo de curva de tendencia que mejor se ajusta a una serie cronológica de datos de tráfico puede llevarse a cabo utilizando - distintos tipos de papel milimetrado y trazando los datos de formas distintas. Trazando los datos en papel cuadrículado ordinario el crecimiento lineal vendrá representado por una línea recta. El crecimiento exponencial - aparecerá como línea recta en un papel logarítmico (la escala del tiempo lineal y la escala del tráfico logarítmica). El trazado en papel logarítmico indicará también si el porcentaje de aumento tiende a disminuir gradualmente con el tiempo.

También pueden hacerse trazados de las diferencias anuales en papel logarítmico para ver si la tendencia histórica de la evolución del tráfico vendría representada por una curva exponencial modificada, una curva logística o una curva de Gompertz. Para una explicación detallada de estos ensayos, - consúltense los libros de texto correspondientes.

Una vez situados los datos en un papel cuadrículado y trazada la curva de tendencia que parece ajustarse a aquéllos, el pronosticador deberá simple mente prolongar la curva hasta el período futuro objeto de la previsión. A partir de dicha curva pueden entonces obtenerse los datos correspondientes, que podrán presentarse en forma de tabla. Sin embargo, ocurre muchas veces que este procedimiento es demasiado basto a los efectos de la previsión.

Una dificultad evidente de dicho procedimiento es la falta de una norma objetiva para determinar que curva de tendencia se ajusta mejor a los datos. De basar el trazado en la apreciación visual del pronosticador, es probable que distintos pronosticadores presenten curvas distintas para los mismos datos.

La determinación objetiva de la curva mejor adoptada se convierte en una tarea relativamente sencilla cuando es posible suponer que la línea recta es la mejor representación de la tendencia de la serie cronológica en estudio. No importa que la relación lineal se de entre las propias variables o entre sus logaritmos ya que el procedimiento es el mismo en ambos casos. Por ejemplo, si la relación es lineal para los logaritmos de las variables (es decir, se trata de una curva exponencial) pueden sustituirse los términos "x" y "y" por "log x" y "log y".

Para indicar el cálculo de la línea mejor adaptada, se ha elegido una serie de datos cronológicos de un valor puramente ilustrativo. La serie está constituida por el número total de pasajeros embarcados y desembarcados en el aeropuerto de Guadalajara, Jal., en vuelos internacionales, de 1970 a 1980. En la siguiente hoja se representan gráficamente dichos datos. El problema consiste en elegir una línea recta que se acerque lo más posible a cada uno de los puntos de la figura.

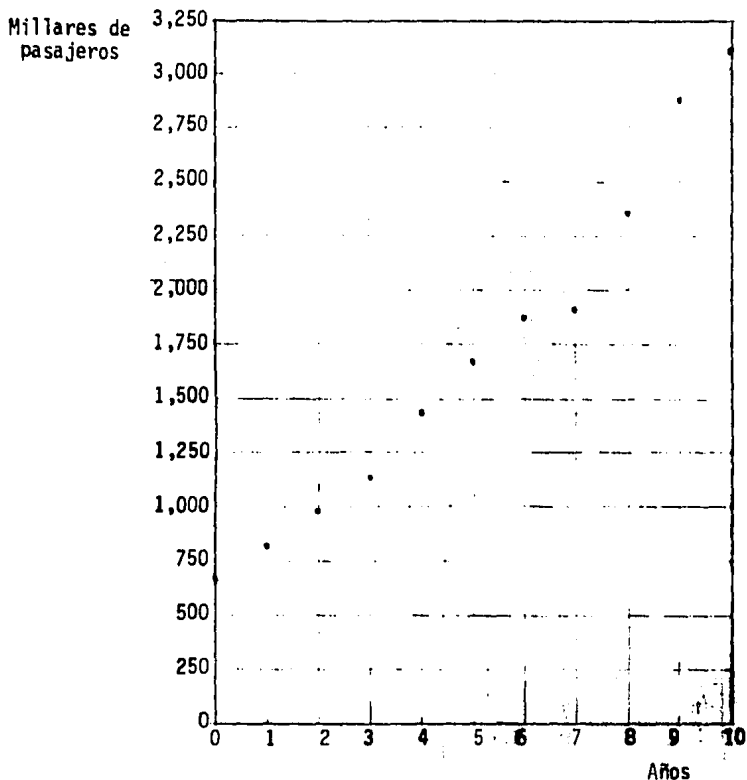
El método más utilizado actualmente para determinar la línea de mejor adaptación se conoce con el nombre de "Método de los cuadrados mínimos", que fué ideado en el siglo diecinueve por el Matemático francés Adrien Legendre.

La ley de los cuadrados mínimos postula que la línea que mejor se adapta a los datos de la muestra es aquella en que la suma de los cuadrados de las desviaciones verticales (distancias) de los puntos a la línea es mínima. El motivo de elegir el mínimo de la suma de los cuadrados de las desviaciones y no simplemente la suma de éstas, se debe a que algunas de las desviaciones son positivas (caen por encima de la línea) y otras negativas (quedan por debajo de la línea), con lo que aún cuando se tratara de desviaciones grandes su suma sería cero, a no ser que se eleven al cuadrado.

Podemos plantear de nuevo el problema en términos resumidos. Dados los datos de la muestra, y tratando de obtener una línea recta expresada en forma de $y=a+bx$ que represente de la mejor manera posible la tendencia de los datos, deberán encontrarse unos valores de "a" y "b" tales, que la suma de los cuadrados de las distancias de los puntos de la muestra a la línea, sea la mínima.

En la regresión simple hay dos variables: la variable objeto de la previsión "y" llamada variable dependiente y la variable en que se basa la previsión "x" llamada variable independiente. Los términos dependiente e independiente indican que la variable "y" depende de la variable "x", pero que la variable "x" es independiente de la variable "y". La regresión lineal simple puede utilizarse tanto con los datos de una serie cronológica como con datos de una serie simultánea, siempre que exista una sola variable independiente.

La ecuación de previsión para la regresión lineal simple es:



Número total de pasajeros embarcados y desembarcados en el aeropuerto internacional de Guadalajara Jalisco, 1970-1980.

Año	x	y(en millares)
1970	0	681
1971	1	803
1972	2	974
1973	3	1,186
1974	4	1,446
1975	5	1,648
1976	6	1,848
1977	7	1,898
1978	8	2,329
1979	9	2,868
1980	10	3,103

$$y' = a + bx$$

Es improbable que esta ecuación se ajuste exactamente a los datos de la muestra; aparecerán siempre algunos errores o desviaciones. Dichos errores pueden representarse por la variable "u", que adquirirá los valores de $u_1, u_2, u_3, \dots, u_n$, siendo "n" el número de observaciones de la muestra.

La ecuación indicada anteriormente puede formularse utilizando los términos de los valores reales de "y" dados en la muestra "y" en lugar de los términos de los valores previstos "y'":

$$y = a + bx + u \quad (\text{siendo el valor medio de "u" igual a cero tendremos})$$

$$y_1 - y'_1 = u_1 = y_1 - a - bx_1$$

$$y_2 - y'_2 = u_2 = y_2 - a - bx_2$$

$$\cdot \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot$$

$$\cdot \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot$$

$$\cdot \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot$$

$$y_n - y'_n = u_n = y_n - a - bx_n$$

Es decir, "u" es la medida de las desviaciones de los valores previstos, e "y'" de los valores observados en la muestra "y".

El problema estriba en encontrar los valores de "a" y "b" correspondientes al mínimo de la suma de los cuadrados de las desviaciones definidas por la variable "u".

Supongamos que la variable "D" representa la suma de los cuadrados de -

$$D = u_1^2 + u_2^2 + u_3^2 + \dots + u_n^2$$

$$D = (y_1 - a - bx_1)^2 + (y_2 - a - bx_2)^2 + \dots + (y_n - a - bx_n)^2$$

Puede demostrarse que el valor mínimo de D se obtiene calculando "a" y "b" de la siguiente forma:

$$a = \frac{\sum x^2 \cdot \sum y - \sum x \cdot \sum xy}{n \cdot \sum x^2 - (\sum x)^2}$$

$$b = \frac{n \cdot \sum xy - \sum x \cdot \sum y}{n \cdot \sum x^2 - (\sum x)^2}$$

Para ilustrar el cálculo de "a" y "b" se indican todas las operaciones necesarias en la tabla siguiente, utilizando los datos del aeropuerto de - Guadalajara, Jal., indicados anteriormente.

Antes de empezar, existe una simplificación que puede utilizarse cuando se trata de datos de una serie cronológica. La variable "y" es el tráfico internacional anual del aeropuerto de Guadalajara expresado en millares y la variable "x" representa los años 1979 a 1980. Los valores de la variable "x" constituyen una progresión aritmética, por lo que puede asignársele valores arbitrariamente pequeños para facilitar el cálculo. Asignemos el valor "0" a 1970, uno a 1971, etc., con lo que el año 1980 será el número "10". El cálculo de "a" y "b" de acuerdo con esta simplificación es el siguiente:

AÑO	x	y	xy	$\sum x^2$	$\sum y^2$
1970	0	681	0	0	463,761
1971	1	803	803	1	644,809
1972	2	974	1,948	4	948,676

1973	3	1,186	3,558	9	1'406,596
1974	4	1,446	5,784	16	2'090,916
1975	5	1,648	8,240	25	2'715,904
1976	6	1,848	11,088	36	3'415,104
1977	7	1,898	13,286	49	3'602,404
1978	8	2,329	18,632	64	5'424,241
1979	9	2,868	25,812	81	8'225,424
1980	10	3,103	31,030	100	9'628,609
	<u>55</u>	<u>18,784</u>	<u>120,181</u>	<u>385</u>	<u>38'566,444</u>

$$n = 11 \quad ; \quad y = 18,784 \quad ; \quad xy = 120,181$$

$$\Sigma x^2 = 385 \quad ; \quad x = 55 \quad ; \quad (x)^2 = 3,025$$

$$a = \frac{385(18,784) - 120,181(55)}{11(385) - 3,025} = \frac{7'231,840 - 6'609,955}{4,235 - 3,025} = 513.95$$

$$b = \frac{11(120,181) - 55(18,784)}{11(385) - 3,025} = \frac{1'321,991 - 1'033,120}{4,235 - 3,025} = 238.74$$

De acuerdo con los datos de la muestra del aeropuerto de Guadalajara, - la ecuación $y' = 513.95 + 238.74 x$ satisface la norma de los cuadrados mínimos.

De acuerdo con la ecuación anterior habría habido 513.95 millares de - pasajeros en 1970 ($y' = 513.95 + 238.74(0)$); 1,707.65 millares de pasajeros en 1965 ($Y = 513.95 + 238.74(5)$) y 2,901.35 millares de pasajeros en 1980 - - - ($Y = 503.95 + 238.74(10)$).

Si bien dicha ecuación ofrece la expresión lineal que más se ajusta a los datos, cabe poner en duda la validez de la relación lineal. Por ejemplo el valor previsto para 1960 es de 2,901.35 millares de pasajeros, mientras que el número real fué de 3,103 millares, diferencia de 202 mil pasajeros que supone un 6.5%. Dado que la diferencia es bastante grande, se induce que los datos de la muestra tal vez no vengan representados con demasiada exactitud por una relación lineal. Para medir la bondad de la relación lineal deberán calcularse los coeficientes de determinación y correlación.

Llamaremos al coeficiente de correlación con la variable "r" y el cuadrado de dicha cantidad " r^2 " lo llamaremos coeficiente de determinación. Cuando los datos se adaptan mal, el coeficiente de correlación "r" se acercará a cero. Cuando se adapten bien, el coeficiente se acercará a +1 ó -1.

Para comprender el concepto del coeficiente de determinación resulta útil tener en cuenta la igualdad siguiente:

$$(y - \bar{y}) = (y - y') + (y' - \bar{y})$$

en la que "y" es el valor de la muestra " \bar{y} " es el valor medio de las variables dependientes de la muestra y "y'" es el valor de la variable dependiente previsto por la línea de los cuadrados mínimos.

La expresión $(y - \bar{y})$ indica el error total (desviación total) porque es el error entre el valor real de la muestra de "y" y la media aritmética " \bar{y} ", que es el estimador de y, cuando no se utiliza una línea de regresión.

La expresión $(y' - \bar{y})$ se llama error explicado, porque representa el error eliminado cuando la línea de regresión se ajusta a los puntos.

Finalmente, la expresión $(y - y')$ es el error no explicado, porque es el error que queda todavía después de ajustar la línea de regresión.

De esta manera, cada punto puede descomponerse de la forma siguiente:

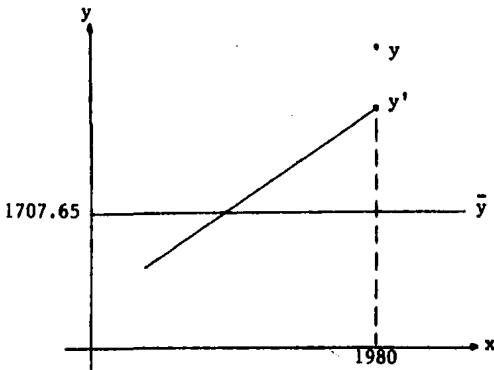
Error total = error no explicado + error explicado.

En la gráfica siguiente indica cada uno de estos componentes para el año de 1970. Por lo tanto:

$$(y - \bar{y}) = (y - y') + (y' - \bar{y})$$

para cada una de las observaciones de la muestra, o bien

$$\Sigma(y - \bar{y}) = \Sigma(y - y') + \Sigma(y' - \bar{y})$$



para toda la muestra. Elevando al cuadrado los dos términos de la ecuación para eliminar los signos negativos, obtendremos:

$$\Sigma(y - \bar{y})^2 = \Sigma(y - y')^2 + \Sigma(y' - \bar{y})^2$$

La expresión $\Sigma(y - \bar{y})^2$ se llama suma total de los cuadrados y la ecuación anterior indica que puede dividirse en: la expresión $\Sigma(y - y')^2$, que se llama la suma no explicada de los cuadrados y la expresión $\Sigma(y' - \bar{y})^2$, es la suma explicada de los cuadrados.

Como la relación que nos interesa se establece entre la suma explicada de los cuadrados y la suma total de los cuadrados, ambos miembros de la ecuación pueden dividirse por $\Sigma(y - \bar{y})^2$ con lo que obtendremos:

$$1 = \frac{\Sigma(y - y')^2}{\Sigma(y - \bar{y})^2} + \frac{\Sigma(y' - \bar{y})^2}{\Sigma(y - \bar{y})^2}$$

El coeficiente de muestra de determinación (r^2) se define como:

$$r^2 = \frac{\Sigma(y' - \bar{y})^2}{\Sigma(y - \bar{y})^2}$$

$$r^2 = \frac{\text{suma total explicada de los cuadrados}}{\text{suma total de los cuadrados}}$$

La raíz cuadrada de esta expresión (es decir, r) se llama coeficiente de correlación de la muestra y tiene el mismo signo que el coeficiente de regresión "b".

El valor r^2 indica la relación relativa de la suma total de los cuadrados (error total) cuando se ajusta una línea de regresión. Por ejemplo, cuando $r^2=0.70$; significa que ha habido una reducción del 70% de la suma total de los cuadrados (error total) al ajustar la línea de regresión. Así, r^2 indica el grado de mejora obtenido al ajustar la línea de regresión.

Para calcular el coeficiente de correlación de la muestra resulta más fácil valerse de la fórmula siguiente:

$$r = \frac{n \sum xy - (\sum x)(\sum y)}{\sqrt{[n \sum x^2 - (\sum x)^2][n \sum y^2 - (\sum y)^2]}}$$

El coeficiente de determinación de la muestra " r^2 " se obtiene elevando al cuadrado al resultado anterior

El valor de " r " en nuestro ejemplo de Guadalajara es:

$$r = \frac{11(120,181) - 55(18,784)}{\sqrt{[11(385) - (55)^2][11(38'566,444) - (18,784)^2]}}$$

$$r = \frac{288,871}{296,222} = 0.975$$

$$r^2 = (0.975)^2 = 0.95$$

Puede afirmarse, pues, que con la ecuación $y' = 513.95 + 238.74x$, se obtiene una mejora aproximada del 95% en la previsión del tráfico total del aeropuerto de Guadalajara, Jal., 1970-1980.

Cabe señalar que aun siendo el valor de " r^2 " muy elevado, el error obtenido al prever el tráfico de 1980 al utilizar la ecuación de los cuadrados mínimos fué aproximadamente del 6.5% como ya se vió. De ello se infiere que, por lo menos para las series cronológicas, se necesita un elevado coeficiente de determinación para obtener una previsión precisa. Como la figura de la página 7 parecía mostrar una tendencia exponencial, se ajustó este ti-

po de curva a los datos del aeropuerto de Guadalajara. La curva exponencial permitió expresar la ecuación: $\log y = 2.8447 + 0.0631x$, que arrojó un valor de $r^2 = 0.96$. El tráfico previsto para 1980 de acuerdo con esta ecuación fué de aproximadamente 2,990.20 millares de pasajeros, lo que supone un error del 3.6%. Es evidente, por lo tanto, que la tendencia exponencial se ajusta mejor a los datos del aeropuerto de Guadalajara.

Es aconsejable someter tanto el coeficiente "b" como el coeficiente de determinación " r^2 " a una prueba de dependencia. Podría ocurrir que los datos de la muestra analizada estuvieran relacionados por casualidad y que de ampliarse suficientemente la muestra se observaría que "x" y "y" no guardan ninguna relación entre sí. La prueba de relación indica la probabilidad de que dicha relación se produzca al azar. Otra manera de resolver el problema consiste en calcular el intervalo de fiabilidad de los coeficientes "a" y "b". Las pruebas de dependencia y los intervalos de fiabilidad vienen explicados en los libros de texto.

El método de los cuadrados mínimos es fácil de aplicar cuando se cree que la línea recta o una curva exponencial son las que mejor se adaptan a una serie cronológica de datos de tráfico. Con respecto a los demás tipos de curvas de tendencia, debe mencionarse que existe un método sencillo para determinar una curva exponencial modificada o de Gompertz que represente una buena aproximación a las series de datos observados.

El procedimiento para utilizar la curva exponencial modificada se basa inicialmente en calcular las diferencias primeras de la variable dependien-

te a partir de los datos de la muestra y después encontrar la relación de - estas diferencias primeras para ver si indican una tendencia a ser constantes. Si además, la curva trazada a mano para ajustarse a los datos de la - muestra tiende a aproximarse a un límite superior o inferior, es conveniente tratar de determinar una curva exponencial modificada.

La ecuación de una tendencia exponencial modificada es $y=kt+ab^x$ (visto anteriormente) y que la relación de las primeras diferencias para esta ecuación viene dada por:

$$\frac{y_3 - y_2}{y_2 - y_1}, \frac{y_4 - y_3}{y_3 - y_2}, \text{ etc., y que son iguales a "b"}$$

Para encontrar los valores de "k", "a" y "b" puede utilizarse el método de puntos seleccionados. Para ello deben seleccionarse tres puntos - - (p_1, p_2, p_3) de los datos de la muestra o de la curva trazada a mano ajustada a los puntos de la gráfica. Si el número de años transcurridos entre - p_1, p_2 y p_3 es "t" respectivamente, la fórmula para los coeficientes será:

$$b^2 = \frac{p_3 - p_2}{p_2 - p_1}; \quad a = \frac{p_2 - p_1}{b^t - 1}; \quad k = p_1 - a$$

A continuación se utilizan unos datos hipotéticos para ilustrar el - - cálculo. Supongamos que p_1, p_2 y p_3 corresponden a los valores de $x=0, x=2$ y $x=4$ respectivamente:

Año	x	y	p_n
1965	0	36	p_1
1966	1	72	
1967	2	84	p_2
1968	3	94	
1969	4	96	p^3
1970	5	97	
1971	6	98	

$$b^2 = \frac{p_3 - p_2}{p_2 - p_1} = \frac{96 - 84}{84 - 36} = \frac{12}{48} = \frac{1}{4}$$

$$a = \frac{p_2 - p_1}{b^2 - 1} = \frac{84 - 36}{\frac{1}{4} - 1} = \frac{48}{-\frac{3}{4}} = -64$$

$$k = p_1 - a = 36 - (-64) = 100$$

$$b = \sqrt{\frac{1}{4}} = \frac{1}{2}$$

La ecuación vendrá expresada por:

$$y' = 100 - 64 \left(\frac{1}{2}\right)^x ; \text{ con origen en } x=0$$

Los valores de "y'" son:

Año	x	y'
1965	0	36

<u>Año</u>	<u>x</u>	<u>y'</u>
1966	1	68
1967	2	82
1968	3	92
1969	4	96
1970	5	98
1971	6	99

La curva de Gompertz puede ajustarse de la misma forma que la curva exponencial modificada si "y", "k" y "a" se convierten primeramente a logaritmos.

P I S T A S

La exposición de criterios y pronósticos a largo plazo proporciona una orientación general para determinar las instalaciones necesarias para satisfacer las futuras demandas del sistema de transporte aéreo. Aunque la demanda se define básicamente en función de los pasajeros y la carga, tiene que expresarse en diversas formas, dependiendo del elemento particular del aeropuerto que se esté considerando. Es necesario hacer consideraciones en cuanto al trazado del aeropuerto, a fin de llegar a una estructura que permita incluir las instalaciones principales requeridas, e incluso prevea su ampliación. Los planes para los aeropuertos deberán limitarse a la fase óptima de desarrollo, con el fin de que no se incurra en grandes gastos adicionales sin obtener ventajas comparables. Sin embargo, con esta condición y a no ser que existan buenas razones para hacer lo contrario, la planificación deberá prever el desarrollo hasta el límite práctico de la capacidad de cada uno de los emplazamientos de aeropuerto.

Debido a las grandes extensiones de terreno que requieren y a su relación con los grandes espacios aéreos necesarios para las operaciones de las aeronaves, las pistas y las calles de rodaje con ellas relacionadas son el punto de partida para considerar el trazado del aeropuerto. Sin embargo, tienen que proyectarse en relación con los otros elementos principales de operación, tales como las zonas de pasajeros y carga, incluyendo plataformas y edificios, estacionamiento de vehículos, accesos por tierra y servicios de tránsito aéreo, etc., con objeto de mantener todas las partes del sistema equilibradas. Este es un proceso que requiere continuas revisiones y ajustes, a fin de obtener una configuración de aeropuerto que ofrezca la máxima eficiencia general. Dado que las pistas y las calles de rodaje son los elementos menos flexibles de un aeropuerto, son las que han de considerarse en

primer lugar.

A continuación se da una breve explicación de los términos más usados - para una mejor comprensión del capítulo presente.

AERODROMO: Area definida de tierra o de agua (que incluye todas sus - edificaciones, instalaciones y equipos) destinada total o - parcialmente a la llegada, salida y movimiento en superficie de aeronaves.

AERA DE ATERRIZAJE: La parte de un área de movimiento que está destinada al aterrizaje o despegue de las aeronaves.

AREA DE MOVIMIENTO: La parte del aeródromo que ha de utilizarse para - el despegue, aterrizaje y rodaje de las aeronaves, integrada por el área de maniobras y las plataformas.

AREA DE SEGURIDAD DE EXTREMO DE PISTA (RESA): Area simétrica respecto a la prolongación del - eje de la pista y adyacente al extremo de la franja, cuyo objeto principal consiste en reducir el riesgo de daños a un avión que efectúe un - aterrizaje demasiado corto o un aterrizaje demasiado largo.

ELEVACION DE AERODROMO: La elevación del punto más alto del área de - aterrizaje.

FRANGIBILIDAD: Características de un objeto que consiste en conservar su integridad estructural y su rigidez hasta una carga máxima conveniente, deformándose, quebrándose o cediendo con el impacto de una carga mayor, de manera que represente un peligro mínimo para las aeronaves.

FRANJA DE PISTA: Una superficie definida que comprende la pista y la zona de parada, si la hubiese, destinada a:

- a) Reducir el riesgo de daños a las aeronaves que se salgan de la pista.
- b) Proteger a las personas que sobrevuelan la pista durante las operaciones de despegue y aterrizaje.

MARGEN: Banda de terreno que bordea un pavimento, tratada de forma que sirva de transición entre ese pavimento y el terreno adyacente.

OBSTACULO: Todo objeto fijo (tanto de carácter temporal como permanente) o móvil, o parte del mismo, que esté situado en un área destinada al movimiento de las aeronaves en tierra o que sobresalga de una superficie definida destinada a proteger a las aeronaves en vuelo.

PISTA: Área rectangular definida en un aeródromo terrestre preparada para el aterrizaje y el despegue de las aeronaves.

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 también llamados aproximaciones de precisión.

- a) Pista para aproximaciones que no sean de precisión, es una pista de vuelo por instrumentos servida por ayudas visuales y una ayuda no visual que proporciona por lo menos guía direccional adecuada para la aproximación directa.
- b) Pista para aproximaciones de precisión de Categoría I: Pista de vuelo por instrumentos servida por ILS y por ayudas visuales destinadas a operaciones hasta una altura de decisión de 60 m (200 pies) y un -

alcance visual en la pista del orden de 800 m.

- c) 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 m (100 pies) y un
alcance visual en la pista del orden de 400 m.
- d) Pista para aproximaciones de precisión de Categoría III: pista de -
vuelo por instrumentos servida por ILS hasta la superficie de la pis
ta y a lo largo de la misma:
- 1) Destinada a operaciones hasta un RVR del orden de 200 m (sin altu
ra de decisión aplicable, utilizando ayudas visuales durante la -
fase final del aterrizaje.
 - 2) Destinada a operaciones hasta un RVR del orden de 50 m (sin altu
ra de decisión aplicable), utilizando ayudas visuales para el ro
daje.
 - 3) Destinada a operaciones en la pista y calles de rodaje sin depen
der de referencias visuales.

PISTA DE VUELO VISUAL: Pista destinada a las operaciones de aeronaves
que utilicen procedimientos visuales para la -
aproximación.

PISTAS PRINCIPALES: Pistas que se utilizan con preferencia a otras - -
siempre que las condiciones lo permitan.

UMBRAL: Comienzo de la parte de la pista utilizable para el aterri
za
je.

UMBRAL DESPLAZADO: Umbral que no está situado en el extremo de la pis
ta.

ZONA LIBRE DE OBSTACULOS: Area rectangular definida en el terreno o en

el agua y bajo control de la autoridad competente, designada o preparada como área adecuada sobre la cual un avión puede efectuar una parte del ascenso inicial hasta una altura especificada.

La Clave de referencia de aeródromo tiene como propósito el proporcionar un método simple para relacionar entre sí las numerosas especificaciones concernientes a las características de los aeródromos, a fin de suministrar una serie de instalaciones aeroportuarias que convengan a los aviones destinados a operar en el aeródromo. La clave está compuesta de dos elementos que se relacionan con las características y dimensiones del avión. El elemento 1 es un número basado en la longitud de campo de referencia del avión y el elemento 2 es una letra basada en la envergadura del avión y en la anchura exterior entre las ruedas del tren de aterrizaje principal.

Tengo que aclarar que la clave de referencia de aeródromo no es la misma a la clave de los aeropuertos por la longitud básica de la pista.

Una determinada especificación está relacionada con el más adecuado de los dos elementos de la clave o con una combinación apropiada de los mismos. La letra o número de la clave dentro de un elemento seleccionado para fines de proyecto, están relacionados con las características del avión crítico para el que se proporcione la instalación. Al aplicar las disposiciones pertinentes del Anexo 14, se indican en primer lugar los aviones para los que se destine el aeródromo y a continuación los dos elementos de la clave.

La clave de referencia de aeródromo - número y letra de clave - que se seleccione para fines de planificación del aeródromo se determinará de acuerdo con las características de los aviones para los que se destine la instalación del aeródromo. Además, los números y letras de referencia de aeródromo tendrán los significados que se les asigna en la tabla 1.

El elemento 1 de la clave se determinará por medio de la tabla 1, columna 1 seleccionando el número de clave que corresponda al valor más elevado de las longitudes de campo de referencia de los aviones para los que se destine la pista. La longitud de campo de referencia del avión se define como la longitud de campo mínima necesaria para el despegue con el peso máximo homologado de despegue con el peso máximo homologado de despegue al nivel del mar, en 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 del avión. En consecuencia, si 1,650 m corresponde al valor más elevado de la longitud de campo de referencia del avión, el número de clave seleccionada será "3".

El elemento 2 de la clave se determinará por medio de la tabla 1, columna 3, seleccionando la letra de clave que corresponda a la envergadura mayor, o a la anchura exterior más elevada entre ruedas del tren de aterrizaje principal, tomando de las dos la que dé el valor más crítico para la letra de clave de los aviones para los que se destine la instalación. Por ejemplo, si la letra de clave C corresponde al avión que tenga la mayor envergadura y la letra de clave D corresponde al avión que tenga la mayor anchura exterior entre ruedas del tren de aterrizaje principal, la letra de clave se

leccionada será "d".

También se anexa a continuación una clasificación por número y letra de clave de aviones representativos.

Muchos factores intervienen en la determinación del emplazamiento, - - orientación y número de pistas. Entre los principales factores cabe señalar los siguientes:

- a) Las condiciones meteorológicas (sobre todo el coeficiente de utilización, que viene determinado por la distribución de los vientos, y por la presencia de nieblas localizadas).
- b) La topografía del emplazamiento del aeródromo y del terreno circundante.
- c) El tipo y volumen del tránsito aéreo al que se habrá de prestar servicio, incluso los aspectos de control del tránsito aéreo.
- d) Cuestiones relacionadas con la performance (características de los aviones).

ELEMENTO 1 DE LA CLAVE			ELEMENTO 2 DE LA CLAVE	
Núm. de Clave	Longitud de campo de referencia del avión	Letra de Clave	Envergadura	Anchura exterior entre ruedas del tren de aterrizaje principal ^a
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
1	Menos de 800 m	A	Hasta 15 m (exclusive)	Hasta 4.5 m (exclusive)
2	Desde 800 hasta - - 1 200 m (exclusive)	B	Desde 15 hasta 24 m (exclusive)	Desde 4.5 hasta 6 m (exclusive)
3	Desde 1 200 hasta - 1 800 m (exclusive)	C	Desde 24 hasta 36 m (exclusive)	Desde 6 hasta 9m (exclusive)
4	Desde 1 800 m en adelante	D	Desde 36 hasta 52 m (exclusive)	Desde 9 hasta - 14 m (exclusive)
		E	Desde 52 hasta 60 m (exclusive)	Desde 9 hasta - 14 m (exclusive)

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

Tabla 1.- Clave de referencia de aeródromo

CLASIFICACION DE AVIONES POR LETRA Y NUMERO DE CLAVE

Modelo de aeronave	Clave	Longitud de campo de referencia del avión (m)	Envergadura (m)	Anchura exterior entre ruedas del tren de aterrizaje principal (m)
1	2	3	4	5
Beaver DHC-2	1A	381	14,6	3,3
Turbo Beaver DHC-2T	1A	427	14,6	3,3
Beechcraft A24R	1A	603	10	3,9
Beechcraft A36	1A	670	10,2	2,9
Beechcraft 76	1A	430	11,6	3,3
Beechcraft B55	1A	457	11,5	2,9
Beechcraft B60	1A	793	12,0	3,4
Beechcraft B100	1A	579	14,0	4,3
Britten Norman Islander BN2A	1A	353	14,9	4,0
Cessna 152	1A	408	10,0	-
Cessna 172	1A	381	10,9	-
Cessna 180	1A	367	10,9	-
185	1A	416	10,9	-
Cessna Stationair 6	1A	543	10,9	-
Turbo 6	1A	500	10,9	-
Cessna Stationair 7	1A	600	10,9	-
Turbo 7	1A	567	10,9	-
Cessna Skylane	1A	479	10,9	-
Turbo Skylane	1A	479	10,9	-
Cessna 310	1A	518	11,3	-
310 Turbo	1A	507	11,3	-

Modelo de aeronave	Clave	Longitud de campo de referencia del avión (m)	Envergadura (m)	Anchura exterior entre ruedas del tren de aterrizaje principal (m)
1	2	3	4	5
Cessna Golden Eagle 421C	1A	708	12,5	-
Cessna Titan 404	1A	721	14,1	-
Beechcraft E18S	1B	753	15,0	3,9
Beechcraft B80	1B	427	15,3	4,3
Beechcraft C90	1B	488	15,3	4,3
Beechcraft 200	1B	579	16,6	5,6
Otter DHC-3	1B	497	17,7	3,7
Short SC7-3/SC7-3A	1B	616	19,8	4,6
Twin Otter DH-6	1B	695	19,8	4,1
Dash 7 DHC-7	1C	689	28,4	7,8
Lear Jet 24F	2A	1 005	10,9	2,5
Lear Jet 28/29	2A	912	13,4	2,5
Short SD3-30	2B	1 106	22,8	4,6
NAMC YS-11	2D			
Hawker Siddeley HS125-400	3A	1 646	14,3	3,3
HS125-600	3A	1 646	14,3	3,3
HS125-700	3A	1 768	14,3	3,3
Lear Jet 24D	3A	1 200	10,9	2,5
Lear Jet 35A/36A	3A	1 287/1 458	12,0	2,5
Lear Jet 54	3A	1 217	13,4	2,5
Lear Jet 55	3A	1 292	13,4	2,5

Modelo de aeronave	Clave	Longitud de campo de referencia del avión (m)	Envergadura (m)	Anchura exterior entre ruedas del tren de aterrizaje principal (m)
1	2	3	4	5
Canadair CL600	3B	1 310	18,8	3,6
Fokker F28-1 000	3B	1 646	23,6	5,8
F28-2 000	3B	1 646	23,6	5,8
Nord 262	3B	1 260	21,9	3,4
Antonov AN-24	3C	1 600	29,2	8,8
Convair 240	3C	1 301	28,0	8,4
Convair 440	3C	1 564	32,1	8,6
Convair 580	3C	1 341	32,1	8,6
Convair 600	3C	1 378	28,0	8,4
Convair 640	3C	1 570	32,1	8,6
DC-3	3C	1 204	28,8	5,8
DC-4	3C	1 542	35,8	8,5
DC-6A/6B	3C	1 375	35,8	8,5
DC-9-20	3C	1 551	28,5	6,0
Fokker F27-500	3C	1 670	29,0	7,9
F27-600	3C	1 670	29,0	7,9
Fokker F28-3 000	3C	1 640	25,1	5,8
F28-4 000	3C	1 640	25,1	5,8
F28-6 000	3C	1 480	25,1	5,8
Buffalo DHC-5D	3D	1 471	29,3	10,2
Airbus A300 B2	3D	1 676	44,8	10,9

Modelo de aeronave	Clave	Longitud de campo de referencia del avión (m)	Envergadura (m)	Anchura exterior entre ruedas del tren de aterrizaje principal (m)
1	2	3	4	5
BAC 1-11-200	4C	1 884	27,0	5,2
BAC 1-11-300	4C	2 484	27,0	5,2
BAC 1-11-400	4C	2 420	27,0	5,2
BAC 1-11-475	4C	2 286	28,5	5,4
BAC 1-11-500	4C	2 408	28,5	5,2
B-727-100	4C	2 502	32,9	6,9
B-727-200	4C	3 176	32,9	6,9
B-737-100	4C	2 499	28,4	6,4
B-737-200	4C	2 295	28,4	6,4
B-737 Advanced-200	4C	2 707	28,4	6,4
Caravelle 12	4C	2 600	34,3	5,9
Concorde	4C	3 400	25,5	8,8
DC-9-10	4C	1 975	27,2	5,9
DC-9-30	4C	2 134	28,5	6,0
DC-9-40	4C	2 091	28,5	5,9
DC-9-50	4C	2 451	28,5	5,9
DC-9-80	4C	2 195	32,9	6,2
Trident 1E	4C	2 590	29,0	7,3
2E	4C	2 780	29,9	7,3
3	4C	2 670	29,0	7,3
Viscount 800	4C	1 859	28,6	7,9

Modelo de aeronave	Clave	Longitud de campo de referencia del avión (m)	Envergadura (m)	Anchura exterior entre ruedas del tren de aterrizaje principal (m)
1	2	3	4	5
Airbus A310	4D	1 845	43,9	10,9
Airbus A300 B4	4D	2 605	44,8	10,9
B-707-100	4D	2 454	39,9	7,9
B-707 Advanced-100	4D	3 206	39,9	7,9
B-707-200	4D	2 697	39,9	7,9
B-707-300	4D	3 088	44,4	7,9
B-707-400	4D	3 277	44,4	7,9
B-720	4D	1 981	39,9	7,5
B-757-200 (Preliminary)	4D	2 057	38,0	8,7
B-767-200 (Preliminary)	4D	1 981	47,6	10,8
Canadair CL-44D-4	4D	2 240	43,4	10,5
Convair 880	4D	2 652	36,6	6,6
880M	4D	2 316	36,6	6,6
Convair 990-30-5	4D	2 788	36,6	7,1
990-30-6	4D	2 956	36,6	7,1
DC-8-43	4D	2 947	43,4	7,5
DC-8-55	4D	3 048	43,4	7,5
DC-8-61	4D	3 048	43,4	7,5
DC-8-63	4D	3 179	45,2	7,6
DC-10-10	4D	3 200	47,4	12,6
DC-10-30	4D	3 170	50,4	12,6

Modelo de aeronave	Clave	Longitud de campo de referencia del avión (m)	Envergadura (m)	Anchura exterior entre ruedas del tren de aterrizaje principal (m)
1	2	3	4	5
DC-10-40	4D	3 124	50,4	12,6
Ilyushin 18V	4D	1 980	37,4	9,9
Ilyushin 62M	4D	3 280	43,2	8,0
Lockheed L-100-20	4D	1 829	40,8	4,9
L-100-30	4D	1 829	40,4	4,9
Lockheed L-188	4D	2 066	30,2	10,5
Lockheed L-1011-1	4D	2 426	47,3	12,8
L-1011-200	4D	2 469	47,3	12,8
L-1011-500	4D	2 844	47,3	12,8
TU-134A	4D	2 400	29,0	10,3
TU-154	4D	1 160	37,6	12,4
B-747-100	4E	3 060	59,6	12,4
B-747-200	4E	3 150	59,6	12,4
B-747-SR	4E	1 860	59,6	12,4
B-747-SP	4E	2 710	59,6	12,4

- e) Cuestiones relacionadas con el medio ambiente, principalmente el ruido.

Hasta donde lo permitan los demás factores, la pista principal debe estar orientada en la dirección del viento predominante. Todas las pistas deberán orientarse de modo que las zonas de aproximación y de despegue se encuentren libres de obstáculos y preferentemente, de manera que las aeronaves no vuelen directamente sobre zonas pobladas.

Es preciso disponer de un número suficiente de pistas para atender las necesidades del tránsito aéreo, a saber, número de aviones, mezcla de tipos de avión y mezcla de llegadas y salidas, que habrán de atenderse en las horas punta. La decisión acerca del número total de pistas que habrán de suministrarse deberá tener en cuenta el coeficiente de utilización del aeródromo y otras consideraciones de orden económico.

Convendrá examinar especialmente si el aeródromo se va a utilizar en todas las condiciones meteorológicas o solamente en condiciones meteorológicas de vuelo visual y si se ha previsto su empleo durante el día y la noche, o solamente durante el día.

Cuando se elija el emplazamiento de una nueva pista de vuelo por instrumentos, es necesario prestar especial atención a las áreas sobre las cuales deben volar los aviones cuando sigan procedimientos de aproximación por instrumentos y de aproximación frustrada, a fin de asegurarse que la presencia de obstáculos situados en estas áreas u otros factores no restrinjan la

operación de los aviones a cuyo uso se destine la pista.

El número y orientación de las pistas de un aeródromo deberán ser tales que el coeficiente de utilización del aeródromo no sea inferior al 95% para los aviones que el aeródromo esté destinado a servir.

Al aplicar el coeficiente de utilización del 95%, deberá suponerse que en circunstancias normales, impide el aterrizaje o despegue de un avión una componente transversal del viento que exceda de:

- 37 km/h (20 nudos), cuando se trata de aviones cuya longitud de campo de referencia es de 1500 m o más, excepto cuando se presenten con alguna frecuencia condiciones de eficacia de frenado deficiente en la pista debido a que el coeficiente de fricción longitudinal es insuficiente, en cuyo caso deberá suponerse una componente transversal del viento que no exceda de 24 km/h (13 nudos).
- 24 km/h (13 nudos) en el caso de aviones cuya longitud de campo de referencia es de 1200 m o mayor de 1200 pero inferior a 1500 m.
- 19 km/h (10 nudos) en el caso de aviones cuya longitud de campo de referencia es inferior a 1200 m.

La elección de los datos que se han de usar en el cálculo del coeficiente de utilización deberán basarse en estadísticas confiables de la distribución de los vientos, que abarquen un período tan largo como sea posible, preferiblemente no menor de 5 años. Las observaciones deberán hacerse por lo menos 8 veces al día, a intervalos iguales, y tener en cuenta lo si-

guiente:

- a) Normalmente, las estadísticas sobre los vientos utilizadas para calcular el coeficiente de utilización vienen clasificadas por grupos según la velocidad y dirección, y la precisión de los resultados obtenidos dependen en gran parte de la distribución supuesta de las observaciones dentro de esos grupos. A falta de toda información fiable acerca de la verdadera distribución de los vientos, se suele suponer una distribución uniforme, ya que, respecto a la pista orientada más favorablemente, esto suele traducirse en una cifra ligeramente conservadora del coeficiente de utilización.
- b) Las componentes transversales máximas del viento de costado medio que figuran en la hoja anterior corresponden a circunstancias normales. Hay algunos factores que pueden exigir que se tome en cuenta una reducción de sus valores máximos en un aeródromo determinado. Por ejemplo:
- 1) Las grandes diferencias de manejo y de los valores máximos admisibles de la componente transversal del viento para los distintos tipos de aeronaves (incluidos futuros tipos) dentro de cada uno de los tres grupos designados anteriormente.
 - 2) La preponderancia y naturaleza de las ráfagas.
 - 3) La preponderancia y naturaleza de las turbulencias.
 - 4) La disponibilidad de una pista secundaria.
 - 5) La anchura de las pistas.
 - 6) Las condiciones de la superficie de las pistas; el agua, la nieve, la nieve fundente o el hielo sobre la pista, reducen materialmente el valor admisible de la componente transversal del viento.

- 7) La fuerza del viento correspondiente al valor límite que se haya elegido para la componente transversal del viento.

El criterio del 95% recomendado por el Anexo 14 se aplica cualesquiera que sean las condiciones meteorológicas. No obstante, es conveniente examinar la velocidad y dirección del viento para diversas condiciones de visibilidad. Los registros meteorológicos pueden obtenerse normalmente de las - oficinas meteorológicas estatales. Las velocidades se dividen generalmente en incrementos de 22.5° (16 puntos de la brújula). Dichos registros contienen el porcentaje del tiempo en que se producen determinadas condiciones de techo de nubes y visibilidad (por ejemplo; techo de 500 a 274 m; visibili - dad de 4.8 a 9.7 km) y el porcentaje de tiempo en que predominan vientos de determinada velocidad, procedentes de distintas direcciones (por ejemplo, - NNE de 2.6 a 4.6 nudos). las direcciones se indican en relación con el norte verdadero. A menudo, no se han registrado los datos relativos a los - vientos en un nuevo emplazamiento. En ese caso, deberán consultarse los registros de las estaciones climatológicas cercanas, además de tomar en cuenta las recomendaciones dadas en el capítulo de Emplazamientos.

A menudo, las características del viento en condiciones de escasa visibilidad difieren bastante de las que se dan en condiciones de buena visibilidad. Por tal razón, deberá emprenderse un estudio sobre las condiciones del viento con escasa visibilidad y/o baja base de nubes en el aeropuerto. Deberá llevarse cuenta de la frecuencia con que se manifiestan los fenómenos así como la dirección y velocidad del viento que los acompaña.

Deberá tenerse en cuenta las características topográficas del aeródromo y de sus inmediaciones. En especial los factores siguientes:

- a) El cumplimiento de las disposiciones relativas a las superficies limitadoras de obstáculos.
- b) La utilización de los terrenos en la actualidad y en el futuro. Su orientación y trazado deberán elegirse de forma que, en la medida de lo posible, se protejan contra las molestias causadas por el ruido - de las aeronaves las zonas especialmente sensibles, tales como las residenciales, escuelas y hospitales.
- c) Longitudes de pistas en la actualidad y en el futuro.
- d) Costos de construcción.
- e) Posibilidad de instalar ayudas adecuadas, visuales y no visuales, para la aproximación.

Al estudiar el emplazamiento de las pistas deberán tenerse en cuenta - los factores siguientes:

- a) La proximidad de otros aeródromos o rutas ATS.
- b) La densidad del tránsito.
- c) Los procedimientos de control de tránsito aéreo y de aproximación - frustrada.

Deberá tenerse en cuenta el efecto de una determinada orientación de la pista en la fauna, la ecología general de la zona y los sectores de las poblaciones sensibles a los efectos del ruido.

El nivel de ruido producido por las aeronaves en el aeropuerto y en sus inmediaciones se considera generalmente una partida principal del costo adscrito al medio ambiente y relacionada con la instalación. El terreno más expuesto al ruido se encuentra directamente debajo y a ambos lados de las trayectorias de aproximación y despegue. En general, los niveles de ruido se miden aplicando una fórmula en la que intervengan el número de decibeles, las veces en que se perciben y su duración. Existen numerosas técnicas para medir el ruido (véase el Anexo 16 y la circular 116-AN/86 de la OACI). Una adecuada elección del emplazamiento y planificación de la utilización del terreno circundante pueden contribuir enormemente a reducir, y posiblemente eliminar, el problema del ruido inherente al aeródromo.

La Federal Aviation Administration ha ideado un medio para determinar la capacidad de pista del aeropuerto y cuando deberá aumentarse ésta. La información que aparece en este capítulo se refiere a los criterios de planificación de las pistas. El uso de las técnicas presentadas no deberá impedir que un consultor en aeropuertos aplicase procedimientos más detallados al estudiar el trazado final del aeropuerto, especialmente en cuanto concierne a la relación costo/ventajas.

Generalmente, puede considerarse que la pista o pistas de los aeropuertos han alcanzado su punto de saturación cuando las demoras de salida son de un promedio de 4 min., durante el período punta normal de dos horas (horas consecutivas) de la semana. En ciertas pistas utilizadas solamente por aeronaves pequeñas, este nivel de demora a la salida es de 2 min. en la hora punta de la semana. El momento oportuno de desarrollo de un aeropuerto

en función de su capacidad, no depende necesariamente de que la demanda alcance estos niveles de demora. Los criterios en cuestión se expresan en función de los niveles de actividad. La capacidad de determinada configuración de pista puede determinarse mediante la aplicación de los métodos indicados en la Fig. 1. Dicha figura especifica los límites inferiores probables de actividad de la pista que hay que pronosticar a fin de aplicar los criterios allí indicados. Es así que, si la actividad pronosticada no alcanza dichos límites inferiores, no se justificarían normalmente las pistas adicionales para satisfacer la capacidad. Los límites superiores de la Fig. 1 representan los probables valores inferiores de capacidad de pista para configuraciones apropiadas, que se obtendrían mediante técnicas más complejas. Si la demanda prevista para el aeropuerto es de más del 20% por encima del valor determinado mediante la Fig. 1, la ampliación deberá ponerse en marcha.

Los procedimientos de evaluación de la capacidad descritos en las subsecciones que siguen a continuación, deberán resultar adecuados para todos los aeropuertos para los cuales se ha previsto, excepto los mayores. En el caso de los mayores aeropuertos, es preferible consultar otras técnicas de evaluación.

La capacidad anual de un aeropuerto de una sola pista excederá de 150000 movimientos, si cuenta con calles de rodaje adecuadas. Una red de pistas utilizada esencialmente por aeronaves con base local, probablemente no alcanzará una demanda anual de más de 150000 movimientos, si las aeronaves que la utilizan como base no llegan a 200. No obstante, la construc-

ción de una pista adicional, a base de la capacidad necesaria, puede considerarse en el caso de aeropuertos con un nivel actual de demanda de manos de 150000 movimientos, si el tráfico va en aumento.

Pueden utilizarse los siguientes criterios para determinar la necesidad de una pista adicional para aumentar la capacidad.

- a) Puede proyectarse una pista paralela cuando se prevé que la demanda alcanzará la capacidad de la pista existente en el transcurso de los 5 años subsiguientes.
- b) Una pista paralela corta podría justificarse en un aeropuerto en el cual se pronostica que en el transcurso de 5 años tendrá una demanda mayor que el 60% de la capacidad de la pista existente. - Las distancias de rodaje entre la nueva pista y el área terminal deben ser favorables ya que, de no ser así, las distancias de rodaje excesivamente largas reducirán la demanda de la nueva pista. - Una pista paralela "corta" deberá ser lo suficientemente larga y ancha para poder suministrar la capacidad suficiente, de modo que no se haga necesaria la construcción adicional para conseguir capacidad, dentro de 5 años, debido a cambios en la población del aeropuerto.
- c) Puede preverse una pista paralela corta para prestar servicio a aeronaves pequeñas en un aeropuerto que alcance 75000 movimientos, a base de 30000 o más aeronaves de tipo transporte.
- d) Cuando la demanda alcanza o se espera que alcance del 75% o más de la capacidad de la configuración de pistas paralelas existente en el transcurso de 5 años, puede prolongarse una pista corta y para-

lela a fin de aumentar la capacidad.

- e) Aunque las pistas secantes o las divergentes no se recomiendan - generalmente para aumentar la capacidad, las consideraciones topográficas, el ruido y los obstáculos pueden hacer estos trazados más prácticos. Habría que demostrar que la configuración escogida proporcionará la suficiente capacidad de pista para satisfacer la demanda en el futuro previsible o que proporcionará un aumento sustancial de la capacidad de pista a un costo mucho más reducido, en comparación con una pista paralela. Habría que comparar las pistas paralelas.

En operaciones VMC donde se disponga de pistas paralelas para uso simultáneo solamente cuando existan condiciones meteorológicas de vuelo visual, la distancia mínima entre sus respectivos ejes deberá ser:

- 210 m cuando el número de clave más alto sea 3 ó 4.
- 150 m cuando el número de clave más alto sea 2.
- 120 m cuando el número de clave más alto sea 1.

En operaciones IMC, puede ser necesaria una separación mucho mayor cuando se proporcionen pistas paralelas para uso simultáneo en condiciones meteorológicas de vuelo por instrumentos. Tras numerosas pruebas, Estados Unidos ha adoptado los siguientes criterios de separación para pistas paralelas donde se desarrollan simultáneamente operaciones por instrumentos.

En el caso de aproximaciones simultáneas de precisión por instrumentos

Configuración		% de aeronaves de más de 12 500 libras que utilizan el aeropuerto		Observaciones
		menos del 10% ¹	más del 80%	
Móviles en camino				
	Pista única	90,000-150,000	80,000-140,000	
1.	Das pistas ortogonales Ubicación de la intersección 1. En el medio o al extremo de la pista. 2. En los extremos (movilizaciones separadas de la intersección)	95,000-160,000	95,000-160,000	La capacidad puede ser mayor que la mostrada si más del 50% de las aeronaves no pueden utilizar una pista.
2.	3. 45% del tiempo o menos. 4. 80% del tiempo. 5. 90% del tiempo. 6. 100% del tiempo.	95,000-160,000 120,000-200,000 135,000-225,000 160,000-270,000	95,000-160,000 100,000-170,000 125,000-210,000 145,000-230,000	Esta observación se aplica para todas las otras configuraciones indicadas.
	Pista única paralela Movilizaciones separadas de la intersección 1. 60% del tiempo o menos. 2. 80% del tiempo. 3. 90% del tiempo. 4. 100% del tiempo.	110,000-180,000 135,000-225,000 150,000-250,000 210,000-350,000	100,000-170,000 120,000-200,000 135,000-225,000 160,000-270,000	
1.	Tres pistas ortogonales Ubicación de las intersecciones 1. Una sola intersección ubicada en medio de las pistas.	100,000-170,000	100,000-170,000	
2.	2. Una por un en los extremos.	110,000-180,000	110,000-180,000	
3.	3. Dos pistas que se cruzan en los extremos.	125,000-210,000	125,000-210,000	
4.	4. Todas las pistas se cruzan en los extremos.	160,000-270,000	140,000-230,000	
1. Terminal 1 $\leq 3500'$ a)	Pistas paralelas 1. Para los próximos (separación de 3 500 pies). a. Ninguna más de veinte aeronaves en las pistas. b. Calle de rodaje que cruza las pistas entre sí más de 1/3 de sus anchuras respectivas.	240,000-400,000	160,000-230,000	Se obtienen valores bajos en las paralelas próximas indicadas en la segunda columna debido a las capacidades limitadas de los vuelos IFR. Para pistas paralelas distantes o más de 3 500 pies para menos de 4 000, la segunda columna de 1. a) y 1. b) puede incrementarse un 20%.
2. Terminal 2 $\leq 4000'$ b)	2. Para las distantes (separación de más de 4 000 pies).	170,000-280,000 240,000-400,000	160,000-230,000 180,000-300,000	

1. Se supone que los trenes y dispositivos representaron el 60% del total de la población de aeronaves, de la cual el 90%, o más, eran aeronaves pequeñas.

2. El valor inferior indicado para cada configuración representa el 60% del límite inferior probable de la capacidad anual. El mayor valor es el límite inferior probable de la capacidad anual. Para obtener las capacidades indicadas en esta tabla se utilizaron pistas con anchos típicos usuales.

FIGURA 1

Cuándo conviene prever pistas adicionales-Gama probable de valores inferiores.

tos, la separación mínima entre los ejes de las pistas paralelas será de 1300 m. Para las operaciones realizadas en esas condiciones, se requieren determinadas ayudas electrónicas para la navegación y el equipo monitor, el control de tránsito aéreo y procedimientos de aproximación especiales.

Podrán autorizarse las salidas simultáneas en emplazamientos donde el control radar del tránsito aéreo esté o no en servicio, y podrá utilizarse la llegada/salida simultánea cuando se utilice el radar. En uno y otro caso, deberán observarse requisitos de procedimientos adicionales de control del tránsito aéreo y deberán respetarse las siguientes distancias de separación mínima entre los ejes de la pista:

- 1) Salidas simultáneas (radar) - 1050 m.
- 2) Llegada/Salida simultáneas (radar):
 - a) Cuando los umbrales coinciden - 1050 m.
 - b) Cuando los umbrales van escalonados y la aproximación conduce a la pista más próxima, la separación de 1050 m. podrá reducirse en 30 m. por cada 150 m. de escalonamiento entre los umbrales pero nunca a una distancia menor a 300 m.
 - c) Cuando los umbrales están escalonados y la aproximación se dirige a la pista más lejana, la separación de 1050 m. puede aumentarse en 30 m. por cada 150 m. de escalonamiento entre los umbrales.
 - d) Cuando más de una de las condiciones mencionadas se aplican a un par de pistas paralelas, se utilizará como mínima la mayor

separación resultante.

A fin de limitar al mínimo las operaciones de rodaje que requieran el cruce de pistas en servicio y de utilizar mejor el área entre las pistas paralelas, el área terminal y las demás áreas operacionales podrán emplazarse entre pistas paralelas. A fin de alojar esas áreas, es posible que se requieran distancias de separación mayores que las recomendadas en el párrafo anterior.

El umbral está situado normalmente en el extremo de la pista, si no hay obstáculos que sobresalgan por encima de la superficie de aproximación. En algunos casos, si un objeto sobresale por encima de la superficie de aproximación y no puede eliminarse dicho objeto, deberá considerarse la conveniencia de desplazar el umbral de permanentemente. Al estudiar el emplazamiento del umbral, deberá considerarse también la altura de la referencia ILS y determinarse el límite de franqueamiento de obstáculos. (En el anexo 10, volumen 1 de la OACI, se dan las especificaciones concernientes a la altura de la referencia ILS).

Al determinar que no hay obstáculos que penetren por encima de la superficie de aproximación, deberá tomarse en cuenta la presencia de objetos móviles (vehículos en las carreteras, trenes, etc.), por lo menos dentro de la porción del área de aproximación comprendida en una distancia de 1200 m. medida longitudinalmente desde el umbral, y con una anchura total de por lo menos 150 m.

Para lograr los objetivos del Anexo 14, en cuanto a la limitación de obstáculos, lo mejor será desplazar el umbral a lo largo de la pista, la distancia suficiente para lograr que la superficie de aproximación es té libre de obstáculos.

Sin embargo, el desplazamiento del umbral con respecto al extremo de la pista causa inevitablemente una reducción de la distancia disponible para el aterrizaje, y esto puede tener más importancia, desde el pun to de vista de las operaciones, que la penetración de la superficie de aproximación por obstáculos señalados e iluminados. Por consiguiente, la decisión con respecto al desplazamiento del umbral y la extensión del desplazamiento deberá hacerse tratando de obtener el equilibrio óptimo entre una superficie de aproximación libre de obstáculos y una distancia adecuada para el aterrizaje. Al decidir esta cuestión, se deben tener en cuenta los tipos de aviones para los que la pista esté destinada, las condiciones de límite de visibilidad y base de nubes en que se haya de utilizar la pista, la situación de los obstáculos en relación con el umbral y con la prolongación del eje de pista, y, en el caso de pistas para aproximaciones de precisión, la importancia de los obstáculos para la determinación del límite de franqueamiento de obstáculos.

No obstante la consideración de la distancia disponible para el ate rrizaje, el emplazamiento que se elija para el humbral deberá ser tal que la superficie libre de obstáculos hasta el umbral no tenga una pen diente mayor del 3.3% cuando el número de clave de la pista sea 4, ni ma yor del 5% cuando el número de clave sea 3.

Los factores que influyen en la longitud de pista que habrá de facilitarse son:

- a) Características de Performance y masas de operación de los aviones a los que se prestará servicio.
- b) Condiciones meteorológicas, principalmente viento y temperatura en la superficie.
- c) Características de la pista tales como pendiente y estado de la superficie.
- d) Factores relacionados en el emplazamiento del aeropuerto, por ejemplo, la elevación del aeropuerto (que incide en la presión barométrica) y limitaciones topográficas.

La relación entre la longitud de la pista y las características de performance del avión se describe más adelante. Cuando mayor sea el viento de frente que sopla en una pista, más corta será la longitud de pista que requerirá un avión para despegar o aterrizar y a la inversa, un viento de cola aumenta la longitud de la pista requerida. Cuando más elevada sea la temperatura, mayor longitud habrá de tener la pista requerida porque las temperaturas elevadas se traducen en densidades menores del aire, factor que reduce el empuje producido así como la sustentación. Más adelante se detalla el efecto de las pendientes de la pista en sus requisitos de longitud; con todo, es evidente que un avión que despegue en una pendiente ascendente requiere una mayor longitud de pista que si ésta se encontrase a nivel o tuviese una pendiente descendente; la longitud requerida dependerá de la elevación del aeropuerto y de la temperatura. En condiciones equivalentes, cuanto mayor sea la elevación del aeropuerto -

(con una presión barométrica en consecuencia menor), mayor longitud habrá que tener la pista requerida. La longitud de la pista de un aeropuerto - puede verse limitada por el perímetro del terreno o por factores topográficos tales como montañas, el mar o valles profundos.

Salvo cuando una pista vaya asociada con una zona de parada y/o con una zona libre de obstáculos, la longitud verdadera de toda pista principal deberá ser adecuada para satisfacer los requisitos operacionales de los aviones para los que se proyecte la pista y no deberá ser menor que la longitud más larga determinada por la aplicación o las operaciones de las correcciones correspondientes a las condiciones locales y a las características de performance de los aviones que tengan que utilizarla. Este requisito no significa necesariamente que se tengan en cuenta las operaciones del avión crítico con masa máxima.

Al determinar la longitud de la pista que ha de proporcionarse, es necesario considerar tanto los requisitos de despegue como de aterrizaje, así como la necesidad de efectuar operaciones en ambos sentidos de la pista. Entre las condiciones locales que pueden considerarse figuran la elevación, temperatura, pendiente de la pista, humedad y características de la superficie de la pista.

Cuando no se conocen los datos de la performance de los aviones para los que se destine la pista, cabe determinar la longitud de toda pista principal por medio de la aplicación de los coeficientes de corrección generales descritos más adelante.

La longitud de toda pista secundaria deberá determinarse de manera similar a la de las pistas principales, excepto que necesita ser apropiada únicamente para los aviones que requieran usar dicha pista secundaria además de la otra pista o pistas, con objeto de obtener un coeficiente de utilización de por lo menos 95%.

Se dispone de manuales de vuelo con datos sobre las características de performance y operaciones de la mayoría de los aviones modernos. También se han preparado curvas y tablas de performance de los aviones para los efectos básicos de la planificación de pistas. A continuación se da información sobre las curvas y tablas de performance de los aviones.

Los criterios en materia de longitud de la pista a efectos de información general para la planificación de aeropuertos, se han elaborado en forma de curvas y tablas de performance de los aviones en sus operaciones de aterrizaje y despegue. Una curva de performance de aterrizaje de un avión es un diagrama correspondiente a un avión determinado, basado en sus capacidades de performance, donde se establece la relación entre la masa de aterrizaje del avión y la elevación del aeródromo, y la longitud de pista requerida para el aterrizaje. Una curva de performance de despegue de avión es un diagrama correspondiente a un avión determinado, basado en sus capacidades de performance, donde se establece la relación entre la masa o distancia de vuelo de despegue del avión, la elevación del aeródromo y la temperatura, y la longitud de pista requerida para el despegue.

La tabla de performance del avión tiene una finalidad similar a la de una curva de performance del avión. En tanto que en las curvas de performance la relación entre los factores operacionales y la longitud de la pista requerida se expresa en forma gráfica, en las tablas de performance dicha relación se expresa en forma tabular.

En la Circular de Asesoramiento AC 150/5325-4, Requisitos en materia de longitud de pista para el proyecto de aeródromos (Runway Length Requirements for Airport Design) figuran datos de planificación sobre los requisitos para el aterrizaje y el despegue de los aviones de uso corriente. Los datos, preparados por la Administración Federal de Aviación (FAA) de los Estados Unidos, se presentan en forma de curvas y tablas de performance. En la circular se incluyen ejemplos con instrucciones sobre la utilización de las curvas y tablas de performance y se examinan los factores tomados en cuenta para su preparación. La relación entre la elevación, temperatura, masa de la aeronave y longitud de pista que se presentan en las curvas y tablas de performance, se basa en datos sobre ensayos en vuelo y operacionales, excepto en aquellos casos en que se han elaborado datos preliminares de performance, basados en datos operacionales calculados.

Las curvas de performance de avión a efectos de planificación de las pistas figuran también en los documentos sobre características de las aeronaves destinados a los planificadores de aeropuertos. Estos documentos contienen información básica de planificación sobre las aeronaves, que los fabricantes de las mismas publican en formato uniforme con la ayuda -

de las líneas aéreas y de las autoridades aeroportuarias. En los documentos se incluyen los datos sobre aquellos tipos de aviones actuales que se prevé representarán la mayor parte de la flota internacional durante los próximos años.

Además de las consideraciones básicas de cálculo, incluyendo las características aerodinámicas y del sistema motorpropulsor de las aeronaves, los factores que inciden en la longitud requerida de pista comprenden la configuración y la masa del avión, la atmósfera (presión, temperatura y humedad relativa ambiente), la pendiente y el estado de la pista, y el viento. Sin embargo, en la elaboración de curvas y tablas de performance de despegue y aterrizaje, lo corriente es relacionar tales factores con una humedad relativa fija normalizada y suponer pistas sin pendiente.

Las diferencias en cuanto a los requisitos en materia de certificación y utilización existentes entre los diversos tipos de aviones actuales, exigen que se estudie por separado la longitud de pista que necesita cada aeronave en cada aeródromo. Deben considerarse las longitudes de pista que se requieren, tanto para el despegue como para el aterrizaje, con objeto de determinar la mayor de las dos.

La configuración del avión se refiere a la posición de los diversos elementos que afectan a sus características aerodinámicas. En la performance del avión influyen los elementos siguientes:

a) Flaps y otros dispositivos hipersustentadores: En la elabora -

ción de las curvas de per
formance de avión de la FAA (con relación a la distancia de despe
gue y aterrizaje) se ha escogido la posición de los flaps (y de -
otros dispositivos hipersustentadores como son las aletas de ranu
ra de la ala, los bordes de ataque abatibles, etc., cuando ven -
gan al caso) empleada normalmente en la combinación de masa del -
avión, temperatura y altitud.

- b) Frenos aerodinámicos y otros dispositivos para aumentar la resis
tencia al avance: Para realizar las curvas y tablas de performan
ce de aterrizaje de avión de la FAA se ha ele
gido la posición de los frenos aerodinámicos, y de otros disposi
tivos destinados a aumentar la resistencia al avance, si es que -
se emplean, corrientemente utilizada para la combinación escogida
de masa de la aeronave y altitud.
- c) Otras Instalaciones: El empleo de instalaciones antihielo y de -
limpiaparabrisas, la posición de las aletas
de capó, etc., pueden igualmente afectar a la longitud de pista -
necesaria. Al elaborar las curvas y tablas de performance de - -
avión de la FAA, se ha supuesto que estas instalaciones se encuen
tran en la posición en que requieran la menor distancia de pista.

La atmósfera, elemento muy importante en la determinación de la lon
gitud de pista requerida, es la combinación de presión, temperatura y den
sidad, para cada caso.

- a) Altitud: Generalmente, a medida que aumenta la altura sobre el -
nivel del mar, la presión y la densidad del aire dismi-

nuyen. La consecuencia de estos factores en la performance de las aeronaves se traduce en una disminución de la sustentación correspondiente a una determinada velocidad verdadera, y en la reducción de potencia y de la eficacia de la hélice, si es que se emplea. El resultado de la combinación de estas reducciones es que se necesita más tiempo para alcanzar la velocidad de avance necesaria para producir la sustentación requerida, con lo que la longitud de pista necesaria para el despegue de una aeronave determinada aumenta progresivamente a medida que se eleva la altitud del aeródromo en que opera. De igual manera, a altitudes superiores, las velocidades verdaderas de aterrizaje son mayores, y el aire menos denso reduce la resistencia al avance con que cuenta la aeronave para contribuir a la desaceleración durante el recorrido de aterrizaje. En las curvas y tablas de performance de avión se da la longitud de pista requerida en función de la altitud de presión (definida en la atmósfera tipo de la OACI), al igual que se hace en los manuales de vuelo de los aviones, pero las líneas de altitud de presión vienen designadas como elevación de aeródromo. Se justifica esta situación por el grado de semejanza que existe entre la altitud de presión medio y la elevación de un lugar. Además, dado que es muy remota la probabilidad de que se presenten simultáneamente la altitud de presión máxima (presión mínima) y la temperatura máxima media (temperatura de referencia del aeródromo, el empleo de la altitud y temperatura máximas podría resultar en una longitud de pista antieconómica.

b) Temperatura: La performance de una aeronave depende de varios -

factores, entre los que cabe destacar la temperatura. A una presión dada, el aumento de la temperatura resulta en una reducción de la densidad del aire, por lo que tiene un efecto adverso sobre las aeronaves, tanto las de motores alternativos como las de reacción. Este efecto es generalmente más intenso durante el despegue, especialmente en el caso de los aviones equipados con turborreactores. La eficacia de un turborreactor depende en parte de la diferencia entre la temperatura del aire exterior y la máxima temperatura que pueda lograrse en la cámara de combustión. A medida que la temperatura exterior aumenta por encima de cierto valor que depende de la altitud, la eficacia del motor disminuye y por lo tanto, se reduce la performance de la aeronave. Para cualquier proyecto de aeródromo deberá emplearse una temperatura no inferior a la temperatura de referencia del aeródromo, tal como se define en el Anexo 14, Capítulo 2. El efecto de la temperatura es considerablemente mayor en la distancia de despegue (y en el recorrido de despegue) que en la de aterrizaje. Además, la distancia de aterrizaje que figura en el manual de vuelo está generalmente multiplicada por un coeficiente de índole operativa, del orden del 1.67. Dado que la influencia de la temperatura por sí sola en la distancia de aterrizaje es considerablemente menor, sólo se deberá tener en cuenta la influencia de la presión atmosférica ambiente (con temperaturas que correspondan a la atmósfera tipo) en la distancia de aterrizaje. Sin embargo, las distancias (y los recorridos de despegue se determinan teniendo en cuenta la influencia de la -

temperatura ambiente.

Se debe concebir el aeródromo de manera que permita las operaciones de aeronaves, la mayor parte del tiempo, en condiciones normales de viento. Al viento de cola en una pista corresponde al viento de proa en otra inversamente orientada. La longitud de pista aumenta con el viento de cola, de manera que cuando se aplique el concepto de pistas bidireccionales (es decir, la utilización teórica del viento de proa en todas las condiciones para establecer la longitud de las pistas), la condición de aire en calma resulta crítica, tanto para los despegues como para los aterrizajes. Ello requiere, no obstante, cambiar el sentido de utilización de la pista cada vez que el viento cambie de dirección, y no proporciona longitudes adecuadas cuando deban realizarse operaciones con viento de cola, debido a la utilización preferencial de las pistas. El problema se complica más todavía por el hecho de que los vientos de hasta 9.2 km/h (5 nudos) se consideran como calma. Las curvas y tablas de performance de aterrizaje de la FAA se basan, por lo general, en un viento de cola de 9.2 km/h (5 nudos), a fin de reconocer la flexibilidad que se requiere en las operaciones de aterrizaje de las aeronaves. Con todo, las curvas y tablas de performance de despegue de la FAA están preparadas sobre la base de viento cero. Las curvas de performance de despegue que figuran en los documentos sobre características de los aviones, destinados a los planificadores de aeropuertos, están preparadas sobre la base de viento cero y las curvas de performance de aterrizaje están preparadas también sobre la base de viento "0", a 15 m (50 pies) de altura.

Cuanto mayor sea la masa de la aeronave, mayor será la longitud de pista que necesitará tanto para el aterrizaje como para el despegue. La masa de un avión se compone de tres elementos principales:

- a) Avión preparado para el servicio (APS) masa (o masa de operación en vacío que generalmente incluye:
 - 1) Masa del avión en vacío.
 - 2) Masa de la tripulación, masa del equipaje de la tripulación, - del aceite del motor y del equipo de emergencia amovible.
 - 3) Masa del combustible no utilizable.
- b) Carga de pago.
- c) Carga de combustible.

El total de la masa APS y la carga de pago variarán y quizá haya que considerarlas localmente en cada caso. Es frecuente, para fines operativos, aludir a esta masa como la "masa sin combustible", y su valor máximo figura como una limitación estructural en el manual de vuelo.

En las tablas de performance de avión de la FAA las longitudes de - pistas requeridas guardan relación directa con la masa de operación de los aviones. Ahora bien, en las curvas de performance de avión de la FAA las longitudes de pista requeridas pueden guardar relación con las longitudes de las etapas de vuelo. En las curvas se ha supuesto que los aviones des pegan con la máxima carga útil permisible según las circunstancias. Si - la masa de despegue no está limitada por ninguna de las condiciones enume radas más adelante, la carga útil puede ser toda la que permita la estruc tura del avión, a saber, la masa máxima sin combustible, menos el APS. Si

por otra parte se limita el peso de despegue por obra de cualquiera de las condiciones, será preciso reducir la carga útil. Las curvas prevén este factor.

En el Anexo 6, Capítulo 4 de la OACI, se especifica la cantidad de combustible que ha de llevarse a bordo de las aeronaves en los tres casos siguientes:

- a) Cuando no se requiera aeródromo de alternativa.
- b) Cuando se requiera un aeródromo de alternativa.
- c) Cuando no se disponga de aeródromo de alternativa adecuado.

En la performance de avión de la FAA se ha tenido en cuenta sólo el caso b). De conformidad con el Anexo 6, en este caso no se iniciará ningún vuelo si, teniendo en cuenta las condiciones meteorológicas y todo retraso que se prevea en vuelo, el avión no lleva suficiente combustible ni aceite para poder completar el vuelo sin peligro. Además, se llevará una reserva para prever contingencias y para que la aeronave pueda llegar a un aeródromo de alternativa. A fin de satisfacer estos requisitos, la cantidad de combustible será por lo menos la suficiente para que el avión pueda:

- a) En el caso de aviones propulsados por hélice, volar hasta el aeródromo respecto al cual se proyecta el vuelo, de ahí al aeródromo de alternativa que resulte más crítico (en términos de consumo de combustible) y después durante un período de 45 minutos.
- b) En aviones equipados con turborreactores, volar hasta el aeródromo al cual se proyecta el vuelo, efectuar una aproximación frus-

trada y de allí:

- 1) Volar hasta el aeródromo de alternativa especificado en el -- plan de vuelo.
- 2) Volar durante 30 minutos a la velocidad de espera a 450 m -- (1500 pies) por encima del aeródromo de alternativa, en condiciones normales de temperatura, efectuar la aproximación y el aterrizaje.
- 3) Disponer de una cantidad de combustible adicional suficiente -- para compensar el aumento de consumo que se producirá si sur -- giese alguna de las contingencias especificadas por el explota -- dor a satisfacción del estado del explotador:
 - a) Las condiciones meteorológicas pronosticadas.
 - b) Los encaminamientos del control de tránsito aéreo y las de -- moras de tránsito que se esperan.
 - c) Una aproximación por instrumentos en el aeródromo de desti -- no, incluso una aproximación frustrada.
 - d) Los procedimientos prescritos en el manual de operaciones -- respecto a pérdidas de presión en la cabina, cuando corres -- ponda o paradas de uno de los motores mientras vuela en ru -- ta.
 - e) Cualesquier otras condiciones que puedan demorar el aterri -- zaje del avión o aumentar el consumo de combustible y/o -- aceite.

En el Anexo 6 se especifica igualmente la cantidad de combustible ne -- cesaria en caso de que el avión vuela directamente al aeródromo de alter --

nativa sin sobrevolar el aeródromo al cual se proyecta el vuelo. Este caso no concierne principalmente a los ingenieros de aeródromo, y no se tuvo en cuenta al preparar las curvas de performance de avión de la FAA.

A fin de determinar la cantidad necesaria de combustible, en las curvas de performance de avión de la FAA se obtuvo estadísticamente la medida representativa del régimen de consumo de combustible para cada tipo de avión, estableciendo al efecto el promedio del combustible consumido por unidad de distancia y por unidad de tiempo de vuelo. El empleo de este promedio, se justifica a los fines de proyecto de aeródromos, teniendo en cuenta que el régimen de consumo es casi constante para cada tipo de avión y que no hay grandes divergencias en toda una amplia gama de diferentes distancias de etapa. La "escala de distancias" de las curvas de performance de despegue se ha establecido sobre la base de la medida representativa del régimen de consumo de combustible.

En las curvas de performance de avión de la FAA, la distancia desde el aeródromo de destino hasta un aeródromo de alternativa se ha supuesto uniforme como equivalente a 30 minutos de vuelo. Además, se ha tomado en cuenta la cantidad de combustible necesaria para 45 min. de vuelo a una altitud media. La cantidad de combustible requerida para que un avión de reacción vuele durante 45 min. a la altitud y velocidad medias se considera que casi es equivalente a la que se necesita para 30 min. de vuelo a la velocidad de espera, a 450 m (1500 pies) por encima de un aeródromo. Por otra parte, la media representativa del régimen de consumo de combustible se ha obtenido dividiendo el consumo real de combustible por la dis

tancia volada y por el tiempo de vuelo entre calzos, por lo que ésta comprende, por término medio, los factores enumerados anteriormente.

La masa de aterrizaje y de despegue del avión así calculados no deben exceder de los límites siguientes:

a) Los aviones aterrizan con una masa que puede llegar hasta la masa de aterrizaje máxima, la cual está incluida en una de las 2 categorías siguientes:

1) La masa máxima de aterrizaje basada en limitaciones estructurales es constante y no guarda relación con los parámetros operacionales, como son la temperatura y el viento.

2) La masa máxima de aterrizaje basada en las limitaciones de subida varía con la altitud de presión y la temperatura. El aumento de la altitud de presión y/o la temperatura hace disminuir la masa máxima permisible de aterrizaje.

b) Los aviones despegan con una masa que puede llegar hasta la masa máxima de despegue, que puede estar incluida en una de las 5 categorías siguientes:

1) La masa de despegue basada en las limitaciones estructurales en el ascenso es constante y no guarda relación con la altitud de presión, la temperatura el viento ni la pendiente de la pista.

2) La masa máxima de despegue basada en las limitaciones de ascenso varía con la altitud de presión y la temperatura del aeródromo. El aumento de la altitud de presión y/o la temperatura hace disminuir la masa de despegue permisible.

- 3) La masa máxima de despegue basada en las limitaciones de velocidad a causa de los neumáticos varía con la altitud de presión, la temperatura y el viento de cola. El aumento de cualquiera de estos factores, aislados o en combinación, hace disminuir la masa máxima de despegue permisible.
- 4) La masa de despegue menos la masa del combustible consumido para volar hasta el aeródromo al cual se proyecta el vuelo no deberá exceder la masa máxima de aterrizaje en dicho aeródromo, a fin de garantizar un aterrizaje en condiciones de seguridad, tras un vuelo normal. (ver Anexo 6).
- 5) La masa máxima de despegue basada en la limitación relativa al franqueamiento de obstáculos depende del emplazamiento y la altura de los obstáculos situados en la vecindad del extremo de la pista. En la preparación de las curvas de performance de avión de la FAA se ha supuesto que no existen obstáculos que puedan afectar adversamente a las operaciones de aeronaves.

Una superficie de pista cubierta de nieve, nieve fundente, hielo o agua requerirá una mayor longitud de pista para el despegue y para el aterrizaje. En las curvas de performance de avión de la FAA, a menos que se indique lo contrario, se ha supuesto una superficie de pista dura y seca; en las tablas, las longitudes de aterrizaje suponen una pista húmeda no requiriéndose otra corrección en cuanto a longitud para las pistas húmedas. Las curvas de performance de aterrizaje que figuran en los documentos sobre características de los aviones, destinados a los planificadores de aeropuertos, se han establecido para condiciones de superficie de pista húmeda y seca.

Cuando una pista esté asociada con una zona de parada o una zona libre de obstáculos, puede considerarse satisfactoria una longitud verdadera de pista inferior a la que resulta de la aplicación de lo dicho anteriormente según corresponda; pero en ese caso toda combinación de pista, zona de parada y/o zona libre de obstáculos, deberá permitir el cumplimiento de los requisitos de operación para despegue y aterrizaje de los aviones para los que esté prevista la pista.

La decisión de proporcionar una zona de parada o una zona libre de obstáculos, como otra solución al problema de prolongar la longitud de la pista dependerá de las características físicas de la zona situada más allá del extremo de la pista y de los requisitos de performance de los aviones que utilicen la pista. La longitud de la pista, de la zona de parada y de la zona libre de obstáculos, se determinan en función de la performance de despegue de los aviones, pero deberá comprobarse también la distancia de aterrizaje requerida por los aviones que utilicen la pista a fin de asegurarse de que la pista tenga la longitud adecuada para el aterrizaje. No obstante, la longitud de una zona libre de obstáculos no puede exceder de la mitad de la longitud del recorrido de despegue disponible.

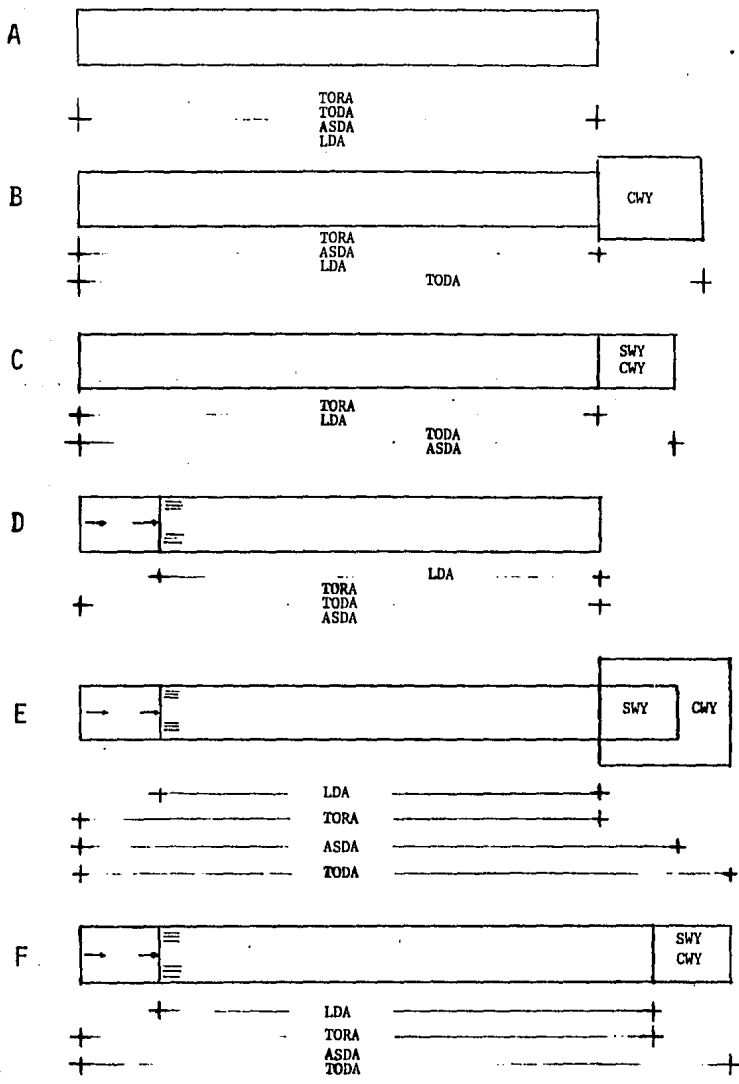
La introducción de zonas de parada y de zonas libres de obstáculos, y la utilización de umbrales desplazados en las pistas, han creado la necesidad de disponer de información precisa que se ha de declarar con respecto a las diferentes distancias físicas disponibles y adecuadas para el aterrizaje y el despegue de los aviones. Para poner de manifiesto esta ne

cesidad con un sentido inteligible, se emplea el término "distancias declaradas", con las 4 distancias siguientes asociadas con una pista determinada:

- a) Recorrido de despegue disponible (TORA), es decir, la longitud de la pista que se ha declarado disponible y adecuada para el recorrido en tierra de un avión que despegue.
- b) Distancia de despegue disponible (TODA), es decir, la longitud del recorrido de despegue disponible más la longitud de la zona libre de obstáculos si la hubiera.
- c) Distancia de aceleración-parada disponible (ASDA), es decir la longitud del recorrido de despegue disponible más la longitud de zona de parada si la hubiera.
- d) Distancia de aterrizaje disponible (LDA), es decir, la longitud de la pista que se ha declarado disponible y adecuada para el recorrido en tierra de un avión que aterrice.

En el Anexo 14 se exige calcular las distancias declaradas para una pista prevista para ser utilizada por el transporte aéreo comercial internacional y en el Anexo 15 se exige la notificación de las distancias declaradas para cada sentido de la pista en la publicación de información aeronáutica (AIP) del Estado. En la fig. 2 se ilustran casos típicos y en la fig. 3 se ofrece una tabla de las distancias declaradas.

Si la pista no está prevista de una zona de parada ni de una zona libre de obstáculos y además el umbral está situado en el extremo de la pista, de ordinario, las 4 distancias declaradas tendrán una longitud igual al de la pista. (fig. 2a).



En todos estos ejemplos de distancias declaradas las operaciones tienen lugar de izquierda a derecha

FIGURA #2.- ILUSTRACION DE LAS DISTANCIAS DECLARADAS

Si la pista está provista de zona libre de obstáculos (CWY), entonces - en la TODA se incluirá la longitud de la zona libre de obstáculos (fig.2b)

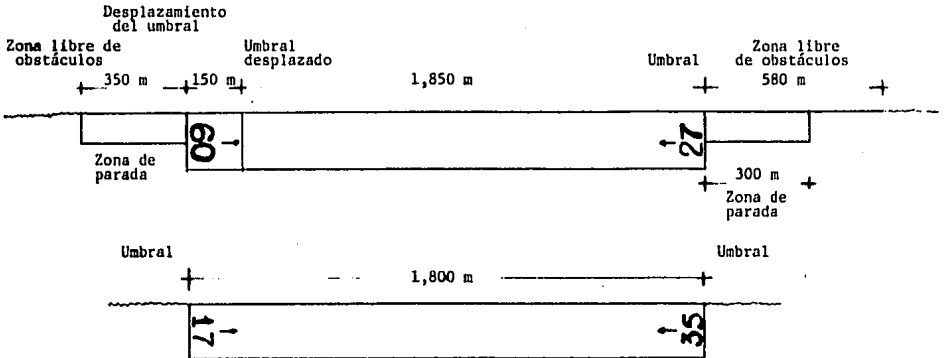
Si la pista está provista de una zona de parada (SWY), entonces en la - ASDA se incluirá la longitud de la zona de parada. (fig. 2c).

Si la pista tiene el umbral desplazado, en el cálculo de la LDA se restará de la longitud de la pista la distancia a que se haya desplazado el - umbral. (fig. 2d). El umbral desplazado influye en el cálculo de la LDA so lamente cuando la aproximación tiene lugar hacia el umbral; no influye en ninguna de las distancias declaradas si las operaciones tienen lugar en la dirección opuesta.

Los casos de pistas provistas de zona libre de obstáculos, de zona de pa - rada, o que tienen el umbral desplazado. (fig. 2b a 2d). Si concurren más - de una de estas características habrá más de una modificación de las distan - cias declaradas, pero se seguirá el mismo principio esbozado. En las Fig. - 2e y 2f se presentan 2 ejemplos en los que concurren todas estas caracterís - ticas.

Se sugiere el formato de la Fig. 3 para presentar la información concer - niente a las distancias declaradas. Si determinada dirección de la pista, no puede utilizarse para despegar o aterrizar, o para ninguna de estas operacio - nes por estar prohibido operacionalmente, ello deberá indicarse mediante las palabras "no utilizable" o con la abreviatura "NU".

Cuando el procurar áreas de seguridad de extremo de pista requiera atrave



PISTA	TORA	ASDA	TODA	LDA
	m	m	m	m
09	2,000	2,300	2,580	1,850
27	2,000	2,350	2,350	2,000
17	NU	NU	NU	1,800
35	1,800	1,800	1,800	NU

FIGURA #3.- DETERMINACION DE LAS DISTANCIAS DECLARADAS

sar áreas en las que esté particularmente prohibido el implantarlas, la autoridad competente podrá reducir las distancias declaradas, si considera -- que se requieren áreas de seguridad de extremo de pista.

Tal como se afirmó anteriormente cuando no se dispone del manual de vuelo adecuado, la longitud de la pista debe determinarse aplicando factores -- de corrección generales. Como la medida deberá elegirse para la pista una -- longitud básica que le permita atender los requisitos operacionales de los aviones para los que esté prevista la pista. Esta longitud básica es la longitud de pista seleccionada a los fines de planificación de aeródromos, que es necesaria para el despegue o el aterrizaje en condiciones correspondientes a la atmósfera tipo, a la elevación cero, con viento y pendiente de pista nulos.

La longitud básica seleccionada para la pista deberá aumentarse a razón del 7% por cada 300 m de elevación.

La longitud de la pista determinada por el párrafo anterior deberá aumentarse a su vez a razón del 1% por cada 1°C en que la temperatura de referencia del aeródromo exceda a la temperatura de la atmósfera tipo correspondiente a la elevación del aeródromo. Sin embargo, si la corrección total -- por elevación y temperatura fuera superior al 35%, las correcciones necesarias deberán obtenerse mediante un estudio al efecto. Las características -- operacionales de determinados aviones pueden indicar que estas constantes -- de corrección, por elevación y temperatura, no son adecuadas y que podría -- ser necesario modificarlas en base a los resultados que se obtengan en un estudio aeronáutico que tome en consideración las condiciones que existan --

en el lugar en cuestión y los requisitos operacionales de tales aviones.

Cuando la longitud básica determinada por los requisitos del despegue sea de 900 m o más, dicha longitud deberá a su vez aumentarse a razón de un 10% por cada 1% de pendiente de pista determinada como se indicará más adelante. Los requisitos de distancia de aterrizaje pueden verse también afectados por la pendiente de la pista en los requisitos de longitud de las pistas.

En los aeródromos donde tanto la humedad como la temperatura son elevadas, acaso sea necesario aumentar la longitud de la pista determinada como en el párrafo anterior, aunque no se pueden dar cifras exactas acerca de las mayores longitudes requeridas.

Los ejemplos siguientes ilustran la aplicación de las correcciones de la longitud de la pista:

Ejemplo 1

- a) Datos:
- 1) Longitud de pista requerida para aterrizar a nivel del mar en condiciones de atmósfera tipo:----- 2 100 m.
 - 2) Longitud de la pista requerida para despegar en un emplazamiento plano situado al nivel del mar en condiciones de atmósfera tipo. ----- 1 700 m.
 - 3) Elevación del aeródromo ----- 150 m.
 - 4) Temperatura de referencia del aeródromo ----- 24°C
 - 5) Temperatura a 150 m en la atmósfera tipo -----14.025°C
 - 6) Pendiente de pista ----- 0.5 %

b) Correcciones de la longitud de pista para el despegue:

- 1) Long. de pista para el despegue corregida por elevación:
- $$[1700 \times 0.07 \times \frac{150}{300}] + 1700 = 1760 \text{ m.}$$

- 2) Long. de pista para el despegue corregida por elevación y temperatura.

$$[1760 \times (24 - 14.025) \times 0.01] = 1760 = 1\ 936\ \text{m}$$

- 3) Long. de pista para el despegue corregida por elevación temperatura y pendiente:

$$[1936 \times 0.5 \times 0.10] = 1936 = 2\ 035\ \text{m}$$

- c) Corrección de la longitud de pista para el aterrizaje:

- 1) Long. de pista para el aterrizaje corregida por elevación:

$$[2100 \times 0.07 \times \frac{150}{300}] = 2100 = 2\ 175\ \text{m}$$

- d) Longitud efectiva de la pista: 2 175 m

Ejemplo 2

- a) Datos: 1) Longitud de pista requerida para el aterrizaje al nivel - del mar en condiciones de atmósfera tipo ----- 2 100 m.
 2) Longitud de pista requerida para el despegue en un emplazamiento plano al nivel del mar en condiciones de atmósfera tipo.----- 2 500 m.
 3) Elevación del aeródromo ----- 150 m
 4) Temp. de referencia del aeródromo ----- 24°C
 5) Temp. a 150 m en la atmósfera tipo -----14.025°C
 6) Pendiente de la pista----- 0.5 %

- b) Corrección de la longitud de pista para el despegue:

- 1) Long. de pista para el despegue corregida por elevación:

$$[2500 \times 0.07 \times \frac{150}{300}] + 2500 = 2\ 587\ \text{m}$$

- 2) Long. de pista para el despegue corregida por elevación y temperatura:

$$[2587 \times (24 - 14.025) \times 0.01] + 2587 = 2\ 845\ \text{m}$$

- 3) Long. de pista para el despegue corregida por elevación, -
temperatura y pendiente:

$$[2845 \times 0.5 \times 0.10 + 2845 = 2\ 985 \text{ m}]$$

- c) Corrección de la longitud de pista para el aterrizaje

- 1) Long. de pista para el aterrizaje corregida por elevación:

$$[2100 \times 0.07 \times \frac{150}{300}] + 2100 = 2\ 175 \text{ m}]$$

- d) Longitud efectiva de la pista 2 985 m

Antes de examinar la relación entre los parámetros de performance de los aviones y los requisitos de longitud de pista es necesario explicar los términos operacionales siguientes:

- a) La velocidad de decisión (VI) es la velocidad escogida por el explotador en la cual se supone que el piloto, al percatarse del fallo del -- grupo motor crítico, decide proseguir el vuelo o iniciar la aplicación del primer dispositivo retardador. Si el fallo de los motores ocurre - antes de alcanzarse la velocidad de decisión, el piloto deberá parar; si el fallo ocurre después, el piloto no deberá detenerse sino prose-- guir el despegue. Como regla general, se selecciona una velocidad de - decisión que es inferior o casi equivalente a la velocidad segura de - despegue. No obstante, debería ser superior a la velocidad menor en la cual el avión todavía puede ser controlado en tierra o cerca de ella - en caso de fallo del grupo motor más crítico; esta velocidad deberá re - cogerse en el manual de vuelo del avión.
- b) La velocidad segura de despegue (V2) es la velocidad mínima a la que - se permite ascender al piloto después de alcanzar la altura de 10.7 m. (35 pies) para mantener por lo menos la pendiente ascensional mínima -

requerida sobre la superficie de despegue con un grupo motor inactivo.

- c) La velocidad de rotación (VR) es la velocidad en la que el piloto inicia la rotación del avión a fin de levantar el tren de aterrizaje de proa.
- d) La velocidad en el punto de despegue (VLOF) expresada como velocidad aérea calibrada, es la velocidad en que el avión entra en sustentación en el aire.

Las limitaciones de utilización de la performance del avión requieren que se disponga de una longitud lo suficientemente grande como para asegurar que después de iniciar el despegue, pueda detenerse con seguridad el avión o concluir el despegue sin peligro. Para fines de cálculo, se supone que la longitud de la pista, de la zona de parada o de la zona libre de obstáculos que se disponen en el aeródromo son apenas suficientes para el avión que requiera -- las mayores distancias de despegue y de aceleración-parada, teniendo en cuenta su masa de despegue, las características de la pista y las condiciones atmosféricas reinantes. En esas circunstancias, para cada despegue hay una velocidad llamada velocidad de decisión (V1); por debajo de esta velocidad debe interrumpirse el despegue si falla un motor, mientras que por encima de -- esa velocidad debe continuarse el despegue. Se necesitarían un recorrido y -- una distancia de despegue muy grandes para concluir el despegue, cuando fa--lla un motor antes de alcanzar la velocidad de decisión, debido a la veloci--dad insuficiente y a la reducción de potencia disponible. No habría ninguna dificultad para detener la aeronave en la distancia de aceleración-parada -- disponible restante, siempre que se tomen inmediatamente las medidas necesarias. En estas condiciones, la decisión correcta sería interrumpir el despe--gue.

Por otro lado, si un motor fallara después de haberse alcanzado la velocidad de decisión, el avión tendría la velocidad y potencia suficientes para concluir el despegue con seguridad en la distancia de despegue disponible restante. No obstante, debido a la gran velocidad, sería difícil detener el avión en la distancia de aceleración-parada disponible restante.

La velocidad de decisión no es una velocidad fija para un avión, pero el piloto puede elegirla, dentro de los límites compatibles con los valores utilizables de la distancia disponible de la aceleración-parada, la masa de despegue del avión, las características de la pista y las condiciones atmosféricas reinantes en el aeródromo. Normalmente, se elige una velocidad de decisión más alta cuando la distancia disponible de la aceleración-parada es más grande.

Pueden obtenerse diversas combinaciones de la distancia de aceleración-parada requerida y de distancia de despegue requerida que se acomoden a un determinado avión, teniendo en cuenta la masa de despegue del avión, las características de la pista y las condiciones atmosféricas reinantes. Cada combinación requiere su correspondiente longitud de recorrido de despegue.

El caso más corriente es aquél en que la velocidad de decisión es tal que la distancia de despegue requerida es igual a la distancia de aceleración-parada requerida; este valor se conoce como longitud de campo compensado. Cuando no se dispone de zona de parada ni de zona libre de obstáculos, esas distancias son ambas iguales a la longitud de la pista. Sin embargo, si por el momento se prescinde de la distancia de aterrizaje, la pista no debe constituir esencialmente la totalidad de la longitud de campo compensado, ya que el recorrido de despegue es menor, por supuesto, que la longitud de campo compensado. Por lo tanto, la longitud de campo compensado puede --

proveerse mediante una pista suplementada por una zona libre de obstáculos y una zona de parada de igual longitud, en lugar de estar constituida en su totalidad por la pista. Si la pista se utiliza para el despegue en ambos sentidos, ha de proveerse en cada extremo de la pista una longitud igual de zona libre de obstáculos y de zona de parada. Por lo tanto, el ahorro de longitud de pista se hace a expensas de una longitud total mayor.

En los casos en que por consideraciones de orden económico no pueda disponerse de una zona de parada y como resultado sólo se disponga de una pista y una zona libre de obstáculos, la longitud de la pista (prescindiendo de los requisitos de aterrizaje) debería ser igual a la distancia de aceleración-parada requerida o al recorrido de despegue requerido, eligiéndose de los dos el que resulte mayor. La distancia de despegue disponible será la longitud de la pista más la longitud de la zona libre de obstáculos.

La longitud mínima de pista y la longitud máxima de zona de parada o de zona libre de obstáculos que han de proveerse, pueden determinarse como sigue, a base de los valores contenidos en el Manual de vuelo del avión que se considere más crítico desde el punto de vista de los requisitos de longitud de pista:

- a) Si la zona de parada es económica posible, las longitudes que han de proveerse son las correspondientes a la longitud de campo compensado. La longitud de pista es igual a la del recorrido de despegue requerido, o a la distancia de aterrizaje requerida, si es mayor. Si la distancia de aceleración-parada requerida es mayor que la longitud de pista determinada de este modo, el exceso puede disponerse como zona de parada, situada generalmente en cada extremo de la pista.

Además, debe proveerse también una zona libre de obstáculos de la misma longitud que la zona de parada.

- b) Si no ha de proveerse zona de parada, la longitud de pista es igual - a la distancia de aterrizaje requerida, o, si es mayor, a la distancia de aceleración-parada requerida que corresponda al valor más bajo posible de la velocidad de decisión. El exceso de la distancia de despegue requerida respecto a la longitud de pista, puede proveerse como zona libre de obstáculos, situada generalmente en cada extremo de la pista.

Además de la consideración anterior, el concepto de zonas libres de obstáculos puede aplicarse en ciertas circunstancias a una situación en que la distancia de despegue requerida con todos los motores en funcionamiento -- exceda de la requerida para el caso de falla de motor.

Puede perderse por completo la economía de las zonas de parada, si cada vez que se utilizan tengan que nivelarse y compactarse de nuevo. Por consiguiente, deberán construirse de manera que puedan resistir un número mínimo de cargas del avión para el cual están destinadas, sin ocasionar daños estructurales al mismo.

Tomando como ilustración el diagrama de la Fig. 4a, que muestra el caso de un avión parado en el extremo A de entrada de una pista, el piloto inicia el despegue, el avión acelera y se aproxima a la velocidad de decisión (V_1) en el punto B. Se supone que sobreviene un fallo repentino y completo de los motores del que se percata el piloto en el momento de alcanzar la velocidad de decisión (V_1). El piloto puede:

- Frenar hasta que el avión se detenga en el punto Y (la distancia de --

aceleración parada).

Seguir acelerando hasta que alcance la velocidad rotatoria (VR) en el punto C, empuje con el cual cobra altura a la velocidad del punto de despegue (VLOF) en el punto D, tras lo cual el avión llega al extremo del recorrido de despegue en el punto X y prosigue hasta la altura de 10.7 m (35 pies) al final de la distancia de despegue, en el punto Z.

En la fig. 4b se ilustra un caso normal con todos los motores en marcha en el que d'_1 y d'_3 son análogos a d_1 y d_3 , respectivamente, en la -- fig. 4a.

Las distancias de despegue y de aceleración-parada con un motor inactivo variarán según la velocidad de decisión seleccionada (V_1). Si se reduce la velocidad de decisión también se reduce la distancia al punto B (fig. 4a) y lo mismo sucede con la distancia de aceleración-parada; pero las distancias del recorrido de despegue y de despegue propiamente dicho se ven aumentadas puesto que gran parte de la maniobra de despegue se realiza con un motor inactivo. En la fig. 5 se ilustran las relaciones que pueden darse entre la distancia de aceleración-parada, la distancia de despegue y los recorridos de despegue con respecto a las variaciones de velocidad de decisión (V_1), dentro de los límites señalados anteriormente.

Las características de la performance de despegue de un determinado -- avión no reunirán necesariamente la gama de velocidades de decisión consignadas en la fig. 5. Más bien, en ciertas condiciones, puede suceder que un avión determinado se vea restringido dentro de una de las áreas indicadas -- en sentido horizontal, a, b ó c. En el caso que se ilustra con la letra a, la distancia de despegue con un motor inactivo es crítica. La selección lógica de V_1 , punto 1, deberá ser tal que fuese equivalente a V_2 ó VR según --

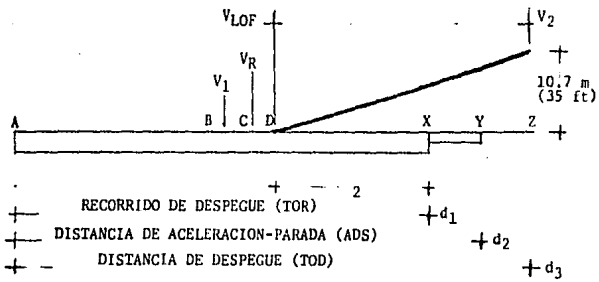


FIGURA #4a.- MOTOR CRITICO INACTIVO

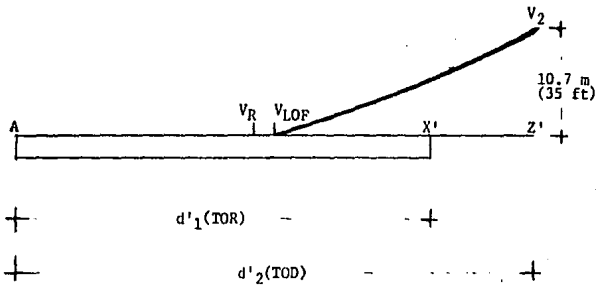


FIGURA #4b.- TODOS LOS MOTORES EN MARCHA

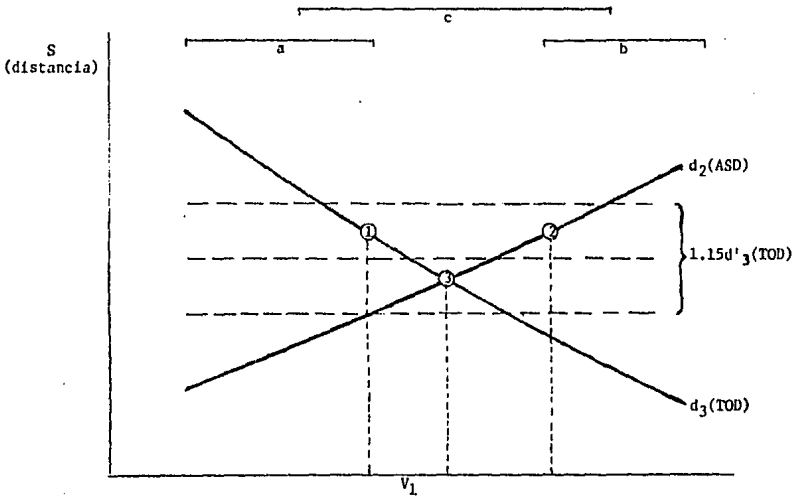
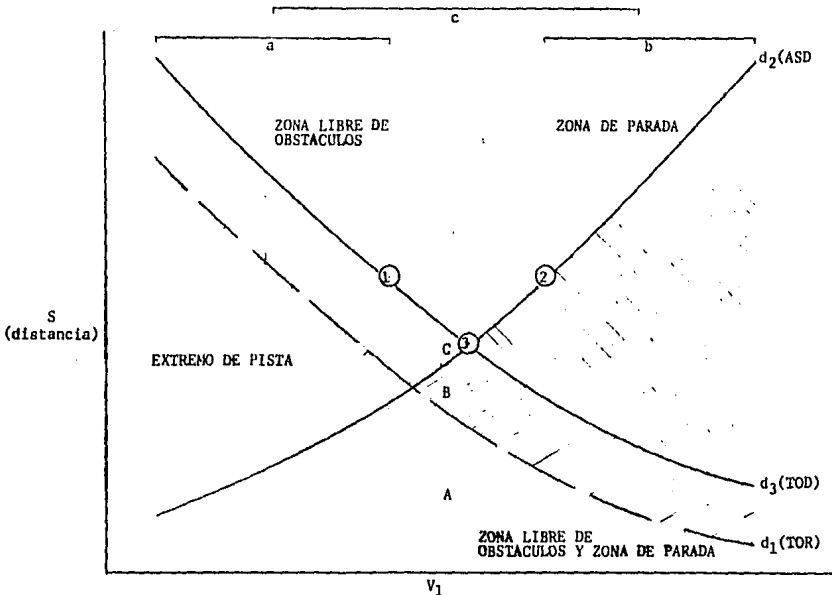


FIGURA #5

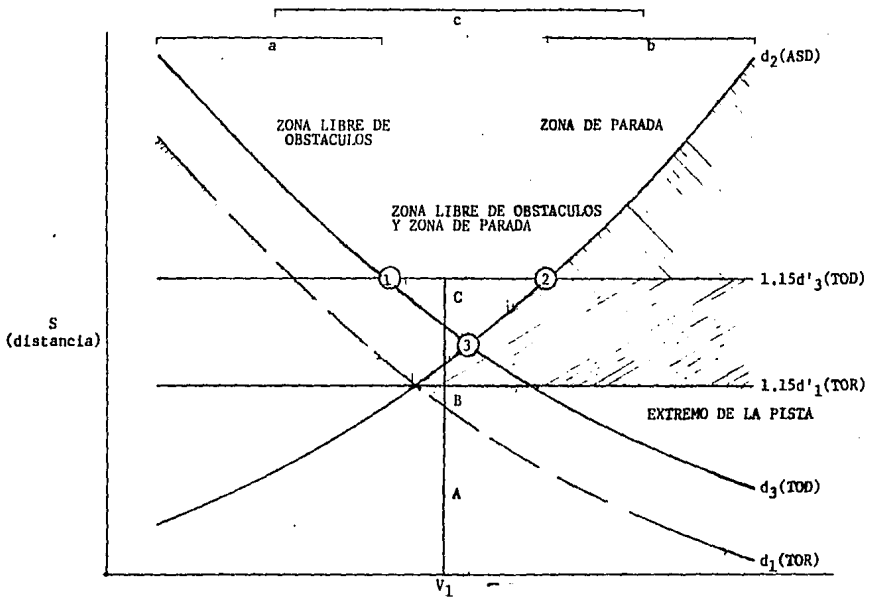
las características de despegue del avión. En el caso ilustrado por la letra b, la distancia de aceleración-parada es crítica a partir de la velocidad V_2 hasta un punto en que la posibilidad de mantener el control en tierra pasa a ser crítica. La selección lógica de V_1 sería mantenerla lo más reducida posible, en el punto 2. En el caso ilustrado por la letra c, que es el más corriente, la distancia de aceleración-parada es crítica a velocidades V_1 cercanas a la velocidad V_2 y la distancia de despegue es crítica a velocidades próximas a la velocidad mínima de controlabilidad. En este caso, la velocidad V_1 seleccionada suele ser la óptima, a saber, la V_1 en la que las dos distancias son iguales en el punto 3. Si la distancia de despegue con todos los motores en marcha es crítica en uno o varios de los casos mencionados, la gama de velocidades V_1 posibles se ve un tanto ampliada porque esa distancia no guarda relación con la velocidad V_1 .

Se advertirá que la distancia total requerida es la mínima en el caso de la velocidad óptima de decisión (V_1), lo cual sucede siempre. Normalmente, por lo tanto, la pista deberá tener dicha longitud. Sin embargo, la parte de la distancia de aceleración-parada que no se requiere para el recorrido de despegue (la distancia B en la fig. 6) apenas se utilizará por lo que podrá construirse de forma más económica que la parte A requerida para el recorrido de despegue, a saber, la propia pista. Además, durante el despegue, la distancia B + C sólo será sobrevolada durante el ascenso inicial a la altura especificada en el Anexo 6 y no se espera que soporte la masa de la aeronave; sólo es preciso que se halle libre de obstáculos.

En determinadas circunstancias, la construcción de pistas con superficies tales como zonas de parada y zonas libres de obstáculos puede resultar más ventajosa que la construcción de pistas convencionales. La elección en-



a) MOTOR CRITICO INACTIVO



b) TODOS LOS MOTORES CRITICOS EN MARCHA

FIGURA # 6

tre una pista convencional y otra en la que se utiliza una combinación de tales superficies, dependerá de las condiciones económicas y materiales locales: superficie y franqueamiento de obstáculos del emplazamiento, características del suelo, posibilidad de adquirir terrenos, planes de desarrollo futuro, naturaleza y costo de los materiales disponibles, intervalo de tiempo requerido para realizar la obra, nivel aceptable de costos de mantenimiento, etc. En especial la construcción de zonas de parada a cada extremo de la pista (ya que el despegue puede realizarse normalmente en dos sentidos) puede resultar con frecuencia una primera etapa económica de la prolongación de una pista existente. Las zonas de parada, que no se utilicen para el aterrizaje y que los aviones utilizan únicamente en casos excepcionales durante el despegue, pueden proveerse con frecuencia sin grandes gastos y desde el punto de vista de las operaciones, su instalación equivale para los aviones a una prolongación de pista.

A fin de escoger entre una pista no convencional y la pista convencional que goza de preferencia, es necesario determinar las proporciones de la zona libre de obstáculos o de la zona libre de obstáculos/zona de parada que habrá de habilitarse. En la Fig. 6 se ilustra cómo hacerlo en el caso de un determinado avión y dadas ciertas condiciones de altitud, temperatura, despegue, masa, etc. Como se indicó anteriormente, la distancia del recorrido de despegue, la distancia de despegue y la distancia de aceleración-parada de un determinado avión durante el despegue dependerán de la velocidad de decisión V_l elegida. Dentro de una cierta gama puede elegirse cualquier valor de V_l y por consiguiente, serían viables muchas combinaciones de pista, zona de parada y zona libre de obstáculos. Los requisitos mínimos para proyectar una pista no convencional normalmente incluirán una pista y una zona libre de obstáculos o bien una pista y una combinación de zona libre de obs

táculos/zona de parada, según las velocidades de V_l utilizadas. Esto se ilustra en la fig. 6.

La ampliación de una pista convencional para que pase a ser una pista no convencional y resista al aumento de masa del avión crítico se ilustra en la fig. 7. En la fig. 7a, la aeronave crítica utiliza una velocidad óptima V_l , punto 3 con la masa W_0 sobre la pista existente. Cuando la masa se aumenta a W_1 , la velocidad óptima V_l se aumenta ligeramente al punto 3'. El aumento de masa se limita al que se traduce en un recorrido de despegue (d_1) equivalente a la longitud de la pista. La distancia adicional de despegue y la distancia de aceleración-parada pueden tener cabida en una combinación de zona libre de obstáculos/zona de parada. En la fig. 7b, se ilustran dos casos. En el primero, la velocidad V_l del avión se encuentra en el punto 1. La nueva velocidad, V_l en el punto 1', aumentaría si la velocidad inicial de ascensión (V_2) se aumentase en vista del cambio de masa. El aumento de masa se limita al que resultaría en un recorrido de despegue (d_1) con el peso W_1 equivalente a la distancia de despegue (d_3) con la masa W_0 . El aumento de la distancia de despegue puede ser absorbido si existe una zona libre de obstáculos. En el segundo caso, la velocidad V_l del avión incide en el punto 2. La velocidad V_l en el punto 2', se mantendría probablemente constante. El aumento de masa quedaría limitado por la mayor distancia posible de despegue d_3 con la masa W_1 si no fuera a proporcionarse una zona libre de obstáculos. El aumento de la distancia de aceleración-parada puede absorberse dentro de una zona de parada. Nótese que todo incremento ulterior de masa requerirá la utilización de una combinación de zona libre de obstáculos/zona de parada. El efecto ocasionado en el caso en que todos los motores se encuentren en marcha puede percibirse inmediatamente comparando las figuras 7a y 7b. Los valores inferiores de V_l carecen de interés puesto que se traducen tanto en un mayor recorrido de des-

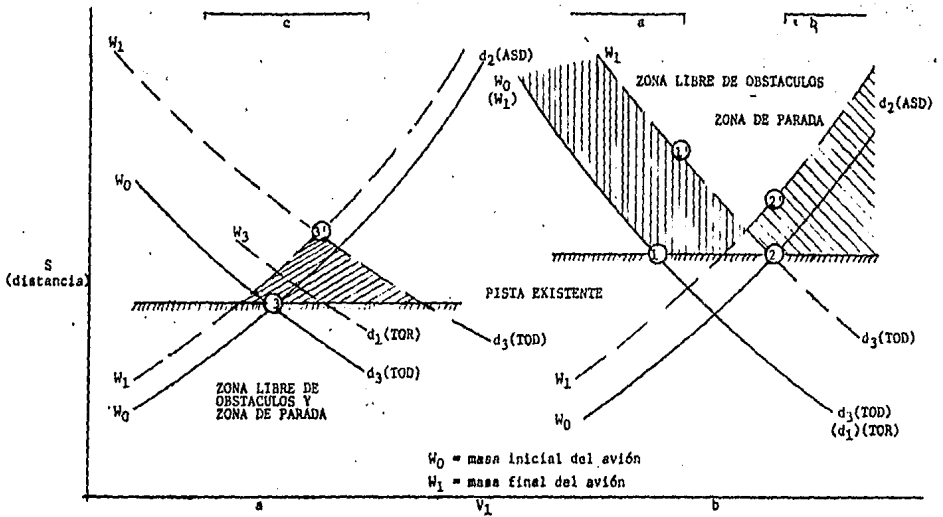


FIGURA # 7

pegue como en una mayor distancia de despegue.

La longitud de pista que se determinará a partir de los diagramas de -- performance de despegue, será la mayor de las siguientes:

- a) La longitud de campo compensado, es decir, la longitud de pista re--
querida cuando la distancia de despegue con un motor inactivo y la -
distancia de aceleración-parada sean equivalentes.
- b) El 115% de la distancia de despegue con todos los motores en funcio--
namiento.

Aunque normalmente las distancias de aterrizaje no son críticas, debe--
rán consultarse los diagramas de performance de aterrizaje de los aviones
para comprobar que requisitos de longitud de pista para el despegue garan--
tizan una longitud adecuada para el aterrizaje. Por lo general, la distan--
cia para el aterrizaje se determina de modo que el avión pueda aterrizar -
después de haber salvado, con un margen de seguridad, todos los obstáculos
situados en la trayectoria de aproximación con la seguridad de que podrá -
detenerse sin peligro. Se tendrán en cuenta las variaciones previstas en -
las técnicas de aproximación y aterrizaje de determinadas aeronaves si no
se tuvieron ya al indicar los datos relativos a la performance. La longi--
tud de pista determinada a partir de un diagrama de performance de aterri--
zaje es la distancia de aterrizaje requerida dividida por 0.6. Cuando la -
longitud de la pista requerida para el aterrizaje es superior a la requeri--
da para el recorrido de despegue, este factor determinará la longitud míni--
ma de pista requerida.

La anchura de toda pista no deberá ser menor de la dimensión apropiada
especificada en la siguiente tabla:

Núm. de CLAVE	Letra de CLAVE				
	A	B	C	D	E
1*	18m	18m	23m	---	---
2*	23m	23m	30m	---	---
3	30m	30m	30m	45m	---
4	---	---	45m	45m	45m

* La anchura de toda pista de aproximación de precisión no deberá ser menor de 30 m, cuando el Núm. de Clave sea 1 ó 2.

La pendiente obtenida al dividir la diferencia entre la elevación máxima y la mínima a lo largo de eje de la pista, por la long. de ésta, no deberá exceder del:

- 1%, cuando el número de clave sea 3 ó 4
- 2%, cuando el número de clave sea 1 ó 2

En ninguna parte de la pista la pendiente longitudinal deberá exceder del:

- 1.25%, cuando el número de clave sea 4 excepto en el 1º y el último cuartos de la longitud de la pista, en los cuales la pendiente no deberá exceder del 0.8%.

- 1.5%, cuando el número de clave sea 3, excepto en el 1º y el último cuartos de la longitud de una pista para aproximaciones de precisión de Categoría II o III, en los cuales la pendiente no deberá exceder del 0.8%.

- 2%, cuando el número de clave sea 1 ó 2.

Cuando no se pueda evitar un cambio de pendiente entre 2 pendientes consecutivas, éste no deberá exceder del:

- 1.5%, cuando el número de clave sea 3 ó 4
- 2%, cuando el número de clave sea 1 ó 2.

La transición de una pendiente a otra deberá efectuarse por medio de una superficie curva con un grado de variación que no exceda de:

- 0.1%, por cada 30m (radio mínimo de curvatura de 30000m) cuando el -

número de clave sea 4.

- 0.2%, por cada 30m (radio mínimo de curvatura de 15000m) cuando el número de clave sea 3
- 0.4%, por cada 30m (radio mínimo de curvatura de 7500m) cuando el número de clave sea 1 ó 2.

Cuando no se pueda evitar un cambio de pendiente, el cambio deberá ser tal que desde cualquier punto situado a:

- 3m por encima de una pista sea visible otro punto situado también a 3m por encima de la pista, dentro de una distancia igual, por lo menos a la mitad de la longitud de la pista cuando la letra de clave sea C, D ó E.
- 2m por encima de una pista sea visible otro punto situado también a 2m por encima de la pista, dentro de una distancia igual, por lo menos, a la mitad de la longitud de la pista, cuando la letra de clave sea B.
- 1.5 m por encima de una pista sea visible otro punto situado también a 1.5m por encima de la pista, dentro de una distancia igual, por lo menos, a la mitad de la longitud de la pista, cuando la letra de clave sea A.

A lo largo de una pista deberán evitarse ondulaciones o cambios de pendiente apreciables que estén muy próximos. La distancia entre los puntos de intersección de 2 curvas sucesivas no deberá ser menor que:

- a) La suma de los valores numéricos absolutos de los cambios de pendiente correspondientes, multiplicada por el valor que corresponda entre los siguientes:
 - 30 000 m cuando el número de clave sea 4
 - 15 000 m cuando el número de clave sea 3

- 5000 m cuando el número de clave sea 1 ó 2.

b) 45 m

tomando la que sea mayor.

El siguiente ejemplo ilustra cómo debe determinarse la distancia entre cambios de pendiente (ver fig. 8):

D para una pista de número de clave 3 deberá ser por lo menos igual a:

$$15\ 000 \times (|x - y| + |y - z|) \times m$$

siendo $|x - y|$ el valor numérico absoluto de $x - y$

$|y - z|$ el valor numérico absoluto de $y - z$

suponiendo $x = +0.01$; $y = -0.005$; $z = +0.005$

resultará $|x - y| = 0.015$

$$|y - z| = 0.01$$

Para cumplir con la especificación, D no deberá ser inferior a:

$$15\ 000 (0.015 + 0.01) m$$

es decir $15\ 000 \times 0.025 = 375 m$

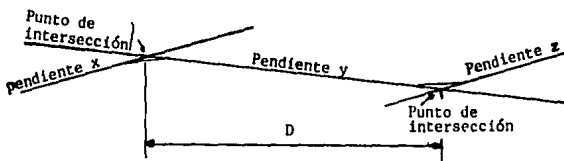


Figura 8 Perfil del eje de la pista

Para facilitar la rápida evacuación del agua, la superficie de la pista, en la medida de lo posible, deberá ser convexa, excepto en los casos en que una pendiente transversal única que descienda en la dirección del viento -- que acompaña a la lluvia con mayor frecuencia, asegure el rápido drenaje de aquélla. La pendiente transversal ideal deberá ser de:

- 1.5%, cuando la letra de clave sea C, D ó E

- 2.0%, cuando la letra de clave sea A ó B

Pero en todo caso, no deberá exceder del 1.5% ó 2%, según corresponda, - ni ser inferior al 1%, salvo en las intersecciones de pistas o de calles de rodaje en que se requieran pendientes más aplanadas. En el caso de su ~~perfiles~~ perfiles convexas, las pendientes transversales deberán ser simétricas a ambos lados de eje de la pista. En pistas mojadas con viento transversal, cuando el drenaje sea defectuoso, es probable que se acentúe el pro blema debido a fenómeno de hidroplaneo.

La pendiente transversal deberá ser básicamente la misma a lo largo de - toda la pista, salvo en una intersección con otra pista o calle de rodaje, donde deberá proporcionarse una transición suave teniendo en cuenta la nece sidad de que el drenaje sea adecuado. En el Doc. 9157, Manual de proyectos de aeródromos, Parte 3, Pavimentos, de la OACI, se da orientación sobre las pendientes transversales.

Cuando se proyecte una pista que combine los valores extremos para las - pendientes longitudinales y cambios de pendiente con pendientes transversales extremas, deberá hacerse un estudio para asegurar que el perfil de la su perficie resultante no dificulte las operaciones de los aviones.

La pista deberá poder soportar el tránsito de los aviones para los que - esté prevista. En el Manual de proyectos de aeródromos, Parte 3, Pavimentos se dan detalles sobre los métodos de construcción del pavimento.

La superficie de la pista deberá construirse sin irregularidades que den como resultado la pérdida de la eficacia del frenado, o afectar adversamente de cualquier otra forma el despegue y el aterrizaje de un avión. Las -- irregularidades de superficie pueden afectar adversamente el despegue o el

aterrizaje de un avión por causar rebotes, cabeceo o vibración excesivos u otras dificultades en el manejo del avión.

Al adoptar tolerancias para las irregularidades de la superficie de la pista la siguiente norma de construcción es aplicable a distancias cortas del orden de 3m y se ajusta a los buenos métodos de ingeniería:

- El acabado de la superficie de la capa de rodadura debe ser de tal regularidad que, cuando se verifique con una regla de 3m colocada en cualquier parte y en cualquier dirección de la superficie no haya en ningún punto, excepto a través de la cresta del bombeo o de los canales de drenaje, una separación de 3mm entre el borde de la regla y la superficie del pavimento.

Debería tenerse también cuidado al instalar luces empotradas de pista o rejillas de drenaje en la superficie de la pista, a fin de mantener la lisa satisfactoria.

Los movimientos de las aeronaves y las diferencias de asentamiento de los cimientos con el tiempo tienden a aumentar las irregularidades de la superficie. Las pequeñas desviaciones respecto a las tolerancias anteriormente mencionadas no deben afectar mayormente a los movimientos de las aeronaves. En general, son tolerables las irregularidades del orden de 2.5 a 3 cm en una distancia de 45m. No se puede dar información exacta sobre la irregularidad máxima aceptable, ya que ésta varía con la aeronave y en ciertos tipos de aeronaves depende incluso de su masa, de la distribución de ésta, de las características del tren de aterrizaje y de la velocidad. Una secuencia de ondulaciones superficiales en la pista, cada una de las cuales se considere aisladamente como aceptable podría inducir cargas dinámicas importantes en el tren de aterrizaje de la aeronave, o vibraciones -

intensas que podrían afectar la lectura de los instrumentos del puesto de pilotaje.

La determinación de las cargas dinámicas en una aeronave durante el aterrizaje o el recorrido de despegue en una pista de superficie irregular puede realizarse, por supuesto, midiendo la respuesta real de una aeronave que rueda sobre esa superficie. Los ensayos realizados por un Estado indican -- que la utilización de un modelo de simulación de recorrido en tierra para determinar las fuerzas que actúan sobre el tren de aterrizaje de la aeronave que rueda sobre un perfil de superficie medido o planificado, representa un elemento sumamente útil para juzgar objetivamente la calidad de una superficie de pista o de calle de rodaje. Con este método pueden analizarse -- antes de efectuar ninguna modificación, los efectos de las modificaciones de la superficie en la respuesta de la aeronave, eliminando, en consecuencia, muchas incertidumbres sobre los resultados, y las modificaciones que se han de proponer pueden evaluarse, en el modelo de simulación, desde el punto de vista costo-beneficio. La aceptabilidad de la irregularidad superficial está relacionada con las cargas que actúan sobre el tren de aterrizaje de la aeronave que se considere crítica para estos efectos.

La deformación de la pista con el tiempo puede también aumentar la posibilidad de la formación de charcos. Los charcos cuya profundidad sólo sea de unos 3 mm especialmente si están situados en lugares de la pista donde los aviones que aterrizan tienen gran velocidad y pueden inducir el hidropelano, fenómeno que puede mantenerse en una pista cubierta con una capa mucho más delgada de agua.

La superficie de una pista pavimentada se construirá de modo que propor-

cione buenas características de rozamiento cuando la pista esté mojada.

El espesor de la textura superficial media de una superficie nueva deberá ser inferior a 1 mm. Esto requiere, por lo general, alguna forma especial de tratamiento de la superficie. Los métodos de la mancha de grasa y del parche de arena, que se describen en el Doc. 9137, Manual de servicios de aeropuertos, Parte 2, Estado de la superficie de los pavimentos, de la OACI., se utilizan actualmente para medir la textura de la superficie.

Cuando la superficie sea estriada o escarificada, las estrias o escarificaciones deberán ser bien perpendiculares al eje de la pista o paralelas a las uniones transversales no perpendiculares, cuando proceda.

Deberán proveerse márgenes en toda pista cuya letra de clave sea D ó E y de anchura inferior a 60m.

Los márgenes de una pista o de zona de parada deberán prepararse o construirse de manera que se reduzca al mínimo el peligro que pueda correr un avión que se salga de la pista o de la zona de parada. En los párrafos siguientes se da alguna orientación sobre ciertos problemas especiales que pueden presentarse y sobre la cuestión de las medidas para evitar la ingestión de piedras sueltas u otros objetos por los motores.

En algunos casos, el terreno de la franja puede tener una resistencia suficiente que le permita satisfacer, sin preparación especial alguna, los requisitos aplicables a los márgenes. Cuando se necesite una preparación especial, el método empleado dependerá de las condiciones locales del terreno y del peso de los aviones que la pista esté destinada a servir. Los ensayos del terreno ayudan a determinar el método óptimo de mejoramiento -

(por ejem., drenaje, estabilización, capa de sellado, ligera pavimentación).

Deberá también prestarse atención al proyectarse los márgenes para impedir la ingestión de piedras o de otros objetos por los motores de turbina. A este respecto son aplicables consideraciones similares a las hechas en relación con los márgenes de las calles de rodaje, tanto por lo que se refiere a las medidas especiales que pueden ser necesarias como la distancia respecto a la cual deberán tomarse tales medidas, si hicieran falta.

Quando se han preparado en forma especial los márgenes, ya sea para obtener la resistencia requerida o bien para evitar la presencia de piedras o materiales sueltos, pueden presentarse dificultades debido a la falta de contraste visual entre la superficie de la pista y la franja contigua. Esta dificultad puede eliminarse proporcionando un buen contraste visual en la superficie de la pista o de la franja, o empleando una señal de faja lateral de pista.

Los márgenes deberán extenderse simétricamente a ambos lados de la pista de forma que la anchura total de ésta y sus márgenes no sea inferior a 60m.

La superficie de los márgenes adyacentes a la pista deberá estar al mismo nivel que la de ésta y su pendiente transversal no deberá exceder del 2.5%.

Los márgenes de la pista deberán prepararse o construirse de manera que puedan soportar el peso de un avión que salga de la pista, sin que éste sufra daños y soportar los vehículos terrestres que puedan operar sobre el margen.

La pista y cualquier zona asociada de parada estarán comprendidas dentro de una franja.

Toda franja deberá extenderse antes del umbral y más allá del extremo de la pista o de la zona de parada hasta una distancia de por lo menos:

- 60 m cuando el número de clave sea 2, 3 ó 4
- 60 m cuando el número de clave sea 1 y la pista sea de vuelo por instrumentos.
- 30 m cuando el número de clave sea 1 y la pista sea de vuelo visual.

Siempre que sea posible, toda franja que comprenda una pista para aproximaciones de precisión se extenderá lateralmente hasta una distancia de por lo menos:

- 150 m cuando el número de clave sea 3 ó 4
 - 75 m cuando el número de clave sea 1 ó 2
- a cada lado del eje de la pista y de su prolongación a lo largo de la franja.

Toda franja que comprenda una pista para aproximaciones que no sea de precisión deberá extenderse lateralmente hasta una distancia de por lo menos:

- 150 m cuando el número de clave sea 3 ó 4
 - 75 m cuando el número de clave sea 1 ó 2
- a cada lado del eje de la pista y de su prolongación a lo largo de la franja.

Toda franja que comprenda una pista de vuelo visual deberá extenderse a cada lado del eje de la pista y de su prolongación a lo largo de la franja, hasta una distancia de por lo menos:

- 75 m cuando el número de clave sea 3 ó 4
- 40 m cuando el número de clave sea 2
- 30 m cuando el número de clave sea 1

Con excepción del equipo o de las instalaciones requeridas para fines de

navegación aérea, todo objeto situado en la franja de la pista y que pueda constituir un peligro para los aviones, deberá considerarse como un obstáculo y debe eliminarse siempre que sea posible. Cualquier equipo o instalación requerido para fines de navegación aérea que deba estar emplazado en la franja de la pista, deberá tener la menor masa y altura posibles, ser de diseño y montaje frangibles y situarse de tal modo que el peligro para las aeronaves se reduzca al mínimo.

Con excepción de las ayudas visuales requeridas para fines de navegación aérea, no se permitirá ningún objeto fijo en la franja de una pista:

- a) Dentro de una distancia de 60 m del eje de la pista de aproximación de precisión de las Categorías I, II ó III, cuando el número de clave sea 3 ó 4.
- b) Dentro de una distancia de 45 m del eje de una pista de aproximación de precisión de Categoría I, cuando el número de clave sea 1 ó 2.

Las ayudas visuales requeridas para la navegación aérea que deban estar emplazadas en esta parte de la franja tendrán la menor masa y altura posibles, ser de diseño y montaje frangibles y situarse de tal modo que el peligro para las aeronaves se reduzca al mínimo. No se permitirá ningún objeto móvil en esta parte de la franja de la pista mientras se utilice la pista para aterrizar o despegar.

Deberán tomarse medidas para que cuando la rueda de un avión se hunda en el terreno de la franja contigua a la pista no se encuentre con la superficie vertical dura. A este respecto, el montaje de las luces de pista u otros accesorios dispuestos en la franja o en la intersección con una calle de rodaje u otra pista puede presentar problemas especiales. Tratándose de construcciones como las pistas o calles de rodaje, en las que la su-

perficie debe estar enrasada con la superficie de la franja, puede eliminarse el lado vertical achaflanado a partir de la parte superior de la construcción hasta no menos de 30 cm por debajo del nivel de la superficie de la franja. Los demás objetos cuyas funciones no les exija estar al nivel de la superficie deberán enterrarse a una profundidad no inferior de 30 cm.

La franja que comprenda una pista de vuelo por instrumentos, deberá proveer hasta una distancia de por lo menos:

- 75 m cuando el número de clave sea 3 ó 4
- 40 m cuando el número de clave sea 1 ó 2

del eje de la pista y de su prolongación, un área nivelada en atención a los aviones a que está destinada la pista en el caso de que un avión se salga de ella.

En el caso de las pistas para aproximaciones de precisión, será conveniente adoptar una anchura mayor si el número de clave es 3 ó 4. En la figura 9 se indican la forma y dimensiones de una franja más ancha que podría considerarse para dichas pistas. Esta franja se ha proyectado utilizando los datos sobre las aeronaves que se salen de la pista. La parte que debe nivelarse se extiende lateralmente hasta una distancia de 105 m desde el eje, pero esta distancia se reduce paulatinamente a 75 m en ambos extremos de la franja, a lo largo de una distancia de 150 m, contada desde el extremo de la pista.

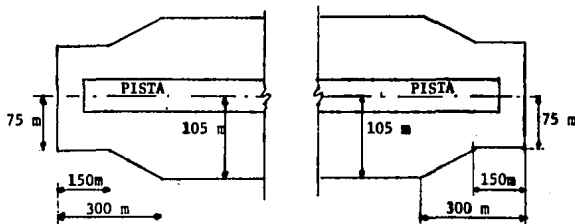


Figura 9. Parte nivelada de la franja de una pista para aproximaciones de precisión cuyo número de clave sea 3 ó 4

La parte de una franja de una pista de vuelo visual deberá proveer, hasta una distancia de por lo menos:

- 75 m cuando el número de clave sea 3 ó 4
- 45 m cuando el número de clave sea 2
- 30 m cuando el número de clave sea 1

~~desde el eje de la pista~~ y de su prolongación, un área nivelada a los -- aviones para los que esté prevista la pista, en el caso de que un avión se salga de la misma.

La superficie de la parte de la franja colindante con la pista, margen o zona de parada estará al mismo nivel que la superficie de la pista, margen o zona de parada.

La parte de una franja situada por lo menos 30 m antes del umbral deberá prepararse contra la erosión producida por el chorro de los motores, a fin de proteger a los aviones que aterrizan de los peligros que ofrecen los bordes expuestos.

Las pendientes longitudinales a lo largo de la porción de una franja que ha de nivelarse, no deberá exceder del:

- 1.50%, cuando el número de clave sea 4
- 1.75%, cuando el número de clave sea 3
- 2.00%, cuando el número de clave sea 1 ó 2

Los cambios de pendiente en la parte de una franja que haya de nivelarse, deberá ser lo más gradualmente posible, debiendo evitar los cambios bruscos o las inversiones repentinas de pendiente.

Con el fin de que puedan servirse del aeropuerto los aviones que efectúan aproximaciones y aterrizajes con el piloto automático acoplado (independientemente de las condiciones meteorológicas), es conveniente que los cambios de pendiente de eviten o reduzcan al mínimo en el área interior al umbral de

una pista de aproximación de precisión en la parte de la franja situada dentro de una distancia de por lo menos 30 m a cada lado de la prolongación -- del eje de la pista. Esto es conveniente porque estos aviones están equipados con un radioaltímetro para la gafa final de altura y enderezamiento y -- cuando el avión está sobre el terreno inmediatamente anterior al umbral el radioaltímetro empieza a proporcionar al piloto automático información para el enderezamiento. Cuando no puedan evitarse los cambios de pendientes en -- esta parte, el régimen de cambio entre 2 pendientes consecutivas no deberá exceder del 2% en 30 m.

Las pendientes transversales en la parte de una franja que haya de nivelarse, deberán ser adecuadas para impedir la acumulación de agua en la superficie, pero no deberá exceder del:

- 2.5%, cuando el número de clave sea 3 ó 4
- 3.0%, cuando el número de clave sea 1 ó 2

excepto que, para facilitar el drenaje, la pendiente de los primeros 3m hacia afuera del borde de la pista, margen o zona de parada deberá ser -- negativa, medida en el sentido de alejamiento de la pista, pudiendo llegar hasta el 5%.

Las pendientes transversales en cualquier parte de una franja más allá -- de la parte que ha de nivelarse no deberán exceder de una pendiente ascendente del 5% medida en el sentido de alejamiento de la pista.

La parte de una franja que comprenda una pista de vuelo por instrumentos deberá prepararse o construirse, hasta una distancia de por lo menos:

- 75 m cuando el número de clave sea 3 ó 4
- 40 m cuando el número de clave sea 1 ó 2

del eje y de su prolongación, de manera que se reduzca al mínimo los peligros provenientes de las diferencias de carga admisible, respecto a --

los aviones para los que se ha previsto la pista, en el caso de que un avión se salga de la misma.

La parte de una franja que contenga una pista de vuelo visual deberá prepararse o construirse hasta una distancia de por lo menos:

- 75 m cuando el número de clave sea 3 ó 4
- 40 m cuando el número de clave sea 2
- 30 m cuando el número de clave sea 1

del eje y de su prolongación, de manera que se reduzcan al mínimo los peligros provenientes de la diferencia de las cargas admisibles, respecto a los aviones para los que está prevista la pista, en el caso de que un avión se salga de la misma.

Deberá proveerse un área de seguridad de extremo de pista en cada extremo de una franja de pista cuando:

- Cuando el número de clave sea 3 ó 4
- Cuando el número de clave sea 1 ó 2 y la pista sea de aterrizaje por instrumentos.

El área de extremo de pista deberá extenderse desde el extremo de una franja de pista hasta la mayor distancia posible y por lo menos hasta 90m.

Al decidir la longitud que debe proveerse, deberá considerarse el proporcionar un área suficientemente larga como para dar cabida a los casos en que se sobrepasa el extremo de la pista y los aterrizajes demasiado largos que resulten de una combinación, razonablemente probable, de factores operacionales adversos. En una pista para aproximaciones de precisión, el localizador del ILS es normalmente el primer obstáculo y las áreas de seguridad de extremo de pista deberán llegar hasta esta instalación. En otras circunstancias y en una pista para aproximaciones que no sean de precisión o de vuelo visual, el primer obstáculo puede ser una carretera, una vía férrea u

otra característica artificial o natural. En tales circunstancias, las áreas de seguridad de extremo de pista deberán extenderse tan lejos como el obstáculo.

La anchura de un área de seguridad de extremo de pista deberá ser por lo menos el doble de la anchura de la pista correspondiente.

Con excepción del equipo o las instalaciones requeridas para fines de navegación aérea, todo objeto situado en un área de seguridad de extremo de pista, que pueda poner en peligro a los aviones, deberá considerarse como obstáculo y eliminarse, siempre que sea posible. Cualquier equipo o instalación requerido para fines de navegación aérea que deba estar emplazado en el área de seguridad de extremo de pista, deberá tener la menor masa y altura posibles, ser de diseño y montaje frangibles y situarse de tal modo que el peligro para las aeronaves se reduzca al mínimo.

Un área de seguridad de extremo de pista deberá presentar una superficie despejada y nivelada para los aviones que la pista está destinada a servir, en el caso de que un avión efectúe un aterrizaje demasiado corto o se salga del extremo de la pista. No es preciso que la calidad de la superficie del terreno en el área de seguridad de extremo de pista sea igual a la de la franja de pista.

Las pendientes de un área de seguridad de extremo de pista deberán ser tales que ninguna parte de dicha área penetre en las superficies de aproximación o de ascenso en el despegue.

Las pendientes longitudinales de un área de seguridad de extremo de pista no deberán sobrepasar una inclinación descendente del 5%. Los cambios de pendiente longitudinal deberán ser lo más graduales posible, debiendo evitar los cambios bruscos o las inversiones repentinas de pendiente.

Con el fin de que puedan servirse del aeropuerto los aviones que efectúan aproximaciones y aterrizajes con el piloto automático acoplado (independientemente de las condiciones meteorológicas), es conveniente que los cambios de pendiente se eviten o reduzcan al mínimo en un área simétrica con respecto a la prolongación del eje de la pista de aproximadamente 60 m de anchura y 300 m de longitud antes del umbral de una pista de vuelo por instrumentos. Esto es conveniente porque estos aviones están equipados con un radioaltímetro para la guía final de altura y enderezamiento y cuando el avión está sobre el terreno inmediatamente anterior al umbral el radioaltímetro empieza a proporcionar al piloto automático información para el enderezamiento. Cuando no puedan evitarse cambios de pendiente, el régimen de cambio entre 2 pendientes consecutivas no deberá exceder del 2% en 30 m.

Las pendientes transversales de un área de seguridad de extremo de pista no deberán sobrepasar una inclinación, ascendente o descendente del 5%. Las transiciones entre pendiente diferentes deberán ser lo más graduales posible.

Un área de seguridad de extremo de pista deberá estar preparada o construida de modo que reduzca el riesgo de daño que pueda correr un avión que efectúe un aterrizaje demasiado corto o que salga del extremo de la pista y facilite el movimiento de los vehículos de salvamento y extinción de incendios.

El origen de la zona libre de obstáculos deberá estar en el extremo del recorrido de despegue disponible.

La longitud de la zona libre de obstáculos no deberá exceder de la mitad de la longitud del recorrido de despegue disponible.

La zona libre de obstáculos deberá extenderse lateralmente hasta una distancia de 75 m por lo menos, a cada lado de la prolongación del eje de la pista.

El terreno de una zona libre de obstáculos no deberá sobresalir de un plano inclinado con una pendiente ascendente del 1.25%, siendo el límite inferior de este plano una línea horizontal que:

- a) Es perpendicular al plano vertical que contenga el eje de la pista.
- b) Pasa por un punto situado en el eje de la pista, al final del recorrido de despegue disponible.

En ciertos casos, cuando una pista, un margen o una franja, presente una pendiente transversal o longitudinal, el límite inferior de la zona libre de obstáculos, especificada precedentemente, podrá tener un nivel inferior al de la pista, del margen o de la franja. La recomendación no implica que dichas superficies deban tener un nivel igual a la altura del límite inferior del plano de la zona libre de obstáculos ni que sea necesario eliminar del terreno los accidentes o los objetos que penetren por encima de esta superficie, más allá de la extremidad de la franja pero por debajo del nivel de la misma, a menos que se consideren peligrosos para los aviones.

Deberán evitarse los cambios bruscos de pendientes hacia arriba cuando la pendiente de una zona libre de obstáculos sea relativamente pequeña o cuando la pendiente media sea ascendente. Cuando existan estas condiciones, en la parte de la zona libre de obstáculos comprendida en la distancia de 22.5 m a cada lado de la prolongación del eje, las pendientes, los cambios de pendiente y la transición de la pista a la zona libre de obstáculos, deberán ajus--

tarse de manera general a los de la pista con la cual esté relacionada dicha zona, lo que no impide que pueda permitirse la presencia de depresiones aisladas, tales como zanjas, que atraviesen la zona libre de obstáculos.

Con excepción del equipo o las instalaciones requeridas para fines de navegación aérea, todo objeto situado en una zona libre de obstáculos, que pueda poner en peligro a los aviones en vuelo, deberá considerarse como obstáculo y eliminarse.

La zona de parada tendrá la misma anchura que la pista con la cual esté asociada.

Las pendientes y cambios de pendientes en la zona de parada y la transición de una pista a una zona de parada, deberán cumplir las especificaciones que figuran anteriormente para la pista con la cual esté asociada la zona de parada con las siguientes excepciones:

- a) No es necesario aplicar a la zona de parada las limitaciones que se dieron del 0.8% de pendiente en el primero y el último cuartos de la longitud de la pista.
- b) En la unión de la zona de parada y la pista, así como a lo largo de dicha zona el grado máximo de variación de pendiente puede ser de 0.3% por cada 30 m (radio mínimo de curvatura de 10 000 m) cuando el número de clave de la pista sea 3 ó 4.

Las zonas de parada deberán prepararse o construirse de manera que, en el caso de un despegue interrumpido, puedan soportar el peso de los aviones para los que estén previstas, sin ocasionar daños estructurales a los mismos.

La superficie de las zonas de parada pavimentadas deberá construirse de modo que proporcione un buen coeficiente de razonamiento cuando la zona de parada esté mojada.

La eficacia de frenado de las zonas de parada no pavimentadas no deberá ser considerablemente inferior a la de la pista con la que dicha zona de parada esté asociada.

En el Anexo 14 se establecen las especificaciones mínimas de aeródromo para aeronaves con las características de las que están actualmente en servicio o para otras semejantes que estén en proyecto. Por lo tanto, las especificaciones vigentes se han formulado considerando aviones hasta del tamaño del Boeing 747. Por consiguiente, no se tienen en cuenta las demás medidas de protección que podrán considerarse adecuadas en el caso de aeronaves con mayores exigencias. Estos aspectos se dejan en manos de las autoridades competentes para que los analicen y tengan en cuenta en función de las necesidades de cada aeródromo.

Los siguientes párrafos pueden ayudar para apreciar el modo en que algunas de las especificaciones pudieran variar con la puesta en servicio de aeronaves de mayor tamaño. A este respecto cabe observar que quizá pueda aumentarse el tamaño máximo permitido de las aeronaves, sin modificaciones importantes en los aeródromos. Sin embargo, el tamaño de las aeronaves que se examina a continuación queda, según toda probabilidad, al margen de esta consideración a no ser que se modifiquen los procedimientos de los aeródromos, con la consiguiente disminución de su capacidad.

Las tendencias que se manifiestan en los proyectos de futuras aeronaves -

pueden conocerse consultando diversas fuentes. Por ejem., los fabricantes de aeronaves y la Aerospace Industries Association of America. Esta Asociación, en su edición de enero de 1979 sobre Características, tendencias y proyecciones de crecimiento de las aeronaves de transporte CTOL, prevé hasta 1995 aeronaves cuya anchura exterior entre ruedas del tren de aterrizaje principal sea hasta de 20 m.

Se considera que la tendencia hacia mayores distancias de despegue para aeronaves de mayor masa de despegue se ha establecido y que no serán necesarias longitudes mayores de pista que las de los actuales aeródromos importantes.

Aplicando el criterio desarrollado para la implantación de la clase de referencia de aeródromo del Anexo 14, es posible que las aeronaves con mayor anchura exterior entre ruedas del tren de aterrizaje principal podrían conseguir influir en el sistema de pistas.

La anchura de las pistas se representa por la expresión:

$$W_R = T_M + 2C$$

donde: T_M = anchura exterior entre ruedas del tren de aterrizaje principal.

C = margen entre la rueda exterior y el borde de la pista.

Se muestra geométricamente en la Figura 10

Usando el valor actual de C para el caso de un Boeing 747 en una pista de 45 m de anchura y la anchura exterior entre ruedas del tren de aterrizaje principal aumentada de 20 m, se seguiría una anchura de pista de 52 m. Sin

embargo, otros factores que no se incluyen en este criterio indican que podría ser aconsejable, para fines de planificación considerar una anchura de 60 m. ...

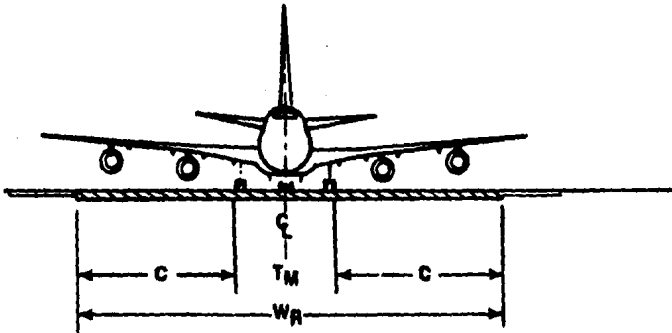


Figura 10.- Geometría de la anchura de la pista.

CALLES DE RODAJE

La máxima utilización de la capacidad y eficacia de un aeródromo sólo puede conseguirse logrando un equilibrio apropiado entre las necesidades relativas a pistas, terminales para pasajeros y mercancías y áreas de aparcamiento y servicio de aeronaves. Estos elementos funcionales de aeródromo diferenciados y claros están enlazados por el sistema de calles de rodaje. Por lo tanto, los componentes del sistema de calles de rodaje sirven de medios de transición entre las funciones del aeródromo y los que son necesarios para alcanzar la utilización óptima del aeródromo.

El sistema de calles de rodaje deberá concebirse de modo que imponga las mínimas restricciones a los movimientos de aeronaves desde las pistas y plataformas y hacia éstas. Un sistema debidamente proyectado deberá poder mantener un movimiento del tránsito de aeronaves en tierra uniforme y continuo a la velocidad máxima que sea factible con un número mínimo de puntos en que sea preciso efectuar aceleraciones o desaceleraciones. Este requisito garantiza que el sistema de calles de rodaje funcionará con el más elevado grado de seguridad.

En el caso de un determinado aeródromo, el sistema de calles de rodaje deberá tener capacidad para acomodar (sin demoras significativas) el volumen de tráfico de llegadas y salidas de aeronaves que sea posible atender en el sistema de pistas. El sistema de calles de rodaje puede lograr esto con el número mínimo de componentes, en el caso de que sea reducido el grado de utilización de las pistas. Sin embargo, a medida que aumenta el régimen de utilización, habrá que ampliar suficientemente la capacidad del sistema de calles de rodaje con objeto de evitar que ello se convierta en el factor restrictivo de la capacidad del aeródromo. En el caso extremo de que se produz-

ca una saturación de la capacidad de las pistas y que las aeronaves lleguen y salgan a distancias mínimas de separación, el sistema de calles de rodaje deberá permitir que las aeronaves salgan de la pista tan pronto como sea factible después de aterrizar y entren en ellas poco antes de efectuar el despegue. Ello permite que los movimientos de aeronaves en la pista se mantengan a las mínimas distancias de separación.

Las pistas y calles de rodaje son los elementos menos flexibles del aeródromo y por lo tanto, deben tenerse en cuenta en primer lugar cuando se proceda a la planificación del desarrollo de un aeródromo. Los pronósticos sobre las actividades futuras deberán poner en relieve las variaciones en el ritmo de los movimientos de aeronaves, la modalidad del tránsito, el tipo de aeronaves y otros factores que incidan en la disposición y dimensiones de los sistemas de pistas y calles de rodaje. Deberá tenerse cuidado de que no sea tanta atención que se preste a las actuales necesidades del sistema que haga que se descuiden las etapas ulteriores de ampliación, que tienen igual o mayor importancia. Por ejem., si se pronostica que un aeródromo ha de servir en lo futuro a tipos de aeronave de categoría más elevada, el actual sistema de calles de rodaje deberá proyectarse de modo que tenga en cuenta las distancias de separación mayores que serán finalmente necesarias (ver tabla 1).

Al planificar la disposición general del sistema de calles de rodaje, deberán tenerse presentes los siguientes principios:

- a) Los itinerarios seguidos por las aeronaves en las calles de rodaje deberán conectar los diversos elementos de aeródromo utilizando las distancias más cortas reduciendo al mínimo de este modo el tiempo de rodaje y sus costos.

- b) Los itinerarios de las calles de rodaje deberán ser lo más sencillos - posibles, con objeto de evitar la necesidad de tener que dar instrucc-- ciones complicadas y originar confusiones en el piloto.
- c) Siempre que sea posible, deberá utilizarse recorridos en línea recta. Cuando los cambios de dirección sean necesarios, se facilitarán curvas con radio adecuado y si es necesario, superficies de enlace o anchura suplementaria a la calle de rodaje, a fin de permitir el rodaje a la - máxima velocidad que sea posible.
- d) Deberá evitarse cruzar las pistas u otras calles de rodaje, siempre -- que sea posible, en interés de la seguridad y para reducir la posibili- dad de que ocurran demoras importantes en el rodaje.
- e) Los itinerarios de las calles de rodaje deberán tener tantos tramos -- unidireccionales como sea posible, para reducir al mínimo los conflic- tos de tránsito de las aeronaves y demoras. Deberá analizarse los movi- mientos de aeronave en los tramos de las calles de rodaje respecto a - cada configuración en la que se utilizará la pista o pistas.
- f) El sistema de calles de rodaje deberá planificarse de modo que se lo-- gre la máxima duración en servicio de cada componente, a fin de que -- las futuras etapas de ampliación incluyan elementos del sistema exis-- tente.
- g) Un sistema de calles de rodaje sólo funcionará con tanta eficacia como la de su componente menos adecuado. Por lo tanto, en la etapa de plani- ficación se deberá localizar y eliminar los posibles obstáculos.

Entre otras consideraciones de importancia cuando se lleva a cabo la plani

ficación de un sistema de calles de rodaje, figuran las siguientes:

- a) Los itinerarios de las calles de rodaje deberán evitar las áreas en las que el público pueda tener fácil acceso a las aeronaves. La seguridad de las aeronaves durante el rodaje, contra el sabotaje o agresión armada, deberá ser de importancia primordial en áreas en que este aspecto sea objeto de especial preocupación.
- b) Los trazados de las calles de rodaje deberá estar planificados de manera que las aeronaves en rodaje o los vehículos terrestres que utilizan la calle de rodaje, no causen interferencia a las ayudas para la navegación.
- c) Todas las partes del sistema de calles de rodaje deberá ser visible desde la torre de control de aeronaves. Deben utilizarse cámaras fotográficas a distancia para vigilar las partes de las calles de rodaje oscurecidas por los edificios de la terminal u otras estructuras de aeródromo, si tales áreas no pueden evitarse en la práctica.
- d) Deberán atenuarse los efectos del chorro de gases procedente de los motores de reacción en las áreas adyacentes a las calles de rodaje, estabilizando los suelos sin cohesión e instalando donde sea necesario, barreras para proteger a las personas o las estructuras.

El número de calles de rodaje de entrada y salida que sirvan a una determinada pista deberá ser suficiente para atender el tránsito punta de aeronaves que despegue y aterricen en un momento dado. Deberán proyectarse y establecerse entradas y salidas suplementarias para anticiparse al aumento previsto en la utilización de las pistas. Los siguientes principios son aplicables a la planificación de estos componentes del sistema de calles de rodaje:

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS		LETRA DE CLAVE				
(1)	(2)	A (3)	B (4)	C (5)	D (6)	E (7)
Anchura mínima de:	Pavimento de calle de rodaje	7,5 m	10,5 m	18 m ^a 15 m ^b	23 m ^c 18 m ^d	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	85 m	93 m
	Parte nivelada de franja de calle de rodaje	22 m	25 m	25 m	36 m	44 m
Margen mínimo de separación entre la rueda exterior del tren de aterrizaje principal y el borde de la calle de rodaje		1,5 m	2,25 m	4,5 m ^a 3 m ^b	48 m	4,5 m
Distancia mínima de separación entre el eje de la calle de rodaje y:	Eje de una pista de vuelo por instrumentos					
	Número de clave 1	62,5 m	87 m	-	-	-
	2	66,2 m	87 m	-	-	-
	3	-	-	166 m	176 m	-
	4	-	-	-	176 m	180 m
Eje de una pista que no sea de vuelo por instrumentos	Número de clave 1	37,5 m	42 m	-	-	-
	2	47,5 m	52 m	-	-	-
	3	-	-	93 m	101 m	-
	4	-	-	-	101 m	105 m
	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	2 m	16,5 m	24,5 m	36 m	46 m
Pendiente longitudinal máxima de la calle de rodaje:	Pavimento	3%	3%	4,5%	1,5%	1,5%
	Variación de la pendiente	1% por 25 m	1% por 25 m	1% por 30 m	1% por 30 m	1% por 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: pendiente ascendente	3%	3%	2,5%	2,5%	2,5%
	Parte nivelada de la franja de calle de rodaje: pendiente descendente	5%	5%	5%	5%	5%
	Parte no nivelada de la franja: pendiente ascendente	5%	5%	5%	5%	5%
	Radio mínimo de la curva vertical longitudinal	2 500 m	2 300 m	3 000 m	3 000 m	3 000 m
Alcance visual mínimo de la calle de rodaje	Desde 150 m por encima de 1,5 m	Desde 300 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 para ser utilizada por aviones con base de ruedas igual o superior a 18 m.
b. Calle de rodaje de pista para ser utilizada por aviones con base de ruedas inferior a 18 m.
c. Calle de rodaje de pista para ser utilizada por aviones con base de ruedas cuya distancia entre las ruedas exteriores del tren de aterrizaje principal sea igual o inferior a 9 m.
d. Calle de rodaje de pista para ser utilizada por aviones con base de ruedas cuya distancia entre las ruedas exteriores del tren de aterrizaje principal sea inferior a 8 m.
e. Calles de rodaje que no sean calles de acceso al puesto de estacionamiento de aeronaves.

Tabla 1.- Criterios relativos al proyecto de una calle de rodaje.

- a) La función de las calles de salida es reducir al mínimo el tiempo de ocupación de la pista por las aeronaves que aterrizan. Teóricamente, las calles de salida pueden situarse de modo que sirvan mejor a cada tipo de aeronave que se espera que utilice la pista. En la práctica, - el espaciado y número óptimos se determina agrupando a las aeronaves en un número limitado de clases, basándose en la velocidad de aterrizaje y la desaceleración desde el punto de contacto.
- b) La calle de salida deberá permitir a una aeronave salir de la pista sin restricción alguna hasta un punto situado fuera de la pista, permitiéndole entonces efectuar lo antes posible otra operación en la - pista.
- c) La calle de salida puede estar ya sea en ángulo recto o en ángulo -- agudo con la pista. El primer caso exige que la aeronave tenga que desacelerar a velocidades muy bajas, antes de que pueda efectuar el viraje de salida de la pista, mientras que el segundo caso permite - a las aeronaves salir de la pista a altas velocidades, reduciéndose así el tiempo necesario de ocupación de la pista y aumentando la capacidad de la misma. Esto se amplía más adelante.
- d) Por lo general, una sola entrada de pista en cada extremo de la pista es suficiente para atender los despegues. Sin embargo, si el volumen del tráfico lo justifica, debe considerarse la utilización de -- desviaciones, apartaderos de espera, o entradas a la pista.

Las calles de rodaje situadas en las plataformas se dividen en los dos - tipos siguientes (ver figura 1):

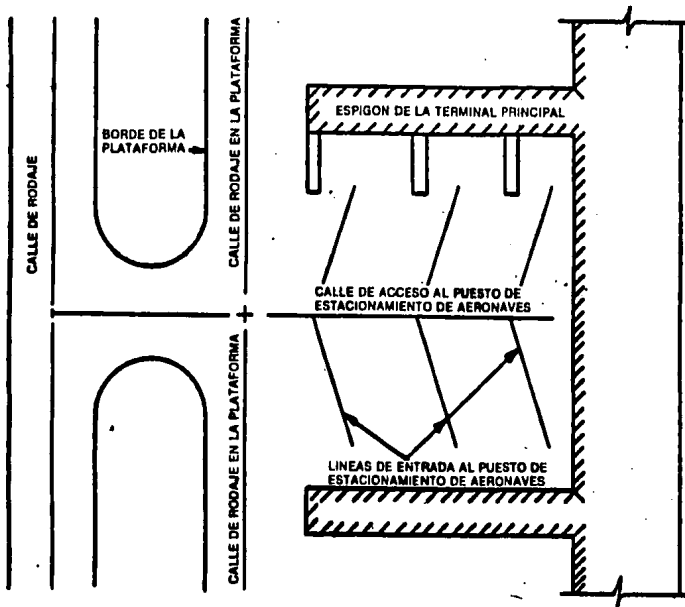


Figura 1.- Calles de rodaje en las plataformas

- a) La calle de rodaje en la plataforma es una calle de rodaje situada en una plataforma y destinada ya sea a proporcionar un itinerario directo para el rodaje a través de la plataforma o para tener acceso al -- puesto de estacionamiento en una aeronave.
- b) La calle de acceso al puesto de estacionamiento de aeronaves es la -- parte de una plataforma designada como calle de rodaje destinada a -- proporcionar acceso a los puestos de estacionamiento de aeronaves.

Los requisitos relativos a las calles de rodaje en las plataformas en lo tocante a anchura de franja, distancias de separación, etc., son idénticos a los correspondientes a cualquier otro tipo de calle de rodaje. Los requisi-- tos respecto a las calles de acceso al puesto de estacionamiento de aeronave-- ves son también los mismos, con excepción de las siguientes modificaciones:

- a) La pendiente transversal de la calle de acceso al puesto de estaciona-- miento de aeronave se rige por el requisito relativo a la pendiente -- de la plataforma.
- b) La calle de acceso al puesto de estacionamiento de aeronaves no hay -- necesidad de que se incluya en una franja de calle de rodaje.
- c) Los requisitos relativos a las distancias de separación entre el eje de la calle de acceso al puesto de estacionamiento de aeronave y un -- objeto son menos rigurosos que los aplicables a otros tipos de calles de rodaje.

Las líneas de entrada al puesto de estacionamiento de aeronaves que se bi-- furcan hacia los puestos de estacionamiento, no se considera que forman par-- te de la calle de acceso al puesto de estacionamiento de aeronaves y por lo

tanto, no se rigen por los requisitos relativos a las calles de rodaje.

Para reducir al mínimo los costos actuales de construcción, un sistema de calles de rodaje de aeródromo sólo deberá ser tan complejo como sea preciso para atender las necesidades a corto plazo en cuanto a la capacidad de las -
- pistas. Efectuando una cuidadosa planificación, pueden ir agregándose progresivamente al sistema componentes suplementarios de calle de rodaje para mantenerse al unísono con el crecimiento del tránsito del aeródromo. En los párrafos siguientes se describen diferentes etapas en la ampliación del sistema de calles de rodaje. (ver figura 2):

- a) Un sistema mínimo de calles de rodaje de aeródromo en que sea reducida la utilización de las pistas, puede constituir únicamente en puntos de regreso de la calle de rodaje situados en ambos extremos de la pista hasta la plataforma.
- b) El aumento del tránsito que origine un grado de utilización de la pista de reducido a moderado, puede atenderse construyendo una calle de rodaje paralela parcial para conectar uno o ambos puntos de regreso de la calle de rodaje.
- c) A medida que aumente la utilización de la pista, debe proporcionarse una calle de rodaje completa agregando las partes que falten de la calle de rodaje paralla parcial. Las calles de rodaje paralelas ofrecen ventajas en cuanto a seguridad, así como mayor eficacia.
- d) Las calles de rodaje de salida, además de las existentes en cada extremo de pista, pueden construirse a medida que aumente la utilización de la pista hasta llegar al punto de saturación.
- e) Pueden agregarse apartaderos de espera y calles de desviación, para -

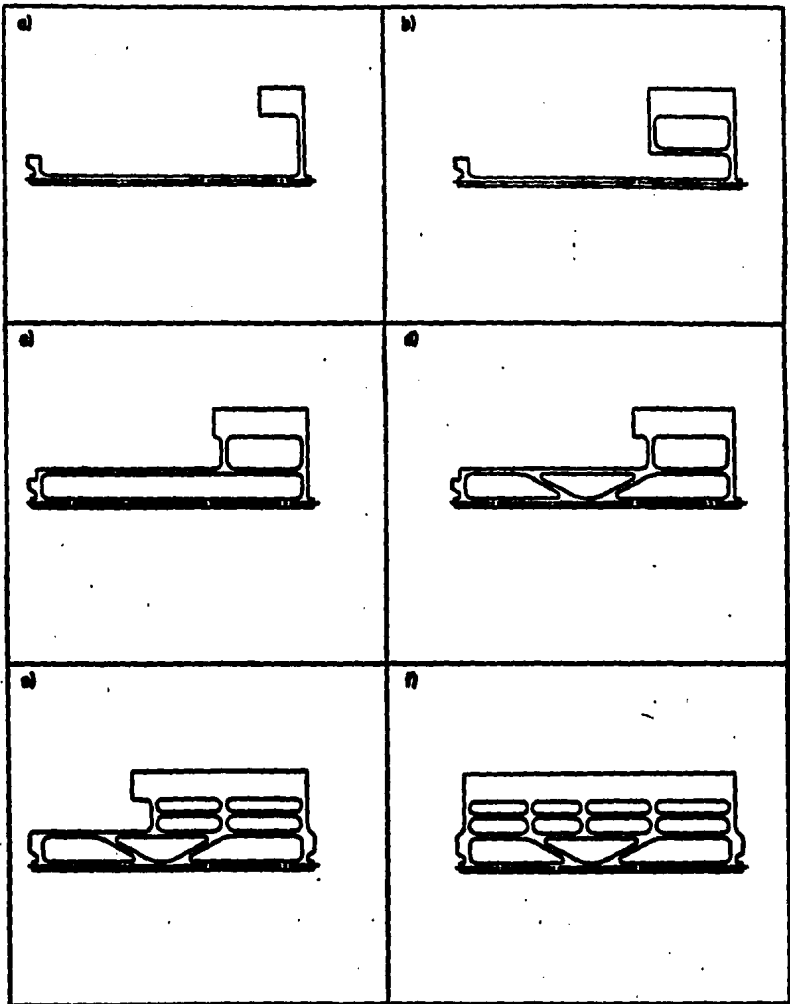


Figura 2.- Etapas en la ampliación de un sistema de calles de rodaje.

incrementar más la capacidad de la pista. Estas instalaciones rara vez limitan la consecución de la plena capacidad del aeródromo sirviéndose de los bienes raíces pertenecientes al aeródromo, puesto que se suele disponer del terreno necesario para realizar su construcción.

- f) Deberá considerarse la posibilidad de proveer una calle de rodaje paralela doble situada al costado de la primera calle de rodaje paralela, cuando sea conveniente el movimiento en ambos sentidos a lo largo de la calle de rodaje. En esta segunda calle de rodaje, puede establecerse una red para el movimiento unidireccional de las aeronaves en cada sentido de la utilización de la pista. La necesidad de un sistema de calles de rodaje paralelas dobles aumenta en proporción al grado de ampliación a lo largo de la calle de rodaje.

El manual de planificación de Aeropuertos, Parte 1, Planificación general de la OACI, contiene información suplementaria.

Toda evaluación de variantes de sistemas de calles de rodaje debe encaminarse hacia la eficacia de funcionamiento de cada sistema conjuntamente con las configuraciones de pistas y plataformas que hayan de servir. Cuanto mayor sea la complejidad de la configuración de la pista, calles de rodaje y plataforma, tanto mayor será la posibilidad de reducir los costos de operación, -- efectuando una evaluación comparativa de otros sistemas de calles de rodaje. Con este fin se han preparado varios modelos de simulación del movimiento del tránsito de aeronaves, sirviéndose de computadoras, por consultores, explotadores de aeronaves y jefaturas de aeropuertos.

Por ejemplo, la Federal Aviation Administration de los Estados Unidos, uti

liza el "Airfield Delay Model", que simula todos los movimientos de aeronaves importantes efectuados en un aeródromo y sus trayectorias de aproximación a la pista durante un prolongado período. Tales modelos pueden tener en cuenta una diversidad de variables de entrada tales como:

- a) Combinación de aeronaves
- b) Volúmenes de tránsito
- c) Horas punta de tránsito
- d) Configuraciones de aeródromo (calles de rodaje y pista)
- e) Puntos de destino de las aeronaves en la terminal
- f) Configuraciones de pista
- g) Configuraciones de calle de rodaje
- h) Calles de salida rápida
- i) Utilización de determinadas pistas por categoría de aeronaves

De estas entradas, los modelos ofrecen presentaciones de información para evaluación y comparación, lo que incluye:

- a) Costo del combustible utilizado en el rodaje
- b) Distancia de rodaje
- c) Tiempos de recorrido en rodaje
- d) Demoras en la llegada y salida de la pista

Los criterios para el cálculo de las calles de rodaje son menos estrictos que los relativos a las pistas, ya que las velocidades de las aeronaves en las calles de rodaje son mucho menores que en las pistas. En la tabla 1 se muestran los criterios principales sobre el cálculo de las características físicas recomendadas para una calle de rodaje de acuerdo con las especificaciones del Anexo 14. Deberá hacerse hincapié en que con respecto al margen -

de separación entre la rueda principal exterior de la aeronave y el borde de la calle de rodaje, se considera que el puesto de pilotaje de la aeronave -- permanece sobre la señal de eje de calle de rodaje.

En la tabla 1 se muestran las anchuras mínimas de las calles de rodaje. -- los valores seleccionados para las anchuras mínimas de las calles de rodaje -- se basan en la suma de la distancia de separación entre las ruedas y el borde del pavimento, más la separación entre las ruedas del tren de aterrizaje de -- la aeronave.

Los cambios de dirección de las calles de rodaje no deberán ser muy numeros ni pronunciados, en la medida de lo posible. El diseño de la curva deberá ser tal que cuando el puesto de pilotaje del avión permanezca sobre las señales de eje de calle de rodaje la distancia de separación entre las ruedas principales exteriores y e borde de la calle de rodaje no sea inferior a las especificadas en la tabla 1.

Si la existencia de curvas es inevitable, los radios de las mismas deberán ser compatibles con la capacidad de maniobra y las velocidades de rodaje normales de las aeronaves para las que dicha calle de rodaje esté prevista. La -- tabla 2 muestra los valores de los radios de curvatura apropiados para determinadas velocidades de aeronaves. Cuando se hayan diseñado curvas muy pronunciadas y su radio no sea suficiente para impedir que las ruedas de la aeronave en rodaje se salgan del pavimento, puede que sea necesario ensanchar la calle de rodaje a fin de conseguir la distancia de separación de rueda especificada en la tabla 1. Debe tenerse en cuenta que las curvas compuestas pueden -- reducir o eliminar la necesidad de una anchura suplementaria de calle de rodaje.

Deberán facilitarse superficies de enlace en las uniones e intersecciones de las calles de rodaje con las pistas, plataformas y otras calles de rodaje, a fin de asegurar que se mantiene la distancia mínima de separación establecida en la tabla 1.

Tabla 2	VELOCIDAD (Km/h)	RADIO DE LA CURVA (m)

Velocidades de las <u>aerona</u>	16	15
aves en función del <u>ra</u>	32	60
dio de la curva	48	135
	64	240
	80	375
	96	540

La distancia de separación entre el eje de una calle de rodaje y el eje de una pista, de otra calle de rodaje o de un objeto no deberá ser menor que la dimensión apropiada especificada en la tabla 1, salvo que no se aplica esta regla en una distancia tan corta como sea posible, en las partes en que una calle de rodaje se une a una pista o a otra calle de rodaje.

Las distancias se basan en la envergadura máxima de un grupo y en la hipótesis de que las aeronaves se desvían del eje de la calle de rodaje en una distancia igual al margen entre las ruedas y el borde del pavimento para dicho grupo. Cabe observar que, aún en los casos en que, como resultado del diseño respecial de una aeronave (debido a la combinación inusitada de una gran envergadura y de una anchura reducida del tren de aterrizaje), el extremo del ala se encontraría más alejado en relación con el eje y la distancia de separación resultante seguiría siendo considerablemente mayor que la nece

saría para que la aeronave pudiera pasar.

Las fórmulas y distancias de separación figuran en la tabla 3 y se ilustran en la figura 3. Las distancias de separación relativas a las calles de rodaje en la plataforma se han basado en la envergadura de la aeronave (Y) y la desviación lateral máxima (X) (margen de separación entre las ruedas y el borde de la calle de rodaje especificado en la tabla 1).

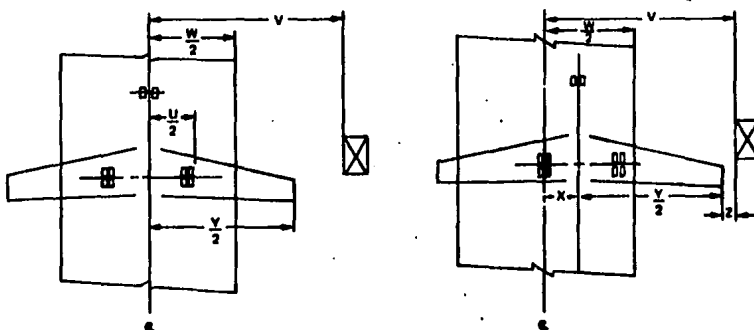
Para las calles de acceso a los puestos de estacionamiento de aeronave se considera apropiado estipular distancias menores, ya que las velocidades de rodaje son normalmente inferiores al rodar sobre estas calles y la mayor atención de los pilotos produce desviaciones menos importantes con respecto al eje de la calle. En consecuencia, en vez de suponer que una aeronave se ha desviado del eje una distancia correspondiente a la desviación lateral máxima (x), se ha adoptado como hipótesis una distancia inferior, la que se ha denominado "desviación del tren de aterrizaje".

Puede observarse que se han empleado 2 factores en la preparación de las fórmulas, es decir, la desviación lateral máxima o la desviación del tren de aterrizaje principal y el incremento del margen de separación del extremo de ala. Esos factores tienen funciones diferentes. El factor de desviación representa una distancia que podrían utilizar las aeronaves en la operación normal. En cambio, el incremento (Z en la fig. 3) corresponde a un margen de seguridad, destinado a evitar accidentes cuando la aeronave se sale de la calle de rodaje, a facilitar el rodaje proporcionando un espacio adicional y a prever otros factores que influyen en las velocidades de rodaje.

Se ha seleccionado un incremento graduado en vez de un incremento constan-

Tabla 3.- Distancias mínimas de separación entre calles de rodaje y entre calles de rodaje y objetos (Dimensiones en metros).

Entre	Fórmula	Letra clave				
		A	B	C	D	E
Eje de calle de rodaje y eje de calle de rodaje (eje de calle de rodaje en la plataforma y eje de calle de rodaje)	Envergadura (Y) + 2x desviación lateral máxima (X) + incremento (Z) = (V)	15	24	36	52	60
		3	4,5	6	9	9
		<u>3</u>	<u>3</u>	<u>4,5</u>	<u>7,5</u>	<u>7,5</u>
		Total 21	31,5	46,5	68,5	76,5
Eje de calle de rodaje y objeto	1/2 envergadura (Y) + desviación lateral máxima (X) + incremento (Z) = (V)	7,5	12	18	26	30
		1,5	2,25	3	4,5	4,5
		<u>4,5</u>	<u>5,25</u>	<u>7,5</u>	<u>12</u>	<u>12</u>
		Total 13,5	19,5	28,5	42,5	46,5
Eje de calle de rodaje en la plataforma y objeto	1/2 envergadura (Y) + desviación lateral máxima (X) + incremento (Z) = (V)	7,5	12	18	26	30
		1,5	2,25	3	4,5	4,5
		<u>4,5</u>	<u>5,25</u>	<u>7,5</u>	<u>12</u>	<u>12</u>
		Total 13,5	19,5	28,5	42,5	46,5
Eje de la calle de acceso al puesto de estacionamiento de aeronave y objeto	1/2 envergadura (Y) + Desviación del tren de aterrizaje + incremento (Z) = (V)	7,5	12	18	26	30
		1,5	1,5	2	2,5	2,5
		<u>3</u>	<u>3</u>	<u>4,5</u>	<u>7,5</u>	<u>7,5</u>
		Total 12	16,5	24,5	36	40



U = Anchura del tren de aterrizaje principal
V = Distancia de separación
W = Anchura de la calle de rodaje

X = Desviación lateral máxima
Y = Envergadura
Z = Incremento

Figura 3.- Distancia de separación respecto a un objeto.

te para todas las letras de clave, debido a que:

- a) La apreciación por el piloto de la distancia de separación es más difícil en el caso de aeronaves de gran envergadura, principalmente si se trata de una aeronave de ala en flecha.
- b) La inercia de las aeronaves de grandes dimensiones puede ser más elevada y podría ocasionar que dichas aeronaves, al salirse de la calle de rodaje se desvíen más del borde de ésta.

Los incrementos para la determinación de las distancias entre la calle de rodaje en la plataforma y un objeto son los mismos que los propuestos para una calle de rodaje y un objeto, porque se estima que, aun cuando las calles de rodaje en las plataformas están relacionadas con las mismas, su ubicación no deberá implicar una reducción de la velocidad de rodaje. Las aeronaves se desplazan normalmente a velocidades inferiores en una calle de acceso al puesto de estacionamiento de aeronave y por lo tanto, cabe prever que permanecerán en la proximidad del eje de la misma. Se han seleccionado desviaciones de 1.5, 1.5, 2, 2 y 2.5 m para las letras de clave A a E. Se estima conveniente emplear un incremento graduado para la desviación lateral en las calles de acceso al puesto de estacionamiento, ya que es más difícil para el piloto de las aeronaves de grandes dimensiones seguir el eje de la calle a causa de la altura del puesto de pilotaje.

Se han seleccionado incrementos para las distancias de separación entre calle de rodaje y un objeto y entre una calle de rodaje en la plataforma y un objeto más elevados que para otras distancias de separación. Se consideran necesarios estos mayores incrementos, debido a que normalmente los objetos situados a lo largo de las calles de rodaje de este tipo de objetos fi--

jos, lo cual hace que la probabilidad de colisión con uno de ellos sea mayor que la de colisión con una aeronave que se salga de la calle de rodaje en el momento preciso en que otra aeronave esté pasando por ese punto en la calle de rodaje paralela. Así mismo, el objeto fijo puede ser una barrera o muro - paralelo a la calle de rodaje a lo largo de cierta distancia. Incluso en el caso de una carretera paralela a una calle de rodaje, los vehículos pueden - reducir inconscientemente la distancia de separación, en caso de estacionarse fuera de la carretera.

Las distancias de separación entre una calle de rodaje y una pista es es tán basadas en la hipótesis de que el ala de una aeronave centrada en una calle de rodaje paralela, se extienda más allá de la franja. En la tabla 4 se muestran las fórmulas y las distancias de separación.

Las distancias de separación entre las calles de rodaje paralelas han sido seleccionadas en la tabla 1 a base de los márgenes de separación de extremo de ala. Hay factores que deberán también tenerse en cuenta al evaluar la capacidad para efectuar un viraje de 180° normal de una calle de rodaje a -- otra calle de rodaje paralela. Estos factores son:

- a) Aptitud para mantener una velocidad de rodaje razonable a fin de lograr un elevado grado de utilización del sistema de calles de rodaje.
- b) Mantenimiento de las distancias de separación especificadas entre la rueda exterior del tren de aterrizaje principal y el borde de la calle de rodaje, cuando el puesto de pilotaje se encuentra sobre la señal de eje de calle de rodaje.
- c) Maniobras a un ángulo de góndola que no exceda de la capacidad de la aeronave y que no exponga a los neumáticos a un desgaste inadmisibles.

Para evaluar la velocidad de rodaje al efectuar el viraje de 180°, se ha supuesto que los radios de curvatura son iguales a la mitad de la distancia de separación indicada en la tabla 1, y según se muestra a continuación:

Letra de Clave	Radio (m)
A	10.50
B	15.75
C	23.25
D	34.35
E	38.25

La velocidad en el viraje depende del radio de la curva (R) y del coeficiente de carga lateral (f). Por lo tanto, si se parte de la hipótesis de que el coeficiente de carga lateral está limitado a 0.133g:

$$V = (127.133 \times (f) \times R)^{\frac{1}{2}} = (127.133 \times 0.133R)^{\frac{1}{2}}$$

$$V = 4.112 (R)^{\frac{1}{2}}, \text{ en que el valor de R se expresa en m.}$$

Las velocidades admisibles resultantes se muestran en la tabla 5

Letra de Clave	Radio (m)	Velocidad (km/h)
A	10.50	13.32
B	15.75	16.32
C	23.25	19.82
D	34.25	24.06
E	38.25	25.41

Tabla 5.- Velocidades admisibles en un viraje de 180°

El examen de los datos de la tabla 5 muestra que respecto a la letra cla

Tabla 4

<u>Entre</u>	<u>Número de clave</u>	1		2		3				4		
	<u>Letra de clave</u>	A	B	A	B	A	B	C	D	C	D	E
Eje de calle de rodaje y eje de pista (eje de calle de rodaje en la plataforma y eje de pista)	<u>Fórmula</u>											
	Semienvergadura (Y)	7,5	12	7,5	12	7,5	12	18	26	18	26	30
	a) + semianchura de la franja (pistas de vuelo visual)	30	30	40	40	75	75	75	75	75	75	75
	Total	37,5	42	47,5	52	82,5	87	93	101	93	101	105
	o											
	b) + semianchura de franja (pistas para aproximaciones por instrumentos)	75	75	75	75	150	150	150	150	150	150	150
Total	82,5	87	82,5	87	157,5	162	168	176	168	176	180	

Distancias mínimas de separación entre una calle de rodaje y una pista
(Dimensiones en metros)

ve E se alcanza una velocidad de 25 Km/h. Para lograr la misma velocidad en calles de rodaje relacionadas con las demás letras de clave, se precisaría una distancia de separación de 74 m. Sin embargo, la distancia de separación con respecto a las letras de clave A y B pueden ser desmesuradamente grandes cuando se comparan con las que se requieren para el margen de separación de extremo de ala. A este respecto, la experiencia indica que las aeronaves pequeñas requieren una velocidad menor que las aeronaves grandes debido a su sensibilidad al movimiento giratorio del tren de proa.

Para evaluar los factores mencionados en "a" y "b" anteriores, la Douglas Aircraft Company ha preparado un programa de computadora para mostrar el movimiento de una aeronave durante un viraje de 180°.

Se utilizó una aeronave representativa de cada letra de clave. Estas aeronaves elegidas a efectos ilustrativos por ser éstas las que presentan la mayor distancia entre el tren principal y el puesto de pilotaje de las aeronaves dentro de cada clave. El radio de la curva en cada caso se ha basado en una velocidad de rodaje de 25 Km/h y en un coeficiente de carga lateral de 0.155G. La entrada general de datos para el programa figura en la tabla 6. Se ha supuesto que la anchura exterior entre ruedas del tren de aterrizaje principal es la máxima admisible para la letra de clave, mientras que la tabla muestra la dimensión real de la aeronave respecto a la distancia entre el tren principal y el puesto de pilotaje.

Letra de Clave	Modelo de aeronave	Anchura exterior entre ruedas del tren principal (m)	Distancia desde el tren principal hasta el punto de pilotaje (m)	Radio de curvatura (m)
A	Lear 54	4.5	12.7	10.50
B	F-28	6.0	11.9	15.75
C	DC-9-80	9.0	21.5	23.25
C	Concorde	8.7	29.6	23.25
D	DC-10	14.0	28.5	34.25
E	B-747	14.0	27.8	38.25

TABLA 6

La capacidad para efectuar un viraje suave depende, en parte, del ángulo de gufa admisible. La tabla 7 proporciona estos datos para las aeronaves representativas. Los datos que figuran en la última columna se basan en los datos supuestos de la tabla 6.

El estudio reveló que el ángulo máximo requerido durante el viraje se ha comprendido entre los límites que se dan en la tabla 7 para todas las aeronaves, exceptuando al Concorde. En este caso, el ángulo de gufa del tren de proa que es necesario para mantener el puesto de pilotaje del Concorde sobre el eje de la calle de rodaje es de 75°.

Modelo de Aeronave	Angulo de gufa máximo	Angulo de gufa máximo aproximado durante el viraje de -180°
Lear 54	--	60°
F-28	60°	45°
DC-9-80	78°	60°
Concorde	60°	75°
DC-10	60°	45°
B-747	70°	45°

Como el ángulo de guía máximo admisible es de 60° , la trayectoria seguida -- por la aeronave se hallará fuera del eje de la calle de rodaje. Esto supone que, en los aeródromos en que se llevan a cabo operaciones del avión Concorde, o de otras aeronaves en que son grandes las distancias desde el tren de proa hasta el puesto de pilotaje, tal vez sea preciso prestar atención especial al cálculo de la configuración geométrica de las calles de rodaje paralelas. El estudio puso de manifiesto que el ángulo de guía máximo del Concorde durante el viraje quede reducido a 45° aproximadamente, si se emplea la distancia de separación correspondiente a la letra de clave D, en vez de la perteneciente a la letra de clave C.

La solución respecto al viraje de 180° a que se llegó utilizando el programa de computadora, puede también determinarse por medios gráficos. El procedimiento requiere un desplazamiento progresivo del puesto de pilotaje a lo largo del eje de la curvatura. Se supone que el tren de aterrizaje principal se desplaza a lo largo de una línea que forma la posición original del punto medio entre el tren principal y la nueva posición del puesto de pilotaje. - (Esto se ilustra en la figura 4).

Es importante observar que los resultados del programa de computadora se basaron en incrementos de desplazamiento de 0.5° . Esta solución gráfica resulta excesivamente tediosa y se efectuó una comparación entre la solución -- ofrecida por el programa y la obtenida por la solución gráfica, en que se -- utilizan incrementos de 10° . Se llegó a la conclusión que se introduce un -- error de 2.4m aproximadamente mediante los incrementos más toscos del método gráfico. Con incrementos de 5° el error quedará reducido a 1.5m.

Por calle de salida rápida se entiende una calle de rodaje que se une a -

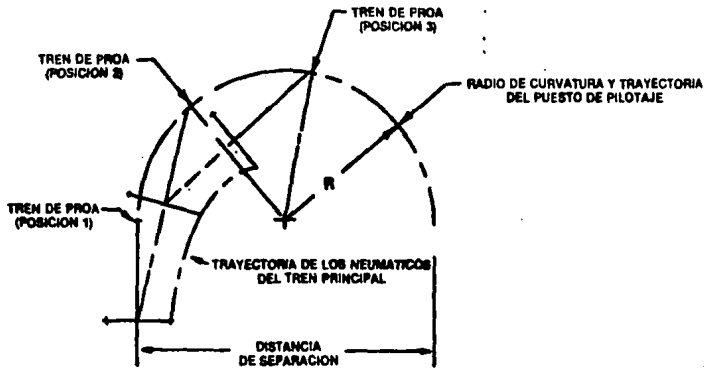


Figura 4.- Solución gráfica de un viraje de 180°

una pista en un ángulo agudo y está 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 esté ocupada el -- mínimo tiempo posible.

La decisión de proyectar y construir una calle de rodaje de salida rápida se basa en los análisis del tránsito existente y previsto. La finalidad principal de estas calles de rodaje es disminuir el período de ocupación de la -- pista y de este modo, aumentar la capacidad del aeródromo. Cuando la densi-- dad del tránsito calculada para la hora punta es menor de 25 operaciones -- aproximadamente (aterrizajes y despegues) la calle de salida en ángulo recto puede bastar. Esta calle de salida en ángulo recto puede ser construída con menos gastos y cuando está emplazada en forma adecuada a lo largo de la pista se logra una afluencia eficiente de tránsito.

El establecimiento de una norma mundial única para el cálculo de las ca-- lles de salida rápida tiene muchas ventajas obvias. Los pilotos se familiarizan con este tipo de configuración y pueden esperar conseguir los mismos re-- sultados para aterrizar en cualquier aeródromo dotado de estas instalaciones. Por lo tanto, se han establecido en el Anexo 14 parámetros de cálculo para -- un grupo de calles de salida relacionadas con una pista en que el número de clave es 1 ó 2 y para otro grupo cuyo número de clave es 3 ó 4. Desde que se han empezado a utilizar las calles de salida rápida, se han llevado a cabo -- ensayos en el terreno y estudios adicionales para deterinar la utilización -- de las calles de rodaje, la ubicación y el trazado de las calles de salida y el tiempo de ocupación de la pista. La evaluación de esta información ha da-- do lugar a la elaboración de criterios para el emplazamiento y el trazado de

la calle de salida que aceptará determinados grupos de aeronaves a velocidades relativamente altas.

Existen algunas diferencias de opinión con respecto a la velocidad a la que los pilotos utilizarán las calles de salida rápida. Aun cuando se ha inferido de ciertos estudios que estas calles de rodaje se utilizan normalmente a velocidades no superiores a los 46 Km/h e incluso en algunos casos a velocidades inferiores cuando existen malas condiciones de frenado o fuertes vientos de costado, mediciones efectuadas en otros aeródromos han demostrado que se utilizan a velocidades superiores a 92 Km/h con pistas secas. Por razones de seguridad se ha tomado como referencia la velocidad de 93 Km/h para determinar los radios de las curvas y las partes rectas adyacentes de las calles de rodaje de salida rápida cuando el número de clave es 3 ó 4, sin perjuicio de la velocidad de cálculo que el planificador puede elegir para establecer los lugares óptimos de salida de la pista. En todo caso, la utilización óptima de las salidas rápidas requiere la cooperación del piloto. Las instrucciones para el cálculo de dichas calles de rodaje y las ventajas que se puedan obtener de su empleo podrán aumentar su utilización.

El emplazamiento de las calles de salida en relación con las características operacionales de las aeronaves está determinado por el régimen de desaceleración de las aeronaves luego de cruzar el umbral. Para determinar la distancia desde el umbral deberán tomarse en cuenta las siguientes condiciones básicas:

- a) Velocidad en el umbral
- b) Velocidad de salida inicial o velocidad de viraje en el punto de tangencia de la curva ventral (de salida) (punto A de las figuras 5 y 6)

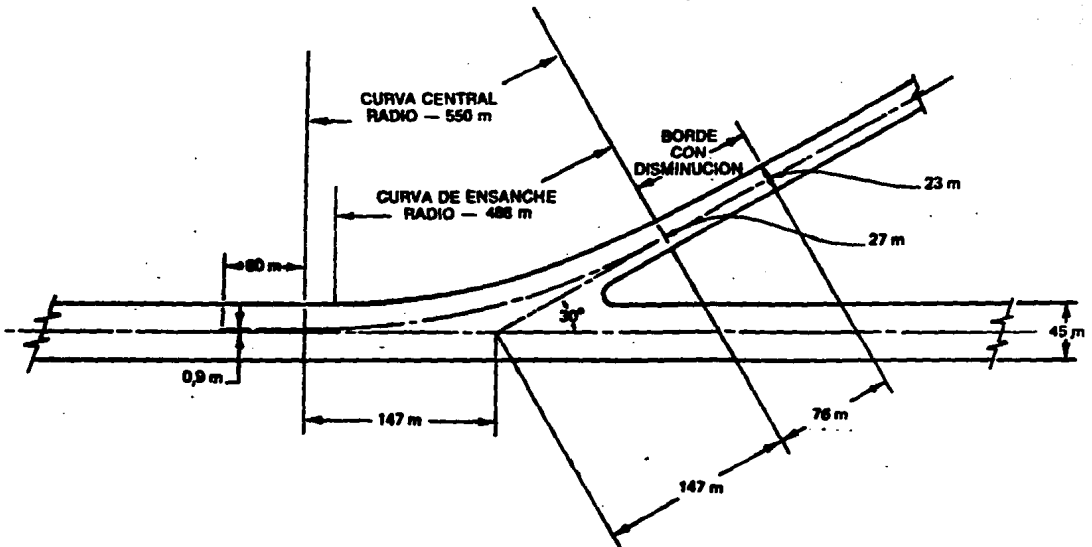


Figura 5.- Trasado de las calles de salida rápida
 (número de clave 3 6 4)

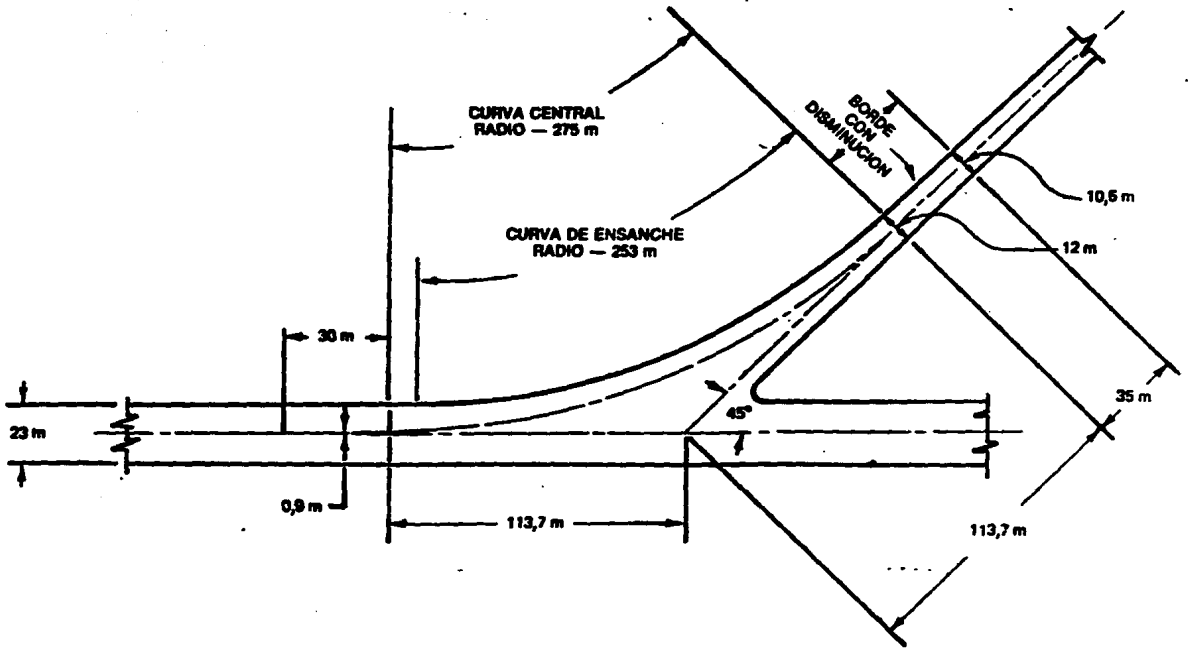


Figura 6.- Trazado de las calles de salida rápida
 (número de clave 1 6 2)

A los efectos del trazado de la calle de salida, se supone que las aeronaves cruzan el umbral a un promedio de 1.3 veces la velocidad de pérdida en la configuración de aterrizaje con una masa media bruta de aterrizaje de - - aproximadamente 85% del valor máximo. Por otra parte, se puede agrupar a las aeronaves basándose en su velocidad en el umbral al nivel del mar, como sigue:

Grupo A - menos de 169 Km/h (91 nudos)

Grupo B - entre 169 Km/h (91 nudos) y 222 Km/h (120 nudos)

Grupo C - entre 224 Km/h (121 nudos) y 259 Km/h (140 nudos)

Grupo D - entre 261 Km/h (141 nudos) y 306 Km/h (165 nudos), aunque la velocidad máxima de cruce del umbral de las aeronaves actualmente en producción es de 282 Km/h (152 nudos).

Un análisis de algunas de las aeronaves indica que pueden clasificarse en los grupos siguientes:

GRUPO A	GRUPO B	GRUPO C	GRUPO D
-----	-----	-----	-----
Convair 240	Convair 600	B-707 (300 y 400)	B-747
DC-3	DC-6	B-727	DC-8 (62 y 63)
DHC-7	Fokker F27	DC-8 (43 y 55)	DC-10
	Viscount 800	Trident (1 y 2)	IL 62 M
			L-1011
			TU-154

De estas consideraciones resulta evidente que el número de calles de salida dependerá del tipo de aeronave y del número de aeronaves de cada tipo que maniobran durante el período punta. Por ejem., en un aeropuerto muy grande -

la mayoría de las aeronaves pertenecerán probablemente a los Grupos C ó D. De ser así, es posible que se necesiten únicamente dos salidas. Por otra parte, un aeródromo que tenga un conjunto equilibrado de los cuatro grupos de aeronaves puede necesitar cuatro salidas.

La selección final del o de los emplazamientos más prácticos para las calles de salida debe ajustarse a los requisitos generales de planificación teniendo en cuenta otros factores, como por ejemplo:

- Ubicación de la terminal o del área de la plataforma
- Ubicación de las pistas y de sus salidas
- Optimización de la afluencia del tráfico dentro del sistema de las calles de rodaje con respecto a los procedimientos de control de tráfico
- Evitar desvíos innecesarios para el rodaje

Además puede existir la necesidad de proporcionar calles de salida adicionales especialmente en pistas largas después de las salidas rápidas principales, dependiendo ello de las condiciones y requisitos locales. Estas calles de rodaje adicionales pueden o no ser calles de salida rápida. Se recomiendan intervalos de aproximadamente 450 m hasta 600 m a partir del extremo de la pista.

Algunos aeródromos tienen una gran actividad de aeronaves del número de clave 1 ó 2. En lo posible, puede ser conveniente atender dichas aeronaves en una pista exclusiva con una calle de salida rápida. En los aeródromos en que dichas aeronaves utilizan la misma pista que las operaciones de transporte aéreo comercial, puede ser conveniente incluir una calle de salida rápida especial para facilitar el movimiento en tierra de las aeronaves pequeñas. En cada caso se recomienda que dicha calle de salida esté emplazada a una --

distancia de 450 a 600 m a partir del umbral.

Las figuras 5 y 6 muestran algunos trazados tipos para las calles de salida rápida de conformidad con las especificaciones del Anexo 14. Para pistas de número de clave 3 ó 4, el señalamiento del eje de la calle de rodaje comienza a 60 m del punto de tangencia de la curva central (de salida) y se desvía 0.9 m para facilitar al piloto de la aeronave que reconozca el comienzo de la curva. Para pistas de número de clave 1 ó 2 el señalamiento del eje de la calle de rodaje comienza a 30 m desde el punto de tangencia de la curva central (de salida).

La calle de salida rápida deberá trazarse con un radio de curva de viraje de por lo menos:

- 550 m cuando el número de clave sea 3 ó 4
- 275 m cuando el número de clave sea 1 ó 2

para permitir velocidades de salida con pistas mojadas de:

- 93 Km/h (50 nudos) cuando el número de clave es 3 ó 4
- 65 Km/h (30 nudos) cuando el número de clave sea 1 ó 2

El radio de superficie de enlace en la parte anterior de la curva de una calle de salida rápida deberá ser suficiente como para proporcionar un ensanche en la entrada a fin de facilitar el reconocimiento de la misma y el viraje hacia la calle de rodaje.

Una calle de salida rápida deberá incluir una recta después de la curva de viraje suficiente para que una aeronave que estuviese saliendo pudiera detenerse totalmente fuera de toda intersección de calle de rodaje y no debe ser

inferior a las distancias siguientes cuando el ángulo de intersección es de 30°:

- 35 m cuando el número de clave sea 1 ó 2
- 75 m cuando el número de clave sea 3 ó 4

las distancias anteriores se basan en regímenes de desaceleración de 0.76 m/seg^2 a lo largo de la curva de viraje y 1.52 m/seg^2 a lo largo de la recta.

El ángulo de intersección de una calle de salida rápida con la pista no deberá ser mayor que 45° ni menor que 25° y preferentemente deberá ser 30°.

En el proyecto conceptual de un aeródromo, de sus dimensiones y/o el trazado de su sistema de pistas y calles de rodaje puede dar lugar a una disposición en la que las calles de rodaje tengan que adoptar la forma de puentes sobre vías de transporte de superficie (carreteras, vías férreas, canales) o espejos de agua (ríos, bahías). Los puentes de rodaje deberán trazarse de modo que no impongan ninguna dificultad a las aeronaves en rodaje. La resistencia, las dimensiones, la nivelación y la distancia mínima de separación deberá permitir que las operaciones de las aeronaves se realicen sin limitaciones de día y de noche así como bajo condiciones atmosféricas variables, es decir, lluvias fuertes, períodos de nevada y helada, baja visibilidad o vientos arremetidos. Cuando se proyectan los puentes deberá tenerse en cuenta las necesidades en materia de mantenimiento, limpieza y remoción de la nieve de las calles de rodaje.

Por razones de carácter operacional y económicas, el número de estructuras de puentes que se requieran y los problemas correspondientes pueden reducirse al mínimo aplicando las siguientes pautas:

- a) De ser posible, las vías de transporte de superficie deberán trazarse de modo que quede afectado un mínimo de pistas o calles de rodaje.
- b) Los diferentes medios de transporte de superficie deberán concentrarse de modo que pasen preferentemente por un puente que utilice una so la estructura.
- c) A fin de que los aviones que se aproximan al puente puedan alinearse, el puente deberá estar emplazado en una parte rectilínea de la calle de rodaje y deberá proveerse una sección recta en ambos extremos del puente.
- d) No deberán emplazarse calles de salida rápida en un puente.
- e) Deberán evitarse los emplazamientos de puentes que pudieran tener un efecto negativo en el sistema de aterrizaje por instrumentos o en la iluminación para las aproximaciones o en los sistemas de iluminación de las pistas y calles de rodaje.

El proyecto de la estructura de los puentes constituye materia de ingeniería determinada por su finalidad y las especificaciones que correspondan al modo de transporte al que está destinado. Deberá cumplirse con los requisitos aeronáuticos en lo que atañe a anchura, nivelación etc., de la calle de rodaje.

La anchura del puente medida perpendicularmente al eje de la calle de rodaje no será inferior a la anchura de la parte nivelada de la franja provista para dicha calle de rodaje, salvo que se proporcione un método probado de con tención lateral que no sea peligroso para los aviones a los que se destina la calle de rodaje. Por lo tanto, los requisitos mínimos de anchura serán:

- 22 m cuando la letra de clave sea A

- 25 m cuando la letra de clave sea B ó C
- 38 m cuando la letra de clave sea D
- 44 m cuando la letra de clave sea E

con la calle de rodaje en el centro de la franja. En casos excepcionales, cuando una calle de rodaje con curva tenga que estar ubicada en el puente, deberá proporcionarse una altura adicional para compensar el movimiento asimétrico de la aeronave debido a la entrada del tren de aterrizaje principal.

Si la función de aeródromo en cuanto a las aeronaves que lo utilicen no está claramente definida o limitada por otras características físicas, la anchura de los puentes a proyectarse deberá corresponder a una letra de clave superior desde un comienzo. Esto impedirá que el explotador del aeródromo deba realizar correcciones muy costosas cuando una aeronave grande empiece a operar en dicho aeródromo y tenga que utilizar el puente de rodaje.

La calle de rodaje en el puente deberá tener una anchura por lo menos -- igual a la que tenga fuera del puente. Contrariamente a lo que sucede en -- otras partes del sistema de calles de rodaje, la franja en el puente tendría normalmente una superficie pavimentada y constituirá un margen planamente -- portante. Además, la franja pavimentada en el puente facilita el mantenimiento y cuando sea necesario, la labor de despejarlo de la nieve. Asimismo, la franja pavimentada de la superficie proporciona acceso al puente a los vehículos de salvamento y extinción de incendios así como a otros vehículos de -- emergencia.

La eficacia de los movimientos en tierra se verá aumentada si las aeronaves

ves pueden salir de los puentes en los tramos rectos de las calles de rodaje o aproximarse a ellos. Esto permitirá que las aeronaves puedan alinear el tren de aterrizaje principal con el eje de la calle de rodaje antes de cruzar el puente. La longitud del tramo recto deberá ser por lo menos el doble de la distancia entre ruedas (la distancia que media entre el tren de proa y el centro geométrico del tren principal de las aeronaves más exigentes y no inferior a:

- 15 m cuando la letra de clave sea A
- 20 m cuando la letra de clave sea B
- 50 m cuando la letra de clave sea C, D ó E

cabe anotar que las posibles aeronaves futuras de la clave E podrán tener una base de rueda de 35 m lo cual indica la necesidad de una distancia recta de 70 m.

A los efectos de drenaje parece útil proporcionar pendientes transversales de calles de rodaje normales. Si por otras razones se ha elegido una pendiente inferior a 1.5%, deberá considerarse la posibilidad de proporcionar suficiente drenaje en la calle de rodaje.

Desde el punto de vista ideal, el puente deberá estar al mismo nivel que el terreno del aeródromo adyacente. Si por otras razones de carácter técnico la parte superior del puente debe ser más alta que el terreno del aeródromo circundante, deberán proyectarse las secciones longitudinales que se especifican en la tabla 1.

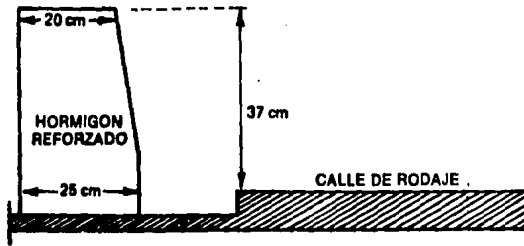
Los puentes de las calles de rodaje deben diseñarse de tal manera que soporten las cargas estáticas y dinámicas de las aeronaves más exigentes que -

recibirá el aeródromo. Deben tenerse en cuenta las tendencias de la evolución de la masa de las aeronaves al especificar la "aeronave más crítica". Las asociaciones de fabricantes publican regularmente datos sobre las tendencias. Si se tienen en cuenta las exigencias futuras, puede evitarse una costosa remodelación de los puentes debida al progreso de la técnica o al aumento de la demanda de transporte.

La resistencia del puente debe ser tal que normalmente la franja de esta última pueda soportar en toda la anchura de la zona nivelada el tránsito de los aviones para los cuales está destinada la calle de rodaje. Se puede aceptar -- una construcción más débil en aquellas partes del puente que se han añadido con el exclusivo objeto de que sirvan para el tránsito de vehículos.

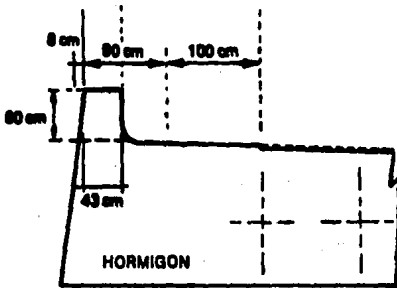
Si la anchura de la zona de resistencia máxima disponible es menor que la superficie nivelada de la franja de la calle de rodaje, deberá preverse un método probado de contención lateral que no ofrezca riesgo alguno para los aviones a que está destinada la calle de rodaje. El sistema de contención lateral deberá situarse en los bordes de la zona de resistencia del pavimento. Los dispositivos de contención lateral deberán considerarse generalmente como medidas de seguridad suplementarias en vez de medios para reducir la anchura de la zona de resistencia máxima del puente de la calle de rodaje.

La información obtenida de los Estados con respecto al tipo y proyecto de dispositivos de contención lateral indica que estos dispositivos se suelen instalar en puentes de rodaje, sin tomar en consideración la anchura de la zona de resistencia máxima. El dispositivo de contención lateral consiste, por lo general, en un bordillo de hormigón que sirve de barrera. En la fig. 7 se mues



A.

DISTANCIA MINIMA HASTA EL EJE DE LA CALLE DE RODAJE: 22 m



B.

Figura 7.- Ejemplos de bordillos de hormigón

tran dos ejemplos de bordillos de hormigón utilizados por los Estados, si bien se ha informado de distancias compendidas entre 9 y 27 m desde el eje de la pista. El bordillo suele tener una altura de 20 a 60 cm., empleándose el tipo de curva más bajo cuando la anchura de la superficie nivelada es apreciablemente mayor que la anchura de la franja de calle de rodaje. No se ha comunicado ningún caso en que las aeronaves se hayan salido de la pista. A este respecto cabe observar que los puentes de rodaje han estado en servicio durante períodos de tiempo de duración variable, algunos de ellos más de 20 años.

Tal vez sea conveniente contar con un segundo dispositivo de contención lateral. Este puede consistir en un bordillo de hormigón o una valla de protección que no esté destinado a contener a las aeronaves que puedan salirse de la pista, sino más bien, proyectado como medida de seguridad para el personal y los vehículos de mantenimiento que utilicen el puente.

Cuando la calle de rodaje pase por encima de otra vía, quizá sea necesario instalar algún medio de protección contra el chorro de los motores de las aeronaves, que puede ser cubierta liviana con agujeros (formada por barras o material alveolar) que disminuya la velocidad del chorro hasta un nivel que no ofrezca peligro, tal como 56 Km/h. Las cubiertas con agujeros, a diferencia de las cerradas, no producen problemas de drenaje ni de resistencia.

La anchura total del puente y de la zona protegida debe ser igual o superior al área cubierta por el chorro de la aeronave que pasará por la calle de rodaje, que puede determinarse recurriendo a los documentos publica

dos por los fabricantes.

El Anexo 14 recomienda ciertas distancias mínimas de separación entre rue da principal exterior de la aeronave, para la que la calle de rodaje está -- destinada y el borde de la calle de rodaje cuando el puesto de pilotaje permanece sobre la señal de eje de calle de rodaje. La tabla 1 muestra estas -- distancias de separación. Puede que sea necesario proporcionar pavimento su plementario en las curvas de las calles de rodaje y en las uniones e inter-- secciones de las calles de rodaje, para satisfacer estos requisitos cuando - una aeronave está efectuando un viraje. Debe tenerse en cuenta que en el ca so de una curva de calle de rodaje el área suplementaria de la calle propor- cionada para satisfacer el requisito relativo a la distancia de separación - recomendada, es parte de la pista de rodaje y por lo tanto se utiliza la ex- presión "anchura suplementaria de la calle de rodaje", en lugar de "superfi- cie de enlace". Sin embargo, en el caso de una unión o intersección de una - calle de rodaje con una pista, plataforma u otra calle de rodaje, se conside- ra que la expresión "superficie de enlace" es la apropiada. En los dos casos la anchura suplementaria de la calle de rodaje así como la superficie de en- lace, la resistencia de la superficie pavimentada suplementaria que debe pro curarse deberá ser la misma que la de la calle de rodaje. El texto que sigue a continuación presenta información concisa sobre el proyecto de superficie de enlace.

Las especificaciones contenidas en el Anexo 14 relativas al diseño de las calles de rodaje, así como las especificaciones de las ayudas visuales co- nexas, están basadas en el concepto de que el puesto de pilotaje de la aero- nave permanece sobre el eje de la calle de rodaje. Otro concepto sobre la ma

niobra de las aeronaves en las intersecciones de las calles de rodaje está basado en el desplazamiento de la línea de guía. Tres maneras diferentes de asegurar que se satisfacen las distancias de separación requeridas en la tabla 1, son:

- a) Empleando la línea de eje de la calle de rodaje como línea guía de la aeronave y proporcionando una superficie de enlace.
- b) Desplazando la línea de guía hacia el exterior.
- c) Utilizando una combinación de línea de guía desplazada y superficie de enlace.

Los métodos b) y c) serían las soluciones más económicas, pero las ventajas no son tantas como parece. Para lograr la máxima ventaja deberá haber -- una línea de guía separada para cada tipo de aeronave y para ambas direcciones, en el caso de una calle de rodaje para ser empleada en ambos sentidos. Tal multiplicidad de líneas no es práctica, particularmente para su empleo durante la noche o cuando la visibilidad es reducida y por lo tanto sería necesario proporcionar una línea de guía desplazada, intermedia, que pudiera ser utilizada por todas las aeronaves.

Por otra parte, la distancia máxima a que puede desplazarse la línea de guía está limitada por la necesidad de satisfacer las distancias de separación requeridas entre el borde de la calle de rodaje y la rueda principal exterior de la aeronave. Además, para determinar el desplazamiento necesario, se debe tener en cuenta el desplazamiento lateral debido a la deformación de los neumáticos durante el viraje. El empleo de superficies de enlace en la parte exterior de la curva de la calle de rodaje en combinación con una línea de guía desplazada, exige una trayectoria de rodaje complicada. Desde el

punto de vista operacional, se considera preferible utilizar, como está recomendado en el Anexo 14, el eje de la calle de rodaje como una línea de guía con la cabina de pilotaje de la aeronave permaneciendo sobre la señal de eje de calle de rodaje.

Algunos métodos para el cálculo de superficies de enlace son:

- a) Simulación de los movimientos de la aeronave empleando una maqueta.
- b) Cálculo de la superficie de enlace
- c) Empleo de gráficas establecidas que proporcionan satisfactoriamente -- una aproximación de la trayectoria seguida por el centro del tren de aterrizaje.

Estos métodos están destinados principalmente a determinar la trayectoria del centro del tren de aterrizaje. Cualquiera que sea el método que se utiliza para proyectar la superficie de enlace, es necesario, en primer término, establecer la trayectoria del centro del tren de aterrizaje principal. La -- distancia de separación dada por la tabla 1 debe considerarse como el mínimo recomendado. En efecto, a falta de datos estadísticos referentes a la diferencia de las trayectorias realmente seguidas por las aeronaves durante el -- rodaje y la trayectoria teórica sin desplazamiento lateral debido a la deformación de los neumáticos, no es posible dar una indicación cuantitativa sobre el efecto de diversas variables aleatorias (lluvia, viento, estado del -- pavimento, desgaste de los neumáticos, posición del centro de gravedad de la aeronave, etc.), lo que podría causar el resbalamiento de las ruedas sobre -- el pavimento y alterar la trayectoria del centro del tren de aterrizaje principal.

Empleando una maqueta puede obtenerse la trayectoria de las ruedas principales exteriores de una aeronave durante un viraje. Para ello se mueve -- una maqueta a escala de la aeronave sobre un plano que reproduce las pistas y calles de rodaje. Es necesario emplear una escala razonablemente grande - (por ejem. 1/250) y la maqueta debe estar bien construida para impedir erro - res excesivos cuando se transfieran las trayectorias logradas a un tamaño - mayor. Estas condiciones hacen que este método sea poco práctico.

La superficie de enlace puede determinarse matemáticamente, pero el proceso es bastante complicado y el grado de precisión que se obtiene excede - el requerido para los trabajos reales de construcción de las superficies de enlace. No obstante, este método puede tenerse en cuenta si se dispone de - una computadora. En ese caso, se prepara un programa de cálculos para obtener una solución numérica de las ecuaciones relacionadas con la determina - ción de la trayectoria.

Como alternativa práctica del cálculo matemático, puede obtenerse con fa - cilidad un resultado muy aproximado con el empleo de gráficas establecidas. Este método requiere un cálculo mínimo para la aplicación específica. Depen - diendo de su forma, estos gráficos pueden emplearse para todos los tipos de aeronaves o adaptarse a un tipo en particular.

Los mismos métodos pueden aplicarse también para el trazado y proyecto - de plataformas con e debido margen para las distancias mínimas de separa - ción especificadas entre las aeronaves que maniobran en la plataforma y - - otras aeronaves, edificios, etc. y para las distancias mínimas de separa - ción necesarias para asegurar que el chorro de los motores de las aeronaves

no creen un peligro a otras actividades e instalaciones en la plataforma o - en su proximidad.

Un margen es una zona adyacente al borde de la superficie pavimentada pre parada de tal forma que proporcione una transición entre el pavimento y la - superficie adyacente. Los fines principales por los que se procura un margen de calle de rodaje es el prevenir que los motores de reacción sobresaliendo an voladizo más allá del borde de la pista absorban piedras u otros objetos que puedan producir daños al motor y el prevenir la erosión del área adyacen te a la calle de rodaje. Una franja de calle de rodaje es una zona que inclu ye una calle de rodaje destinada a proteger a una aeronave que esté operando en ella y a reducir el riesgo de daño en caso de que accidentalmente se sal ga de ésta.

La tabla 1 indica las anchuras que deben tener los márgenes y franjas de calles de rodaje. Puede tenerse en cuenta que se considera como apropiado un margen de 10.5 m de anchura a los dos lados de la calle de rodaje, cuando la letra de clave de la pista más larga servida es E. El requisito relativo a la anchura del margen de la calle de rodaje está basado en la aeronave más - crítica en servicio actualmente. Se considera que una anchura de 7.5 m a am- bos lados es apropiada para una calle de rodaje cuando la letra de clave de la pista es D, suponiendo que la distancia entre los motores exteriores de - la aeronave crítica, que utiliza normalmente esa calle de rodaje, no sobrep se los 30 m.

La superficie del margen a continuación de la calle de rodaje deberá es-- tar nivelada con la superficie de la calle de rodaje, en tanto que la super-

ficie de la franja deberá estar nivelada con el borde de la calle de rodaje o el margen, si se proporciona. Para las letras de clave de pista C, D ó E, la parte nivelada de la franja de la calle de rodaje no deberá elevarse con una inclinación mayor del 2.5% ni descender con una pendiente que exceda del 5%. Las pendientes para una letra de clave A ó B son 3 y 5%, respectivamente. La pendiente ascendente se mide con referencia a la pendiente transversal de la superficie de la calle de rodaje adyacente y la pendiente descendente con referencia a la parte nivelada de la franja de la calle de rodaje.

No deberá permitirse la existencia de obstáculos a los lados de las calles de rodaje, dentro de la distancia indicada en la tabla 1 para la distancia mínima de separación de objetos fijos. Sin embargo, letreros y cualquier otro objeto que debido a sus funciones deban permanecer dentro de la franja de la calle de rodaje, a fin de satisfacer requisitos relativos a la navegación aérea, pueden continuar en la franja pero deberán estar construidos y ubicados de tal forma que se reduzca al mínimo la posibilidad de que un aeronave choque con ellos. Estos objetos deberán estar situados de tal forma que no puedan ser alcanzados por las góndolas de los motores y las alas de las aeronaves que utilicen la calle de rodaje. Como regla, deberán estar ubicados de tal forma que ninguna parte de los mismos esté más alta de 0.30m sobre el nivel del borde de la calle de rodaje, dentro de la franja de la calle.

Los márgenes laterales y las partes niveladas de las franjas de las calles de rodaje procuran una zona libre de obstáculos con el fin de reducir al mínimo la posibilidad de que sufran daño las aeronaves que utilicen estas áreas casualmente o en una emergencia. Por lo tanto, estas áreas debe--

rán estar preparadas o construídas de tal forma que se reduzca el peligro de que una aeronave que se salga de la calle de rodaje sufra daños y sea capaz de soportar el paso de los vehículos terretres, según convenga, sobre toda su superficie. Cuando se tiene la intención de que una calle de rodaje sea utilizada por aeronaves equipadas con motores de turbina, los motores de reacción pueden sobresalir en voladizo más allá del borde de la calle de rodaje, cuando la aeronave efectúa el rodaje y puede ocurrir entonces que ingieran piedras u objetos extraños que se encuentren en las márgenes laterales. Además, el chorro procedente de los motores puede chocar con la superficie adyacente a la calle de rodaje y disgregar y lanzar el material de aquélla consiguiente peligro para el personal, las aeronaves y las instalaciones. Por lo tanto, tienen que tomarse ciertas precauciones para disminuir estas posibilidades. El tipo de superficie de los márgenes laterales de la calle de rodaje dependerá de las condiciones locales y tendrá en cuenta los métodos y costos de mantenimiento. En tanto que una superficie natural (por ejem., césped) puede ser suficiente en ciertos casos, en otros, puede que se necesite una superficie artificial). En todo caso, el tipo de superficie seleccionado deberá ser de tal clase que se evite el avenimiento de materias sueltas, así como el polvo.

En la mayoría de las condiciones de rodaje, las velocidades de salida de chorro de gases no son críticas, excepto en las intersecciones, en las que el empuje se acerca a las necesarias para el arranque. Con los actuales criterios de calles de rodaje de 23 m de anchura, los motores más alejados del fuselaje de los reactores mayores sobresalen del borde del pavimento. Por esta razón, se recomienda el tratamiento de los márgenes laterales de las calles de rodaje, con el fin de prevenir su erosión y para evitar la entrada -

de materias extrañas en los motores de reacción o el lanzamiento de tales ma
terias hacia los motores de las aeronaves siguientes. En el texto que sigue
se presenta información concisa acerca de los métodos de protección de las -
superficies marginales sujetas a erosión por el chorro de gases procedente -
de los motores de reacción y las áreas que deben mantenerse limpias de mate-
rias sueltas para prevenir la succión de éstas por los motores de turbina --
que pasen por encima.

En los estudios del chorro de gases de los motores y sus efectos se ha in
cluido el establecimiento de sus características en cuanto a su forma y velo
cidad, en relación con el tipo de motor, la masa y configuración de la aero-
nave, las variaciones del empuje y el efecto del viento cruzado. Se ha halla
do que los efectos del calor en relación con el chorro de gases son despre-
ciables, pues la temperatura se disipa más rápidamente con la distancia que
con la velocidad. Además, el personal, el equipo y las estructuras no ocu-
pan normalmente las zonas donde se generan los límites superiores del calor
durante las operaciones de aeronaves de reacción. Los estudios realizados in
dican que los objetos situados en la trayectoria del chorro de gases reciben
el efecto de varias fuerzas, incluyendo la presión dinámica relacionada con
el impacto de los gases al golpear éstos su superficie, la resistencia que -
se origina cuando los gases viscosos se mueven y sobrepasan un objeto y las
fuerzas ascencinales causadas por diferencia de presiones o por turbulencia.

Los terrenos más susceptibles de erosión por el chorro de gases son los -
suelos finos sin cohesión. Los suelos cohesivos, cuando están sueltos, son -
cambián susceptibles de sufrir erosión por el chorro de gases. Para este tí-
pico tipo de suelos normalmente será satisfactoria la protección que resultá

adecuada contra las fuerzas naturales de erosión del viento y la lluvia. La protección debe ser un tipo que se ahiera a la superficie de arcilla, de -- forma que no la levante el chorro de gases. Son posibles soluciones para la protección de la superficie de un terreno cohesivo, el tratamiento con aceites o un tratamiento químico. La cohesión necesaria para proteger una superficie contra la erosión del chorro de gases es pequeña, normalmente, un índice de plasticidad de dos o más será suficiente. Sin embargo, si esta área la utilizan periódicamente los vehículos terrestres con su equipo, será necesario un índice de pasticidad más elevado, siendo adecuado en estas condiciones un valor de seis o más. Deberá existir un buen drenaje superficial - en estas áreas si el equipo se mueve sobre ellas, ya que este tipo de superficie se ablandará cuando existan charcos. Se consideran suelos sin cohe- sión los que poseen las propiedades cohesivas definidas anteriormente. Debe dedicarse especial atención a los suelos cohesivos de gran plasticidad que experimenten más de un 5% de retracción. En estos suelos es muy importante que exista un buen drenaje, pues se vuelven extremadamente blandos cuando - están húmedos, cuando están secos estos suelos se agrietan y están sujetos a mayores fuerzas ascensionales.

El espesor de los márgenes de las pistas, de los márgenes de las calles de rodaje y de las superficies protectoras contra el chorro deberá permitir el paso casual de la aeronave crítica utilizada para el cálculo del pavimen- to de la pista y la carga crítica de eje de rueda del vehículo de emergen- cia o mantenimiento que pueda pasar sobre la zona. Además, deberán aplicar- se los siguientes criterios:

- a) El espesor mínimo necesario calculado para los márgenes y las superficies protectoras para permitir el paso de la aeronave crítica, puede

- considerarse que es igual a la mitad del espesor total requerido para la zona pavimentada adyacente.
- b) Deberá considerarse la carga crítica del eje de rueda del vehículo de emergencia o mantenimiento más pesado para la determinación del espesor del pavimento. Si el espesor es mayor que el obtenido basándose en a) anterior, entonces este espesor calculado deberá utilizarse para los márgenes y las superficies protectoras.
- c) El espesor de superficie mínimo recomendado, para aeronaves como: B-707 DC-8, DC-10, L-1011 o más pequeñas, en el caso de hormigón bituminoso sobre una base de grava, es de 5 cm en los márgenes y de 7.5 cm en las superficies protectoras. Para ser utilizadas por aeronaves tales como: B-747 y L-500, se recomienda un aumento de 2.5 cm en este espesor.
- d) Se recomienda utilizar bases estabilizadas en los márgenes y en las superficies protectoras. El mínimo recomendado es de 5 cm de superficie de hormigón bituminoso sobre una base bituminosa estabilizada.
- e) Si conviene utilizar hormigón de cemento Portland y una base secundaria granular para los márgenes y las superficies protectoras, deberá emplearse un espesor mínimo de 15 cm.
- f) Deberán utilizarse los mismos criterios sobre compactación y construcción para los terrenos de fundación explanada y recorridos pavimentados en los márgenes y en las superficies protectoras que en las zonas con el pavimento de resistencia completa. Se recomienda que se establezca un desnivel de aproximadamente 2.5 cm en el borde del pavimento de resistencia completa, márgenes y superficies protectoras, para proporcionar una línea definitiva de demarcación.

El Anexo 14 define las especificaciones de aeródromo mínimas para las aeronaves que tienen las mismas características que las que están actualmente en servicio o para las aeronaves similares que se proyecta poner en servicio. -- Por lo tanto, las especificaciones actuales están destinadas a satisfacer -- las exigencias de aviones cuyo tamaño no rebase el del B-747. En consecuencia, en el Anexo no se prevé ninguna precaución suplementaria que pudiera considerarse apropiada para las aeronaves más exigentes. Corresponde a las autoridades competentes evaluar y tener en cuenta, en la medida necesaria, estos aspectos en el caso de cada aeródromo.

A continuación se ve la manera en que algunas de las especificaciones pueden variar con la puesta en servicio de aeronaves de mayor tamaño. A este respecto cabe observar que es probable que sea aceptable algún incremento en el tamaño máximo de las aeronaves actuales, sin tener que efectuar modificaciones importantes en los aeródromos. Sin embargo, el límite superior del tamaño de las aeronaves que se examina a continuación queda, según toda probabilidad al margen de esta consideración a no ser que se modifiquen los procedimientos de aeródromo, con la consiguiente disminución de la capacidad de éste.

Las tendencias de los proyectos de las aeronaves futuras pueden obtenerse de diversas fuentes. Una de ellas son los fabricantes de aeronaves y otra es la Aerospace Industries Association of America. Esta Asociación, en su edición de enero de 1979 sobre características, tendencias y proyecciones de crecimiento de las aeronaves de transporte CTOL, ofrece los siguientes pronósticos para el período que se extiende hasta 1995:

- Envergadura ----- hasta 84 m
- Anchura exterior entre ruedas --

- del tren de aterrizaje principal --- hasta 20 m
- Longitud Total ----- hasta 84 m
- Altura del empenaje ----- hasta 23 m
- Masa máxima total ----- hasta 567,000 Kg

Si se utilizan los principios básicos para la aplicación de determinadas especificaciones relacionadas con la clave de referencia de aeródromo, es posible que las aeronaves de las dimensiones que se indican en el párrafo anterior pudieran tener, en el sistema de calles de rodaje, los efectos que se describen a continuación.

Se prevé que las características de rodaje de las aeronaves futuras de gran tamaño sean similares a las características de las aeronaves de mayores dimensiones actualmente en servicio existentes al considerar el tramo recto de la calle de rodaje. La anchura de la calle de rodaje " W_T " para estas aeronaves está representada por la relación:

$$W_T = T_M + 2C \quad \text{donde: } T_M = \text{anchura exterior de ruedas del tren de aterrizaje principal}$$

C = Margen entre las ruedas exteriores del tren de aterrizaje principal y el borde de calle de rodaje (desviación lateral máx. permisible).

La configuración geométrica correspondiente se muestra en la figura 8

A efectos de planificación, adoptando la hipótesis de un aumento previsto de la anchura exterior entre ruedas del tren de aterrizaje principal de 20 m, así como un margen entre la rueda y el borde de la pista de 5m, la an

chura de la calle de rodaje es de 30 m.

La separación entre calles de rodaje paralelas, una de las cuales puede ser una calle de rodaje en la plataforma se basa en el principio que consiste en proporcionar un margen de separación adecuado entre los extremos de las alas cuando dos aeronaves se han desviado, una hacia la otra, lateralmente, hasta el borde de la calle de rodaje. Esto permite expresar la distancia de separación "S" como sigue:

$$S = WS = 2C + Z \quad \text{donde:} \quad \begin{array}{l} WS = \text{envergadura} \\ C = \text{margen entre las ruedas exteriores} \\ \quad \text{del tren de aterrizaje principal y} \\ \quad \text{el borde de calle de rodaje. (desviación lateral máxima permisible)} \\ Z = \text{margen de separación entre extremos} \\ \quad \text{de ala.} \end{array}$$

La configuración geométrica de esta relación se muestra en la figura 9.

La distancia de separación entre las calles de rodaje paralelas y entre una calle de rodaje y una calle de rodaje en la plataforma paralela, se consideran como equivalentes ya que se admite que la velocidad de rodaje de la aeronave en los dos casos es idéntica. La distancia de separación, para fines de planificación, que resulta de la envergadura de 84 m de las aeronaves futuras, con una desviación lateral "C" de 5 m y de un margen de separación entre extremos de ala de 11 m, es de 105 m.

Las velocidades de rodaje en una calle de rodaje y de una calle de rodaje en la plataforma, se supone que son iguales en los dos casos. Se ha formulado un criterio con arreglo al cual la distancia de separación entre la calle

de rpdake u im pbketp se basa en un margen de separación entre el extremo -- de ala de la aeronave y el objeto cuando la aeronave se ha desviado del eje de la calle de rodaje. Esta relación entre la calle de rodaje y el objeto - "S" es la siguiente:

$$S = \frac{WS}{2} + C + Z \quad \text{donde: } WS = \text{envergadura}$$

C = margen entre las ruedas exteriores del -- tren de aterrizaje principal y el borde - de calle de rodaje. (desviación lateral - máxima permisible).

Z = margen de separación entre el extremo del ala y un objeto.

Esta configuración geométrica se muestra en la figura 10

La aplicación de la anterior relación se traduce en una distancia entre el eje de una calle de rodaje o el eje de una calle de rodaje en la plata-- forma y un objeto de 64 m cuando se utiliza una desviación de 5 m y un mar-- gen de gen de separación de extremo de ala de 17 m. La envergadura de ala - adoptada como hipótesis era 84 m.

La velocidad de rodaje más baja de una aeronave en una calle de acceso - al puesto de estacionamiento permite considerar una desviación lateral me-- nor que en el caso de otras calles de rodaje. La configuración geométrica - de la fig. 11 ilustra la relación entre el margen de separación de una aero-- nave y un objeto en una calle de acceso al puesto de estacionamiento. En -- consecuencia, la distancia de separación "S" es:

$$S = \frac{WS}{2} + d + Z \quad \text{donde: } WS = \text{envergadura de ala}$$

d = desviación lateral

Z = margen de separación entre el extremo de ala y un objeto.

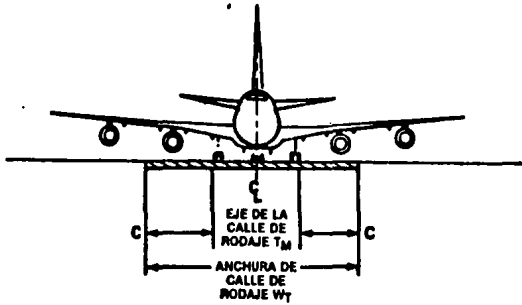


Figura 8.- Configuración geométrica de la anchura de una calle de rodaje.

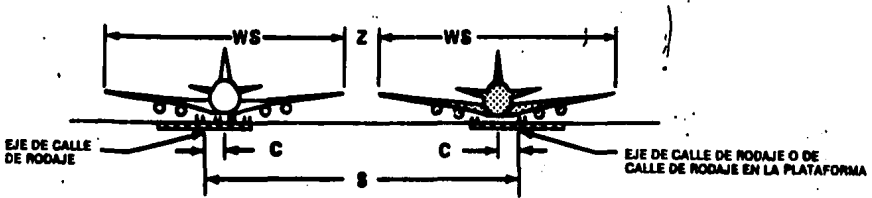


Figura 9.- Configuración geométrica de la separación entre calles de rodaje paralelas.

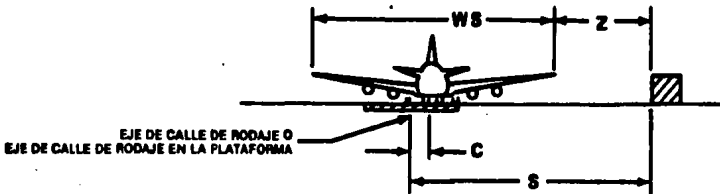


Figura 10.- Configuración geométrica de la distancia de separación entre una calle de rodaje o una calle de rodaje en la plataforma y un objeto.

A los efectos de planificación, la aplicación de la fórmula anterior, en el caso de una aeronave futura de grandes dimensiones que efectúa el rodaje en una calle de acceso al puesto de estacionamiento, se traduce en una distancia de separación respecto a un objeto de 56.5 m. Este valor está basado en una envergadura de 84 m, una desviación de 3.5 m y un margen de separación de extremo de ala de 11 m.

La distancia de separación entre una pista y una calle de rodaje paralela se basa actualmente en la premisa de que el ala de la aeronave que se encuentra rodando sobre el eje de la calle de rodaje no debe penetrar dentro de la zona de franja de pista. Dicha distancia "S" se representa, entonces, por la relación siguiente:

$$S = \frac{1}{2}(SW + WS) \quad \text{donde} \quad \begin{array}{l} SW = \text{anchura de la franja} \\ WS = \text{envergadura} \end{array}$$

Esta configuración geométrica se ilustra en la figura 12

La distancia de separación, para fines de planificación, en el caso de la mayor aeronave prevista en los datos sobre tendencias futuras, es de 192 m. Dicho valor se basa en la hipótesis de que esta aeronave que presenta una envergadura de 84 m, puede operar con toda seguridad en la actual franja de 300 m de anchura prescrita para una pista destinada a las aproximaciones de precisión.

Además de la orientación que figura en los párrafos anteriores, es posible que sea también necesario enmendar otras especificaciones para satisfacer las necesidades de futuras aeronaves de grandes dimensiones. Por ejemplo, tal vez sea necesario ensanchar los márgenes de pista y de calles de rodaje

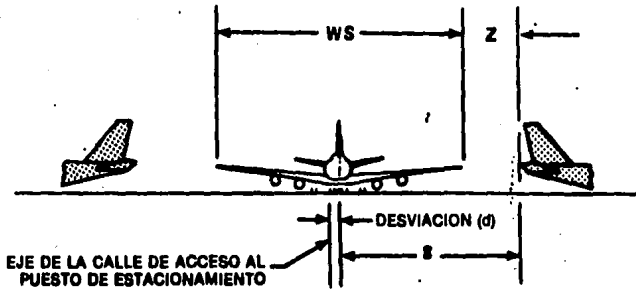


Figura 11.- Configuración geométrica de la separación entre una calle de acceso al puesto de estacionamiento de aeronaves y un objeto.

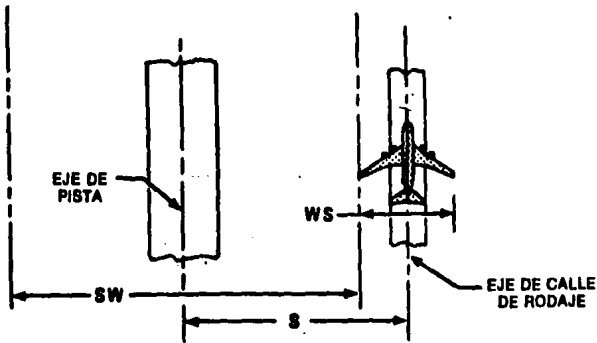


Figura 12.- Configuración geométrica de la separación entre una pista y una calle de rodaje paralela.

debido a una mayor distancia entre motores y la anchura de la franja de calle de rodaje se verá afectada por las mayores envergaduras.

PLATAFORMAS

Por plataformas se entiende un área definida destinada a dar cabida a las aeronaves para los fines de embarque o desembarque de pasajeros, correo o carga, reaprovisionamiento de combustible, estacionamiento o mantenimiento. La plataforma suele estar pavimentada pero, en ocasiones, puede no estarlo. Por ejem., en algunos casos, una plataforma provista de césped puede ser -- adecuada para aeronaves pequeñas.

La plataforma terminal es un área designada para las maniobras y estacionamiento de las aeronaves situada junto a las instalaciones de la terminal de pasajeros o fácilmente accesible. Desde esta área los pasajeros que salen de la terminal embarcan en la aeronave. Además de facilitar el movimiento de pasajeros, la plataforma terminal se utiliza para el aprovisionamiento de combustible y mantenimiento de aeronaves, así como para el embarque y desembarque de carga, correo y equipaje. Cada uno de estos lugares de estacionamiento de aeronave en la plataforma terminal se les denomina puestos de estacionamiento de aeronaves.

Para las aeronaves que sólo transportan carga y correo puede establecerse una plataforma de carga junto al edificio terminal de carga. 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.

En los aeropuertos puede necesitarse una plataforma de estacionamiento -- por separado, además de la plataforma de la terminal, donde las aeronaves -- pueden permanecer estacionadas durante largos períodos. 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 temporalmente fuera de servicio. Aunque las plataformas de estacionamiento se encuentren alejadas de las plataformas de la terminal, aquéllas deberán ubicarse lo más cerca posible de éstas.

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

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

Las aeronaves de la aviación general que efectúan vuelos de carácter transitorio (temporal) utilizan este tipo de plataforma como medio de estacionamiento temporal de aeronaves así como para el acceso a las instalaciones de aprovisionamiento de combustible, servicio de las aeronaves y transporte terrestre. En los aeródromos utilizados solamente por las aeronaves de la aviación general, la plataforma temporal suele estar junto a un área perteneciente a un explotador que tiene su base con carácter fijo en el aeródromo, o forma parte integrante de dicha área. En la plataforma terminal, por lo general, se destinará alguna zona para las aeronaves de aviación general, que efectúan vuelos de carácter temporal.

Las aeronaves de la aviación general que tienen su base en un aeródromo

necesitan ya sea espacio de aparcamiento o de amarre en un hangar, o una zona al descubierto. Las aeronaves que se hallan aparcadas en un hangar necesitan también una plataforma enfrente del edificio para efectuar maniobras. -- Las zonas al descubierto utilizadas para el aparcamiento de aeronaves que -- tienen su base fija en el aeródromo, puede ser pavimentadas, no pavimenta- - das, o cubiertas de césped, según el tamaño de las aeronaves y las condicio- nes meteorológicas locales y el estado del suelo. Es conveniente que estén - ubicadas en emplazamientos alejados de las plataformas utilizadas por las -- aeronaves que realizan vuelos de carácter temporal.

Deberán también establecerse, en la medida necesaria, zonas para llevar a cabo las operaciones de servicio, aprovisionamiento de combustible o carga y descarga.

El proyecto de cualesquiera de los diversos tipos de plataformas exige la evaluación de muchas características relacionadas entre sí y a menudo contra dictorias. A pesar las distintas finalidades de los diferentes tipos de plataformas, hay muchas características generales del proyecto relacionadas con la seguridad, eficacia, configuración geométrica, flexibilidad y tecnología que son comunes a todos los tipos. En los siguientes párrafos se da una breve descripción de estos requisitos generales de proyecto.

El diseño de una plataforma deberá tener en cuenta los procedimientos de seguridad relativos a las aeronaves que realizan maniobras en la plataforma. La seguridad en este contexto entrañaque las aeronaves mantengan las distancias de separación especificadas y sigan los procedimientos establecidos para entrar, desplazarse dentro de las áreas de la plataforma y salir de ellas.

La provisión de servicios a las aeronaves estacionadas en la plataforma deberá también incluir procedimientos de seguridad, especialmente con respecto a las aeronaves que efectúen el aprovisionamiento de combustible. Los pavimentos deberán tener un declive desde los edificios de la terminal y otras estructuras para impedir la propagación de incendios resultantes de los vertidos de combustible en la plataforma. En cada puesto de estacionamiento deberá instalarse tomas de agua para regar de manera rutinaria la superficie de la plataforma. Deberá también tenerse en cuenta la seguridad de la aeronave mediante la ubicación del área de la plataforma en un punto en que la aeronave pueda quedar protegida del personal no autorizado. Esto puede lograrse mediante la separación física de las zonas de acceso públicas de cualquier contacto con las zonas de la plataforma.

El proyecto de plataforma deberá contribuir al establecimiento de un elevado grado de eficacia en los movimientos de las aeronaves y en lo tocante a la realización de las operaciones de servicio en la plataforma. La libertad de movimiento, las distancias de rodaje mínimas y la mínima demora en la iniciación de los movimientos de las aeronaves en la plataforma, son todas medidas eficaces con respecto a cualquiera de los tipos de plataformas. Si la disposición definitiva del puesto de estacionamiento de aeronaves puede determinarse durante la etapa inicial de planificación del aeródromo, entonces los servicios y dispositivos deberán ubicarse como instalaciones fijas. Las tuberías de combustible y tomas de agua, conexiones de aire comprimido y sistemas de energía eléctrica deben planificarse cuidadosamente por hallarse estos sistemas instalados bajo el pavimento de la plataforma. El elevado costo inicial de estos sistemas quedará compensado por el mayor rendimiento del puesto de estacionamiento, lo que permitirá una mayor utilización de la pla-

taforma. El logro de la eficacia prevista por estas medidas asegurará el máximo valor económico de la plataforma.

La planificación y proyecto de cualquier tipo de plataforma dependen de diversas consideraciones geométricas. Por ejemplo, la longitud y anchura de la parcela de terreno disponible para el establecimiento de plataformas puede imposibilitar la elección de determinados conceptos en relación con el trazado de plataformas. En el caso de un nuevo aeródromo, quizás sea posible proyectar la disposición más eficaz, basada en la naturaleza de las exigencias del tráfico y entonces reservar una zona de terreno totalmente adecuada. Sin embargo, la ampliación o adición de plataformas en los aeródromos existentes tendrá, por lo general, una forma algo menos que ideal debido a las limitaciones que impone la configuración y dimensión de las parcelas disponibles. La superficie que se necesita para cada puesto de estacionamiento depende de la superficie que se precisa para las calles de acceso al puesto de estacionamiento de aeronaves así como para las calles de rodaje en la plataforma utilizadas conjuntamente con otros puestos de estacionamiento de aeronaves. Por lo tanto, la superficie total que se necesita para el establecimiento de plataformas, no sólo depende del tamaño de las aeronaves, márgenes de separación y método de estacionamiento, sino también de la disposición geométrica de las calles de acceso al puesto de estacionamiento de aeronaves, de otras calles de rodaje, barreras protectoras contra el chorro de gases de los motores, zonas utilizadas para estacionamiento de vehículos de mantenimiento y caminos utilizados para el desplazamiento de los vehículos.

La planificación de las plataformas deberá comprender una evaluación de las siguientes características en cuanto a flexibilidad.

El número y dimensiones de los puestos de estacionamiento de aeronaves de berá ajustarse al número y tamaño de los tipos de aeronaves que se espera -- que utilicen la plataforma. Puede hallarse una fórmula de transacción entre las dos condiciones extremas siguientes:

- a) Utilizar el puesto de estacionamiento de aeronaves de dimensiones lo -
suficientemente grandes para atender al tipo de aeronave más grande.
- b) Utilizar tantos tipos de estacionamiento de aeronaves de distintas di-
mensiones como tipos de aeronaves existentes.

El primer método ofrece una utilización ineficaz de la superficie, mientras que el segundo proporciona un bajo grado de flexibilidad operativa. Respecto a las plataformas en la terminal de pasajeros, una solución de transacción - con la que se logra la flexibilidad apropiada consiste en agrupar las aeronaves en dos o tres clases de tamaños y establecer puestos de estacionamiento para una combinación de estos tamaños, en armonía con las exigencias del tráfico pronosticadas. Puede utilizarse un mayor número de espacios de estacionamiento de la aviación general, ya que el espacio puede arrendarse y ocuparse por una sola aeronave de dimensiones conocidas.

Otro elemento clave que ofrece un sistema flexible de plataformas es que permite la ampliación para satisfacer necesidades futuras. Para evitar las - excesivas restricciones ante el posible crecimiento de una determinada zona de plataforma, la plataforma deberá proyectarse en etapas modulares, de modo que las etapas sucesivas sean adiciones integrales a la plataforma existente realizadas con la mínima interrupción de las actividades que se estén llevando a cabo.

Muchos de los requisitos técnicos de proyecto relativos a la construcción de superficies de plataformas, son comunes a todos los tipos de plataforma. En los párrafos siguientes se describen algunos de estos factores.

La elección de la superficie de un pavimento depende de la masa de la aer nave, de la distribución de la carga, del estado del suelo y del costo relati vo de otros materiales que se elijan. El hormigón reforzado se suele utilizar en los aeródromos en que operan las aeronaves más grandes, donde se precisa una mayor resistencia y duración. La mayoría de los aeródromos necesitan una superficie de macadam asfáltico para satisfacer los requisitos de resistencia drenaje y estabilización, si bien se han usado satisfactoriamente en algunos lugares plataformas con una capa de césped y arena estabilizada con cemento. La instalación de hormigón reforzado suele ser más cara que la de asfalto, pe ro su mantenimiento es menos costoso y de mayor duración. Además, los efectos de los derrames del combustible de los reactores suelen ser relativamente nu los en el hormigón, mientras que las superficies de asfalto sufren daños si el combustible permanece en la superficie incluso durante cortos períodos de tiempo. Este problema puede superarse fácilmente cubriendo el asfalto con -- sustancias especiales para el sellado y lavando frecuentemente el pavimento.

Las pendientes en una plataforma deberán tener un declive suficiente para -- impedir la acumulación de agua en la superficie de la plataforma, pero debe-- rán mantenerse lo más horizontales que permitan las exigencias de drenaje. El avenamiento eficaz de las precipitaciones en grandes zonas pavimentadas de la plataforma, se logra normalmente mediante una pendiente pronunciada del pavi mento y la instalación de numerosos drenes en la superficie. Sin embargo, en las plataformas, una pendiente demasiado pronunciada presentará problemas pa--

ra las maniobras de las aeronaves y para los vehículos de servicio que se desplacen sobre la plataforma. Además el aprovisionamiento de combustible de las aeronaves exige casi una superficie horizontal para conseguir el apropiado equilibrio de la masa de combustible en los diversos depósitos de combustible de las aeronaves. Las pendientes y drenajes deberán proyectarse de modo que el combustible derramado se encause en sentido distinto de los edificios y zonas de servicio en la plataforma. Con objeto de acomodar las necesidades relativas a drenaje, maniobrabilidad y aprovisionamiento de combustible, las pendientes de las plataformas deberán ser del 0.5 al 1.0% en el puesto de estacionamiento de las aeronaves y no más del 1.5% en las demás zonas de la plataforma.

Cuando se lleve a cabo la planificación de zonas de plataforma y de vías de servicio y edificios adyacentes deben tenerse en cuenta los efectos del calor extremo y las velocidades del aire del chorro de los reactores y de los motores provistos de hélice. En algunos aeródromos, puede que sea necesario proporcionar mayores separaciones entre aeronaves o instalar barreras protectoras contra el chorro de gases de los reactores entre los espacios de estacionamiento para contrarrestar estos efectos.

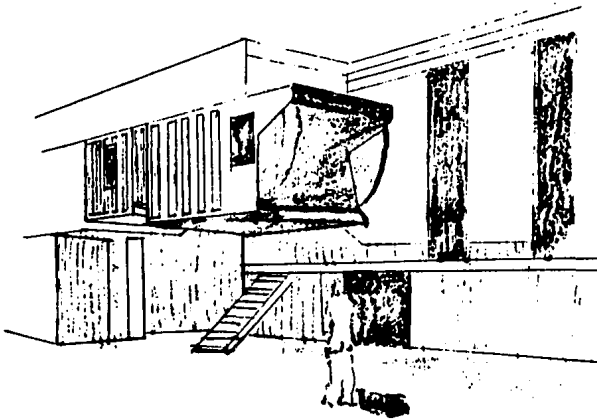
La determinación del tipo de trazado de plataforma de estacionamiento en la terminal más adecuado para satisfacer las necesidades de un determinado aeródromo depende de muchos criterios relacionados entre sí. El proyecto de la plataforma de la terminal debe, por supuesto, ser compatible totalmente con la elección del proyecto de terminal y viceversa. Deberá utilizarse un procedimiento imperativo para seleccionar la mejor combinación de proyecto de plataforma y terminal con objeto de comparar por separado las venta-

jas y desventajas de cada sistema analizado. El volumen de tránsito de aeronaves que utiliza la terminal es un factor importante para decidir el trazado de plataforma que sea más eficaz para satisfacer las exigencias del proyecto de una determinada terminal. Además, un aeródromo que tenga un porcentaje desproporcionado de tráfico de transbordo internacional (conexiones directas con otro vuelo) o pasajeros cuyo punto de origen sea aquél en que se encuentra emplazado el aeródromo, puede que necesite un proyecto especial -- de sistema de terminal y plataforma para tener en cuenta las características asimétricas del tráfico de pasajeros.

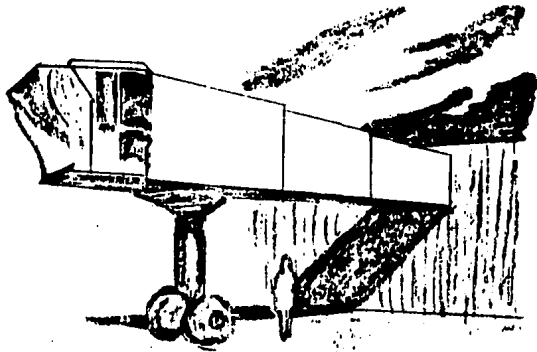
Cuando se lleve a cabo la planificación del trazado de la plataforma, deberá tenerse en cuenta el método que debe utilizarse para el embarque de pasajeros. Algunos métodos sólo pueden usarse en uno o dos de los trazados básicos de estacionamiento.

Uno de los cambios más importantes en el diseño de las plataformas desde la puesta en servicio de aeronaves de gran tamaño, es la entrada a bordo de éstas desde un nivel igual al del piso de la aeronave. La entrada directa de este nivel se consigue mediante una pasarela que permite al pasajero entrar en la aeronave desde el edificio terminal sin haber cambiado de nivel. Hay dos tipos de pasarelas, que se ilustran en la fig. 1.

- a) Pasarela estacionaria la cual va adosada a una salida del edificio. La aeronave aparca con la proa hacia adentro, a lo largo de la citada saliente, deteniéndose con la puerta delantera frente a la pasarela la cual se alarga hasta la aeronave una pequeña distancia habiendo muy pequeña variación entre la altura de la cabina principal de la aeronave y el piso de la terminal.



PASARELA ESTACIONARIA



PASARELA EXTENSIBLE

FIGURA # 1.-PASARELAS PARA LA SUBIDA DE LOS PASAJEROS A BORDO.

- b) Pasarela extensible la cual uno de sus extremos va unido al edificio terminal, mediante articulación, y el otro se sostiene sobre dos ruedas gemelas orientables accionadas por motor. La pasarela se orienta hacia la aeronave y se alarga, hasta alcanzar la puerta de la misma. El extremo que se acopla a la aeronave puede levantarse o bajarse apreciablemente, lo que permite atender desde la pasarela a aeronaves que tienen distintas alturas de cabina.

Además de las pasarelas hay otros métodos básicos para la subida o la bajada de los pasajeros:

- a) La escalera móvil que se lleva hasta la aeronave y se ajusta para que coincida con el nivel de la puerta. Los pasajeros recorren a pie al aire libre o en autobús la distancia que media entre el edificio terminal y la aeronave y suben por la escalera para embarcar en la aeronave.
- b) Transbordadores, en éstos los pasajeros suben a un autobús o a un transbordador especialmente concebido, en el edificio terminal y son conducidos a un puesto de estacionamiento de aeronave alejado. El pasajero puede entonces utilizar las escaleras para subir a la aeronave o subir a ésta desde el mismo nivel que el suelo de la aeronave.
- c) Aeronaves con escalerilla propia, similar al de la escalera móvil y puede utilizarse en cualquier aeronave provista de escalerilla propia. Una vez parados los motores, la tripulación despliega la escalerilla y los pasajeros han de recorrer a pie o son conducidos en autobús a lo largo de la plataforma, la distancia que haya entre la aeronave y el edificio terminal.

En el caso de terminales que sólo requieren unos pocos puestos de estacionamiento de aeronaves, el sistema lineal de carga de aeronaves constituye la distribución más lógica. Con ese sistema se reduce al mínimo la distancia -- que habrá de recorrerse entre la acera de la terminal y el puesto de estacionamiento. El sistema lineal también ha sido empleado en aeródromos provistos de un gran número de puestos de estacionamiento. Sin embargo, a medida que aumenta el número de puestos de estacionamiento necesarios, la circulación de pasajeros entre puestos de estacionamiento resulta más difícil y aumenta también el costo de la sala anexa.

En el sistema de muelle por lo general, se recomienda que la distancia -- que ha de recorrerse desde el mostrador de presentación de billetes hasta la aeronave no sobrepase los 300 m. Utilizando un solo muelle (fig. 2B), la distancia que ha de recorrerse a pie aumenta proporcionalmente al número de -- puestos de estacionamiento. Cuando el número de puestos exceda de 12. Con el sistema de dos muelles (fig. 2C) la distancia media que habrá que recorrer a pie será menor que cuando sólo haya un muelle. En la etapa de planificación deberá tenerse en cuenta tanto las necesidades iniciales como las finales. -- Por ejem., si las necesidades finales en cuanto al número de puestos de estacionamiento se ha estimado que no excederá de unos 12, bastaría con un solo muelle. En el caso de que en las necesidades finales se haya previsto que -- sean de unos 20, sería más conveniente un sistema de dos muelles. Cuando las necesidades con respecto al número de puestos exceda de 30, resultará más -- eficaz un sistema de muelles múltiples (fig. 2D). En algunos de los aeródromos del mundo con mayor afluencia de tránsito se están utilizando los sistemas de muelles. El espacio disponible puede que se preste mejor a un trazado en forma de "Y" (fig. 2E) o "T" (fig. 2F), sin embargo, este sistema se con-

sidera menos eficaz que el de muelles sencillos, debido a que se duplican -- las distancias hasta las partes más alejadas y no hacen más que aumentar -- excesivamente la distancia media que hay que recorrer a pie.

El sistema de satélites se concibió para suprimir los obstáculos de la plataforma y permitir un estacionamiento más denso. Sin embargo, este sistema impone largos recorridos a pie entre el transporte de superficie y el puesto de aeronaves. La implantación de un sistema de transporte de personas (tren, acera móvil, etc.), entre el edificio terminal y el satélite, puede aliviar este problema pero a un costo suplementario considerable. El concepto de satélite es especialmente eficaz si un gran porcentaje de pasajeros en tránsito efectúan sus conexiones entre distintos vuelos en la sala anexa del mismo satélite.

En el sistema de plataforma abierta, las aeronaves se estacionan separadas del edificio terminal en filas (Fig. 2H). Cuando se utiliza este sistema, el acceso a la aeronave se hace mediante autobús. El traslado de los pasajeros a pie hasta la aeronave que espera no se considera seguro con arreglo a este concepto, puesto que aquéllos se ven obligados a atravesar avenidas por las que circulan aeronaves. De esta manera las aeronaves pueden estacionarse en la forma más conveniente para las operaciones de mantenimiento y el edificio terminal puede ser relativamente pequeño. Utilizando este sistema de plataforma abierta, también pueden reducirse los tramos de rodaje de las aeronaves. Empleando un vehículo especialmente proyectado, los pasajeros pueden embarcar directamente en la aeronave protegidos totalmente contra el ruido y las emanaciones. Este sistema es el más flexible, debido a que pueden llevarse a cabo adiciones o modificaciones en la zona de la plataforma -

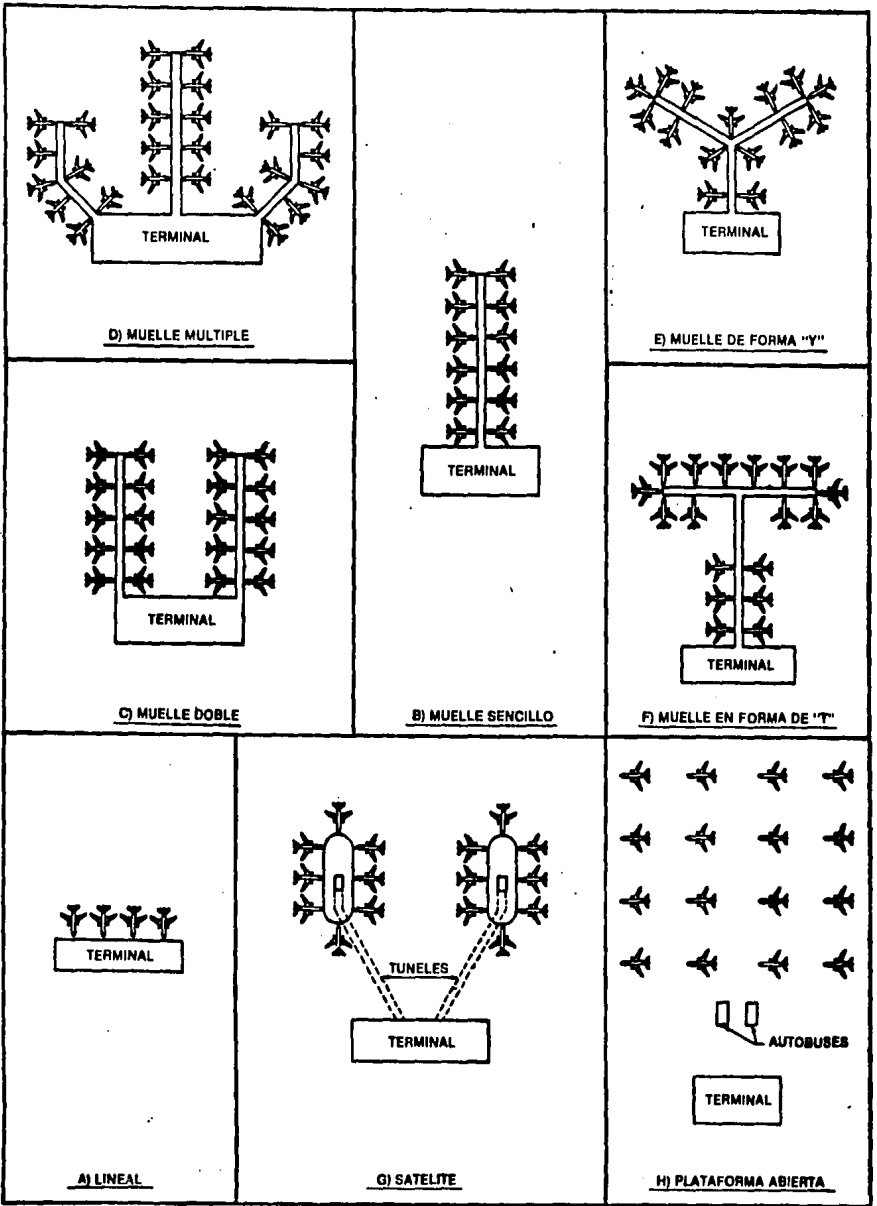


Figura 2.- Conceptos sobre el proyecto de terminal.

con poca o casi ninguna interrupción de las actividades que se estén llevando a cabo. Además, si se utilizan dos calles de rodaje para cada plataforma de estacionamiento de aeronaves, una de ellas delante y otra detrás de la aeronave, ésta puede maniobrar sirviéndose de su propia propulsión. Esta forma de estacionamiento es la más sencilla para las aeronaves, pero tiene las siguientes desventajas:

- a) La necesidad de dos calles de rodaje aumenta la superficie de pavimento necesaria para aeronave y por lo tanto, el costo.
- b) La vía de servicio por la plataforma no puede situarse de forma que las aeronaves no tengan que cruzarla porque se está situada detrás de los puestos de aeronave no se puede proteger contra el chorro de gases durante el arranque.
- c) La iluminación y los postes de identificación no pueden situarse sin aumentar la separación entre puestos de aeronave.
- d) No existen zonas adecuadas para el equipo auxiliar de estacionamiento
- e) Pueden ser excesivos los costos de utilización de algunos medios de transporte motorizados.

El espacio necesario para un determinado trazado de plataforma depende de los siguientes factores:

- a) La dimensión y características de maniobrabilidad de la aeronave que utilice la plataforma.
- b) El volumen de tránsito que utilice la plataforma
- c) Requisitos en cuanto al margen de separación
- d) Modalidad de entrada y salida de la plataforma de estacionamiento de aeronaves.

- e) Trazado básico de terminal u otra utilización del aeropuerto.
- f) Requisitos con respecto a las actividades en tierra de las aeronaves
- g) Calles de rodaje y vías de servicio.

Antes de emprender un proyecto detallado de plataforma convendría saber la dimensión y maniobrabilidad de la combinación de aeronaves que se prevéé habrán de utilizar una determinada plataforma. La Fig. 3 muestra las dimensiones necesarias para evaluar el espacio de un puesto de estacionamiento - de aeronaves y la tabla 1 enumera los valores correspondientes a varios tipos de aeronaves. Las dimensiones totales de la aeronave relativas a la longitud total (L) y envergadura (S) pueden utilizarse como punto de partida - para determinar la dimensión de la superficie total de plataforma que se requiera para un determinado aeródromo. Todas las demás superficies que se necesitan a efectos de márgenes de separación, rodaje, estaciones de servicio, etc., pueden determinarse en relación con esta "huella" básica de la aeronave. Las características de maniobrabilidad de una aeronave dependen del radio de viraje (R) lo que a su vez está relacionado con la posición del centro de viraje.

El centro de viraje es el punto en torno al cual gira la aeronave al hacer el viraje. Este punto se encuentra situado a lo largo del eje del tren de aterrizaje principal a una distancia variable del eje del fuselaje según sea el máximo ángulo de deflexión de la rueda de proa en que se lleve a cabo la maniobra de viraje. Los valores enumerados en la tabla 1 para los radios de viraje se derivan de los ángulos de la rueda de proa y constan en dicha tabla. En la mayoría de los casos, estos valores de los radios se miden desde el centro de viraje hasta el extremo del ala, sin embargo, en al-

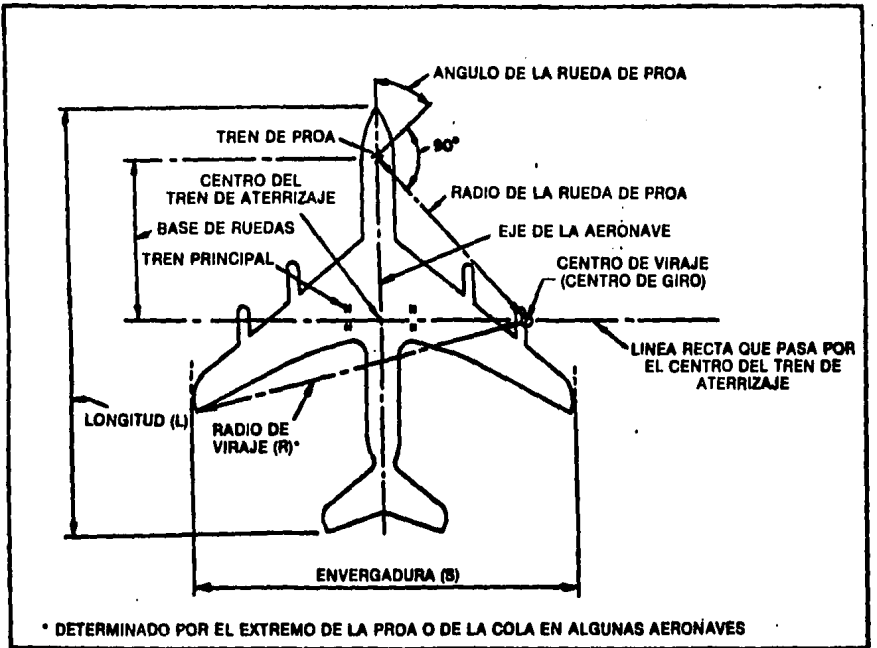


Figura 3.- Dimensiones para evaluar el espaciado del puesto de estacionamiento de aeronave

Tipo de aeronave	Longitud (m)	Envergadura (m)	Angulo de la rueda de proa	Radio de viraje (m)
A-300B-B2	46,70	44,80	50°	38,80 ^a
B-727-100	40,59	32,92	75°	21,90 ^c
B-727-200	46,68	32,92	75°	25,00 ^c
B-737-100	28,65	28,65	70°	18,40 ^a
B-737-200	30,58	28,35	70°	18,70 ^a
B-747	70,40	59,64	60°	60,20 ^a
B-757	47,32	37,95	60°	27,90 ^a
B-767	48,51	47,63	60°	36,00 ^a
MAC 111-400	28,50	27,00	65°	21,30 ^a
Caravelle	36,70	34,30	45°	29,00 ^a
Concorde	62,10	25,50	50°	30,10 ^c
DC-8-40/50	45,95	43,41	70°	29,20 ^a
DC-8-61/63	57,12	43,41/45,2	70°	32,70 ^a
DC-9-10/20	31,82	27,25/28,5	75°	17,80 ^c
DC-9-30	36,36	28,44	75°	20,40 ^c
DC-9-40	38,28	28,44	75°	21,40 ^c
DC-9-50	40,72	28,45	75°	22,50 ^c
DC-9-80	45,02	32,85	75°	25,10 ^b
DC-10-10	55,55	47,35	65°	35,60 ^a
DC-10-30	55,35	50,39	65°	37,30 ^a
DC-10-40	55,54	50,39	65°	36,00 ^a
L-1011	54,15	47,34	60°	35,59 ^a
Vickers Viscount 800	26,10	28,60	50°	21,60 ^a

a Hasta el extremo del ala

b Hasta la proa

c Hasta la cola

Tabla 1.- Dimensiones de aeronaves seleccionadas.

gunas aeronaves, los extremos de proa de los estabilizadores horizontales -- son los puntos críticos.

El número y dimensiones de los puestos de estacionamiento de aeronaves ne cesarios para cualquier tipo de plataforma puede determinarse a partir de -- los pronósticos de los movimientos de aeronave en un aeródromo dado. El pronóstico de la actividad de una plataforma debe desglosarse en un período -- apropiado de planificación del tráfico para el tipo de plataforma de que se trate. No es preciso que se proyecte la plataforma para períodos punta extra ordinarios de actividad, si bien ésta deberá poder atender un período de actividad punta razonable con la menor demora posible. Por ejem., el número de puestos de estacionamientos de aeronaves en la terminal de pasajeros deberá ser adecuado para efectuar el despacho de pasajeros en la hora punta del día medio del mes punta. El período punta de acumulación de aeronaves de trans-- porte de mercancías es superior a una hora e inferior a un día, por lo tan-- to, la plataforma de mercancías deberá atender las actividades del día medio del mes punta. Otros tipos de plataforma deberán disponer de suficientes espacios de estacionamiento para atender su correspondiente período punta de actividad. Además, la planificación de las plataformas deberá dividirse en -- varias etapas para reducir al mínimo los desembolsos de capital para sufra-- gar los gastos que han de hacerse a corto plazo. De este modo, las zonas para plataformas pueden ir agregándose a medida que se necesiten para satisfacer el incremento de las operaciones.

Un puesto de estacionamiento de aeronaves deberá proporcionar los siguien tes márgenes mínimos de separación entre las aeronaves que utilicen el puesto de estacionamiento así como entre las aeronaves y edificios adyacentes u

otros objetos fijos.

Letra de Clave	Márgenes (m)
A	3.0
B	3.0
C	4.5
D	7.5
E	7.5

Cuando las letras de clave sean D y E los márgenes pueden reducirse en -- los siguientes lugares (únicamente en el caso de aeronaves que ejecuten la - maniobra de entrada en rodaje y salida empujadas por tractor):

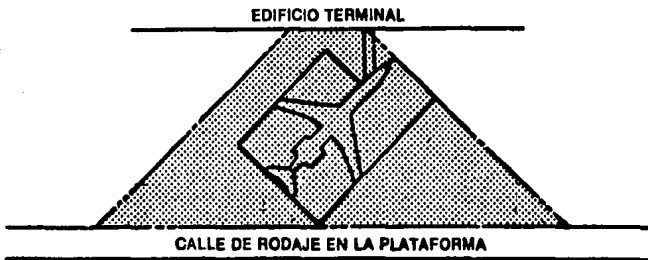
- a) Entre la terminal, (inclusive las pasarelas de embarque de pasajeros) y la proa de la aeronave.
- b) Cualquier parte del puesto de estacionamiento equipado con gafa azimu- tal proporcionada por algún sistema de gafa de atraque visual.

Estos márgenes pueden aumentarse a discreción de los encargados de la pla- nificación del aeropuerto, según sea necesario, para garantizar la utiliza- ción de la plataforma en condiciones de seguridad. La ubicación de las ca- lles de acceso al puesto de estacionamiento de aeronaves y las calles de ro- daje en la plataforma deberán proporcionar distancias de separación entre el eje de estas calles de rodaje y las aeronaves en el puesto de estacionamien- to no inferiores a los valores que se dan a continuación:

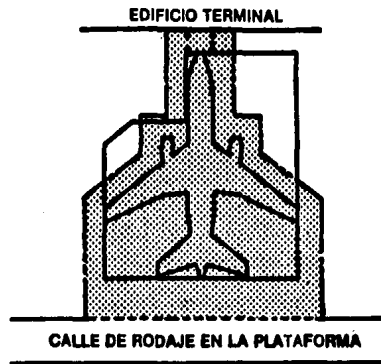
Letra de Clave	-----Distancias mínimas de separación-----	
	Entre el eje de una calle de acceso al puesto de estacionamiento de aeronaves y un objeto (m)	Entre el eje de una calle de rodaje en la plataforma y un objeto (m).
A	12.0	13.5
B	16.5	19.5
C	24.5	28.5
D	36.0	42.5
E	40.0	46.5

Son varios los métodos utilizados por las aeronaves para entrar y salir de un puesto de estacionamiento, pueden salir y entrar de su puesto sirviéndose de su propia propulsión, pueden entrar y salir remolcados, pueden entrar a su puesto de estacionamiento por sus propios medios y salir remolcados. Sin embargo, al considerar los requisitos en cuando a las dimensiones de las plataformas, los diversos métodos pueden clasificarse ya sea como de maniobra autónoma o con ayuda de un tractor.

La expresión, maniobra autónoma, indica el procedimiento mediante el cual una aeronave entra y sale del puesto de estacionamiento sirviéndose de su propia propulsión, es decir, sin utilizar tractor para la ejecución de la maniobra, la fig. 4 muestra la superficie necesaria para que las aeronaves efectúen la maniobra de entrada y salida de un puesto de estacionamiento de aeronaves formando ángulo con el edificio terminal. La dimensión absoluta de esta zona depende del máximo ángulo de deflexión que puede alcanzarse durante las maniobras de entrada y salida (que depende también del radio de la curva descrita por los extremos de las alas de la aeronave). Un método uti-



A) MANIOBRA AUTONOMA



B) MANIOBRA SIRVIÉNDOSE DE TRACTOR

Figura 4.- Superficie necesaria para la entrada y salida de la plataforma en la terminal.

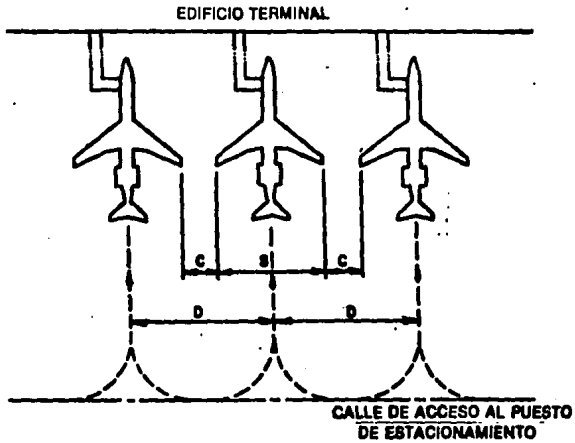
lizado frecuentemente para el estacionamiento de aeronaves consiste en disponer de varios puestos de aeronave de maniobra autónoma instalados en una zona adecuada del pavimento. La maniobra normal de entrada y salida rodando de un puesto de estacionamiento de aeronaves junto al edificio terminal o muelle, supone la ejecución de un viraje de 180° . El radio de este viraje y la configuración geométrica de la aeronave figuran entre los factores que determinan las distancias de separación en el puesto de estacionamiento de aeronaves. Este método de estacionamiento requiere más superficie de pavimento que la que se necesita cuando se utiliza un tractor, pero hay una compensación - puesto que se ahorra el equipo y el personal que se necesitan para las maniobras con el tractor. También se ha tenido alguna experiencia por lo que respecta a la maniobra de entrada rodando, estacionamiento marcha atrás con motor como tentativa para eliminar la necesidad tanto del tractor como del espacio suplementario de plataforma. Sin embargo, esto se encuentra todavía en una fase experimental y no deberá considerarse por el momento como base para el proyecto de plataformas.

La expresión, remolque con tractor, se refiere a cualquier método de entrada y salida que requiere la utilización de un tractor o barra de arrastre. El procedimiento más corriente es el método de entrada y la operación de empujar las aeronaves pero éstas pueden también entrar y salir remolcadas en otras configuraciones. La mayoría de los aeródromos de gran actividad del mundo emplean alguna variación de los métodos que se sirven de tractores. El empleo de tractores permite un espaciado más compacto de los puestos de aeronave, con lo que se reduce tanto el espacio para la plataforma como el de la terminal. En los casos en que se sigue el método de entrada rodando y salida, por ejemplo, con tractor del puesto de estacionamiento, por lo general

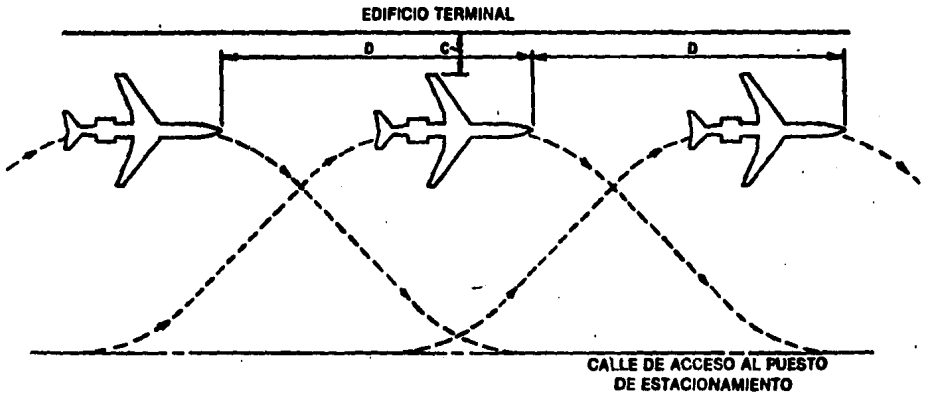
las aeronaves entran en la zona de la plataforma con la proa hacia adelante - sirviéndose de su propia propulsión y paran en la posición de proa hacia adentro. La figura 4B muestra la superficie necesaria para las aeronaves que entran rodando y salen por empuje perpendicularmente al edificio de la terminal. Es evidente que este método ofrece una utilización más eficaz del espacio de la plataforma que el del método seguido en caso de la maniobra autónoma. Esta es una maniobra sencilla que puede efectuarse sin originar problemas excesivos resultantes del chorro de gases de los reactores. Por lo general, se proporciona alguna forma de guía. La maniobra de salida es algo más complicada ya que en ella hay que empujar la aeronave hacia atrás por medio de un tractor - hasta la calle de rodaje y al mismo tiempo hay que darle un giro de hasta 90°. Normalmente, la operación de empujar hacia atrás se efectúa sin haber puesto en marcha los motores. En esta operación se tarda una media de 3 a 4 min. desde que se comienza a mover por sus propios medios. Esta maniobra exige necesariamente habilidad y práctica por parte del conductor, para evitar un exceso de ángulo de orientación de la rueda de proa y cuando el pavimento esté húmedo, para mantener el movimiento de la aeronave y el control de la dirección - a causa de la disminución de la fuerza de tracción debido a la humedad.

Se han preparado fórmulas generales en varios casos para calcular la distancia entre puestos de estacionamiento de aeronaves. El caso más sencillo es el de la aeronave que llega a estacionarse perpendicularmente al edificio terminal y sale directamente empujada hacia atrás. Como se muestra en la fig. 5A la separación mínima entre puestos (D) es simplemente igual a la envergadura (S) más la distancia de separación requerida (C).

Respecto a otros procedimientos de entrada y salida, en otros ángulos de -



A) METODO DE ENTRADA, RODANDO, SALIDA POR EMPUJE SIRVIENDOSE DE TRACTOR



B) METODO DE MANIOBRA AUTONOMA

Figura 5.- Factores que determinan la separación necesaria entre puestos de estacionamiento de aeronaves.

estacionamiento, la configuración geométrica es más compleja y exige un análisis detallado para determinar la separación entre puestos de estacionamiento. Por ejemplo, la fig. 5B, muestra la separación entre puestos para un puesto de estacionamiento de aeronaves de maniobra autónoma, que depende del ángulo a que la aeronave pueda fácilmente maniobrar mientras hay otras aeronaves estacionadas en puestos contiguos. Deberían consultarse los datos técnicos de los constructores para determinar el radio de la curva descrita por el extremo del ala y las características operacionales de las aeronaves que se prevea utilicen estas técnicas de maniobra más complejas.

Las operaciones de servicio a las aeronaves de pasajeros que se llevan a cabo durante el tiempo en que una aeronave se encuentra estacionada en un puesto comprenden, los servicios de inodoro, cocina, manejo de equipajes, abastecimiento de agua potable, aprovisionamiento de combustible, de aire acondicionado, oxígeno, remolque de aeronaves, suministro de energía eléctrica y aire para el arranque. La mayoría de estas funciones se realizan utilizando un vehículo y/o equipo conexo o bien valiéndose de algún tipo de instalación fija destinada a estos servicios. En la fig. 6 se muestra un modelo de configuración de los servicios en tierra para una aeronave de tamaño mediano. La zona situada a la derecha de la proa de la aeronave delante del ala, se utiliza a menudo como una zona de servicios dispuesta previamente para el depósito de vehículos y equipo.

La superficie total necesaria para una plataforma, no sólo comprende cada uno de los puestos de estacionamiento de aeronaves sino también la superficie necesaria para las calles de rodaje en la plataforma, las calles de acceso al puesto de estacionamiento y las vías de servicio que se necesitan para

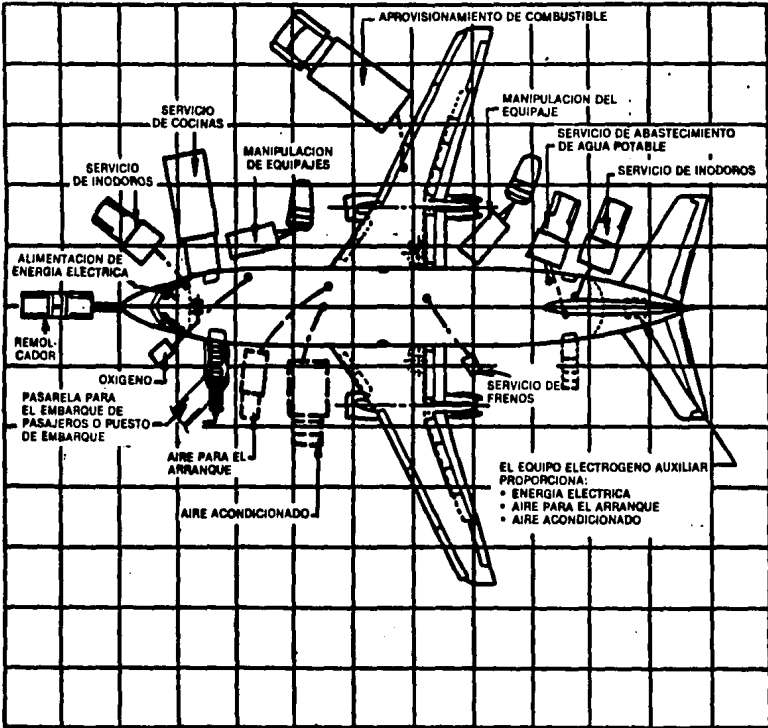


Figura 6.- Modelo de la disposición de servicios de tierra

el acceso a los puestos de estacionamiento de aeronaves y proporcionar los servicios auxiliares que se precisen. La ubicación de estas instalaciones dependerán de la disposición de la terminal, ubicación de las pistas y emplazamiento de los servicios fuera de la plataforma tales como cocinas, zonas de almacenamiento de combustible al aire libre, etc.

Las calles de acceso a los puestos de estacionamiento de aeronaves son derivaciones que salen de las calles de rodaje en la plataforma, las cuales, a su vez, suelen estar ubicadas en el borde del pavimento de la plataforma.

Durante la etapa de planificación general de las plataformas debe tenerse en cuenta el espacio necesario para las vías de servicio. Estas suelen hallarse ubicadas próximas y paralelamente al edificio terminal o bien en la parte aeronáutica del puesto de estacionamiento de aeronaves. La anchura necesaria dependerá del volumen previsto de tránsito y de si se puede establecer un sistema de vías en un solo sentido. Si las vías de servicio están ubicadas junto al edificio terminal, puede disponerse de suficiente margen vertical por debajo de los puentes de carga para los vehículos de mayor tonelaje que se prevea que han de utilizar la vía. Si la vía de servicio no se encuentra ubicada junto al edificio terminal, queda eliminada la dificultad de tener que proporcionar el margen vertical necesario debajo de los puentes, pero se plantea el problema relativo al conflicto vehículo/aeronave. La planificación general de la plataforma deberá también tener en cuenta las zonas de maniobra y de estacionamiento de equipo terrestre.

La parte 4 del Manual de aeródromos, "Ayudas Visuales" de la OACI, exami-

na las ventajas que presenta el señalamiento e iluminación de las plataformas y especialmente, la de la guía en los puestos de estacionamiento de aeronaves. El objeto de la guía en los puestos de estacionamiento es fácil la -- ejecución de maniobras con seguridad por las aeronaves en el puesto de estacionamiento y la colocación de éstas con precisión en dicho puesto. Por lo -- general, cuando hay buena visibilidad, el uso de líneas pintadas y de ser ne -- cesario, de señaladeros, garantizará la realización de maniobras seguras y precisas. Deberá agregarse iluminación con reflectores en la zona de la plataforma para las operaciones nocturnas y cuando sea escasa la visibilidad, -- proporcionar iluminación del eje del pavimento. Se han comprobado también -- las ventajas que ofrecen los sistemas de guía para el atraque visual.

CAJAS DE ESPERA Y OTRAS
CALLES DE DESVIACION

Los procedimientos para los servicios de navegación aérea -Reglamento del Aire y Servicio de Tránsito Aéreo- (Doc 4444-RAC/501/10 -Parte V- Servicio - de control de aeródromo) estipula que "las salidas se despacharán, normalmente, en el orden en que las aeronaves estén listas para el despegue, pero puede seguirse un orden distinto para facilitar el mayor número de salidas con la mínima demora media". En los aeródromos en que sea reducida la actividad (menos de 50 000 operaciones anuales aproximadamente), normalmente es escasa la necesidad de alterar el orden de las salidas. Sin embargo, cuando sea elevada la actividad, los aeródromos con calles de rodaje simples y sin cajas de espera ni otras calles de desviación, no se proporciona a las dependencias de control de aeródromo oportunidad de modificar el orden de salidas -- una vez que las aeronaves de que se trate han abandonado la plataforma. En particular, en aeródromos con grandes zonas de plataformas suele ser difícil frecuentemente conseguir que las aeronaves abandonen la plataforma de tal forma que lleguen al final de la pista en la secuencia requerida por las dependencias del servicio de tránsito aéreo.

La provisión de un número adecuado de espacios de cajas de espera o de -- otras calles de desviación, basada en un análisis de las exigencias horarias presentes y a corto plazo en cuanto a salidas de aeronaves, concederá un elevado grado de flexibilidad en la creación de la secuencia de salida. Esto -- proporciona a las dependencias del servicio de tránsito aéreo una gran flexibilidad en el ajuste de las secuencias de despegue a fin de evitar retrasos indebidos y por lo tanto, aumenta la capacidad de un aeródromo. Además, las cajas de espera u otras calles de desviación permiten:

- a) Demorar la salida de ciertas aeronaves debido a circunstancias imprevistas sin imponer retrasos a las aeronaves que las siguen (agregado de último momento a la carga de pago o sustitución de equipo defec--tuoso).
- b) Que las aeronaves realicen verificaciones de altímetro antes del vuelo, el ajuste y programación de los sistemas de a bordo para la navegación por inercia, cuando esto no es posible en las plataformas.
- c) Efectuar pruebas de los motores en los casos de aeronaves de motor - de émbolo o utilizarlos como puntos de verificación del VOR en aeródromo.

En general, las características de las calles de rodaje que permiten que una aeronave adelante a otra aeronave que la precede, pueden dividirse en - tres tipos:

- a) Cajas de espera que es un área definida en la que puede detenerse - una aeronave, para esperar o dejar paso a otras. La fig. 1 muestra - algunos ejemplos de configuraciones de cajas de espera y la fig. 2, muestra un ejemplo detallado de caja de espera, situada en el punto de espera.
- b) Calles de rodaje dobles, una segunda calle de rodaje o calle de desviación que permite evitar la calle de rodaje paralela normal. La -- fig. 3 muestra algunos ejemplos.
- c) Entrada doble, una duplicación de la entrada a la calle de rodaje. - La fig. 4 presenta algunos ejemplos.

Si se hace uso de una caja de espera, las aeronaves pueden despegar, ba-

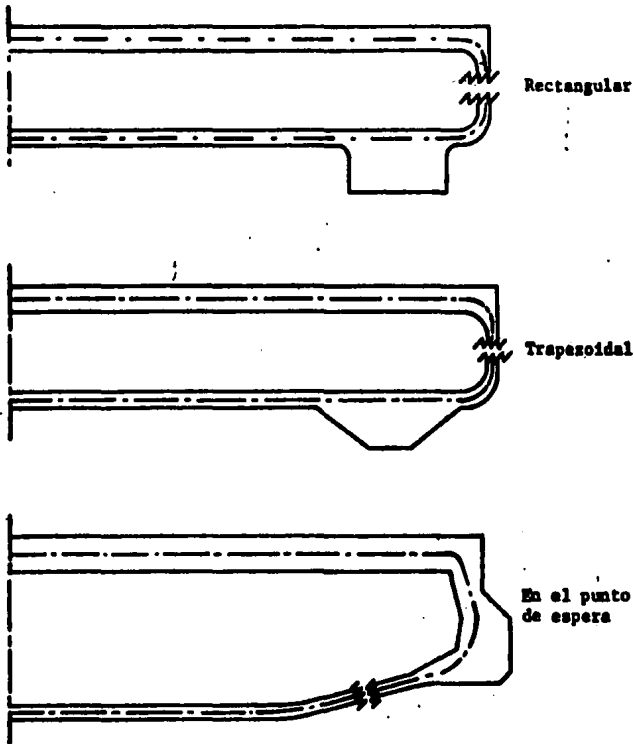


Figura 1.- Ejemplos de configuración de cajas de espera.

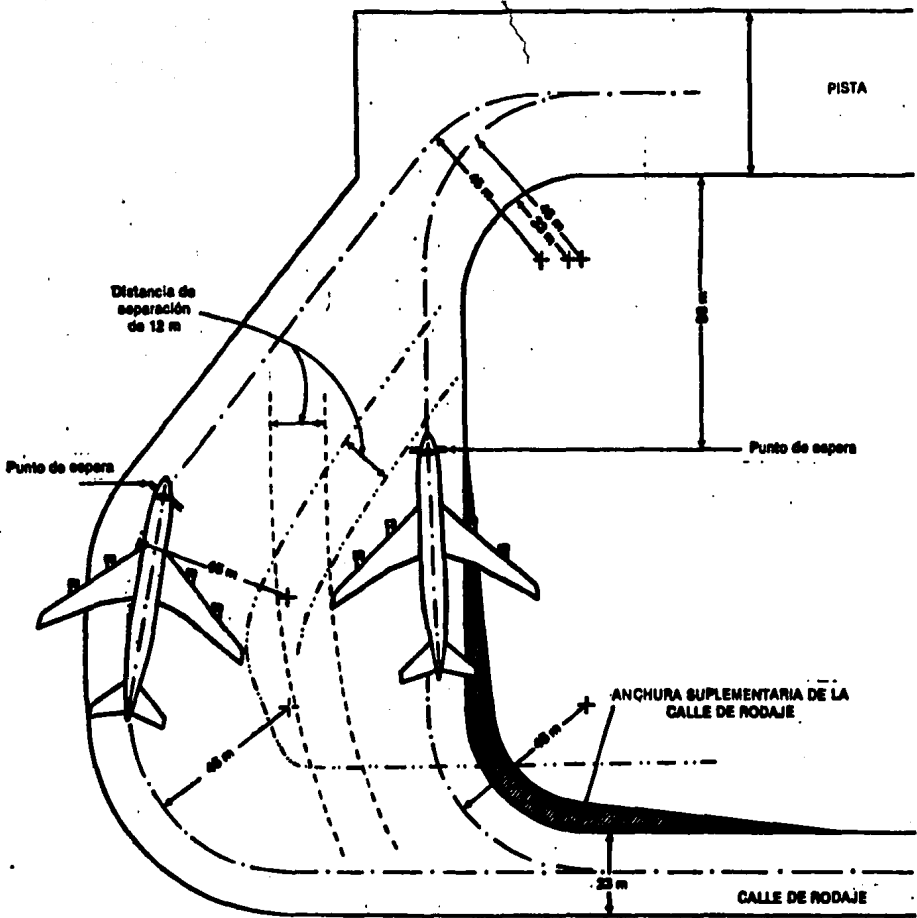


Figura 2.- Ejemplo detallado de cajas de espera.

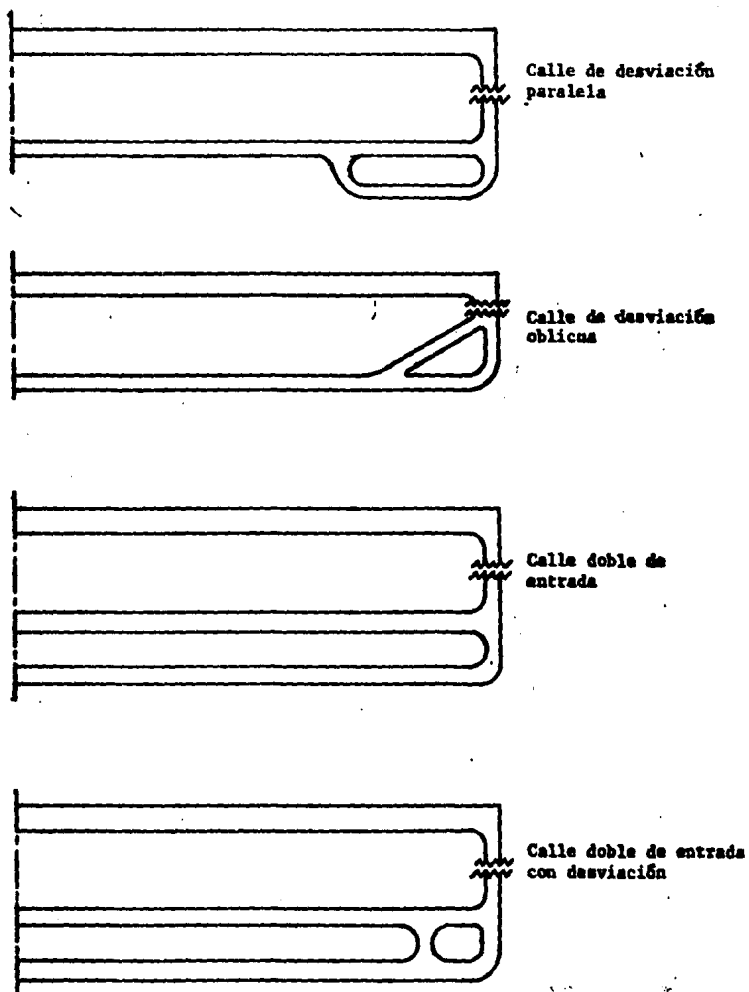


Figura 3.- Ejemplos de calles de rodaje dobles

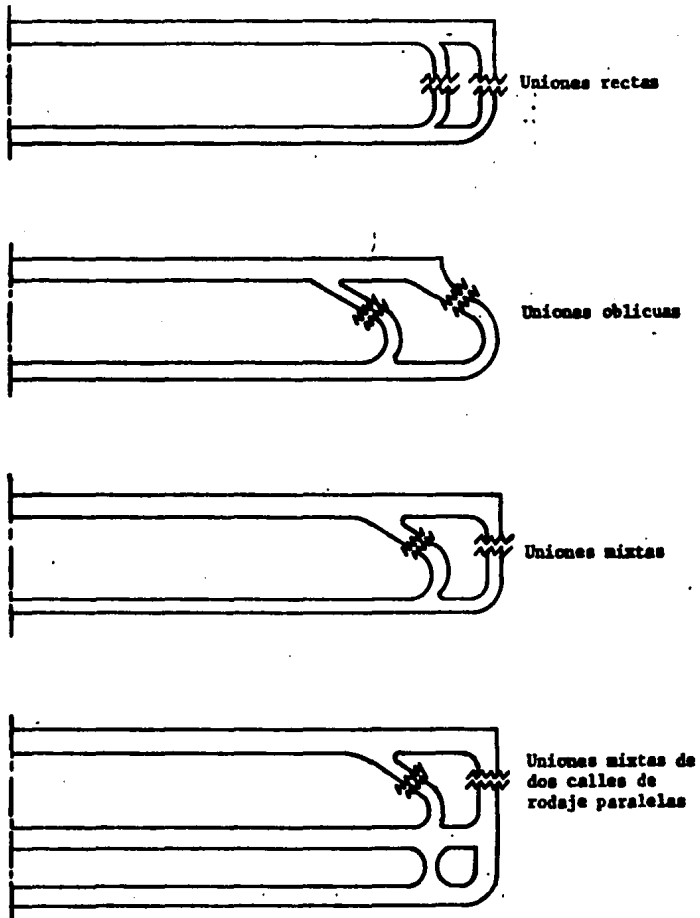


Figura 4.- Ejemplos de entradas dobles a la pista.

sándose en sus prioridades para el despegue, en cualquier orden. La disponibilidad de una caja de espera permite que la aeronave salga y vuelva a entrar independientemente en la corriente del tránsito de salida. En la fig. 2 se muestra un ejemplo detallado de la superficie de pavimento para una caja de espera situada en el punto de espera. Este trazado corresponde a una pista de aproximación de precisión en que el número de clave es 3 ó 4 e incluye un margen de separación de 12 m entre los extremos de las alas. El diseño de cajas de espera para otros tipos de pista o emplazamientos a lo largo de la calle de rodaje se regirá por los requisitos relativos a dimensiones proporcionales.

Las calles de rodaje o calles de desviación sólo pueden alcanzar una -- prioridad de salida relativa dividiendo la corriente del tránsito de salida en dos partes. Las calles de desviación pueden construirse a un costo relativamente bajo, pero sólo ofrecen escasa flexibilidad para alterar el orden de salida. Una calle de rodaje doble de longitud completa es la variante -- más cara y sólo puede justificarse en aeródromos de mucha actividad donde -- es clara la necesidad del movimiento bidireccional del tránsito paralelo a la pista. Esta necesidad surge cuando el terreno a lo largo de la calle de rodaje se destina a la construcción de plataformas de la terminal de pasaje ros a otras funciones que originan movimientos de aeronaves en el sentido -- opuesto a la corriente de salida.

La entrada doble a pista reduce el recorrido de despegue disponible para las aeronaves que utilicen la entrada que no está situada en el extremo de la pista. Esto no constituiría un inconveniente importante, si esta entrada pudiera ser utilizada por las aeronaves para las que es adecuado el restan-

te recorrido de despegue disponible. Una entrada doble a pista hace que sea posible también adelantar a una aeronave demorada en otra calle de entrada o incluso en el extremo de la pista. La utilización de entradas dobles combinadas con calles de rodajes dobles ofrecerán también un grado de flexibilidad equiparable al obtenido con un apartadero de espera bien proyectado. Las entradas oblicuas permiten la entrada a cierta velocidad, pero hace que sea más difícil para la tripulación ver a las aeronaves que se aproximan para aterrizar y debido a la superficie pavimentada de mayor dimensión que se necesita, resultan más costosas. Si bien grupos interesados en las operaciones y en el control del tránsito han abogado por trazados de entradas de pista que permitan la aceleración mientras se efectúa el viraje a la pista, será preciso llevar a cabo nuevos estudios, simulaciones y experimentos antes de recomendar un determinado trazado de este tipo.

Respecto a un aeródromo dado, la mejor opción entre estos métodos depende de la configuración geométrica del sistema existente de pista/calles de rodaje y de la naturaleza de las exigencias de las aeronaves. La experiencia pone de manifiesto que con consideraciones de carácter técnico local y económicas a menudo son decisivas cuando se trata de elegir entre los tres tipos (o combinaciones). Estos tres tipos pueden también utilizarse en diversas combinaciones para optimizar los movimientos eficientes de las aeronaves en las superficies hasta el umbral.

Independientemente del tipo de calles de desviación utilizado, debe mantenerse la separación mínima de eje a eje entre calles de rodaje y pistas, según se precise para el tipo de pista servida.

El costo de construcción de cualquier calle de desviación está directamente relacionado con la superficie de nuevo pavimento necesario. Además, pueden originarse costos indirectos resultantes de las interrupciones del tránsito aéreo durante el período de construcción.

El trazado elegido deberá suministrar siempre, por lo menos una entrada -- al comienzo de la pista utilizada para el despegue, de manera que aquellas aeronaves que necesiten todo el recorrido de despegue disponible puedan entrar fácilmente en posición para el despegue sin perder parte de la longitud de la pista.

El torbellino de la hélice y el chorro de gases de los reactores de las aeronaves efectuando la espera, deberán dirigirse lejos de otras aeronaves y de la pista. La preparación y mantenimiento de los márgenes deberán efectuarse según se describe para los márgenes de la calle de rodaje.

El espacio necesario para una caja de espera depende de la cantidad de -- puestos de aeronave que se han de proporcionar, del tamaño de las aeronaves a ubicar y de la frecuencia de su utilización. Las dimensiones deben permitir suficiente espacio entre las aeronaves para permitirles la maniobra independiente. La información facilitada en el capítulo de Plataformas sobre las dimensiones de los puestos de estacionamiento, también se aplican a las cajas de espera. En general la distancia mínima de separación entre los extremos de las alas de una aeronave estacionada y otra que se desplace a lo largo de la calle de rodaje no deberá ser inferior a la que se indica en la tabla siguiente:

Letra de Clave	Distancia de separación entre extremos de las alas
A	4.50 m
B	5.25 m
C	7.50 m
D o E	12.00 m

Cuando se utilice de manera que permita una secuencia de salida flexible, la ubicación más ventajosa para una caja de espera es un punto que se encuentre adyacente a la calle de rodaje que sirva al extremo de la pista. Son satisfactorios otros emplazamientos a lo largo de la calle de rodaje para las aeronaves que efectúen verificaciones previas al vuelo o de los motores o -- bien como punto de espera para aeronaves que aguardan el permiso de salida. A continuación, se indican los criterios relativos a la ubicación de cajas de espera en relación con la pista.

La distancia entre una caja de espera y el eje de una pista estará de -- acuerdo con la tabla 1, en el caso de una pista para aproximación de precisión, será suficiente para que una aeronave en espera no perturbe el funcionamiento de las radioayudas.

A elevaciones superiores a 700 m (2300 pies) la distancia que se especifica en la tabla 1 para una pista de aproximación de precisión de número de clave 4, deberá aumentarse del modo que se indica a continuación.

- a) Hasta una elevación de 2000 m (6600 pies), 1 m por cada 100 m (330 -- pies) en exceso de 700 m (2300 pies).

- b) Una elevación en exceso de 200 m (6600 pies) y hasta 4000 m (13320 - pies), 13 m más 1.5 m por cada 100 m (300 pies) en exceso de 2000 m (6600 pies).
- c) Una elevación en exceso de 4000 m (13320 pies) y hasta 5000 m (16650 pies), 43 m más 2 m por cada 100 m (330 pies) en exceso de 4000 m -- (13320 pies).

Si la elevación de una caja de espera para pistas de aproximación de pre cisión de número de clave 4 es superior a la del umbral de la pista, la dis tancia de 90 m que se indica en la tabla 1 deberá aumentarse otros 5 m por - cada metro de diferencia de elevación entre la caja y el umbral.

La distancia de 90 m para el número de clave 3 ó 4 se basa en una aerona ve con un empenaje de 20 m de altura, una distancia entre la proa y la parte más alta del empenaje de 52.7 m y una altura de proa de 10 m en espera a un ángulo de 45° o más con respecto al eje de la pista hallándose fuera de la zona despejada de obstáculos y sin tenerla en cuenta para el cálculo de la altitud/altura de franqueamiento de obstáculos.

La distancia de 60 m para el número de clave 1 ó 2 se basa en una aerona ve con un empenaje de 8 m de altura, una distancia entre la proa y la parte más alta del empenaje de 24.6 m y una altura de la proa de 5.2 m en espera a un ángulo de 45° o más con respecto al eje de la pista, hallándose fuera de la zona despejada de obstáculos.

Es conveniente proporcionar líneas de guía pintadas a fin de facilitar - la maniobra precisa de las aeronaves en las cajas de espera. Esto evitará -

también que las aeronaves estacionadas interfieran el paso de las otras aeronaves que se desplazan a lo largo de la calle de rodaje adyacente. Una línea de trazo continuo a seguir por el puesto de pilotaje de la aeronave, parece constituir un método conveniente. Una caja de espera destinada a ser utilizada durante la noche deberá estar provista de iluminación de borde de calle de rodaje. La ubicación y características de las luces deberán estar de acuerdo con las especificaciones del Anexo 14, Capítulo 5, para la iluminación de las calles de rodaje.

Tipo de operación a que está destinada la pista	Número de Clave			
	1	2	3	4
Aproximación visual	30 m	40 m	75 m	75 m
Aproximación que no es de precisión	40 m	40 m	75 m	75 m
Aproximación de precisión de Categoría I	60 m*	60 m*	90 m*,°	90 m*,°
Aproximación de precisión de Categoría II o III	----	----	90 m*,°	90 m*,°

- * Si la elevación de la caja de espera es inferior a la del umbral de la pista, la distancia puede disminuirse 5 m por cada metro de diferencia entre la caja y el umbral, a condición de no penetrar la superficie de transición interna.
- ° Esta distancia quizá tenga que incrementarse para evitar interferencias con las radioayudas, en psitas de aproximaciones de precisión de Categoría III, el incremento puede ser del orden de 50 m.

Tabla 1.- Distancias mínimas entre el eje de la pista y una caja de espera.

PROPOSICION DE UNA
PISTA INTERCONTINENTAL

Después de analizar las rutas aéreas existentes en la actualidad se observó que sólo existe una línea comercial que cuenta con una ruta directa, (sin escalas), a Europa, ésta línea es "IBERIA"

Por otro lado analizando más particularmente las características de este vuelo se observó que no es posible, dadas las características tanto del avión como de la pista, sacar dicho vuelo de la pista de la Ciudad de México con plena carga puesto que la pista no tiene las características apropiadas, dichas características son:

- a) La longitud de la pista es insuficiente para dar la suficiente seguridad en el despegue de un BOEING 747 JUMBO a plena carga, estas -- condiciones de seguridad se explican en el capítulo de Pistas.
- b) Por ser una pista de pavimento flexible el calor producido por las turbinas levantarían la pista dada la potencia que tendría que dársele a las turbinas para levantar el avión con la carga completa.

Por éstas razones este vuelo tiene, necesariamente, que despegar con su carga restringida a cierto rango además de que por la temperatura tiene -- que despegar en la noche o sea cuando la temperatura es lo más baja posible en la superficie de la pista ocasionando esto una contaminación de ruido en las horas de sueño.

Al ver todos éstos inconvenientes se analizaron los principales aeropuertos de la república mexicana y se observó que ninguno de ellos a pesar de ser internacionales no reúnen todas las características necesarias para sacar un vuelo directo ya sea a oriente o a occidente sin tener que hacer

algún tipo de restricción como sucede con el vuelo de "IBERIA" que sale de la Ciudad de México.

Por todo lo anteriormente expuesto se vió la necesidad de implementar - por lo menos una pista que contenga todas las características para albergar un vuelo de éste tipo, en el siguiente capítulo se detallan los beneficios y los costos tanto económicos como sociales que implica una pista de éstas características. Por lo pronto en éste capítulo solamente nos dedicaremos a proponer un lugar adecuado para la realización de ésta pista lo cual no implica que sea la única posibilidad ya que cualquier aeropuerto - podría implementarse para éste vuelo.

El lugar elegido para emplazar la pista es el aeropuerto internacional "Miguel Hidalgo" localizado en Guadalajara, Jal.

Las razones principales para llegar a ésta elección son:

- a) Guadalajara es un aeropuerto con una gran proyección al futuro llegando para el año 2000 a tener un movimiento equivalente al que tiene en la actualidad el aeropuerto de la Ciudad de México.
- b) La pista del aeropuerto de Guadalajara es de concreto lo que le da ciertas ventajas sobre las pistas flexibles en cuanto a resistencia a cargas estáticas y temperatura además de un costo de mantenimiento mínimo.
- c) Por ser un aeropuerto internacional, tiene toda la infraestructura - necesaria para un vuelo Intercontinental sin escalas, por lo que no se tiene mas que ampliar la pista 1.7 Kms. para cubrir todas las ca-

racterísticas necesarias, además que de ésta forma el costo sería mínimo y el plazo para su realización sería inmediato.

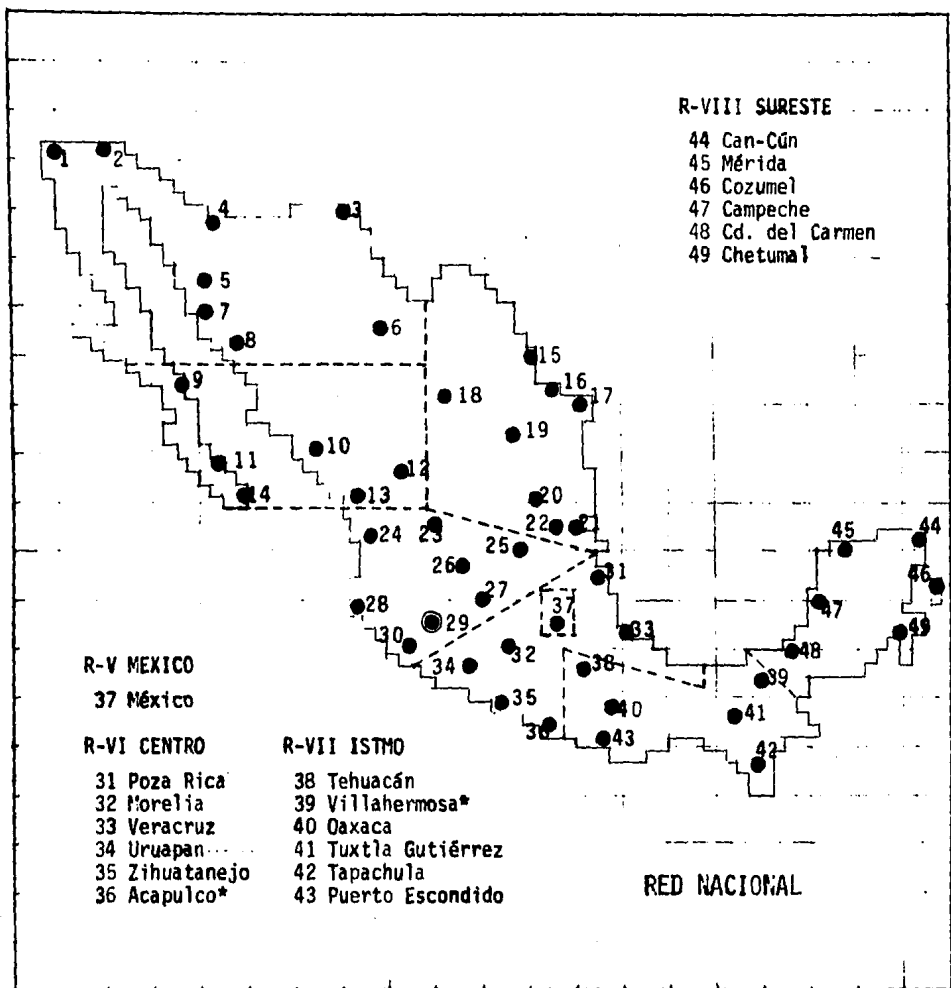
A continuación se dan algunas generalidades del aeropuerto de Guadalajara.

El aeropuerto internacional de Guadalajara, Jal., pertenece a la Región Occidente y es a su vez Sede de la Jefatura correspondiente. La región está constituida por los aeropuertos de San Luis Potosí, Zacatecas, Aguascalientes, Puerto Vallarta, Manzanillo, Tepic, León y Guadalajara. (ver figura 1)

Este aeropuerto está a 572 Kms. de la Ciudad de México y a 774 Kms. - de Acapulco. Las instalaciones aeroportuarias de estas dos ciudades son consideradas como alternas del primero y entre sí.

La Ciudad de Guadalajara cuenta con transportación aérea comercial -- desde 1929, las actividades se realizaban en un campo aéreo próximo a la ciudad. En el año de 1944 la Secretaría de Comunicaciones y Obras Públicas construyó nuevas instalaciones aeroportuarias en el sitio actualmente en uso, lo que permitió atender aeronaves del tipo DC-3.

En 1965, con la creación de la Comisión Intersecretarial de Aeropuertos, integrada por técnicos de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, Secretaría de Obras Públicas, Colegio de Pilotos y compañías aéreas, se estableció el Plan Nacional de Aeropuertos dentro del cual el Gobierno



R-I NOROESTE

- 1 Tijuana
- 2 Mexicali
- 3 Cd. Juárez
- 4 Nogales
- 5 Hermosillo*
- 6 Chihuahua
- 7 Guaymas
- 8 Cd. Obregón

R-II MAR DE CORTES

- 9 Loreto
- 10 Culiacán
- 11 La Paz
- 12 Durango
- 13 Mazatlán
- 14 San José del Cabo

R-III NORESTE

- 15 Nuevo Laredo
- 16 Reynosa
- 17 Matamoros
- 18 Torreón
- 19 Monterrey
- 20 Cd. Victoria
- 21 Tampico
- 22 Tamuín

R-IV OCCIDENTE

- 23 Zacatecas
- 24 Tepic
- 25 San Luis Potosí
- 26 Aguascalientes
- 27 León
- 28 Puerto Vallarta
- 29 Guadalajara*
- 30 Manzanillo

* JEFATURA REGIONAL

no Federal entregó al organismo Aeropuertos y Servicios Auxiliares (ASA) la administración de estas instalaciones.

En el año de 1966 se concluyeron obras de adaptación total en las diferentes zonas del aeropuerto que facilitaron el servicio a los distintos tipos de aviones de reacción.

A partir de esta fecha la actividad aérea en el aeropuerto ha tenido incrementos periódicos considerables, situación que ha traído como consecuencia la saturación de los elementos que lo integran.

En la actualidad por el volumen de tránsito que opera en el aeropuerto, éste ocupa el 2° lugar de mayor actividad aérea y presta servicio a 7 líneas aéreas con vuelos comerciales regulares: Aeroméxico, Mexicana - de Aviación, American Airlines, Eastern Airlines, Frontier Airlines, Texas International, Western Airlines, y 8 líneas aéreas con vuelos comerciales irregulares.

Los pronósticos respectivos reportan que para fines del presente siglo deberá atenderse un movimiento mayor al que actualmente se presenta en el Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México, con lo que podrá ser catalogado como una "terminal aérea mayor".

La atención que debe prestarse a un movimiento de esta naturaleza, -- obliga a una planeación oportuna y cuidadosa que establezca un desarrollo armónico de los diversos elementos que integran el aeropuerto, de ma

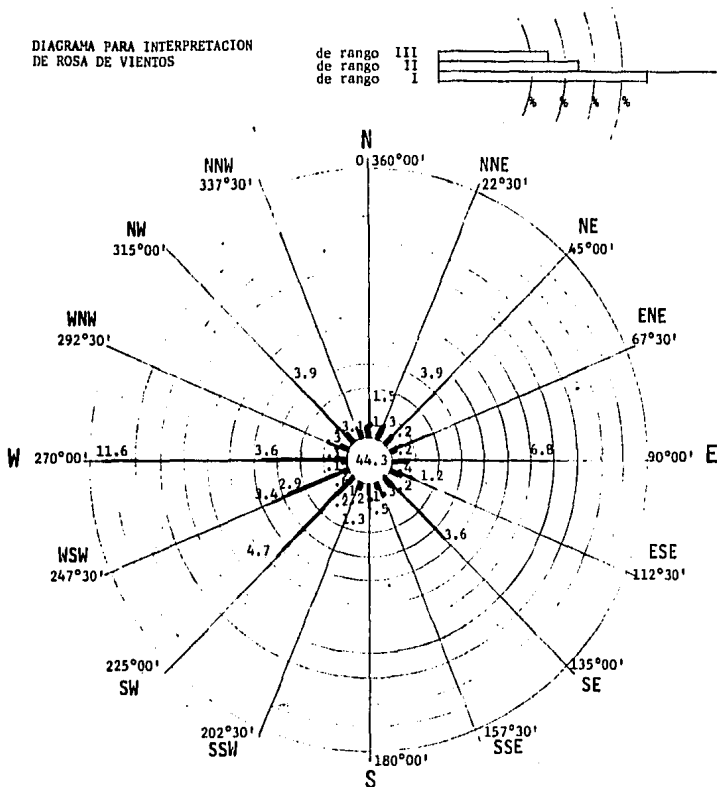
nera que puedan crecer sin restricciones y sin interferencias entre sí.

Los terrenos del Aeropuerto Internacional de Guadalajara, Jalisco, se encuentran en el valle formado por los cerros del Cuatro, Cuexomatitlán y San Martín, al sur de la ciudad. Sus instalaciones están constituidas por los elementos que se describen a continuación:

GENERALIDADES

Nombre del aeropuerto	"Miguel Hidalgo"
Fecha de entrega al organismo ASA	4 de abril de 1966
Categoría	Sexta
Tipo	Internacional
Clasificación por distancia	Largo alcance
Localización	Al sur de la ciudad de Guadalajara a una distancia de 25 Kms., el acceso es por la carretera Guadalajara-Chapala.
Ubicación geográfica	Latitud N 20° 31' 22" Longitud W 103° 18' 42"
Altitud	1,527.50 m. sobre el nivel del mar.
Area	855 ha.
Datos meteorológicos	Temperatura de referencia 31° C. En cuanto a vientos ver rosa de vientos directos y cruzados (ver figuras 2 y 3).

DIRECCION DE LA PISTA	18-36 00-18	01-1902-2003-21	04-2205-2306-24	07-2508-2609-27	10-2811-2912-30	13-3114-3215-33	16-3417-35
% de Calmas y de 0 a 3 APH	44.3	44.3	44.3	44.3	44.3	44.3	44.3
% de Vientos	3.85	3.71	6.15	8.95	12.2	15.7	20.09
TOTAL	48.15	48.01	50.45	53.25	56.5	60.0	64.39

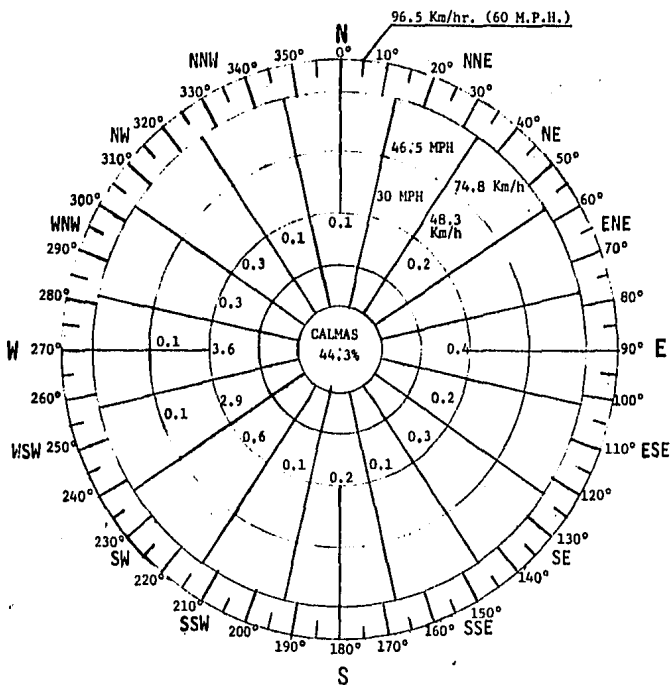


NOTAS: Período de observación del mes de enero de 1961, al mes de diciembre de 1965, menos los meses de julio, noviembre y diciembre de 1964, y septiembre de 1965 con promedio de 23 lecturas diarias con datos proporcionados por la Compañía Mexicana de Aviación, S.A. Los números que aparecen en el extremo de las barras indican el porcentaje de vientos en esta dirección.

EQUIVALENCIAS DE INTENSIDADES DE VIENTOS: - Calmas de 0 a 4.8 Km/hr (0 a 2.6 nudos)
- Rango I de 4.9 a 24.1 Km/hr (2.7 a 13 nudos)
- Rango II de 24.2 a 48.3 Km/hr (13.1 a 26 nudos)
- Rango III 48.4 Km/hr (26 nudos en adelante)

FIG. #1 TABLA DE PORCENTAJES DE VIENTOS DIRECTOS CUBIERTOS EN CADA UNA DE LAS DIRECCIONES DE LAS PISTAS INDICADAS

DIRECCION DE LA PISTA	18-36 00-18	01-19	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
% de Calmas y de 0-3 MPH	44.3	44.3	44.3	44.3	44.3	44.3	44.3	44.3	44.3	44.3	44.3	44.3	44.3	44.3	44.3	44.3	44.3	44.3
% Vientos de 3.1 a 15 MPH	45.9	45.9	45.9	45.9	45.9	45.9	45.9	45.9	45.9	45.9	45.9	45.9	45.9	45.9	45.9	45.9	45.9	45.9
% Vientos de 15.1 a 30 MPH	1.45	1.91	2.58	3.76	5.17	6.28	7.40	8.11	8.15	7.99	7.30	6.51	5.22	3.69	2.70	2.04	1.55	1.35
% Vient. may. de 30 MPH	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
TOTAL CUBIERTO	91.65	92.11	92.78	93.96	95.37	96.48	97.60	98.31	98.35	98.19	97.50	96.71	95.42	93.89	92.90	92.24	91.75	91.55



ROSA DE VIENTOS

Aeropuerto Internacional de Guadalajara

NOTAS: Período de observaciones del mes de enero de 1961 al mes de diciembre de 1965, menos los meses de julio, noviembre y diciembre de 1964 y septiembre de 1964 - con promedio de 23 lecturas diarias con datos proporcionados por la Compañía - Mexicana de Aviación, S.A.

FIGURA # 2 TABLA DE PORCENTAJES DE VIENTOS CRUZADOS CUBIERTOS EN CADA UNA DE LAS DIRECCIONES DE PISTA INDICADAS

INFRAESTRUCTURA

A) Zona Operacional

- 1) Ayudas visuales:
 - Vasis en la pista 28
 - Avasi en la pista 10
 - Rell en la pista 10
 - Iluminación de alta intensidad pista 10-28
 - Faro giratorio
 - Cono de vientos (2)
 - Luces de aproximación cabecera 28
 - Luces de destello cabecera 28
 - Iluminación de calles de rodaje y plataforma.
 - Plantas de emergencia

- 2) Ayudas a la Navegación:
 - Control de tránsito aéreo
 - VOR-DME
 - ILS completo, Cat. 1
 - Radar
 - NDB
 - Marcadores

- 3) Pistas:
 - 10-28 de 4000 m x 60 m pavimento de concreto hidráulico.
 - 02-20 de 1770 m x 35 m, pavimento de concreto hidráulico y asfáltico.

- 4) Rodajes de salida de pista: - Por pista 28: Rodajes J y A a 90° y pista 02-20 a 90°.
- Por pista 02: Rodaje G a 30°, Rodajes I, H y A a 90°.
- Por pista 20: Rodaje G a 120°, Rodajes I, H y A a 90°.
- Por pista 10: Rodajes J y A a 90° y Pista 02-20 a 90°.
- 5) Rodajes de carreteo: - Rodajes A, B, C, D, E, F y G.
- 6) Plataforma de aviación comercial: - Area de 79,200 m²
- Pavimento de Concreto Hidráulico.
- 10 hidrantes para el suministro de combustible.
- 7) Plataforma de aviación general: - Area de 74,250 m²
- Pavimento de concreto hidráulico y asfáltico.
- Bomba estacionaria para el suministro de combustible.

B) Zona Terminal de Pasajeros de Aviación Comercial

- 1) Edificio Terminal: - Area de 15,612 m².
- Planta baja de 10,676 m² para los servicios de:
- + Documentación
- + Oficinas de despacho de las compañías.

- + Salas de última espera, nacional e internacional.
- + Zonas para la selección de equipaje.
- + Concesiones
- + Vestíbulo de espera
- Planta Alta de 4,936 m² para los servicios de:
 - + Concesiones
 - + Restaurante-Bar
 - + Oficinas de compañía aéreas
 - + Oficinas de autoridades y servicios

2) Estacionamiento de automóviles en 21,823 m²

C) Zona Terminal de Pasajeros Aviación General

1) Edificio Terminal: - Area de 1,825m²

- Planta baja de 1500 m² para los servicios de:
 - + Documentación
 - + Oficinas para aerolíneas de aviación comercial irregular.
 - + Oficinas de autoridades
 - Planta Alta de 325 m² para los servicios de:
 - + Concesiones
- 2) Estacionamiento de automóviles en 2,300 m²

- 3) Hangares: - Area de 43,000 m² que incluye infraestructura
 - 52 Hangares
- D) Zona de Carga y Almacenes
- 1) Bodega y almacén fiscal en 5,250 m²
 - 2) Bodega y almacén de compañías aéreas en 4,050 m²
- E) Zona Comisión México-Americana para La Erradicación del Gusano Barrador.
- 1) Area de 35,000 m², incluye oficinas, hangar y plataforma.
- F) Servicios de Apoyo a la Operación
- 1) Torre de control y oficinas: - Torre
 - Altura total de 24.20 m
 - Edificio con 6 plantas distribuidas en la siguiente forma:
 - PB Mantenimiento
 - 1° Oficinas SENEAM
 - 2° Teletipos
 - 3° Oficinas CTA
 - 4° Comunicaciones SENEAM
 - 5° Ingeniería de Servicios
 - 6° Cabina
 - Oficinas
 - Jefatura de base DGAC, equipo y sala de radar.
 - 2) Subestación y casa de máquinas, construídas en una superficie de 800 m² que alberga los siguientes equipos:

- Subestación de servicios generales
 - + Subestación de 23,000 volts ✓
 - + Planta de emergencia para pistas y torre de control
 - + Transformador de 300 KVA
 - + Transformador de 750 KVA
- Casa de máquinas
 - + Sistema hidroneumático para edificio terminal de pasajeros.
 - + Equipo de aire acondicionado tipo centrífugo.
 - + Almacén regional

3) Zona de combustibles en 50,000 m², con capacidad para almacenar 3.2 millones de litros, constituida por:

- Tanque de almacenamiento de agua con capacidad para 842,000 lts.
- Tanque de almacenamiento gasavión - 100-130 oct., capacidad de 158,950 - lts.
- Tanque de gasavión 100-130 oct., capacidad de 5,300 lts. en isleta de - Av. General.
- 4 Tanques de turbosina, capacidad de 750,000 lts. cada uno.
- Tanque horizontal de gasavión 80-87 oct., con capacidad de 82,000 lts.

- Tanque de gasavión 80-87 oct., capacidad de 5,300 lts. en isleta de aviación general.

4) Cuerpo de rescate y extinción de incendios (C.R.E.I.) en una superficie de 1,190 m² constituido por:

- Vehículo de rescate con 3 agentes extintores.

+ 750 kg. de polvo químico seco

+ 2 botellas de nitrógeno

+ Equipo de rescate

- Vehículo de ataque o extinción

+ 12,000 lts. de agua común

+ 2,000 lts. de agua ligera

- Vehículo de ataque o extinción

+ 6,000 lts. de agua común

+ 600 lts. de agua ligera

- Vehículo de apoyo

+ Cisterna de 10,000 lts. de agua común.

- Vehículos de evacuación

+ 2 vehículos de 8 cilindros

- Vehículos de limpieza

+ 3 Barredoras

5) Estacionamientos para automóviles de empleados y transportación terrestre en una superficie de 2890 m².

6) Edificio para autoridades regionales de ASA en 250 m².

- 7) Zona de mantenimiento del aeropuerto en 2,500 m².
- 8) Camino perimetral y cercado: - Camino de 20,100 m x 5 m.
- Terracería
- 9) Camino de acceso (enrtonque carretera Guadalajara-Chapala a la terminal de pasajeros): - Longitud de 1200 m
- Ancho de 21 m
- Carriles, 2 de entrada (7 m), 2 de salida (7 m), camellón al centro - (7 m).

G) Datos Meteorológicos

TEMP.	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
MAXIMA	22.7	24.6	26.6	29.7	31.3	28.3	25.5	25.4	25.1	24.9	25.1	23.0
MINIMA	8.6	9.4	11.1	13.7	16.3	17.4	16.7	16.5	16.3	13.8	10.5	9.5

Temperaturas en (°C)

En resumen lo que se propone en esta tesis es ampliar la pista en 1.7 kms. para tener la capacidad suficiente para enviar un vuelo de carácter intercontinental directo es decir, que un avión pueda salir del aeropuerto de Guadalajara con la suficiente cantidad de combustible para llegar a Europa o a Asia sin necesidad de escala alguna.

Es conveniente hacer notar que dicha proposición va de acuerdo completamente con el plan general publicado por ASA el cual incluye una ampliación de la pista 10-28 de 500 m. para la etapa de crecimiento que comprende de 1991 a 1995.

A continuación se presentan los cálculos de las longitudes de pista para los siete aviones más críticos o de mayor longitud de campo de referencia.

Los siguientes datos son constantes para el cálculo de la longitud de pista:

- 1) Elevación del aeródromo..... 1 540 msm
- 2) Temperatura de referencia del aeródromo..... 31° C
- 3) Temperatura a 1540 m en la atmósfera tipo..... 14° C
- 4) Pendiente de la pista..... 0.5 %

BOEING B-747-200 (Jumbo):

- 5) Longitud de campo de referencia..... 3 150 m

a) Longitud de pista corregida por elevación:

$$\left[3150 \times 0.07 \times \frac{1540}{300} \right] + 3150 = 4,281.90 \text{ m}$$

b) Longitud de pista corregida por elevación y temperatura:

$$[4281.9 \times (31 - 14) \times 0.01] + 4281.9 = 5,009.82 \text{ m}$$

c) Longitud de pista corregida por elevación, temperatura y pendiente.

$$[5009.82 \times 0.5 \times 0.1] + 5009.82 = 5,260.31 \text{ m}$$

Longitud efectiva de la pista: 5,260.31 m

BOEING B-727-200

- 5) Longitud de campo de referencia..... 3 176 m

a) Longitud de pista corregida por elevación:

$$\left[3176 \times 0.07 \times \frac{1540}{300} \right] + 3176 = 4,317.24 \text{ m}$$

b) Longitud de pista corregida por elevación y temperatura:

$$[4317.24 \times (31-14) \times 0.01] + 4317.24 = 5,051.17 \text{ m}$$

c) Longitud de pista corregida por elevación, temperatura y pendiente:

$$[5051.17 \times 0.5 \times 0.1] + 5051.17 = 5,303.73 \text{ m}$$

Longitud efectiva de la pista: 5,303.73 m

DOUGLAS DC-8-63

5) Longitud de campo de referencia..... 3 179 m

a) Longitud de pista corregida por elevación:

$$[3179 \times 0.07 \times \frac{1540}{300}] + 3179 = 4,321.32 \text{ m}$$

b) Longitud de pista corregida por elevación y temperatura:

$$[4321.32 \times (31-14) \times 0.01] + 4321.32 = 5,055.95 \text{ m}$$

c) Longitud de pista corregida por elevación, temperatura y pendiente:

$$[5055.95 \times 0.5 \times 0.1] + 5055.95 = 5,308.74 \text{ m}$$

Longitud efectiva de la pista 5,308.74 m

DOUGLAS DC-10-10

5) Longitud de campo de referencia..... 3 200 m

a) Longitud de pista corregida por elevación:

$$[3200 \times 0.07 \times \frac{1540}{300}] + 3200 = 4,349.87 \text{ m}$$

b) Longitud de pista corregida por elevación y temperatura:

$$[4349.87 \times (31-14) \times 0.01] + 4349.87 = 5,089.34 \text{ m}$$

c) Longitud de pista corregida por elevación, temperatura y

pendiente:

$$[5089.34 \times 0.5 \times 0.1] + 5089.34 = 5,343.81 \text{ m}$$

Longitud efectiva de la pista 5,343.81 m

BOEING B-707-400

5) Longitud de campo de referencia..... 3 277 m

a) Longitud de pista corregida por elevación:

$$[3277 \times 0.07 \times \frac{1540}{300}] + 3277 = 4,454.54 \text{ m}$$

b) Longitud de pista corregida por elevación y temperatura:

$$[4454.54 \times (31-14) \times 0.01] + 4454.54 = 5,211.81$$

c) Longitud de pista corregida por elevación, temperatura y

pendiente:

$$[5211.81 \times 0.5 \times 0.1] + 5211.81 = 5,472.40 \text{ m}$$

Longitud efectiva de la pista 5,472.40 m

ILYUSHIN 62 M

5) Longitud de campo de referencia..... 3 280 m

a) Longitud de pista corregida por elevación:

$$[3280 \times 0.07 \times \frac{1540}{300}] + 3280 = 4,458.61 \text{ m}$$

b) Longitud de pista corregida por elevación y temperatura:

$$[4458.61 \times (31-14) \times 0.01] + 4458.61 = 5,216.58 \text{ m}$$

c) Longitud de pista corregida por elevación, temperatura y

pendiente:

$$[5216.58 \times 0.5 \times 0.1] + 5216.58 = 5,477.41 \text{ m}$$

Longitud efectiva de la pista 5,477.41 m

CONCORDE

5) Longitud de campo de referencia..... 3 400 m

a) Longitud de pista corregida por elevación:

$$[3400 \times 0.07 \times \frac{1540}{300}] + 3400 = 4,621.73 \text{ m}$$

b) Longitud de pista corregida por elevación y temperatura:

$$[4621.73 \times (31-14) \times 0.01] + 4621.73 = 5,407.43 \text{ m}$$

c) Longitud de pista corregida por elevación, temperatura y pendiente:

$$[5407.43 \times 0.5 \times 0.1] + 5407.43 = 5,677.80 \text{ m}$$

Longitud efectiva de la pista 5,677.80 m

Como podemos observar el avión que necesita una longitud efectiva de pista mayor es el Concorde, por lo que este dato es el que nos va a regir nuestra longitud de pista a una distancia de 5,700 metros dándonos por consecuencia una ampliación de 1.7 kilómetros.

BENEFICIO - COSTO

Los beneficios económicos que traería una pista de carácter intercontinental serían perceptibles a largo plazo ya que actualmente el aeropuerto de Guadalajara es suficiente en su capacidad, pero aún así estos beneficios podrían dividirse en tres:

- 1) Al tener una pista de las características antes descritas se puede pensar en el desvfo de rutas existentes para que salgan de Guadalajara hacia su destino final o bien crear nuevas rutas con las cuales el uso de este aeropuerto se vería enriquecido.
- 2) Se puede también por otro lado que alguna de las líneas aéreas existentes que tienen su sede en la Ciudad de México cambiaran su residencia a la Ciudad de Guadalajara y de esta forma aliviar de algún modo el tráfico de la ciudad de México.
- 3) Simplemente con el aumento normal de los movimientos esperados en el aeropuerto de Guadalajara se justifica plenamente la ampliación propuesta.

A continuación se presenta un resumen de la demanda actual y de la demanda esperada para el año 2000 en el aeropuerto internacional de Guadalajara, Jalisco.

El procedimiento de análisis estadístico que se eligió como el más conveniente fue el de medidas de tendencia central, lo que permite interpretar en términos generales el comportamiento de las actividades que se realizan en el aeropuerto.

Del análisis de la información estadística con que cuenta sobre el número de pasajeros, operaciones, carga, correo y equipaje, a partir del año de -- 1967, se pudo determinar que el movimiento aeronáutico lo producen la avia-- ción comercial regular e irregular, particular y oficial.

Con respecto a los pasajeros comerciales en el período comprendido entre 1967-1980, se tuvo una tasa de crecimiento anual de orden del 16%. La tendencia fue de total crecimiento y no se observaron decrementos en el período -- transcurrido.

En el año de 1967 se registró un movimiento de 450,000 pasajeros, en 1980 fue de 3'000,000 de pasajeros.

El movimiento de pasajeros particulares observó, en el mismo período, una tasa anual del orden de 13%, su crecimiento fue en forma regular hasta 1975, pero aumentó considerablemente en los años siguientes hasta alcanzar una ta-- sa del 20%.

En 1967 se tuvo un movimiento de 17,000 pasajeros y en 1980 de 62,000 pa-- sajeros.

El movimiento de pasajeros oficiales tuvo una tasa anual del orden del - 26% en el período 1975-1980, aumentando considerablemente hasta llegar a ser del orden del 34%.

En el año de 1967 se registró un movimiento de 3,000 pasajeros y en 1980, de 41,000.

En cuanto a las operaciones comerciales, en el mismo período, se observó una tasa anual del orden del 10%, su tendencia ha sido de total crecimiento y sólo en el período de 1974-1975, experimentó un decremento considerable, pero a partir del año 1975 su tasa aumentó hasta ser del orden del 18% - - anual.

En 1967 se atendió un movimiento de 15,000 operaciones y en 1980, de -- 61,000 operaciones.

Por otra parte el movimiento de las operaciones de aviación particular - experimento crecimientos irregulares, se observan altas y bajas en la mezcla de incrementos y decrementos.

En 1967 su movimiento fue de 13,000 operaciones y en 1980 de 24,000 operaciones.

Por lo que respecta a las operaciones oficiales en el período que se analiza se tuvo una tasa de crecimiento anual del orden del 20%. Su desarrollo fue elevado y sólo se observaron dos decrementos que comparados con los incrementos resultan poco significativos.

En 1967 el movimiento fue de 1,400 operaciones y en 1980 de 8,300 operaciones.

Para el movimiento de carga en el mismo período la tasa de crecimiento - anual fue del orden del 16%. Se puede mencionar que la tendencia de desarrollo se mantiene a lo largo de todos los años, excepto en el período 1970- -

1971. en el que se experimentó un ligero decremento.

En el año de 1967 se registraron 2'800,000 Kg., y en 1980 14'000,000 Kg.

En lo concerniente al correo el crecimiento anual fue del orden del 12% con un movimiento en general bastante irregular.

En 1967 se movieron 265,000 Kg., y en 1980 729,000 Kg.

Por último, el movimiento de equipaje fue uniforme y no se observaron decrementos, la tasa de crecimiento anual fue del 22%.

En el año de 1967, se registró un movimiento de equipaje de 4'140,000 - Kg., y en 1980 de 29'000,000 de Kg.

En términos generales se puede señalar que la actividad aérea del aéro--puerto se desarrolló en forma constante, con tasas de crecimiento anuales - altas y con decrementos parciales poco significativos.

La extrapolación de las tendencias observadas en el pasado puede condu--cir a resultados erróneos, máxime si se aplica a un período de 20 años y en especial cuando se trata de una actividad que evoluciona tan rápidamente como la del transporte aéreo. En tales circunstancias ya probadas, la prácti--ca recomienda un análisis cuidadoso a fin de obtener información que sirva como indicadora de datos generales que hagan posible definir parámetros e - información general para ser utilizados como directrices en la planeación.

El pronóstico de la actividad aérea se estableció con base en el método de análisis estadístico de los años más representativos del movimiento para las previsiones en el mediano plazo y mediante un ajuste en la reducción de las tasas de crecimiento para las de largo plazo. La información obtenida fue nuevamente corregida conforme a datos disponibles del Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México, aeropuerto con un movimiento actual semejante al que atendería el aeropuerto de Guadalajara en el año 2000, horizonte de planeación seleccionado; obteniendo como resultado final, proyecciones de carácter conservador.

Se realizaron pronósticos para el número de pasajeros, operaciones anuales y posiciones simultáneas para las aviaciones comercial regular, irregular y general, pasajeros comerciales y de aviación general en hora crítica y operaciones en hora crítica para la aviación comercial, aviación general y combinada, así mismo, se realizó un pronóstico de carga. Todos ellos para un lapso comprendido entre los años de 1980-2000, estos pronósticos fueron hechos tomando en cuenta aviones de mayor capacidad para la aviación comercial datos recientes del número de operaciones en la hora crítica, distribución de frecuencias y la composición del tránsito establecido durante las horas críticas.

En el pronóstico de pasajeros anuales de aviación comercial regular se tomó, para los nacionales, una tasa del 10% para los primeros cinco años y para los siguientes años una reducción anual hasta llegar al 7% en el año 2000. Para los internacionales una tasa que disminuye en forma lineal del 20% al 8% en el año 2000. En cuanto a los pasajeros anuales de aviación comercial irregular se aplicó, para los nacionales, una tasa que varía linealmente del

10% al 7%. Para los internacionales se omitió el pronóstico dado que el movimiento fue menor al 1% del total.

Por lo que respecta al pronóstico de pasajeros anuales nacionales de aviación general se utilizó una tasa que varía linealmente del 12% en el año de 1980 al 8% para el año 2000 y para los pasajeros internacionales del 14% al 7% reduciendo linealmente.

Con las tasas elegidas para el año de 1985, se esperan de aviación comercial regular 2'900,000 pasajeros nacionales, 1'400,000 internacionales; de aviación comercial irregular 115,000 pasajeros nacionales y de aviación general 3,500 pasajeros internacionales y 173,000 pasajeros nacionales. Para el año 2000 se esperan de aviación comercial regular 9'200,000 pasajeros nacionales, 5'000,000 internacionales; de aviación comercial irregular 360,000 pasajeros; de aviación general 11,000 pasajeros internacionales y 630,000 nacionales. Datos que sumados hacen un total de pasajeros anuales para 1985, de 4'500,000, y para el año 2000 15'000,000.

El cálculo de las operaciones anuales de aviación comercial regular, irregular y aviación general se hizo tomando en cuenta la ocupación (pasajeros/avión), el pronóstico de pasajeros y la posible introducción de aeronaves de mayor capacidad.

Se espera para 1985, 59,000 operaciones de aviación comercial regular, 32,000 de aviación comercial irregular, 50,000 de aviación general y para el año 2000, 126,000 operaciones de la regular, 75,000 de la irregular y 138,000, de la aviación general. El total esperado para 1985, es de 140,000

10% al 7%. Para los internacionales se omitió el pronóstico dado que el movimiento fue menor al 1% del total.

Por lo que respecta al pronóstico de pasajeros anuales nacionales de aviación general se utilizó una tasa que varía linealmente del 12% en el año de 1980 al 8% para el año 2000 y para los pasajeros internacionales del 14% al 7% reduciendo linealmente.

Con las tasas elegidas para el año de 1985, se esperan de aviación comercial regular 2'900,000 pasajeros nacionales, 1'400,000 internacionales; de aviación comercial irregular 115,000 pasajeros nacionales y de aviación general 3,500 pasajeros internacionales y 173,000 pasajeros nacionales. Para el año 2000 se esperan de aviación comercial regular 9'200,000 pasajeros nacionales, 5'000,000 internacionales; de aviación comercial irregular 360,000 pasajeros; de aviación general 11,000 pasajeros internacionales y 630,000 nacionales. Datos que sumados hacen un total de pasajeros anuales para 1985, de 4'500,000, y para el año 2000 15'000,000.

El cálculo de las operaciones anuales de aviación comercial regular, irregular y aviación general se hizo tomando en cuenta la ocupación (pasajeros/avión), el pronóstico de pasajeros y la posible introducción de aeronaves de mayor capacidad.

Se espera para 1985, 59,000 operaciones de aviación comercial regular, 32,000 de aviación comercial irregular, 50,000 de aviación general y para el año 2000, 126,000 operaciones de la regular, 75,000 de la irregular y 138,000, de la aviación general. El total esperado para 1985, es de 140,000

operaciones y para el año 2000 de 340,000.

Tomando como base la información anterior se determinaron las concentraciones horarias para los diferentes tipos de servicios tanto de operaciones como de pasajeros y aeronaves en plataforma.

Por lo que respecta a pasajeros comerciales en hora crítica se tomó en cuenta el número real en las horas críticas observado durante 90 días, tanto de llegada como de salida. Relacionando estos valores con la tendencia de crecimiento anual de pasajeros se obtuvo para el año de 1985, un número de 1,800 pasajeros y para el año 2000 de 4000.

Para el pronóstico de pasajeros de aviación general en hora crítica se optó por el mismo criterio de cálculo que para los aviones comerciales, el resultado para 1985, fue de 100 pasajeros y para el año 2000 fue de 350 pasajeros.

En cuanto a las operaciones en hora crítica correspondientes a la aviación comercial y general el pronóstico se calculó considerando años anteriores representativos de la demanda real en las horas de máximo movimiento, así como la distribución de frecuencias de ocupación de pasajeros por avión en las mismas horas, se esperan para 1985 32 de aviación comercial y 29 para la aviación general y en el año 2000, 66 de la comercial y 60 de aviación general. Se hizo el cálculo para la operación combinada de la aviación comercial y la general, obteniéndose para 1985, 48 operaciones y para el año 2000 113 operaciones.

Por último, el pronóstico de posiciones simultáneas señala que para 1985 habrá 15 posiciones de aviación comercial regular, 12 de aviación comercial irregular y 122 de aviación general y para el año 2000, 33 de las primeras, 25 de las segundas y 340 de las últimas. Se realizó una estimación para el número de posiciones simultáneas de aeronaves de carga, asignándose para -- 1985, una posición y para el año 2000, tres.

El pronóstico toma en cuenta el número de operaciones en hora crítica, -- así como el tiempo de ocupación en la plataforma.

Para las estimaciones de la carga se optó, en el movimiento nacional, -- por una tasa de crecimiento anual de 8% en los primeros cinco años y en los siguientes una reducción anual hasta llegar a 5% en el año 2000. En el in-- ternacional, una tasa que varía en forma periódica del 20% al 8% en el año 2000.

Con las tasas elegidas para el año de 1985, se esperan 17'200,000 -- Kg., de carga nacional y 6'500,000 Kg. de carga internacional y en el año -- 2000, 41'000,000 Kg. nacionales y 24'000,000 Kg. internacionales.

Con todo lo anteriormente expuesto se puede observar que por sí solo el aeropuerto de Guadalajara tiene una gran proyección al futuro, pero si además se incluye una pista de carácter intercontinental se vería beneficiada toda la región en el aspecto industrial ya que al tener dicha pista, cual-- quier industria de cualquier parte del mundo tendría la gran facilidad de -- llegar rápidamente con materia prima en gran escala al lugar preciso donde se va a manufacturar además de enviar del mismo modo, grandes cantidades de

producto elaborado, teniendo como consecuencia un desarrollo mucho muy importante para toda la región y sobre todo que esto se podría hacer en un plazo mucho muy corto y a un costo mínimo como veremos más adelante.

BENEFICIOS SOCIALES

Estos beneficios también serían muy importantes con la implantación de una pista de carácter intercontinental y serían los siguientes:

- a) En primer lugar es evidente el desarrollo de la región teniendo como consecuencia un desarrollo importante en la economía tanto de la región como del país.
- b) Un incremento importante en el nivel de vida por la fuente de trabajos tan importante que se tendría en:
 - 1) Al tener rutas aéreas que partan o que lleguen a la pista de carácter intercontinental, dentro del aeropuerto se generaría trabajo sobre todo de servicios.
 - 2) Si alguna línea aérea tuviera su sede en este aeropuerto tendría como consecuencia la implantación de infraestructura como hangares de mantenimiento y servicios propios de una compañía aérea que generarían una importante cantidad de trabajo.
 - 3) Al tener la facilidad de atraer importantes industrias de cualquier parte del mundo a la región implica por supuesto la generación de una muy importante cantidad de empleos tanto en el aeropuerto al tener que hacer bodegas, plataformas y servicios de aduanas, etc., como en la región al tener una infraestructura industrial que daría empleo a muchos obreros.

- c) En el aspecto de seguridad nacional también se tendría un beneficio social para todo el país puesto que esa pista sería un punto estratégico en el caso de una emergencia nacional o internacional en un momento dado.
- d) Industrias nacionales que necesiten grandes cantidades de materia prima del exterior podrían tener sus fábricas en los alrededores del aeropuerto para facilitar de manera importante el transporte además de tener la oportunidad de exportar sus productos a cualquier parte del mundo.

COSTOS ECONOMICOS

Los costos económicos se ven reducidos básicamente a los costos de construcción del aumento en la pista 10-28.

A continuación presento un presupuesto con precios actuales lo más apegado a la realidad posible, con el objeto de tener una idea del costo y así poder tener un elemento más de comparación entre los beneficios y los costos de esta proposición..

CLAVE	DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD	P.U.	IMPORTE
=====	=====	=====	=====	=====	=====
	01.009-D CORTES				
01.009-C.01	Despalme, desperdiciando el material (inciso 01.003-H. 01):				
	Incluye carga: b) Para des				
	plante de terraple				
	nes, en Material A	24,684	M ³	304.25	7'510,107.00

01.009-D.03	Excavaciones (01.003-H.02)			
	a) En cortes y adicionales abajo de la subrasante: 1) En material A			
	80,784	M ³	304.25	24'578,532.00
	2) en Material B			
	40,392	M ³	395.53	15'976,045.80
	c) En abatimiento de taludes:			
	1) En material A			
	185.6	M ³	334.68	62,115.68
	2) En material B			
	92.8	M ³	425.95	39,528.16
	01.009-E PRESTAMOS			
01.009-E.02	Despalme, en Material A, desperdiciando el material (inciso --			
	01.004-H.01)			
	23,425.59	M ³	304.25	7'127,236.92
01.009-E.03	Excavaciones de préstamos:			
EP-2	a) De banco: 1)En material A			
	66,701.25	M ³	401.50	26'780,551.88
	2)En material B			
	66,701.25	M ³	461.73	30'797,634.66
EP-3	Escarificado, disgregado, acamallonado por alas de la superficie de rodamiento existente y eliminación a mano de los tamaños mayores de setenta y seis (76) milímetros (3").			
	59.4	M ³	198.60	11,796.84
	01.009-F TERRAPLENES			
01.009-F.02	Compactación			
	a) Del terreno natural en el área de desplante de los terraplenes (Inciso 01.005-H.01):			
	4) Para cien por ciento (100%)			
	48,470.40	M ³	203.35	9'856,455.84
01.009-F.03	Formación y compactación			
	a) De terraplenes adicionados con sus cuñas de sobreebancho (inciso 01.005-H.02)			
	4) Para cien por ciento (100%)			
	151,470.00	M ³	352.21	53'349,248.70

EP-5 Mezclado tendido y compactación:

a) Del material para formar la sub-rasante, adicionada con sus curvas de sobreancho, en terraplenes existentes:

4) Para cien por ciento (100%) 36,352.80 M³ 347.04 12'615,875.71

01.009-F.07 Agua empleada para compactaciones

(Inciso 01.005-H.06) 9,391.14 M³ 243.70 2'288,620.82

01.009-H CANALES

01.009-H.03 Excavación para canales con máquina a cualquier profundidad (Inciso 01.007-H.01).

a) Excavación en seco (subpárrafo 01.007-H.01 a .02):

1) En material A 22,302.00 M³ 492.80 10'990,425.60

2) En material B 2,478.00 M³ 640.64 1'587,505.92

01.009-I ACARREOS PARA TERRACERIAS

EP-8 Sobrecarreos de los materiales producto de las excavaciones de cortes adicionales abajo de la sub-rasante ampliación y/o abatimiento de taludes, rebaje de terraplenes existentes, escalones, despalmes, présta-

mos de banco, derrumbres y agua empleada en compactaciones:

d) Para préstamos de banco. Medido suelto en camiones propiedad del contratista:

1) Primer Kilómetro	327,674.49	M ³	74.23	24'323,277.39
2) Kilómetros subsecuentes --				
(5 Km)	1'638,372.45	M ³	35.82	58'686,501.16

e) Para cualquier distancia, del agua utilizada en la compactación de las terracerías

9,391.14	M ³	55.03	516,747.48
----------	----------------	-------	------------

038-D RELLENOS

EP-6 a) Rellenos de excavaciones para estructuras con el producto de la misma excavación, que está depositado al borde, sin incluir carga, descarga y el acarreo libre, a mano:

1) Con Material A	100.00	M ³	155.34	15,534.00
-------------------	--------	----------------	--------	-----------

BASE

Mezclado, tendido y compactación del material para formar la Base -- cien por ciento (100%). Mejorando -- la mezcla con cemento Portland en -- una proporción del 6% del peso. Incluye cemento

24,235.20	M ³	2,370.00	57'437424.00
-----------	----------------	----------	--------------

PISTA

Colado del pavimento de concreto -

Portland incluye cimbra y decimbra 33,436.80 M³ 20000.00 668736000.00Juntas de expansión con pasajunta
y casquillo, incluye sellado y ce-
lotex.

5,386.00 Pza 500.00 2'693,000.00

Acero de refuerzo en la cabecera -
de la pista con varilla de 3/4" de
diámetro a cada 40 cm. incluye ar-
mado y calzado.

445.50 Ton161766. 72'066,753.00

Concreto asfáltico en carpeta de -
planta, incluye tendido y compacta
do.11,145.60 M³28000.00 312076800.00Pintura vinílica de señalización -
en la pista.6,912.00 M² 585.00 4'043,520.00Electrificación de la pista, inclu
ye reinstalación de luces y aumen-
to de cables e instalaciones.1.00 Lote 8330.000
8'330,000.00

Sembrado de pasto para los taludes

70,000.00 M² 350.00 24'500,000.00

Reinstalación de Barda

100.00 M1 500.00 50,000.00

Aumento de barda incluyendo mate-
riales.

3,400.00 ml 3000.00 10'200,000.00

 SUMA TOTAL - - - - - \$ 1,447'247,238.56

Ya analizado el costo de la ampliación, se tiene que tomar en cuenta la -
necesidad de adquirir terreno para dicha ampliación.

El costo del terreno en la zona del aeropuerto de Guadalajara es de aproximadamente \$ 25.00 el metro cuadrado de terreno.

La necesidad de terreno para hacer la ampliación es de 102 hectáreas por lo que el costo sería de \$ 25'500,000.00, por lo que el costo total de la ampliación sería:

COSTO TOTAL - - - - \$ 1,472'747,238.56

COSTOS SOCIALES

Después de hacer un recorrido por la zona aledaña al aeropuerto de Guadalajara y de hablar con personas relacionadas directamente con la planeación de aeropuertos encontré que el único costo social que se tendría al realizar la proposición de esta tesis sería que, las 102 hectáreas de terreno que actualmente son tierras ejidales, dejarían de producir lo que actualmente producen. Sin embargo, cabe señalar que en el Plan Maestro publicado por ASA está previsto para el año 2000 una ampliación de este aeropuerto de más del doble de su capacidad actual, por lo que el costo social que significa esta ampliación se reduce a una mínima parte.

Por lo anteriormente dicho podemos observar que el costo social es prácticamente nulo por lo que los beneficios se hacen cada vez más patentes.

La contaminación del ruido en la zona tampoco es un factor determinante puesto que con esta proposición no se pretende aumentar la capacidad del aeropuerto sino tener un uso más diversificado, por esta razón se deduce que los aparatos que entren en el aeropuerto seguirán siendo los mismos y con la misma frecuencia, por lo que el ruido en el área no se verá afectada en lo más mínimo.

CONCLUSIONES

Es importante hacer notar que la proposición que hago en esta tesis - se puede desarrollar en cualquier aeropuerto de la República Mexicana, - en donde se tenga la necesidad, o bien, en algún lugar donde se quiera - desarrollar una industria de cualquier tipo a gran escala.

En esta tesis se escogió el aeropuerto de Guadalajara por las siguientes razones:

- Es un aeropuerto localizado en un lugar con grandes proyecciones de expansión tanto industrial como turística y comercial.
- La localización del aeropuerto es aproximadamente al centro de la República, lo cual le da flexibilidad en el aspecto de distribución y captación de las rutas aéreas.
- Las pistas son de concreto hidráulico recubiertas con una capa de concreto asfáltico lo cual le proporciona una gran vida útil además de muchas ventajas ya mencionadas anteriormente.
- Los servicios actuales del aeropuerto, como radar, ILS, BOR, -- edificio terminal, aduana; almacenaje de combustible, etc.

En el capítulo de Beneficio-Costo se describen algunas ventajas de esta proposición, además se observa que a un costo bajo el aumento potencial de la zona para desarrollar industria es muy grande.

Ahora bien, existen otros beneficios que son difíciles de cuantificar pero se deben tomar en cuenta ya que pueden llegar a ser tanto o más importantes que los mismos beneficios ya descritos.

Los beneficios son los siguientes:

** Si se manejan las políticas adecuadas en cuanto a servicios aeroportuarios y a combustibles se tiene una gran posibilidad de captar parte del mercado comercial de las líneas aéreas tanto de Latinoamérica como de Norteamérica, es decir, si a las líneas aéreas les conviniera económicamente, en lugar de ir a hacer una escala en Estados Unidos, Canada o Groenlandia, vendrían a México y de aquí partirían los vuelos ya sin escalas a cualquier parte del mundo, esto por supuesto significa divisas para el país.

** Nos liberaríamos de intermediarios para meter materia prima al país o bien para sacarla, por lo tanto se tendría un ahorro en los costos de fletes. Lo más interesante de ésta posibilidad es la introducción de nueva industria extranjera en el país, de hecho, en un viaje reciente de nuestro presidente a los países Europeos se consiguió, - según lo publicado, que varias industrias Europeas de cierta importancia se interesaron en traer su tecnología a México y el tener una pista en el lugar adecuado con las características mencionadas en esta tesis, nos proporcionaría un servicio importante que ofrecer a dichas industrias, las cuales podrían transportar tanto su materia prima como sus productos terminados, en grandes cantidades, a distancias lejanas, en poco tiempo y sobre todo a un menor costo por la eliminación de una o varias escalas en la ruta de los aviones.

** Otro mercado que se podría aprovechar de una manera conveniente para el país, es el mercado de China Continental. Por ejemplo, todas las

partes de pequeño volumen que se fabrican en China para la elaboración de equipos electrónicos serían un importante mercado para el país puesto que algunas fábricas de autos que actualmente se encuentran funcionando en México tienen planes de desarrollo importantes en un futuro cercano y todas estas partes ahorrarían un costo importante en la fabricación de los auto móviles. Por otro lado, actualmente China es un país con mucho desarrollo y el ejemplo de los automóviles no sería la única manera de aprovechar el comercio con este país eliminando intermediarios y bajando los costos gracias a la construcción de una o varias pistas con las características adecuadas.

** Por supuesto en el caso extremo de guerra o de alguna tragedia importante esta pista sería de mucho beneficio en el aspecto militar y estratégico para el país.

** Por último también es importante considerar el desarrollo turístico del país puesto que este se tiende a desarrollar de una manera importante y es conveniente prever esto invirtiendo en una infraestructura adecuada para afrontar las necesidades futuras.

Por último debo recalcar que en México existe sobrada capacidad técnica para realizar una obra de estas características. Además se ve una clara necesidad de realizar obras de este tipo, ya que no podemos estar a la expectativa del crecimiento de los demás países. Adoptar una actitud así no sería de ninguna manera benéfico para el país, sino por el contrario - nos retrasaría cada vez más en nuestro desarrollo tanto como República co

mo personas. Por lo tanto pienso que sería muy provechoso empezar a crear industria e infraestructura en nuestro territorio para adelantarnos a las necesidades futuras, porque si este futuro nos llega a alcanzar no sabemos si en ese momento podemos encontrar una solución adecuada.

- MANUAL DE PLANIFICACION DE AEROPUERTOS
PARTE 1 (Planificación General)
Primera Edición Doc 9184-AN/902 OACI

- MANUAL DE PREVISION DEL TRAFICO AEREO
Edición de 1972 Doc 8991-AT/722 OACI

- MANUAL DE PROYECTO DE AERODROMOS
PARTE 1 (Pistas)
Segunda Edición - 1984 Doc 9157-AN/901 OACI

- MANUAL DE PROYECTO DE AERODROMOS
PARTE 2 (Calles de rodaje, Plataformas y Apartaderos
de espera)
Segunda Edición - 1983 Doc 9157-AN/901 OACI

- AERODROMOS
Normas y Metodos Recomendados Internacionales
ANEXO 14 al convenio sobre aviación civil internacional
Octava Edición - Marzo de 1983 OACI

- PLAN MAESTRO DEL AEROPUERTO INTERNACIONAL DE GUADALAJARA
JALISCO
Aeropuertos y Servicios Auxiliares
Impreso en Noviembre de 1981

- AIRPORT ENGINEERING
Norman Ashford & Paul H. Wright
Segunda Edición - 1984 John Wiley & Sons

- PLANING & DESIGN OF AIRPORTS
Robert Haronjeff & Francis X. McKelvey
Tercera Edición - 1983 McGraw-Hill Book Company