

24/174

# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA



## PLANEACION Y PROYECTO DE UN AEROPUERTO

T E S I S  
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:  
INGENIERO CIVIL  
PRESENTA  
RUBEN ROSALES LOMELI

MEXICO, D. F.

1986



## **UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso**

### **DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

## I N D I C E

Capitulo I	INTRODUCCION	1
	Visión sistematica del transporte.....	2
	Situación del transporte en México.....	5
Capitulo II	JUSTIFICACION DEL TRANSPORTE AEREO	10
Capitulo III	DETERMINACION DE VALORES DE DEMANDA	16
	Variables que afectan el pronóstico de la demanda.....	19
	Estudios estadísticos y predicción de la demanda.....	21
	Operaciones horarias comerciales.....	23
	Operaciones horarias de aviación general.....	25
	Operaciones horarias totales.....	27
	Pasajeros horarios comerciales.....	28
	Pasajeros de aviación general.....	28
	Pasajeros horarios totales.....	29
	Posiciones simultaneas de aviones en plataforma de operaciones.....	30
	Posiciones simultaneas de aviación general.....	31
	Vialidad en el camino de acceso.....	33
	Número de lugares para estacionamiento de automóviles.....	35
	Area de almacenamiento de combustibles.....	36
	Area de carga.....	38
	Maletas y acompañantes por pasajero.....	38
Capitulo IV	DETERMINACION DE PARAMETROS DE PROYECTO	42
	Espacios aéreos.....	44
	Pistas, Calles de rodaje y Plataformas.....	52
	Zona Terminal.....	75
	Camino de acceso.....	80
	Almacenamiento y distribución de combustibles.....	85
	Zona industrial.....	86
Capitulo V	PLANEACION DEL AEROPUERTO	88
	Plan maestro.....	89
	Recomendaciones:	
	FAA.....	94
	OACI.....	97
	Presentación del plan maestro.....	100
Capitulo VI	CONCLUSIONES	103
	BIBLIOGRAFIA	109

## CAPITULO I

## INTRODUCCION

### VISION SISTEMATICA DEL TRANSPORTE

El transporte ha jugado un papel importante en el desarrollo de cualquier país, ya que ha servido de apoyo a los sectores productivos, en el desplazamiento de carga, pasajeros, etc. Por lo que ha propiciado la comunicación entre los centros de producción con centros de consumo con el consecuente enlace entre las distintas regiones.

El transporte se concibe recientemente como un sistema satisfactor de necesidades de desplazamiento en sistemas económicos y de actividad social.

Por lo que al transporte se le puede adjudicar las funciones de:

- A.- Satisfactor de necesidades de desplazamiento generadas por actividades económicas y sociales al nivel de asentamiento humano (uso del suelo).
- B.- Satisfactor de necesidades de desplazamiento generadas por actividades económicas y sociales a nivel regional (organización territorial).

C.- Factor de configuración de las actividades económicas y sociales en el espacio urbano (uso del suelo).

D.- Factor de configuración de las actividades económicas y sociales en el espacio regional (ordenamiento territorial).

Para el estudio del transporte una de las herramientas más valiosas para el planificador y el tomador de decisiones es el que proporciona el análisis sistemático, que se basa en hacer un estudio tanto del fenómeno en sí, como de sus interrelaciones con su medio y del medio mismo .

Para dichos análisis se recomienda adoptar la siguiente metodología de análisis global.

1.- Definición de dimensiones de análisis de la red de transporte y de su medio ambiente y determinación de variables que afectan o son afectadas por la red de transporte.

Pudiendo destacar entre otras, las siguientes dimensiones con sus respectivas variables.

a) Dimensión Técnica:

- Flujo
- Modo
- Capacidad

- Distancia
- Velocidad
- Suministro energético
- Tecnología del transporte
- Seguridad
- Topología de la red de transporte

**b) Dimensión Económica:**

- Costos de vehículos e infraestructura
- Beneficios económicos del transporte
- Estructura económica

**c) Dimensión social:**

- Demografía
- Estructura social
- Socioeconomía
- Cultura

**d) Dimensión política:**

- Distribución del poder
- Tipo de poder
- Objetivos del poder

2.- Caracterización del escenario en que se desenvuelve la red de transporte.

Una vez determinadas las variables que afectan o son afectadas por el transporte, se procede a investigar las interacciones y conflictos que se establecen entre ellas y que determinan el escenario en que se desenvuelve la red de transporte.

Para representar cualitativamente las interacciones entre variables se utiliza la representación desarrollada por K. C. Bowen. En este tipo de representación, cada variable a cierto nivel está sumergida en un medio ambiente, a través del cual interacciona con otras variables de su mismo nivel.

Las interacciones se pueden producir con variables de diferente nivel, pero por intermedio de variables de igual nivel.

Es por lo tanto de suma importancia prever las relaciones del sistema de transporte con su entorno, ya que los proyectos del sector transporte representan erogaciones bastante considerables, a la vez que sirven de apoyo para el desarrollo de un país.

#### SITUACION DEL TRANSPORTE EN MEXICO.

La contribución de los transportes al producto interno bruto aumento en los últimos años, al pasar de 4.2% en 1970 al 5.7% en 1983; creciendo a una tasa media anual del 7.7%. Por servicios, el 67% de la aportación de los transportes al producto interno

bruto corresponde al autotransporte; mientras que al transporte ferroviario corresponde el 8% ; al transporte por agua el 2% ; al transporte aéreo el 12% y el 11% restante a servicios conexos al transporte. (Datos : Programa Nacional de Comunicaciones y Transportes 1984-1988; publicado en 1985)

#### TRANSPORTE CARRETERO

La longitud del sistema carretero es de 220,000 Km de los cuales 44,200 Km son de carreteras federales libres, 930 Km de carreteras de cuota, 54,000 Km de carreteras estatales, 86,200 Km de caminos rurales y el resto corresponde a las brechas y similares.

El autotransporte sobresale entre los modos de transporte, por atender el 97% de la demanda de traslado de personas en servicios públicos y el 80% del movimiento terrestre de carga, debido principalmente a su facilidad de acceso a los espacios geográficos y a su flexibilidad operativa.

#### TRANSPORTE FERROVIARIO

La red ferroviaria, de poco menos de 25,000 Km de longitud tiene una disposición a lo largo de la República, con concentración hacia la ciudad de México y pocos enlaces transversales.

Su longitud no se ha incrementado significativamente en los últimos 40 años y casi su totalidad es de vía sencilla, con fuertes pendientes y curvaturas.

En la actualidad el ferrocarril, moviliza una cuarta parte del transporte terrestre de carga a granel y casi un tercio en términos de ton-Km.

En general, el ferrocarril en función de su mayor capacidad y menor costo, se ha concentrado en gran medida en el transporte a granel en grandes volúmenes de materias primas y productos semi-elaborados de bajo valor específico, a distancias medias y largas.

Los ferrocarriles transportaron en 1983, 24 millones de pasajeros equivalentes al 1% del movimiento nacional.

#### TRANSPORTE MARITIMO

El sistema portuario nacional está integrado por 41 puertos principales, de los cuales 12 son los de mayor importancia y cuenta con la siguiente infraestructura:

- En obras de atraque se dispone de 59 Km de muelles, repartidos entre muelles de altura, de cabotaje, de pesca, de turismo, de PEMEX y de la armada.

- En obras de almacenamiento se tienen 1.8 millones de m<sup>2</sup> entre cobertizos, patios y bodegas.

- En obras de protección se cuenta con 55 Km entre rompeolas, escolleras y espigones.

El movimiento total de la carga en el sistema portuario nacional creció al 11% anual en promedio durante 1970-1983, al pasar de 36 a 148 millones de toneladas, con un movimiento máximo de 150 millones de toneladas en 1982.

El movimiento nacional de personas vía marítima aumento de 580,000 a 4.5 millones de 1970-1983 y el de vehículos de 142,000 a 1.2 millones.

#### TRANSPORTE AEREO

Actualmente el país dispone de 72 aeropuertos y 1,255 aerodromos; 40 de los primeros están habilitados para prestar servicio nacional y 32 internacional.

El transporte aéreo aumento de 4.5 a 20.0 millones de pasajeros entre 1970 y 1983. En este último año, el 60% lo utilizó en traslados nacionales y el 31% restante en vuelos internacionales.

En el ámbito nacional, los tráficos que han tenido mayor descenso son los de vuelos nacionales o de negocios. En los mercados con

destino turístico, se han observado que no obstante el deterioro de la economía nacional, algunos de ellos se han mantenido y otros incluso han continuado su expansión.

En lo que ha carga se refiere, el volumen transportado se incremento en promedio 6% anual en el periodo 1970-1983. La carga internacional en el periodo 1970-1983 tuvo un crecimiento del 10%. En 1983 el volumen de carga nacional transportado fue de 77,700 Ton. y en el servicio internacional se movieron 45,900 Ton.

#### TRANSPORTE MULTIMODAL

El objetivo es lograr la mejor coordinación de los modos de transporte para que los traslados de bienes y personas se realice con la mayor eficiencia y el menor costo.

Su desarrollo se ha enfrentado a multiples obstáculos internos y externos que han ocasionado que su avance no sea el esperado.

CAPITULO II

## JUSTIFICACION DEL TRANSPORTE AEREO

El transporte aéreo tiene como principal usuario, a los pasajeros y en segundo término a la carga. Es por consiguiente que un aeropuerto va a ser justificable en función de la demanda de pasajeros, ya que esta nos reflejará el número de operaciones que se realizarán en el aeropuerto.

Para poder identificar la demanda potencial de usuarios del aeropuerto es necesario delimitar su posible Área de influencia.

En algunos aeropuertos mexicanos, se efectuaron análisis estadísticos del lugar de origen (residencial), o bien del lugar de destino de los pasajeros, los cuales revelaron que la distribución geográfica implica límites precisos cuando se expresan en tiempo de recorrido, generalmente en automóvil, hasta (o desde) el aeropuerto.

Dicho fenómeno, que confirma lo comprobado en otros países, mediante encuestas en aeropuertos mexicanos (14), se dedujo que el 95% del tránsito del aeropuerto proviene de la población situada a menos de 40 minutos de recorrido, y el 5% restante del tránsito proviene de una población diseminada que se ubica más lejos.

Los requisitos que debe cumplir un aeropuerto bajo el punto de vista planeación :

- Ser adecuado para las necesidades de transporte aéreo actual y futuro
- Ser capaz de atraer nuevos beneficios de comercio, industria, turismo, etc.
- Crear y asistir en el origen de nuevos intereses con otras comunidades.
- Debe ser diseñado, proyectado y construido para una administración y operación de sus instalaciones práctica y sana (Materiales fácilmente adquiribles y mantenibles).
- Debe estar concebido, proyectado, construido y financiado de manera que permita autosuficiencia y en todo caso, no representar una carga excesiva a usuarios y contribuyentes.
- El aeropuerto debe manejarse como una empresa es decir que sus ingresos sean mayores que sus egresos por concepto de operación del aeropuerto y la amortización de las inversiones. Se hace necesario evaluar, otros beneficios

indirectos, que se obtienen a partir del desarrollo de una región.

Es decir, el aeropuerto se puede ver desde dos puntos de vista, la evaluación económica y la evaluación financiera. La evaluación financiera que calcula una rentabilidad comercial y la evaluación económica, en la que se comparan costos y beneficios sociales del proyecto para el país.

Para que un aeropuerto sea autosuficiente es necesario que las rentas no aeronáuticas sean mayores o iguales al 60% de los ingresos fijos del aeropuerto, entendiéndose por rentas no aeronáuticas las derivadas de la concesión a tiendas, concesión por administración de estacionamientos, etc.

Para el proyecto de un aeropuerto existen cuatro posibilidades :

1.- Construir un aeropuerto donde no hay. El aeropuerto es un aliciente para la localización de polos de desarrollo, debido al efecto multiplicador del mismo.

2.- Ampliar un aeropuerto existente. Para esto es necesario que el plan maestro sea lo suficientemente flexible, para permitir el crecimiento de las instalaciones del aeropuerto.

3.- Construir un nuevo aeropuerto cancelando el o los actuales.

Es necesario en este caso que exista una coordinación , para que cuando se empiece a operar el nuevo aeropuerto se trasladen los servicios de el o los aeropuertos cancelados al aeropuerto en operación y no se tengan interferencias en las maniobras de las aeronaves, así como el poder trasladar los equipos que puedan ser utilizados en el nuevo aeropuerto.

4.- Construir un aeropuerto nuevo, conservando el o los actuales. En caso de existir esta posibilidad, será necesario cuidar los espacios aéreos, para que las aeronaves en sus maniobras de aterrizaje o despegue, no interfieran con las maniobras que ejecuten otras aeronaves, cuyo destino sea otro aeropuerto. De este modo se proporcionara un servicio seguro para la navegación.

Para la selección del sitio del aeropuerto es necesario considerar los siguientes factores :

- 1.- Tipo de desarrollo del área circundante.
- 2.- Condiciones atmosféricas.
- 3.- Accesibilidad al aeropuerto.
- 4.- Disponibilidad de terrenos para expansiones.
- 5.- Presencia de otros aeropuertos en el área.
- 6.- Obstrucciones circundantes.
- 7.- Economía de construcción.

8.- Utilidad disponible.

9.- Proximidad de la demanda aeronáutica.

10.- Impacto ambiental.

11.- Desplazamiento de personas.

12.- Impacto económico por cambio del régimen de la tierra.

**CAPITULO III**

## DETERMINACION DE VALORES DE DEMANDA

El cálculo de los pronósticos de la demanda reviste gran importancia en la planeación de aeropuertos, ya que los resultados arrojados nos ayudarán a dimensionar los sistemas que componen un aeropuerto, es por lo tanto necesario que los pronósticos de la demanda sean lo mas reales, para que de este modo no exista la posibilidad de realizar obras que resulten sobredimensionadas o subdimensionadas, en la inteligencia de que el grado de precisión en el pronóstico debe atender al hecho de que algunas instalaciones aeroportuarias requieren de largos plazos para ser puestas en operación, en tanto que otras pueden desarrollarse con mayor rapidez.

Ademas de el cálculo de pronósticos de la demanda es necesario contar con la colaboración y coordinación de las empresas de aviación y las autoridades aeroportuarias, puesto que en innumerables ocasiones se ha visto que el transporte aéreo se adapta con relativa facilidad y velocidad a los cambios en la demanda, en contraste con los aeropuertos que requieren de plazos ciertamente prolongados para adecuar sus instalaciones. Los métodos de cálculo que se presentan a continuación pueden variar con respecto al tiempo, así como en el país en que se desarrollan.

Se entiende que la demanda esta relacionada con el concepto de capacidad, es por lo tanto que cualquier análisis de capacidad de aeropuertos, siempre debiera estar referida y tomar en cuenta los siguientes tres elementos :

1) El volumen de la demanda esperada y el periodo durante el cual se pretende satisfacerla.

2) El nivel de calidad de servicio que se pretenda ofrecer al usuario.

3) El equilibrio entre las capacidades propias de cada uno de los sistemas y subsistemas del aeropuerto.

El nivel de demanda potencial tiene implicaciones diferentes para cada uno de los sistemas del aeropuerto; por ello el análisis debe realizarse tomando en cuenta los factores que por separado influyan en cada elemento del aeropuerto.

Para los pronósticos de la demanda, se realizan estimaciones de volúmenes de actividad en los plazos corto, medio y largo plazo. Los pronósticos a largo plazo son utilizados para determinar fundamentalmente las provisiones que deben hacerse en cuanto a disponibilidad de terrenos. Las estimaciones a corto y mediano plazo se utilizan para el dimensionamiento y diseño de las instalaciones.

## VARIABLES QUE AFECTAN EL PRONOSTICO DE LA DEMANDA

Los viajes pueden reconocerse como el producto de cuatro factores básicos que deben ser tomados en cuenta en cualquier intento realista para analizar la predicción de la demanda en el tiempo.

Los cuatro factores básicos son los siguientes :

- 1) Oferta de pasajeros.
- 2) Motivación para viajar.
- 3) Disponibilidad de recursos.
- 4) Una infraestructura de transporte capaz de apoyar la demanda de viajes.

Para el estudio de pronósticos en el largo plazo es necesario considerar la naturaleza de los factores que subordinan la demanda cuando se intenta hacer pronósticos. Cuando se quiere hacer un análisis completo de la demanda, el procedimiento debe considerar los siguientes puntos :

- 1) Observación de las tendencias pasadas.
- 2) Identificar las variables exógenas que actúan como subrogantes de los factores básicos que causan cambios en el nivel de la demanda del transporte aéreo.
- 3) Realizar una investigación base, para recopilar datos socioeconómicos, el status de la población, la naturaleza

del área y el status tecnológico del sistema.

4) Establecimiento de relaciones entre las variables predictivas y ambos niveles y cambios en los niveles de demanda del transporte aéreo.

5) Predicción de los niveles anticipados de las variables exógenas en el año de diseño.

6) Predicción de los niveles en el año de diseño de las variables exógenas y las relaciones predictivas de los niveles de la demanda futura.

Los métodos simplistas de predicción tales como la extrapolación de la tendencia de pronósticos son tomados en cuenta solo en el primer caso y los pasos del 2 al 6 están mezclados con juicios subjetivos con grados variables de éxito.

En el intento de hacer predicciones el analista debe enumerar y cuantificar las variables que afecten el nivel de la demanda. En el pasado se han usado variables en las siguientes áreas.

- 1) Variables demográficas incluyendo políticas promocionales y regulatorias.
- 2) Proximidad a otras grandes ciudades.
- 3) Carácter económico de la ciudad.
- 4) Actividad gubernamental, incluyendo políticas promocionales y regulatorias, subsidio a otros medios

competitivos, conservación de la energía y políticas de balance de pagos.

5) Niveles de tarifas.

6) Desarrollo de los medios de transporte competitivos.

7) Desarrollo tecnológico en la industria del transporte aéreo.

8) Adecuación de la infraestructura del medio aéreo y los medios competitivos.

9) Carácter del desarrollo urbano y regional.

10) Otros imponderables tales como cambios socioculturales, patrones de trabajo, cambios en la tecnología de la comunicación y los cambios seculares en los patrones de vida.

#### ESTUDIOS ESTADÍSTICOS Y PREDICCIÓN DE LA DEMANDA

El número de pasajeros anuales que se mueve en un aeropuerto, es la base de partida para las proyecciones, por ser el factor que permite ser proyectado al futuro con más facilidad y acercarse más a la realidad .

Las curvas de tendencia que se utilizan con más frecuencia para la predicción de la demanda son:

- a) La línea recta expresada en forma de  $y = a + bx$  en donde "y" es la variable objeto de la extrapolación "x" el tiempo, "a" y "b" son constantes. Es por consiguiente que constituye la curva de tendencia más sencilla pero muchas veces no representa la tendencia de la demanda.
- b) La curva exponencial representada por la ecuación  $y = ab^x$  en donde "y" es la variable de estudio, "x" el tiempo, "a" y "b" son constantes.
- c) El método de los mínimos cuadrados, el cual consiste en ajustar una línea recta a los puntos que resultan de los estudios estadísticos, es decir 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 de los puntos a la línea es mínima.

Existen otras curvas de tendencia tales como:

- a) Curva potencial  $y = ax^b$
- b) Curva exponencial  $y = ae^{bx}$
- c) Curva logarítmica  $y = a + b(\ln x)$

Donde:

y = variable a extrapolar

x = tiempo

a, b = constantes de las curvas

Cuando en la previsión se consideran tasas de crecimiento constantes, se utiliza la siguiente curva.

$$V_f = V_p (1 + i)^n$$

Donde:

$V_f$  = valor futuro de pasajeros anuales

$V_p$  = Valor presente de pasajeros anuales

$i$  = tasa media anual de crecimiento (obtenido estadísticamente).

$n$  = tiempo (número de años).

Esta última curva que también es exponencial, permite al proyectista ir variando la tasa de crecimiento de manera de abatir la curva cuando el horizonte de previsión es mayor de 10 años; o bien fijar una tasa alta en la etapa inicial y una tasa mínima en la etapa final y calcular las intermedias mediante interpolación, siendo esta la tasa variable.

Para saber que curva es la que mejor se adapta a los datos estadísticos de pasajeros, se utiliza el método de regresión.

#### OPERACIONES HORARIAS COMERCIALES

Los valores de la demanda obtenidos anualmente, se debe a que permiten ser fácilmente proyectados al futuro; y nos sirvan para conocer el volumen que se espera que mueva el aeropuerto. Los valores obtenidos para la hora crítica, se apoyan en los anteriores y nos determinarán la máxima demanda que se presentará en cierta hora del día en el aeropuerto; conocidos estos valores

posteriormente podremos determinar los parámetros de proyecto. Cabe mencionar que el servicio a proporcionar muchas veces no esta acorde con la demanda que ocurre en la hora critica ya que esta se presenta en forma efimera, y se incurriria en obras que no se utilizarian a toda su capacidad durante el día.

La Dirección General de Aeropuertos elaboro un modelo para obtener las operaciones horarias comerciales en función de las operaciones anuales comerciales que se presentaron en diferentes aeropuertos mexicanos y las relaciones con las operaciones horarias comerciales (operaciones comerciales en hora critica) aforadas, obteniendo la siguiente curva:

$$y = 0.0142 x^{0.65}$$

Donde:

x = operaciones comerciales anuales;  
OP CM A = PAX COM \* 2.139/100

y = operaciones horarias comerciales

Otra forma de obtener las operaciones horarias comerciales es por medio del método analítico que se aplica cuando el aeropuerto corresponde a un área existente y el tránsito respecto al año estudiado es inferior a 300,000 PAX/año; para esto es necesario conocer el tipo de avión y las frecuencias del servicio.

$$OP CM HC (i) = (F(i) / 15) * 2 + (N(i) / 2) * 2$$

Donde:

$(F(i) / 15) * 2 =$  se refiere a las operaciones horarias de aviones grandes en el año (i). Aquí se admite que las operaciones se distribuyen uniformemente entre las horas de apertura del aeropuerto (generalmente 15 hrs.) y que una frecuencia constituyen dos operaciones.

$(N(i) / 2) * 2 =$  Se refiere a las operaciones de tercer nivel cuyo tránsito corresponde a una clientela local de tal modo que las salidas se concentran por la mañana y las llegadas por la tarde esto durante dos horas.

Otra forma de cálculo es en base a valores estadísticos entre la razón de tránsito en hora crítica y tránsito anual en % .

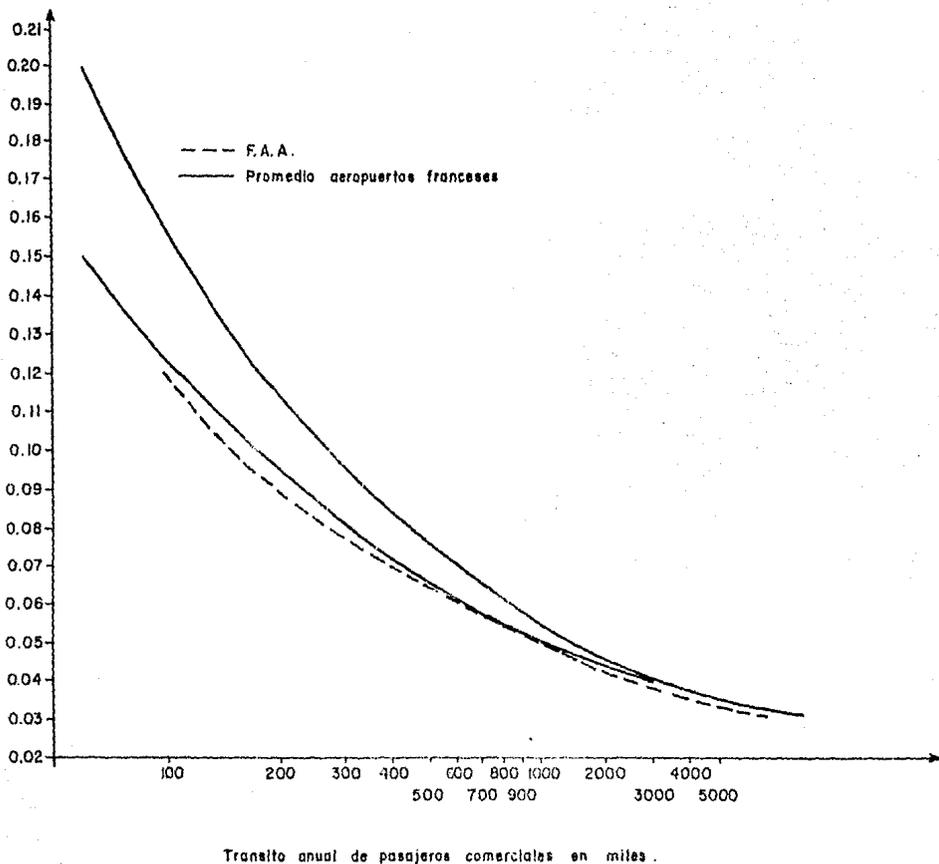
En México todavía no hay estadísticas de este tipo. Por tanto se utiliza la relación gráfica establecida por la FAA (Administración Federal Aérea).

La gráfica 3.1 proporciona coeficientes que al aplicarlos a las operaciones anuales nos da como resultado operaciones comerciales en hora crítica.

#### OPERACIONES HORARIAS DE AVIACION GENERAL

Se calcula en base a un coeficiente global de hora crítica con respecto al tránsito anual deducido de análisis estadísticos.

Operaciones en hora crítica  
 Operaciones anuales en %



GRAFICA 3.1 FAA - Coeficientes de hora crítica de operaciones y pasajeros en aviación comercial.

relativos a la actividad de la aviación general en aeropuertos mexicanos.

Las estadísticas demostraron que:

El mes crítico corresponde al 10% del tránsito anual, que el día crítico corresponde al 5% del tránsito mensual y que la hora crítica corresponde al 40% del tránsito diario.

#### OPERACIONES HORARIAS TOTALES

Se obtienen en base a la ecuación potencial:

$$y = 0.0128 x^{0.7014}$$

Donde:

x = operaciones anuales totales (comerciales + aviación general)

y = operaciones horarias totales

Obtenida de valores registrados en diferentes aeropuertos de la República Mexicana.

Existen otras formas, una de ellas es en base a estadísticas francesas.

$$OP\ HC(i) = 0.0185 (OP\ TOT(i))^{0.65};$$

$$si\ OP\ AG(i) / OP\ TOT(i) < 50\%$$

Otra forma sería en base a la siguiente fórmula

$$OP\ HC\ (i) = 0.0148\ (OP\ TOT\ (i))^{0.65} ;$$

si  $OP\ AG(i) / OP\ TOT(i) > 50\%$

#### PASAJEROS HORARIOS COMERCIALES

Se calcula en base al modelo:

$$y = 0.16 x^{0.606}$$

Donde:

x = pasajeros anuales comerciales

y = pasajeros horarios comerciales

Obtenido de aforos realizados en aeropuertos mexicanos.

Otra forma es en base a los coeficientes de ocupación (generalmente se considera el 80%) que aplicado a las operaciones horarias y tipo de avión da como resultado los pasajeros horarios comerciales. También se pueden calcular los pasajeros horarios en base a los coeficientes de hora crítica calculados de la gráfica 3.1 vista anteriormente para calcular operaciones horarias.

#### PASAJEROS HORARIOS DE AVIACION GENERAL

Una forma de cálculo es en base al número de pasajeros por avión, de aviación general, que a continuación se indica:

Para aeropuertos turísticos:

$$PAG (i) = 3.38 * (T/79)^{0.24}$$

Con un máximo de 5.07

Otros aeropuertos:

$$PAG (i) = 2.57 * (T/79)^{0.24}$$

Con un máximo de 5.17

Donde:

$$T = \text{año } (i) - 1900$$

El valor así obtenido se multiplica por las operaciones horarias de aviación general y se tienen pasajeros horarios.

PASAJEROS HORARIOS TOTALES (COMERCIALES + AVIACION GENERAL)

Se calcula en base al modelo:

$$y = 0.16 * x^{0.606}$$

Donde:

x = pasajeros anuales totales

y = pasajeros horarios totales

POSICIONES SIMULTANEAS DE AVIONES EN PLATAFORMA DE  
OPERACIONES COMERCIALES

Existen los siguientes procedimientos de cálculo:

1.- En base a datos estadísticos y posiciones simultáneas aforadas, en diferentes aeropuertos mexicanos, la Dirección General de Aeropuertos ha obtenido una serie de rendimientos los cuales están expresados en función del número de pasajeros que pueden ser atendidos por posición.

PASAJEROS ANUALES	RENDIMIENTO
0.0 - 100,000	40,000 - 50,000
100,000 - 200,000	65,000 - 75,000
200,000 - 500,000	110,000 - 150,000
500,000 - 1'000,000	165,000 - 200,000
1'000,000 - 3'000,000	230,000 - 250,000
3'000,000 - 5'000,000	300,000 - 350,000

No. posiciones simultáneas = pasajeros anuales / rendimiento

2.- Otra forma para determinar el número de posiciones simultaneas es siguiendo el método de la FAA (Federal Aviation Agency) la cual proporciona una gráfica que esta en función de un índice de pasajeros.

En la gráfica 3.2 el número anual de pasajeros esta en cientos de miles. Para los aeropuertos mexicanos, al número de pasajeros

anuales/100,000 se multiplica por un factor de 0.5, con este nuevo valor se entra a la gráfica.

3.- En Francia por ejemplo se utiliza un método a partir del número de operaciones horarias suponiendo un tiempo medio de escala de 0.75 de hora y una proporción de llegadas del 65% del total. Bastara multiplicar las operaciones horarias por el tiempo de escala y por la proporción de llegadas para así obtener el número de posiciones en plataforma, en vuelos internacionales se consideran escalas de una hora y un 65% de llegadas.

La Dirección General de Aeropuertos recomienda considerar el promedio de los tres valores calculados.

#### POSICIONES SIMULTANEAS DE AVIACION GENERAL

Se utiliza la fórmula siguiente:

$$N_s = 0.35 n_o + N_o./800$$

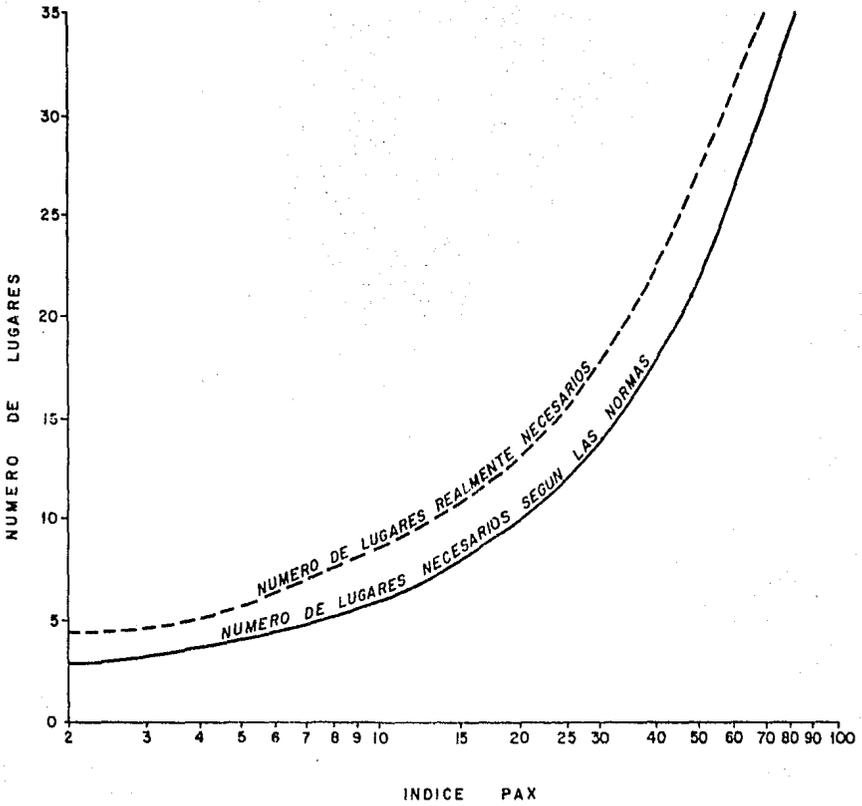
Donde:

$N_s$  = Número de posiciones simultaneas

$n_o$  = Número de operaciones horarias

$N_o$  = Número de operaciones anuales

Fuente: Servicio Técnico de Bases Aéreas (Francia)



GRAFICA 3.2 - Número de posiciones de estacionamiento necesarios.

## VIALIDAD EN EL CAMINO DE ACCESO

El desarrollo del transporte aéreo esta condicionado por la factibilidad de acceso a los aeropuertos, ya que este establece la unión entre el aeropuerto y el usuario. ,

Existen dos métodos para la determinación del tránsito de vehículos. El primero es en base a fórmulas, por lo que requiere como información haber realizado aforos sobre tránsitos y conocer los pasajeros en hora pico de aviación comercial + aviación general.

El segundo es utilizando coeficientes obtenidos en base a estadísticas mexicanas e internacionales. Este método requiere como información para su aplicación el conocer los pasajeros anuales totales.

Dado que el primer método requiere para su aplicación conocimiento estadístico considerable, que no siempre posee el planeador al estudiar la factibilidad de un aeropuerto, por lo que se recurre con mayor frecuencia al segundo método.

Para la utilización del segundo método recurrimos a la tabla 3.1, para conocer el tráfico horario total en función del tránsito anual de pasajeros.

Tráfico anual de pasajeros		100,000	500,000	1'000,000	2'000,000	5'000,000	10'000,000
Número de empleados		160	800	1,600	3,200	9,000	20,000
T r á f i c o l o s  d e	-pasajeros	146	690	1,310	2,466	5,970	11,700
	-empleados	152	570	933	1,641	3,855	8,100
	-visitantes y otros motivos	86	379	703	1,329	3,001	6,027
	TOTAL	384	1,639	2,946	5,436	12,826	25,827
	VL	374	1,579	2,839	5,229	12,331	24,816
	C + TC	10	60	107	207	495	1,011
	Tráfico día de punta	TOTAL	590	2,360	4,062	7,035	17,610
	Tráfico hora de punta	TOTAL	148	437	659	1,047	2,207
C o e f i c i e n t a	Día de punta / día medio	1.51	1.44	1.38	1.34	1.39	1.36
	Hora de punta / día de punta	0.255	0.185	0.162	0.143	0.124	0.133
	Hora de punta / día medio	0.385	0.267	0.224	0.193	0.172	0.155
Promedio:	Día medio	2.80	2.39	2.15	1.98	1.87	1.86
Vehículos	Hora de punta	2.00	2.18	2.11	1.99	2.20	2.42
Pasajeros							

TABLA 3.1 DGA, Tráfico horario total en el camino de acceso

## NUMEROS DE LUGARES PARA ESTACIONAMIENTO DE AUTOMOVILES

### a) De pasajeros de aviación comercial

La D. G. A. ha realizado en diferentes aeropuertos de la República aforos en los estacionamientos de automoviles y los ha relacionado con los pasajeros horarios comerciales obteniendo así un coeficiente promedio (0.534 lugares/pasajeros horarios), el cual al multiplicarlo por los pasajeros horarios da como resultado el número de lugares de estacionamiento de vehiculos.

En países Europeos o los Estados Unidos la forma de obtener el número de lugares de estacionamiento de vehiculos es considerando un coeficiente de 1.5 a 2.0 lugares por pasajero en hora pico, pero estos coeficientes resultan muy elevados para nuestro país.

### b) De pasajeros de aviación general

Se considera un factor de 800 lugares por cada millón de pasajeros anuales.

### c) De empleados

El número de empleados es variable de acuerdo a cada país, en México se considera 80 empleados por cada 100,000 pasajeros anuales totales. Para obtener el número de lugares de estacionamiento se considera un factor de 200 a 250 lugares por cada 1,000 empleados.

## AREA DE ALMACENAMIENTO DE COMBUSTIBLES

Para el estudio de esta área es necesario conocer la capacidad de almacenamiento, ello implica conocer el tipo de avión crítico que va a operar en el aeropuerto y una vez definido este conocer la clase de aeropuerto.

Es conveniente indicar las diferentes clases de aeropuertos a considerar:

### CLASE 1

Incluye la aviación ligera como avión crítico es el monomotor y eventualmente el bimotor pequeño .

### CLASE 2

En esta clase se contempla la aviación general de turbina y por lo tanto la aviación de negocios pudiendo ser el avión crítico el pequeño bimotor del tipo Lear-Jet.

### CLASE 3

Aquí se incluye la aviación comercial pero para líneas regulares de poco tránsito. El avión crítico puede ser el Beech 99 ó el Corvette.

#### CLASE 4

Se permite el tránsito comercial pero de líneas regulares cuyo tránsito justifica la utilización de aviones del tipo Fokker-27 ó HS-748.

#### CLASE 5

La función principal del aeropuerto es recibir el tránsito comercial de líneas interiores regulares con aviones como el DC-9, B-737 ó similares.

#### CLASE 6

Aquí el avión crítico podría ser el B-727 ó el A-300.

#### CLASE 7

Aquí ya se contempla el tránsito internacional es decir para atender líneas de larga distancia cuyo avión crítico puede ser el B-747, DC-10 ó similares.

La capacidad del depósito puede ser determinada en principio multiplicando el consumo diario por la duración de almacenamiento.

El consumo esta en función de la intensidad del tránsito del aeropuerto y de su repartición según las diferentes categorías de aviones, a nivel de factibilidad existen capacidades de almacenamiento en función de la clase de aeropuerto.

CLASE DE AEROPUERTO	CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO
1	3 - 30 M <sup>3</sup>
2	20 - 50 M <sup>3</sup>
3	50 - 200 M <sup>3</sup>
4	100 - 500 M <sup>3</sup>
5	100 - 500 M <sup>3</sup>
6	500 - 2,000 M <sup>3</sup>
7	más de 5,000 M <sup>3</sup>

#### AREA DE CARGA

En aeropuertos en los cuales el tránsito de carga es importante se justifica la existencia de una zona de carga individualizada y completa, servida exclusivamente por aviones de carga.

Dado que en México la carga se transporta prácticamente en las bodegas de los aviones de pasajeros, se deberá hacer un análisis técnico-económico de la conveniencia de tener áreas especializadas para el manejo de carga.

#### MALETAS Y ACOMPAÑANTES POR PASAJERO

En aforos realizados por la D. G. A., en aeropuertos de la

República Mexicana, las cantidades obtenidas se presentan en el siguiente cuadro, las cuales corresponden a los promedios de la colección de datos tomados en cada aeropuerto.

Los resultados arrojados por las estadísticas y sus proyecciones servirán para obtener lo que llamaremos "Parámetros de Proyecto" y sus tendencias; cifras que permitan definir la magnitud de los diferentes elementos del aeropuerto, mediante concentraciones máximas frecuentes.

AEROPUERTO	AÑO	Visitantes por pasajero				Maletas por pasajero			
		Nacional		Internacional		Nacional		Internacional	
		llegada	salida	llegada	salida	llegada	salida	llegada	salida
Acapulco (ACA)	1973	-	-	-	-	1.54	-	2.08	-
Acapulco (ACA)	1975	0.20	-	0.40	-	1.30	-	1.60	-
Acapulco (ACA)	1977	0.47	0.55	0.12	-	0.93	0.92	1.34	1.36
Cd. Obregón (CEN)	1976	1.04	-	-	1.20	1.03	-	-	-
Cd. Obregón (CEN)	1981	-	0.56	-	-	1.06	0.73	-	-
Cd. Juárez (CJS)	1977	1.30	1.65	-	-	1.20	1.03	-	-
Cd. Juárez (CJS)	1981	-	-	-	-	0.82	-	-	-
Campeche (CPE)	1974	1.30	-	-	-	1.00	-	-	-
Otlacacán (CUL)	1981	-	0.48	-	-	0.98	0.82	-	-
Cancun (CUN)	1981	-	0.17	-	-	1.25	1.06	1.34	1.02
Chihuahua (CUU)	1981	-	0.26	-	-	0.75	0.55	-	-
Cozumel (CZH)	1970	1.16	-	-	-	-	-	-	-
Cozumel (CZH)	1976	0.36	-	0.36	-	1.49	-	1.49	-
Durango (DGO)	1981	-	0.12	-	-	0.90	1.00	-	-
Guadalajara (GDL)	1977	1.60	1.42	1.63	1.31	0.95	0.94	1.34	1.21
Guadalajara (GDL)	1981	-	0.11	-	0.20	0.98	1.05	0.97	1.12
Guaymas (GYM)	1981	-	-	-	-	0.81	-	-	-
Hermosillo (HMO)	1981	-	0.23	-	-	0.97	0.68	-	-
La Paz (LAP)	1981	-	0.19	-	-	0.96	1.08	-	-
León (LEO)	1981	-	0.60	-	-	0.60	0.62	-	-
Loreto (LTO)	1981	-	-	-	-	1.29	1.33	-	-
Matamoros (MMM)	1975	1.45	-	-	-	1.04	-	-	-
Manzanillo (ZLO)	1981	-	0.07	-	-	0.89	1.01	1.22	-
Nazatlán (NAT)	1981	-	0.14	-	-	0.68	0.88	0.96	1.30
Mérida (MID)	1981	-	0.22	-	0.18	1.09	0.92	1.32	1.08
Monterrey (MTY)	1974	1.30	-	2.00	-	1.30	-	1.80	-
Monterrey (MTY)	1976	0.65	-	0.60	-	0.72	0.67	0.69	1.12
Monterrey (MTY)	1977	0.85	0.56	1.09	0.83	0.86	0.73	1.16	0.91

TABLA 3.2 DGA, Coeficientes de visitantes y equipajes para aeropuertos mexicanos.

AEROPUERTO	AÑO	Visitantes por pasajero				Maletas por pasajero			
		Nacional		Internacional		Nacional		Internacional	
		llegada	salida	llegada	salida	llegada	salida	llegada	salida
Mexicali (MXL)	1981	-	0.20	-	-	0.99	0.70	-	-
México (MEX)	1973	-	-	-	-	2.30	-	2.50	-
México (MEX)	1977	1.12	1.23	1.56	1.76	1.80	1.51	2.17	1.52
México (MEX)	1981	-	-	-	-	0.71	0.32	1.22	-
Puerto Vallarta (PVR)	1973	-	-	-	-	1.13	-	1.06	-
Puerto Vallarta (PVR)	1981	-	0.09	-	-	0.57	0.64	0.45	-
Sn. José del Cabo (SJC)	1981	-	0.08	-	-	1.00	0.87	-	-
Tijuana (TIJ)	1981	-	0.35	-	-	0.88	1.07	-	-
Torreón (TRC)	1981	-	0.14	-	-	0.93	0.91	-	-
Villahermosa (VSA)	1974	-	-	-	-	1.05	-	-	-
Villahermosa (VSA)	1981	-	0.17	-	-	1.05	0.44	-	-
PROMEDIO		0.99	0.42	0.97	0.65	1.05	0.88	1.37	1.18

TABLA 3.2 CONTINUACION

## CAPITULO IV

## DETERMINACION DE PARAMETROS DE PROYECTO

Una vez conocidos los valores de la demanda podremos determinar lo que denominaremos parámetros de proyecto, los cuales nos determinarán las dimensiones de los sistemas que componen el aeropuerto.

Resulta conveniente recordar que un aeropuerto es la conexión entre dos medios de transporte, el transporte terrestre y el transporte aéreo. Por lo que un aeropuerto como parte esencial del transporte aéreo, resulta ser un sistema muy complejo, es por eso que para su estudio resulta conveniente dividirlo en sistemas más particulares, los cuales van a estar interactuando entre sí, de tal forma que la capacidad del aeropuerto estará determinada por el sistema que tenga menor capacidad; sin olvidar que un incremento en la capacidad representa un incremento de inversión.

Para la determinación de los parámetros de proyecto de un aeropuerto resulta conveniente dividirlo para su estudio en los siguientes sistemas:

- a) Espacios aéreos.
- b) Pistas, Calles de rodaje, Plataformas.
- c) Zona terminal.
- d) Camino de acceso.
- e) Almacenamiento y distribución de combustible.

f) Zona industrial.

## ESPACIOS AEREOS

Para que el transporte aéreo proporcione un servicio seguro, se hace necesario que la localización del aeropuerto se encuentre en un área, que se encuentre libre de obstáculos ya sean naturales o artificiales.

El organismo encargado de formular especificaciones acerca de los espacios aéreos a nivel internacional es la OACI (Administración Federal Aérea), otro organismo al cual se recurre es la FAA (Administración Federal Aérea) el cual proporciona especificaciones sobre espacios aéreos pero con carácter nacional (E.U.A.). Ambos organismos proporcionan superficies imaginarias próximas a los aeropuertos.

En términos de la FAA, la protección de los espacios aéreos próximos a los aeropuertos se han definido cinco superficies imaginarias principales:

- 1.- Superficie primaria. Es una superficie que esta centrada sobre la pista, extendiendose 61 m más allá de las zonas de parada en cada dirección, en caso de pistas pavimentadas.
- 2.- Superficie de aproximación. Es un plano inclinado o combinación de planos, de anchos variables que van desde el extremo de la superficie primaria.
- 3.- Superficie horizontal. Es un plano horizontal que se encuentra a una altura de 46 m sobre la elevación promedio del aeropuerto.
- 4.- Superficie de transición . Es un plano inclinado con una

pendiente de 7:1 extendiéndose hacia arriba y hacia afuera de las superficies primaria y de aproximación, terminando en la superficie horizontal.

5.- Superficie cónica. Es una superficie inclinada con una pendiente de 20:1 extendiéndose hacia arriba y hacia afuera a partir de la superficie horizontal y con una longitud de 1,219 m a partir de la periferia de la superficie horizontal.

En la figura 4.1 y tabla 4.1 se muestran las superficies así como sus dimensiones.

		Dimensiones estándar (m)					
		Pista					
		visual		instrumentos			
				no/precisión	precisión		
				B			
Dimensión ^	Concepto	A	B	A	C	B	
A	Ancho sup. primaria y ancho sup. aproximación extremo interior	76	152	152	152	305	305
B	Radio sup. horizontal	1524	1524	1524	1524	3048	3048
C	Ancho sup. aproximación al final	381	457	610	1067	1219	4877
D	Longitud superficie de aproximación	1524	1524	1524	3048	3048	*
E	Pendiente de aproximación	20:1	20:1	20:1	34:1	34:1	*

Fuentes: Objects Affecting Navigable Airspace, Federal Aviation Regulations, Part 77, Junio 1975

^ A) Pistas alimentadoras, B) Pistas mas largas que las alimentadoras, C) Visibilidad mínima > 1 207 m , D) Visibilidad mínima < 1 207 m .

\* Pendiente de aproximación por instrumentos de precisión < 50:1 longitud interior 3,048 m y una pendiente adicional de 40:1 de 12,192 m.

TABLA 4.1 FAA, Dimensiones de superficies imaginarias en aeropuertos civiles

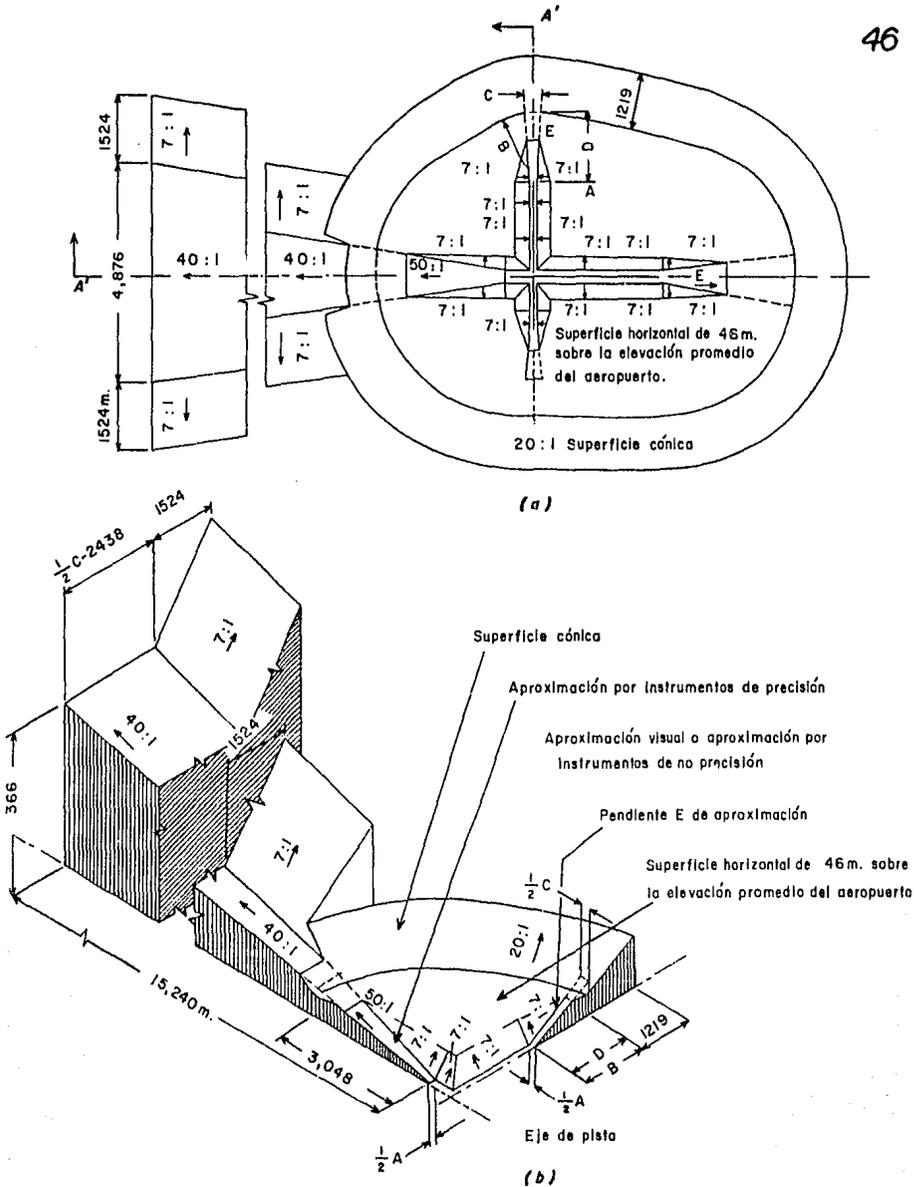


FIGURA 4.1 FAA - Dimensiones de superficies imaginarias en aeropuertos civiles. (a) Vista en planta. (b) Isométrico A - A'.

- A. Ancho de superficie primaria y ancho de superficie de aproximación.      B. Radios de superficie horizontal.  
 C. Ancho de superficie de aproximación al final.      D. Longitud de superficie de aproximación.      E. Pendiente de aproximación.

La OACI en su anexo 14 utiliza la clave de referencia con el objeto de proporcionar un método simple para relacionar entre sí las numerosas especificaciones concernientes a las características de los aeropuertos. La clave de referencia 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 del 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. La letra o número de la clave dentro de un número seleccionado para fines del proyecto está relacionado con las características del avión crítico para el que se proporcione la instalación. Para un avión determinado, la referencia de la longitud de campo puede determinarse del manual de vuelo proporcionado por el fabricante.

Elemento 1 de la clave		Elemento 2 de la clave		
Num. de Clave	Longitud del campo de referencia del avión	Letra de Clave	Envergadura	Anchura exterior entre ruedas tran principal
1	L < 800 m	A	E < 15 m	A < 4.5 m
2	800 ≤ L < 1200 m	B	15 ≤ E < 24 m	4.5 ≤ A < 6.0 m
3	1200 ≤ L < 1800 m	C	24 ≤ E < 36 m	6.0 ≤ A < 9.0 m
4	1800 ≤ L	D	36 ≤ E < 52 m	9.0 ≤ A < 14 m
		E	52 ≤ E < 60 m	9.0 ≤ A < 14 m

Fuentes: Anexo 14, OACI; año de 1985, con enmienda de 1983.

TABLA 4.2 OACI, Clave de referencia.

Las normas de dimensión de la OACI se determinan a partir del número de clave y la clasificación de las pistas; que pueden ser de:

- Aproximación visual
- Aproximación que no sea de precisión
- Aproximación de precisión

Una pista de aproximación visual es aquella que proporciona las ayudas necesarias para operar solamente con condiciones visuales. Una pista de aproximación que no sea de precisión tiene instrumentos limitados de gufa, con equipo que proporciona el azimut, o de equipo de navegación de cobertura de área. Una pista de aproximación de precisión esta totalmente equipada para procedimientos de aterrizajes por instrumentos, con equipos como el ILS (sistema de aterrizajes por instrumentos) o como el PAR (aproximación por radar de precisión).

Vease tablas 4.3 y 4.4 para conocer las dimensiones y pendientes de las superficies limitadoras de obstáculos, así como figura 4.2 para conocer sus formas.

Superficie y dimensiones ^	Número de clave		
	1	2	3 ó 4
DE ASCENSO EN EL DESPEGUE			
Longitud del borde interior	60 m	80 m	180 m
Distancia desde el extremo de la pista #	30 m	60 m	60 m
Divergencia (a cada lado)	10 %	10 %	12.5 %
Anchura final	380 m	580 m	1200 m*
Longitud	1600 m	2500 m	15000 m
Pendiente	5 %	4 %	2 %

Fuente: Anexo 14, OACI; publicada en 1985, con enmienda de 1983.

^ Salvo indicación contraria, todas las dimensiones se miden horizontalmente.

# La superficie de ascenso en el despegue comienza en el extremo de la zona libre de obstáculos si la longitud de ésta excede de la distancia especificada.

\* Se tomará 1800 m cuando la derrota prevista incluya cambios de rumbo mayores de 15 grados en las operaciones realizadas en IMC, o en VMC durante la noche.

#### PISTAS DE DESPEGUE

TABLA 4.3 Dimensiones y pendientes de las superficies limitadoras de obstáculos.

Cabe mencionar que cuando el aeropuerto cuenta con VOR ( Very High Frequency Omni Directional Radio ) y este se localiza a los costados de la pista, se hace necesario proteger a los aviones en sus maniobras de aproximación . Para lo cual se determinan procedimientos de aproximación para las aeronaves ; que se basan en las restricciones físicas del sitio y del avión, determinando de esta forma los trapecios de aproximación del VOR (para mayor información consultar: TERP's-FAA y Documento 8168 Volumen II OACI).

**Clasificación de las pistas**

Superficies y dimensiones	Aproximación visual		Aproximación que no sea de precisión			Aproximación de precisión Categoría I		Aproximación de precisión Categoría II o III	
	Número de clave		Número de clave			Número de clave		Número de clave	
	1	2	3	1,2	3	4	1,2	3,4	Número de clave 3,4
<b>CONICA</b>									
Pendiente	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%
Altura	35	55	75	100	60	75	100	60	100
<b>HORIZONTAL INTERNA</b>									
Altura	45	45	45	45	45	45	45	45	45
Radio	2000	2500	4000	4000	3500	4000	4000	3500	4000
<b>APROXIMACION INTERNA</b>									
Anchura	-	-	-	-	-	-	90	120	120
Distancia desde/umbral	-	-	-	-	-	-	60	60	60
Longitud	-	-	-	-	-	-	900	900	900
Pendiente	-	-	-	-	-	-	2.5%	2%	2%
<b>APROXIMACION</b>									
Longitud borde int.	60	60	150	150	150	300	300	150	300
Distancia desde/umbral	30	60	60	60	60	60	60	60	60
Divergencia (a c/lado)	10%	10%	10%	10%	15%	15%	15%	15%	15%
<b>Primera sección</b>									
Longitud	1600	2500	3000	3000	2500	3000	3000	3000	3000
Pendiente	5%	4%	3.3%	2.5%	3.3%	2%	2%	2.5%	2%
<b>Segunda sección</b>									
Longitud	-	-	-	-	-	3600*	3600*	12000*	3600*
Pendiente	-	-	-	-	-	2.5%	2.5%	3%	2.5%
<b>Sección horizontal</b>									
Longitud	-	-	-	-	-	8400*	8400*	-	8400*
Longitud total	-	-	-	-	-	15000	15000	15000	15000
<b>DE TRANSICION</b>									
Pendiente	20%	20%	14.3%	14.3%	20%	14.3%	14.3%	14.3%	14.3%
<b>DE TRANSICION INTERNA</b>									
Pendiente	-	-	-	-	-	-	-	40%	33.3%
<b>SUPERFICIE DE ATERRIZAJE</b>									
<b>INTERMUNPIDO</b>									
Longitud borde/interior	-	-	-	-	-	-	90	120	120
Distancia desde/umbral	-	-	-	-	-	-	0	18000	18000
Divergencia (a c/lado)	-	-	-	-	-	-	10%	10%	10%
Pendiente	-	-	-	-	-	-	4%	3.33%	3.33%

\* Salvo indicación contraria, todas las dimensiones se miden horizontalmente y en metros.

\* Longitud variable.

0 Distancia hasta el extremo de la pista.

0 Distancia hasta el extremo de la franja.

**PISTAS DE ATERRIZAJE**

**TABLA 4.4 OACI, Dimensiones y pendientes de las superficies limitadoras de obstáculos.**

Nota. La figura muestra las superficies limitadoras de obstáculos en un aeródromo con dos pistas: una pista de vuelo por instrumentos y una pista de vuelo visual. Ambas son también pistas de despegue.

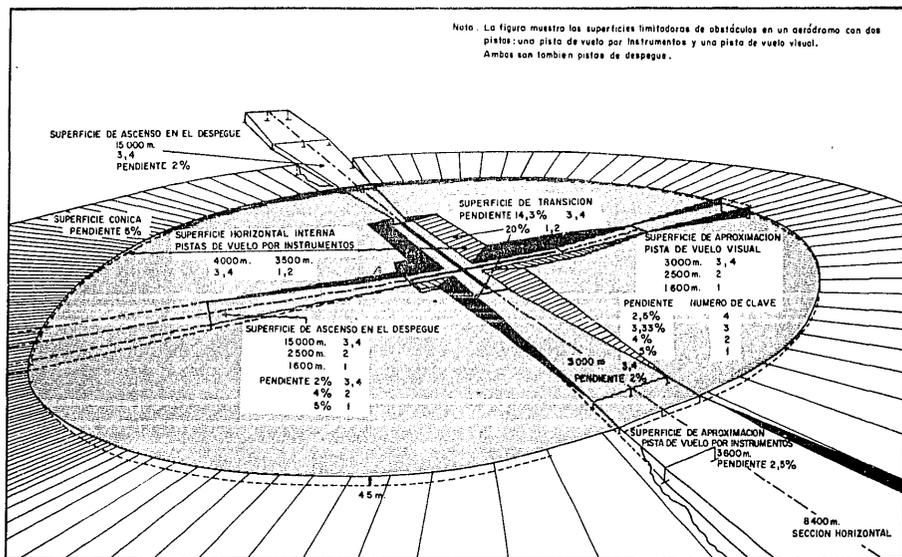


FIGURA 4.2 OACI . Superficies limitadoras de obstáculos.

## PISTAS, CALLES DE RODAJE Y PLATAFORMAS

La determinación de los parámetros reviste gran importancia, dado que son los que tienen un gran impacto en el costo total de la construcción de un aeropuerto.

### PISTAS

El número de pistas depende del volumen de tráfico, la orientación, de la dirección del viento predominante, la longitud requerida por el avión crítico.

En general las pistas y las calles de rodaje que las conectan deben de proyectarse de tal manera que:

1. Permitan una separación adecuada de acuerdo con los patrones del tráfico aéreo.
2. Causen la mínima interferencia y demora en las operaciones de aterrizaje, rodaje y despegue.
3. Permitan la distancia más corta posible, de rodaje del área terminal a los extremos de la pista.
4. Permitan rodajes adecuados de modo que en los aterrizajes se puedan desalojar las pistas tan rápidamente como sea posible y sigan

rutas lo más cortas posibles al área terminal.

Existe una gran variedad de configuraciones de pistas; sin embargo la mayoría de los sistemas de pistas se arreglan de acuerdo con algunas combinaciones de 4 de las siguientes configuraciones básicas:

- 1) Pista simple
- 2) Pistas paralelas
- 3) Pistas abiertas en " V "
- 4) Pistas en intersección

La tabla 4.5 presenta una guía para el análisis preliminar de la capacidad de pistas, la cual se expresa en términos de la combinación de 4 clases de aviones:

Clase A : Avión pequeño de un motor y 5,600 Kg o menos de peso.

Clase B : Avión pequeño de 2 motores con 5,600 Kg o menos de peso, del tipo Learjet

Clase C : Aviones grandes de más de 5,600 Kg y hasta 136,080 Kg.

Clase D : Aviones mayores de 136,080 Kg.

En la tabla se emplea un índice de combinación que se determina por el porcentaje de aviones de clase C y D como se muestra a continuación.

Índice  
de combinación = (% de aviones de clase C) + 3 (% de aviones de clase D)

Configuración	Índice de combinación Porcentaje (C + 30)	Capacidad horaria (Operaciones por hora)		Volumen de servicio (Operaciones por año)
		VFR	IFR	
A Sencilla	0-20	98	59	230 000
	21-50	74	57	195 000
	51-80	63	56	205 000
	81-120	55	53	210 000
	121-180	51	50	240 000
B Paralelas *	0-20	197	159	355 000
	21-50	145	57	275 000
	51-80	121	56	260 000
	81-120	105	59	285 000
	121-180	94	60	340 000
C Paralelas con IFR independiente y S > 1,311 m	0-20	197	119	370 000
	21-50	149	114	320 000
	51-80	126	111	305 000
	81-120	111	105	315 000
	121-180	103	99	370 000
D Paralelas con 762 < S < 1,066 m y una en intersección	0-20	197	62	355 000
	21-50	149	63	285 000
	51-80	126	65	275 000
	81-120	111	70	300 000
	121-180	103	75	365 000
E Cuatro paralelas * con S > 1,067 m pistas centrales	0-20	394	119	715 000
	21-50	290	114	550 000
	51-80	242	111	515 000
	81-120	210	117	565 000
	121-180	189	120	675 000
F Abiertas en "V"	0-20	150	59	270 000
	21-50	108	57	225 000
	51-80	85	56	220 000
	81-120	77	59	225 000
	121-180	73	60	265 000
G Paralelas* más una de viento cruzado	0-20	295	59	385 000
	21-50	210	57	305 000
	51-80	164	56	275 000
	81-120	146	59	300 000
	121-180	129	60	355 000

Fuente: Techniques for Determining Airport Airside Capacity, FAA Report No. FAA-RD-74-124, Junio de 1976

VFR Operación de vuelo visual, IFR Operación de vuelo por instrumentos

\* 213 m < Separación < 761 m

TABLA 4.5 FAA, Guía para el análisis preliminar de la capacidad de pista

## Longitud de pistas.

La longitud de la pista influirá en el tipo y costo del aeropuerto, y nos controlará el tipo de avión que servirá . Inclusive podría llegar a limitar la carga útil del avión crítico y las distancias de vuelo.

Las pistas deben ser lo suficientemente largas para permitir aterrizajes y despegues seguros con aviones actuales y futuros que se esperen usar en el aeropuerto.

Los siguientes factores pueden influir grandemente en la longitud de la pista :

- 1) Desarrollo de las características del avión crítico.
- 2) Despegue y aterrizaje en peso bruto de los aviones.
- 3) Elevación del aeropuerto.
- 4) Temperatura máxima del aire en el aeropuerto.
- 5) Pendiente de la pista.

La FAA utiliza para su método curvas de operación de la aviación y de aviones específicos. Estas curvas estan basadas en vuelos reales y datos de operación, por lo que es posible determinar con precisión la longitud de la pista para aterrizaje y despegue para casi todos los aviones civiles de uso comun; las curvas varían en formato y complejidad, en la figura 4.3 se presentan las curvas de operación para el avión DC9 serie 10.

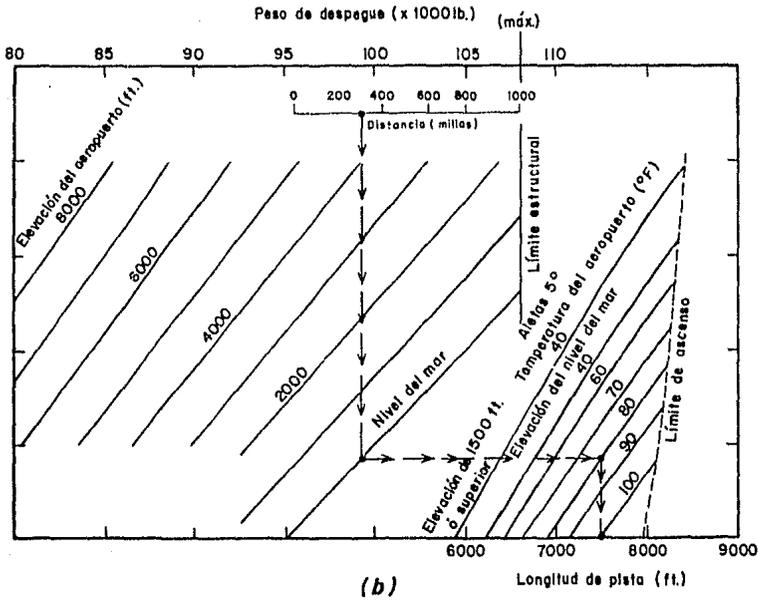
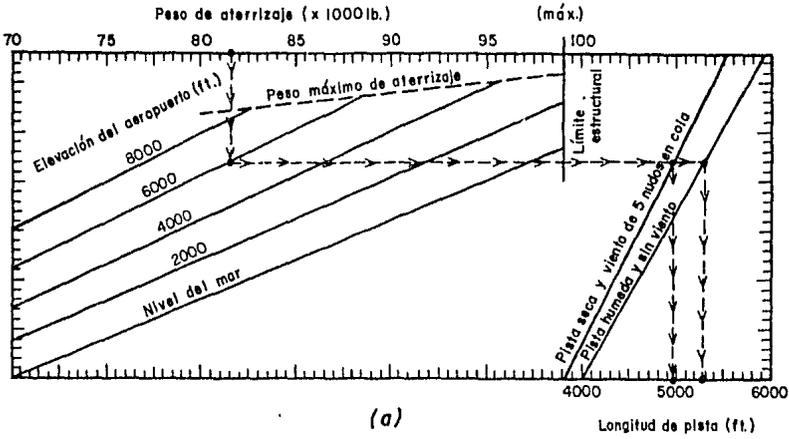
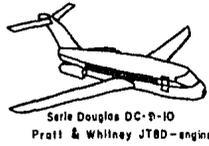


FIGURA 4.3 FAA. Curvas de operación del avión Douglas DC-9-10. (a), aterrizaje. (b), despegue.

Las curvas de desarrollo para el despegue se basan en una pendiente efectiva de pista del 0 %. La FAA especifica que las longitudes de las pistas para el despegue se incrementen para los siguientes casos, para cada 1 % de pendiente efectiva:

- 1) Para aviones de pistón y turbopropulsión 20%
- 2) Para aviones con turborreactores 10%

En el caso de aterrizajes de aviones con turborreactores sobre pistas húmedas o resbalosas, puede ser necesario incrementar la longitud requerida de aterrizaje de 5.0% a 9.5% dependiendo del tipo de avión. Para el caso de aviones de pistón o de turbopropulsión no es necesario incrementarla.

En términos de la OACI la longitud verdadera de la pista deberá ser adecuada para satisfacer los requisitos operacionales de los aviones para los que se proyecte la pista. La longitud de la pista debe ligarse a otras características físicas del aeropuerto; como las dimensiones físicas de los espacios aéreos y las separaciones de estos, las características de operación del avión crítico. Sin embargo se ha visto que grandes diferencias en la longitud requerida de pista pueden ser causadas por factores locales (elevación, temperatura y pendiente) que influyen en el desarrollo de los aviones.

El método de la OACI se apoya en la clave de referencia, vista anteriormente; la cual proporciona una relación entre las especificaciones y las características del aeropuerto.

En el manual de proyecto de aerodromos de la OACI se ve la necesidad de considerar los factores locales que afectan la longitud de pista, por lo que la longitud de campo de referencia del avión se incrementará a razón del 7% por cada 300 m (1000 ft) de elevación sobre el nivel medio del mar, por lo que el factor por elevación es :

$$F_e = 1 + (0.07 * e/300)$$

La longitud de campo corregida por elevación, deberá ser aumentada después a razón del 1% por cada grado en que la temperatura de referencia exceda la temperatura de la atmósfera estándar para esa elevación. La temperatura del aeropuerto de referencia "T" se define como la media mensual de la temperatura máxima diaria (24 hr) para el mes más caliente del año. La temperatura en la atmósfera estándar es de 15 grados al nivel del mar, y decrece aproximadamente en 0.0065 grados por cada metro de elevación, por lo tanto el factor de corrección por temperatura es:

$$F_t = 1 + 0.01 ( T \text{ (grados C)} - (15 - 0.0065 * e) )$$

Si la corrección total por elevación y temperatura fuera superior a 35% , las correcciones necesarias deberían obtenerse mediante un estudio al efecto. De no ser así se recomienda que la longitud de la pista corregida por elevación y temperatura deberá ser aumentada después a razón del 10% por cada 1% de pendiente efectiva de la pista. Cuando el número de código de pista sea 2,3 ó 4 y la longitud básica de la pista este determinada por los requisitos de despegue, por lo que el factor de corrección por pendiente es:

$$F_s = 1 + 0.10 * s$$

### Zonas libres de obstáculos y zonas de parada.

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 funcionamiento 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 ejecución de despegue de los aviones, pero debería 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.

### Ancho de pista.

Los anchos de pista recomendados por la OACI se presentan en la tabla 4.6, los cuales están referidos al número de clave y letra de clave vista anteriormente.

Número de Clave	Letra de clave				
	A	B	C	D	E
1 ^	18 m	18 m	23 m	-	-
2 ^	23 m	23 m	30 m	-	-
3	30 m	30 m	30 m	45 m	-
4	-	-	45 m	45 m	45 m

Fuente: Anexo 14, OACI; 1985.

^ El ancho de toda pista de aproximación de precisión no debería ser menor de 30 m, cuando el número de clave sea 1 ó 2.

TABLA 4.6 OACI, Ancho de pista.

La OACI recomienda que el ancho total de la pista más sus franjas no deben ser menores de 60 m .

Para la FAA el ancho esta en función de el diseño del grupo de aviones. A continuación se presenta la tabla 4.7 en la cual se muestra una lista típica de aviones para cada grupo.

---

Diseño del grupo de aviones	Envergadura	Avión tipo
I	E < 15 m	Beech Bonanza A36, Learjet 25
II	15 a 24 m	DeHavilland DHC6, Gulfstream II
III	24 a 36 m	Boeing 737, Martin404
IV	36 a 52 m	Boeing 757, Lockheed 1011
V	52 a 60 m	Boeing 747
VI	60 a 80 m	Lockheed C5A

---

Fuente: Utility airports—Air Access to national transportation, FAA Advisory circular AC 150/5300-4B, incluyendo cambio 7, Sep. 23, 1983

TABLA 4.7 FAA, Diseño de grupo de aviones para el diseño geométrico de aeropuertos

El ancho que propone la FAA, así como otras dimensiones se pueden consultar en la tabla 4.8

#### Separación de pistas paralelas.

La consideración principal en la determinación de la separación de las pistas es la seguridad y la capacidad. Donde se permitan operaciones simultáneas en condiciones VFR, la OACI recomienda para el código no. 1 una distancia de centro a centro de 122 m, para el código no. 2 de 152 m y de 213 m para los códigos no. 3 y 4 .

Conceptos de diseño	Diseño del grupo de avión							
	I	II	III	IV	V	VI		
Ancho del área de seguridad (m) <sup>^</sup> * x	152	152	152	152	152	152		
Longitud del área de seguridad #	305	m	más	allá	del	extremo	de	pista
Ancho de pista (m)	30	30	30	ø	46	46	61	
Ancho de franjas de pista (m)	3	3	6	8	11	12		
Ancho de áreas de protección de turbulencias (m)	37	37	43	ø	61	67	85	
Longitud de áreas de protección de turbulencias(m)	30	46	61	61	122	122		
Distancia del centro de pista al:								
Centro de calle de rodaje (m)	122	122	122	122	variable	&	183	
Area de estacionamiento de aviones (m)	152	152	152	152	152	152	152	
Los edificios o linderos (m)	229	229	229	229	229	229	229	

Fuente: Airport Design Standars - Transport Airports, FAA Advisory Circular AC 150/5300-12, 28 de febrero de 1983.

<sup>^</sup> 1 ft = 0.3048 m

\* Para aviones en aproximaciones categoría C, el ancho del área de seguridad incrementese en 6 m por cada 305 m de elevación del aeropuerto arriba de los 2,499 m sobre el nivel del mar, para aviones en aproximación categoría D, incrementese en 6 m por cada 305 m de elevación del aeropuerto sobre el nivel del mar.

# Para pistas con zona de parada mayor de 305 m de longitud, el área de seguridad se extiende al final de la zona de parada.

ø Para aeropuertos que sirven a aviones con un peso máximo certificado de 68,040 Kg, incrementese la dimensión en 15 m

& Dimensiones variables dependiendo de la elevación del aeropuerto.

TABLA 4.8 FAA, Dimensiones estándar de pistas en aeropuertos comerciales

Para aterrizajes y despegues simultáneos con condiciones de vuelo visual, la FAA especifica una separación mínima centro a centro de 213 m . Para los aviones del grupo de diseño V es de 365 m . Sin embargo la FAA especifica una separación mínima de 1310 m para aproximaciones simultáneas de precisión por instrumentos y una separación mínima de 1066 m para salidas simultáneas.

#### CALLES DE RODAJE

Son las vías de comunicación entre las pistas y los puntos de estacionamiento. Por lo que el diseño del sistema esta determinado por el volumen de tráfico aéreo, la configuración de la pista, la localización del edificio terminal y otras facilidades en tierra.

Las rutas de las calles de rodaje deben ser directas, rectas y sin complicaciones. Donde no se puedan evitar curvas, su radio debe ser bastante grande para permitir velocidades del orden de 20 a 30 millas por hora.

Las calles son determinantes en gran medida de la capacidad del aeropuerto. Existen dos tipos de calles de rodaje:

- 1) De entrada a pista. Son utilizadas para despegues y por lo tanto su conexión debera ser para que el avión utilice la mayor longitud de pista (Fig. 4.4) .
- 2) De salida de pista. Son usadas para desalojar la pista despues de un aterrizaje (Fig. 4.5) .

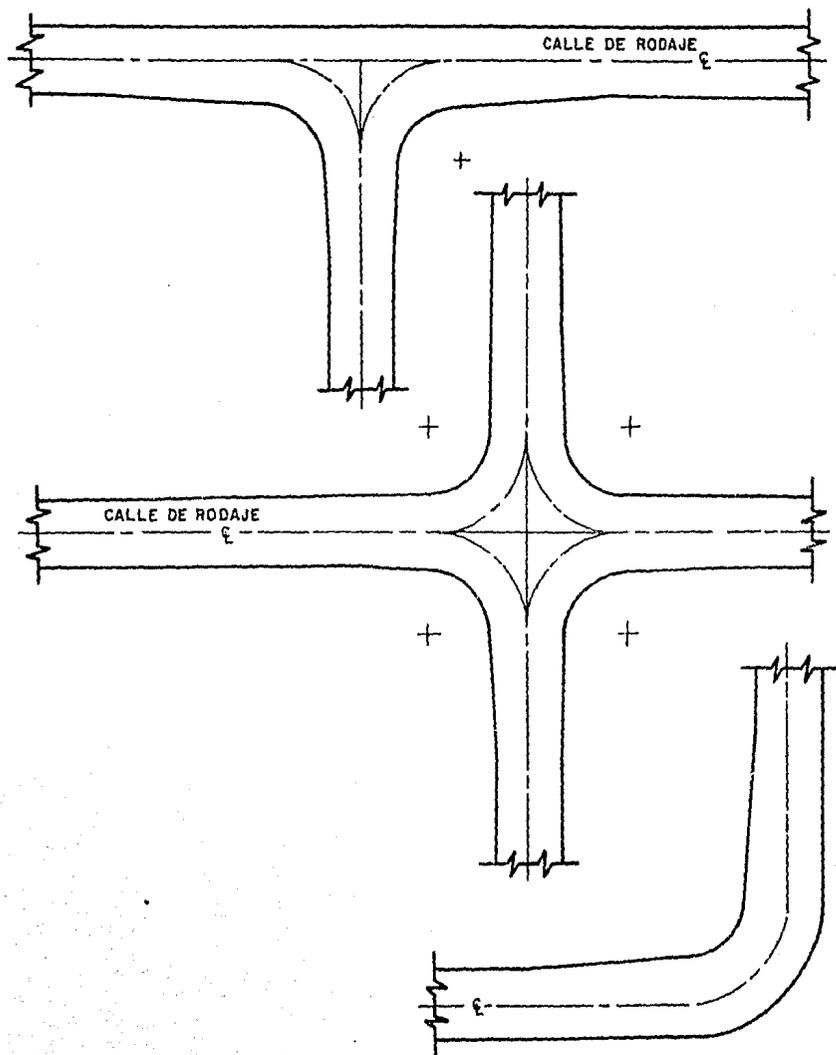


FIGURA 4.4 Tipos de calles de rodaje de entrada a pista.

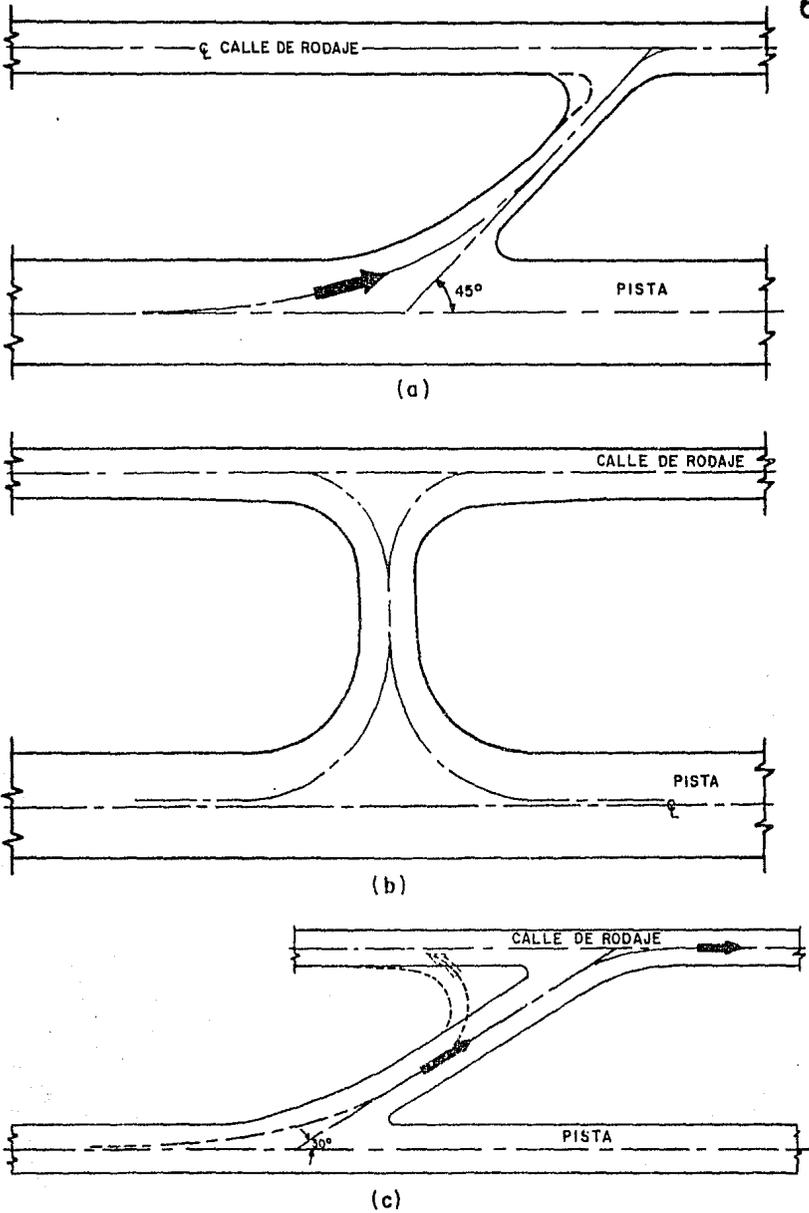


FIGURA 4.5 Tipos comunes de calles de rodaje de salida de pista. (a) En ángulo. (b) En ángulo recto. (c) De alta velocidad.

Ancho de calle.

Para la determinación del ancho la OACI proporciona una tabla que esta en función de la letra de clave, tomada del código de referencia (tabla 4.9)

Letra de clave	Ancho de la calle de rodaje
A	7.5 m
B	10.5 m
C	15 m, si la calle de rodaje esta prevista para aviones con base de ruedas igual o superior a 18 m
D	18 m, si la calle de rodaje esta prevista para aviones cuya distancia entre las ruedas exteriores del tren de aterrizaje principal sea inferior a 9m 23 m, si la calle de rodaje está prevista para aviones cuya distancia entre las ruedas exteriores, del tren de aterrizaje principal, sea igual o superior a 9m.
E	23 m

Fuente: Anexo 14, OACI; año de 1985, con enmienda de 1983.

TABLA 4.9 OACI, Anchos de calles de rodaje

Las dimensiones estándar que propone la FAA para calles de rodaje, así como otras dimensiones, se presentan en la tabla 4.10 . Estas dimensiones se encuentran en función del grupo de diseño de aviones.

Separación de calles de rodaje.

Para la mayoría de los casos, la tolerancia y distancia de separación

Conceptos de diseño	Diseño del grupo de avión					
	I	II	III	IV	V	VI
Ancho de seguridad de calle (m) *	15	24	36	52	60	80
Ancho de calle (m)	8	11	15 *	23	23	30
Margen de seguridad al borde (m) #	1.5	2	3 @	5	5	6
Ancho de franja de calle (m)	3	3	6	8	11	12
Distancia de centro de calle a:						
Centro de línea de calle paralela (m)	21	31	47	69	77	104
Objetos fijos o móviles y a linderos (m)	13	20	29	42	47	62
Objetos fijos o móviles (m)	12	16	24	36	40	52

Fuente: Airports Design Standards- Transports Airports, FAA Advisory Circular AC 150/5300-12, febrero 28 de 1983.

\* 1 ft = 0.3048 m

\* Para calles de rodaje del diseño del grupo de avión III que intenten ser usadas por aviones con tren de aterrizaje del tipo wheelbase equal o con ancho del tren hasta 18 m, el ancho estándar de calle es de 18 m.

# El margen de seguridad al borde de pista mínimo aceptable es la distancia entre la rueda exterior del tren de aterrizaje principal y el borde de pista.

@ Para el diseño del grupo de avión III con distancia entre ejes igual al ancho de la calle o ancho mayor de 18 m, el margen de seguridad al borde es de 5 m.

TABLA 4.10 FAA, Dimensiones estándar de calles de rodaje en aeropuertos comerciales

dadas en la tabla 4.10 satisfacen la tolerancia mínima de ala, de no ser así las separaciones requeridas pueden calcularse por medio de las siguientes formulas:

- Distancia entre ejes de calles 1.25 W + 2
- Distancia centro de línea a obstáculo altas velocidades 0.75 W + 2
- Distancia centro de línea a obstáculo bajas velocidades 0.63 W + 2

Donde:

W = Es la envergadura del ala del avión de mayor demanda (m)

La OACI recomienda las dimensiones que aparecen en la tabla 4.11 para la separacion de calles de rodaje.

La localización deseada para una calle de rodaje de salida de alta velocidad, puede calcularse basandose en los siguientes factores:

- 1) Distancia del umbral al punto de contacto.
- 2) Velocidad de contacto de pista.
- 3) Velocidad inicial de salida.
- 4) Grado de desaceleración

La OACI recomienda un grado de desaceleración de 1.25 m/seg<sup>2</sup> (4.1 ft/seg<sup>2</sup>) y la FAA ha utilizado 1.52 m/seg<sup>2</sup> (5 ft/seg<sup>2</sup>), la distancia desde el punto de contacto a la localización ideal de la salida puede determinarse por la siguiente fórmula:

$$D = (S_1^2 - S_2^2) / 2a$$

Letra de clave	Distancia entre el eje de una calle de rodaje y el eje de una pista (m)								Distancia entre el eje de una calle de rodaje y el eje de otra calle de rodaje (m)	Distancia entre el eje de una calle de rodaje que no sea calle de acceso a un puesto de estacionamiento de aeronaves y un objeto (m)	Distancia entre el eje de la calle de acceso a un puesto de estacionamiento de aeronaves y un objeto (m)
	Pistas de vuelo por instrumentos				Pistas de vuelo visual						
	Número de clave				Número de clave						
	1	2	3	4	1	2	3	4			
A	82.5	82.5	-	-	37.5	47.5	-	-	21.0	13.5	12.0
B	87	87	-	-	42	52	-	-	31.5	19.5	16.5
C	-	-	168	-	-	-	93	-	46.5	28.5	24.5
D	-	-	176	176	-	-	101	101	68.5	42.5	36.0
E	-	-	-	180	-	-	-	105	76.5	46.5	40.0

Fuente: Anexo 14, OACI; 1985, conteniendo enmiendas de 1983.

TABLA 4.11 OACI, Distancias mínimas de separación de las calles de rodaje

Donde:

S1 = Velocidad de contacto de pista (m /seg)

S2 = Velocidad inicial de salida (m /seg)

a = Desaceleración (m /seg<sup>2</sup>)

La distancia del umbral al punto central de la salida de la curva se determina agregando a "D" una distancia de 305 a 457 m según el caso. Normalmente es necesario corregir esta distancia por altitud y condiciones locales de temperatura. Se sugiere que la distancia de la calle de salida al umbral se incremente en un 3% por cada 305 m de altitud sobre el nivel del mar y en 1.5% por cada 5.6 grados C. arriba de los 32.8 grados C.

#### PLATAFORMAS

Las plataformas son áreas pavimentadas donde los aviones se estacionan para cargar combustibles, mantenimiento, carga y descarga de pasajeros, carga en general, estacionamiento de pernocta y operaciones similares que se desarrollen.

Los tipos de plataforma que puede tener un aeropuerto son:

- a) Comercial.
- b) Pernocta.
- c) Aviación general.
- d) Mantenimiento.
- e) Militar.

La plataforma comercial puede localizarse contigua al edificio terminal o remota a éste.

Para determinar el área y diseño requerido para la plataforma comercial es necesario conocer el tipo de posición; que es la forma y el lugar que va a ocupar un avión.

El diseño de área de la plataforma comercial depende de cuatro factores:

- 1.- La configuración del edificio terminal (lineal, satélite, etc.) y los espacios de seguridad requeridos, la protección de los pasajeros de las hélices, calor, ruido y humo.
- 2.- Los movimientos característicos del avión que va a ser servido (ejemplo radio de giro), si se mueve hacia afuera o hacia adentro con su propia fuerza y el ángulo con que se estacionan con respecto a la terminal.
- 3.- Las características físicas del avión (dimensiones, puntos de servicio y su relación a la terminal)
- 4.- Los tipos y medidas de los equipos de servicios y maniobras, estadia y características de operación empleadas.

Las tolerancias mínimas de ala que se requiere para una plataforma comercial son:

Aviones con envergadura menor de 23 m

3 a 5 m

2 motores de propulsión	6 m
2 y 3 motores de propulsión Jet	8 m
3 y 4 motores de propulsión Jet	9 m
Alta capacidad de turbo propulsión	11 m
Siguiente generación de aviones	12 m

El avión generalmente se mueve hacia el área de la plataforma con motores propios, pero pueden salir por motores propios o empujados por un tractor fuera del área.

Para el cálculo de la distancia mínima de ala, para aviones empujados por un tractor desde una posición de estacionamiento se emplean los siguientes 2 métodos:

1.- El avión se jala recto entre 2 aviones estacionados.

$$B = D \text{ sen } A - S$$

Donde:

B = Tolerancia de ala (m)

D = Espacio entre posiciones de estacionamiento (m)

A = Angulo de estacionamiento (fig. 4.6)

S = Envergadura del ala del avión (m)

2.- El avión se gira hasta que se alinea perpendicularmente a la línea de estacionamiento.

$$F = D \text{ sen } A - (a + R)$$

Donde:

F = Tolerancia de ala (m)

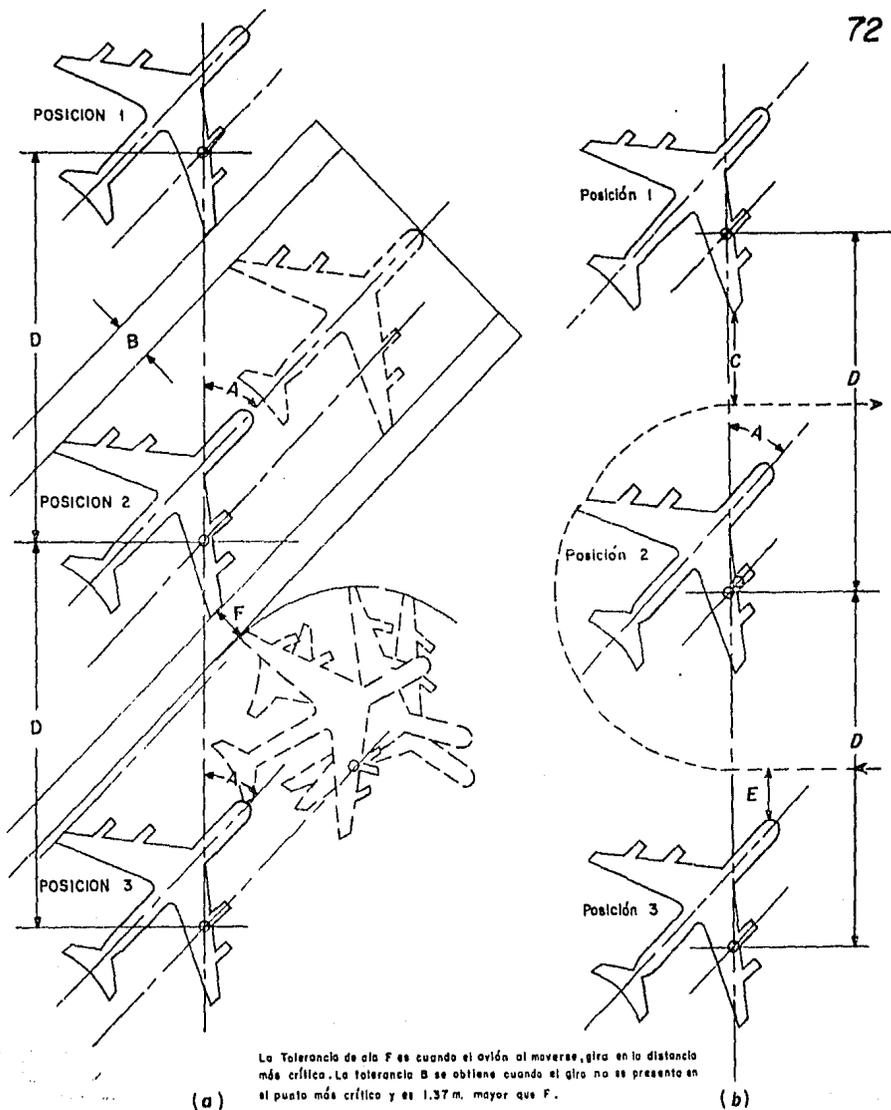


FIGURA 4.6 Métodos para el cálculo de la distancia mínima de ala, en el sacado de la posición de estacionamiento de un avión. (a) El avión se jala recto. (b) el avión se gira.

D = Espacio entre posiciones de estacionamiento (m)

A = Angulo de estacionamiento (fig 4.6)

a = Distancia perpendicular al eje central del avión desde el punto de pivote del ala (m)

R = Radio del ala (m)

El área requerida para que gire un avión esta gobernado por la medida del ángulo de la rueda delantera. Bajo las condiciones de salida con motores propios, la dimension mínima de la posición se determina por el ángulo máximo de la rueda delantera. La geometría del giro mínimo del avión se ilustra en la figura 4.7

La FAA ha publicado gráficas y ecuaciones que pueden usarse para determinar las dimensiones, para el giro y sacado de los aviones de la posición de estacionamiento para ángulos que van de 40 a 90 grados.

Las dimensiones de diseño de la plataforma dependen de la configuración del estacionamiento escogido. En muchos aeropuertos el avión llega a la posición de estacionamiento de nariz, junto al edificio terminal con sus propios motores y son sacados por tractores. Las 2 ventajas principales es que los pasajeros pueden ser sacados por puentes de carga y las dimensiones de la plataforma se minimizan. La desventaja principal es que se podría incurrir en elevados costos.

Los diseños de plataforma para entrada y salida por propios motores tiene 5 configuraciones básicas (fig. 4.8). Generalmente la elección

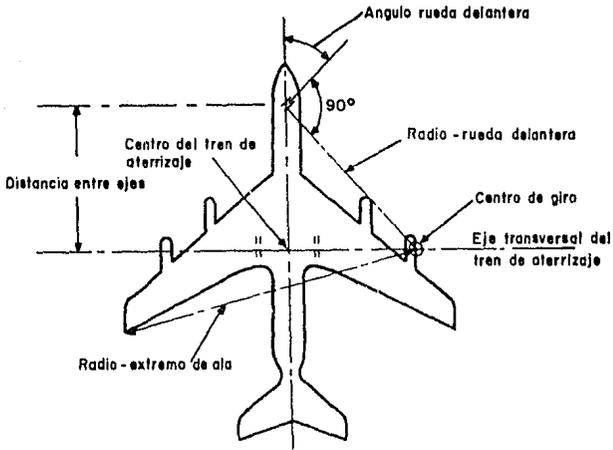


FIGURA 4.7 Geometría del giro mínimo de estacionamiento de un avión.

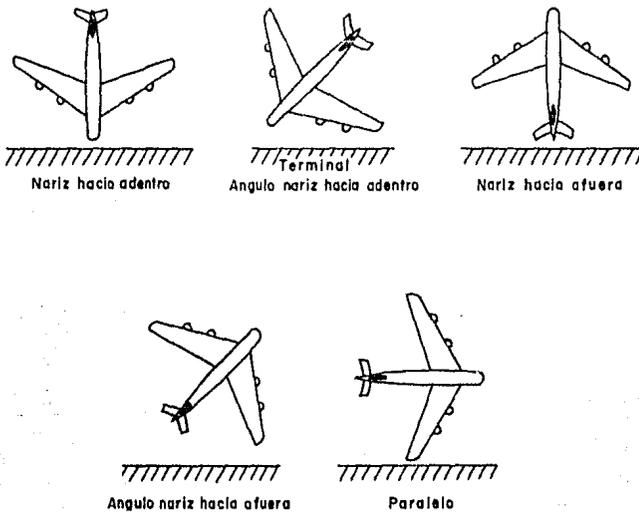


FIGURA 4.8 Configuraciones básicas de estacionamiento.

de cualquiera de estas significa exposición de los pasajeros a las condiciones ambientales de la plataforma.

## ZONA TERMINAL

La terminal aeroportuaria de pasajeros tiene 3 funciones principales:

1.- Proceso. La terminal es el punto para ejecutar ciertos procesos asociados con el vuelo. Entre los que podemos tener boletaje y revisión de pasajeros, registro de equipaje, recolección de equipaje, verificaciones de seguridad y controles gubernamentales. Estas funciones de la terminal requieren de espacios para los pasajeros.

2.- Cambio del tipo de movimiento. Se refiere al cambio de pasajeros movidos por avión hacia otro medio de transporte.

3.- Cambio de modo. En algunos aeropuertos los vuelos no se hacen de origen a destino. Por lo que al cambiar de un vuelo a otro, el pasajero debe transitar a través del aeropuerto de acuerdo a un patrón establecido de movimiento.

La terminal de pasajeros tiene 3 usuarios principales:

- Pasajeros y acompañantes
- Aerolíneas
- Empleados

El volumen de pasajeros es grande en comparación con los otros dos,

por lo que se considera la razón básica para el diseño.

La terminal aeroportuaria actúa como punto de transferencia entre el exterior y el interior del modo de transporte utilizado por el pasajero. Para comodidad del cambio de modo, se deben proporcionar las siguientes facilidades:

- Acceso e interfase con el exterior
- Áreas de procesamiento de pasajeros
- Áreas de apoyo a pasajeros
- Interfase en circulación interna y aérea
- La aerolínea y actividades de apoyo

Acceso e interfase con el exterior.

Dentro del área de la terminal de pasajeros, las facilidades de acceso deben facilitar la transferencia de flujo de pasajeros desde los modos posibles. Estas facilidades incluyen franjas de carga y descarga, servicio de viajes cortos a estacionamientos y otras terminales, áreas de carga y descarga de pasajeros, etc.

Áreas de procesamiento de pasajeros.

Son áreas para las formalidades asociadas con el viaje del pasajero. Las facilidades usuales incluyen boletaje e inspección de pasajeros, revisión de equipaje y selección de asientos, control de inmigración, control sanitario, áreas de inspección de seguridad y reclamo de equipaje.

## Áreas de apoyo a pasajeros.

Una gran parte del tiempo de los pasajeros se emplea fuera de las áreas de procesamiento, del tiempo fuera de estas, la mayor parte se emplea en áreas de apoyo donde los pasajeros esperan, en algunos casos son visitantes. Es en estas áreas que se generan ingresos de la terminal. Las facilidades requeridas entre otras son:

- 1.- Descanso de pasajeros. Áreas de reposo para gentes en general, pasajeros de llegada o salida.
- 2.- Áreas de servicio a pasajeros. Lavabos, teléfonos públicos, oficina de correos, información, primeros auxilios, limpieza de zapatos, almacenamiento, peluquería, salón de belleza, etc.
- 3.- Concesiones. Bar, restaurantes, puestos de periódicos y revistas, tiendas libres de impuestos, reservaciones de hoteles, bancos y casas de cambio, seguros, renta de carros.
- 4.- Miradores y vestíbulos de visitantes.
- 5.- Áreas para personas muy importantes y personas comercialmente importantes.

## Interfase en circulación interna y aérea.

Los pasajeros se mueven físicamente a través de la terminal usando el sistema interno de circulación, el cual debe ser fácil de encontrar y de usar. La interfase aérea se diseña para seguridad y facilidad de abordaje al avión.

## La aerolínea y actividades de apoyo.

Aunque las terminales están diseñadas para pasajeros, el diseño debe

contener tambien las necesidades de las aerolíneas, aeropuertos y personal de apoyo. Frecuentemente se dan las siguientes facilidades:

1.- Oficinas de la aerolínea, puntos de proceso de pasajeros y equipaje, documentación de planes de vuelo, lugares de descanso para las tripulaciones, oficinas administrativas de la aerolínea, baños para el personal y las tripulaciones.

2.- Almacén para carros de equipaje , carretillas, etc.

3.- Oficinas para el manejo del aeropuerto y oficinas para el personal de seguridad.

4.- Oficinas de gobierno y áreas de apoyo para el personal de aduana, migración, salud, control de tráfico aéreo, almacén comercial y facilidades de detención de personas.

5.- Sistemas públicos de localización de direcciones, señales, indicadores, información de vuelos.

6.- Oficinas de personal de mantenimiento y áreas de apoyo, almacenes para equipo de mantenimiento.

Los diseños más comunes para la terminal aeroportuaria se basan en el desarrollo centralizado o descentralizado. Con el aspecto centralizado, todos los aspectos relacionados con la secuencia de desarrollo de los pasajeros estan localizados, como sea posible en un área localizada. La descentralización involucra una dispersión de las funciones, sobre un número de centros en el complejo de la terminal.

**Tipos de configuración de la terminal.**

**Abierta.**

Es un concepto de tipo centralizado, puede operarse como una terminal simple: con acceso de los pasajeros al avión directamente a través de la plataforma o por conexión directa al edificio terminal.

**Terminal central con andenes o pasillos.**

Este tipo de configuración se adquiere cuando la operación de la terminal es centralizada y se requiere de un gran número de puertas, incrementándose la eficiencia en el lado aéreo de la terminal.

**Terminal central con muelles satélites.**

Representa un movimiento descentralizado del concepto de andenes o pasillos.

**Terminal central con satélites remotos.**

Los satélites remotos de una terminal central están conectadas por alguna forma mecanizada de transporte, ya sea arriba o abajo de la plataforma.

**Plataforma remota o por transferencia.**

La ventaja principal radica en la separación de la plataforma y la terminal, dado que se tiene mayor flexibilidad sobre el lado aéreo, con respecto a cambios en la medida y maniobrabilidad de los aviones, se requiere menor tiempo de rodaje . La desventaja principal es el nivel de servicio dado por los móviles y los autobuses, que podrían retrasar a los pasajeros en el proceso de llegada y salida.

#### Terminal unitaria.

El concepto de la terminal unitaria es definida por la IATA (International Air Transport Association) como 2 o más edificios autosuficientes y separados, que alojan a una sola aerolínea o grupo de ellas , teniendo cada una de ellas acceso directo a la transportación terrestre.

#### Terminal central con muelles remotos.

Ligados con la terminal por debajo de la plataforma. Este tipo de configuración resulta conveniente para aeropuertos de gran volumen, especialmente donde hay gran cantidad de transferencias.

En la figura 4.9 se presentan los tipos de configuraciones.

#### CAMINO DE ACCESO

El diseño satisfactorio del camino de acceso debe incluir un cuidado integrado de necesidades de pasajeros desde el punto de origen del

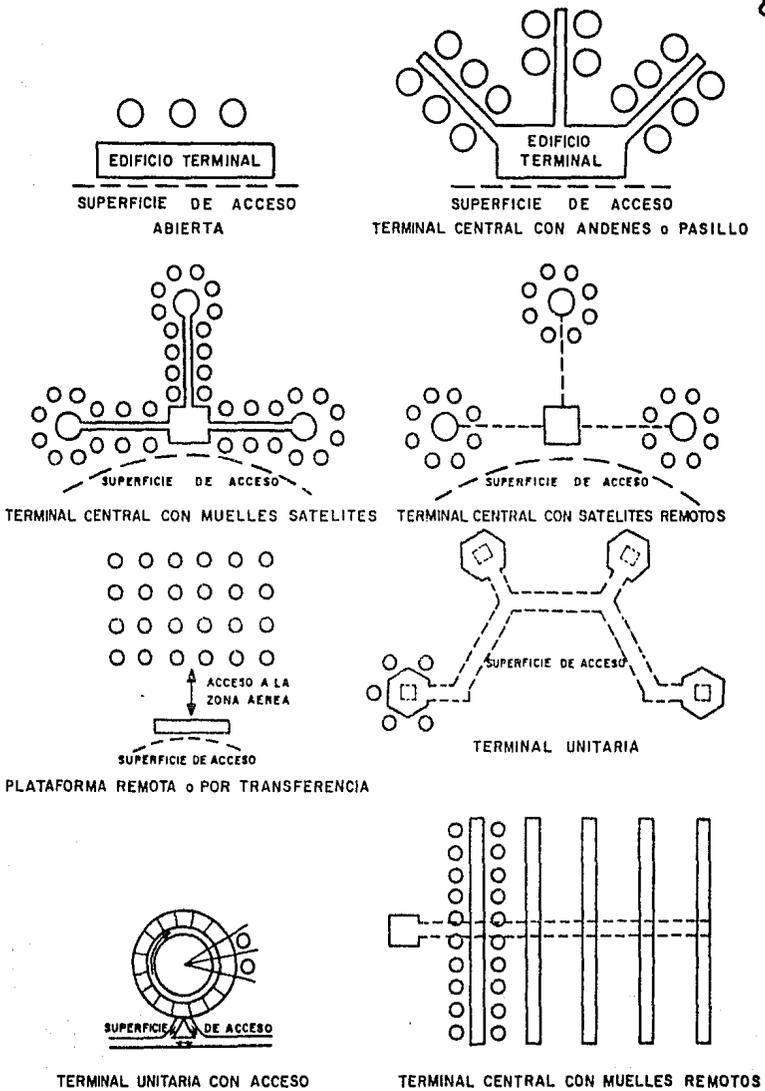


FIGURA 4.9 CONFIGURACIONES DE LA TERMINAL

viaje hasta el principio del proceso de la terminal. El movimiento durante el proceso de la terminal es considerado normalmente como una función del diseño de la terminal, pero el mejor diseño de la terminal ha integrado consideraciones de acceso y proceso de la terminal para asegurar una interfase suave, al preparar el diseño de los sistemas de acceso hay generalmente 3 áreas de mayor consideración:

- 1.- La captación y procesamiento de pasajeros y carga, en el área central de la ciudad y otros centros de alta demanda.
- 2.- El movimiento de pasajeros, carga y servicios de tráfico al aeropuerto en vehículos de superficie o aire.
- 3.- Distribución del tráfico de acceso y circulación del tráfico a terminales y posiciones de salida.

La población del aeropuerto es diversa y cualquier modo de acceso debe servir a un número de usuarios diversos:

- Viajeros del aire
- Acompañantes
- Visitantes
- Empleados
- Personas para carga aérea
- Personas que suministran servicios al aeropuerto

Los modos de transporte más utilizados son:

- Taxi

- Automóvil particular
- Automóvil renta
- Autobds
- Tren sub-urbano

En el término medio (5 a 10 años) los planificadores de aeropuertos deben considerar , que el modo de acceso continuara siendo el automóvil sobre carreteras de servicio general en el área urbana.

En la tabla 4.12 se indica el número de carriles necesarios para satisfacer la demanda de vehículos. El número de vehículos que circularan por el camino de acceso se calcula en base a coeficientes obtenidos por estadísticas mexicanas e internacionales , los cuales estan en función del número de pasajeros anuales totales (tabla 3.1). Una vez conocidos los valores de tráfico podremos determinar el número de carriles necesarios para satisfacer el volumen de demanda.

#### Zonas de estacionamiento.

Uno de los problemas del acceso es la localización, número y lugares de estacionamiento. El método para el cálculo de lugares de estacionamiento usado por la DGA es:

- Pasajeros de aviación comercial      0.534 lug./Pax horarios
- Pasajeros de aviación general      800 por c/millón Pax anuales
- Empleados      200 a 250 por c/mil empleados

**CAPACIDAD PRACTICA DE SERVICIO**

Ancho del carril	Capacidad de la ruta en v/h			
	Capacidad promedio	Capacidad máxima		
		Sección de 300 m	Sección de 1000m	
Ruta de 2 carriles	3 a 3.5 m	1500 a 1800 v/h dos sentidos	1000 v/h un sentido 1500 v/h un sentido	1000 v/h un sentido 1200 v/h un sentido
Ruta de 3 carriles	3.5 m	1800 a 2200 v/h dos sentidos 1500 a 2000 v/h un sentido	300 v/h un sentido	2400 v/h un sentido
Ruta de 4 carriles		2 600	v/h un sentido	
Autopista		Número de vías	x	1 700 v/h

**CAPACIDAD DE SATURACION Y CAPACIDAD FISICA**

Población de la aglomeración	Capacidad de una vía de circulación en v/h		
	G <sub>b</sub> (fluidez)	G <sub>c</sub> (saturación)	C (capacidad física)
Autoruta urbana	> 1.5 M. de habitantes 0.3 a 1.5 M. de habitantes	1400 a 1650 1250 a 1550	1600 a 1850 2000
Ruta express	Re < 0.3 M. de habitantes Re > 0.5 M. de habitantes Re < 0.5 M. de habitantes	800 a 1000 700 a 9000	1200 a 1500 1000 a 1200 2000
Autopista ligada		1800	2000

v/p = vehículos por hora G<sub>b</sub> = Número de vehículos que pueden circular por unidad de tiempo  
G<sub>c</sub> = Número de vehículos por hora que provocan un congestionamiento C = Capacidad de la vía

TABLA 4.12 DGA, Número de carriles necesarios

## ALMACENAMIENTO Y DISTRIBUCION DE COMBUSTIBLE

La localización del área de combustible debe estar :

- a) No muy lejos para que no salga caro el acarreo
- b) No muy cerca para que haya seguridad y facilidad de crecimiento

El almacenamiento en los aeropuertos debe proyectarse para satisfacer la demanda de combustible de los aviones, los tipos de combustible pueden ser:

- Gasolinas
- Turbosina

Los tanques de almacenamiento pueden ser de tipo horizontal ó vertical, el horizontal es usado en aeropuertos con poca demanda, por lo que el vertical por su mayor capacidad es usado en aeropuertos de mayor demanda.

La capacidad de almacenamiento depende en gran medida de el tiempo de suministro exterior y la confiabilidad de este y principalmente del consumo diario.

Para la distribución de combustibles se puede emplear los siguientes 2 métodos :

- 1) Instalaciones fijas.
- 2) Instalaciones móviles.

En el sistema de instalaciones fijas las tuberías están alojadas bajo la plataforma y se conectan a un almacenamiento central de combustibles, válvulas montadas en los hidrantes están colocadas en las posiciones de los aviones en plataforma. El avión se puede cargar de combustible usando pequeños móviles expendedores, cada uno equipado con filtro, eliminador de aire y medidor ó por medio de una boquilla de combustibles; la cual se encuentra alojada en un registro abajo de la plataforma y esta equipada con mangueras, filtro, bomba y eliminador de aire, por lo que no hay necesidad de tomas móviles en plataforma, el bombeo de combustible es desde la zona de almacenamiento y el control de este puede ser manual o automático.

En la distribución de combustible por instalaciones móviles, el sistema convencional de recarga de combustible es por medio de camiones. Los cuales llevan el combustible del área de almacenamiento a los aviones, y cuentan con bomba, medidores, filtro y eliminadores de aire. Estos camiones están diseñados especialmente para operar en plataforma.

#### ZONA INDUSTRIAL

Con el fin de prevenir interferencias innecesarias e indeseables entre el tráfico de superficie, de carga y pasajeros, las operaciones de carga deben ser separadas idealmente del área de la terminal de pasajeros. Por lo tanto aún cuando los frecuentes viajeros tienden a

ver la terminal de pasajeros como el centro de todas las entradas y salidas importantes en las actividades diarias del aeropuerto. El diseñador de aeropuertos, no puede despreciar la carga aérea, ya que es un área importante de crecimiento de la aviación civil.

La carga aérea de la aviación civil, es el área de los mayores cambios tecnológicos. Esto se debe a que la distribución industrial de la carga en general, esta tendiendo a la carga unitizada (contenedores) y en parte debido a la rápida introducción de aviones de fuselaje ancho, capaces de aceptar grandes cargas unitizadas. La industria de la carga aérea presenta la imagen de todavía estar en un período de cambio rápido y flujo. Consecuentemente, el diseñador de terminales de carga aérea es susceptible a los rápidos cambios de parámetros, debido al avance de la tecnología.

Ademas de la terminal de carga aérea la zona industrial cuenta con talleres de mantenimiento ya sea ligero o mayor, inclusive llega a tener empresas que trabajan dentro del aeropuerto ya que de esta manera se pueden reducir los costos de transporte.

CAPITULO V

## PLANEACION DEL AEROPUERTO

La planeación del aeropuerto es de suma importancia, debido a que por medio de esta se vislumbrará el desarrollo del aeropuerto; ya que nos ayudara a conocer los objetivos perseguidos, las políticas que se implementarán para el desarrollo del aeropuerto, la información necesaria para la toma de decisiones, etc. Por lo anteriormente expuesto sera necesario elaborar lo que denominaremos plan maestro, el cual presentara la forma física del último desarrollo, la descripción de las etapas, las implicaciones financieras y las políticas fiscales involucradas.

### PLAN MAESTRO

Una vez que se ha comprobado la factibilidad del aeropuerto, sera necesario preparar el plan maestro, para esto se hace indispensable; que se desarrolle por etapas, esto se debe primordialmente a que dependiendo del crecimiento de la demanda; se ira incrementando la capacidad de los sistemas del aeropuerto, y de esta forma se reduce la posibilidad de tener obras sobredimensionadas o subdimensionadas con el consecuente equilibrio de las inversiones.

Como se menciona en la justificación del aeropuerto existen cuatro alternativas para este: a) Construir un aeropuerto donde no hay, b) Ampliar un aeropuerto existente, c) Construir un aeropuerto nuevo, cancelando el o los actuales y d) Construir un nuevo aeropuerto conservando el o los actuales. Para el caso b el aeropuerto deba contar con un plan maestro pero en los casos a, c y d se pueden distinguir las siguientes etapas de desarrollo, mismas que se debieron identificar en el caso b. Las siguientes etapas se podrían esperar:

#### ORIENTACION DE PISTAS Y LOCALIZACION DEL AEROPUERTO

Debido a las ventajas del aterrizaje y despegue ante el viento, las pistas se orientan en la dirección en que prevalece este. Ya que los aviones no pueden maniobrar con seguridad; en una pista donde los vientos tienen una componente transversal a la dirección del vuelo alta. Para el análisis de vientos se emplea el método de la rosa de los vientos; el cual es un procedimiento gráfico que nos determina la mejor orientación de la pista con respecto a los vientos dominantes. El análisis debe basarse en un estudio estadístico tan largo como sea posible, para esto los datos del viento se ordenaran de acuerdo a la velocidad, dirección y frecuencia del viento, será necesario considerar también las condiciones meteorológicas y su influencia sobre el medio.

Para un primer análisis de la localización, se puede hacer por medio de vuelos de reconocimiento de sitios probables, o

consultando las cartas que elabora el Instituto Nacional de Geografía, Estadística e Informática, con esta información podremos los posibles emplazamientos de acuerdo a los vientos. Conocidos los posibles sitios se procederá a determinar con mayor detalle los rasgos físicos de todas las alternativas en función de la orientación de los vientos, esto se puede hacer por medio de levantamientos aerofotogramétricos particulares, dichos detalles se recomienda que sean en una escala de 1:25,000 @ 25 m, que es necesario para identificar la orografía y su relación con los espacios aéreos y los factores climatológicos.

Cabe hacer mención que la localización, puede estar influido además de los vientos, los espacios aéreos, del número y orientación de pistas por los siguientes factores:

#### I. Técnicos

- 1.- Condiciones de drenaje
  - a) Esguimientos
  - b) Permeabilidad del terreno
  - c) Nivel freático
- 2.- Mecánica de suelos
  - a) Resistencia al corte y carga vertical
  - b) Tipo de suelo
  - c) Calidad de los materiales en los bancos de préstamo
- 3.- Geológicos
  - a) Estratigrafía
  - b) Fallas

#### II. Socioeconómicos

- 1.- Costos económicos y sociales en la adquisición de terrenos
  - a) Costo de compra
  - b) Desplazamiento de personas

c) Cambio de régimen económico de la tierra

2.- Suministro de servicios

- a) Agua
- b) Drenaje
- c) Electricidad

3.- Distancia a la zona generadora de pasajeros.

### III. Políticos

1.- Organización territorial

- a) Areas estratégicas de desarrollo
- b) Uso de suelo

### IV. Otros factores

1.- Efectos respecto a otros aeropuertos

- a) Competencia
- b) Interferencia

2.- Competencia con otros medios de transporte

3.- Respuesta de la comunidad

- a) Aeropuerto afecta a la comunidad
- b) Comunidad afecta al aeropuerto

4.- Impacto ambiental

- a) Ruido
- b) Desechos sólidos

### PRIMERA ETAPA OPERATIVA

En esta fase se proporcionarán los servicios necesarios para que el aeropuerto empiece a operar. De tal forma que la demanda, se satisfaga con la capacidad del aeropuerto para esta etapa. Entre las obras que se podrían esperar en esta etapa esta:

- Pistas
- Calles de rodaje de salida y/o de entrada a pista
- Plataforma comercial

- Edificios de apoyo
- Estacionamiento
- Camino de acceso
- Almacenamiento y distribución de combustibles
- Plataforma de aviación general
- Edificio terminal
- Radioayudas
- Ayudas visuales
- Control de tránsito aéreo

Dependiendo de la importancia de la demanda y el tipo de aeropuerto se contemplaran más ó menos instalaciones. Las obras mencionadas anteriormente pueden estar totalmente o parcialmente construidas, esto obedece a la determinación de los valores de la demanda y/o a la disponibilidad de recursos.

#### ETAPAS POSTERIORES

En estas etapas el aeropuerto incrementa su capacidad de servicio, para atender el crecimiento de la demanda. La decisión de incrementar la capacidad, puede ser determinada por medio de dos criterios; el primero, que se basa en decidir el crecimiento en función de un período de tiempo, en el cual se cree que existira un desequilibrio entre la capacidad y la demanda, y el segundo; donde la decisión esta en función de la saturación de la capacidad existente; es decir cuando se alcance cierta demanda de servicio, es el momento de ampliar o construir las instalaciones. En estas etapas se contemplan aquellas instalaciones que por su

demanda se justifico construir las parcialmente , o las que no fueron construidas por considerar que el servicio que proporcionarían no era necesario, o que el servicio que prestarían podría absorberse por otras instalaciones.

El número de etapas estará determinado por la disponibilidad de recursos financieros y la demanda de servicios. En ocasiones el servicio a proporcionar no estará acorde a la demanda, debido a que no se cuenta con los recursos necesarios, pero se proporciona el servicio mínimo necesario para la comodidad del pasajero.

A continuación, al igual que en el capítulo anterior se expondrán las recomendaciones de la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI) la cual propone recomendaciones a los países afiliados, y la Administración Federal Aérea (FAA) la cual norma en los E.U.A.

#### RECOMENDACIONES DE LA FAA.

Las recomendaciones de la FAA para la estructura del plan maestro del aeropuerto, consiste de 4 fases separadas.

##### Fase I . Requerimientos del aeropuerto.

Escencialmente la primera fase es un examen de la escala y cronología de las nuevas facilidades con respecto a la demanda.

La determinación de las facilidades del aeropuerto necesita de un

estudio detallado de los siguientes aspectos:

- Facilidades actuales.
- Pronósticos.
- Análisis de la capacidad - demanda.
- Análisis de requerimientos.
- Impacto ambiental.

Fase II. Selección del sitio.

Debido al incremento en el transporte aéreo; apoyado por el explosivo cambio tecnológico de los aviones en los últimos 15 años. Los aeropuertos se han identificado por el severo deterioro que causan a las zonas aledañas, debido a que generan un alto volumen de tráfico de pasajeros y traen un desarrollo que puede no estar acorde a los deseos de la población existente.

Por las circunstancias anteriores, la FAA recomienda para el procedimiento del plan maestro, un análisis para seleccionar el sitio que incluya los siguientes factores:

- Análisis de los espacios aéreos.
- Obstrucciones.
- Impacto ambiental y tipo de desarrollo de los alrededores.
- Proximidad a las áreas de generación de usuarios.
- Acceso terrestre.
- Características físicas del sitio, incluyendo condiciones atmosféricas.
- Costos de la tierra y posible obtención.

- Análisis comparativo de alternativas de sitio.

### Fase III. Planes del aeropuerto.

Después que se ha seleccionado el sitio para la ubicación de un nuevo aeropuerto o el área necesaria para la ampliación de las instalaciones existentes, se representarán con precisión los planes; basados en los siguientes puntos:

- 1) Bosquejo del plan maestro. Indicando la configuración, localización y dimensión de todas las instalaciones.
- 2) Plan del uso del suelo. Se presentan los detalles del uso de la tierra de las áreas colindantes a los linderos, y que son afectadas por el emplazamiento del aeropuerto.
- 3) Planes del área terminal. Muestran las dimensiones y la localización de los diversos edificios y áreas de actividad dentro del complejo de la terminal.
- 4) Planes de acceso al aeropuerto. Se exponen las rutas propuestas de los diferentes modos de acceso.

### Fase IV. Plan de financiamiento.

La fase final incluye la recopilación de datos en las cuatro áreas de importancia financiera:

- 1) Programas del desarrollo propuesto. Indica las etapas a corto,

mediano y largo plazo del desarrollo; de acuerdo con un calendario el cual debe coincidir con las demandas estimadas.

2) Costos estimados del desarrollo. Por etapas y conforme al programa de estrategias desarrollado.

3) Análisis de factibilidad económica. Examina si la generación esperada de beneficios cubrira los costos anticipados.

4) Análisis de factibilidad financiera. Consideraciones para determinar la factibilidad de financiamiento de parte de la autoridad involucrada.

Aunque muchos de los conceptos para el plan maestro del aeropuerto se contemplan en los procedimientos de la FAA, tambien se vislumbran en las aplicaciones generales de la OACI.

#### RECOMENDACIONES DE LA OACI.

En términos generales, las recomendaciones de la OACI son similares a los procedimientos de la FAA. Sin embargo, como la OACI agrupa tanto a países altamente industrializados, así como a países subdesarrollados, los métodos de análisis de algunos de los problemas que se presentan y la forma de resolverlos, se basan en un criterio flexible.

Independientemente del método usado, todos los planes maestros deben basarse en suposiciones y pronósticos sobre una base de datos extensos y validos. Los siguientes datos podrian

esperarse:

#### Demanda y Tráfico.

#### Pasajeros:

- Movimiento anual de pasajeros durante los últimos 10 años.
- Movimiento mensual de pasajeros durante los últimos 5 años.
- Movimientos de pasajeros en hora crítica (10 días) durante los últimos 5 años.

#### Operaciones:

- Movimiento anual durante los últimos 10 años.
- Movimiento mensual durante los últimos 5 años.
- Movimiento en hora crítica (10 días) durante los últimos 5 años.
- Estimaciones de las aerolíneas y de la OACI del crecimiento regional de pasajeros en aviación comercial y general.
- Flota actual y futura de aviones combinados en los próximos 15 años.
- Patrones históricos de movimientos militares y crecimiento estimado de estos movimientos.
- Patrón de programación de operación de aerolíneas.
- Datos socio-económicos generales.
- Costos y niveles de servicio de los modos de transporte.

#### Datos Ambientales:

- Reglamentos locales de planeación.
- Planes locales de desarrollo.
- Usos existentes de suelo y tipo de desarrollo en el entorno del aeropuerto.
- Planes de transportación regional.

- Relaciones entre planes de transportación regional con transportación nacional y estrategias de inversión.
- Reglamentación local y nacional de ruido.

#### Datos Físicos.

- Descripción y distribución de los modos existentes de acceso.
- Datos meteorológicos.
- Detalles topográficos en escalas 1:50,000 y 1:2,000.
- Planos de facilidades existentes.
- Detalle del área de edificios existentes.
- Planos de detalles arquitectónicos.
- Memoria técnica del diseño estructural.
- Condición y extensión del alumbrado de las instalaciones aeronáuticas y del señalamiento existente.
- Tipo, capacidad y condición de las ayudas a la navegación y las telecomunicaciones.
- Datos sobre accidentes aéreos a causa de penetrar las superficies protegidas.
- Detalles de los servicios existentes (extinción de incendios, rescata, etc.).
- Otros datos físicos incluyendo datos ambientales sobre flora y fauna.

#### Generales:

- Otros planes de transportación, en el entorno del aeropuerto.
- Planos de desarrollo gubernamental (comercial, turísticos e industriales).
- Datos de financiamiento de aeropuertos existentes.

#### Aeronáuticos:

- Procedimientos de aproximación, aproximación frustrada, despegue y aterrizaje.
- Operaciones de aerolíneas.

#### Construcción:

- Detalle de precios unitarios.
- Existencia de materiales.
- Costo de equipo.

### PRESENTACION DEL PLAN MAESTRO

La forma del plan maestro se recomienda que se describa en forma de reporte de la siguiente manera:

#### Demanda.

- Pronósticos de tránsito de pasajeros.
- Pronósticos de tránsito de carga.
- Pronósticos de movimiento del transporte aéreo comercial.
- Pronósticos de movimiento de aviación general y militar.
- Movimiento de acceso terrestre por modos públicos y privados.

#### Capacidad.

La provisión secuencial y por etapas de capacidad, de acuerdo con el desarrollo de la demanda. La capacidad sera calculada para:

- Area aeronáutica (pistas, plataforma, etc.).
- Terminales ( pasajeros y carga).
- Acceso terrestre (camino de acceso y estacionamiento).

En esta sección del reporte se explicara la lógica del desarrollo de la configuración seleccionada para el área aeronáutica, y la justificación de las instalaciones del aeropuerto.

Costos estimados.

- Pistas, calles de rodaje, plataforma y áreas de servicio.
- Terminales de carga y pasajeros.
- Ayudas a la navegación incluyendo la torre de control.
- Facilidades generales y de apoyo (metereología, rescate, etc.).
- Caminos, estacionamientos y otras facilidades de acceso.
- Areas militares.
- Facilidades a la aviación general.
- Areas de mantenimiento.

Es recomendable presentar cuando menos los siguientes planos.

- Plano de orientación.
- Plano de localización y/o plano del sitio actual.
- Plano de uso del suelo en las proximidades.
- Plano del uso del suelo regional.
- Plano del uso del suelo del aeropuerto.
- Plano del arreglo general final.
- Planos por etapas del arreglo general.

- Localización de ayudas a la navegación.
- Localización de espacios aéreos.
- Facilidades de acceso (planes por etapas).
- Contornos de ruido (por etapas).

**CAPITULO VI**

## CONCLUSIONES

A lo largo de la exposición, se ve la necesidad de que la factibilidad de un aeropuerto esta contenida en un análisis técnico, económico, político y social. Para que de esta forma la alternativa seleccionada sea con la que se obtienen mayores beneficios para la región y el país.

En la primera parte de este trabajo se ve la necesidad de hacer un análisis profundo de los diferentes modos de transporte, para que no exista la posibilidad de que ocurra una competencia tal, que lesione las funciones de los modos de transporte afectados así como a su entorno. Resulta obvio pensar que el modo de transporte más utilizado seguira siendo el carretero y debemos esperar un incremento en la demanda del transporte aéreo.

Vista la interacción de los modos de transporte entre sí y con su medio ambiente, en el capítulo II se hace necesario hacer un estudio de la justificación del transporte aéreo, los siguientes requisitos se podrian esperar: ser adecuado para las necesidades de transporte, capaz de atraer nuevos beneficios, crear y asistir en el origen de nuevos intereses, estar diseñado, proyectado y construido para una administración y operación de sus instalaciones práctica y sana; así como financiado, de manera que

permita autosuficiencia. Existen cuatro alternativas para un aeropuerto: a) Construir un aeropuerto donde no hay, b) Ampliar un aeropuerto existente, c) Construir un nuevo aeropuerto cancelando el o los actuales y d) Construir un aeropuerto nuevo, conservando el o los actuales. Cabe hacer mención que la justificación estará determinada por la demanda, ya que en función de estos se obtendrán los ingresos del aeropuerto, por lo que se hace necesario que los pronósticos de la demanda sean lo más reales la justificación del aeropuerto debe estar comprendida dentro de los factores técnicos, económicos, sociales y políticos con esto se logran obras que resulten eficientes y se logre el objetivo para lo que fueron o creadas.

En el capítulo de la determinación de los valores de la demanda se ve la necesidad de contar con la colaboración y coordinación de las empresas de aviación y las autoridades aeroportuarias. Para los pronósticos de la demanda se hacen estimaciones a corto, mediano y largo plazo. Los estudios que se realizan por lo general abarcan periodos anuales y de hora crítica y se hacen para operaciones de aviones y pasajeros en aviación comercial y general, posiciones en aviación comercial y general, camino de acceso, estacionamiento, carga, almacenamiento y distribución de combustibles, maletas y acompañantes por pasajeros. Ante el creciente deterioro del medio ambiente es recomendable hacer un pronóstico del impacto ambiental que pueda ocasionar el aeropuerto entorno de éste. Con el conocimiento de los pronósticos, los cuales deben ser lo mas precisos posibles para que de esta forma los parámetros de proyecto resulten adecuados

en su capacidad para satisfacer la demanda y no se tengan obras que resulten sobredimensionadas o subdimensionadas. Los valores de la demanda son en los que se basara todo el proyecto del aeropuerto por lo que hay que tener cuidado al hacer el estudio y el análisis de los datos, sera necesario incluir variables que puedan afectar la información, ya que cada aeropuerto es un caso particular.

El aeropuerto como parte esencial del transporte aéreo, resulta ser un sistema muy complejo, es por eso que en el capítulo IV para el estudio de los parámetros; resulta conveniente dividirlo en sistemas más particulares los cuales van a estar interactuando entre sí. Una división del aeropuerto en subsistemas podrian ser: a) Espacios aéreos, b) Pistas, Calles de rodaje y Plataformas, c) Zona terminal, d) Camino de acceso, e) Almacenamiento y distribución de combustibles y f) Zona industrial. Por las erogaciones tan fuertes que se tienen en la construcción de un aeropuerto resulta necesario que el diseño de ésta sea lo más flexible que se pueda ya que de esta manera; si hubiese un cambio en la conducta de los pronósticos debido a cambios en las políticas, en las condiciones sociales, a la economía del país o a la tecnología, sea posible adecuar la capacidad de las instalaciones del aeropuerto a la demanda, por lo que se evitarían gastos innecesarios. Lo anterior se puede lograr con una planeación adecuada; en la previsión de la demanda.

En el capítulo V, el cual contempla la planeación del aeropuerto,

se apoya en el plan maestro es el instrumento que nos servirá para conocer la forma física del último desarrollo, la descripción de las etapas, las implicaciones financieras y las políticas fiscales involucradas. En términos de la FAA, identifica 4 fases necesarias para la planeación: a) Requerimientos de aeropuerto, b) Selección del sitio, c) Planes del aeropuerto y d) Plan de financiamiento, es bueno recordar que la FAA norma en los E.U.A., pero resulta conveniente conocer las recomendaciones de este organismo. La OACI recomienda que se tengan los siguientes datos: a) Demanda y Tráfico, b) Datos ambientales, c) Datos Físicos, d) Generales, e) Aeronáuticos y f) Construcción, estas recomendaciones son consideradas por lo organismos que están involucrados en el transporte aéreo, ya que nuestro país es miembro de la OACI. Los estudios para el plan maestro deben ser lo más precisos posibles ya que de estos se derivará la factibilidad del aeropuerto, por eso resulta conveniente elaborar el plan maestro por etapas de esta forma se podrá adecuar la capacidad a la demanda solicitada, con esta forma de trabajo se pueden proyectar las inversiones; de tal forma que se disminuye la posibilidad de construir obras que resulten excedidas o disminuidas en su capacidad de servicio por lo que resultara un financiamiento de las obras adecuado.

## BIBLIOGRAFIA

Curso " El enfoque de sistemas en el sector transporte ";

División de Educación Continua, sep. 1984

Temas: Relaciones entre el sistema de transporte y su entorno .  
Dr. Ovsei Gelman Muravchik

Visión sistematica del transporte.  
Dr. Felipe Lara Rosano

XII Curso de ingenieria de aeropuertos; OACI/DGA, 1984

Programa Nacional de Comunicaciones y Transportes (1984-1988),  
publicado en 1985.

Curso " Ingenieria de Aeropuertos " modulo Planeación ; División  
de Educación Continua, marzo de 1985

Foro de consulta profesional sobre infraestructura aeroportuaria;  
" Prospectiva de la demanda ", Ing. Matias Lopez Jimenez, 1985.

Apuntes de la materia " Sistemas Aeroportuarios "; Facultad de  
ingenieria (UNAM); Ing Federico Dovali Ramos, 1984.

" Planning and design of Airports"; Mc. Graw Hill, Robert  
Horonjeff, 2a edición.

" Airport Enginnering "; 2a edición, Wiley-Interscience, Norman  
Ashford y Paul H. Wright