



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

154
ZET

FACULTAD DE INGENIERIA

CONCEPTOS DE PLANEACION DE AEROPUERTOS
PARA EFECTOS CONSTRUCTIVOS.

FALLA DE ORIGEN

T E S I S

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



MEXICO, D. F.

OCTUBRE 1995

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERIA
DIRECCION
60-1-057/94

Señor
ALFREDO TREJO RIVERA
Presente.

En atención a su solicitud me es grato hacer de su conocimiento el tema que propuso el profesor **ING. FEDERICO DOVALI RAMOS**, que aprobó esta Dirección, para que lo desarrolle usted como tesis de su examen profesional de **INGENIERO CIVIL**.

**"CONCEPTOS DE PLANEACION DE AEROPUERTOS PARA EFECTOS
CONSTRUCTIVOS"**

- I. CONCEPTUALIZACION DE UN AEROPUERTO**
- II. ANALISIS DEL PLAN MAESTRO**
- III. ANALISIS DE LAS ETAPAS DE DESARROLLO**
- IV. DETERMINACION DE ESPECIFICACIONES**
- V. PROCESOS DE CONSTRUCCION**
- VI. POSIBILIDADES DE FINANCIAMIENTO**
- VII. DETERMINACION FINAL DE LA PRIMERA ETAPA**
- VIII. CONCLUSIONES**

Ruego a usted cumplir con la disposición de la Dirección General de la Administración Escolar en el sentido de que se imprima en lugar visible de cada ejemplar de la tesis el título de ésta.

Asimismo le recuerdo que la Ley de Profesiones estipula que deberá prestar servicio social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito para sustentar Examen Profesional.

Atentamente
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
Cd. Universitaria, a 18 de mayo de 1994.
EL DIRECTOR,

ING. JOSE MANUEL COVARRUBIAS SOLIS

JMCS/RCR*nl

*Iba un hombre caminando por el desierto
cuando oyó una voz que le dijo:*

*"Levanta algunos guijarros, mételes en
tu bolsillo y mañana te sentirás a la vez
triste y contento."*

*Aquel hombre obedeció: Se inclinó,
recogió un puñado de guijarros y se los
metió en el bolsillo.*

*A la mañana siguiente, vio que los
guijarros se habían convertido en
diamantes, rubies y esmeraldas.*

Y se sintió feliz y triste.

*Feliz por haber cogido guijarros;
triste por no haber cogido más.*

Lo mismo pasa con la educación.

W. CUNNINGHAM.

A LA UNIVERSIDAD Y FACULTAD DE INGENIERÍA

Gracias por haberme dado la oportunidad de crecer y madurar en esta Institución, así como aprender a ser mejores mexicanos cada día.

A MIS COMPAÑEROS Y MAESTROS:

Mi agradecimiento a todos ellos
por haber contribuido a mi
formación académica.

AL ING. FEDERICO DOVALÍ RAMOS:

Por su sincero apoyo y amable
disposición en la elaboración
de este trabajo.

A MIS PADRES: ALFREDO Y EMMA.

Gracias por haberme guiado en
este camino y hacer de mi un
hombre de bien. Por la confianza
y cariño depositados durante
toda la vida y por ser lo que son:
Mis padres.

**A MIS HERMANOS RAFA Y OLY.
A MI ABUELO Y A PEPE.
A LA MUJER QUE AMO.**

Por ser parte de mi vida. Por creer
en mi, apoyarme y encausarme en
el difícil camino de la vida.

**CONCEPTOS DE PLANEACIÓN DE AEROPUERTOS
PARA EFECTOS CONSTRUCTIVOS**

INDICE

INTRODUCCIÓN	1
I. CONCEPTUALIZACIÓN DE UN AEROPUERTO	1
I.1 Conjunto de sistemas	2
I.2 Usuarios	17
I.3 Conexión entre medios de transporte	19
II. ANÁLISIS DEL PLAN MAESTRO	20
II.1 Estadísticas	20
II.2 Pronósticos	25
II.3 Determinación del horizonte de planeación	32
II.4 Desarrollo del plan maestro	35
III. ANÁLISIS DE LAS ETAPAS DE DESARROLLO	46
IV. DETERMINACIÓN DE ESPECIFICACIONES	56
IV.1 De proyecto	56
IV.2 De construcción	63
IV.3 De mantenimiento	66
V. PROCESOS DE CONSTRUCCIÓN	70
VI. POSIBILIDADES DE FINANCIAMIENTO	92
VII. DETERMINACIÓN FINAL DE LA PRIMERA ETAPA	102
VIII. CONCLUSIONES	109
BIBLIOGRAFÍA	112

CAPITULO I

CONCEPTUALIZACIÓN DE UN AEROPUERTO

INTRODUCCIÓN.

Ha transcurrido casi un siglo desde el primer vuelo satisfactorio efectuado por los hermanos Wright en Kitty Hawk, C.N., sin embargo esencialmente el transporte aéreo comienza su desarrollo después de la segunda guerra mundial.

Actualmente la industria de la aviación Civil Internacional juega un papel muy importante para la economía nacional ya que la suma de dinero invertida en servicios de transporte tiene una correlación íntima con el nivel de la actividad económica, medida por el Producto Interno Bruto.

El transporte aéreo enfrenta problemas que las naciones individualmente no podrían resolver; consecuentemente desde los primeros días de la aviación civil se ha tratado de encontrar soluciones a través de la creación de modelos internacionales. La aviación civil requiere la construcción de aeropuertos que cumplan con normas estandarizadas en cuanto al establecimiento de ayudas de navegación, un sistema común en todo el mundo para el reporte del clima, operaciones prácticas para minimizar las posibilidades de error o desentendimiento, etc.

Debido a esto, se han creado Instituciones Nacionales cuya función es la de proveer la seguridad en el transporte aéreo civil por medio de procedimientos de inspección y licencia de aeronaves, el entrenamiento y licencia de pilotos, el de proveer la infraestructura necesaria, así como ayudas de navegación y aeropuertos. Conjuntamente, el establecimiento de una infraestructura para el transporte aéreo civil del país para la cual, existe una serie de normas, leyes y reglamentos internacionales que hacen posible la aplicación de procedimientos, regulaciones y equipos en todo el mundo para una segura operación de las aeronaves.

1.1 CONJUNTO DE SISTEMAS.

El aeropuerto como obra de Ingeniería Civil está formado por una serie de sistemas que operan conjuntamente para una eficiente operación. Estos sistemas están íntimamente ligados y dependen unos de los otros los cuales a su vez, deben proporcionar la capacidad necesaria para aeronaves, pasajeros, carga, vehículos terrestres, etc., teniendo la opción de una futura ampliación. Ya que estos sistemas operan conjuntamente, no es posible la planeación por separado de cada uno de estos sistemas por lo que se busca una solución lógica posible de tal forma que la planificación de cada uno de ellos contribuya y se integre en un Plan Maestro.

Estos sistemas los podemos identificar en tres zonas: 1) zona aeronáutica, 2) zona terrestre y 3) zona industrial. Esta última zona no necesariamente influye en el funcionamiento del aeropuerto excepto por combustibles.

- 1.- Zona Aeronáutica: a) Espacios aéreos.
b) Pistas, calles de rodaje y plataforma.

- 2.- Zona terrestre: c) Edificio de pasajeros.
d) Camino de acceso y liga vial.

- 3.- Zona industrial. e) Almacenamiento y distribución de combustible.

1.- ZONA AERONÁUTICA

a) Espacios aéreos.

Debido al aumento de la actividad del tránsito aéreo surge la necesidad de un control de aeronaves por lo que se desarrollan sistemas para proveer su seguridad y eficiencia.

Los aeropuertos necesitan grandes extensiones de terreno libres de obstáculos, por lo que es de gran importancia la elección de un terreno con dichas características, también deben cumplir con los mínimos requerimientos necesarios de seguridad y operación de aeronaves, sin olvidar el muy probable crecimiento de los sistemas.

* Control de tránsito aéreo.

Existen dos tipos básicos de reglas de vuelo para navegación conociéndose con los nombres de reglas para vuelo visual (visual flight rules: VFR) y reglas de vuelo instrumentos (instrument flight rules: IFR). El VFR opera cuando las condiciones climatológicas son lo suficientemente buenas como para que el piloto opere por referencias visuales de una manera segura y por sí solo. Las condiciones IFR opera cuando la visibilidad o el techo de nubes cae debajo de las condiciones prescritas en el VFR. En condiciones IFR, la segura separación entre aeronaves, es responsabilidad del personal de control los cuales dan la ruta y altitud, así como la separación mínima entre aeronaves volando en una misma dirección y en dirección contraria. En condiciones VFR normalmente no existe el control de tránsito aéreo y los aviones maniobran según el principio de "ver y ser vistos".

Debido a la alta velocidad que desarrollan los aviones actualmente y la densidad de tránsito en el espacio aéreo, aumenta la inquietud sobre las posibilidades de colisiones en el aire, por lo que quedaron establecidas las reglas IFR en ciertas partes del espacio aéreo haciendo caso omiso de las condiciones climatológicas, salvo casos especiales como aeronaves de salvamento, gubernamentales o de la fuerza aérea.

Las reglas IFR requieren antes de la salida del avión un "plan de vuelo" propuesto por el piloto acordado por el centro de control de tránsito aéreo, en el cual se indica el destino del avión, la ruta a seguir y las altitudes deseadas.

Las instalaciones de las dependencias del servicio de tránsito aéreo dependen de la autoridad competente. Es necesario como requisito mínimo en todos los aeropuertos, la existencia de una torre de control capaz de dar servicios de control y de albergar una oficina de notificación de servicios de tránsito aéreo. Existen aeropuertos en los que se proyecta equipar con ayudas para la aproximación y salidas por instrumentos por lo que es necesario una oficina de control de aproximación; o bien que exista además la necesidad de un centro de información y control de vuelos. En cualquier caso debe quedar claramente señalado con las autoridades competentes para que en la planificación de los edificios del aeropuerto se tengan en cuenta estos requisitos.

* Torre de control de tránsito aéreo.

La torre de control en el aeropuerto supervisa en forma directa por medio visual el tránsito en el área del aeropuerto, también controla y ayuda a los aviones en sus salidas y aterrizajes en un radio del orden de 8 a 24 kilómetros.

La torre de control del aeropuerto debe tener una visión clara y sin obstrucciones del área de movimiento y tránsito del aeropuerto, por lo tanto, debe tener la altura suficiente para abarcar calles de rodaje, pistas, espacio aéreo del aeropuerto y en menor medida plataformas. Debe estar colocada de tal forma que en una posible ampliación futura no quede restringida dicha visión. También se deben tomar en cuenta otros factores como evitar el deslumbramiento del sol y por seguridad emplazar la torre lejos de las zonas públicas previendo que la sala de control sea lo suficientemente grande para dar cabida a las mesas de control y equipos especiales de iluminación.

* Sistema de rutas aéreas.

Para volar de un punto a otro se han determinado rutas de navegación que los Estados Unidos llaman: "Sistema de vías superficial" (Surface road system¹) y se clasifican en:

1) VOR y L/MF

VOR = very high frequency omnidirectional range
L/MF = low and medium frequency.

¹ Ashford, Wright. Airport Engineering. Tercera edición. A Wiley Interscience Publication. 1992. Pág 149.

En operación, el sistema VOR es un equipo omnidireccional de muy alta frecuencia. Cada estación VOR tiene una frecuencia determinada que el piloto puede seleccionar de tal manera que mantiene el rumbo de un VOR al siguiente.

2) Sistema de ruta jet

Esta red de vías opera normalmente de 5,500 m. (18,000 pies) sobre el nivel del mar a 13,700 m. (45,000 pies), diseñado para aviones que operan en esta altitud. Estas rutas operan usando el sistema de navegación VOR u otros sistemas de navegación, como el inercial o satélites. A mayores alturas el número de estaciones VOR que se necesitan para delinear una vía específica es menor que a altitudes bajas ya que la señal se transmite tipo visual.

* Normas de separación entre aviones en el tráfico aéreo

Las normas que regulan la separación mínima entre aeronaves tanto vertical, horizontal o lateral, son establecidas por la autoridad de cada país dentro de las recomendaciones internacionales de la OACI². Las distancias mínimas están en función del tipo de avión, su velocidad, existencia de radar o influencia de otros factores.

* Ayudas a la navegación

Las ayudas a la navegación pueden clasificarse de una manera amplia en dos grupos: 1.- Ayudas de navegación en ruta y 2.- Ayudas en tierra y área terminal de navegación.

1.- Ayudas de navegación en ruta: Un número de ayudas localizadas previamente, operan fuera del área terminal permitiendo al avión en vuelo la ejecución de una navegación exacta usando sólo instrumentos.

Las principales ayudas utilizadas son:

- NDB (Nondirectional Radio Beacon) que opera con el equipo de a bordo ADF (Automatic Directional Finding)
- VOR (Very High Frequency Omnidirectional Range)
- DME (Distance Measuring Equipment)
- TACAN (Tactical Air Navigation) y VORTAC (VHF Omnidirectional Range/Tactical Air Navigation)
- Radar de Vigilancia en Ruta

² Organización de Aviación Civil Internacional

2.- Ayudas en tierra y área terminal de navegación: En el área inmediata terminal, las ayudas especiales son necesarias para asistir en las operaciones de aterrizaje y despegue. Las más utilizadas son:

- ILS (Instrument Landing System)
Categorías I, II y III.
- MLS (Microwave Landing Systems)
- PAR (Precision Approach Radar)
- ASR (Airport Surveillance Radar)
- ASDE (Airport Surface Detection Equipment)

Una vez que se ha decidido el tipo de radioayudas para la navegación que se instalarán, es necesario nivelar y despejar el terreno dejándolo libre de obstrucciones y así con la asistencia de especialistas, proceder a la instalación de éstas.

Debido al rápido avance tecnológico los equipos electrónicos cambian constantemente, para lo cual se debe obtener información actualizada para especificar las dimensiones exactas de las instalaciones de los equipos de navegación.

El número de sistemas de aterrizaje por instrumentos que necesite un aeropuerto, dependerá del número de pistas que se requieran.

* Iluminación del aeropuerto

Quando un avión se aproxima al aeropuerto es necesario para el piloto utilizar puntos de referencia situados en el suelo. Estas ayudas visuales son utilizadas tanto de día como de noche y con buen tiempo o con malo, permitiendo al piloto tener la información visual necesaria para el aterrizaje, despegue y para el rodaje. Estas ayudas las podemos enumerar en las más importantes:

- 1) Sistema de luces de aproximación.
- 2) Luces de umbral de pista.
- 3) Luces de borde de pista.
- 4) Luces de eje de pista y zona de toma de contacto.
- 5) Luces de eje y borde de las calles de rodaje.
- 6) Borde y entradas en plataforma.
- 7) PAPI (Precision Approach Path Indicator).

Las ayudas visuales que el aeropuerto adopte, dependerán principalmente de las condiciones de visibilidad en el área y el tipo de aeronaves que se utilizarán. Se debe tomar en cuenta que en una supuesta ampliación futura, los sistemas de iluminación no deben repercutir en otros sectores o en su caso prever el terreno adicional o la capacidad necesaria para los sistemas de iluminación futura.

b) Pistas, Calles de Rodaje y Plataformas.*** Pistas**

El número de pistas en un aeropuerto depende de la demanda de proyecto y del viento. Su orientación dependerá de la dirección y magnitud del viento y de los espacios aéreos.

Las pistas y calles de rodaje deben funcionar de tal manera que: 1) Proporcionen una adecuada separación entre aeronaves en procedimiento; 2) Minimicen el tiempo en aterrizaje, rodaje y despegue; 3) Proporcionen el menor recorrido desde la plataforma hasta la cabecera de pista, y 4) Las calles de rodaje deben ser tan funcionales de modo que el avión que aterrice, pueda abandonar la pista tan rápido como sea posible y genere el menor tiempo posible en su trayectoria.

Existe una gran variedad de configuraciones de pistas, como por ejemplo: 1.- Pista única, 2.- Pistas paralelas, 3.- Pistas en V abiertas, 4.- pistas que se cortan, etc.

1.- Pista Única: Su capacidad horaria es probablemente del orden de 50 a 100 operaciones por hora bajo condiciones VFR, y 50 a 60 operaciones bajo condiciones IFR.

2.- Pistas Paralelas: La capacidad de las pistas paralelas depende del número de pista y la separación entre ellas.

3.- Pistas en V Abiertas: Las pistas en direcciones diferentes y que no se cruzan son llamadas pistas en V abiertas. Cuando los vientos en una sola dirección son fuertes, opera una sola pista; cuando son ligeros pueden utilizarse ambas pistas simultáneamente. La estrategia que ofrece la mayor capacidad es en la que las operaciones se efectúan saliendo del vértice de la V. Cuando las operaciones se realizan hacia el vértice, la capacidad disminuye.

4.- Pistas que se Cortan: Este tipo de pistas son necesarias en aquellos aeropuertos donde los vientos fuertes soplan desde varias direcciones. Al igual que las pistas abiertas en V, se utiliza una sola pista cuando los vientos son fuertes reduciéndose su capacidad. Si los vientos son ligeros pueden utilizarse ambas pistas. La capacidad de las dos pistas depende del punto de intersección entre ellas. Cuanto más lejos esté situada la intersección de la cabecera de despegue, más bajará la capacidad.

En la figura 1.1 podemos observar la configuración de las pistas, su capacidad óptima estimada de movimientos por hora en condiciones VFR e IFR y el volumen estimado de servicio anual de movimientos.

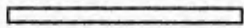
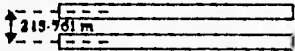
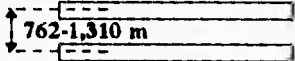
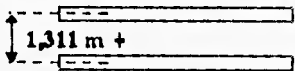
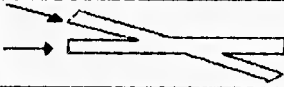

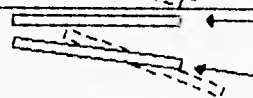
Número	Configuración de la pista	Capacidad movimientos/h		Volumen de servicio anual Movimientos
		VFR	IFR	
1		51-98	50-59	195,000-240,000
2		94-197	56-60	260,000-355,000
3		103-197	62-75	275,000-365,000
4		103-197	99-119	305,000-370,000
5		72-98	56-60	200,000-265,000
6		73-150	56-60	220,000-270,000
7		73-132	56-60	215,000-265,000

FIGURA 1.1 Configuración de pistas, capacidad y volumen de movimientos.

FUENTE: Manual de planificación de aeropuertos. Parte 1: Planificación general. OACI. 1987.

* Calles de Rodaje.

La función principal de las calles de rodaje es la de suministrar el acceso desde la pista hasta la plataforma utilizando el mínimo tiempo de ocupación de las pistas. Deben seleccionarse los recorridos que posibiliten las distancias más cortas entre plataformas y la pista, evitando rodaje innecesario ya que provoca el aumento en el consumo de combustible y el desgaste innecesario de la aeronave.

Podemos clasificarlas en dos tipos:

1) *Calles de rodaje de entrada.* - Comunican de la plataforma a la cabecera de pista, para efectos de despegue.

2) *Calles de rodaje de salida.* - Comunican de la pista a la plataforma, para efectos de aterrizaje.

La capacidad de las pistas depende en alto grado de la rapidez de los aviones que aterrizan para desalojarla, ya que una aeronave tiene que aguardar hasta que la que le antecedió abandone la pista. En todo caso se busca el menor tiempo de ocupación por lo que para agilizar el abandono de las aeronaves que aterrizan, se han colocado las calles de rodaje de salida anguladas que permiten la salida a altas velocidades.

* Plataformas.

La función de las plataformas es la de recibir aeronaves para fines de carga y descarga de pasajeros, correo o mercancías, reabastecimiento, estacionamiento o mantenimiento.

Las plataformas deben proporcionar las distancias de rodaje mínimas entre la pista y el lugar de estacionamiento, debe tener el área suficiente para permitir el libre movimiento de las aeronaves y equipos de abastecimiento.

El tamaño de las plataformas dependen del tipo y tamaño de aeronaves (características físicas de la flota de aviones), del área de maniobra de cada aeronave, del tipo y tamaño de los equipos de servicio, el modo de estacionamiento de la flota (configuración de plataformas) y del tipo de edificio de pasajeros.

El número de puestos de estacionamiento, depende del número de aeronaves en horas pico y su tiempo de ocupación.

Existen varios tipos de plataformas. Su configuración esta relacionada con el tipo de edificio de pasajeros.

- Simple
- Lineal
- Lineal circular
- Espigón o Andenes
- Satélite
- Remota o de Transporte
- Mixto

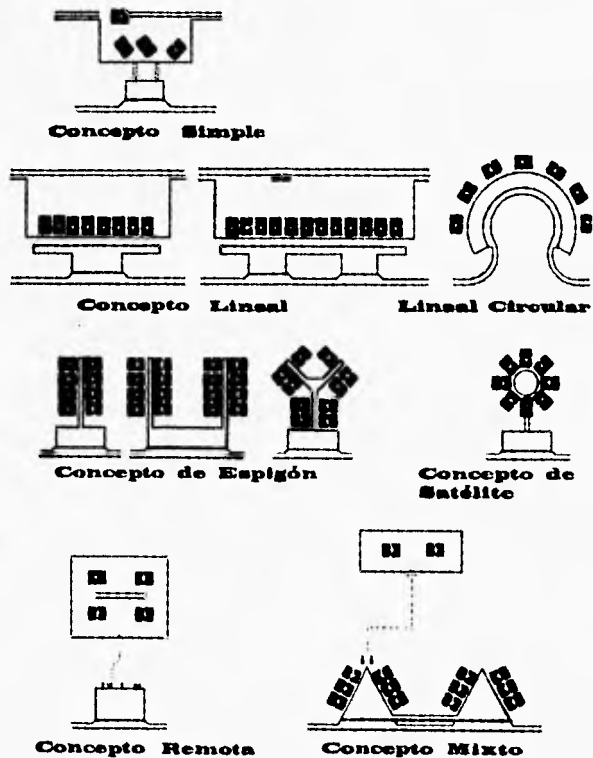


FIGURA 1.2 Configuración de plataformas.
FUENTE: Ibid, Pág. 8.

2.- ZONA TERRESTRE

C) Edificio de pasajeros.

El edificio de pasajeros es el elemento principal de conexión del pasajero desde el transbordo del transporte terrestre hasta el punto de embarque a la aeronave y viceversa. De él depende el nivel de servicio para pasajeros, visitantes, empleados, aerolíneas, operación y administración del aeropuerto.

Debe estar compuesto por distintas áreas de servicio que podemos enumerar:

1) Áreas destinadas al pasajero.

* *Zona de acceso.*- Facilita la transferencia del pasajero desde el punto de transporte terrestre hasta el punto de mostradores y registro de equipaje.

* *Pasajeros en documentación.*- Áreas destinadas a las aerolíneas para mostradores y registro de equipaje, control de migración, salubridad y áreas de seguridad.

* *Áreas de espera.*- Una gran parte del tiempo del pasajero en el aeropuerto es transcurrido en las áreas de espera en las cuales el pasajero espera el abordaje al avión ya sea sólo o con acompañantes. Es aquí donde se destinan las salas de espera, áreas de servicio al pasajero como sanitarios, teléfono público, información, etc.; concesiones tales como bares, restaurantes, librerías, bancos y casas de cambio, renta de autos, etc.

* *Circulación interna y conexión con la zona aérea.*- Los pasajeros caminan dentro del edificio terminal para encontrarse con la zona de abordaje del avión. Estos sistemas de circulación interna son pasillos, corredores, rampas, escaleras, puentes aéreos, etc.

2) Áreas destinadas a aerolíneas y administración del aeropuerto.

Zonas destinadas para aerolíneas tanto de oficinas de administración, estaciones de equipaje, telecomunicaciones, como oficinas gerenciales y de seguridad, gubernamentales, oficinas del personal de mantenimiento, etc.

Existen básicamente dos tipos de vuelos que llevan una secuencia y son: Vuelos Nacionales y Vuelos Internacionales. Los vuelos Nacionales no necesitan tantos procedimientos como los que son requeridos por los Internacionales. Se deben tomar en cuenta los espacios necesarios para los elementos ya sea de salida Nacional o Internacional, por lo que para un mejor control y organización éstos son separados e independientes entre sí.

Para tener control del pasajero documentado en espera de abordar, es necesaria la separación de la parte pública y la de pasajeros de salida.

* Distribución de actividades.

En aeropuertos pequeños, por ejemplo, las instalaciones para manejo de equipaje, para las compañías aéreas y las actividades del aeropuerto, pueden estar acomodadas en un solo nivel. Si la demanda de pasajeros y/o carga aumenta, es justificable el crecimiento vertical de la terminal pudiendo ser de un nivel, un nivel y medio o dos niveles si es necesario dependiendo de la demanda.

* Distribución óptima de áreas.

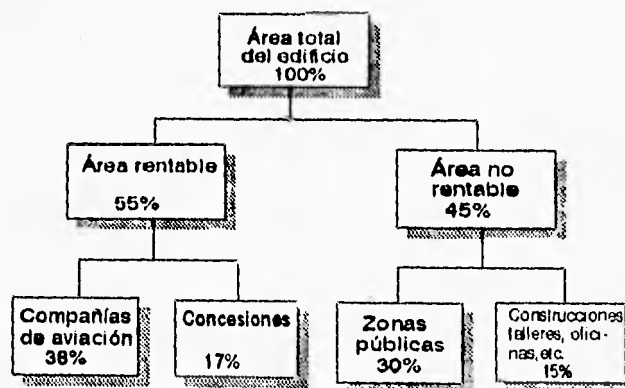


FIGURA 1.3

* Secuencia del pasajero con destino Nacional.

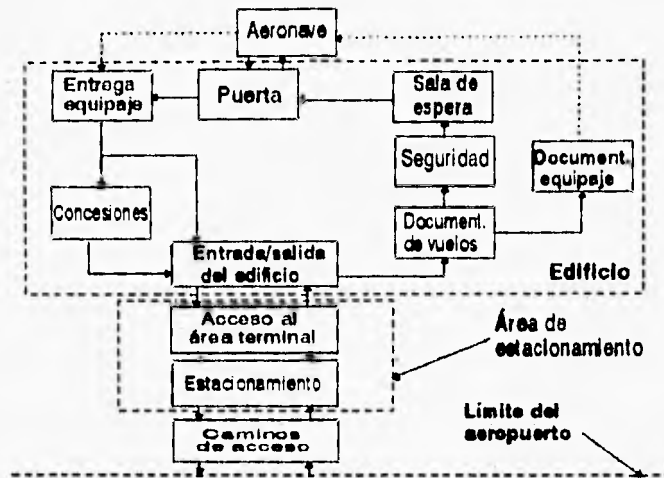


FIGURA 1.4

* Secuencia del pasajero con destino Internacional.

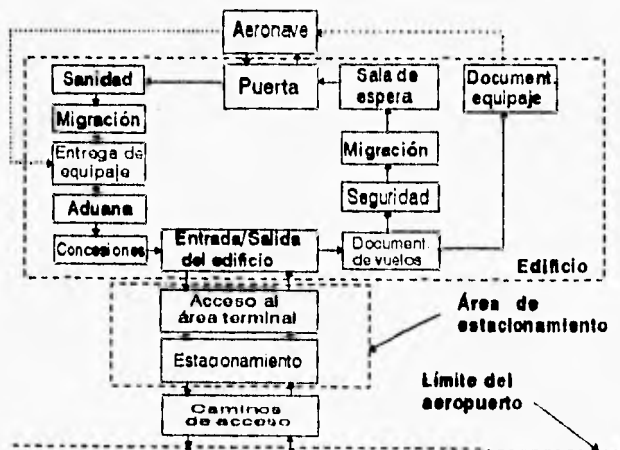


FIGURA 1.5

d) Camino de acceso y liga vial.

Es un error pensar que el sistema de acceso al aeropuerto está destinado únicamente a viajeros, de hecho en algunos aeropuertos los viajeros constituyen la minoría. Los caminos de acceso deben servir a distintos usuarios tales como pasajeros y acompañantes, visitantes, empleados y proveedores.

En la mayoría de los aeropuertos el transporte terrestre se efectúa por dos medios: transporte particular y el transporte público como son el automóvil rentado, taxi, autobús, colectivo, metro, etc. En ambos casos el más utilizado es el automóvil.

Son necesarios estudios de pronósticos para calcular el tránsito vehicular y las instalaciones requeridas; por lo que es necesario tener información sobre el porcentaje de pasajeros que circulan en el día de mayor tráfico en todo el año, el tiempo de ocupación del vehículo y el porcentaje de estacionamientos breves o prolongados.

Es conveniente separar la circulación de los vehículos de pasajeros y/o visitantes de los vehículos de servicio al aeropuerto ya sea antes o después de entrar a la zona de aeropuerto. Esto se puede conseguir mediante:

1.- Un camino público principal de acceso al aeropuerto para uso de pasajeros, visitantes y empleados.

2.- Caminos de servicio de acceso a vehículos autorizados para entrega, suministro y retiro de mercancías.

3.- Caminos de servicio prohibidos al público, de uso exclusivo de vehículos autorizados para mantenimiento, salvamento o reabastecimiento de combustible.

Existen otras instalaciones de ayuda al pasajero tales como: vías internas de tránsito vehicular, desviaciones, señalamientos, cruces de peatones, etc., que constituyen un elemento importante en cuanto a las necesidades del aeropuerto.

Para el estudio de las zonas de estacionamiento de vehículos debe hacerse un análisis de los tipos y número de vehículos que arriban y la estancia de cada uno de ellos. Deberían estar situados lo más cercano posible de la zona de actividad que sirven, y aprovechar al máximo el espacio disponible. Estos objetivos pueden lograrse con estacionamiento de varios niveles.

3.- ZONA INDUSTRIAL.

Básicamente el transporte aéreo tiene un mayor movimiento de pasajeros que el de carga. Esto se explica debido a la actual preferencia de los viajeros a trasladarse de un punto a otro en un tiempo mínimo, mientras que para la carga se buscan costos mínimos y mayor capacidad de movimiento que se puede presentar más fácilmente por medio del transporte terrestre y/o marítimo. Es por esto que se da mayor importancia a las instalaciones de pasajeros. No obstante son necesarias instalaciones para almacenamiento de carga y hangares para mantenimiento y servicio de aeronaves. Estas instalaciones deben estar acorde con el plan general del aeropuerto a fin de ser flexible y ampliable permitiendo su crecimiento conforme la demanda del aeropuerto.

Existen concesionamientos en mantenimiento y/o servicio de aviones que generan ingresos adicionales al aeropuerto.

e) Almacenamiento y distribución de combustible.

Los aviones necesitan ser atendidos mientras se encuentran en su posición en plataforma. Debido a esto, son necesarias instalaciones de mantenimiento y reabastecimiento en la plataforma de estacionamiento. Estas instalaciones pueden ser fijas o móviles, dependiendo del tipo de aeronaves y el servicio que se requiera.

Es necesario tomar en cuenta factores de seguridad debido al alto riesgo de incendio principalmente en las plataformas, donde varias actividades se desarrollan simultáneamente a la operación de reabastecimiento de combustible.

**** Capacidad y ubicación de los depósitos.***

La capacidad de los depósitos de combustible dependen principalmente de: 1) Tipo de aeronaves que operan en el aeropuerto, 2) frecuencia de vuelos, 3) combustible necesario para cada aeronave y 4) variedad de combustibles.

Las entregas de combustible las hacen las propias refinerías o depósitos centrales ya sea por medio de pipas, ferrocarril, oleoductos y/o barcos.

Los depósitos deberían instalarse tan cerca como sea posible de la zona de abastecimiento de combustible para aeronaves. Son requeridos estudios de impacto ambiental para minimizar los efectos adversos como derrames de combustible, desagües de muestras y de agua, etc.

* Sistemas de suministro de combustible a las aeronaves.

Existen básicamente dos tipos de suministro de combustible para aeronaves y son: 1) Camiones cisterna y 3) Sistemas hidrantes.

Los camiones cisterna pueden ser utilizados preferentemente en aeropuertos de poco movimiento aéreo y con superficies amplias para movilidad de los camiones sin riesgo de colisiones. También pueden ser usados en aeropuertos con aeronaves de baja capacidad en cuanto a combustible.

En aeropuertos de gran movimiento donde se necesitan grandes cantidades de combustible surge el problema en cuanto al número necesario de camiones cisterna necesarios para suministrar el combustible en plataforma que los hacen lentos y difíciles de maniobrar. En consecuencia, es posible que entorpezcan otros vehículos de servicio o entre ellos mismos. En estas circunstancias conviene instalar oleoductos por debajo de las plataformas que vayan desde los depósitos hasta la zona de estacionamiento. En las zonas de estacionamiento existen bocas de salida empotradas en el pavimento en las que sólo se requiere un vehículo motorizado que conecte las salidas de los hidrantes de la aeronave. Cada depósito tiene su contador, filtro, separador de aire y manguera. Es posible que estos elementos se encuentren situados en un vehículo surtidor autónomo arrastrado por un tractor.

Cada sistema presenta ventajas y desventajas por lo que se ajusta cada sistema para las necesidades de cada aeropuerto.

1.2 USUARIOS

Se debe pensar que el principal usuario de un aeropuerto es el pasajero, aunque existen otros usuarios importantes como son:

- aerolíneas;
- visitantes;
- trabajadores de operación, administración y mantenimiento;
- empleados de líneas aéreas;
- proveedores de servicio al aeropuerto;
- carga, mercancía y correo.

Estos usuarios se encuentran en mayor o menor medida dependiendo entre muchos factores al tamaño y función del aeropuerto, y a la localización de la población.

En la tabla 1.1 podemos ver una proporción de la población en un aeropuerto la cual puede tener grandes variaciones con el tiempo.

En muchos de los más grandes aeropuertos del mundo es común tener un gran número de empleados trabajando en él, por tanto constituyen una porción grande de los usuarios en el aeropuerto.

Es necesario para el diseño y dimensionamiento de la parte pública hacer un estudio detallado de los diferentes tipos de usuarios, ya que éstos darán la aproximación del número de personas y el tiempo de estancia dentro de las instalaciones del aeropuerto.

TABLA 1.1 Proporción de pasajeros, trabajadores, visitantes y acompañantes de algunos aeropuertos.

Aeropuerto	Pasajeros %	Acompañantes de pasajeros %	Empleados %	Visitantes %
Frankfurt	60	6	29	5
Viena	51	22	19	8
París	62	7	23	8
Amsterdam	41	23	28	8
Toronto	38	54	8	No incluido
Atlanta	39	26	9	26
Los Ángeles	42	46	12	No incluido
New York- JFK	37	48	15	No incluido
Bogotá	21	42	36	No importante
Cd. de México	35	52	13	No importante
Curacao	25	64	8	3
Tokio	66	11	17	6
Singapur	23	61	16	No importante
Melbourne	46	32	14	8
Aeroptos. de los EUA	33 - 56	-----	11 - 16	31 - 42 incluye acompañan- tes

Tabla referida por el Instituto de Transporte Aéreo en un estudio realizado en Julio de 1979.

1.3 CONEXIÓN ENTRE MEDIOS DE TRANSPORTE

El aeropuerto es básicamente una liga entre dos medios de transporte: transporte terrestre y transporte aéreo.

El aeropuerto surge de la necesidad de unir una localidad con fines turísticos, de desarrollo industrial y/o agropecuario, o bien por la necesidad de integración política o territorial. Además, debe ser capaz de crear el origen de nuevos intereses.

El objetivo principal del viajero es el de ocupar el menor tiempo posible desde el punto original de salida hasta el lugar último de destino, por tanto es posible pensar que en distancias menores a los 300 km. el transporte terrestre es el que domina. Entre los 300 y 1200 km. el transporte terrestre y el transporte aéreo se compensan y en recorridos de más de 1500 km. domina el transporte aéreo.

El aeropuerto une al destinatario desde su llegada por transporte terrestre (cualquiera que éste sea) por medio de su camino de acceso y liga vial, hasta el embarque a la aeronave situada en plataforma pasando por cualquiera de los diversos servicios o instalaciones del aeropuerto y viceversa. De aquí, que sea la conexión entre el medio de transporte terrestre y el aéreo.

CAPITULO II

ANÁLISIS DEL PLAN MAESTRO

II.1 ESTADÍSTICAS.

El primer paso en la preparación del plan maestro para un aeropuerto en particular es la recopilación de todos los datos relacionados al área de servicio del aeropuerto y las instalaciones existentes. Son necesarios también datos de estudios de planeación en la zona que pudieran afectar al plan maestro, e información histórica relacionada con su desarrollo. Estos datos proveerán de información esencial para el reporte del plan maestro, así como información básica para el desarrollo de pronósticos.

En muchos casos es difícil obtener toda esta información si no existe un registro histórico de datos que nos ayuden a recopilar la información necesaria para la elaboración de modelos estadísticos y de pronósticos, por lo que se tendrían que destinar los recursos y el tiempo necesario para su obtención y realización.

*** Consideraciones históricas de aeropuertos.**

Los datos estadísticos del aeropuerto marcan el desarrollo de sus servicios y el movimiento aéreo al que han servido. Deberán describir cada aeropuerto y su fecha de construcción.

Las autoridades aeroportuarias o los cuerpos gubernamentales encargados tomarán la decisión para la preparación del estudio del plan maestro de un aeropuerto en particular, y la adquisición de fondos para su estudio.

Deberán incluir los resultados de las recomendaciones hechas por los comités locales, estatales o regionales de los grupos de planeación del aeropuerto.

El planeador deberá tener cuidado en la investigación y estudio de datos disponibles por fuentes estatales, regionales, y sistemas de planeación nacional aeroportuaria y otros estudios locales aeronáuticos.

*** Estructura de espacios aéreos y ayudas a la navegación.**

Es necesario identificar el espacio aéreo utilizado en la vecindad de cada aeropuerto y área circundante, ayudas de navegación aérea y sistemas de control de tránsito aéreo, obstrucciones naturales o hechas por el hombre que afectan el uso del espacio aéreo.

La dimensión y configuración de las zonas de control y áreas de transición deben ser notadas.

Deben identificarse áreas destinadas a las ayudas para la navegación para reglas de vuelo instrumental IFR y la colocación de sus requerimientos como instrumentos para aproximación, salida, espera y maniobras de vuelo.

Por medio de planos se puede ver la estructura que conforman los espacios aéreos. Durante la etapa de planeación, el proceso de expansión de nuevos aeropuertos puede ser relacionado a la estructura de espacios aéreos y su compatibilidad, o ajustarlo al plan de desarrollo propuesto.

*** Uso de la tierra referida al aeropuerto.**

Recopilación de datos relacionados con el uso de la tierra en la proximidad de cada aeropuerto, para que en el proceso de planeación se determine la facilidad de expansión o ampliación del aeropuerto compatible con el área circundante. Planes comunes que muestren la existencia de los usos de la tierra, carreteras, escuelas, hospitales, etc. El uso de la tierra debe ser mostrado también en un plano para ayudar en la etapa de planeación.

Cuando se refiere al uso de la tierra del aeropuerto se incluye todo el terreno que conforma el aeropuerto, es decir áreas destinadas para pasajeros, empleados, proveedores y visitantes.

Deben obtenerse leyes de zona, reglamentos de construcción y otras regulaciones aplicables al desarrollo del plan maestro ya que tienen efecto en relación al uso de suelo del aeropuerto.

*** Actividad aeronáutica.**

El principal factor que determina los futuros sistemas aeroportuarios, es la suma de la actividad aeronáutica que se generará en el área de servicio. Son necesarios para posteriormente poder pronosticar la actividad aeronáutica: un registro de datos estadísticos de aviación considerando datos del movimiento histórico del aeropuerto, así como aquellos elementos de movimiento de pasajeros, carga aérea y de aeronaves. La colecta de éstos datos estadísticos, en compañía de consideraciones de atributos socioeconómicos para el área, forman las bases para los pronósticos de la actividad aeronáutica para el área metropolitana.

Pueden ser obtenidos datos estadísticos aeronáuticos de orden federal, estatal y regional referidos al plan maestro. Son utilizadas observaciones y cuestionarios para suplementar datos en operaciones, frecuencia, horas de servicio de aeronaves, y orígenes y destinos de viajeros.

Son requeridos también otros datos estadísticos como condiciones del clima, servicio de aerolíneas, capacidad, resultados financieros, costos de operación e ingresos.

* *Factores socioeconómicos.*

Los estudios socioeconómicos surgen de las preguntas: ¿Qué industrias en la región necesitan transportación aérea?, ¿necesitan mejorar su transportación aérea?, ¿cuánta gente hará uso del servicio aéreo?, ¿tendrán las personas e industrias los fondos suficientes para utilizar el aeropuerto?, por lo que para responder a éstas preguntas es necesario estudiar lo siguiente:

- **Demografía.** El tamaño y la estructura que conforma el área de la población, es un factor básico para la determinación de los servicios de transporte. Las poblaciones pueden tener diferencias en cuanto educación, actividades u ocupaciones que pueden cambiar con el tiempo; éstas características influyen en el mercado aéreo.

- **Ingresos disponibles por persona.** Estudios que indican el nivel de vida de los individuos y sus posibilidades financieras para viajar. Si se cuenta con altos niveles de ingresos y los niveles de vida son elevados, es seguro el gasto en el transporte aéreo.

- **Actividad económica y nivel de industrias.** Datos de la actividad económica y comercial de la región ya que ciertas industrias tienden a generar gran actividad aérea. Datos de la actividad turística, agropecuaria, ganadera o industrial que afectan económicamente a la población.

- **Factores geográficos.** La distribución geográfica y distancias entre la población y comercio dentro del área a la cual servirá el aeropuerto, nos indican el tipo de transporte requerido. Son importantes también las características físicas de la región como pueden ser las variaciones del clima. Es notable en zonas de clima atractivo el desarrollo turístico que ayuda a establecer la demanda a la cual dará servicio el aeropuerto.

- **Competencia entre medios de transporte.** La demanda del servicio aéreo depende de la competencia con otros medios de transporte, por esto son necesarios datos de las demandas y usuarios de otros medios de transporte.

- **Factores sociológicos.** La tendencia hacia una sociedad más urbanizada, el incremento de la movilización de la población, mejoras en el nivel de educación, menor trabajo y mayor tiempo libre son factores determinantes en la demanda.

- **Factores políticos.** La demanda del transporte aéreo depende de acciones gubernamentales como la imposición de impuestos y otros pagos.

• *Importancia de la comunidad.*

Un factor muy importante en el proceso del plan maestro es la actitud que adopte la comunidad hacia el desarrollo del aeropuerto. La comunidad debe reconocer la necesidad de progreso en el desarrollo de la transportación aérea que puede tener una influencia positiva.

II.2 PRONÓSTICOS

La obtención de pronósticos es el punto vital en los procesos de planificación y control. Los pronósticos intentan cuantificar la demanda en un futuro período de tiempo y son necesarios para definir el número de instalaciones requeridas y el tiempo en que se necesitarán.

Los pronósticos básicos se convierten en la información relativa a la demanda en los períodos punta más que la demanda anual, a fin de evaluar los requerimientos relativos a la instalación, ya que las instalaciones aeroportuarias se hacen más críticas durante los días y horas de los períodos punta de los movimientos.

Una vez identificadas las instalaciones requeridas, pueden estimarse los costos de capital y, a continuación, los costos recurrentes, para lo que los pronósticos de demanda son utilizados a fin de evaluar los costos anuales totales de los servicios. Los pronósticos se utilizan también para determinar los ingresos anuales generados por las principales fuentes de ingresos (servicios) y las secundarias (concesiones). Es factible hacer un análisis de la relación costo/ventajas en cuanto a las instalaciones necesarias, costo de instalaciones y servicios, y los ingresos generados.

El pronóstico más sencillo se elabora en base a la demanda de cada una de las instalaciones aeroportuarias que a su vez está dada por la demanda de carga y pasajeros.

Para la elaboración de los pronósticos se requiere de suficientes recursos, ya que se necesita una amplia recopilación de datos a base de la utilización de complejos métodos de obtención de pronósticos.

Es necesario el desarrollo de algunas predicciones de la actividad del aeropuerto para obtener las características de la demanda futura. También se deben reunir datos para estimar el volumen de aeronaves, pasajeros, mercancías y correo que operarán en el aeropuerto. Además de esto, se requiere información relacionada con:

- 1.- El área de servicio del aeropuerto.
- 2.- Los orígenes y destinos de vuelos.
- 3.- Características demográficas y de crecimiento de la población del área que dará servicio el aeropuerto.

- 4.- Características económicas del área indicada tales como:
 - a) Tipos y niveles de la actividad industrial.
 - b) Mercado de ventas al mayoreo y menudeo.
 - c) Capacidad hotelera.
- 5.- Tendencia de pasajeros, mercancía y correo por las actividades de transporte existente.
- 6.- Características en cuanto a distancia, población e industrias cercanas al área en estudio que cuenten con servicio aéreo.
- 7.- Factores geográficos que influyen los requerimientos de transporte.
- 8.- La existencia y grado de competitividad entre el transporte aéreo y los otros medios, con respecto al precio, tiempos de viajes, frecuencia de servicio, etc.

En cuanto a datos con respecto a las instalaciones del aeropuerto, es conveniente incluir algunos datos más específicos y presentarlos en el desarrollo del plan maestro; éstos nos ayudarán para la obtención de los pronósticos. La Organización de Aviación Civil Internacional (OACI) recomienda en su documento: Manual de planificación de aeropuertos, Parte 1: Planificación general, incluir los siguientes datos:

• **Demanda.**

Pasajeros:

- Movimientos anuales de pasajeros de los últimos 10 años.
- Movimientos mensuales de pasajeros de los últimos 5 años.
- Movimientos por hora de los 10 días pico de los últimos 5 años.

Aeronaves:

- Tipos de aeronaves que utilizan el aeropuerto y el número de éstos que tienen base en él.
- Movimientos anuales de los últimos 10 años.
- Movimientos mensuales de los últimos 5 años.
- Movimientos por hora de los 10 días pico de los últimos 5 años.
- Aviones actuales y esperados tanto de carga como de pasajeros para los próximos 15 años.

- Movimientos militares y su crecimiento.
- Programas e itinerarios de aerolíneas.

Otros usuarios:

- Número de líneas aéreas que utilizan el aeropuerto y sus estructuras de rutas.
- Número de visitas y empleados del aeropuerto.
- Cantidad y tipo de proveedores de servicio al aeropuerto.

• **Datos físicos del aeropuerto.**

- Características de operación de los sistemas de acceso al aeropuerto.
- Descripción de las partes existentes referentes al acceso.
- Datos meteorológicos: viento, lluvia, nieve, periodos de baja visibilidad, etc.
- Cartas topográficas.
- Planos arquitectónicos detallando cada instalación del área terminal; por ejemplo, migración, área de documentación, de equipaje, concesiones, etc. Especificaciones estructurales de construcción de pistas, calles de rodaje y plataformas.
- Condiciones existentes del drenaje del aeropuerto.
- Condiciones existentes del sistema de iluminación para pistas, calles de rodaje y plataformas.
- Condiciones existentes de las ayudas visuales en tierra.
- Condiciones, tipo y capacidad de las ayudas a la navegación y telecomunicaciones existentes.
- Detalles de las instalaciones y servicios de emergencia.

• **Datos financieros:**

- Ingresos/egresos.
- Deudas.
- Gasto de capital.
- Activos/pasivos.
- Limitaciones legales en base a la estructura de deudas y finanzas.
- Partición de utilidades.

Los pronósticos utilizan éstos tipos de datos ya que proporcionan al planeador del aeropuerto fundamentos en los cuales apoyarse para iniciar el desarrollo de planes para encontrar las futuras necesidades del aeropuerto.

Las técnicas utilizadas a través de los años, han facilitado a los diseñadores del aeropuerto proyectar la demanda aeronáutica futura, además se puede determinar el volumen de pasajeros en horas pico y los movimientos de aeronaves. Con éstos conceptos podemos examinar la proyección y el tamaño de la zona terrestre, pistas, calles de rodaje, vías de acceso, etc. Es importante recordar que la pronosticación aunque se procura su precisión en alto grado, no llega a ser exacta. Sin embargo, trata de anticipar y planear las variaciones en la demanda y así el diseñador del aeropuerto puede corregir las deficiencias en los servicios proyectados antes de que éstas ocurran.

*** Niveles de pronósticos.**

Los pronósticos son hechos en dos niveles:

*** Macropronósticos.** Son pronósticos de la actividad total de aviación en una región extensa como una población, un estado o una área metropolitana. Indica el porcentaje de la actividad aérea en relación con los otros medios. Se examina lo relativo a la geografía, economía, industria y características de crecimiento de la región para determinar la naturaleza y localización de las necesidades del aeropuerto en una región.

*** Micropronósticos.** Determina al plan del aeropuerto con conceptos tales como número de orígenes, viaje origen-destino del pasajero, número de pasajeros a bordo, el número de operaciones de aeronaves, etc. Éstos pronósticos son hechos para indicar los niveles anuales de la actividad aeroportuaria. Los micropronósticos examinan la demanda esperada de aeropuertos locales e identifica el desarrollo necesario de la zona aeronáutica, zona terrestre y área terminal y así proveer los adecuados niveles de servicio.

Con éstos dos niveles de pronósticos, existen técnicas que facilitan al planeador a proyectar los parámetros de operaciones de aeronaves por año, día u hora, porcentaje de ocupación, tonelaje de carga y correo, y actividad de la aviación general.

Existe la posibilidad de que la demanda evolucione hasta los niveles previstos en un período mayor o menor al pronosticado, pero esto no tiene gran efecto si se toman medidas adecuadas con anticipación y se dispone de áreas de terreno que permitan el desarrollo cuando sea necesario.

Las obras de construcción se deben llevar a cabo cuando aumente la demanda y los pronósticos a corto plazo (que son menos susceptibles de errores) demuestren que son necesarias. Los pronósticos a corto plazo (de 3 a 4 años) facilitan las bases para el trabajo de desarrollo real, en tanto que los pronósticos a plazo intermedio (de 5 a 15 años) facilitan la información provisional para las bases subsecuentes del desarrollo y cubren las posibles fallas de los pronósticos a largo plazo.

** Precisión de pronósticos.*

La precisión de los pronósticos es un punto de vital importancia, ya que de ellos dependerán el diseño y tamaño de las instalaciones tanto en su primera etapa como en las subsecuentes. Debido a las diversas variables que intervienen en la obtención de pronósticos, es difícil calcular un número con exactitud. Sin embargo, se busca encontrar una aproximación elevada en la obtención de pronósticos para movimientos de pasajeros y mercancías. De igual forma, en los pronósticos de los requisitos relativos a las plataformas.

La precisión de pronósticos en el aspecto económico es más incierta que la previsión de los requisitos físicos, ya que los resultados económicos dependen de los ingresos totales y costos totales que se acumulen. Un cambio relativamente pequeño en los pronósticos sobre el movimiento de pasajeros y/o mercancías puede tener un efecto relativamente grande en la financiación.

La precisión de los pronósticos puede verse disminuida si se presentan los siguientes factores:

- 1) Método deficiente de pronosticación.
- 2) Datos básicos deficientes o insuficientes.
- 3) Pronósticos deficientes de las características socio-económicas que afectarán la demanda del transporte aéreo.
- 4) Aparición imprevista de nuevos factores técnicos y socioeconómicos.
- 5) Influencia de factores difíciles de cuantificar.

Conociendo las limitaciones anteriores, es necesario estudiar cada punto y así reducir al máximo los efectos en el proceso de planificación.

El procedimiento utilizado para los puntos 1) y 2) se basa en la evaluación de los errores inertes al proceso de pronosticación (ensayos de sensibilidad). En tanto que para los puntos 3) y 4) se basa en preparar diversas imágenes del ambiente técnico y socioeconómico futuro (conjuntos hipotéticos).

El proceso de pronosticación consiste en coordinar cierto número de elementos (incluyendo datos históricos del movimiento aéreo, factores pasados, etc.) y llevar a cabo un análisis para medir su repercusión en el movimiento aéreo futuro. El especialista debe tratar de aprovechar todas las estadísticas y toda la información que pueda conseguir para enfrentar el problema desde diferentes puntos de vista.

Los métodos de pronosticación utilizados dependerán de los datos disponibles y del tiempo y recursos que se disponen para efectuar el pronóstico. Por lo tanto, todo pronóstico es preparado para cada caso, según las necesidades de una situación y puede ser útil emplear más de un método. Es importante redactar en forma clara y explícita las suposiciones, datos utilizados y la técnica o técnicas empleadas en cada pronóstico.

*** Métodos de pronosticación.**

Existe una gran variedad de técnicas de pronosticación que han sido aplicadas a nivel internacional con un éxito razonable. La elección de un método en particular está en función como ya mencionamos, de la disponibilidad de datos y recursos; pero además de la experiencia, conocimiento y opinión personal del especialista, la complejidad de las técnicas, del tiempo en el cual el pronóstico es requerido y el grado de precisión deseado.

- **Pronosticación a juicio.** Un método efectivo de pronosticación que trabaja bajo condiciones de crecimiento muy limitadas. El pronosticador debe conocer a fondo el problema y ser capaz de integrar y balancear los factores que intervienen en una situación específica. Las posibilidades de éxito disminuyen a medida que la complejidad de una situación se incrementa.

- **Pronosticación por tendencias.** Éste método ha tenido un gran uso, en el cual el planeador simplemente extrapola basándose en juicios de los pasados crecimientos y en los patrones de las actividades; asumiendo que los factores que determinaron la variación en el movimiento, seguirán comportándose de igual manera en el futuro.

- **Métodos de análisis de mercado.** Asume que en una comunidad el porcentaje del volumen anual de pasajeros nacionales permanece relativamente constante después de cierto tiempo. Datos pasados son examinados para determinar la proporción del movimiento local del aeropuerto en relación a la demanda nacional total.

- **Métodos de modelos econométricos.** Son los métodos más complejos utilizados para pronosticar la demanda del aeropuerto. El método de tendencias de extrapolación, no examina la relación entre la actividad proyectada ni las variables que afectan al cambio, siendo que existen factores de orden económico, social y operacional que afectan la aviación. Por esto, surge la necesidad de predecir los cambios e investigar los efectos en la aviación.

- **Modelos de pruebas estadísticas.** Existen muchos modelos estadísticos que ayudan a determinar la validéz de los modelos econométricos en cuanto a la exactitud de la demanda proyectada y la imagen exacta de los fenómenos pasados. Es posible encontrar las constantes que definen la ecuación general del modelo, pero el rango de error de la ecuación, puede ser grande o que las variables escogidas no determinen la variación de la variable dependiente. Por esto, se utilizan modelos que indiquen la confiabilidad de la ecuación. Una de las primeras pruebas estadísticas, se basa en el modelo que utiliza el coeficiente de correlación múltiple que indica un alto o bajo grado de relación, entre las variables independientes y la variable dependiente.

II.3 Determinación del horizonte de planeación

Una característica importante durante el proceso de planeación del aeropuerto, es el continuo cambio y crecimiento de la demanda. Es difícil aun bajo las mejores circunstancias diseñar un sistema que responda a las características de crecimiento del transporte aéreo; por tanto, no es fácil predecir las demandas correctamente. Si comparamos las predicciones y realizaciones, concluimos que los errores inherentes en la pronosticación, son sistemáticamente amplios.

Los costos estimados para las construcciones que deberían satisfacer un nivel de demanda determinado son también inciertos. Debido a esto, se han adoptado procesos de planeación apropiados que se acerquen a la realidad. Los análisis tecnológicos han conducido a muchos planeadores a usar procedimientos costosos y altamente complicados para predecir el movimiento futuro.

Es necesario adoptar un proceso de planeación flexible en el que se reconozca que se invierte en el futuro bajo incertidumbre. Se debe preparar el plan para poder enfrentar situaciones no previstas y debe aceptar que el aeropuerto durante su desarrollo, puede modificarse dependiendo de las circunstancias que se presenten.

Para planear efectivamente el futuro, se necesitan resolver dos cuestiones: La primera se refiere a cómo se va a proceder a estimar la demanda de los servicios en el aeropuerto y sus costos de infraestructura, operación y mantenimiento. La otra concierne a cómo se va a incorporar ésta información en el proceso de planeación y usarlo para generar propuestas efectivas.

El programa de desarrollo propuesto y los costos estimados pueden ser desarrollados a corto, mediano o largo plazo dependiendo de los objetivos previamente establecidos. Generalmente el periodo a largo plazo abarca como mínimo 20 años. No es posible precisar las necesidades y costos de desarrollos, pero se puede esperar un cálculo razonable de las necesidades. El plazo intermedio es normalmente de 10 a 15 años y debe determinar con más precisión las necesidades de desarrollo y los cálculos de los costos correspondientes, que los especificados con respecto al periodo a largo plazo. El periodo a corto plazo es normalmente de 2 a 5 años, y debe comprender un estudio detallado de las necesidades de instalaciones y servicios, así como cálculos de los costos.

Para evitar que un aeropuerto quede prematuramente anticuado y no se derrochen valiosos recursos financieros y materiales, es importante que su vida útil sea lo más amplia posible. Para lograr esto, se debe contar con suficiente terreno para las progresivas ampliaciones que se requieran con el crecimiento de las demandas.

Con los pronósticos de pasajeros y de mercancías, se determina el tipo de aeropuerto y los sistemas operacionales. Partiendo de éstos conocimientos, se estima el tiempo en el cual los servicios del aeropuerto atenderán la demanda de proyecto para cada etapa de desarrollo.

Como se ha mencionado, no es posible determinar el valor de la demanda con exactitud, debido a la incertidumbre que existe en los métodos de pronosticación. Este rango de error en el cálculo de la demanda lo podemos ver reflejado si se grafica demanda vs tiempo (figura 2.1), con tres posibilidades de demanda para un horizonte de planeación determinado.

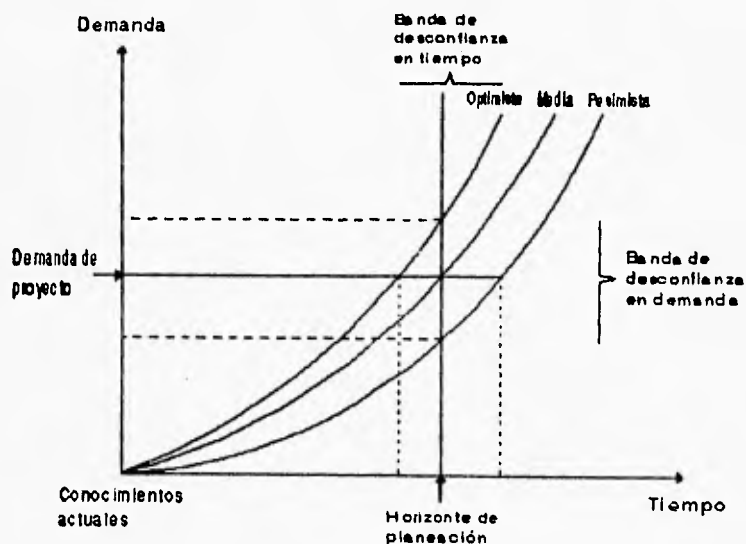


FIGURA 2.1 Demanda vs tiempo con diferentes posibilidades de demanda.

De igual forma existe un rango de error en el tiempo entre las tres posibilidades de demanda para una demanda de proyecto determinada.

Debido a los errores que se puedan presentar en la obtención de pronósticos para la demanda en cada etapa de desarrollo, se fija a la demanda como el horizonte de planeación, pudiendo presentarse en cualquier punto del tiempo. Es decir, una vez determinado y programado el crecimiento del aeropuerto, se fija el punto de máxima capacidad que se podrá atender quedando como variable el tiempo.

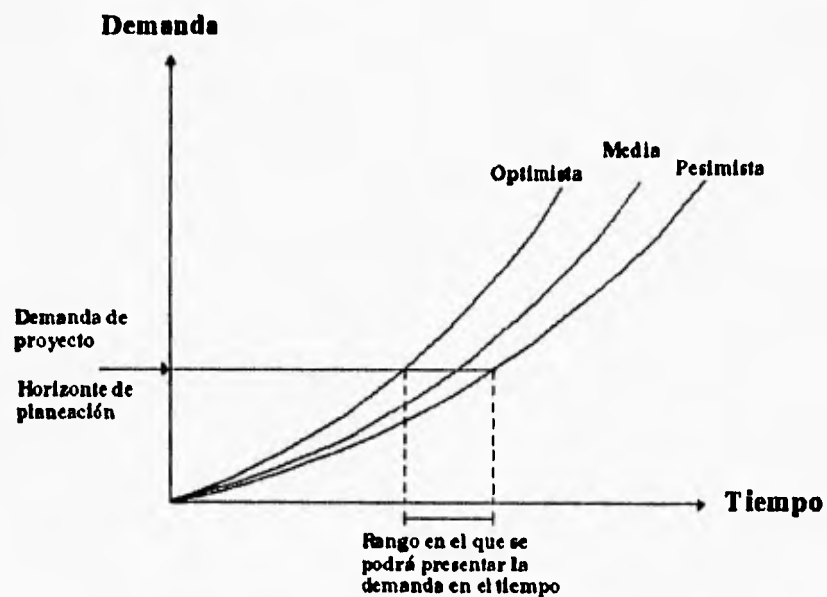


FIGURA 2.2 Demanda vs tiempo fijando a la demanda como el horizonte de planeación.

La gráfica se reduce a presentar únicamente una banda o rango de desconfianza en el tiempo, en la que se presentará la demanda fijada.

II.4 Desarrollo del plan maestro

El plan maestro de un aeropuerto es un concepto que describe la forma y tamaño del desarrollo de un aeropuerto al final del horizonte de planeación. Se entiende como desarrollo a todas las instalaciones del aeropuerto, es decir, la zona aeronáutica, terrestre e industrial y el terreno circundante al aeropuerto. Éste plan además de describir el desarrollo físico del aeropuerto al final de su horizonte de planeación, describe las implicaciones de financiamiento involucradas. El objetivo principal del plan maestro es el de proveer el seguimiento del desarrollo futuro del aeropuerto el cuál, satisficará la demanda aérea de manera que el aeropuerto sea autosuficiente y al mismo tiempo, integrarse con los planes urbanos de desarrollo para lograr la evolución coherente y conjunta de la comunidad y el aeropuerto.

Los objetivos específicos del plan maestro los podemos resumir en los siguientes:

- 1.- Desarrollo de las instalaciones y servicios del aeropuerto.
- 2.- Desarrollo del terreno y área circundante al aeropuerto.
- 3.- Determinación de los efectos ecológicos producidos por la construcción y operación del aeropuerto.
- 4.- Establecer los requerimientos para el camino de acceso y liga vial.
- 5.- Establecer las posibilidades económicas y financieras de los desarrollos propuestos.
- 6.- Establecer un programa de prioridades y secuencia para el mejoramiento del plan propuesto.

La planeación de un aeropuerto es basada en una multitud de procedimientos para evaluar las necesidades, asignar prioridades, proponer diferentes alternativas y justificarlas. El resultado del plan adoptado puede ser no necesariamente el mejor plan técnico, pero generalmente representa el mejor plan práctico para los diversos requerimientos físicos y no físicos de planeación.

Para facilitar el desarrollo del plan maestro se han enumerado los elementos que influyen en el estudio de la planeación de un aeropuerto. Estos elementos son los siguientes:

1.- COORDINACIÓN.

Debe haber una coordinación de los grupos interesados en el aeropuerto como son usuarios, organismos estatales, planeadores, constructores y opciones de financiamiento. Con esto se intenta dar un plan coherente y a fin de cuentas obtener un aeropuerto funcional con capacidad de dar servicio a los usuarios, sin olvidar la posibilidad de ampliación para satisfacer demandas futuras.

2.- INVENTARIO DE CONDICIONES EXISTENTES.

Es necesaria la recopilación de datos existentes relacionados con la planeación del aeropuerto. Se deben identificar las características físicas y ambientales del sitio; la existencia de aeropuertos cercanos; la estructura de los espacios aéreos, y la disponibilidad y localización de ayudas a la navegación; inventario de los usos de la tierra existentes en el área; localización de escuelas, hospitales y otras obras públicas. Datos socioeconómicos y demográficos, empleos, niveles de ingreso, actividad comercial e industrial. También datos de acceso terrestre, circulación y estacionamiento; datos históricos de las condiciones climatológicas y estudio de los mecanismos de financiamiento disponibles para sostener las necesidades del aeropuerto.

3.- PRONÓSTICOS DE LA DEMANDA.

A partir de lo mencionado en éste capítulo acerca de la información necesaria para estimar el comportamiento y los requerimientos del aeropuerto, cabe señalar los elementos más importantes de demanda que necesitan ser pronosticados:

- Operaciones de aeronaves.

Vuelos nacionales e internacionales de carga, taxis aéreos, aviación general y militar. Aproximaciones por instrumentos, operaciones IFR vs VFR, etc. Aviación de pasajeros, aeronaves mixtas, aviación de carga, etc.

· Movimiento de pasajeros.

Total de pasajeros a bordo tanto de aerolíneas , taxis, helicópteros, etc.

4.- ANÁLISIS DE LA CAPACIDAD.

La determinación de la capacidad es esencial para el desarrollo en la planeación del aeropuerto. La comparación de la capacidad y sus efectos nos provee información básica para determinar las instalaciones y requerimientos necesarios.

El análisis de la capacidad considera además de las pistas, calles de rodaje y plataformas, al edificio de pasajeros, accesos terrestres, estacionamientos y en general el área total que comprende el aeropuerto.

Otros factores que pueden influir en la capacidad del aeropuerto es la proximidad entre un aeropuerto y otro, la orientación de las pistas así como el tipo de operaciones para aproximación (VFR o IFR).

5.- ANÁLISIS DE LOS REQUERIMIENTOS Y CONCEPTOS DE DESARROLLO.

Como se vio en la determinación del horizonte de planeación, el desarrollo de las necesidades se puede planear en términos de tiempo a corto (5 años), mediano (10 años) y largo plazo (20 años), donde el planeador determina alguno de éstos plazos dependiendo de las necesidades y recursos disponibles.

- INSTALACIONES NECESARIAS.

Las instalaciones necesarias para el aeropuerto, son resultado del análisis de los requerimientos de la demanda y la capacidad necesaria del aeropuerto.

Las instalaciones y elementos requeridos se resumen en la siguiente información:

- 1) Pistas.- Número de pistas y su configuración, longitud, ancho, pendiente, orientación, capacidad y costos.

- 2) *Calles de rodaje.*- Número de calles existentes; ancho, diseño y localización de salidas; efecto en la capacidad de la(s) pista(s) y costos.
- 3) *Plataformas.*- Localización, configuración, espacios requeridos, etc.
- 4) *Edificio de pasajeros.*- Localización del área administrativa y de seguridad. Áreas para aerolíneas y en general las áreas que ocupa un pasajero para su documentación. Áreas públicas, áreas destinadas para concesiones y para zonas de espera.
- 5) *Áreas de servicio y hangares.*- Construcciones para equipo de servicio, instalaciones para carga, contra incendio y rescate, combustibles y subestaciones eléctricas.
- 6) *Helipuerto (en caso de requerirse).*- Diseño y planeación.
- 7) *Drenaje.*- Estructura, distribución, pendiente y descargas.
- 8) *Pavimento.*- Espesores, tipos de pavimentos, construcción y detalles.
- 9) *Señalamiento e iluminación.*- Luces de aproximación, iluminación y señalamiento de pista(s) y calles de rodaje, subestaciones, así como el área de aterrizaje para helicópteros.
- 10) *Ayudas a la navegación.*- Tipo de radioayudas, localización de instalaciones, etc.
- 11) *Accesos y liga vial.*- Caminos de liga entre las comunidades y el aeropuerto.
- 12) *Terreno total necesario.*

6.- LOCALIZACIÓN DEL AEROPUERTO.

La localización de un aeropuerto está influenciado por los siguientes factores:

A.- PRESENCIA DE OTROS AEROPUERTOS Y DISPONIBILIDAD DE ESPACIOS AÉREOS.

Debe estudiarse cuidadosamente las operaciones de otros aeropuertos cercanos al nuevo. Los aeropuertos deben ser situados

lo suficientemente distantes entre sí para prevenir que las aeronaves en maniobra de aterrizaje y despegue interfieran con las maniobras de las aeronaves del otro aeropuerto. La distancia mínima entre los aeropuertos depende completamente de la orientación de pistas, el tipo de tráfico y su intensidad, así como del clima. Muchas áreas metropolitanas tienen una congestión muy severa de tráfico aéreo y disponen de un espacio aéreo muy limitado ya que se encuentran varios aeropuertos en una misma región.

Si se localizan diferentes aeropuertos en una misma área, esto puede influir en sus respectivas capacidades. Si se encuentran demasiado cerca uno del otro, sus operaciones se restringen.

B.- CONDICIONES ATMOSFÉRICAS Y METEOROLÓGICAS.

La presencia de lluvia, nieve, neblina, humo, etc., reduce la visibilidad y por lo tanto también la capacidad de movimiento del aeropuerto. La neblina tiende a aparecer en lugares de poco viento en tanto que el humo se presenta en áreas industriales.

C.- ACCESO POR TRANSPORTE TERRESTRE.

La mayoría de los viajeros, visitantes, empleados del aeropuerto y de las aerolíneas, utilizan como medio principal de transporte el automóvil particular como se vio anteriormente. Además existe una tendencia de los viajeros a concentrarse en hoteles localizados cerca de los centros de negocios. Muchos de éstos viajeros utilizan automóviles rentados. Es notoria la preferencia por el uso del automóvil respecto al transporte público y a medida que crezca el movimiento de pasajeros, mayor será el uso de automóviles. En grandes urbes se tienen períodos de tránsito en horas pico que coincide con los períodos de horas pico del aeropuerto. Es por esto la importancia de la planeación de calles, vías de acceso, carreteras o caminos y estacionamientos en el aeropuerto.

D.- TIPO DE DESARROLLO DEL ÁREA CIRCUNDANTE.

Es un factor muy importante desde el punto de vista de ruido. Debe evitarse lo más posible su proximidad con zonas residenciales y zonas públicas como escuelas. Debe crearse una zona de "amortiguamiento" en los límites del aeropuerto para evitar las molestias generadas por las actividades del aeropuerto.

E.- DISPONIBILIDAD DE TERRENO PARA EXPANSIÓN.

Es necesario disponer de suficiente terreno para una futura expansión del aeropuerto. A medida que el tamaño de las aeronaves y el movimiento del tránsito aéreo aumente, las pistas tienen que ser alargadas, además se deberán ampliar las instalaciones de la terminal y otras instalaciones adicionales.

F.- OBSTRUCCIONES CIRCUNDANTES.

Debe seleccionarse un lugar en el cual los desarrollos de las siguientes etapas del aeropuerto estén libres de obstrucciones o puedan ser limpiadas con facilidad. El área circundante al aeropuerto debe estar restringida y protegida de cualquier levantamiento futuro de edificaciones para una adecuada aproximación de las aeronaves al aeropuerto.

G.- CONSTRUCCIÓN ECONÓMICA.

Es claro que si existieran sitios alternativos con igualdad de circunstancias para establecer el aeropuerto, se eligiera el más económico para su construcción. Lugares con suelo más firme son más económicos para construir que suelos blandos o saturados. La disponibilidad de materiales de construcción, inclusive los agregados pueden ser obtenidos en el lugar o en bancos cercanos al lugar.

H.- DISPONIBILIDAD DE RECURSOS.

La construcción de un aeropuerto requiere de grandes cantidades de agua, energía eléctrica y combustibles. En la selección del lugar, la previsión de éstos elementos debe tomarse en cuenta. En el caso de energía eléctrica, la mayoría de los aeropuertos cuentan con su propia planta eléctrica, para ser usada en emergencias.

I.- PROXIMIDAD AL AEROPUERTO.

En la selección de la localización del nuevo aeropuerto debe ser tal que resulte el menor tiempo posible su acceso terrestre. El tiempo de viaje de una persona se considera puerta-puerta, en el

que se toma el tiempo total desde que sale el viajero de un "origen" y termina su viaje en un "destino", llámese hotel, casa particular, centro de negocios, etc., por lo que el tiempo ocupado en su transporte terrestre sea tal que encuentre atractivo el uso del transporte aéreo, pero a su vez no esté lo suficientemente cerca de los centros de población para que permita su posible expansión y desarrollo futuro sin intervenir en el desarrollo del área circundante al aeropuerto.

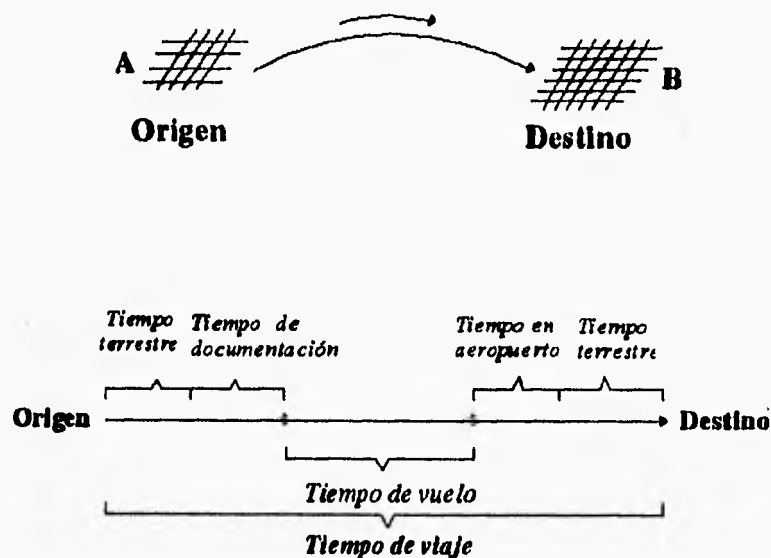


FIGURA 2.3 Tiempo de viaje de una persona.

Se ha visto que entre 300 y 1200 km. el transporte terrestre y el transporte aéreo se compensan, pero en viajes de más de 1500 km. el transporte aéreo es el que domina.

J.- FACTORES QUE INFLUYEN EN EL TAMAÑO DEL AEROPUERTO.

Los principales factores que influyen en el tamaño de un aeropuerto son los siguientes:

- 1) Las características y tamaños de los aviones que se espera operen en el aeropuerto.
- 2) El movimiento de pasajeros.
- 3) Las condiciones meteorológicas.
- 4) La altitud del aeropuerto.

7.- ESTUDIO DEL IMPACTO AMBIENTAL.

Los estudios de impacto ambiental deben ser considerados en el desarrollo de un aeropuerto nuevo o en la expansión de uno existente. Debido a las grandes extensiones de terreno que ocupa un aeropuerto, puede ocasionar gran impacto en el ambiente natural.

Es importante que cualquier plan maestro de un aeropuerto evalúe los efectos siguientes:

RUIDO.- El ruido generado por los aviones es el problema más importante en el estudio. El ruido se extiende en áreas donde el organismo operador del aeropuerto no tiene autoridad, sin embargo el ruido resultante de las operaciones de las aeronaves se considera responsabilidad del aeropuerto.

Existen áreas de actividad sensibles al ruido por lo que se requiere un estudio de uso de suelo del área vecina al aeropuerto para prever este efecto.

IMPACTO SOCIOECONÓMICO.- Incluye la separación de comunidades establecidas, la necesidad de relocalizarlas, la ruptura de patrones de transporte y cambio en los patrones de trabajo.

IMPACTO EN LO HECHO POR EL HOMBRE.- Parques públicos, áreas de recreación, zonas arqueológicas y culturales.

CALIDAD DEL AIRE.- Este no es un problema común en los aeropuertos, pero en lugares que pudiera ser un problema se requiere del análisis de calidad del aire.

CALIDAD DEL AGUA.- Durante la fase de construcción, la erosión y acarreo de basura es una fuente de contaminación del agua. En la fase de operación, la contaminación comúnmente proviene de los derrames e infiltraciones de combustible y en climas fríos del uso de fluidos anticongelantes.

FLORA Y FAUNA.- Los hábitats de los animales pueden ser alterados. El tipo y cantidad de flora o fauna en el lugar de asentamiento del aeropuerto y especies en extinción si existiera el caso.

En el estudio ambiental se requiere especificar lo siguiente:

- a) El impacto ambiental generado por el proyecto.
- b) Cualquier efecto adverso que no pueda ser evitado.
- c) Efectos irreversibles e irremediables.
- d) Medidas de mitigación y soluciones para minimizar el impacto.

La preparación del estudio del impacto ambiental es sumamente importante en el proceso de planeación del aeropuerto. El estudio debe identificar claramente los problemas que afectarán la calidad ambiental y deberá especificar las acciones propuestas para aliviarlas.

El manual de planificación de aeropuertos, parte 2: Utilización del terreno y control del medio ambiente publicado por la OACI, es un documento de ayuda para la preparación del estudio del impacto ambiental.

8.- POSIBILIDADES ECONÓMICAS Y FINANCIERAS.

El análisis económico y financiero para el plan del nuevo aeropuerto o la expansión de uno ya existente debe ser detallado claramente en el plan maestro. Deben ser mostradas las diferentes alternativas económicas posibles, además, es necesario mostrar que el plan generará los ingresos suficientes para cubrir los costos de inversión, administración, operación y mantenimiento.

A continuación se explica a manera muy general el análisis económico y financiero ya que el capítulo 6 está destinado únicamente a este estudio.

Es necesario para la evaluación de las posibilidades económicas un análisis de costo-beneficio.

El criterio económico para evaluar la inversión sería del costo total de las instalaciones, incluyendo los costos sociales cuantificables, comparado con el total de beneficios. Los costos incluyen el capital de inversión, administración, operación, mantenimiento, etc. Al hablar de beneficios nos referimos a los provenientes de las rentas aeronáuticas, estacionamientos, concesiones, tiendas, restaurantes, etc.

Un proyecto se considera económicamente factible cuando existen mayores beneficios que costos. Esto es resultado (en términos económicos), de dividir los beneficios obtenidos en un año en particular entre los costos de proyecto en ese año.

El plan maestro deberá incluir la siguiente información en su presentación:

• **Demanda:**

- Pronósticos de demanda de pasajeros.
- Pronósticos de demanda de mercancías.
- Pronósticos de movimientos de aeronaves.
- Pronósticos de movimientos de aviación general y militar.
- Demanda de vehículos terrestres públicos y privados.

• **Capacidad y desarrollo de las instalaciones.**

Describir cada una de las instalaciones, la demanda asociada y su desarrollo.

- 1.- Zona aeronáutica: Pistas, calles de rodaje, plataformas e instalaciones auxiliares.
- 2.- Área de edificios: Tanto de pasajeros como de carga.
- 3.- Zona terrestre: Caminos de acceso, liga vial e instalaciones industriales.

• **Costos estimados.**

- De pistas, calles de rodaje y plataformas.
- Edificios.
- Torre de control, ayudas a la navegación, iluminación del aeropuerto y subestaciones.
- Instalaciones auxiliares: meteorológicas, de emergencia, de combustibles, de seguridad, etc.
- Caminos de acceso, liga vial y áreas de estacionamiento.
- Áreas militares.

- Aviación general.
- Áreas de mantenimiento.

También es necesario incluir planos detallados como pueden ser:

A.- Plan de distribución del aeropuerto. Debe incluir algunos conceptos como:

- 1) Mapa de localización (1:500 000).
- 2) Mapa del área circundante al aeropuerto (1:25 000).
- 3) Plano de distribución del aeropuerto.
- 4) Información de viento.
- 5) Localización y elevación de obstrucciones, etc.
- 6) Plano general del estado actual.
- 7) Plano de cada una de las instalaciones del aeropuerto.

B.- Plan de los edificios. Debe contener:

- 1) Plano de distribución del edificio de pasajeros.
- 2) Planos que muestren las instalaciones requeridas para pasajeros y las destinadas para carga.
- 3) Plano de cortes y fachadas.

C.- Plan del área de acceso al aeropuerto.

D.- Esquemas de las diferentes opciones de desarrollo.

E.- Plan de máximo desarrollo:

- 1) Plano general de máximo desarrollo.
- 2) Plano de máximo desarrollo de cada sistema del aeropuerto

F.- Plan de desarrollo urbano.

CAPITULO III

ANÁLISIS DE LAS ETAPAS DE DESARROLLO

ESTRATEGIA DE DESARROLLO.

Una vez obtenida la información estadística, de pronósticos, y los criterios para determinar las instalaciones necesarias para satisfacer las demandas del aeropuerto, es necesario hacer consideraciones en cuanto al trazado del aeropuerto, con el fin de empezar la construcción de las instalaciones principales requeridas. La primera etapa del plan maestro debe limitarse a la fase óptima de desarrollo en un plazo relativamente corto, es decir, que se inicie la construcción de las instalaciones primordiales con el fin de no desperdiciar recursos que nos originan gastos adicionales sin obtener ventajas comparables. En otras palabras, la planificación debe prever el desarrollo hasta el límite práctico de la capacidad de cada uno de los emplazamientos del aeropuerto.

Es claro que la planeación es un proceso continuo, el cual cambia, se modifica y se apega a las necesidades del aeropuerto. Existen factores tales como la demanda aérea, condiciones económicas, decisiones políticas, nuevas tecnologías y otros factores que pueden alterar las necesidades y el tiempo en que son requeridas nuevas instalaciones en el aeropuerto. Es por esto que se debe seguir con una colección de datos del comportamiento y necesidades actuales del aeropuerto.

Con esta información estadística y de pronósticos se define la dimensión y la forma de crecimiento del aeropuerto, tomando en cuenta el nivel de servicio con el que deben operar las instalaciones como la demanda de tráfico aéreo esperada.

La capacidad de un elemento, está en función del servicio o nivel de servicio que ofrezca en su operación; mientras que el nivel de servicio, depende del área o superficie e instalaciones con las que cuente.

Es necesario contar con una programación de las obras o remodelaciones a realizar, mediante etapas de desarrollo determinadas en función del crecimiento de la demanda, en los momentos en que las instalaciones se encuentren próximas a saturarse y requieran alguna adecuación o ampliación.

Se requiere también un estudio de las instalaciones existentes del aeropuerto y su análisis demanda-capacidad para ver el grado de saturación o en su caso la sobrecapacidad de las instalaciones.

Las etapas o fases pueden verse afectadas por factores tales como financiación, equipo o personal disponible, y debe desarrollarse para lograr el constante control seguro del tránsito aéreo y evitar demoras cada vez más costosas o limitaciones que puedan afectar el sistema.

El plan de desarrollo del aeropuerto se establece tomando como base los resultados de los análisis estadísticos y de pronósticos de la actividad aérea principalmente, pero además intervienen otros factores como las condiciones actuales de operación, de su infraestructura y de la capacidad instalada y requerida de los principales elementos que lo integran, así como las características del entorno en que se ubica.

El plan de desarrollo no es un mecanismo rígido de control de crecimiento, sino un programa flexible de necesidades a cumplir para lograr el mejor desarrollo del aeropuerto al corto y mediano plazos, manteniendo una congruencia en el largo plazo.

Es por esto la necesidad de un plan dinámico que debe ser revisado y actualizado periódicamente y en su caso modificarse de acuerdo a las necesidades que se vayan presentando en el aeropuerto.

El aeropuerto como parte importante de la población requiere que sus planes de expansión que resulten, sean integrados a los de la zona en que se ubica en directa relación con las principales áreas próximas al aeropuerto.

Con datos sobre el crecimiento a largo plazo del área urbana, los asentamientos humanos próximos al aeropuerto, así como sus correspondientes expectativas de desarrollo en el mismo período, se pueden desarrollar planes para el aeropuerto al horizonte de planeación determinado sin que exista interferencia con los planes de desarrollo urbano, siendo necesario únicamente establecer una normatividad para el uso del suelo en el área circundante al aeropuerto.

Una vez pronosticada la actividad aérea y determinado el horizonte de planeación, es necesario definir las características operacionales tanto presentes como futuras de los subsistemas y elementos que conforman el aeropuerto; en lo relativo a la zona aeronáutica, zona terrestre y los elementos de apoyo para la operación.

Para lograr esto, se determinan los parámetros de diseño que darán capacidad a los elementos de la primera etapa y posteriormente cuantificar los requisitos de infraestructura a mediano plazo.

La base principal para la obtención de los parámetros mencionados, se fundamenta en un análisis operativo de cada uno de los elementos que conforman el aeropuerto.

Una vez que se han determinado los parámetros de diseño se relaciona con las horas de mayor movimiento (horas críticas) obteniéndose las magnitudes requeridas.

PARÁMETROS DE DISEÑO.

Para obtener un adecuado nivel de servicio, se toman en cuenta características de operación del aeropuerto, tales como mezcla de aeronaves, frecuencia de la demanda y tipo de servicio.

REQUERIMIENTOS DE CAPACIDAD A CORTO Y MEDIANO PLAZOS.

La máxima utilización de las instalaciones existentes y su crecimiento ordenado y armónico, conduce a una efectiva racionalización de las inversiones.

Para que el aeropuerto continúe con su desarrollo en forma congruente más allá del mediano plazo se determinan los requerimientos de capacidad para el largo plazo, resultados que retroalimentan a las dos etapas iniciales.

Las necesidades de espacio para el corto, mediano y largo plazos, se definen a través de los parámetros de diseño y las horas críticas, y así poder hacer eficiente la operación del aeropuerto beneficiando a los pasajeros, operadores y usuarios. Con esta información se puede establecer la estrategia más adecuada para el crecimiento de los principales elementos del aeropuerto. Estos a su vez, se modificarán en función de la distribución geométrica y ubicación de los elementos.

En esta parte del estudio de planificación, se analiza el estado y las posibilidades de las instalaciones existentes para atender la demanda esperada, al definir los elementos que están saturados y en qué grado, así como las que aún no han llegado a su saturación y para cuando se espera ésta.

Para que el desarrollo del aeropuerto sea armónico, es necesario que las capacidades de los elementos que lo integran estén equilibradas.

OPCIONES DE DESARROLLO.

Un elemento o subsistema que compone al aeropuerto, llega a su máxima capacidad en el horizonte de planeación determinado previamente, y éste a su vez se fija por la demanda. Para llegar a esta última etapa de desarrollo (horizonte de planeación), se requiere el incremento en la capacidad de las instalaciones de manera programada y por etapas. Ahora bien, como el horizonte de planeación lo determina la demanda, el elemento o subsistema requerirá de su ampliación cuando se prevea que su capacidad está próxima a saturarse pudiendo presentarse en un rango de tiempo esperado.

Una vez identificadas las instalaciones o elementos que requieren una ampliación en su capacidad para corto plazo, es necesario obtener los factores que intervienen para su futuro desarrollo. Estos factores pueden ser: el emplazamiento de las instalaciones actuales, de tal manera que se pueda aprovechar al máximo la infraestructura instalada; el crecimiento lógico de las instalaciones, que permita realizar las obras sin entorpecer la operación del aeropuerto; el costo de cada opción, considerando las condiciones económicas actuales y la más importante de todas, el volumen y tipo de demanda que se tendrá.

Tomando en cuenta estos factores se desarrollan las diferentes propuestas que deberán satisfacer las necesidades de capacidad en el largo plazo.

EVALUACIÓN Y SELECCIÓN DE OPCIONES.

Una vez hechas las propuestas, se hace una evaluación de los aspectos más significativos de cada una de las opciones, con el fin de destacar las ventajas y desventajas que ofrece cada una de ellas y por consiguiente, poder seleccionar la que ofrezca mayor beneficio y factibilidad.

Analizando los planes de desarrollo de algunos aeropuertos internacionales, encontramos que las instalaciones que podrían requerir una ampliación en su capacidad para el *mediano plazo* generalmente son las siguientes:

1.- ZONA AERONÁUTICA.

- a) Plataforma de aviación comercial.- Geometría y/o capacidad de soporte en pavimentos.
- b) Pistas.- Geometría y/o pavimentos.
- c) Calles de rodaje.- Geometría y/o pavimentos.
- d) Zona de combustibles.
- e) Radio ayudas.
- f) Ayudas visuales.

2.- ZONA TERRESTRE.

g) Edificio de pasajeros.- De acuerdo a la proyección de la demanda de pasajeros horarios prevista para esta etapa. En esta zona se incluyen los principales elementos del flujo Nacional e Internacional del edificio tales como zonas de documentación, área de seguridad y salas de espera para flujos de salida. En cuanto a flujos de llegada se tiene el vestíbulo de reclamo de equipaje, área de revisión aduana (para vuelos internacionales), pasillos y concesiones.

h) Estacionamientos y liga vial.- De acuerdo al crecimiento de la demanda de usuarios que harán uso del aeropuerto. Puede ser que se requiera la ampliación de cualquiera de los estacionamientos que dan servicio al aeropuerto.

3.- ZONA INDUSTRIAL.

i) Instalaciones de apoyo.- Con el incremento en el número de las operaciones previstas, la capacidad de almacenamiento y distribución de combustible se deberá incrementar, así como la zona de carga, cuerpo de rescate y extinción de incendios, y por último, la zona de mantenimiento de vehículos de servicios de rampa y mantenimiento del aeropuerto.

- j) Zona de carga.
- k) Zona de hangares.
- l) Vialidades de acceso.
- m) Zona de mantenimiento de vehículos de servicio.

Para el *largo plazo* siguiendo con el desarrollo por etapas, es posible que se requiera incrementar la capacidad de los mismos elementos:

1.- ZONA AERONÁUTICA.

a) Pistas.- Es posible la necesidad de incrementar la longitud de la pista para permitir la operación de aeronaves con mayor capacidad de carga. Adicionalmente se puede completar la demanda con una pista paralela. Para determinar la necesidad de la pista adicional, se pueden seguir los siguientes criterios recomendados por la OACI³.

1.- Cuando se pronostique que la demanda alcanzará la capacidad de la pista existente durante los próximos 5 años.

2.- Cuando la demanda de la pista paralela en el transcurso de 5 años sea mayor al 60% de la capacidad de la pista existente.

3.- Si la capacidad de las pistas paralelas se espera que supere el 75% en ambas pistas en el transcurso de 5 años, pueden prolongarse las pistas para aumentar su capacidad.

4.- Si no fuera posible la inclusión de una pista paralela ya sea por accidentes topográficos, obstáculos, resultados del estudio ambiental, área limitante, etc., es posible la construcción de pistas secantes o divergentes siempre y cuando se demuestre que la configuración escogida proporcionará la capacidad necesaria para satisfacer la demanda pronosticada o que aumentará la capacidad de la pista a un costo mucho menor que la pista paralela.

³ Planificación General. Parte I. Manual de planificación de aeropuertos. OACI. Pág. I-56. 1987.

b) Calles de rodaje.- El incrementar calles de rodaje aumenta la eficiencia operacional del aeropuerto. Pueden ser calles de rodaje paralelas y/o angulares, de entrada y/o de salida.

c) Plataformas.- Ya que existen diferentes configuraciones de plataformas, sería necesario analizar diferentes propuestas y escoger la que ofrezca mayores ventajas.

d) Ayudas visuales.

e) Radio ayudas.

f) Zona de combustibles.

g) Pavimentos.- Al incrementar la capacidad en cuanto a geometría en pistas, calles de rodaje y plataformas, puede ser posible que se tenga un avión crítico de mayor peso por lo que se requeriría incrementar la capacidad de soporte de los pavimentos.

2.- ZONA TERRESTRE.

h) Edificio de pasajeros.

i) Estacionamientos.

j) Camino de acceso y liga vial.

3.- ZONA INDUSTRIAL.

k) Instalaciones de apoyo: Almacenamiento y distribución de combustible.

l) zona de carga.

m) Zona de hangares.

n) Vialidad a zona de carga.

o) Zona de mantenimiento de vehículos de servicios de rampa y mantenimiento al aeropuerto (en México vehículos de ASA).

Debe quedar claro que la ampliación de los elementos presentados dependen de factores tales como la demanda, el desarrollo económico, político y social de la población, etc., y deberán incrementar su capacidad en el momento que estén por llegar a saturar su capacidad y la demanda esperada lo justifique.

A continuación se presenta un cuadro resumen con información detallada sobre la magnitud requerida para los principales elementos del aeropuerto internacional de Monterrey, Nuevo León.⁴

⁴ Aeropuerto Internacional de Monterrey, Nuevo León. Plan de desarrollo a mediano plazo. ASA mayo 1985.

CUADRO RESUMEN.

ELEMENTO	CAPACIDAD ACTUAL	MAGNITUD REQUERIDA DE LOS ELEMENTOS PRINCIPALES								
		Corto Plazo		Mediano Plazo		Largo Plazo				
		1986	1988	1990	1992	1994	1996	1998	2000	
Pistas-Calles de Rodaje	54 Ops/hra	16	19	22	25	28	32	35	39	
Plataforma	9 Posiciones Comercial	5	6	7	8	9				
	Aviación General	13	15				27	30	34	
Edificio de pasajeros Aviación Comercial Regular	1290 Pax/h.c	816	908	1000	1160	1320	1500	1700	1900	
Estacionamiento para Automóviles	Aviación Comercial	850 Lugares	571	636	700	812	924	1050	1190	1370
	Renta	185 Lugares	62	70	77	86	95	106	118	131
	Transportación	50 Lugares	19	21	23	26	29	32	35	39
Zona Comercial y Hotelera	- ha	2.6	2.9	3.2	3.6	4.0	4.5	5.0	5.5	
Camino de acceso	Carriles	2	2	2	2	2	2	2	2	

TABLA 3.1 Presentación de los elementos principales del aeropuerto y los requerimientos a corto, mediano y largo plazo del Aeropuerto Internacional de Monterrey, Nuevo León.

FUENTE: Plan de desarrollo a mediano plazo. Aeropuerto Internacional de Monterrey, N.L. ASA. Mayo, 1985.

CAPITULO IV

DETERMINACIÓN DE ESPECIFICACIONES

IV.1 ESPECIFICACIONES DE PROYECTO.

La construcción de un aeropuerto y la expansión de uno ya existente, requieren de un seguimiento de normas contenidas en el plan maestro. Las consideraciones más importantes que harán factible y eficiente el proyecto son las siguientes:

1.- Coordinación Preliminar.

Existe una serie de personas y grupos como son compañías particulares, organismos gubernamentales, usuarios, contratistas, concesionarios, grupos protectores del medio ambiente, líneas aéreas y otros; que participan en la elaboración del proyecto de un

aeropuerto, y que deben ser consultados con anticipación para el buen desarrollo del proyecto aeroportuario y así evitar demoras e interrupciones que afecten su elaboración.

Por esta razón, es necesario un grupo coordinador con un alto nivel de conocimientos de aeropuertos que conjunte opiniones e intereses, y así, obtener un plan integrado con la participación de los grupos interesados.

2.- Recopilación de Información.

La recopilación de información relacionada con el uso del aeropuerto y los elementos que la integran es fundamental para una buena planificación.

Como hemos visto en el capítulo dos, existe una serie de información estadística y de pronósticos, que sirve de base para la planificación futura. Los datos recopilados, deben comprender además de los referentes a las instalaciones físicas del aeropuerto, los que comprenden a los costos de transporte y las tarifas correspondientes, la situación económica de las líneas aéreas que usarán el aeropuerto y las normas y reglamentos que rijan para el transporte.

Otras fuentes de datos confiables que ayudan a la elaboración del plan son las siguientes: Organismos gubernamentales estatales, locales o municipales; los servicios de la Dirección General de Aeronáutica Civil (DGAC); Organismos nacionales de otros países encargados del transporte aéreo como, la "Federal Aviation Administration" (FAA) de los Estados Unidos; Bancos e Instituciones nacionales; Instituciones financieras internacionales; Líneas aéreas; Organismos locales y regionales de planificación, y la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI).

3.- Metas y programación de calendario.

Es necesario establecer las metas a cumplir tanto a corto, mediano y largo plazo, por medio de planes y programas de trabajo. Las metas perseguidas se lograrán con la integración de todos los participantes en el proyecto propiciando el óptimo desarrollo del

aeropuerto, evitando así, retrasos en la construcción o expansión del aeropuerto y malos manejos de los recursos disponibles que ocasionan gastos innecesarios. Para esto, se utilizan programas de calendario en los que se describen las actividades por realizar, así como sus fechas de iniciación y terminación.

Como se ha mencionado anteriormente, para el buen funcionamiento del aeropuerto se requiere que las instalaciones estén equilibradas en su funcionalidad. Por tanto, es necesaria la planificación conjunta de las instalaciones ya que están interrelacionadas entre ellas.

No siempre resulta posible adaptar los mejores planes de cada una de las instalaciones en un plan maestro para todo el aeropuerto, por lo que se requerirá modificar los planes haciéndolos compatibles y equilibrados entre sí, obteniendo un plan general más eficiente con mayor flexibilidad y orientación.

4.- Evaluación y selección del emplazamiento del aeropuerto.

Con los datos e información recopilada -referida al capítulo 2- se comienza la selección del emplazamiento de un nuevo aeropuerto o la expansión de uno existente, y así, determinar la forma y tamaño que tomará el aeropuerto en sus diferentes etapas.

Debido a las grandes extensiones de terreno que requiere la construcción de un nuevo aeropuerto o la expansión de uno existente, se buscan terrenos que ofrezcan las máximas posibilidades de ampliación a largo plazo con las menores cargas financieras.

Para determinar la superficie necesaria de un aeropuerto al final del horizonte de planeación, se considera en primer término la longitud, orientación y el número de pistas, ya que constituyen la mayor parte del terreno exigido por un aeropuerto.

Una vez determinada la extensión de terreno necesaria para el aeropuerto contemplando las etapas de desarrollo, se hace un estudio de los posibles emplazamientos para seleccionar el que ofrezca las mayores ventajas.

El aeropuerto debe localizarse en el lugar que proporcione la mayor seguridad y eficiencia de las aeronaves, así como los mínimos gastos de construcción.

Existe una serie de documentos y manuales que contienen especificaciones técnicas, en los cuales nos podemos basar para definir el tamaño, forma y cantidad de las instalaciones que son determinantes para la localización de un aeropuerto.

El Manual de Proyecto de Aeródromos. Parte 1: Pistas, publicado por la OACI, contiene información referente a los factores y criterios relacionados al emplazamiento, orientación y número de pistas. De igual manera el Anexo 14: Normas y Métodos recomendados internacionales, Volumen I: Aeródromos, contiene las especificaciones técnicas y características físicas mínimas que deberá tener cada una de las instalaciones y servicios de la zona aeronáutica del aeropuerto⁵.

Existen otros factores que se deben tomar en cuenta para el emplazamiento del aeropuerto, como son: Espacios aéreos, el desarrollo y la actividad de la zona circundante, condiciones climatológicas, acceso por transporte terrestre, topografía, impacto ambiental, influencia de aeropuertos vecinos, disponibilidad de recursos y servicios en la zona, etc.

5.- Posibilidades económicas.

El capítulo 6 está destinado al estudio de las posibilidades financieras del proyecto. Sin embargo, tratándose de una consideración preliminar, sería necesario un cálculo general de los costos que proporcionarían la base para tratar las posibles fuentes de financiamiento. Los costos del capital que habría de considerarse en esta etapa, serían los relacionados con la adquisición de los terrenos, las obras de construcción, gastos de administración y mantenimiento, y costo de financiamiento, entre otras cosas.

⁵ El Anexo 14 se aplica a aeropuertos internacionales. Para aeropuertos nacionales se puede no utilizar la aplicación de dichas Normas, requiriendo cumplir entonces con las Especificaciones Nacionales vigentes.

Estas estimaciones hechas en la etapa inicial, son un indicativo para mantener o modificar el plan maestro.

Es necesario determinar las fuentes y medios financieros para la provisión del capital inicial, costos operativos y de mantenimiento. Debido a la escasez de fondos gubernamentales destinados a la inversión en el transporte aéreo no solo en México sino en muchos otros países del mundo, es necesario conseguir financiamiento a través de instituciones financieras nacionales o internacionales.

Cabe recordar que desde el comienzo, el aeropuerto deberá cumplir con la obligación de abonar tanto los intereses anuales de capital como el pago a principal, además de absorber sus costos de operación y mantenimiento con el fin de ser autosuficiente. Los medios por los cuales el aeropuerto puede obtener sus ingresos son entre otras cosas: Los derechos por uso de pista e instalaciones; las concesiones fuera del edificio; la renta de los espacios y locales del edificio, etc.

6.- Integración del equipo planificador y asesores.

Deben intervenir un grupo amplio de especialistas para la elaboración del proyecto aeroportuario y que constituyen el equipo planificador. Las especialidades que surgen en el estudio de la planeación son entre otras: Estadísticas; economía; finanzas; arquitectura; ingenierías civil, electrónica, eléctrica, mecánica y de transporte; procedimientos de vuelo; control de tránsito aéreo; dirección y administración de aeropuertos; comercialización del aeropuerto; etc.

El equipo planificador deberá estar supervisado y dirigido por una dirección con amplios conocimientos técnicos, de dirección y administración en materia aeronáutica y aeroportuaria, y así lograr el desarrollo integrado del plan maestro.

El equipo de especialistas o asesores no entran dentro del equipo planificador, ya que su participación puede no ser permanente dentro de la organización. Sin embargo, la contratación de estos servicios es indispensable por tratarse de personas con amplia experiencia en las que el personal administrativo del aeropuerto no esta familiarizado.

En la toma de decisiones importantes en el proceso de planificación, las recomendaciones del asesor son de gran importancia y utilidad, llegando a resultados satisfactorios y de gran ayuda para las autoridades del aeropuerto. Por tanto, es indispensable reunir todos los intereses que afectan al aeropuerto y establecer un plan o programa sólido que cumpla con los objetivos o metas propuestos.

7.- Plan definitivo.

Reuniendo las especificaciones de proyecto y definiendo el esquema general del emplazamiento del aeropuerto derivados de una serie de estudios, investigaciones, simulaciones y análisis costo-beneficio de las posibles opciones, podemos definir un plan en el cual se apoye el desarrollo del aeropuerto. Este plan deberá contener información referente a las capacidades en cuanto a aeronaves, pasajeros, carga y vehículos en tierra principalmente, junto con el calendario de construcción en sus diferentes etapas que resulten factibles en términos de recursos materiales y económicos.

El plan general deberá llevar una secuencia lógica, la cual podemos resumir en las siguientes fases:

Pronósticos. Determinar los pronósticos a largo plazo referentes a los mencionados en el capítulo 2, que sirvan como base para el futuro crecimiento.

Conceptualización de sistemas. Satisfacer las demandas futuras de todos los sistemas del aeropuerto.

Plan definitivo. Definir la forma, tamaño y crecimiento de los sistemas que componen el aeropuerto.

8.- Consideraciones ambientales.

La construcción y operación de un aeropuerto implica un desequilibrio ecológico y social, lo cual puede ser controlable mediante la aplicación de medidas de mitigación al impacto ambiental ya sean preventivas o correctivas.

Se requiere una identificación y medición de las formas contaminantes que provoque el aeropuerto, así como los métodos y medidas anticontaminantes y preventivas que se utilizarán para controlar y mitigar el impacto ambiental.

IV.2 ESPECIFICACIONES DE CONSTRUCCIÓN

El objetivo o finalidad de las especificaciones de construcción, es el establecer un mayor control del aeropuerto, y así, establecer los procedimientos convenientes para que durante la ejecución de las obras o construcciones dentro de sus instalaciones no se afecte la seguridad de las operaciones normales del aeropuerto.

Para la construcción y operación de un aeropuerto, se requiere la concesión o permiso del organismo encargado del transporte en el Estado. En México las concesiones y permisos se otorgan a través de la Dirección General de Aeronáutica Civil (Dependencia de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes) ya sea para construcción u operación por parte del sector público o privado.

Los aeropuertos deberán ser utilizados por aeronaves cuyas características físicas y operacionales sean compatibles con las instalaciones.

Los servicios de un aeropuerto están divididos en dos secciones: A.- Aeropuertos de Servicio Público y B.- Aeropuertos de Servicio Privado. Los de servicio público se refieren al transporte aéreo de pasajeros, carga, correo, etc., mientras que los de servicio privado comprende a la industria privada, aviación agrícola, deporte aeronáutico, etc.

Para obtener permisos de construcción de un aeropuerto destinado tanto a servicio público como privado, se deberá presentar la documentación correspondiente ante el organismo encargado del transporte en el estado. En México se deberá entregar a la S.C.T. por medio de la D.G.A.C. la siguiente documentación: 1.- Solicitud por escrito. 2.- Documento que acredite la personalidad del solicitante y 3.- Documento que acredite la propiedad, posesión o uso de los terrenos.

Será necesario presentar los estudios de evaluación del proyecto aeroportuario que hagan factible su realización. Estos estudios consisten en:

- a) Estudio de factibilidad técnico-financiera.
- b) Estudio de espacios aéreos.
- c) Estudio meteorológico.
- d) Estudio topográfico.

- e) Estudio geotécnico.
- f) Estudio hidrológico.
- g) Estudio de impacto ambiental.
- h) Proyecto ejecutivo del aeropuerto y sus instalaciones.
- i) Plan maestro.
- j) Programa de obras y fechas de inicio.

Revisados los estudios, en caso de ser aprobados se otorgará el permiso respectivo teniendo que cubrir los derechos que marca la ley.

De igual manera para operar en servicios público o privado un aeropuerto, se requiere presentar la documentación correspondiente para obtener la concesión o permiso, según el caso.

La concesión o permiso causa derechos y, además, debe aportar el porcentaje de participación de utilidades que fija la S.C.T. También deberá presentar las tarifas para los servicios que ofrezcan.

Existe un documento que contiene los procedimientos y requisitos para permisos de construcción y operación de aeródromos civiles, el cual especifica más a fondo estos lineamientos y procedimientos para la construcción de aeropuertos en la República Mexicana⁶.

Para aeropuertos que se encuentran en la etapa de ampliación, será necesario que antes y durante las obras de construcción, remodelación o ampliación, se tomen en cuenta algunas medidas de seguridad para evitar al máximo las interrupciones de operación en el aeropuerto. Estas consideraciones operacionales y medidas de seguridad⁷ se resumen en las siguientes:

- Mantener rutas de acceso a las áreas de operación de los vehículos de rescate y extinción de incendios.

⁶ Proyecto de Norma Oficial Mexicana. Procedimientos y requisitos para permisos de construcción y operación de aeródromos civiles. SCT. DGAC. 1994.

⁷ Boletín Técnico Obligatorio. Coordinación de trabajos de construcción y mantenimiento en aeropuertos. SCT. DGAC. 1989.

- Suspensión o restricción de actividades en las áreas de trabajo con el debido señalamiento.
- Control de personal y equipo de construcción.
- Control de accesos temporales.
- Definir los representantes y las responsabilidades de cada Dependencia, líneas aéreas y empresas involucradas.
- Control del ruido y polvo en áreas públicas.
- Elaboración de planos detallando las áreas de trabajo.
- Desactivar las ayudas visuales luminosas de las áreas de operación cerradas.
- Programa secuencial de los trabajos.
- Otras medidas de seguridad adicionales que se requieran.

IV.3 ESPECIFICACIONES DE MANTENIMIENTO

Se debe cumplir con las tareas de mantenimiento para asegurar el servicio y el funcionamiento de las instalaciones que componen al aeropuerto, así como el equipo que opera en el.

El principal objetivo del mantenimiento en un aeropuerto, es el conservar la seguridad de operación de la aeronave para aterrizaje, rodaje y despegue. Este nivel de seguridad se alcanza mediante el mantenimiento adecuado de las instalaciones del aeropuerto.

El mantenimiento en un aeropuerto, surge por la necesidad de mantener o conservar un óptimo funcionamiento operacional y, además, verificar y evaluar el funcionamiento del elemento en estudio. El mantenimiento de un aeropuerto se compone de tres etapas:

1ª INSPECCION.- Deberá existir un plan en el que estén programados las verificaciones de los elementos del aeropuerto. Además, se deberá evaluar el estado operacional de estos y así hacer un diagnóstico de cada uno de ellos para decidir si se requiere de un servicio o de efectuar arreglos o reparaciones.

2ª SERVICIO.- Se refiere a las medidas necesarias para mantener a las instalaciones con el nivel de operación requerido. Para lograrlo, es necesario cumplir con un plan en el que se especifique la periodicidad del servicio para un elemento cumpliendo así con el servicio preventivo. En caso de que se detectara alguna falla o anomalía en la operación de algún equipo o elemento, es necesario recurrir al servicio correctivo.

3ª REPARACION.- Si en cualquiera de las dos etapas anteriores se detectan anomalías, es necesario hacer las reparaciones lo antes posible. Para esto, se requeriría planificar bien estas reparaciones ya que pueden afectar la operación de los otros elementos.

El mantenimiento reduce en gran medida el desgaste de las instalaciones, con lo que se amplía su vida útil. Es por esto que el mantenimiento debe ser tomado como una parte muy importante en el estudio económico del proyecto para mantener la inversión y

disponer de recursos para los gastos de mantenimiento del aeropuerto.

Se debería hacer una evaluación de las instalaciones del aeropuerto como son las zonas pavimentadas, los edificios, zonas no pavimentadas, junto con el equipo, maquinaria y vehículos. Una vez obtenida la información, se establece el programa y calendario de mantenimiento basada en la experiencia y en las especificaciones del fabricante. Estos programas, deberán llevar una metodología y se deberá explicar detalladamente las actividades de mantenimiento para cada elemento.

Debido a que las tareas de mantenimiento se deben valorar en términos monetarios para dar una aproximación del presupuesto del personal, convendría cuantificar el trabajo hombres/hora y tomar en cuenta también aquellas tareas que por su especialización o por la incapacidad del personal, son contratados terceros para su realización.

En la etapa de presupuestación, los programas de mantenimiento deberán analizarse con el fin de establecer las condiciones actuales de operación de las instalaciones, así como el definir la vida útil de los elementos importantes en ese momento.

En los programas de mantenimiento, se especificará al personal capaz para realizar dichas tareas y el calendario de realización del mantenimiento que por su naturaleza, se hace flexible debido a circunstancias imprevistas o ajenas que se presenten.

Haciendo una comparación entre las tareas programadas y las realizadas, se podrá tener un control del mantenimiento y del presupuesto.

El uso de la computadora puede ser útil y económica si hubiera un gran número de tareas de mantenimiento.

Se debe contar con personal permanente durante las horas de servicio del aeropuerto para controlar cualquier anomalía en las instalaciones sin afectar su operación. Este personal técnico deberá comprender, según las necesidades: Ingenieros, técnicos en calefacción y acondicionamiento de aire, eléctricos, electrónicos y otros técnicos especializados.

Hay ocasiones en las que es necesario realizar tareas especiales e inesperadas de mantenimiento que pueden estar fuera del alcance de la capacidad del aeropuerto, por lo que se recurre a contratistas para apoyar estas tareas de mantenimiento. Los agentes externos que nos llevan a esta situación, pueden ser: La presencia de nieve o hielo en el pavimento, tormentas de arena, lluvias torrenciales y tormentas eléctricas, etc. Mientras que los agentes especiales que se pueden presentar son: Accidentes de aeronaves; actividades delictuosas como secuestros, amenazas, etc.

Para poder tener control de estas situaciones, además de contar con el plan de emergencia del aeropuerto, se deberá contar con el personal especializado adecuado.

Tomando en cuenta los factores económicos y asegurando el buen funcionamiento del aeropuerto, es factible que el aeropuerto posea talleres que dependerán en cantidad y tipo, del tamaño del aeropuerto, volumen de tráfico, la propiedad de las instalaciones y equipo del aeropuerto, etc.

Es importante que se mantenga una organización coordinada en el aeropuerto que cumpla con las tareas de mantenimiento ya sea por medios internos del aeropuerto o por medios externos (contratistas) para mantener el nivel de operación y cumplir con las tareas urgentes o en horas críticas.

Algunos de los trabajos de mantenimiento de mayor importancia que se presentan en la zona aeronáutica de un aeropuerto, son las siguientes:

Pavimentos flexibles:

- a) Reencarpetado de pistas, calles de rodaje y plataformas.
- b) Bacheos en pistas, calles de rodaje y plataformas.
- c) Tendidos de mortero asfáltico (slurry-seal) en pistas, calles de rodaje y plataformas.

Pavimentos rígidos:

- e) Reposición de losas de concreto en pistas, calles de rodaje y plataformas.

f) Sellado y reparación de juntas y grietas.

En ambos tipos de pavimentos:

- g) Señalamiento horizontal (pintura) en pistas, calles de rodaje y plataformas.
- h) Limpieza de caucho en pistas.
- i) Deshierbe en áreas próximas a las de movimientos.
- j) limpieza de drenajes.

En el Manual de Servicios de Aeropuertos, Parte 9: Métodos de mantenimiento de aeropuertos publicado por la OACI, se describen a detalle las tareas de mantenimiento para:

- 1.- Ayudas visuales.
- 2.- Instalaciones eléctricas del aeropuerto.
- 3.- Mantenimiento de pavimentos.
- 4.- Drenaje.
- 5.- Mantenimiento de las zonas no pavimentadas.
- 6.- Mantenimiento del equipo y de vehículos.
- 7.- Edificios.

Los procedimientos que recomienda el manual, están basados en la amplia experiencia de los encargados del mantenimiento en aeropuertos, pero no toma en cuenta el tamaño ni función del aeropuerto, por lo que se deberían tomar a consideración las necesidades locales, experiencia local, recomendaciones y especificaciones de los fabricantes de los componentes técnicos, reglamentos nacionales y locales para cumplir con las tareas de mantenimiento del aeropuerto.

CAPITULO V

PROCESOS DE CONSTRUCCIÓN

Una vez que se han determinado las especificaciones de proyecto y construcción, así como la selección entre las diferentes opciones para el emplazamiento del aeropuerto cumpliendo y aprobando los estudios correspondientes, se describe el proceso constructivo del aeropuerto.

El proceso de construcción que se describe en este capítulo es un proceso en general para el aeropuerto, ya que debe hacerse el desarrollo de un proceso constructivo para cada una de las instalaciones y elementos que integran al aeropuerto que saldría de los objetivos de este trabajo. Por lo tanto, se describirá una secuencia flexible de las actividades de construcción en general que se realizan en un aeropuerto.

Es de vital importancia que en esta etapa se unifiquen e integren los equipos de planificación y construcción, ya que de no haber una

buena comunicación e integración, resultarían ineficientes y costosos los trabajos de construcción. Es por esto que se debería seguir un programa detallado de las actividades a realizar previniendo y tomando en cuenta el futuro desarrollo y ampliaciones que tendrá el aeropuerto.

PREPARACIÓN DEL SITIO Y CONSTRUCCIÓN.

1.- Estudios y trabajos preliminares.

Para la ejecución de los estudios y trabajos previos de campo se tendrán que realizar demoliciones de las obras existentes en el caso que las hubiese. Además, se deberá verificar la liquidación de los terrenos expropiados o comprados, bienes distintos a la tierra, adquisición de terrenos de pequeña propiedad y al cercado de los límites del aeropuerto. A continuación se procederá en forma simultánea a realizar el trazo, nivelación y distribución de los diferentes sitios donde se ubicarán las construcciones e instalaciones del aeropuerto, así como la distribución, construcción e instalaciones provisionales como son los campamentos, talleres, oficinas de campo, almacenes y bodegas, vialidades y accesos para fines constructivos, plantas de generación de energía eléctrica, abastecimiento de combustibles, agua potable, desalojo de residuos líquidos y sólidos, caminos de acceso, comunicaciones, etc.

2.- Desmote y despalme.

El desmote consiste en eliminar la vegetación existente en el área de trabajo, mientras que el despalme consiste en remover un determinado espesor del terreno natural. El material sobrante, deberá ser acarreado hasta los sitios previamente establecidos para materiales de desecho. Para realizar los trabajos antes citados se requerirá de maquinaria pesada y vehículos, además de personal técnico, operadores y trabajadores en general.

3.- Cortes y terraplenes.

Los cortes como su nombre lo indica son excavaciones en el terreno natural y tienen como finalidad la de nivelar accidentes topográficos en el área de construcción.

Los materiales de corte se clasifican en los siguientes:

Material tipo A: Material suelto de los suelos, poco o nada cementados con partículas hasta 7.5 cm. Generalmente se presentan limos, arcillas y arenas.

Material tipo B: Presenta dificultad en su extracción. El tamaño de sus partículas está entre 7.6 cm. hasta 75 cm. Entre estos suelos se encuentran los conglomerados medianamente cementados, arenisca blanda, tepetate, etc.

Material tipo C: Para la extracción de este material se requiere el uso de explosivos debido a su dureza y alta cementación. La roca tiene un tamaño mayor a los 75 cm. En este tipo de suelos se encuentran las rocas basálticas, los conglomerados y areniscas fuertemente cementados, caliza, granito, etc.

Los terraplenes generalmente se componen de los materiales provenientes de los cortes y su finalidad como la de los cortes, es la de mantener un nivel en el área de construcción. En ocasiones, el volumen de material de los cortes no es suficiente para el terraplén, por lo que para complementar el volumen se puede recurrir a los bancos de préstamo que abastecen al aeropuerto.

Los materiales que pueden ser utilizados para terraplén se pueden clasificar en los siguientes:

1) Material compactable.- Suelos cohesivos, medianamente cementados, arcillas, limos, tepetates, etc.

2) Material no compactable.- Suelos granulares, fragmentos de rocas como basáltos, calizas, granitos y conglomerados fuertemente cementados.

4.- Agregados pétreos.

Es necesario contar con un volumen suficiente de materiales pétreos durante la construcción de la obra, ya que estos son utilizados en la construcción de terracerías, sub-bases, bases, mezclas de concreto hidráulico y mezclas para los pavimentos asfálticos. Por lo tanto, es indispensable disponer de uno o varios bancos de material lo más cerca posible a la obra que nos permita trasladar el material con rapidez evitando así demoras y cambios en los programas de obra.

5.- Obras y servicios de apoyo.

Las obras y servicios de apoyo que se requerirán durante la preparación del sitio y durante la construcción de las obras del aeropuerto, estarán debidamente planeadas y programadas de acuerdo a las etapas constructivas y por lo tanto se deberán tener perfectamente definidas las áreas que se utilizarán para las instalaciones provisionales antes mencionadas. Asimismo, se deberá contemplar la programación para el desmantelamiento de las obras y servicios de apoyo, hasta la entrega y puesta en marcha del aeropuerto.

El desmantelamiento de las obras y servicios de apoyo será por etapas y conforme al avance de obra, de tal forma, que al término de una construcción se deberán retirar las obras e instalaciones de apoyo de manera que no obstaculice la realización de otras tareas de tipo constructivo.

6.- Requerimientos de agua.

Los requerimientos de agua en el área de construcción será principalmente para su uso en la compactación de terracerías, fabricación de concretos hidráulicos y para consumo y limpieza de los trabajadores. Desde luego, la calidad del agua para consumo humano deberá ser de calidad potable y de menor para los otros usos. Durante el inicio de la construcción se requerirá que el agua sea proporcionada por medio del servicio de pipas, ya que en esa etapa no se contará con pozos para su suministro. Debido a que generalmente el aeropuerto se encuentra aislado de los diferentes

servicios, es probable que sea necesario suministrar el agua por medio de pozos lo más cerca posible al aeropuerto.

7.- Descarga de aguas residuales.

Considerando que muchas actividades se desarrollarán en áreas abiertas, será necesario que se utilicen letrinas de tipo seco, las cuales deberán ubicarse cerca de los sitios de trabajo, a fin de evitar el fecalismo al aire libre y pérdidas de tiempo de traslado. La ventaja de este tipo de letrinas es que prácticamente no utilizan agua y el servicio de mantenimiento lo proporciona la empresa arrendadora de este tipo de servicios. Como se mencionó anteriormente, el aeropuerto puede estar situado lejos de las áreas de servicio, por lo que es posible que no se pueda contar con el servicio de letrinas aspiradas. En este caso se utilizarán letrinas y fosas sépticas ubicadas en áreas previamente estudiadas, evitando su cercanía con los pozos de abastecimiento si los hubiese.

8.- Suministro de materiales y proveedores.

Para cumplir con los programas y calendarios de obra, se requiere que los materiales y elementos de construcción se encuentren disponibles en la obra en el momento que sean requeridos evitando así, pérdidas en el tiempo de realización de las obras y atrasos en el tiempo de entrega de la obra. Para esto, es necesario que se hayan establecido previamente los convenios y compromisos de los posibles proveedores cumpliendo con las normas de calidad y suministro oportuno de los materiales en el sitio. Es común fabricar y elaborar los materiales de construcción en la obra, debido a la ubicación del aeropuerto con respecto a los proveedores y casas de materiales, contando el aeropuerto con sus propios equipos, maquinaria y plantas para su elaboración.

PERÍODO DE CONSTRUCCIÓN.

Cabe recordar que en este capítulo se describen las obras de mayor relevancia en el proceso constructivo de un aeropuerto

haciendo caso omiso de las demás obras que complementan el proyecto en su conjunto. Esto debido a que no es el objetivo de esta tesis profundizar en el proceso constructivo de todo el aeropuerto, sino destacar la importancia de éste en la planificación del proyecto.

Como se indicó anteriormente, antes de la iniciación propiamente de las obras que integran el proyecto aeroportuario se realizarán algunos estudios, trabajos previos de campo, obras y servicios de apoyo, etc., para la preparación del sitio. Técnicamente es factible iniciar la construcción de las obras en paralelo o en forma casi simultánea con las obras y servicios de apoyo para la preparación del sitio, lo cual beneficia a la ejecución del proyecto en costo y tiempo. Sin embargo, existen obras que requieren su construcción antes que las otras como es el caso de las terracerías, por lo que sería necesario comenzar el proceso con este tipo de elementos.

Las obras e instalaciones por construir se agrupan en las siguientes:

- a) Vías de comunicación y accesos.
- b) Edificaciones.
- c) Pistas, calles de rodaje y plataformas.
- d) Zonas de servicio de apoyo.
- e) Zonas de servicios generales
- f) Subestaciones eléctricas.
- g) Zona de combustibles
- h) Planta de tratamiento de aguas residuales.
- i) Drenaje del aeropuerto.

A continuación se describe cada grupo de ellas y su proceso constructivo.

a) Vías de comunicación y accesos.

Se deberá hacer una evaluación de la infraestructura del transporte existente en las inmediaciones del aeropuerto, así como del sistema carretero que comuniquen las zonas urbanas con el aeropuerto.

Debido a que la presencia del aeropuerto generará un aumento en el movimiento de vehículos en la zona, se deberá estudiar la capacidad del circuito de caminos que servirán de unión entre las zonas urbanas y el aeropuerto. En caso de que sea insuficiente la capacidad actual de las vías carreteras para atender la demanda futura, es necesario ampliar, rehabilitar o en su caso construir nuevos caminos que faciliten el acceso al aeropuerto.

A las vialidades existentes se les debe dar mantenimiento y mejorar su señalamiento. El mantenimiento consiste en bacheos y repavimentaciones, pintura de carriles y acotamientos, instalación de nuevos señalamientos y mejoramiento del alumbrado público. Para la construcción de los nuevos caminos se deben realizar obras de protección y señalamiento. Enseguida, las actividades de desmontes y despalmes correspondientes, retirando inmediatamente el material no apto para uso constructivo. Conforme a los proyectos geométricos se procede a la realización de los cortes y/o terraplenes para formar las terracerías compactadas al porcentaje establecido de proyecto y sobre estas se construirán la sub-base y base, compactadas al porcentaje de proyecto, para posteriormente proceder a la pavimentación asfáltica y su sello correspondiente o a la pavimentación de concreto hidráulico y sus juntas correspondientes.

Finalmente, se procede a pintar las señales de separación de los carriles, acotamientos y las guarniciones; retiro de obras de protección y señalamientos provisionales; acondicionamiento de áreas verdes y jardines; instalación de señalamientos verticales y alumbrado público.

De igual manera se deberán identificar la red de caminos que facilitarán la comunicación y transportación terrestre de los usuarios y del personal que laborará en el aeropuerto.

Tratando de aprovechar el sistema carretero para comunicar al aeropuerto, se realizan una serie de obras como son pasos a desnivel, desviaciones, puentes, etc., y en caso necesario la construcción de un camino de acceso que comunique alguna de estas carreteras con el aeropuerto.

Los pasos a desnivel pueden estar constituidos por estructuras que formarán los puentes sobre las carreteras existentes, con terraplenes de acceso cuyos taludes pueden zampearse o protegerse con pasto.

Terminada la infraestructura, se puede comenzar con la construcción de la superficie de rodamiento que puede ser de concreto hidráulico o pavimento asfáltico.

b) Edificaciones.

• Edificio de pasajeros:

La construcción del edificio de pasajeros no difiere en mayor medida a la construcción de un edificio común. Los factores que se deben tomar en cuenta para la construcción del edificio son los siguientes:

- Diseño estructural que garantice la estabilidad de la estructura bajo condiciones previstas en el proyecto (diseño por viento, sismo, cargas, etc.).
- Alta calidad y durabilidad de los acabados debido al tránsito y estancia de usuarios por períodos largos.
- Elevada calidad en el montaje y terminado de las instalaciones eléctricas, mecánicas y electrónicas, por su uso continuo y prolongado. Esto debido a la dependencia de la seguridad de los usuarios en estos equipos.

El proceso constructivo debería comenzar con la realización de las obras de protección y señalamiento para limitar el área de trabajo e independizar las acciones.

A continuación se realizan los desmontes y despalmes, cortes y terraplenes que formarán las terracerías sobre las cuales se trazarán los ejes y niveles. Posteriormente, se comienza con las excavaciones para cimentaciones, instalaciones y ductos. El material excedente producto de las excavaciones será retirado.

Los espacios entre las paredes de las cimentaciones y las excavaciones, se rellenarán con material producto de las excavaciones o en caso necesario con material proveniente de banco de préstamo, compactándolo en los porcentajes que especifique el proyecto.

Una vez armadas y coladas las cimentaciones del edificio, se levantan las columnas de concreto reforzado y/o acero estructural,

dejando las preparaciones necesarias para los ductos e instalaciones. Así mismo, se procede a colar las trabes correspondientes de concreto reforzado o a la colocación de las estructuras metálicas según sea el caso.

De igual forma, se puede comenzar con el levantamiento de muros siguiendo con la construcción de las losas de concreto armado del primer nivel, dejando preparados los pasos para los ductos e instalaciones.

Posteriormente y en forma simultánea, se iniciarán la construcción de acabados e instalaciones del primer nivel.

En caso de que el edificio de pasajeros presente dos o más niveles, se seguirá el mismo procedimiento que el realizado para el primero.

En los acabados de los edificios de un aeropuerto, se deberán emplear materiales de gran durabilidad, económicos, que faciliten su mantenimiento y que tengan buena estética.

Durante el proceso constructivo del edificio terminal se irán retirando los escombros y materiales sobrantes, procurando que las áreas de trabajo se mantengan limpias, despejadas, con señalamientos y protecciones.

- Estacionamiento de automóviles público:

El proyecto deberá contemplar que conforme aumente la demanda, se incrementará la capacidad de lugares de estacionamiento para vehículos, pudiéndose construir un edificio de varios niveles.

La superficie de rodamiento puede ser de concreto hidráulico reforzado o de pavimento asfáltico. Deberá contar con alumbrado, vialidades y accesos que faciliten la circulación de vehículos y personas, a los edificios terminales y hoteles, como para entrada o salida del aeropuerto.

• Zonas para transporte terrestre:

Es la zona destinada para el estacionamiento de taxis, autobuses, etc. así como el estacionamiento momentáneo para el ascenso y descenso de pasajeros de taxis y vehículos particulares. Estas zonas deberían estar claramente señaladas y definidas tanto en las salidas como llegadas del aeropuerto. Los estacionamientos pueden ser de concreto o pavimento asfáltico.

Cabe señalar que en todos los estacionamientos se deberán dejar lugares de uso exclusivo para minusválidos; y en los accesos y salidas, se deberán construir rampas de circulación para estos pasajeros.

c) *Pistas, calles de rodaje y plataformas.*

El diseño de pavimentos que presentan las pistas, calles de rodaje y las plataformas, mantienen los mismos principios constructivos en los cuales intervienen criterios de selección entre pavimentos rígidos y flexibles. La elección de alguno de estos dependerá de la estructura del suelo, de la disposición de los materiales de construcción que utilizan y del costo. Los pavimentos rígidos, debido a que presentan un módulo de elasticidad y rigidez muy elevada, distribuyen la carga en una área considerable del suelo, por lo que gran parte de la capacidad estructural del pavimento es proporcionada por la losa de concreto. Los pavimentos flexibles, funcionan por medio del sistema por capas, en el que la capacidad estructural de la primer capa deberá ser la más resistente y de mayor calidad la cual irá decreciendo en las capas inferiores.

El proceso constructivo del aeropuerto comienza con la construcción de los pavimentos. Este se debe iniciar con el desmonte y despalle del área de trabajo, trazo de ejes y niveles del terreno para continuar con los cortes y terraplenes.

Debido a la gran extensión de terreno que demanda la construcción de pavimentos, el material proveniente de los cortes no siempre cubre las necesidades para la elaboración de las terracerías, por lo que sería necesario acarrear material proveniente de bancos de préstamo.

A continuación, se procede a realizar la compactación de la subrasante la cual, para obtener una óptima compactación, se agrega agua al material alcanzando la humedad óptima, tendiendo el material en capas de 15 cm. aproximadamente con lo que se logra una mejor compactación.

La subrasante debe ser compactada con maquinaria pesada, hasta cumplir con las especificaciones de proyecto que generalmente están entre 90 y 95 % de la prueba PROCTOR.

*** Pavimento flexible.**

El pavimento flexible lo constituyen tres capas, cuyos espesores depende de la carga que soportarán. La primer capa después de la subrasante es la sub-base, la segunda es la base y la tercera es la carpeta asfáltica.

La función principal de la sub-base en el pavimento flexible es la de soportar la carga, distribuirla y transmitirla a la subrasante.

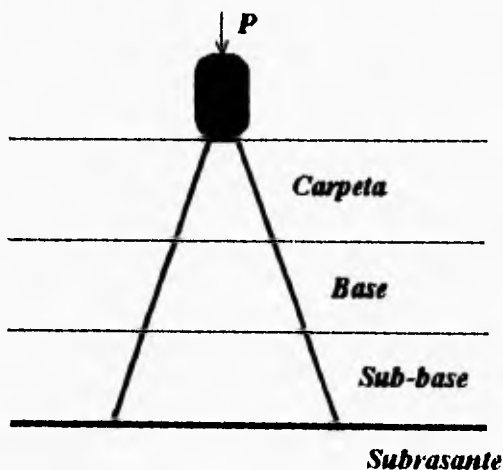


FIGURA 6.1

El proceso que se sigue para el tendido de la sub-base en campo, procede de la siguiente forma: Se acarrearán y se tirarán los materiales que formarán la sub-base sobre la subrasante. Enseguida, se mezclan estos materiales en seco y se les agrega agua para lograr la humedad óptima de compactación que se hará en capas de 15 cm. aprox. hasta alcanzar el grado de compactación especificado en el proyecto que generalmente es entre 95% y 100% de la prueba PROCTOR, hasta obtener el espesor especificado.

La base, es la capa de apoyo de la carpeta asfáltica, y su función principal es: La de transmitir y distribuir de manera uniforme las cargas concentradas a las capas inferiores y el de controlar los esfuerzos resultantes por la dilatación y contracción causados por cambios de temperatura y humedad, evitando así, agrietamientos en la superficie.

El proceso de construcción de la base consiste en primer término en verificar que la sub-base cumpla con las especificaciones de proyecto y así comenzar con el acarreo y colocación de los materiales que formarán la base. A continuación, se procede a mezclar estos materiales en seco y agregar agua hasta obtener la humedad óptima de compactación. Enseguida, se va tendiendo el material por capas de 15 cm. aproximadamente y se compacta hasta alcanzar el grado de compactación de proyecto que va desde 95 % hasta 100% de la prueba PROCTOR hasta obtener el espesor señalado.

Se deberán dar riegos de agua durante el tiempo que dure la compactación, con el fin de compensar la humedad perdida durante la evaporación.

Una vez que se ha terminado la base y se encuentra superficialmente seca, se limpia para eliminar el polvo y así poder aplicar el riego de impregnación y/o "de liga" a base de productos asfálticos, los cuales se aplican con la ayuda de equipo mecánico (petrolizadora), que la protegerá de filtraciones de agua y dará adherencia entre la base y la carpeta asfáltica.

Las características más importantes de la carpeta asfáltica, son la de proporcionar la resistencia necesaria para soportar las cargas verticales y horizontales concentradas sobre la superficie, transmitir y distribuir las cargas a las capas inferiores, ser impermeable, tener resistencia al desgaste y al intemperismo, y proporcionar una superficie antiderrapante evitando el desgaste excesivo de los neumáticos de los aviones.

El proceso constructivo continúa con el tendido del concreto asfáltico con dosificación de volumen con equipo mecánico especializado (camiones de volteo, extendedoras Finisher, etc.) por capas y posteriormente se compactará mecánicamente al grado de compactación de proyecto que generalmente es de 100% de la prueba especificada en el proyecto.

Es importante señalar que en forma previa se irán realizando la construcción de los sistemas de drenaje, alcantarillados, agua potable, sistema contra incendio, distribución de energía eléctrica, alumbrados, señalamientos luminosos, telefonía, oleoductos, etc., ya que algunos de ellos tendrán que construirse paralelos a la pista y ubicarse estratégicamente con relación a la misma.

* Construcción del pavimento de concreto hidráulico.

El pavimento rígido está formado por dos capas: la sub-base que sirve de apoyo y la losa de concreto hidráulico con o sin acero. La función del acero en la losa de concreto no es la de aumentar la resistencia a tensión, sino de controlar la abertura de las juntas y transmitir las cargas a las losas contiguas, evitando así, agrietamientos y fracturas de las losas.

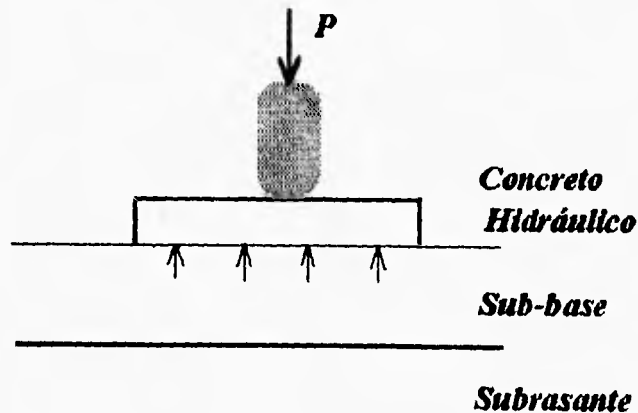


FIGURA 5.2

Los pavimentos de concreto hidráulico tienden a distribuir la carga sobre una área considerable del suelo, por lo que la losa de concreto absorbe la mayor parte de la carga, mientras que el soporte del terreno natural tiene menor influencia en su capacidad estructural de carga.

El proceso constructivo del pavimento rígido comienza con la construcción de la sub-base la cual, se construye con materiales provenientes de bancos de préstamos previamente establecidos. Las funciones principales de la sub-base, son la de drenar el agua que penetre sin alterar sus características de diseño, soportar las cargas que le transmite la losa de concreto y la de contrarrestar los efectos de alabeo.

Una vez construida la sub-base, se procede a la construcción de la losa de concreto. Para esto, se protege la sub-base de los efectos del agua con un riego de impregnación de tipo asfáltico; se marcan las cotas de la rasante para colocar la cimbra metálica perfectamente alineada, nivelada y fijada. Cuando sean requeridas losas de concreto hidráulico reforzada, se coloca el acero o la malla perfectamente limpia libre de grasas, aceites y óxidos para permitir su adherencia al concreto.

Antes del colado, la sub-base se humedece para evitar que el concreto pierda el agua necesaria para su fraguado. El suministro del concreto puede ser por medio de ollas preparado previamente en planta o preparado en planta localizada en el sitio de construcción, que es lo más común. Este se vacía en el sitio para ser extendido y vibrado por una máquina extendidora de concreto la cual, distribuye el concreto a todo lo ancho por medio de una cuchilla. Esta máquina a su vez, se mueve a todo lo largo de la cimbra por medio de rieles o ruedas vibrando el concreto previamente extendido.

El acabado final de la superficie se obtiene con una placa que lo nivela y afina. La textura antiderrapante se le da con un escobillado antes que el concreto fragüe en su superficie. Para el curado del concreto se pueden utilizar aditivos.

La construcción de las juntas en los pavimentos rígidos, evitan que las grietas aparezcan en forma desordenada, por lo que muchas veces estas grietas son provocadas por medio de hendiduras en las propias losas de concreto.

Durante la construcción de las juntas, se cuida que queden perfectamente selladas e impermeables para evitar la penetración de materiales extraños y de filtraciones de agua que alteren el diseño del concreto y provoque fallas por socavación en la base. La buena construcción de las juntas, ayuda a reducir esfuerzos que se producen en las losas debido a la expansión o contracción del concreto, además facilitan la transmisión de las cargas entre losas reduciendo los alabeos.

Las juntas constructivas se clasifican de acuerdo a su función o posición que guardan en las losas, pudiendo ser: Juntas longitudinales, transversales, de contracción, de expansión, de articulación, de construcción, etc.

El método más frecuente en la construcción de juntas en aeropuertos, es la junta constructiva por medio de aserrado, en la cual, las juntas se preparan antes que el concreto comience a endurecer y cuando presenta suficiente consistencia para que no se desgrane con la sierra. El tiempo en que se debe iniciar el aserrado se determina mediante pruebas de campo con una sierra circular. El aserrado deberá presentarse cuando el corte provoque un ligero desmoronamiento en el concreto, ya que si el concreto no presenta ningún desmoronamiento, es señal de que el concreto ha endurecido demasiado y podrían formarse grietas posteriormente.

Las juntas aserradas se sellan inmediatamente después del corte, limpiándose el hueco con un chiflón de aire que elimina el material de desperdicio y el polvo. El sellado se hace con un material elástico, resistente a los aceites, combustible de aviones, rayos infrarrojos, intemperismo y cambios de temperatura.

En algunos aeropuertos se ha utilizado el uso de concreto preesforzado en los pavimentos, ya que este tipo reduce el número de juntas, reduce agrietamientos y disminuye el volumen de concreto utilizado. Su uso es limitado debido a que su costo de construcción es mayor que el de pavimento convencional.

Terminados los procesos anteriores se procede a la pintura de los señalamientos, rayas de ejes y acotamientos, así como a la instalación de la iluminación terrestre del aeropuerto, como son las luces blancas de borde de pista, luces verdes de umbral y luces azules de borde de rodaje.

Cabe recordar que en México todos los procesos descritos tendrán que satisfacer lo dispuesto en las Especificaciones Generales y

Técnicas de Construcción de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes vigentes, así como las Especificaciones Particulares que dictamine Aeropuertos y Servicios Auxiliares.

d) Zonas de servicio de apoyo.

La zona de servicios de apoyo estará integrada por la torre de control y el cuerpo de rescate de extensión de incendios (CREI).

- Torre de control:

El proceso constructivo consistirá en realizar la edificación de una estructura de concreto hidráulico reforzado, equiparlo y dotarlo de todas las instalaciones necesarias. Deberá estar ubicada cerca del centro de la pista para observar la zona aeronáutica y las plataformas.

Puede ser necesario construir un estacionamiento para los trabajadores de la torre de control y de la zona de servicios de apoyo. El estacionamiento puede construirse de pavimento asfáltico y su proceso constructivo sería similar a los descritos anteriormente para el caso de los estacionamientos con pavimento asfáltico.

- Cuerpo de rescate y extinción de incendios (CREI):

Deberá estar ubicado de tal forma que tenga un acceso rápido a la zona aeronáutica, de combustibles, y en menor medida a las vialidades del aeropuerto y contar con caminos de servicio propios y exclusivos. Adicionalmente, deberá contar con cisternas de reabastecimiento de agua en partes estratégicas que le permitan atender adecuadamente las emergencias y la alimentación de los camiones-cisterna.

El edificio del CREI deberá contar con una construcción destinada a los alojos de personal en turno, almacén de equipo contra incendio y las instalaciones y vehículos necesarios; y por otro lado, deberá contar con una construcción destinada para oficinas y servicios de personal.

Su proceso constructivo es similar a los descritos anteriormente para el caso de edificación en general por lo que se omite su proceso constructivo.

e) Zona de servicios generales e industrial.

En esta zona se alojarán las edificaciones destinadas al mantenimiento en general del aeropuerto, instalaciones de apoyo, hangares de mantenimiento de aeronaves, almacenes de carga en general, etc. Se tendrá acceso a esta zona a través de vialidades interdependientes que permitirán el tránsito a la vía de acceso principal del aeropuerto, mediante pasos a desnivel o áreas de incorporación.

Las vialidades de esta zona pueden ser de pavimento asfáltico, para lo cual se harán obras de protección, desvío y señalamiento, se desmontará y despalmará, retirando el material producto de estas actividades hasta los bancos de desperdicio. Se verificarán los trazos y niveles, se construirán las terracerías, la sub-base, base y se pavimentará la superficie de rodamiento con concreto asfáltico.

f) Subestaciones eléctricas.

Se deberán construir locales e instalaciones para el suministro de energía eléctrica para las subestaciones de acometida, líneas aéreas, concesiones y servicios generales del propio aeropuerto. Esta área deberá contar adicionalmente con oficinas, talleres, alojamiento e instalaciones para el cuerpo de seguridad y vigilancia. El área deberá estar cercada y deberá contar con accesos y vialidades controlados y restringidos.

Para la construcción de las subestaciones eléctricas se procederá a su delimitación, señalamiento para fines constructivos, obras de protección y desvío, desmontes y despalmes correspondientes, retiro de los materiales producto de estas actividades, verificación de los trazos y niveles, excavaciones para trincheras, zapatas de cimentación, instalaciones especiales (sistema de tierra, pararrayos, etc.), sistema de abastecimiento de agua potable y alcantarillado, cimentaciones en general, rellenos, construcción de bases para elementos metálicos de las subestaciones, tierras, herrajes, aisladores, cables, tableros y sistema de control,

construcción e instalaciones complementarias, oficinas, talleres, casetas de control y vigilancia, vialidades interiores, sistema de alumbrado fijo y móvil y señalamientos.

g) Zona de combustibles.

Los almacenamientos generalmente están integrados por tanques verticales u horizontales (dependiendo de la capacidad de almacenamiento^a) de acero y de forma cilíndrica, apoyados en cimentaciones de concreto armado las cuales a su vez están apoyadas en terraplenes compactados. Los tanques deberán contar con tuberías de entrada y salida con dispositivos de control y seguridad, áreas de filtrado y bombeo, zonas de equipo de seguridad, dispositivos o instalaciones de bombeo, fosas de contención de derrames, fosas de recuperación y sistemas de drenaje industrial. El sistema de abastecimiento o alimentación de combustible se hace generalmente a través de un oleoducto y/o con un sistema de descarga de pipas o por medio de ferrocarril. El sistema de distribución de los combustibles a las aeronaves se hace principalmente mediante un sistema de bombeo a través de tuberías de acero u oleoductos que alimentan a una red de hidrantes ubicados en las plataformas.

El proceso de construcción se iniciará con los trabajos preliminares de deslinde o limitación de las áreas de trabajo, se instalarán señalamientos para fines constructivos, se realizarán las obras de protección y desvío, se harán los desmontes y despalmes correspondientes hasta los niveles de proyecto.

A continuación se procede a verificar los trazos y niveles para seguir con las excavaciones para ductos, tuberías y sistemas, para proceder a la instalación de plantillas y camas para la colocación y soporte de éstos, para continuar con el desplante de estructuras. En forma simultánea, se procederá a la construcción de terraplenes compactados para el soporte y apoyo de vialidades y bases para las cimentaciones de los tanques de acero, así como para las plataformas, estacionamientos, talleres y áreas de maniobras. Se iniciará la construcción de las cimentaciones de concreto armado, las trincheras, canales, zampeados y revestimientos en general, y se iniciará la construcción de fontanerías e instalación de tanques metálicos.

^a Los tanques verticales generalmente son utilizados cuando se requiere almacenar grandes cantidades de combustible, mientras que los tanques horizontales normalmente se utilizan para almacenamiento de combustible en menor cantidad.

En cada una de las actividades anteriores se irán dejando las preparaciones para las instalaciones de dispositivos, tuberías, equipos e interconexiones, así como las obras de protección y cruces especiales.

Para la construcción de oleoductos, áreas de filtrado y bombeo, zonas de equipo y seguridad, fosas de derrames y de recuperación, dispositivos de seguridad, tanques de almacenamiento y redes de distribución de combustibles, se observarán entre otras las normas de la API⁹, ASTM¹⁰, NFPA¹¹, PEMEX¹², SCT¹³/ASA¹⁴ y el reglamento de construcción para el D.F.

h) Planta de tratamiento de aguas residuales.

Es indispensable que el aeropuerto cuente con una planta de tratamiento para desalojar aguas tratadas al medio ambiente, evitando la contaminación de los mantos freáticos, ríos, lagos y lagunas, etc.

La alimentación de la planta se hará a través de colectores provenientes de las edificaciones e instalaciones del aeropuerto. El agua tratada podrá usarse para riego de áreas verdes, tareas de limpieza y/o usos industriales.

Existen varios tipos de plantas de tratamiento de aguas residuales, por lo que la planta será escogida de acuerdo a las necesidades y recursos disponibles por la autoridad del aeropuerto.

⁹ API (American Petroleum Institute).

¹⁰ ASTM (American Society of Testing and Materials).

¹¹ NFPA (National Fire Protection Association).

¹² PEMEX (Petroleos Mexicanos).

¹³ SCT (Secretaría de Comunicaciones y transportes).

¹⁴ ASA (Aeropuertos y Servicios Auxiliares).

A continuación, se describe el proceso constructivo de una planta de tratamiento de aguas residuales utilizada en algunos aeropuertos de la República:

La planta cuenta con tanques de sedimentación, aireación y desinfección. Para su construcción se realizan las actividades descritas anteriormente y así poder comenzar con la construcción de los tanques de concreto armado con los desniveles adecuados para aprovechar la fuerza de la gravedad. Durante la construcción se irán dejando las preparaciones para los ductos, instalaciones y equipos, de tal forma que al terminar cada tanque éste quede con todas las instalaciones sanitarias terminadas.

El agua proveniente de los colectores, se descargarán en un cárcamo de bombeo, el cual, tendrá dispositivos de rejillas para eliminar los sólidos gruesos. De este cárcamo, se bombeará el agua a los tanques de sedimentación, donde se removerán los sólidos en suspensión.

Posteriormente y por gravedad, se enviará el agua a los tanques de aireación donde se enriquecerá el agua con la adición de oxígeno para que mediante procesos físico-químicos y biológicos el agua mejore su calidad. Una vez clasificada el agua pasará al proceso de desinfección, donde se le incorporarán soluciones a base de cloro para eliminar los microorganismos y bacterias que pudieran haber sobrevivido a los tratamientos anteriores.

h) Drenaje del aeropuerto.

Un buen diseño en el drenaje del aeropuerto es un requisito indispensable para la segura y eficiente operación de las aeronaves, así como para alargar la vida de los pavimentos.

El sistema de drenaje deberá captar el agua superficial de las pistas, calles de rodaje, plataformas, estacionamiento de automóviles y todas las superficies de rodamiento en general.

Para proyectar el drenaje del aeropuerto se necesitan, entre otros elementos, los siguientes:

- Planos de los sistemas que conforman la zona aeronáutica.
- Planos topográficos del sitio.
- Planos con curvas de nivel.
- Plano con perfiles y secciones transversales a lo largo de los ejes de pistas, calles de rodaje, plataformas, etc.
- Datos de precipitación pluvial de la zona y condiciones climatológicas.
- Estudio de mecánica de suelos de la zona.
- Otros estudios complementarios.

- Drenaje Superficial:

El agua pluvial es captada hacia el drenaje superficial por medio de canales y colectores. Los colectores consisten en una caja de concreto con una tapa o rejilla que puede ser de acero o concreto reforzado. Las rejillas deberán soportar el peso de las aeronaves e inclusive, deberán soportar presiones de contacto.

En distancias muy largas, los colectores pueden estar colocados entre 60 y 120 m. Su colocación depende de la configuración del aeropuerto y del proyecto sanitario. Si se localiza una calle de rodaje paralela a la pista, se pueden colocar estos colectores en el área comprendida entre la pista y la calle de rodaje. Si no existiera una calle de rodaje paralela a la pista, el colector puede ser situado cerca del extremo del pavimento de la pista. En áreas abiertas (como en las plataformas), el colector es situado en el propio pavimento, no siendo igual para las pistas ni calles de rodaje.

- Drenaje Subterráneo:

La función principal del drenaje subterráneo, es la de captar el agua subterránea que drena de las capas saturadas.

- Drenaje sanitario:

El drenaje sanitario desaloja las aguas negras producidas en el aeropuerto. Estas pueden ser vertidas por los edificios terminales, zona industrial y de mantenimiento de aeronaves, cuerpo de rescate y extinción de incendios, zona de hangares, estacionamientos de automóviles, etc.

El sistema lo integran una serie de colectores y atarjeas, que finalmente descargarán sus aguas en la planta de tratamiento para después desalojarla al medio natural o en caso de no existir tratamiento de aguas residuales, se conectaría finalmente a la red de alcantarillado público.

Durante las etapas de construcción de los sistemas aeronáuticos, se deberá prever y construir en forma simultánea el drenaje del aeropuerto; es decir, en el proceso constructivo de las pistas, calles de rodaje, plataformas, estacionamientos, etc., se deberá incluir la construcción del drenaje y de las demás instalaciones como son teléfono, energía eléctrica, agua potable, etc. De igual forma, se deberá hacer para cada uno de los elementos que integran al aeropuerto como son edificio terminal, edificaciones de apoyo, etc.

Los procesos constructivos mencionados anteriormente, no son una secuencia rígida de las actividades realizadas durante la ejecución de la obra, por lo que no se debería tomar como una metodología. Sin embargo, se intenta dar una idea general de las actividades constructivas más importantes que intervienen en el proyecto aeroportuario mediante la descripción general de los elementos que aparecen con frecuencia en la construcción de cualquier aeropuerto. Cada elemento del aeropuerto, deberá seguir un programa de construcción detallando y describiendo lo siguiente: las actividades a realizar, los recursos tanto humanos como económicos, programa y calendario de obra, ruta crítica, control de calidad de los materiales, etc.

Cabe recordar que en México los procesos descritos deberán cumplir con las Especificaciones Generales y Técnicas de Construcción de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT), así como las Especificaciones particulares que dictamine Aeropuertos y Servicios Auxiliares (ASA). De igual forma deberán satisfacer las normas y reglamentos de construcción vigentes que operen en la localidad, estado y/o en el país.

CAPITULO VI

POSIBILIDADES DE FINANCIAMIENTO

Se requiere un estudio de las repercusiones económicas y los beneficios que traerá el proyecto aeroportuario sobre la economía, ya que se busca el crecimiento del país. La buena preparación, investigación y presentación del estudio, puede facilitar la obtención del financiamiento o de mejores condiciones financieras. En cambio, la escasa o nula investigación de las repercusiones económicas pueden hacer más difícil la obtención de financiamiento, principalmente de fuentes de inversión extranjera como bancos o fondos de desarrollo.

Otro factor importante para obtener financiamiento, es la credibilidad de la información relativa a los pronósticos de demanda, ya que es determinante en el crecimiento de la actividad económica derivada del turismo o del aumento en las mercancías.

En conjunto, esto produce resultados positivos para las autoridades públicas, empresarios e inversionistas, lo cual induce inversiones adicionales en el proyecto aeroportuario.

Una vez que se ha decidido llevar a cabo el proyecto aeroportuario, es preciso elaborar un plan financiero que contenga la siguiente información:

- A. Estimaciones de los costos de construcción de cada elemento que integra el aeropuerto.
- B. Los fondos requeridos en las diferentes etapas del proyecto.
- C. Los ingresos captados por el aeropuerto en su operación.
- D. La forma y tipo de moneda para pagar la deuda.
- E. Las posibles fuentes de financiamiento:
 - Fondos generados por las operaciones del mismo aeropuerto.
 - Otras fuentes como tasas de interés, amortizaciones, etc.

Un factor de suma importancia para decidir la realización de la inversión en el proyecto aeroportuario, es la obtención de financiamiento en moneda extranjera y la medida en que los pagos pueden realizarse en moneda nacional. Cuando sea necesario sufragar los pagos en moneda extranjera, es necesario desde un principio prever la obtención de divisas. Generalmente se trata de negociar los préstamos de fuentes extranjeras a base de crédito a largo plazo y así reducir las dificultades relativas a las divisas.

Los costos que normalmente se liquidan en moneda nacional, son los siguientes:

- ① Obras de construcción y contratos nacionales.
- ② Adquisición de los terrenos.
- ③ Sueldos y salarios.
- ④ Materiales y equipos nacionales.
- ⑤ Intereses derivados por préstamos nacionales.
- ⑥ Impuestos.

Los costos que se deben liquidar ya sea parcial o totalmente en moneda extranjera, son los siguientes:

- ① Empresas y contratistas extranjeros.
- ② Equipo, materiales y suministros de procedencia extranjera.
- ③ Intereses derivados por préstamos extranjeros.

La capacidad del aeropuerto depende en gran medida de la disponibilidad del aeropuerto para producir ingresos para hacer frente a la deuda por concepto de préstamos. Cabe recordar, que la mayoría de los aeropuertos no recuperan sus costos totales y los que operan a bajos volúmenes de tráfico, tienen pocas posibilidades de hacerlo en un plazo relativamente corto. Debido a esto, la obtención de fondos para cumplir con las obligaciones derivadas de los préstamos corresponde normalmente al gobierno. Se busca crear aeropuertos que sean capaces de generar los ingresos necesarios que proporcionen los fondos para cubrir los intereses y para reembolsar los préstamos obtenidos, con el objeto de financiar las futuras ampliaciones de la infraestructura aeroportuaria.

Durante la etapa de planificación, se deberán estudiar las posibles fuentes de financiamiento para el proyecto aeroportuario, con el fin de contar desde un principio con el financiamiento necesario, ya que estas gestiones toman normalmente tiempos prolongados.

Las fuentes más comunes de financiamiento, son las gubernamentales que a su vez pueden ser obtenidos a través de instituciones financieras pertenecientes al gobierno. También pueden participar gobiernos o instituciones extranjeras.

Fuentes Nacionales.

Los costos que deban ser desembolsados en moneda nacional, pueden ser financiados por fondos del propio Estado. Estas fuentes pueden ser por medio de bancos, instituciones financieras, créditos concedidos por los propios contratistas y otras firmas interesadas en el proyecto. Los fondos gubernamentales destinados para el transporte aéreo, constituyen una fuente importante para

financiarse. Es aquí donde se requiere el estudio y evaluación de los beneficios que traerá el proyecto y las repercusiones económicas mencionadas anteriormente.

Cuando un aeropuerto solicita préstamos internos -directamente a los bancos u otras instituciones financieras nacionales- es indispensable presentar los estudios correspondientes que avalen su amortización. Es decir, se requerirán los pronósticos sobre sus futuros costos e ingresos de explotación y operación, que sirvan para evaluar su capacidad de reembolsar esos préstamos. Cuando se justifique esa capacidad de pago, la financiación comercial se obtendrá probablemente con el respaldo de algún compromiso basado en los futuros ingresos del aeropuerto; de lo contrario, el préstamo se obtendrá únicamente si el reembolso está respaldado por el gobierno.

Fuentes Extranjeras.

Los costos que deban sufragarse en moneda extranjera constituyen una imposición a las reservas estatales de divisas, por esto, su financiación se hace por medio de las autoridades fiscales correspondientes y con su aprobación.

El saldo favorable de divisas, ayuda a obtener la financiación de las fuentes nacionales mencionadas anteriormente. Sin embargo, es posible que sea necesario recurrir a fuentes extranjeras.

En la mayoría de los Estados, las fuentes de financiamiento extranjeras son administradas por instituciones gubernamentales. Estas fuentes extranjeras gubernamentales pueden ser: instituciones bilaterales, bancos de desarrollo, etc. Las fuentes comerciales extranjeras, bancos comerciales, contratistas y proveedores constituyen otra fuente de financiación extranjera.

Instituciones bilaterales.

En algunos casos puede conseguirse financiamiento de gobiernos extranjeros, a base de préstamos negociados directamente con el país receptor. El desarrollo de la infraestructura aeroportuaria y los beneficios en la economía nacional, pueden contribuir a la

asistencia internacional por varias razones, entre ellas, el deseo de promover las relaciones comerciales y culturales entre ambos países, el deseo de exportar tecnología, etc.

En países en vías de desarrollo, se puede conseguir la asistencia extranjera por medio de programas de ayuda que algunos países¹⁵ implantan para promover el desarrollo económico y social en distintos lugares del mundo. Estos programas incluyen la asistencia de préstamos en condiciones preferenciales, con provisión directa de suministros, equipo y tecnología.

En los proyectos que no puedan recibir ayuda de fuentes como éstas, se puede obtener financiación extranjera por medio de otros organismos internacionales¹⁶ destinados a fomentar la exportación.

¹⁵ *Alemania.* Ministerio de cooperación económica -Bonn Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW) -Frankfort; Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) - Frankfort.

Bélgica. Administration Générale de la Coopération au Développement - Bruselas

Canadá. Canadian International Development Agency (CIDA) - Ottawa

Checoslovaquia. Ministerio de relaciones exteriores - Praga

Dinamarca. Organismo Danés de Desarrollo Internacional (DANIDA) - Copenhague

España. Cooperación Internacional - Madrid

Estados Unidos. U.S. Agency for International Development (USAID) - Washington, D.C.

Francia. Caisse Centrale de Coopération Économique (CCCE) - Paris

Italia. Departamento de cooperación - Roma

Japón. Fondo de cooperación económica con Ultramar - Tokio

Noruega. Organismo Noruego de Desarrollo Internacional (NORAD) - Oslo

Países Bajos, Reino de los. Ministerio de Relaciones Exteriores - La Haya

Reino Unido. Overseas Development Administration (ODA) - Londres

Suecia. Organismo Sueco de Desarrollo Internacional (SIDA) - Estocolmo

Unión de Repúblicas Socialistas Soviéticas. Ministerio de Relaciones Económicas Exteriores - Moscú

¹⁶ Export Development Corporation de Canadá.
Los bancos de Exportación-Importación de Estados Unidos y Japón.
COFACE de Francia.
HERMES de Alemania y el
Export Credits Guarantee Department del Reino Unido

Esta ayuda puede ser desde préstamos directos del propio organismo, garantías sobre préstamos privados y seguros sobre el riesgo que corren las entidades nacionales al facilitar productos y servicios a crédito.

Bancos y fondos para el desarrollo.

Probablemente la más importante fuente de financiamiento extranjero en los países en vías de desarrollo, sean las instituciones internacionales establecidas para financiar proyectos promoviendo así el desarrollo económico nacional. Sin embargo cabe señalar que la asistencia de proyectos comprenden una amplia gama de actividades económicas, de las cuales los aeropuertos sólo forman una parte. Entre las principales instituciones de éstas actividades están entre otras, el Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento y sus afiliadas -la Asociación Internacional de Fomento y la Corporación Financiera Internacional- y varios bancos y fondos de desarrollo regional¹⁷.

¹⁷ Comisión de las Comunidades Europeas para el Fondo Europeo de Desarrollo. Bruselas, Bélgica.
Fondo para el desarrollo internacional de la Organización de países exportadores de petróleo (OPEP). Viena, Austria.
Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento (BIRF). Washington, D.C.
Banco Africano de Desarrollo. Abidjan, Côte d'Ivoire.
Banco Asiático de Desarrollo. Manila, Filipinas.
Banco de Desarrollo del Caribe. Bridgetown, Barbados.
Banco Interamericano de Desarrollo. Washington, D.C., Estados Unidos.
Banco árabe para el desarrollo económico de Africa (BADEA). Jartún, Sudán.
Banco islámico de desarrollo (IDB). Jeddah, Arabia Saudita.
Fondo de Abu Dhabi para el desarrollo económico árabe. Abu Dhabi, Emiratos Árabes Unidos.
Fondo Kuwaiti para el desarrollo árabe Kuwaiti.
Fondo árabe de desarrollo económico y social. Kuwaiti.

Para obtener el financiamiento de las instituciones mencionadas, es necesaria la intervención del gobierno del país en el que el proyecto se llevará a cabo por dos razones: La primera, es que todo préstamo extranjero se concede al gobierno u otra institución gubernamental, o bien, a una institución privada con el apoyo gubernamental; segundo, comprobar que el proyecto beneficia el desarrollo económico del país.

Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo.

Este programa (PNUD) es una opción para los países en desarrollo para financiar los costos del proyecto aeroportuario. Los estudios especializados para la planificación y ejecución del proyecto aeroportuario, así como el estudio económico de relación costo-beneficio, durante la preparación del proyecto y en la etapa misma de construcción, pueden solicitarse por medio del programa de asistencia técnica del país financiado por el PNUD. De igual forma se pueden obtener créditos para la obtención de ciertos equipos necesarios para el aeropuerto. Cabe recordar, que la función principal del PNUD es proporcionar los servicios de expertos, pero no los fondos necesarios para financiar la construcción o ampliación de aeropuertos.

Cabe mencionar que este tipo de ayuda se ha visto reducida debido a las nuevas políticas y programas de las Naciones Unidas en las que procuran destinar los fondos para obras de beneficencia social.

Fuentes comerciales.

En la contratación de proveedores extranjeros, suele exigirse como parte de su oferta, los arreglos crediticios que están dispuestos a ofrecer bajo las condiciones más favorables de financiamiento. Con esto, se logra separar los costos derivados por contratos y acuerdos directos de proveedores extranjeros o nacionales de los costos de financiamiento derivados por otras fuentes.

Pueden consultarse directamente fuentes comerciales de crédito como son los bancos, instituciones financieras y otras firmas inversionistas, que operan en el sector privado del país del contratista que proporciona los servicios, suministros o equipos para el proyecto aeroportuario. Sin embargo, los costos de financiamiento obtenidos de esta forma, suelen ser más altos que los obtenidos por medio de las fuentes públicas mencionadas anteriormente.

Bonos.

La emisión de bonos, es un método de financiamiento para proyectos aeroportuarios que principalmente ha utilizado los Estados Unidos, donde se utilizan para cubrir aproximadamente dos tercios del financiamiento necesario, el resto lo cubre las fuentes federales. Es posible que este modelo de financiación despierte mayor interés ante la perspectiva de que aumente el número de aeropuertos autosuficientes.

Los bonos se dividen en dos grupos:

- Obligaciones generales, cuya garantía es la autoridad tributaria y el crédito total que ofrece el gobierno emisor.
- Obligaciones pagaderas con los ingresos, garantizadas por los ingresos que producirán los derechos de impuestos a los usuarios, derechos por concesiones, arrendamiento de instalaciones y servicios, etc.

En los bonos garantizados por ingresos, los intereses son más elevados ya que no tienen un respaldo tan sólido como el generado por los ingresos fiscales.

La emisión de bonos deberá emprenderse con la participación de expertos financieros, ya que es necesario contar con conocimientos del mercado para tomar decisiones importantes y suelen entrar en juego cifras elevadas en la emisión de bonos aumentando el riesgo de inversión.

Capital accionario.

La privatización con respecto al financiamiento de las inversiones, puede ser una opción en los casos en que el Estado asigne al aeropuerto la responsabilidad de administrar y disponer los recursos financieros necesarios.

Los aeropuertos son, por regla general, propiedad del Estado, exceptuando los casos de aeropuertos pequeños que pueden ser de propiedad privada. En algunos Estados se ha privatizado la administración aeroportuaria y en otros se han iniciado planes para que la empresa privada participe en los aeropuertos de manera total o parcial, en contratos de arrendamiento o propiedad de partes del aeropuerto como lo pueden ser los edificios de pasajeros y de carga. Cuando una empresa privada participa de manera parcial en la propiedad o arrendamiento de algún elemento del aeropuerto, entonces se refiere al concesionamiento.

La privatización puede ofrecer algunas ventajas: El de exentar a los gobiernos de una inversión de capital importante dando a la administración aeroportuaria el mercado libre para que mejore, amplíe o renueve aeropuertos; puede evitar la incertidumbre de las autoridades aeroportuarias respecto a las inversiones que dependen de las condiciones económicas de un país; puede ofrecer ventajas en cuanto a simplificación administrativa.

La privatización requiere de un estudio detallado, ya que un aeropuerto es un monopolio del cual dependen los usuarios (líneas aéreas, proveedores, etc.). Por lo tanto, se requiere que cumpla con ciertas garantías para proceder a su privatización, tales como son la libertad de acceso, la no discriminación entre categorías de usuarios y la conformidad con los acuerdos y obligaciones internacionales. Además, el aeropuerto deberá cumplir con las normas y convenios emitidos por la OACI, así como los reglamentos emitidos por la dependencia encargada del transporte aéreo del país. Al establecer este sistema normativo, debe lograrse un equilibrio entre las necesidades del Estado, las de los usuarios y las de los accionistas.

Debido al monopolio existente en los aeropuertos, debe existir una constante inspección de la contabilidad de la empresa por parte del gobierno, evitando así los posibles abusos.

Cuando se concede una parte del aeropuerto (como puede ser el edificio de pasajeros), dejando el resto de la propiedad pública, se deberá garantizar que el elemento concesionado contribuya a sufragar los costos generados por la explotación del resto del aeropuerto. Por ejemplo, mediante el pago de importantes derechos de concesión o arrendamiento.

Arrendamiento.

El arrendamiento entra en juego cuando se requiera equipo o maquinaria y no se desee hacer un gasto fuerte. Así el aeropuerto se beneficiaría al poder utilizar los artículos arrendados al mismo tiempo que puede dejar de arrendarlos cuando éstos no se encuentren en óptimas condiciones o cuando ya no se requiera su utilización.

Las desventajas que enfrenta el arrendamiento, es que el aeropuerto no tiene el derecho de propiedad de ese bien, por lo que podría ser importante para tratar de obtener fondos para financiar otros proyectos de inversión aeroportuaria y determinar los bienes que pueden utilizarse como garantía. Además, a la larga el arrendamiento suele ser más caro para el arrendatario. Sin embargo, pueden haber ciertos factores compensatorios; por ejemplo, si los artículos arrendados son renovados frecuentemente pueden reducirse los gastos de mantenimiento a que deba enfrentarse el aeropuerto.

El desarrollo de un aeropuerto requiere de grandes inversiones de capital debido a la magnitud del proyecto. Por lo tanto, es indispensable elaborar un plan económico y financiero que se apegue en mayor medida a las necesidades y posibilidades del Estado. Es por esto, que se requiere un estudio de las diferentes opciones para su financiamiento que no signifiquen una carga para el gobierno sino que favorezca el crecimiento y desarrollo económico del Estado.

CAPITULO VII

DETERMINACIÓN FINAL DE LA PRIMERA ETAPA

Una vez descritas las etapas de desarrollo en el plan maestro, en el cual se analizan las necesidades de crecimiento del aeropuerto, es necesario determinar la dimensión y distribución de las instalaciones y elementos que el aeropuerto tendrá en su primera etapa de construcción. Esta determinación de las dimensiones, dependerá directamente de los resultados arrojados por los estudios en materia de pronósticos de la demanda a la que atenderá el aeropuerto en el corto plazo. Por lo tanto, la capacidad con la que deberá contar el aeropuerto para su primera etapa está en función de la demanda esperada hasta el horizonte de planeación estimado para el corto plazo o inmediato.

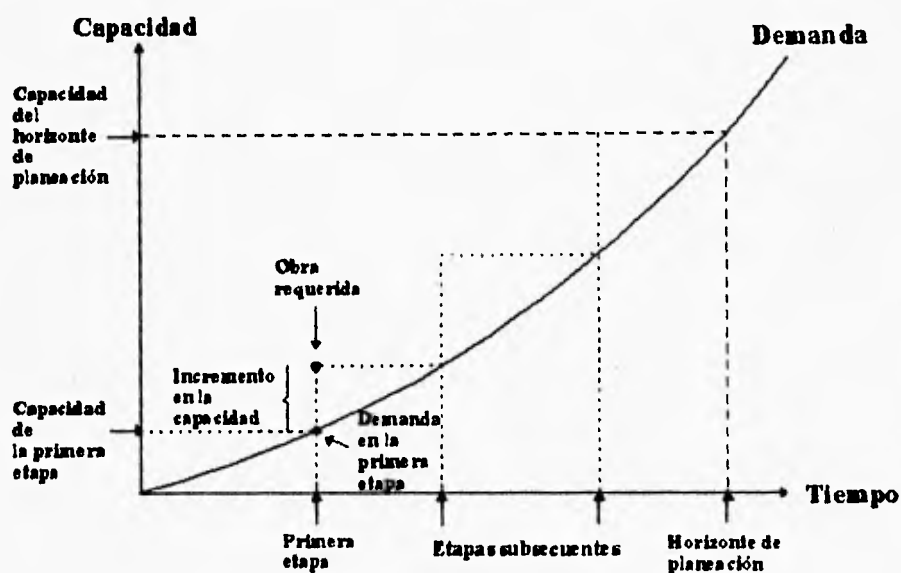
En la determinación de la primera etapa, se describirán las características físicas y operacionales de cada sistema, así como la capacidad que tendrá el aeropuerto para atender la demanda esperada.

Un factor importante para determinar cualquier etapa en el desarrollo del aeropuerto, es el económico. Se deberá contar con los recursos monetarios necesarios que permitan la realización de cada uno de los sistemas que componen al aeropuerto. Es decir, que si los recursos económicos son escasos, habrá un decremento en la capacidad de las instalaciones y por tanto, una disminución en el nivel de servicio.

Se deberá buscar la determinación de la primera etapa en la que se pueda satisfacer la demanda pronosticada para el corto plazo, evitando en mayor medida que las instalaciones queden sobradas en cuanto a capacidad, ya que implicaría un gasto inicial innecesario. Es por esto, que se busca un equilibrio en cuanto a capacidad-demanda-tiempo, por lo que se debería ir realizando inversiones sucesivas en función a la demanda presentada al final de cada etapa de desarrollo.

De acuerdo a lo anterior, se pueden presentar las siguientes opciones para un aeropuerto:

A.-



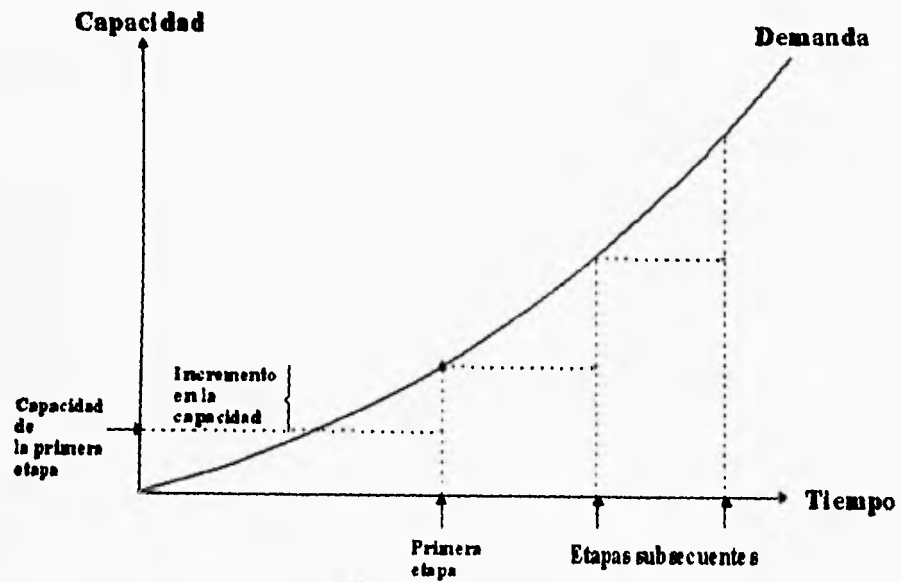
En este modelo, la capacidad del aeropuerto está por encima de la demanda. Cuando la capacidad del aeropuerto llega a su máximo, es decir, la demanda iguala la capacidad, ya se habrán realizado las ampliaciones necesarias para satisfacer la demanda esperada para el siguiente período de tiempo.

Este tipo de aeropuertos son muy eficientes, ya que satisfacen la demanda en cualquier punto. El inconveniente se presenta cuando tenemos muy sobrada la capacidad de las instalaciones o muy largo el período de saturación, lo que significa que se hicieron gastos iniciales innecesarios.

B.-

La siguiente condición, indica que la demanda siempre será mayor que la capacidad del aeropuerto por lo que todo el tiempo estará saturado. Las etapas posteriores se realizarán hasta el nivel de demanda que presente el aeropuerto.

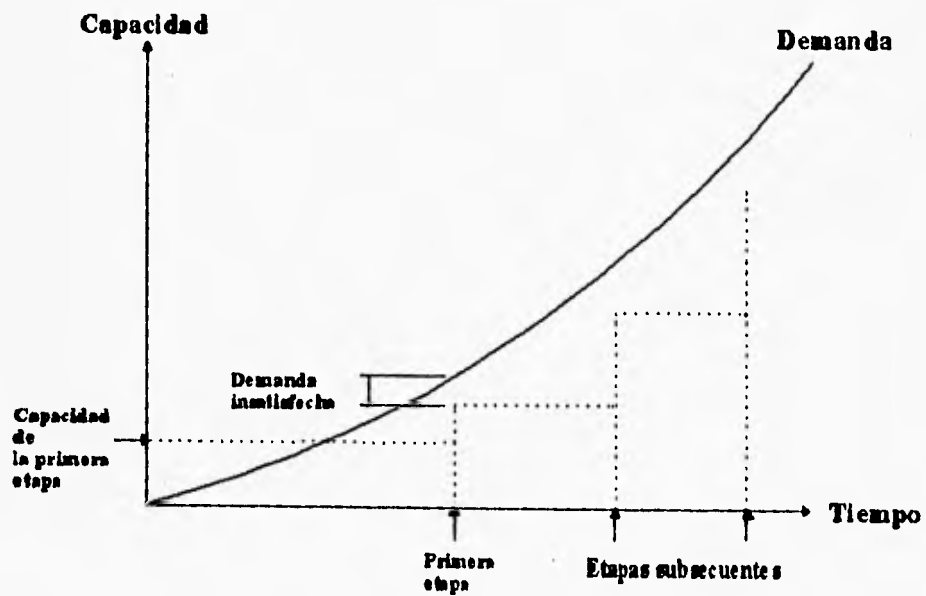
Este tipo de aeropuerto, al trabajar la mayoría del tiempo a su máxima capacidad son menos eficientes y presentan algunos inconvenientes y molestias al usuario.



C.-

La siguiente opción, indica que la capacidad del aeropuerto siempre estará por abajo de la demanda esperada. Esto significa que no se podrá satisfacer el total de la demanda.

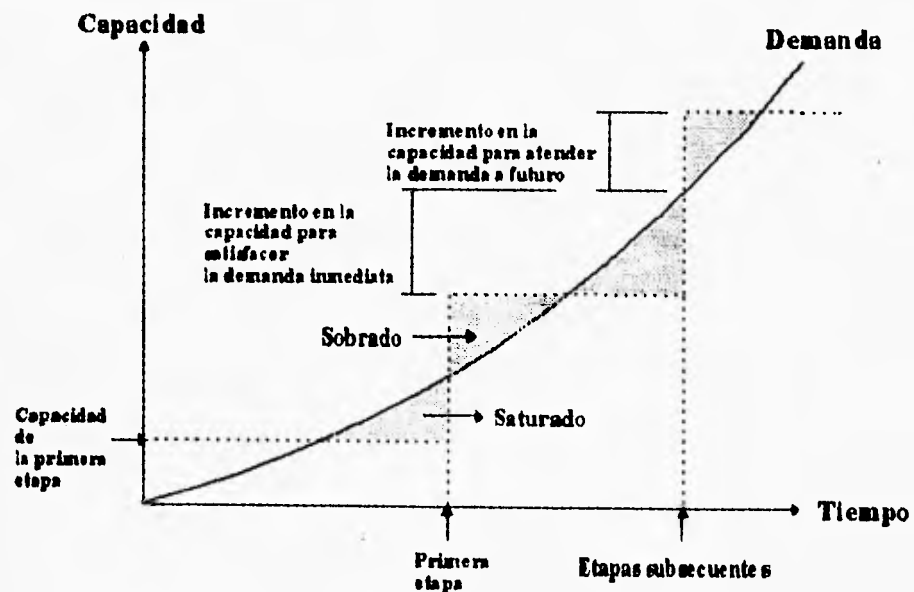
Este tipo de aeropuertos son completamente ineficientes y se presentan generalmente en condiciones de muy escasos recursos debido a procesos de planeación inadecuados e inoportunos.



D.-

La siguiente posibilidad nos indica un equilibrio, ya que parte del tiempo la capacidad del aeropuerto satisface la demanda y la otra parte del tiempo la demanda es mayor que la capacidad; es decir, que la mitad del tiempo el aeropuerto está sobrado y la otra mitad está saturado.

Este tipo de aeropuerto aunque lo parezca en primera instancia, no es el óptimo ya que parte del tiempo no se puede satisfacer la demanda por lo que lo hace menos eficiente.



Un buen proceso de planeación desde la etapa inicial, contribuye a eficientar la operación del aeropuerto y optimizar sus recursos. Sin embargo, se pueden presentar cualquiera de las opciones mencionadas debido principalmente, a la escasez de recursos destinados a la planeación del proyecto y al poco seguimiento de sus planes de desarrollo.

Es importante llevar un seguimiento conforme a los planes para las etapas subsecuentes y prever los fondos destinados para su desarrollo, ya que de nada serviría proyectar y realizar la primera etapa sin un seguimiento lógico y ordenado del crecimiento del aeropuerto.

En la determinación de la primera etapa, es necesario conjuntar toda la información y estudios realizados para dar forma a los elementos e instalaciones que conforman el aeropuerto. El equipo planificador y el de construcción deberán trabajar en coordinación para realizar la obra conforme al plan establecido.

CAPITULO VIII

CONCLUSIONES

La idea principal de este trabajo, es la de presentar de manera general los pasos y procedimientos para elaborar la planificación en relación directa con la construcción de un aeropuerto. Se tratan de presentar los factores de mayor relevancia que intervienen durante las etapas de planificación y construcción de un proyecto aeroportuario. La secuencia presentada, no se debería tomar como un plan rígido de procedimientos debido a que cada proyecto presentará particularidades durante su elaboración y ejecución.

Este documento trata de orientar y ayudar a las autoridades aeroportuarias en la elaboración de planes generales para la ampliación de aeropuertos actuales y la construcción de nuevos aeropuertos. En él, se describen los sistemas que componen un aeropuerto y la importancia que presenta su planificación como conjunto de sistemas.

La planificación de aeropuertos, es una tarea muy complicada debido a la diversidad de instalaciones y servicios que lo integran para lograr un eficiente y seguro movimiento de aeronaves, pasajeros y mercancías. Debido a esto, surge la necesidad de realizar un documento que integre los conceptos generales que intervienen en la elaboración de un proyecto aeroportuario desde su planificación hasta su construcción.

El buen funcionamiento de un aeropuerto depende de la interacción que realicen muchas de estas instalaciones, por tanto, se debe realizar su planeación como elementos interdependientes y no como elementos por separado.

El plan general debido a su naturaleza teórica, deberá ser flexible para poderse adaptar a las distintas situaciones que se puedan presentar en la realidad. Por ejemplo, las instalaciones que integran al aeropuerto deberán aceptar modificaciones originadas por las innovaciones tecnológicas o por el incremento en la demanda.

El transporte terrestre predomina actualmente como sistema de transporte, aunque cada vez existe un incremento en la demanda del transporte aéreo sobre todo en distancias mayores a los quinientos kilómetros dependiendo del sistema carretero. Esto indica un acelerado crecimiento para el transporte aéreo, lo que origina la construcción de nuevos aeropuertos o la ampliación de algunos existentes y así poder atender la demanda actual. De ahí la importancia para la buena proyección y ejecución de las obras aeroportuarias.

El emplazamiento de un nuevo aeropuerto, puede dar origen a la creación de nuevos beneficios e intereses en la región. Esto da como resultado un desarrollo económico, político y social del Estado que son aspectos positivos en la economía de cualquier país.

El proyecto aeroportuario, deberá estar proyectado de tal manera que sea autosuficiente, es decir, que mantenga una administración y operación sanas que permitan sufragar sus costos de operación y mantenimiento así como los fondos destinados a futuras ampliaciones y remodelaciones. El proyecto no deberá representar una carga para el organismo encargado del transporte en el país ni para los usuarios.

La veracidad en el estudio de los datos estadísticos y de pronósticos, son de vital importancia para la realización del

proyecto aeroportuario. En ellos se apoya para determinar el tamaño y distribución del aeropuerto, el crecimiento que tendrá en las siguientes etapas y para facilitar el posible financiamiento para el aeropuerto.

Debería existir un plan detallado para cada uno de los sistemas que componen al aeropuerto. En el presente documento se mencionan los aspectos más importantes que intervienen para su planificación pero no se ahonda en las especificaciones técnicas ya que saldría de los objetivos de este trabajo. Sin embargo, se citan los documentos, normas y reglamentos vigentes que actúan en la planificación mundial y nacional.

Actualmente uno de los estudios de mayor importancia a nivel mundial es el estudio del impacto ambiental. Este puede ser decisivo para la realización del proyecto aeroportuario. El estudio de impacto ambiental deberá cumplir con todas las normas y especificaciones que justifiquen la realización del proyecto. Se deberán detallar los daños ocasionados por las obras, así como sus formas de mitigación. Además, el proyecto deberá ser aprobado por el organismo encargado de la ecología en el país.

Es importante señalar la importancia que debe existir en una buena coordinación entre el equipo planificador y el de construcción. Durante la etapa de construcción, deberá haber una comunicación y supervisión directa del equipo planificador cumpliendo con los planes establecidos, evitando así la realización de obras innecesarias o la construcción de obras que impidan o limiten las futuras ampliaciones o remodelaciones afectando la operación y por tanto la eficiencia del aeropuerto.

Dentro del equipo planificador, intervienen bastantes especialistas para la realización del proyecto como son: Geólogos, topógrafos, biólogos, estructuristas, constructores, hidráulicos, técnicos, asesores especialistas, etc. Por tanto, para garantizar una buena planificación es necesario integrar y coordinar el equipo de especialistas para lograr un plan que se apegue en lo mayor posible a la realidad y que además tome en cuenta todos los conceptos que intervienen en la planificación y así lograr la realización del proyecto aeroportuario.

BIBLIOGRAFÍA**PLANNING AND DESIGN OF AIRPORTS.**

Robert Horonjeff, Francis X. Mc Kelvey.
Tercera Edición. Ed Mc Graw Hill.

AIRPORT ENGINEERING.

Ashford, Wright.
Tercera Edición. Ed A. Wiley-interscience.

MANUAL DE PLANIFICACIÓN DE AEROPUERTOS.

Parte 1. Planificación general.
Segunda Edición. 1987. OACI.

AIRPORT PLANNING AND MANAGMENT.

Alexander T. Wells.
Segunda Edición. Mc Graw Hill.

AIRPORT SYSTEMS PLANNING.

Richard de Neufville.
Primera Edición. The Mc Millan Press LTD.

MANUAL DE PLANIFICACIÓN DE AEROPUERTOS.

Parte 2. Utilización del terreno y control del medio ambiente.
OACI.

NORMAS Y MÉTODOS RECOMENDADOS INTERNACIONALES.

Volumen I: Aeródromos. Anexo 14.
OACI.

MANUAL DE SERVICIOS DE AEROPUERTOS.

Parte 9. Métodos de mantenimiento de aeropuertos.
OACI.

BOLETÍN TÉCNICO OBLIGATORIO.

Coordinación de trabajos de construcción y mantenimiento en aeropuertos.
SCT/DGAC. 1989.

PROYECTO DE NORMA OFICIAL MEXICANA.

Procedimientos y requisitos para permisos de construcción y operación de aeródromos civiles.
SCT/DGAC.

MANUAL SOBRE LOS ASPECTOS ECONÓMICOS DE LOS AEROPUERTOS.

Primera Edición. 1991.
OACI.

APUNTES DE LA CLASE DE AEROPUERTOS.

Ing. Federico Dovalí Ramos.
UNAM. Facultad de Ingeniería.

PLAN MAESTRO AEROPUERTO INTERNACIONAL. ACAPULCO, GRO.

ASA. 1992.

AEROPUERTO INTERNACIONAL DE MONTERREY, N.L.

Plan de desarrollo a mediano plazo.
ASA. 1985.

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL DEL AEROPUERTO INTERNACIONAL DE TOLUCA, DENTRO DEL MARCO DEL SISTEMA AEROPORTUARIO METROPOLITANO.

Informe final. Diciembre 1990.
SCT/ASA.

CONCEPCIÓN DEL PLAN MAESTRO.

Bernal, Camacho, Kaldman.
Tesis UNAM. 1981. F.I.

PROCESO CONSTRUCTIVO DE UN AEROPUERTO.

José Jesús Zúñiga Razo.

Tesis UNAM. 1992. F.I.