



Universidad Nacional Autónoma de México

FACULTAD DE INGENIERIA

ANALISIS DE LOS SISTEMAS DE UN AEROPUERTO Para el proyecto

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO CIVIL

PRESENTA: Jorge Luis Grajales Escarpulli





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 se Mésico

Al Pasante señor JORGE LUIS GRAJALES ESCARPULLI,

En atención a su solicitud relativa, me es grato transcribir a usted a con tinuación el tema que aprobado por esta Dirección propuso el Profesor -- lug. Federico Dovalf, para que lo desarrolle como tesis en su Examen -- Profesional de Ingeniero CIVIL.

"ANALISIS DE LOS SISTEMAS DE UN AEROPUERTO PARA EL PROYECTO"

- 1. Concepción de los sistemas del aeropuerto
- 2. Características de cada sistema
- 3. Integración de los sistemas
- 4. Conclusiones

Ruego a usted se sirva tomar debida nota de que en cumplimiento de lo específicado por la Ley de Profesiones, deberá prestar Servicio Social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito indispensable pa
ra sustentar Examen Profesional; así como de la disposición de la Direc
ción General de Servicios Escolares en el sentido de que se imprima en
lugar visible de los ejemplares de la tesis, el título del trabajo realizado.

Atantamente

"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
Cd. Universitaria, a 25 de julio de 1978

EL DIBECTOR

ING. JAVIER JIMENEZ ESPRIU

JJE/OHTH/ser

"ANALISIS DE LOS SISTEMAS DE UN AEROPUERTO PARA EL PROYECTO"

I CONCEPC	TION DE LOS SISTEMAS DEL AEROPUERTO	
1.1	INTRODUCCION	2
1.2	LIGA ENTRE DOS MEDIOS	
	DE TRANSPORTE	5
1.3	SISTEMAS DEL AEROPUERTO	8
IICARACTERISTICAS DE CADA SISTEMA		
2.1	ESPACIOS AEREOS	17
2.2	PISTAS, CALLES DE RODAJE	-
	Y PLATAFORMAS	78
2.3	ZONA TERMINAL	165
2.4	VIAS DE ACCESO	205
2.5	ZONA DE COMBUSTIBLES	220
2.6	ZONA INDUSTRIAL	233
IIIINTEGRACION DE LOS SISTEMAS		
3.1	PLAN MAESTRO Y PLANO REGULADOR	245
3.2	ESTUDIO DE LA DEMANDA	249
3.3	EVALUACION DE LA CAPACIDAD	257
3.4	BALANCEO DE CAPACIDADES CONTRA	
	DEMANDAS	266
3.5	ANALISIS DE LA FLEXIBILIDAD DE	
	LA EXPANSION	270
3.6	ANALISIS ECONOMICO DE SOLUCIONES	274
IV CONCLUSIONES		276

CAPITULO I

CONCEPCION DE LOS SISTEMAS DEL AEROPUERTO

- 1.1 INTRODUCCION
- 1.2 LIGA ENTRE DOS MEDIOS DE TRANSPORTE
- 1.3 SISTEMAS DEL AEROPUERTO
 - 1.3.1 ESPACIOS AEREOS
 - 1.3.2 PISTAS, CALLES DE RODAJE
 Y PLATAFORMAS
 - 1.3.3 ZONA TERMINAL
 - 1.3.4 VIAS DE ACCESO
 - 1.3.5 ZONA DE COMBUSTIBLES
 - 1.3.6 ZONA INDUSTRIAL

1.- CONCEPCION DE LOS SISTEMAS DEL AEROPUERTO

1.1 INTRODUCCION

Volar ha sido un sueño ancestral del hombre que fue realizándose lentamente hasta el siglo XX, en el cual el desarrollo vertiginoso de la ciencia y la tecnología permitió al hombre tener un vehículo con el que pudiera emular a las aves. Tuvo que ser a través de un vehículo ya que el hombre por sí solo no puede desarrollar sustentación como lo pensaron gran número de pioneros.

Volar era un auténtico desafío para la condición h \underline{u} mana y no pocos respondieron a ese desafío, entre ellos uno de los grandes genios del renacimiento Leonardo De -- Vinci, que inspirándose en los pájaros diseñó diversos ar tefactos que constituyeron los antecedentes primarios de

inventos aeronáuticos, a los que siguieron los de Guiodotti Baqueville y otros. Todos estos inventos fueron fracasos ya que las bases de la aerodinámica se establecieron hasta --- 1799 por el británico George Cayley.

Los planteamientos de Cayley aunados a la invención - del motor de gasolina permitieron a los hermanos Orville y Wilbur Wright realizar su histórico vuelo en 1903, en una - acronave que fue la primera en reunir ciertos elementos esenciales: sustentación, propulsión, controles y fuselaje.

A pesar del relativo éxito de los Wright, la avia--ción no era concebida como un sistema de transporte, sino
como una aventura o un deporte de elevado costo.

La aplicación militar de las aeronaves le dió otrogran impulso a la tecnología aeronáutica; así en la primera guerra mundial se tienen grandes producciones de aviones con los que se realizaron legendarias hazañas.

Al finalizar este gran conflicto bélico se tenía una considerable existencia de elementos materiales y humanos sin utilidad práctica; esta circunstancia permitiría el nacimiento de la aviación comercial.

Las primeras rutas son establecidas en Europa, una -

de éstas se efectuó entre Londres y París en 1919. Posteriormente se iniciaron los vuelos directos sobre el Atlán tico del Norte en grandes hidroaviones que sobrevolaron el mar a partir de 1939; este tipo de aviones contaba con motores de hélice que usaron también aeronaves como el DC-3, DC-4 y el "Constellation" de gran éxito en la aviación comercial.

Hacia 1950 se inicia la era del "Jet" con motores a reacción, como el avión británico "Comet" y los exitosos - Boeing 707 y DC-8, que siguieron mejorándose hasta llegar a los Jumbo como el Boeing 747 y el DC-10.

El crecimiento tan vertiginoso de la tecnología aero náutica materializado en aviones cada vez más grandes y veloces, exige también de un crecimiento de las instalaciones en las cuales operan,o sea de un crecimiento de los --aeropuertos.

En la actualidad los aeropuertos y las aeronaves son elementos que integran un complejo sistema de transporte, que acerca los puntos sobre la tierra cada vez más en el tiempo y en el espacio.

El sistema aeroportuario está constituido de manera más amplia por tres elementos; superestructura, estructura e infraestructura.

La superestructura está integrada por personas y/o mercancías que son transportadas en el sistema.

El transporte aéreo tiene como vehículo la aeronave o avión que se define como la estructura del sistema; que para su operación requiere de una infraestructura constituida por los AEROPUERTOS.

1.2 LIGA ENTRE DOS MEDIOS DE TRANSPORTE

Un aeropuerto debe concebirse como el eslabón fundamental entre el transporte aéreo y el transporte terrestre
por lo que este sitio será integrado por una componente -aérea, una componente terrestre y un elemento de interrelación que sería la zona terminal. (figura 1.1).

Esta concepción del aeropuerto es necesaria ya que - cada medio de transporte tiene actividades muy específicas y requieren de instalaciones igualmente particulares.

En la componente aérea se requiere de espacios donde efectuar los movimientos de los aviones, en tierra y aire; así como las instalaciones necesarias para realizar dichos movimientos.

COMPONENTES DEL AEROPUERTO

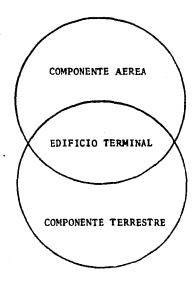


FIGURA 1.1

La componente terrestre está integrada por instala-ciones que permiten el arribo de personas y mercancías que
transiten por el aeropuerto para diversos fines.

Ambas componentes deben coordinarse para prestar servicios a los aviones, a la tripulación, a los pasajeros, a las mercancías y otros.

Los servicios proporcionados directamente al avión in cluyen revisiones prevuelo, mantenimiento periódico, abaste cimiento de combustible y otros. En cuanto a los servicios prestados a las tripulaciones pueden diferenciarse tres niveles: servicio de despacho, servicio de control de tránsito aéreo y servicio de ayudas técnicas.

El servicio de despacho es aquél prestado previamente a la realización del vuelo, con objeto de establecer el 11a mado plan de vuelo en base a información de meteorología, de rutas aéreas, de ayudas a la navegación, etc.

Los servicios de control de trânsito aéreo se realizan para asignar a cada aeronave un volumen ya sea en el es pacio del aeropuerto o en el que lo circunda, permitiendo así realizar adecuadamente las maniobras de despegue, vuelo en ruta, aproximación, aterrizaje, rodaje y estacionamiento.

El servicio de ayudas técnicas se realiza por medio - de instalaciones fijas que emplean señales radioeléctricas, que mejoran la operatividad del aeropuerto.

Los servicios prestados a los pasajeros son muy diver sos y se les proporcionan principalmente en el edificio ter minal.

1.3 SISTEMAS DEL AEROPUERTO.

El aeropuerto debe ser considerado para efectos de análisis como un conjunto de sistemas interdependientes, (figura 1.2).

Esta concepción del aeropuerto permite analizar independientemente cada uno de los sistemas, para posterior mente, en un proceso de síntesis integrarlos para lograr un tono armónico.

De ésta manera puede obtenerse la capacidad individual de servicio de cada sistema en función de la demanda para al efectuar la síntesis, definir la capacidad del --conjunto aeroportuario.

La interdependencia de los sistemas implica que la deficiencia de uno de ellos se traduce de un mal funcionamiento del conjunto.

Los sistemas que integran el conjunto aeroportuario son:

- 1.- ESPACIOS AEREOS
- 2.- PISTAS, CALLES DE RODAJE Y PLATAFORMAS
- 3.- ZONA TERMINAL
- 4.- VIAS DE ACCESO

CONCEPCION DE LOS SISTEMAS DEL AEROPUERTO

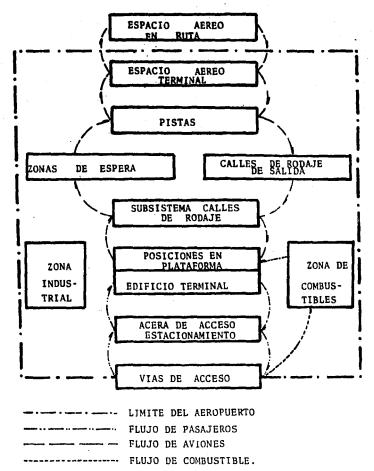


FIGURA 1.2

- 5.- ZONA DE COMBUSTIBLES
- 6.- ZONA INDUSTRIAL

A continuación se mencionan someramente las características de cada sistema.

1.3.1. ESPACIOS AEREOS.

En los primeros tiempos de la aviación el número de aviones en operación era tan pequeño que no tenían problemas para circular en el aire; a medida que crece la aviacción comercial se incrementa notablemente el número de aviones y operaciones, siendo cada vez mas problemático el tránsito aéreo, en la actualidad es necesario definir cual es el espacio aéreo en el que pueden circular los aviones.

El "Espacio Aéreo" de un aeropuerto es el volumen de atmósfera en el cual se pueden realizar los movimientos de las aeronaves y debe por lo tanto estar libre de obstáculos para que todas las maniobras se realicen con seguridad.

Además de los espacios aéreos en la cercanía del aeropuerto, deberá estar libre de obstáculos el espacio en donde el avión volará en ruta.

Agrupando los conceptos anteriores el espacio aéreo está compuesto de:

- a.- ZONAS DE APROXIMACION Y DESPEGUE
- b.- RUTAS Y AEROVIAS
- c.- PATRONES DE ESPERA
- d. ZONAS DE RESTRICCION

Para delimitar el espacio aéreo de un aeropuerto se emplean una serie de superficies limitadoras de obstáculos que son establecidas por especificaciones especiales.

1.3.2. PISTAS, CALLES DE RODAJE Y PLATAFORMAS.

Son superficies sobre las cuales se apoya el avión para hacer sus movimientos en tierra. El aspecto que las distingue unas de otras es el tipo de maniobra que se realiza en ellas.

Las pistas son superficies rectangulares que deben de ser de una orientación, una longitud, un ancho y un pavimento adecuados para permitir aterrizajes y despegues - de las aeronaves.

Las calles de rodaje son superficies destinadas al rodaje de aeronaves cuya función primordial es conectar a las pistas con las plataformas y hangares. La plataforma es una superficie sobre la que se apoyan las aeronaves para permitir el acceso o el abandono -del avión por los pasajeros, la carga y la descarga de e-quipajes, mercancías y correo, aprovisionamiento de combus tible, así como para los servicios de mantenimiento.

La plataforma deberá ser de tamaño tal, que puedan - efectuarse las maniobras de la aeronave y del equipo de -- rampa.

1.3.3. ZONA TERMINAL

Esta es la zona de enlace entre el aeródromo y o--tros sectores del aeropuerto. El aeródromo es la parte -del aeropuerto destinada al movimiento de aviones.

En la zona terminal es donde se efectúa el cambio - de medio de transporte y deberá incluir facilidades para pasar del edificio terminal al avión y viceversa; deberá incluir también áreas de recepción del pasajero y del -- equipaje, áreas de servicios al pasajero y a la tripulación, áreas de control gubernamental y de administración aeroportuaria.

1.3.4 VIAS DE ACCESO.

La tendencia en la planeación de aeropuertos favorrece que estos se construyan a una considerable distancia
de los centros urbanos; por lo que se requieren de ciertas vías de comunicación que permitan el acceso a los --usuarios del aeropuerto, incluyendo no solamente a los pasajeros sino también a los empleados, visitantes y personas en general que desarrollan alguna actividad en las -instalaciones aeroportuarias.

La pérdida de tiempo en el acceso al aeropuerto es una gran desventaja si se piensa que el transporte aéreo vende velocidad en el traslado de un lugar a otro, por esto debe minimizarse el tiempo de recorrido del lugar de origen al lugar de destino incluyendo los tiempos de acceso, documentación, abordaje, vuelo y arribo al lugar de destino.

El tiempo de acceso sería definido por el medio de transporte utilizado y por el tipo de vía de acceso; los caminos son la vía de acceso mas empleada, ya que el automóvil es el medio más generalizado para llegar al aero puerto, aunque existen otros medios más complejos.

1.3.5. ZONAS DE COMBUSTIBLES.

Uno de los servicios directos al avión mas importantes del aeropuerto es el aprovisionamiento de combu<u>s</u> tibles que deberá realizarse con la máxima eficiencia, con el mínimo costo y con la máxima seguridad para los pasajeros.

Para esto se requiere diseñar en el área del aero puerto una zona donde se almacenen combustibles, así co mo una red de distribución para transportarlos desde su almacenamiento hasta los depósitos del avión. Para dar una idea de la magnitud de estos almacenamientos baste decir que la capacidad máxima de un avión BOING 747 es de 190,000 litros.

1.3.6. ZONA INDUSTRIAL

Este es un sistema de importancia ya que puede ser un factor que justifique el financiamiento del aeropuerto, las componentes de la zona industrial son -muy variadas; puede incluirse talleres, hoteles, restaurantes, zonas agrícolas etc. que llegarían a constituir una considerable fuente de ingresos que haga rentable la construcción y operación de un aeropuerto.

CAPITULO II

CARACTERISTICAS DE CADA SISTEMA

2.1 ESPACIOS AEREOS

- 2.1.1 COMPONENTES DEL ESPACIO AEREO
- 2.1.2 AYUDAS A LA NAVEGACION
- 2.1.3 ESPECIFICACIONES GENERALES
- 2.1.4 CONTROL DEL TRANSITO AEREO
- 2.1.5 EJEMPLOS DEL SISTEMA
- 2.2 PISTAS.CALLES DE RODAJE Y PLATAFORMAS
 - 2.2.1 INTRODUCCION
 - 2.2.2 PISTAS
 - 2.2.3 CALLES DE RODAJE
 - 2.2.4 PLATAFORMAS
 - 2.2.5 EJEMPLOS DEL SISTEMA

2.3 ZONA TERMINAL

- 2.3.1 ANALISIS DE FLUJOS
- 2.3.2 SISTEMA DE MANEJO DE PASAJEROS
- 2.3.3 SISTEMA DE MANEJO DE EQUIPAJE
- 2.3.4 CRITERIOS DE DISEÑO
- 2.3.5 METODOS DE ANALISIS
- 2.3.6 EJEMPLOS DEL SISTEMA

2.4 VIAS DE ACCESO

- 2.4.1 DESCRIPCION
- 2.4.2 CAMINO DE ACCESO
- 2.4.3 EJEMPLOS DEL SISTEMA
- 2.5 ZONA DE COMBUSTIBLES
 - 2.5.1 INTRODUCCION
 - 2.5.2 COMPONENTES DEL SISTEMA
 DE APROVISIONAMIENTO
 - 2.5.3 SUMINISTRO DE COMBUSTIBLES
 AL AEROPUERTO
 - 2.5.4 ALMACENAMIENTO DE COMBUSTIBLES
 - 2.5.5 DISTRIBUCION DE COMBUSTIBLES
 A LAS AERONAVES
 - 2.5.6 CRITERIOS DE DISEÑO
- 2.6 ZONA INDUSTRIAL
 - 2.6.1 CONCEPTO DE ZONA INDUSTRIAL
 - 2.6.2 USOS POSIBLES DE LA SUPERFICIE
 DE LA ZONA INDUSTRIAL
 - 2.6.3 AEROPUERTOS CON ZONAS INDUSTRIALES.

II.- CARACTERISTICA DE CADA SISTEMA

2.1. ESPACIOS AEREOS

El espacio aéreo es el volumen de atmósfera, en el -cual pueden circular los aviones, siendo por esto vital determinar sus fronteras. La determinación de los límites del
espacio aéreo es problemática tanto para el que controla el
tránsito aéreo como para el que conduce una aeronave.

Ambos requieren de referencias para determinar esos límites y realizar sus funciones con eficiencia y seguridad;
estas referencias pueden ser puntos característicos de la superficie terrestre que el piloto identifica desde su cabina; sin embargo esto es difícil por las características de los vuelos actuales: alta velocidad, elevados niveles de vuelo y sobre todo por las condiciones meteorológicas prevalecientes durante el vuelo.

Este tipo de vuelo basado en referencias visuales se conoce como vuelo visual "VFR" (Visual Flight Rules) y actualmente se emplea en zonas con problemas de comunicación terrestre, donde no se cuenta con instrumentos, siempre que las condiciones topográficas lo permitan. También se emplea en otro tipo de operaciones como son vuelos de instrucción, de fumigación, de propaganda y de placer.

Las reglas de vuelo visual son aplicables únicamente cuando las condiciones atmosféricas son adecuadas para que el avión mantenga una separación segura con respecto a otros aviones y obstáculos, ya que esta separación es en condiciones VFR responsabilidad del piloto, que vuela con la condición de ver y ser visto.

El vuelo visual "VFR" se restringe en zonas de alta concentración de vuelos comerciales como en el Aeropuerto de la ciudad de México, en el que por conveniencia en el -control de tránsito aéreo no se emplean con frecuencia las
reglas "VFR".

Para eliminar los problemas que presenta el vuelo visual (VFR) se ha creado otro tipo de vuelo denominado "IFR" (Instrumental Flight Rules), que consiste en el uso de instrumentos que empleando señales radioeléctricas sitúan al

piloto en el espacio aéreo, independizándolo de las condiciones meteorológicas.

Las reglas "IFR" permiten una secuencia ordenada y definida de actividades para la realización de un vuelo, lo -que permite tener una mayor seguridad y una buena precisión en el vuelo, aspectos muy valiosos en la aviación comercial civil, es por esto que aunque imperen buenas condiciones meteorológicas se emplean las reglas "IFR". Básicamente estas reglas permiten la asignación de rutas y alturas especificadas, así como una separación mínima entre aviones.

2.1.1 COMPONENTES DEL ESPACIO AEREO.

En el volumen de atmósfera definido como espacio aéreo se realizan diferentes movimientos de los aviones, dependien do de que movimientos de los aviones, pudieran llegar a realizarse se definen las siguientes componentes del espacio aéreo.

ZONAS DE APROXIMACION Y DESPEGUE RUTAS Y AEROVIAS PATRONES DE ESPERA ZONA DE RESTRICCION

2.1.1.1 ZONAS DE APROXIMACION Y DESPEGUE

En la proximidad del aeropuerto las aeronaves realizan las operaciones de: despegue, aproximación y aproximación fallida.

El despegue es la operación en la cual la aeronave - abandona la pista y se dirige hacia su ruta. El espacio aé reo que deberá mantenerse libre de obstáculos se define en la proximidad de la pista.

La aproximación es una operación que tiene varias $f_{\underline{a}}$ ses: inicial, intermedia y final.

La aproximación inicial empieza cuando el avión se dirige a la primera ayuda para el aterrizaje o a un punto de posición predeterminado por el control de tránsito aéreo.

La aproximación intermedia es la parte del procedi--miento de aproximación comprendida entre la fase final y el
inicio de la aproximación final.

La aproximación final es la parte del procedimiento - que se inicia cuando la aeronave:

- .-ha completado el último viraje
- .-ha completado el viraje de base

.-ha llegado a un punto desde el cual puede efectuar el aterrizaje o inicia el procedimiento de aproximación fallida. .- está enfilada al eje de la pista.

La aproximación puede ser de dos formas: aproximación directa y aproximación circulando.

En la aproximación directa el ángulo entre la fase inicial y la intermedia es de 40 a 50 grados y el ángulo entre la intermedia y la final es de 15 a 30 grados.

La aproximación circulando es una aproximación visual que tiene la característica de que tanto el ángulo que forma la fasc inicial y la intermedia, como el ángulo que forma la fase intermedia y la final es de 90 grados.

La aproximación frustada o fallida se tiene cuando el avión no completa la fase final de la aproximación, porque se encuentre a la altura de decisión y al no establecer contacto visual con la pista no realiza el aterrizaje.

Para proteger estas operaciones se han definido superficies limitadoras de obstâculos por medio de especificaciones.

2.1.1.2 RUTAS Y AEROVIAS.

Una vez que ha despegado el avión se dirige al punto

de destino, a una velocidad de crucero siguiendo una determinada trayectoria que deberá estar libre de obstáculos.

Las aerovías son trayectorias definidas por equipo de navegación. Se tienen las aerovías llamadas de colores, balizadas con equipo de transmisión de frecuencias baja y media como el radio faro (NDB); también se tienen las aero---vías denominadas "Aerovías Victor" que emplean equipo de ---frecuencias muy altas denominado "VOR".

2.1.1.3 PATRONES DE ESPERA

En aeropuertos de alta densidad de tránsito aéreo es frecuente que se aproximen simultáneamente varias aeronaves por lo que se hace necesario establecer un procedimiento de espera que vaya formando a las aeronaves en una zona segura mientras les corresponde su turno para utilizar las pistas, por medio de especificaciones se definen los patrones de espera que constan de un punto de espera junto al cual se encuentra un circuito normal de espera (figura 2.1.).

2.1.1.4 ZONAS DE RESTRICION.

Existen zonas en las que las operaciones aéreas se -restringen o eliminan por la presencia de obstáculos, por condiciones meteorológicas inadecuadas, por operaciones aéreas especiales o por la contaminación por ruido o por segu
ridad.

Los obstáculos pueden ser los edificios altos, torres de transmisión, etc., entre las operaciones aéreas especiales pueden incluirse a maniobras militares y vuelos oficiales; puede restringirse total o parcialmente el vuelo por seguridad sobre zonas particulares como son instalaciones Militares, Palacio Nacional, Residencia Oficial del Ejecuti
yo en el caso de la Ciudad de México.

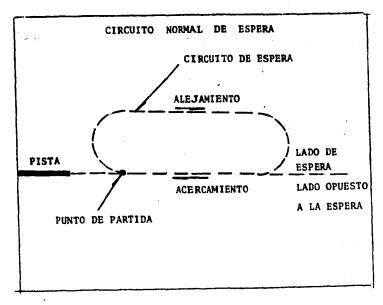


FIGURA 2.1

2.1.2 AYUDAS A LA NAVEGACION

Las instalaciones aeroportuarias para prestar los servicios de control del tránsito aéreo y ayudas técnicas a la tripulación, deben contar con instrumentos electrónicos, que aunados a los que se encuentran en la aeronave permitan realizar eficientemente las diversas operaciones aeronáuticas, sobre todo las realizadas bajo las reglas "IFR".

La clasificación de las ayudas por medio de instrumentos se presenta a continuación:

Las ayudas por instrumentos se han desarrollado de accuerdo a la evolución de la tecnología, sobre todo durante y después de la segunda guerra mundial. En la actualidad las ayudas electrónicas más importantes son:

Radio Faro: NDB (Now Directional Beacons)

Radiogoniometro: ADF (Automatic Direction Finder)

Radio de alta frecuencia Omnidireccional: VOR (Very high

Frecuency Omni-Range).

Equipo medidor de distancia: DME (Distance Measuring Equipment).

Sistema LORAN (Long-Range Aerial Navegation)

Sistema de navegación Doppler (Doppler navegation system).

Sistema inercial de navegación: INS (Inertial Navegation System)

Sistema de aterrizaje por instrumentos: ILS (Instrument Landing System)

Sistema de aterrizaje con microondas: MLS (Micro-wave Landing System)

Radar (Radio Detection And Range).

2.1.2.1 RADIO FARO: NDB (NOW DIRECTIONAL BEACONS)

Es una estación fija transmisora que define las aerovías de color, opera en bajas frecuencias emitiendo una onda portadora en todas direcciones en forma concéntrica, teniendo un alcance aproximado de 150Km. Cada estación se ---identifica con una señal en clave Morse.

Esta ayuda externa sobre tierra se localiza en las aerovias y en los aeropuertos; permite efectuar marcaciones radiogoniométricas; esto es, definir puntos fijos en la ruta que el avión debera seguir.

Por el tipo de frecuencia empleado en la emisión, esta ayuda de navegación se ve afectada por la estática por lo que no es totalmente confiable.

2.1.2.2 RADIOGONIOMETRO AUTOMATICO: ADF (AUTOMATIC DIRECTION FINDER)

Este es el complemento del equipo de tierra (NDB), ya que es un aparato en el avión que se compone básicamente
de un radio receptor con selector de frecuencias, una antena anular que puede girar sobre su eje vertical y un indicador de azimut.

Su funcionamiento se basa en la capacidad de giro de la antena anular, cuando está orientada perpendicularmente a la dirección de las ondas electromagnéticas de la estacióntrasmisora la recepción sera mínima. A medida que la antena gira se incrementa la intensidad de la señal, hasta llegara la recepción máxima cuando el plano de la antena sea parallelo a la dirección de las ondas transmitidas.

De acuerdo a lo anterior la antena podrá determinar la dirección de las ondas transmitidas, pero no el sentido de --propagación que sólo será conocido si se adiciona una segun da antena de sentido.

Por rangos de frecuencia baja y media utilizados en la transmisión, la recepción sufre interrupciones o alteraciones por lo que deberán corregirse las lecturas del ADF por diversos factores como son: el efecto de montaña (por la reflexión de las ondas en las montañas), la refracción costera (por ladiferencia en la conductividad eléctrica del aire sobre tierra o sobre agua), el efecto nocturno, el error cuadrantal (por choque de la ondas con las alas y el fuselaje del avión), tempestades eléctricas e interferencia de otras estaciones (comerciales) diferentes al NDB.

2.1.2.3 RADIO DE ALTA FRECUENCIA OMNIDIRECCIONAL: VOR

En la actualidad la ayuda mas común de navegación es - el VOR, es una versión mejorada de las ayudas anteriormente - empleadas como el Radio-guía o Radio faro (NDB).

El VOR consta de una estación fija transmisora cuyas emisiones son en forma radial cubriendo todas las direcciones posibles, siendo cada una de ellas una ruta que el piloto puede seguir para llegar al punto que señala el VOR.

Aunque teoricamente el VOR indica un número infinito de direcciones, son trescientos sesenta las que se pueden utilizar, ya que las señales se emiten en intervalos de un grado. En la posición cero (0°) el VOR señala el norte magnético (N M) y emite una señal de comparación; con una cierta velocidad angular se irán emitiendo las señales de los trescientos sesenta radiales identificados cada uno con su azimut (figura 2.2).

La estación VOR se identifica por medio de unas letras en código Morse, para verificar la sintonización. Este equipo permite orientar al avión en dirección a una estación VOR que define la aerovía. Estas aerovías balizadas con VOR se conocen como aerovías VICTOR.

Las emisiones de las estaciones VOR utilizan frecuencias que están justo arriba de las estaciones de radio de -frecuencia modulada FM, en la banda de frecuencias muy altas
VHF (Very High Frecuency), lo que permite eliminar las inter
ferencias de la estática causadas por perturbaciones atmosféricas.

Tambien debido a la gama de frecuencias empleada, la recepción de la señal se limita a una línea recta, ya que la señal no se refleja en las capas ionizadas de la atmósfera por lo que el alcance es restringido. El VOR tiene un alcance variable, aunque generalmente es menor de 370 kilómetros.

PATRON DE RADIACION DEL "VOR"

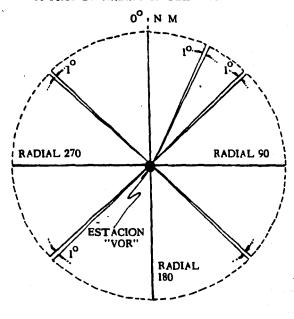


FIGURA 2.2

El equipo complementario del VOR es el receptor de a-bordo, cuyo empleo es fácil ya que presenta la información directa; se le denomina Indicador de Desviación de Posición:
PDI (Position Desviation Indicator), el cual indica al piloto la posición del avión respecto alradial seleccionado.

Una de las desventajas del VOR es que los radiales son sectores, no líneas, lo que reduce la capacidad de tránsito -- aéreo va due se le asigna al avión un área v no un punto en-el espacio (figura 2.3).

Otra desventaja del VOR es que no mide la distancia - entre la aeronave y la estación transmisora teniendo que recurrir a otro tipo de equipo,el DME.

El VOR tiene diversas modalidades de utilización:

VOR-Estación VOR de 200 watios de potencia

TVOR-VOR de área terminal de \$0 watios.

VORTAC-VOR aunado al equipo TACAN

VOR-DME-VOR aunado al equipo DME

VOR-DMET-VOR aunado al equipo medidor de

distancia del sistema TACAN.

La marina norteamericana desarrolló en la década de los cincuenta la ayuda denominada Navegación Aérea Táctica:TACAN

AREA DE INTERSECCION "VOR"

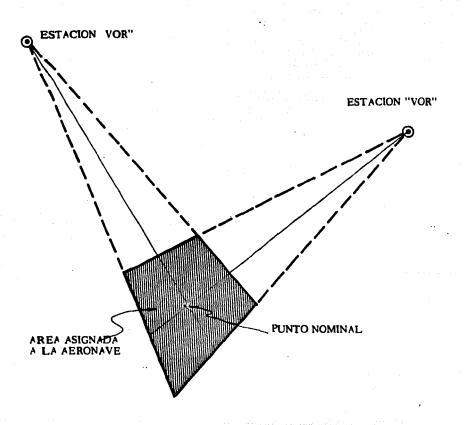


FIGURA 2.3

(TACtical Air Navigation) cuya característica principal esque opera en la banda de ultra alta frecuencia, simplifican do la lectura del azimut y la distancia. Se puede utilizar en combinación con el equipo VOR.

2.1.2.4 EQUIPO MEDIDOR DE DISTANCIA:DME (DISTANCE MEASURING EQUIPMENT)

Es un equipo que funciona basândose en el principio del eco, consta de una unidad transmisora-receptora a bordo y una unidad reflejante en tierra. El transmisor del avión denominado interrogador emite señales de radio en la banda de ultra alta frecuencia (UHF); esta señal es recibida por el sistema en tierra que envía una respuesta.

El receptor de abordo denominado calculador mide el tiempo que tardó en regresar la señal y por medio de la velo
cidad de las ondas de radio se obtiene la distancia entre el
avión y la estación DME en tierra.

Una desventaja del DME es que puede tenerse la misma - lectura para diferentes altitudes del avión como se muestra en la figura(2.4).

Por lo anterior para situar correctamente a una -

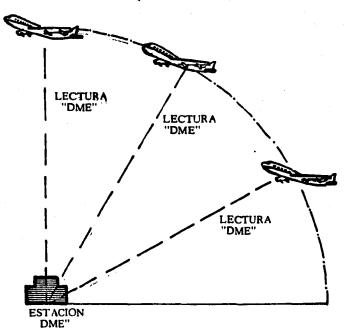


FIGURA 2.4

aeronave en el espacio se requerirá:

Equipo	Información que proporciona
Altimetro	Altitud
VOR	Radial
DME	Distancia

2.1.2.5 SISTEMA LORAN (LONG RANGE AERIAL NAVIGATION)

Es la principal ayuda de navegación sobre el agua, que consiste de estaciones localizadas en tierra. El principio del funcionamiento del LORAN es el siguiente: unaestación maestra envía señales de radio al espacio, esta señal es captada por una estación auxiliar que emite otra señal diferida, la diferencia en tiempo entre la señal original y la diferida puede captarse en un punto del espacio, llegóndose a graficar la linea de igual diferencia de tiempo.

Con otras dos estaciones se hace lo mismo resultando otra línea de igual diferencia, la intersección de las dos líneas establece una posición en el espacio; para -- efectuar lo anterior se requiere el empleo de un naveganteen la cabina del avión. El alcance del LORAN se ve afectadopor la hora, es mayor en la noche que durante el día.

2.1.2.6 SISTEMA DE NAVEGACION DOPPLER (DOPPLER NAVIGATION SYSTEM)

Es una ayuda en el avión para la navegación en ruta - sobre el agua; el funcionamiento del Doppler se basa en lo-siguiente: el equipo del avión emite cuatro ondas de energía a 8,800 MCS, se produce un efecto de compresión y des-compresión de las ondas que es proporcional a la velocidad-del avión en la dirección a la que se emitió la onda, este cambio se registra en la antena de abordo al reflejarse las ondas sobre el agua o sobre la tierra(figura 2.5).

Si un avión se dirige de un punto "A" a un punto "B" en una trayectoria en forma de "L", ésta se dividirá en pequeños segmentos de recta. El final de cada segmento está establecido por los puntos de espera que son puntos imaginarios en el espacio.

Para establecer el sistema de vuelo se fijan la latitud y la longitud de los puntos "A", "B" y de los puntos de espera en la ruta.

PRINCIPI O DE OPERACION DEL SISTEMA DE NAVEGACION DOPPLER

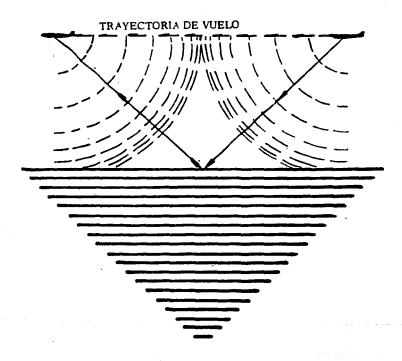


FIGURA 2.5

El equipo Doppler proporciona al piloto la siguienteinformación: velocidad, ángulo de deriva, desviación a laderecha o a la izquierda del curso deseado y la distanciaal destino o al punto de espera mas proximo.

2.1.2.7 SISTEMA INERCIAL DE NAVEGACION: INS

Este es el sistema más empleado de ayuda de navegación de largo alcance, ya que es un sistema independiente que no-requiere de puntos de referencia terrestres.

Este sistema de guía inercial se desarrolló en el programa espacial y consta de una plataforma de giroscopios -- (que indica la resistencia en la dirección del vuelo), acele rómetros (que mide la aceleración del giroscopio), piloto - automático, y una computadora analógica, en la que se puede programar el vuelo en base a los datos de los puntos de origen, destino y de los puntos de espera.

La información que proporciona el sistema inercial de navegación estará formada por: velocidad, ángulo de deriva, desviación del curso deseado, distancia al destino, velocidad y dirección del viento, latitud y longitud de la posición del avión en todo momento y tiempo de llegada al próximo punto de espera.

Este tipo de sistema de navegación independiente permite la realización de vuelos origen-destino con lo cual pueden descongestionarse las aerovías.

2.1.2.8 SISTEMA DE ATERRIZAJE POR INSTRUMENTOS: ILS

El ILS no es propiamente un equipo de aterrizaje sino de aproximación ya que permite al piloto llegar hasta el punto donde deberá decidir si aterriza, cuando exista contacto visual con la pista o renuncia al aterrizaje inician do el procedimiento de aproximación fallida.

El ILS proporciona al piloto los datos de tres variables que son indispensables para poder efectuar la aproximación y proceder al aterrizaje. Estas variables son: posición lateral relativa al eje de la pista, posición vertical con respecto al ángulo de planeo (de 2 a 3 grados) y ladistancia entre el avión y la pista.

El equipo ILS consta de tres elementos que permiten conocer esas variables y son:

- .- El Localizador (Localizer)
- .- La antena de planeo: GS (Glide Slope)
- .- Los marcadores verticales (Marker Beacons)

A.- LOCALIZADOR

Está constituído por un radio transmisor y una antena, ésta se encuentra instalada en la prolongación del eje de la pista, a 300 m a partir del final de la misma. El transmisor se encuentra a 90 m a un lado del eje y a la misma distancia del extremo de la pista que la antena. Para definir el eje de la pista se emiten dos señales de radio simultáneas que pueden considerarse como dos lóbulos sobrepuestos cuya intersección define el plano vertical que contiene al eje de la pista.

Los dos lóbulos transmiten en la misma frecuencia de radio (110 MHZ aprox.) pero cada uno tiene un tono diferente uno a 90 HZ y otro a 150 HZ. El receptor de abordo puede distinguir entre ambos tonos, transformando esta información a una señal en los instrumentos del avión que indica una desviación a la derecha o a la izquierda de la trayectoria correcta.

B. - ANTENA DE PLANEO

Este elemento del ILS consta de un transmisor y una antena que están situados entre 230 y 380 m del umbral de la
pista, y entre 90 y 200 m hacia un lado del eje de la misma.
Opera de manera similar al localizador, solo que en este caso

SISTEMA DE ATERRIZAJE POR INSTRUMENTOS

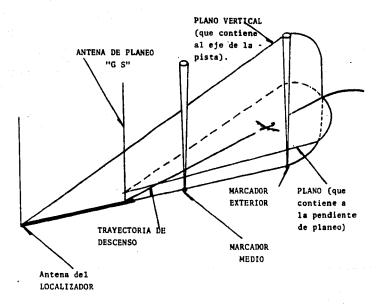


FIGURA 2.6

los dos lóbulos de radiación se encuentran en el plano vertical y definen con la linea de intersección entre ambos a la pendiente de planeo o sea el ángulo con respecto a la pista, con el que debe descender el avión para aproximarse correctamente (figura 2.6).

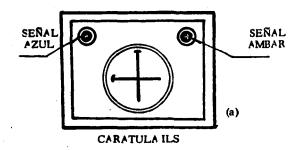
El receptor del avión opera en la banda de ultra alta frecuencia (330 MHZ aprox.); si un avión vuela en la trayectoria adecuada el instrumento de abordo lo indicará con las agujas que se cruzarán en el centro de la carátula (figura 2.7 a), en caso de no estar en la trayectoria correcta las agujas del ILS se inclinarán indicando la desviación (figura 2.7 b,c).

C .- MARCADORES VERTICALES.

Son transmisores ubicados a distancias especificadas de la pista, generalmente son dos: el marcador exterior:
ME-OM (Outer Marker) y el marcador medio: MM (Middle Marker). El primero se instala a una distancia del orden de 7.4 a 9 Km del final de la pista y el marcador medio MM a 1000 m aproximadamente del mismo punto.

Estos transmisores emiten señales en la frecuencia de 75 MHZ, que solo pueden ser captadas cuando el avión vuela encima de ellos, en su cono de influencias; por lo que se requiere instalar un radio faro: NDB de baja frecuencia ---

SISTEMA DE ATERRIZAJE POR INSTRUMENTOS: ILS"



DESVIACIONES DE LA TRAYECTORIA CORRECTA "ILS" VUELO A LA DERECHA



VUELO ABAJO DE LA PENDIENTE DE PLANEO CORRECTA



FIGURA 2.7

junto al marcador exterior para recalar al marcador medio.

Para diferenciarse el marcador exterior transmite en forma continua dos rayas por segundo en un tono de señal - de 1,300 HZ, mientras que el marcador medio transmite alternadamente puntos y rayas a 400 HZ.Al recibir la señal el receptor de abordo, se enciende una luz que si sobrevuela el marcador exterior sera azul y si esta sobre el marcador medio sera ambar; confirmandolo el piloto con los tonos que escuche de 1,300 y 400 HZ.

En la actualidad se han reemplazados estos marcadores por una instación sincronizada DME con el localizadorque tiene la ventaja de proporcionar al piloto información de distancias subsecuentes a las que se encuentra del localizador en lugar de distancias fijas. A estas distancias subsecuentes se les resta la longitud de la pista y se encuentrara la distancia al umbral.

Una desventaja del ILS es que señala unicamente unatrayectoria de aproximación, que debera seguir si se emplea este sistema, esto limita grandemente la capacidad de la pista con todas las concecuencias inherentes.

El funcionamiento del ILS facilmente se ve afectado-

por objetos metálicos o reflejantes incluyendo edificios, vehículos y las mismas aeronaves; se pueden evitar algunos
de estos problemas que presenta el ILS convencional empleando el sistema denominado "MLS".

2.1.2.9. SISTEMA DE ATERRIZAJE CON MICROONDAS: MLS (MICRO-WAVE LANDING SYSTEM)

Este sistema opera en la banda de micro-ondas (1000 a 1500 MHZ), por lo que se ve menos afectado por las condiciones meteorológicas y los objetos circundantes, incrementando la confiabilidad en el sistema.

De gran importancia es que MLS supera las limitaciones del ILS en cuanto a que define una cobertura mas amplia, tanto en elevación como en azimut, pudiendose emplear pendientes de planeo de 1 a 22 grados y teniendo tolerancias respecto al eje de la pista de 10 a 60 grados, a cada lado del eje Se pueden efectuar con este equipo aproximaciones en dos segmentos, en las que el avión desciende inicialmente con un fingulo de 6 grados, para que en la segunda descienda con una pendiente entre 2.5 y 3 grados.

Esto último permite reducir el ruido en las zonas urbanas, ya que el avión volará en caso necesario a una mayor altura (con la pendiente de 6 grados) lo cual es un avance significativo para resolver el problema de la contaminación por ruido de un aeropuerto.

La evolución que significa el uso del MLS no se presenta de inmediato en los aeropuertos del mundo, ya que el ILS puede aún satisfacer las necesidades de gran número de aeropuertos. Sin embargo se estudian diferentes tipos de MLS para encontrar cual de estos sistemas podrá recomendarse para su estandarización en el mundo, para satisfacer las demandas que se presenten después del año 2000, en la aerotransportación.

2.1.2.10 RADAR (RADIO DETECTION AND RANGE)

El RADAR es un equipo de múltiples usos que consta de un transmisor, una antena receptora y una pantalla similar al tubo de radios catódicos de un televisor.

Opera emitiendo ondas de radio en la banda de super - alta frecuencia, esta onda llega hasta un objeto con un cierto ángulo de incidencia y es reflejada con el mismo ángulo. La señal reflejada la recibe la antena que la envía a la pantalla donde una luz representa al objeto mencionado. El problema del RADAR es que registra todo lo que se encuentra a su alcance, por lo que puede llegar a ser difícil --

distinguir los diferentes objetos. Por lo anterior se ha i-dendo el Eliminador de Ecos Fijos que es un equipo compara-dor de fases que cancela las señales fijas y muestra en la -pantalla solamente las móviles.

Dependiendo del uso que tenga el RADAR cuenta con características especiales; pudiéndose agrupar en dos tipos: meteorológicos y control del tránsito aéreo.

A.- RADAR METEOROLOGICO

Este equipo puede ser de tierra o de abordo. Su utilidad es que detecta como obstáculos, las zonas ionizadas (tor
mentas) y permite reestructurar temporalmente las aerovías para evitar las tormentas. El de abordo se encuentra instala
do en las carlingas de los aviones y tienen un alcance de -100 a 150 KM.

B.- RADAR DE CONTROL DE TRANSITO AEREO

RADAR de vigilancia

en las rutas aéreas en el aeropuerto

RADAR de aproximación de precisión RADAR de control terrestre

RADAR DE VIGILANCIA:

Este RADAR proporciona a los controladores de tránsito aéreo una imagen de la posición de los aviones, lo que les permite intervenir en caso necesario.

En la pantalla del RADAR aparece el avión en su posición horizontal relativa como un punto luminoso que va dejan do un rastro o huella lo que indica la dirección de su movimiento, dando también un indicio de la velocidad.

EL RADAR DE VIGILANCIA EN LAS RUTAS AEREAS: ARSR (AIR ROUTE SURVEILLANCE RADAR) es un radar de largo alcance, aproximada mente 360 kilómetros, y tiene como finalidad rastrear los -- aviones en ruta.

EL RADAR DE VIGILANCIA DEL AEROPUERTO: ASR (AIRPORT SURVEI--LLANCE RADAR). Este radar se encuentra en el aeropuerto y su función es vigilar el espacio aéreo circundante a la termi-nal aérea; su alcance varía entre 50 y 100 kilómetros.

RADAR DE APROXIMACION DE PRECISION: PAR (PRECISION APPROACH RADAR). Este equipo fué desarrollado por el ejército norte-americano durante la segunda guerra mundial, para evitar la dependencia de los aviones del equipo de navegación de abordo.

El PAR esta formado por dos antenas, una de las cuales proporciona la información de la pendiente de planeo y la otra indica el azimut de la pista; la pantalla del PAR da al controlador una imagen del avión en descenso tanto en planta como en elevación como se observa en la figura (2.8).

Los aviones aparecen en la pantalla del radar cuando - estan a unos 15 Km de la pista; el controlador de PAR se en cuentra en tierra y da instrucciones al piloto por comuni-- cación verbal para que pueda aproximarse a la pista y efectuar el aterrizaje.

El piloto con el PAR no requiere de un equipo de navegación a bordo, lo que es un avance importante para los-aviones militares que tienen destinado un compartimiento -muy pequeño para este tipo de equipo.Los pilotos de las lineas aéreas comerciales prefieren utilizar el sistema ILS, ya que con el PAR no reciben la información directa lo queimplica una dependencia del controlador.

RADAR DE CONTROL TERRESTRE: ASDE (AIRPORT SURFACE DETECTION-EQUIPMENT).

En aeropuertos de alta densidad de tránsito aéreo sepueden presentar problemas para controlar a los aviones -cuando efectuen sus movimientos en el sistema pistas, calles

PANTALLA DEL RADAR DE APROXIMACIÓN DE PRECISION:PAR

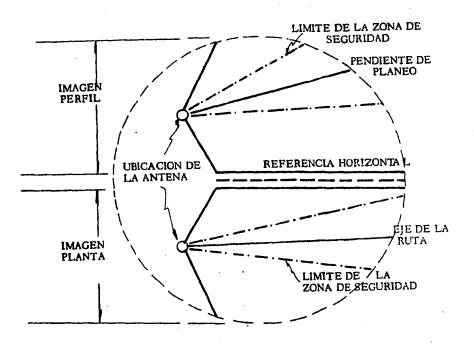


FIGURA 2.8

de rodaje y plataformas.

Estos problemas pueden presentarse por efecto de malas condiciones de visibilidad debidas a mínimos meteorológicosmuy severos, obstáculos o pistas numerosas y muy largas. Para resolverlos se diseñó especialmente este RADAR que permite reproducir en la pantalla los edificios y construcciones del aeropuerto, pudiendo fijar las posiciones de las aeronaves en todo momento.

2.1.3 ESPECIFICACIONES GENERALES PARA LOS ESPACIOS AEREOS.

Aunado a la evolución de la aviación se ha presentado un desarrollo de la reglamentación de las operaciones aeronáuticas; la estandarización de estas normas es conveniente para todos los países, ya que sería problemático para los pilotos trasladarse a un país donde sus actividades se rigieran con normas diferentes.

Ante la necesidad de uniformizar criterios y elaborar reglamentos en materia de navegación aérea se reunieron en-Chicago (E.U.A.) en 1944, los representantes de 50 países, creandose como consecuencia de ésta reunión la Organización de Aviación Civil Internacional: "OACI".

Esta organización estudia y recomienda especificaciones en todos aquellos aspectos que interesan a la aviación civil internacional como son: meteorología, aeropuertos, --procedimientos de navegación, procedimientos de aterrizaje y despegue, telecomunicaciones, control del tránsito aéreo, y otras mas.

La OACI tiene procedimientos de incorporación de modificaciones a sus reglamentos muy lenta, debido a esto no se puede incorporar con la rapidez requerida los avances de la ciencia y la tecnología, en el campo de la aviación civil. Por lo anterior resulta conveniente emplear especificaciones de otras naciones, que aunque no están estandarizadas mundialmente incorporan los avances mas recientes; tal es el caso de las especificaciones de la Administración Federal de Aviación: "FAA" (Federal Aviation Administration) de los Estados Unidos de Norteamérica.

Los espacios aéreos tienen por característica fundamental estar libre de obstáculos para permitir la realización de las diversas operaciones aeronáuticas con seguridad y eficiencia. Las especificaciones pretenden preservar ese espacio con tal característica mediante una serie de superficies limitadoras de obstáculos que marcan los límites has ta donde pueden llegar los obstáculos de cualquier naturaleza.

2.1.3.1 ESPECIFICACIONES DE LA ORGANIZACION DE AVIACION CIVIL INTERNACIONAL.

La OACI clasifica a las pistas en base a la llamada -longitud de pista básica (LPB) y en función de esta clasificación establece las especificaciones geométricas de los espacios aéreos. (tabla 2.1)

CLASIFICACION DE LAS PISTAS

Letra de clave	Longitud de pista básica
A	desde 2100 m en adelante
B	desde 1500 m hasta 2100 m
C	desde 900 m hasta 1500 m
D	desde 750 m hasta 900 m
E	desde 600 m hasta 750 m

Fuente:Anexo 14 .OACI (1976)

TABLA 2.1

Las especificaciones de espacios aéreos se establecentambién en función del tipo de reglas empleadas, de vuelo visual o de vuelo instrumental en sus diferentes categorias. La OACI separa las especificaciones para despegue y aterrizaje. Para pistas de aterrizaje con aproximación visual se -definen las siguientes superficies limitadoras de obstáculos
cónica, horizontal interna, de aproximación y de transición -(figura 2.9). Estas mismas superficies se definen para pis--tas con aproximación por instrumentos (figura 2.10) y con -aproximación de precisión categoria I.

Para los vuelos de precisión con categoría II y III -- se establecen además de las mencionadas anteriormente, la -- superficie de transición interna y la de aproximación fallida (figura 2.11).

Superficie Cónica.-

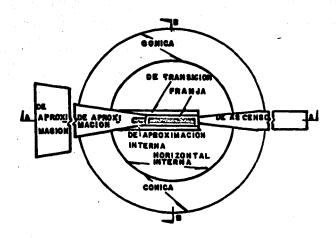
Es un plano inclinado o combinación de planos en forma de trapecio, anteriores al umbral. El umbral es el comienzo - de la parte de la pista útil para el aterrizaje.

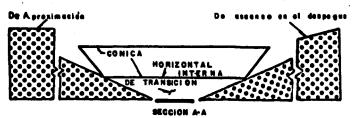
Superficie de Aproximación Interna.-

Es una superficie para aproximaciones de precisión --- (cat II y III). Es una porción rectangular de la superficie - de aproximación inmediatamente anterior al umbral.

Superficies de transición.-

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





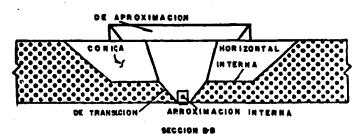


FIGURA 2.9

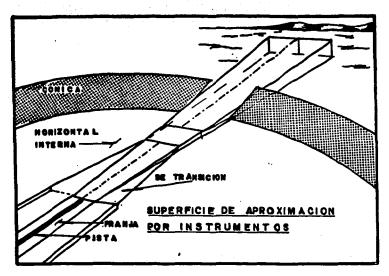


FIGURA 210

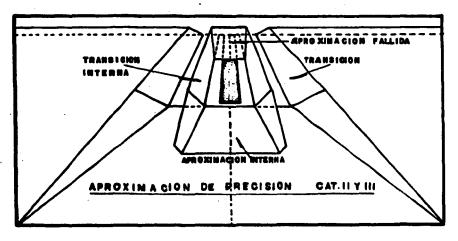


FIGURA 2.11

Superficie de Transición Interna .--

Superficie similar a la superfice de transición pero - más proxima a la pista.La finalidad de esta superfice es limitar a las ayudas de navegación, a las aeronaves, y a otros obstaculos cercanos a la pista.

Superfice de Aproximación Fallida.-

Es un plano inclinado situado a cierta distancia del umbral, que se extiende entre las superficies de transición internas.

Las especificaciones (dimensiones y pendientes) de las superficies limitadoras de obstáculos, se resumen en la tabla (2.2) para las pistas de aterrizaje.

En las pistas de despegue se establece la superficie - de ascenso (figura 2.12).Las dimensiones y pendientes de esta superficie se resumen en la tabla (2.3).

ESPECIFICACIONES DE LAS SUPERFICIES LIMITADORAS DE OBSTACULOS EN LAS PISTAS DE ATERRIZAJE .

CLASIFICACION DE LAS PISTAS	APROXI	MACION	VISUAL		ROXIMACI POR		PRECIS	CAT II,
SUPERFICIES Y DIMENSIONES(*)	A,B	С	D	I INS	TRUMENT A,B	os C	CAT I	A,B,C
CONICA Pendiente	5 1	5 1	51 55	5 1 35	5 %	51 75	51 100	5 1 .
HORIZONTAL INTERNA Altura Radio	. 45	45 4000	45	45	45 4000	45 4000	45 4000	45 4000
APROXIMACION INTERNA Anchura Distancia des- de el umbral Longitud Pendiente								120 60 900 21
APROXIMACION Longitud desde borde interior Bistancia des- de el umbral Divergencia (a cada lado) PRIMERA sección Longitud Pendiente SEGUNDA sec. Longitud Pendiente SEC.HORIZONTAL Longitud Longitud	150 60 10 1	150 60 10\$ 3000 3.33\$	80 30 10% 2500 4.0%	60 30 10\$ 1600 5.0\$		300 60 15% 3000 2% 3600 (**) 2.5% 8400 (**)	300 60 15% 3000 2% 3600 (**) 2.5% 8400 (**)	300 60 15\$ 3000 2\$ 3600 (**) 2.5\$ 8400 (**)

(continua)

ESPECIFICACIONES DE LAS SUPERFICIES LIMITADORAS DE OBSTACULOS EN LAS PISTAS DE ATERRIZAJE (CONT)

CLASIFICACION	APROXIMACION VISUAL		APROXIMACION POR		APROXIMACION DE PRECISION	
DE LAS PISTAS						
SUPERFICIES Y	"VFR"		INSTRU	MENTOS	CAT.	CAT.
DIMENSIONES					1	II,III
	A,B C D	E	A,B	٦	A,B,C	A,B,C
DE TRANSICIONS	· · .					
Pendiente	14.31 14.31 201	20%	14 70	14 79	14.31	14.31
	14.31 14.31 201	201	14.35	14.31	14.31	14.31
DE TRANSICION						
INTERNA						
Pendiente			ł	•		33.31
SUPERFICIE						
DE ATERRIZAJE	·				1	
INTERRUMPIDO			İ			
Longitud del			}		•	
borde interio	ł		1]	120
Distancia des			((1800
de el umbral	į –		ł		ł	(***)
Divergencia]		1		1	
(a cada lado)	Į.		ŀ		1	10\$
Pendiente					}	3.331

^(*) todas las dimensiones se miden horizontalmente (metros)

Fuente: Anexo 14. OACI (1976)

^(**) longitud variable

^(***)o distancia hasta el extremo de la pista, si esta distancia es menor.

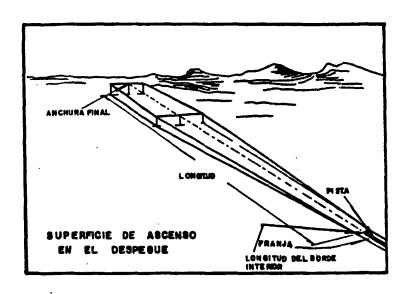


FIGURA 2.12

ESPECIFICACIONES DE LA SUPERFICIE LIMITADORA DE OBSTACULOS EN LAS

PISTAS DE DESPEGUE.

LASIFICACION DE	PISTAS PRINCIPA	LES		
LAS PISTAS	DE DESPEGUE	OTRA	S PIST	AS
SUPERFICIES Y DIMENSIONES(*)	A,B,C	A,B,C	D	E
DE ASCENSO EN EL DESPEGUE				
Longitud del - borde interior	180	180	80	60
Distancia desde el extremo de la pista	60	60	30	30
Divergencia(a cada lado)	12.51	12.5% o 10%(**)	10\$	108
Anchura final	1200 o 1800(***)	1200 o 1800(***)	580	380
Longitud	15 000	12 000	2500	1600
Pendiente	28	2.51	41	51

(*)todas las dimensiones se miden horizontalmente en m. (**)cuando se realiza un estudio operacional (***)cuando se prevee un cambio en la dirección del eje de la pista en mas de 15%.

Fuente: Anexo 14.0ACI (1976)

TABLA 2.3

2.1.3.2 ESPECIFICACIONES DE LA ADMINISTRACION FEDERAL DE AVIACION.

La administración Federal de Aviación: FAA de los Esta dos Unidos de Norteamérica elaboró un documento denominado - "TERP'S" (Terminal Instrument Procedures) procedimientos ter minales por instrumentos; en él se establecen de diferentes maneras los espacios que deben estar libres de obstáculos en las cercanías de los aeropuertos.

Esta institución considera que las dimensiones de los espacios aéreos están en función de los siguientes paráme--tros; la velocidad de aproximación, el peso de aterrizaje, el equipo de aproximación y la ubicación de dicho equipo. -Los dos aspectos (velocidad y peso) se toman en cuenta en la
asignación de la categoría de acuerdo a la tabla (2.4).

CLASIFICACION DE PISTAS DE LA F A A.

TABLA 2.4

CATEGORIA	CARACTERISTICAS
A	Va(*) <91 W(**) <30 001
В	91 ≤ Va < 121 30001≤W < 60001
c	121 = Va = 141 60001=W=150001
D	141 € Va ← 161 W≥ 150001
E	Va ≥ 161

de la tabla 2.4;

- (*)Va = velocidad de aproximación
 Va = 1.3 vel.teorica de desplome
 velocidad en nudos.
- (**)W = peso de aproximación en -configuración de aterrizaje
 peso en libras.

El TERP'S proporciona diferentes especificaciones de acuerdo al tipo de operación que se este efectuando, ya que los parámetros mencionados sobre todo el equipo de aproximación y a la ubicación de dicho equipo con respecto a la pista.

Las superficies limitadoras que definen los documentos de la FAA son similares a los de la OACI.Como ejemplo de estas superficies limitadoras de obstáculos pueden mencionarse especificaciones (FAA) para aproximaciones empleando como ayuda el VOR con DME.

Estas especificaciones definen tres segmentos para laaproximación: el inicial, el intermedio, y el final(figura2.13); cada segmento esta definido por puntos característicos
situados a distancias fijas de la pista. Para definir los seg
mentos se tienen tres puntos denominados: punto inicial de -aproximación: IAF (Initial Aproximation Fix), punto intermedio
IF(Intermediate Fix), y punto final de aproximación: FAF (Final Aproximation Fix).

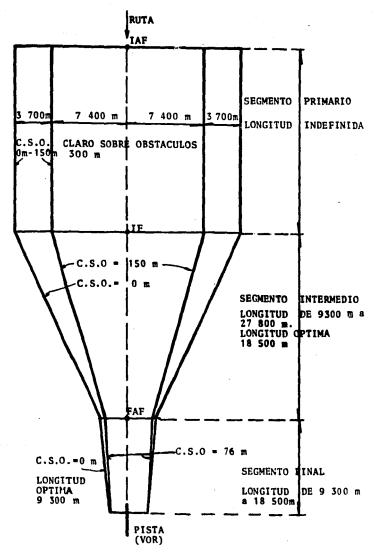


FIGURA 2.13

En todos los segmentos se definen dos áreas una central donominada área primaria y dos laterales simetricas al eje -- denominadas secundarias.

El segmento inicial se conecta con la ruta, empezandoen IAF. La longitud de este segmento es indefinida; en el área primaria se especifica un claro sobre obstáculos de 305
m y en el área secundaria de 152 a 0 m.

La pendiente o gradiente de descenso se mide como la -distancia que baja la nave en una milla náutica (1852 m).Para el segmento inicial la pendiente optima y máxima son de -76 m y 152 m por cada 1852 m respectivamente.

El segmento intermedio se inicia en el punto intermedio IF como continuación del segmento inicial y tiene una -longitud de 9 300 a 27 800 m, siendo la longitud optima de-18 500 m.El claro sobre obstáculos para este segmento es de-152 m para el área primaria y de 152 a 0 m para el área se-cundaria.Los gradientes de descenso optimo y máximo son de -46 y 91 m por cada milla náutica respectivamente.

Las dimensiones iniciales del segmento intermedio estan especificadas pero las dimensiones finales estan definidas por el siguiente segmento el final.El angulo entre el -segmento inicial y el intermedio puede ser hasta de 90°.

El segmento final se inicia en el FAF punto final de aproximación, finalizando en el umbral de la pista. Las dimen
Siones de este segmento estan definidas (figura 2.14) parauna longitud de 55,560 m (30 M.N.).

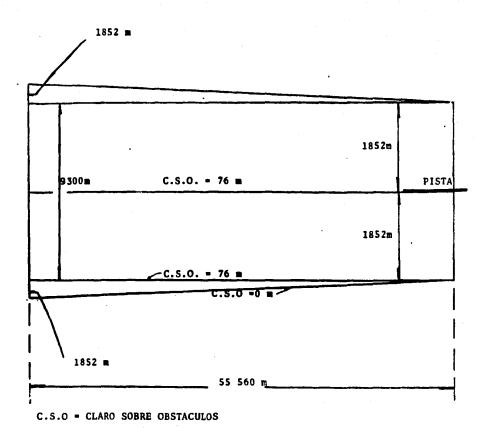


FIGURA 2.14

El trapecio que forma la sección final se cortara a la longitud conveniente, de preferencia a la longitud optima de 9,300 m, esta distancia se medira a partir del umbral de la pista. El claro sobre obstáculos para este segmento es de 76m para el área primaria y de 76 a 0 m para el área secundaria.

El gradiente optimo de descenso es de 91 m y el máximo es de 122 m por milla náutica.

En caso de que con las longitudes y pendientes optimas se encuentre un obstâculo, se subiran las elevaciones del seg mento buscando que no se excedan los gradientes máximos. El -ángulo entre el segmento intermedio y el final sera de cerogrados.

2.1.4 CONTROL DEL TRANSITO AEREO

El vuelo tipico de un avión que parte de un aeropuerto de origen hacia uno de destino, esta integrado por: rodaje, des pegue, ascenso, vuelo en ruta, descenso, aproximación , aterrizaje, rodaje y estacionamiento. (figura 2.15).

Si el vuelo se realizara bajo reglas VFR, ni el piloto ni el controlador de tránsito aéreo conoceran con precisiónla posición de la aeronave conforme evolucione el vuelo, pero si se realiza bajo normas IFR, se podra ejercer un cierto control sobre el vuelo de la aeronave, tal que permitirá ---

ELEMENTOS DE UN VUELO TIPICO

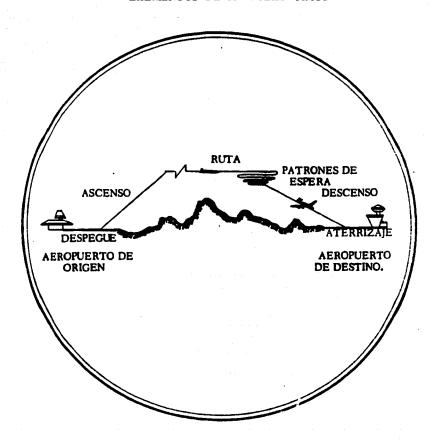


FIGURA 2.15

asignar, no un punto porque los instrumentos no son tan precisos, pero si un volumen en el cual se encuentre el avión.

Si se piensa en el número tan elevado de aeronaves que utilizan los espacios aéreos se comprende la importancia deefectuar dicho control de vuelo, por lo que para la navegación aérea comercial se emplean las reglas IFR.

Este sistema de control del tránsito aéreo se inicia - antes del vuelo con la preparación del Plan de Vuelo, que in cluye las características del avión y del vuelo, debiendo -- ser aprobado este plan para poder efectuar el viaje.

La jurisdicción del control de tránsito aéreo se divide en tres partes:en el aeropuerto, en la proximidad del aeropuerto y en ruta, cada parte tiene una función específica-que debera estar coordinada por un centro de control.

El rodaje del avión desde el lugar donde esta estacionado (plataforma, hangar) hasta la pista es supervisado desde la torre de control, desde donde también se informa al -piloto la autorización o la corrección del plan de vuelo, este control se denomina control terrestre.

Una vez en la pista se hace cargo del avión el control de torre que dirige y supervisa los despegues y aterrizajes, este control además proporciona al piloto información del---viento, temperatura, presión barometrica y condiciones de --operación en el aeropuerto; bajo este control se encuentra--

el aeropuerto y el espacio inmediato a él, hasta un límite - del orden de cinco millas.

Cuando el avión a rebasado el límite aproximado de cin co millas, pasa a la jurisdicción del control de aproxima--ción que dirige el ascenso de la nave, indicandole al piloto las variaciones en la dirección y altitud que debe ir realizando para tomar la ruta adecuada.

El control de aproximación transfiere al avión, cuando este entra a la ruta al control de área. El control de área - tiene la responsabilidad de controlar el vuelo de las aerona ves a lo largo de las aerovías, en las rutas Jet y en otras-componentes del espacio aéreo. Este control esta provisto de-equipos de comunicación y es necesario que cuenten con rada-res de largo alcance.

El control de área verifica que el avión vuele en la altitud establecida en el plan de vuelo, lo que permitira la
la separación mínima con otros aviones que vuelen en áreas -circundantes. Cualquier cambio en el plan de vuelo debera ser
autorizado por el control de área.

Este control puede dividirse en sectores dependiendo - del volumen de tránsito aéreo que maneje.Cada sector tiene - un área geografica asignada por lo que el avión podra irse--

cambiando de sector conforme avance en su trayectoria, así hasta llegar al espacio aéreo del control de aproximación -del aeropuerto de destino que guiara al avión para que reali
ce su aproximación en sus diferentes variantes, como sería -que esperara en el patrón de espera establecido para ese aeropuerto. Al llegar a una distancia del orden de cinco millas
del aeropuerto el avión sería trasnferido al control de torre para que manejara la maniobra de aterrizaje. Una vez efec
tuado el aterrizaje el avión estara bajo la guía del control
terrestre que lo dirigira hacia la plataforma asignada.

Estos controles estan coordinados por un centro de control que estara formado por control terrestre, control de torre, control de aproximación y control de área. Existen centros de control que coordinan a varios aeropuertos, como en el caso del centro de control de la ciudad de México que tiene bajo su jurisdicción los aeropuertos de Queretaro, Acapulco, Veracruz y otros mas.

Para integrar el control de transito aéreo se requiere de RADAR y de sistemas de comunicación, cuya capacidad de saturación definira la capacidad del centro de control.

Cuando el Radar de vigilancia se satura se recurre al-Radar secundario que permite emplear el mecanismo denominado "transponder" o SIF: dispositivo selectivo de identificación-(Selective Identification Features) .El"transponder" es un --transmisor-receptor de abordo que capta una señal codificada que le envía el interrogador de tierra o bien que le envía el controlador. El transmisor de abordo responde con otra se fial codificada que es captada por las antenas del Radar y -hace que aparezca en la pantalla una señal intermitente què elimina la posible confusión con otros ecos registrados si-multaneamente, debido a otros aviones que vuelan en el área circundante.

La pantalla alfa-numérica es otro elemento que permite al controlador seguir a varios aviones, ya que en la panta-lla del radar aparece junto al muto luminoso una leyenda que indica la identidad, la altitud y la velocidad del avión, así como el número de código del "transponder".

2.1.5 EJEMPLOS DEL SISTEMA.

Cada ciudad tiene sus problemas particulares en mate-ria de aeropuertos, siendo su solución muy singular, difi-cilmente aplicable a otras comunidades.

Para comprender mejor las características de cada sistema del aeropuerto se presentan algunos ejemplos que son --71

soluciones aplicadas a comunidades específicas.

A.-AEROPUERTO INTERNACIONAL "LIC BENITO JUAREZ" DE LA CIUDAD DE MEXICO.

La zona metropolitana del valle de México es laregión más poblada de la república mexicana, con una de manda de transporte aéreo muy alta y en constante crecimiento. Para atender esas demandas se encuentra en -operación el Aeropuerto Internacional Lic Benito Juarez.

El aeropuerto de la ciudad de México se encuentra ubicado hacia la zona noroeste, colindante con el lago de Texcoco y con zonas de alta densidad de población - como Ciudad Netzahualcoyotl, San Juan de Aragón y otras.

Por su ubicación dentro de la ciudad, el aero--puerto es un elemento contaminante, principalmente por
ruido, esto se debe en gran medida a que las trayectorias de los diferentes movimientos de las aeronaves -pasan sobre la metrópoli mexicana.

Para efectuar esos movimientos este aeropuerto - cuenta con las siguientes radioayudas;

- .-VOR/DME (117.0 MHZ)
- .-ILS categorfa I en la pista 23 IZQUIERDA,LOC (109.7 MHZ)
- .-ILS categoría I en la pista 05 DERECHA, LOC (109.7 MHZ)
- .-RADAR A S R

En las cercanías del aeropuerto se cuenta con un equipo alimentador complementario integrado por el NDB (MW) instalado en el centro SCOP, el NDB Tepexpan, el VOR/DME Otumba el NDB Tizayuca, el VOR Pachuca, el NDB Tulancingo y el VOR -Tequesquitengo.

Los procedimientos de entrada y salida de aeronaves, se describen en la Publicación de Información Aeronautica -"PIA" de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes.

Estos procedimientos se definen en base a los espacios aéreos disponibles.Como ejemplo se presenta el procedimiento de aproximación empleando ILS y NDB en la pista 05 D y el localizador de frecuencia 109.7 MHZ.

Este procedimiento se inicia al definir el piloto, laintersección San Mateo,a partir de la cual se guía al aviónpor medio de Radar, siguiendo el Vector Radar;iniciandose un viraje antes de verificar el NDB del centro SCOP, después delo cual se dirige a aterrizar o a efectuar la aproximación - fallida (figura 2.16).

Entre la intersección San Mateo y el NDB (MW) en el -centro SCOP se define una trayectoria curva necesaria por las
limitaciones que representa la serrania del Ajusco situada al
sur de la ciudad de México, cuya elevación imposibilita losmovimientos aeronáuticos sobre esa zona. Esta sección curva -hace que el Aeropuerto Internacional Lic Benito Juarez seaun caso especial y no se ajuste completamente a las recomendaciones de la FAA.

Para proteger el procedimiento de aproximación con ILS (MEX-ILS 2), así como la aproximación fallida se define una estructura de espacios aéreos mostrada aproximadamente en la figura (2.17).

En la ciudad de México como en muchas ciudades del mundo se presenta una demanda tal, que se requiere de la consertrucción de mas de un aeropuerto. Desde hace tiempo se estudian diversas alternativas para la integración de un sistema aeroportuario en el valle de México.

La existencia de mas de un aeropuerto en un área reducida ocaciona una problematica especial, como es la superposición de espacios aéreos; por esto es de vital importancia - realizar un estudio operacional en la zona donde se pretende que funcionen varios aeropuertos.

PROCEDIMIENTO DE APROXIMACION AL AEROPUERTO "LIC BENITO JUAREZ" CON "ILS" (ME X-ILS-2) INTERSECCION SAN MATEO 160⁰ TRAYECTORIA DE APROXIMACION YOR "MEX" VECTOR RADAR PATRON DE ESPERA **AEROPUERTO INTERNACIO** NAL "LIC BENITO JUAREZ" MW 255 (NDB CENTRO SCOP) FIGURA 2.16

ESPACIO AEREO DEL AEROPUERTO SENITO JUAREZE

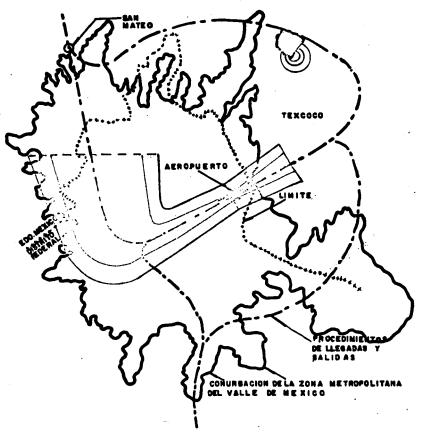


FIGURA 2.17

En el caso del futuro sistema aeroportuario de la capital mexicana se plantearon varias alternativas, una de ellas la ubicada en el vaso del ex-lago de Texcoco presenta la problematica anteriormente descrita, por lo que es necesario definir procedimientos y espacios aéreos que permitan una coordinación para la operación simultanea de dos aeropuertos a traves de un centro de control comun.

Esta situación ya se presenta en otras metrópolis, aum que no tan critica porque estan a una mayor separación, como en el caso de Nueva York que cuenta con los aeropuertos John F. Kennedy, La Guardia y Newark principalmente. Los Angeles, París, Londres, Chicago son otras Giudades que presentan esquemas similares.

2.2 PISTAS. CALLES DE RODAJE Y PLATAFORMAS.

2.2.1 INTRODUCCION

Las pistas, calles de rodaje y plataformas son superficies sobre las cuales se apoya el avión para hacer sus movimientos en tierra, constituyen uno de los sistemas mas importantes del aeropuerto. Algunas características de estas superficies se definen aisladamente, pero en general su diseño esta intimamente relacionado entre si y con otros sistemas del aeropuerto.

2.2.2 PISTAS

Las pistas son superficies rectangulares que deberan estar diseñadas para permitir el aterrizaje y el despegue de las aeronaves. Las características mas importantes son: configuración, orientación, longitud, ancho, franjas de seguridad pendientes y drenaje.

2.2.2.1 CONFIGURACION DEL AEROPUERTO.

La configuración del aeropuerto estara definida por -dos aspectos; el número y orientación de las pistas y la ubi
cación del edificio terminal en relación a las mismas.Para -definir estos aspectos intervienen numerosos factores entreellos: relación capacidad-demanda, condiciones climatológi-cas (viento) y espacios aéreos.

A .- CONFIGURACION DE PISTAS.

Las configuraciones que pueden tener las pistas de unaeropuerto son multiples como lo demuestran los aeropuertos existentes, sin embargo estas son combinaciones de cuatro configuraciones básicas.

- .-Pista Simple
- .-Pistas Paralelas
- .-Pistas Intersectadas
- .-Pistas en "V"

.-PISTA SIMPLE

La configuración mas sencilla esta constituida por una pista unica; siempre que las condiciones de demanda y predominancia del viento lo permitan debera emplearse esta configuración por su poca complejidad en cuanto a su operación, sobre todo por lo que respecta al control del tránsito aéreo, (figura 2.18 a).

.-PISTAS PARALELAS.

Esta configuración esta contituida por dos o mas pistas sencilla que tienen la misma orientación. Puede presenta<u>r</u> se el caso de dos pistas paralelas cuyos inicios coinciden - como en la figura (2.18 b) o bien puede tenerse el caso de - pistas paralelas defasadas como en la figura (2.18 c).

CONFIGURACION DE PISTAS PISTA SIMPLE (b) (c) PISTAS PARALELAS (d) PISTAS INTERSECTADAS PISTAS EN "V"

FIGURA 2.18

También puede presentarse el caso de mas de dos pistas paralelas, siendo mas común tener cuatro pistas paralelas que tres. En la actualidad no se presentan cinco pistas paralelas, ya que es difícil que una comunidad presente una demanda semejante.

La capacidad de las pistas paralelas depende en granmedida de la separación entre ellas; las pistas pueden sercercanas, intermedias o lejanas dependiendo de la separación entre ejes.

Tipo de pista paralela	Distancia entre ejes		
Cercanas	215-1070 m		
Intermedias	1070-1524 m		
Lejanas	mayor de 1524 m		

En condiciones "IFR" la capacidad horaria de las pis-tas cercanas varía entre cincuenta y setenta operaciones, para pistas con espaciamiento intermedio se tiene un rango de setenta y cinco a ochenta operaciones por hora y para pistas lejanas el rango estará entre ochenta y cinco y ciento cinco operaciones por hora.

Esta diferencia se debe a que la separación entre pistas define su independencia operativa que será mayor mien--tras mayor sea su separación, así para pistas paralelas ---- cercanas la operación de una pista dependerá de la operación de la otra, para pistas con separación intermedia la llegada en una pista es independiente de la salida en la otra. En --pistas lejanas pueden efectuarse llegadas y salidas simultaneamente.

El edificio terminal es conveniente ubicarlo entre las dos pistas, por lo que deberán tener un espaciamiento adecuado para alojarlo.

.- Pistas intersectadas.

Esta configuración presenta dos o mas pistas que se cruzan en algún punto de su longitud (figura 2.18-e)

Este tipo de pistas son necesarias cuando prevalecen - vientos fuertes en más de una dirección; siempre que sea posible deberán evitarse las pistas cruzadas.

La capacidad de dos pistas intersectadas depende substancialmente de la ubicación del punto de intersección y de la estrategia de operación; la mayor capacidad se obtiene -- cuando la intersección está cerca de la cabecera de pista - para el despegue y del umbral de entrada.

,-PISTAS EN "V".

Esta configuración presenta dos pistas que aunque sonde diferente orientación, no se intersectan dentro de su lon gitud. Este tipo de pistas tienen dos estrategías de opera--ción: divergente y convergente, la convergente (f) tiene menor capacidad que la divergente (g) por el espacio aéreo requerido en cada caso como se muestra en la figura (2.18).

El empleo de las pistas en "V" es similar al de las --pistas intersectadas, se hace necesario cuando existen vien--tos fuertes en mas de una dirección.

La configuración de las pistas estara definida por dos aspectos; número y orientación. El número de pistas sera proporcional al volumen de tránsito aéreo v la orientación despendera de la dirección del viento. Así para definir el número de pistas se evaluara la demanda futura que debera satisfacerse con las pistas proyectadas.

La capacidad de una configuración de pistas se determina en función del regimen de servicio, entendiendose este como las normas VFR o IFR empleadas, así como de la combina---ción de aviones que usaran el aerodromo.

Este último aspecto lo maneja la FAA por medio de la -tabla (2.5), en la cual se consideran cuatro mezclas de aviones, de acuerdo a los porcentajes del grupo de aviones, -a los cuales se destina el aeropuerto.

En el grupo "A" estan aquellas aeronaves que cuentan con dos turbinas, tretamotores y con fuselaje amplio como elBoeing 707, el DC-8, el Boeing 747 y el DC- 10.

El grupo "B" esta integrado por bimotores y trimotores de turbina o turbohélice como el Boeing 727 y el DC-9.

El grupo "C" lo forman aviones ejecutivos de turbina y bimotores ligeros.

MEZCLA	DE	AVION	ES	
MEZCLA	1 A	\ B	1 C	1D+E
1(aviació	}			
general)	0	0	10	90
2	0	30	30	40
3	20	40	20	20
4(aviació	Ą			
comercial)	60	20	20	0

Fuente:Circular 150/5060- 3A. F A A(1969)

TABLA 2.5

En base a la mezcla de aviones y al tipo de configuración de pistas, la FAA proporciona la capacidad de acuerdoa la tabla (2.6).

CAPACIDAD DE PISTAS (*)

CONFIGURACION DE		CAPACIDAD	CAPACIDAD	HÖRARIA
PISTAS	MEZCLA	ANUAL	IFR	VFR
-	1	215,000	53	99
	2	195,000	53	76
SIMPLE	3	180,000	44	54
	4	170,000	42	45
-	1	385,000	64	198
	2	330,000	63	152
PARALELAS CERCANAS	3	295,000	5\$	108
d < 1100 m	4	280,000	54	90
F	1	430,000	106	198
d	2	390,000	104	152
PARALELAS	3	360,000	88	108
FARALELAS SEPARADAS å<1500 m	4	340,000	84	90
	1	425,000	79	198
	2	340,000	79	136
	3	310,000	76	94
EN "V" INDEPENDIENTE	4	310,000	74	84
	1	420,000	71	198
	2	335,000	70	136
EN "V"	3	300,000	63	94
DIVERGENTES	4	295,000	60	84

TABLA (2.6) (1)

(continuación)_

(CONTINUECTOR)_				
CONFIGURACION	MEZCLA	CAPACIDAD	CAPACIDAD	HORARIA
DE PISTAS		ANUAL	IFR	VFR
	1	235,000	57	108
	2	220,000	56	86
EN "V"	3.	215,000	50	66
CONVERGENTE	4	200,000	50	. 53
0	. 1	375,000	71	175
-	2	310,000	70	125
	3	275,000	63	83
INTERSECTADAS CERCA DEL UMBRAI	4	255,000	60	69
~	1	220,000	61	99 .
	2	195,000	60	76
INTERSECTADAS	3	195,000	53	58
EN EL CENTRO	4	190,000	47	52
	1	220,000	61	99
	2	195,000	60	76
INTERSECTADAS	3	180,000	53	57
LEJOS DEL UMBRAL	4	175,000	47	54
X	1	375,000	71	175
	2	310,000	70	125
1	3	275,000	63	83
TRIPLE	4	255,000	60	69
INTERSECCION	<u> </u>	<u></u>	<u> </u>	<u> </u>

(*) CAPACIDAD EN NUMERO DE OPERACIONES

Fuente: Circular 150/5060-3A. F A A (1969) TABLA 2.6

B.-UBICACION DE LA ZONA TERMINAL EN RELACION A LAS PISTAS

Este es un aspecto fundamental que determina la adecua da operación del aeropuerto, que requiere de distancias mínimas por recorrer entre el edificio terminal y las pistas. La localización mas adecuada del edificio terminal depende de la configuración de pistas que se tenga. En terminos generales se presentan las siguientes configuraciones típicas:

- .-pista única con edificio terminal a la mitad de su longitud .-pistas paralelas con edificio terminal intermedio a la mitad o en el extremo de su longitud.
- .-pistas en "V" con área terminal intermedia.
- .-pistas paralelas con una transversal.
- .-pistas paralelas en pares.
- .-pistas intersectadas.
- .-pistas tangenciales.
- .-PISTA UNICA CON EDIFICIO TERMINAL INTERMEDIO EN EL EXTREMO DE SU LONGITUD.

Cuando se tiene una sola pista, lo mas conveniente essituar al edificio terminal a la mitad de su longitud como se muestra en la figura (2.19 a). Esto permite que las distancias de rodaje sean iguales, independientemente de cualde las cabeceras de la pista se emplee para el despegue; que dando también adecuadamente situado para las operaciones deaterrizaje.

Esta configuración se encuentra en un gran número de aeropuertos del mundo y de México; entre los aeropuertos mexicanos que tienen esta configuración pueden mencionarse a - Cancún, Culiacán, Durango, La Paz, Manzanillo, Mazatlán, Mexicali, Oaxaca, Puerto Vallarta, Reynosa, Tuxtla Gutierrez, Villahermosa y Zihuatanejo. En el extranjero pueden mencionar se los aeropuertos de Oakland en E.U.A, de Menorca y Malagaen España, el de Lima en Peru entre otros muchos.

.-PISTAS PARALELAS CON EDIFICIO TERMINAL INTERMEDIO.

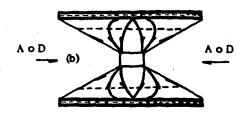
Cuando se requieren pistas paralelas, lo idoneo es colocar el edificio terminal entre las pistas y si se tienen -características del viento tales que los aterrizajes y despe gues deben hacerse en ambas direcciones es recomendable ubicar el área terminal a la mitad de la longitud de las pistas.

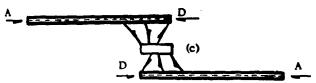
Cuando se tienen pistas paralelas y se define una estrategía de operación con uso exclusivo de una pista para una función específica: aterrizaje o despegue, es recomendable desplazar una pista con respecto a la otra (figura 2.19-b,c), Y ubicar el área terminal en los extremos mas proximos como en el caso del Aeropuerto Internacional de la ciudad de Kansas en E.U.A.

.-PISTAS EN "V" CON AREA TERMINAL INTERMEDIA.

Cuando se emplean pistas en mas de una dirección es --







 CALLES DE RODAJE PARA	SALIDA DE AERONA VES
 CALLES DE RODAJE PARA	LLEGADA DE AERONAVES
 UNION ENTRE CALLES DE	RODAJE PARALELAS

A ATERRIZAJE

D DESPEGUE FIGURA

aconsejable situar el área terminal en el centro como se --muestra en la figura (2.20 a). Esta configuración se encuentra en el aeropuerto de Wichita en Kansas, E.U.A., en México
el aeropuerto de Cozumel, Q.Roo tenfa originalmente esta configuración, se modifico cambiando el edificio terminal a unlado delas pistas.

.-PISTAS PARALELAS CON UNA TRANVERSAL

Si la demanda es bastante grande y las condiciones del viento lo justifican se requeriran tres pistas, dos parale-las y una transversal como en la figura (2.20 b).

Esta configuración es conveniente cuando el viento sopla en la misma dirección durante casi todo el año, exceptoen pequeños periodos de tiempo, en los cuales se emplea lapista transversal, como en el aeropuerto Internacional "Dulles" de Washington" en E.U.A. ((figura 2.21).

.-PISTAS PARALELAS EN PARES.

En aeropuertos donde la demanda es extremadamente alta podrian requerirse cuatro pares de pistas paralelas con el - edificio terminal situados entre pares de pistas,(figura --- 2.20 c).

Operacionalmente se conservan dos pistas para despegue y dos para aterrizaje, para facilitar la labor del personal de control de tránsito aéreo. En este tipo de aeropuertos --- pueden tenerse cabeceras alineadas o escalonadas como en el-

CONFIGURACION DEL AEROPUERTO (II) (C)

FIGURA 2.20

AEROPUERTO INTERNACIONAL "JOHN FOSTER DULLES, DE WASHINGTON, W.,E. U. A.

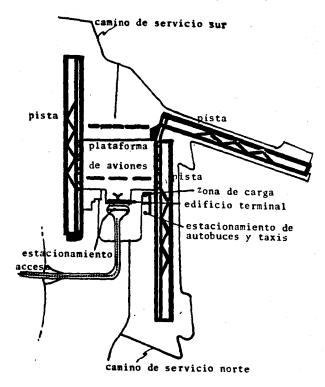


FIGURA 2.21

caso del Aeropuerto Internacional de Los Angeles, E.U.A. .-PISTAS INTERSECTADAS.

Cuando se presentan dos pistas intersectadas lo mas ~conveniente es ubicar al edificio terminal entre las dos pis
tas, como en el caso del Aeropuerto La Guardia de Nueva York
en E.U.A (figura 2.22); en este aeropuerto se presenta ade-más una pista pequeña. Otros aeropuertos que presentan estaconfiguración serían en México: Acapulco, Ciudad Juarez, Ciu
dad Obregón, Chihuahua, Guadalajara, Hermosillo, Mérida, Mon
terrey, Torreón y Veracruz.

.-PISTAS TANGENCIALES

Esta configuración presenta varias pistas alrededor de la zona terminal como en los siguientes aeropuertos: Aero--puerto Internacional John F. Kennedy (figura 2.70) de Nueva york en E.U.A., el Aeropuerto Heathrow de Londres, Inglate-rra y el Aeropuerto Internacional Schiphol de Amsterdan, Hol.

2.2.2.2 ORIENTACION DE LAS PISTAS

La orientación adecuada de las pistas de un aeródromoes indispensable para el buen funcionamiento del mismo, ensu determinación intervienen proponderantemente dos aspectos:
condiciones climatológicas y espacios aéreos. Un tercer aspec
to que adquiere cada vez mas importancia es el del impacto ambiental.

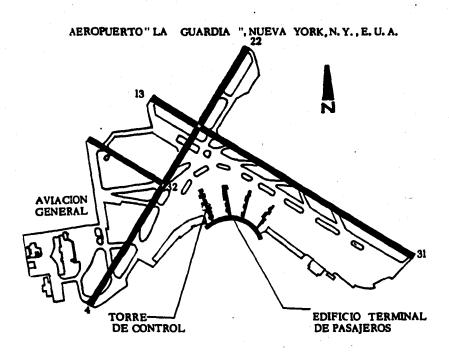


FIGURA 2.22

A.-CONDICIONES CLIMATOLOGICAS-VIENTO.

La operación de las aeronaves se ve afectada por las condiciones climatológicas principalmente por el viento, por
esto es fundamental un análisis de vientos dominantes, de acuerdo a las mediciones realizadas en el sitio previsto para
situar al aeropuerto lo que permitirá determinar el coefi--ciente de utilización, este coeficiente de utilización se -define como el porcentaje del tiempo que el aeropuerto permanece en operación sin verse afectado por las condiciones meteorológicas.La FAA y la OACI sugieren un coeficiente de de utilización del 951.

Para estudiar los efectos del viento se analizan dos - componentes: la componente directa y la componente normal, -- la componente directa tendrá la misma dirección que el eje - de la pista; esta componente puede resultar benéfica para la operación de los aviones; no así la componente normal o trans versal, cuya dirección es perpendicular al eje de la pista - y tiene efectos nocivos en el control de las aeronaves.

La FAA especifica un máximo permisible de viento nor-mal, para aviones cuyo peso no exceda de 9,700 Kg, esta --componente será menor de 18 Km/hr; para aviones mas grandesno excederá de 24 Km/hr.

La OACI especifica componentes de viento normal dependiendo de la clasificación de pistas de la tabla (2.1), de -acuerdo con lo siguiente.

CLASIFICACION DE PISTAS

COMPONENTE DE VIENTO

NORMAL

A-B 37 Km/hora
C 24 Km/hora
D-E 18 Km/hora

El criterio para definir la orientación de las pistas será el de maximizar el coeficiente de utilización del aeropuerto con la componente del viento normal correspondiente - es decir que esta componente afecte lo menos posible a las - operaciones aeronáuticas.

Para aplicar este criterio se realiza el estudio de -los vientos por medio de la llamada Rosa de Vientos que puede ser directa o cruzada.La rosa de vientos cruzada es la -que se aplica en la solución de estos problemas y se integra
a partir de la información de las condiciones del viento enló direcciones.La OACI recomienda que esta información tenga
un tiempo de recopilación de cinco años como mínimo.

Esta información se presenta en forma tabular con losdatos del 1001 de las observaciones realizadas, se agrupande acuerdo a rangos de velocidades establecidos, estimandoselos porcentajes en que ha soplado el viento en cada una delas 16 direcciones.

Estos datos se grafican a escala en la rosa de vientos de la siguiente manera: inicialmente se representan las 16--

direcciones mencionadas, luego se trazan círculos concentricos cuyos radios a escala representan las velocidades de la tabla; así se definen sectores de círculo o de corona, encada sector se anotan los porcentajes correspondientes a esa dirección y rango de velocidades.

Una vez presentada en forma gráfica la información delas condiciones del viento, se procede a selecionar la o las orientaciones óptimas de las pistas que cumplen con el criterio del 951 del coeficiente de utilización del aeródromo.

Para determinar la orientación se utiliza una plantilla de un material transparente, en la cual se han dibujadotres líneas, la línea central representa al eje de la pista. Las otras dos líneas estan graficadas a una distancia de lalínea central, esta distancia será a escala la componente--máxima permisible del viento normal.

La plantilla transparente se coloca sobre la rosa de vientos haciendo coincidir el centro de la rosa con el eje de la pista; en una dirección cualquiera se coloca la planti
lla obteniéndose una o mas direcciones óptimas con respecto
a las condiciones del viento.

En la figura (2.23) se presenta la rosa de vientos para el nuevo aeropuerto de Tuxtla Gutierrez, Chiapas. Esta rosa se integró a partir de las observaciones realizadas en el período comprendido entre el mes de Julio de 1968 y el mes --

ROSA DE VIENTOS DEL AEROPUERTO DE TUXTLA GUTIERREZ, CHIAPAS.

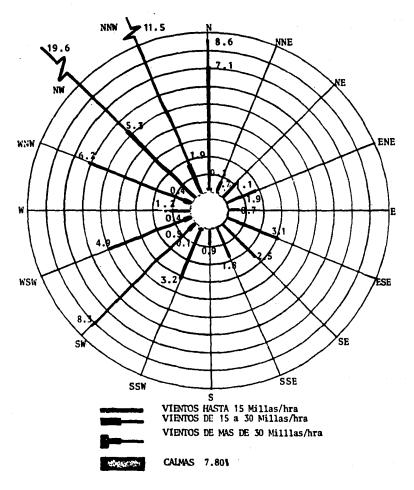


FIGURA 2.23

de Diciembre de 1972, con un promedio de 17 lecturas diarias con los datos proporcionados por la estación meteorológica de la Dirección General de Aeropuertos de la Secretaría de -Asentamientos Humanos y Obras Públicas.

Los números que aparecen cerca de cada barra indican - el porcentaje de vientos en ésa dirección.

Otro aspecto que influye en la operación del aeropuerto es la transparencia de la atmósfera que se traduce en dos parámetros: techo y visibilidad, el techo es la altura de la base de las nubes y la visibilidad es la distancia máxima en la dirección horizontal a la que pueden percibirse los objetos con claridad.

Estos parametros se incluyen en el estudio de los vientos para determinar si la orientación seleccionada de la pista cumple con el porcentaje del 95% en condiciones restringidas de visibilidad y techo (visibilidad de 800 a 4800 m y techo de 60 a 300 m)

Para verificar la condición anterior se elabora una tabla para cada una de las 16 direcciones de viento ya mencionadas. Cada tabla clasifica los datos de visibilidad, techo y velocidad del viento, en esta tabulación se fijan valores límite dentro de los cuales es necesario realizar operaciones

por instrumentos; con los porcentajes obtenidos de las observaciones que estén dentro de los límites mencionados se integra otra rosa de vientos.

Cuando no se cumpla el 951 especificado con una pista simple, deberá analizarse la alternativa de dos pistas cruzadas con un ángulo mayor de 30 grados.

B. - ESPACIOS AEREOS

La orientación de las pistas es también afectada por - la disponibilidad de espacios aéreos; así la o las orienta-- ciones seleccionadas en el análisis de vientos se estudiarán para verificar que cumplan con las especificaciones de las - superficies limitadoras de obtáculos para lo cual se realiza un estudio de la topografía de la zona.

Otro problema en cuanto a espacios aéreos que puede -presentarse al definir la orientación de las pistas es la -proximidad de otro aeropuerto, en cuyo caso deberán evitarse
las orientaciones que supongan una superposición de los espacios aéreos.

C .- IMPACTO AMBIENTAL

Debe analizarse con cuidado la influencia de una orien tación determinada de pistas, ya que pueden causar graves al teraciones ecológicas a las zonas urbanizadas, destacando la contaminación por ruido en las cercanías de los aeródromos.

2.2.2.3 IDENTIFICACION DE LAS PISTAS

Una vez definida la orientación de la o las pistas es posible definir la identificación de acuerdo a las convenciones establecidas internacionalmente; las siglas son dos dígitos que están en función de la orientación de la pista y que se obtienen de la siguiente manera:

- 1.-el rumbo topográfico se convierte en azimut.
- cuando se tienen fracciones de grado se aproximan en 10°
 al valor mas próximo.
- 3.-cuando se tiene un azimut mayor de 100°se elimina el último cero.
- 4.-cuando se tiene un azimut menor de 100°el cero se trans-fiere a primer término.
- 5.-para la otra cabecera de la pista se suma al valor ya obtenido 180°, y se ajusta con las convenciones señaladas.
- 6.-la pista se identifica con los azimuts de las dos cabeceras.
- 7.-cuando se tienen dos pistas paralelas se les adiciona laletra "I" (izquierda) o "D" (derecha).
- 8.-cuando se tienen cuatro pistas paralelas se les adicionaa las dos centrales las letras "I" o "D" y a las dos extremas letras dobles "II" o "DD".

En el caso del aeropuerto "Lic Benito Juarez" de la -ciudad de México, se tienen dos pistas paralelas y una trans
versal; las pistas paralelas tienen un rumbo aproximado: N-52°E y la transversal S 50°E.

De acuerdo a la secuencia anteriormente descrita se deberán convertir los rumbos en azimut. En las pistas paralelas se procedería de la siguiente manera:

- 1.-rumbo N 52°E se transforma en azimut 52°
- 2.-se aproxima a 50°.
- 3.-50 se convierte en 05.
- 4.- 50° + 180° = 230° que se convierten en 23.
- 5.-las pistas se identificaran 05-23.
- 6.-como son pistas paralelas se les adiciona las letras I y D.

Si la operación es desde la ciudad se tendrán dos pistas; a la izquierda quedaría la pista 05 I-23 D y a la derecha la 05 D-23 I, (figura 2.24).

Por lo que respecta a la pista transversal se tendríala siguiente secuencia:

- 1.- S 50° E - se transforma en azimut 180°-50 = 130°
- 2.- 130° se convierte en 13.
- 3.- 130°+ 180°= 310°
- 4.- 310°se convierte en 31.
- 5.- La pista se identifica como la 13-31.

2.2.2.4 CARACTERISTICAS GEOMETRICAS.

Comunmente se designa como pista exclusivamente al árrea pavimentada, que si bién es el elemento mas importanto no es el único que compone la pista.

AEROPUERTO INTERNACIONAL "LIC BENITO JUAREZ". - IDENTIFICACION DE LAS PISTAS.

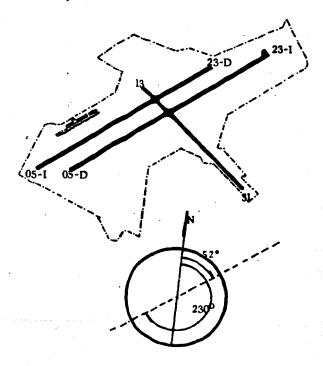


FIGURA 2.24

Los elementos que integran una pista son; pavimento es tructural, margenes laterales, franja de seguridad, zona resistente al flujo, area complementaria de seguridad (figura - 2.25).

El pavimento estructural es la parte fundamental de la pista que recibe directamente la carga del avión, cuando este efectúa sus movimientos de despegue y aterrizaje.

Las márgenes laterales son superficies advacentes al - pavimento estructural que debe diseñarse para resistir la erosión producida por los gases de escape de los motores, así como para acomodar equipos de mantenimiento y vigilancia
y el alumbrado.

La franja de seguridad está integrada por el pavimento estructural las margenes laterales y un área despejada, drenada y nivelada. Esta franja deberá estar diseñada para resistir los aterrizajes violentos y el paso de los equipos especiales como el de remoción de nieve.

La zona resistente al flujo es un área diseñada para - resistir la erosión continua producida por los gases de esca pe de los reactores, esta área deberá estar pavimentada en - su mayor parte.

El área complementaria de seguridad es una prolonga--ción de la franja de seguridad, la cual deberá disponerse pa
ra reducir los accidentes cuando se rebasa la pista o cuando

COMPONENTES DE UNA PISTA

PLANTA

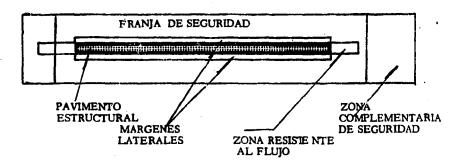




FIGURA 2.25

se tienen aterrizajes cortos por lo que deberá estar libre -

Las características mas importantes de estos elementos son: ancho, longitud y pendientes.

A.- ANCHO

En la tabla (2.7) se resumen las recomendaciones de la OACI en lo referente al ancho de las pistas y en la tabla -- (2.8) se presentan las de la FAA.

, NORMAS PARA LOS ELEMENTOS DE LAS PISTAS: ANCHO

CATEGORIA DEL AEROPUERTO	ANCHURA DEL PAVIMENTO	ANCHURA DEL AREA DE SEGURIDAD
A	45 m	150 m
В	45 m	150 m
C	30 m	150 m
	23 m	80 m
E .	18 m	. 80 m

Fuente: Anexo 14. OACI (1976)

TABLA (2.7)

NORMAS PARA LOS ELEMENTOS DE LAS PISTAS: ANCHO

CATEGORIA DEL AEROPUERTO	ANCHURA DEL PAVIMENTO	ANCHURA DEL AREA DE SEGURIDAD	ANCHURA DE MARGENES
Aviación Comercial			
B-727-100, B-737, DC-9	45 m	150 m	7.5m
B-727-200, B-707, DC-8	45 m	150 m	7.5 m
B-747, DC-10, L-1011	45-60(a)	210 m	7.5-15 (b)
Aviación General			
Utilidad Básica			
Categoría I	15 m	30 m	
Categoría II	18 m	36 m	
Utilitario General	23 m	45 m	
Transporte Básico	23-30 (c)	90 m (d)	
Transporte General	30 m (c)	90 m (d)	

Fuente: Circular 150/5325-4, F-A A.

- (a) para aviones que pesen mas de 315 Ton,60m
- (b) para anchura de pista de 45 m , 15 m
- (c) para pistas para aterrizaje con instrumentos,45 m
- (d) para pistas para aterrizaje con instrumentos, 150 m.

TABLA 2.8

B .- LONGITUD

La longitud de una pista se define en función de varios aspectos, siendo los mas importantes; características funcienales del avión tipo seleccionado, condiciones climatológicas (viento y temperatura) y características del aeropuerto (altitud, pendiente de la pista y condiciones de la superficie).

CARACTERISTICAS FUNCIONALES DEL AVION TIPO SELECCIONADO.

En el proceso de planeación se define el avión tipo, que operará en el aeropuerto y acorde con 61, se tendrán diferentes disposiciones para definir la longitud de la pista.
Si la aeronave tipo cuenta con motor de pistón, la longitudnecesaria de pista será la máxima de las calculadas para los
dos siguientes casos; aterrizaje y despegue con falla de un motor.

ETAPAS DEL DESPEGUE

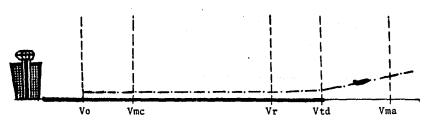


FIGURA 2.26

Las dos consideraciones anteriores son válidas para -aviones con motores de turbina, a las cuales se les suma una
tercera que es: despegue con todos los motores.

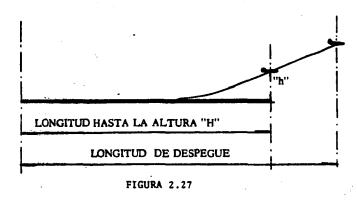
DESPEGUE.

El procedimiento de despegue tiene diferentes etapas - que se inician cuando el piloto suelta frenos y el avión tiene una velocidad nula "Vo". (2.26). A partir de Vo el avión - inicia la carrera de despegue e incrementa su velocidad a -- "Vmc", la cual se define como la velocidad mínima de control ya que en ella el avión empieza a responder a los controles aerodinámicos.

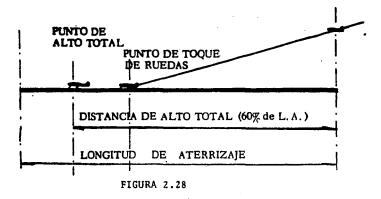
En las aeronaves de turbina se identifica la velocidad de rotación "Vr", en la cual el tren de aterrizaje de naríz se separa del terreno, aumentando con ello el ángulo de ataque y la sustentación. Al seguir acelerando la aeronave llega a la velocidad teórica de despegue "Vtd" en la cual el --tren de aterrizaje principal se despega del terreno como con secuencia de la superación del peso de la aeronave, por la fuerza de sustentación. Al iniciar el ascenso el avión deberá tener la velocidad "Vma", que es la velocidad mínima de -ascenso.

La "Longitud de Despegue" es aquella que resulta ser el 115% de la distancia real que el avión utiliza para alcanzar una altura "h", para un determinado peso de despegue (figura 2.27). Esta altura "h" es de 15.0 m para aviones de pistón y de 10.5 m para aviones de turbina.

LONGITUD DE DESPEGUE



LONGITUD DE ATERRIZAJE



ATERRIZAJE.

Para los aterrizajes se suponen variaciones normales - en la técnica de aterrizaje, así como aterrizajes defectuo-sos. La longitud necesaria para lograr el alto total del ---avión, deberá ser del orden del 60 % de la longitud disponible para el aterrizaje, suponiendo que el piloto efectúa la aproximación a la velocidad adecuada y cruza el umbral de la pista a la altura de 15 m (figura 2.28). La distancia de aterrizaje deberá estar totalmente pavimentada.

Cuando el avión realiza el procedimiento de aproxima-ción fallida, usualmente se dirige a un aeropuerto alterno,
en el cual deberá hacer el alto total en el 70 % de la longi
tud de la pista.

DESPEGUE CON FALLA DE UN MOTOR.

La falla de un motor disminuye la capacidad de propulsión de la aeronave, modificando la longitud necesaria para el despegue; la falla de un motor obliga al piloto a tomar una decisión sobre abortar al despegue o irse al aire.

Lo anterior involucra la introducción de otro concepto la velocidad de decisión "V1" que es una velocidad de referencia, se específica que ésta velocidad no podrá ser tan alta como para que el avión empiece a volar, pero si lo suficiente como para que responda a los controles aerodinámicos.

Dependiendo de la velocidad a la que se presenta la $f\underline{a}$ lla de un motor pueden tipificarse los siguientes casos : --

despegue fallido o abortado y despegue defectuoso.

Primer caso: Despegue fallido.

Cuando la velocidad a la que se presentó la falla del motor es inferior a la de decisión "VI" el piloto deberá sus pender el despegue, (figura 2.29) en este caso se tienen dos etapas; en la primera etapa el avión acelera hasta que ocurre la falla del motor, después de la cual se tiene la segun da etapa de frenar o hasta el alto total.

La suma de las longitudes de desarrollo de las dos eta pas define la distancia de aceleración parada "DAP" que será la longitud desde que el avión inició su carrera de despegue hasta que se detiene.

Segundo caso: Despegue defectuoso.

La falla del motor ocurre a una velocidad superior a - la decisión "V1", por lo que el piloto deberá elevar la aero nave. En este caso la distancia de despegue será la longitud real a la que se alcanza la altura "h" (figura 2.30).

Pista Balanceada.

La pista balanceada (L B) se define como aquella pista que necesita un avión para que la distancia de aceleración parada DAP sea igual a la longitud de despegue (figura 2.31). En el punto "B" el avión habrá logrado el alto total o elevarse una distancia "h" especificada.

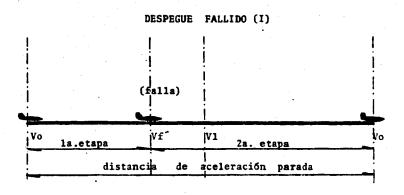


FIGURA 2.29

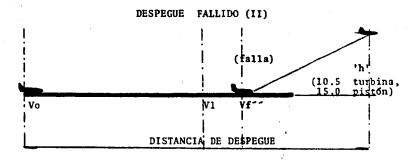


FIGURA 2,30

PISTA BALANCEADA

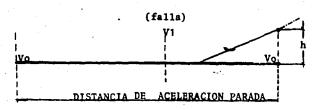


FIGURA 2.31

Siempre se diseñarán pistas balanceadas aunque operacionalmente puedan desbalancearse, para no disminuir el peso de despegue de los aviones.

Cuando se desbalancean las pistas pueden tenerse dos - casos; en el primero se incrementa la velocidad de decisión V1 a V', con lo que se alcanza la altura "h" en una distancia menor, cuando se tiene un despegue defectuoso o sea que se tendrá una menor longitud de despegue (LD) que en la pista balanceada. Si el piloto suspende el aterrizaje el avión no frenará dentro de la pista requiriendo una zona de parada ya que la DAP será mayor que en el caso balanceado (figura 2.3 2).

La zona de parada deberá tener una superficie adecuada para soportar el peso de la aeronave sin que se presenten da fios en la estructura de la misma, en el caso de que se rebase

el área pavimentada; también deberá tener el mismo ancho de la pista.

El segundo caso se tiene cuando se disminuye la velocidad de decisión V1 a V", en el que la DAP será menor que en la pista balanceada por lo que el avión se detendrá antes, pero la longitud de despegue será mayor por lo que se requerirá de un espacio libre de obstáculos (figura 2.53)

La longitud de la zona libre de obstâculos podrā - ser hasta la mitad de la diferencia entre el 115% de distancia al nunto de despegue y la distancia de despegue.

Los aviones de pistón necesitan que este pavimentada la totalidad de la longitud de despegue; en el caso de
aviones de turbina deberá pavimentarse la carrera de despegue, pudiéndose recurrir a las zonas de parada y libre
de obstáculos (figura 2.34). A una velocidad de decisiónalta V3 se reducirá la distancia de despegue (L3) pero se
aumentara la DAP y la zona de parada.

Si se tiene una velocidad de decisión V2 de tal manera que se compense la distancia DAP con la carrera dedespegue (L2), no se requerirá la DAP però si una zonalibre de obstáculos.

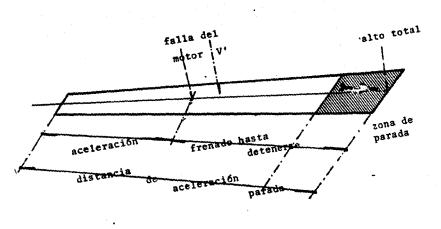


FIGURA 2.32

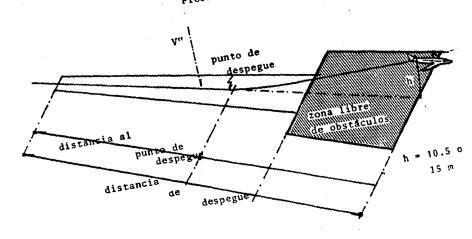


FIGURA 2.33

REQUERIMIENTOS PARA EL DESPEGUE EN ÁVIONES DE TURBINA. CASO DE FALLA DE MOTOR.

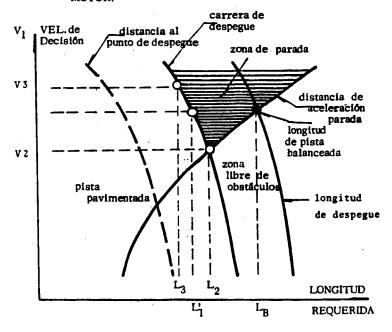


FIGURA 2.34

COMPONENTES DEL PESO DEL AVION

Para comprender otros aspectos del cálculo de la longitud de una pista, es necesario hacer un parentesis para definir las componentes del peso de un avión. Dependiendo de los elementos que integran la aeronave se definirán diferentes pesos de la misma, esto se presenta enla figura (2.35).

TRAYECTORIA DE DESPEGUE

El procedimiento de ascenso se divide en varias etapas en las cuales se prevee la falla de un motor, cada etapa tiene especificaciones sobre pendientes mínimas de ascenso en función del número de motores de la aeronaveen cuestión.

La trayectoria de despegue tiene la primera etapadefinida como primer segmento que estará comprendido en
tre el punto donde el avión alcanza la altura "h" especificada hasta el punto donde es plegado el tren de aterrizaje. La segunda etapa denominada segundo segmento esla etapa crítica ya que es la que tiene mayor pendiente;
este segmento principia donde termina el primer segmento y concluye en donde se alcanza la altura mínima de -

COMPONENTES DEL PESO DEL AVION

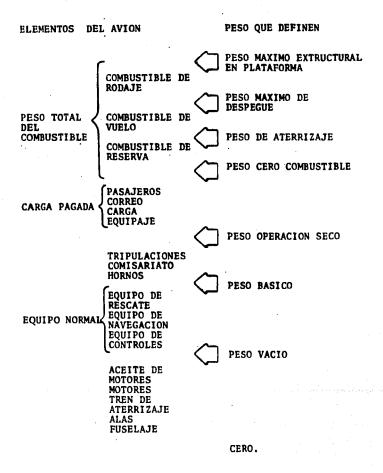


FIGURA 2.35

Las dos siguientes etapas denominadas como tercer segmento y segmento final generalmente se les agrupa como un -segmento de transición que termina a los 450 m de elevación tal como se muestra en la (figura 2.36)

Las restricciones de las pendientes mínimas en la trayectoria de ascenso limitan en múltiples ocasiones el pesode despegue denominado "peso máximo de ascenso".

En ocasiones el peso crítico será el peso de aterrizaje en el aeropuerto de destino, por lo que deberá analizarse esta posibilidad.

.- CONDICIONES CLIMATOLOGICAS.

Las condiciones climatológicas influyen en la opera--ción de la aeronave siendo las principales; la temperatura y
los vientos.

Temperatura.- La temperatura altera la densidad del aire, a temperaturas mas altas se tendrán densidades mas bajas La reducción en la densidad provoca una menor potencia en --los motores, así como modificaciones en la fuerza de sustentación.

Vientos.- Las condiciones del viento en la superficie pueden representar un factor favorable o desfavorable en el cálculo de la longitud de una pista, dependiendo de la dirección del viento.

CARACTERISTICAS DE LA TRAYECTORIA DE DESPEGUE

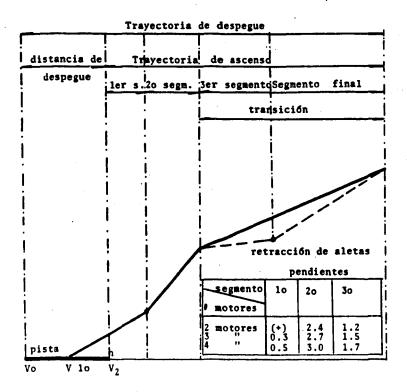


FIGURA 2.36

Cuando el viento sopla de frente se requerirá menor longitud de pista, cuando se tienen viento de cola se incrementa la longitud de pista.

.- CARACTERISTICAS DEL AEROPUERTO.

Ciertas características del aeropuerto son importantes para definir la longitud de la pista. Las principales son -- además de la temperatura, la elevación, la pendiente de la - pista y las condiciones de la superficie.

ELEVACION.- Este parámetro modifica también la densidad del aire, alterando asimismo las condiciones operacionales de las aeronaves. A mayor altitud, menor densidad del aire.

Considerando invariable todos los demás factores a mayor elevación del aeropuerto, resulta mayor longitud de la pista necesaria, aunque esta relación no es lineal.

CONDICIONES DE LA SUPERFICIE DE LA PISTA.- La presencia de lodo, nieve, o agua estancada en una pista, producen un efec
to poco deseable en las operaciones de los aviones. La textu
ra resbaladiza de estos agentes hace que se nulifique el fre
nado o que se pierda fuerza en el movimiento de despegue.

METODOS PARA EL CALCULO DE LA LONGITUD DE LAS PISTAS.

En función de la información disponible para efectuar el cálculo de las longitudes de pista se tienen dos métodos

que son: el método de la Organización Internacional de Aviación Civil y el de los manuales de operación.

El método de la OACI es aplicable cuando se desconocen las características operacionales de los aviones que operan en el aeropuerto.

El método de los Manuales de operación requiere de una información mas completa, siendo por esto un método mas confiable que el de la OACI, que emplea correcciones aproximadas.

METODO DE LA OACI.

Para emplear este método es necesario definir dos conceptos: atmósfera tipo y longitud de pista básica.

La atmósfera tipo es una atmósfera ideal definida con las siguientes características:

- a) El aire es un gas perfecto seco.
- b) Las constantes físicas principales son:
 - Presión atmosférica al nivel del mar:
 Po= 1013,250 milibares = 1,013 250 x 10⁵ newtons m2
 - Temperatura al nivel del mar: To= 15°C (59°F); To= 288,150 K (518,67°R)
- c) El gradiente térmico vertical desde 5000 metros geopotenciales patrón por debajo del nivel del mar, hasta una altitud en la temperatura del aire desciende a 56°C, es -0.0065°C por metro desde ese nivel (11,000 metros) hasta una altitud

de 20,000 metros el gradiente térmico vertical es cero, y des de 20,000 hasta 32,000 metros el gradiente térmico es de ÷--+ 0.0010°C por metro.

La longitud de pista bâsica es aquella que es suficiente para satisfacer los requisitos operacionales de los aviones para los que la pista este destinada, tabla (2.1).

Esta longitud de pista básica (LPB) esta fundamentadaen las siguientes hipótesis:prevalecen las condiciones de la
atmósfera tipo, la pista es horizontal en sentido longitudinal, no hay vientos en la pista, no hay vientos en ruta, latemperatura de ruta corresponde a la de la atmósfera tipo,elavión esta cargado a su máxima capacidad, y el avión vuela a
velocidad de crucero.

Longitud Verdadera de Pista.-

La longitud verdadera de pista se obtiene corrigiendola longitud de pista básica, por altitud, temperatura y pendien te.

Corrección por altitud.-

La OACI establece la siguiente recomendación:se aumenta la longitud (LPB) de la pista básica a razón del 7% por cada-300 m de elevación.

Corrección por temperatura .-

La longitud de pista ya corregida por altitud, vuelvea corregirse al tener en cuenta la temperatura de referencia del aeropuerto. La temperatura de referencia del aeropuerto es la media mensual de las temperaturas máximas diarias correspondientesal mes mas caluroso del año (aquel que tiene la temperatura media mensual mas alta).

 $Tr = (2 Tm_i)/n$

donde:

Tr = temperatura de referencia

Tm_i *temperaturas máximas diarias del mes mascaluroso del año.

n = número de dias del mes más caluroso.

La corrección recomendada es incrementar la longitud - de pista básica LPB a razón de 1% por cada grado centígrado- de diferencia entre la temperatura de referencia y la de la-atmósfera tipo correspondiente a la elevación del aeródromo.

Si la longitud corregida por altitud y temperatura excede en mas del 35% de la longitud de pista básica, la longitud verdadera de la pista deberá calcularse por otro procedimiento.

Corrección por pendiente.-

La longitud LPB corregida por altitud y temperatura se incrementa a razón del 101 por cada 11 de pendiente efectiva esta corrección se debe a que el avión requiere mayor longitud de pista cuando opera con pendiente ascendente (+).

METODO DE LOS MANUALES DE VUELO.

Los fabricantes de aviones elaboran manuales de vuelo que describen el comportamiento de los aviones, que pueden emplearse como elementos de diseño de pistas. Estos manuales toman en cuenta la mayoría de los parámetros que afectan la longitud de una pista, por lo que constituyen una fuente de información confiable.

Para emplear estos manuales es necesario conocer ciertos datos, que generalmente se definen en el proceso de planeación, como son rutas futuras de vuelo y el tipo lógico de avión o sea el avión crítico de diseño. Con esto es posible usar estos manuales empleando las gráficas que contienen, si guiendo la siguiente secuencia.

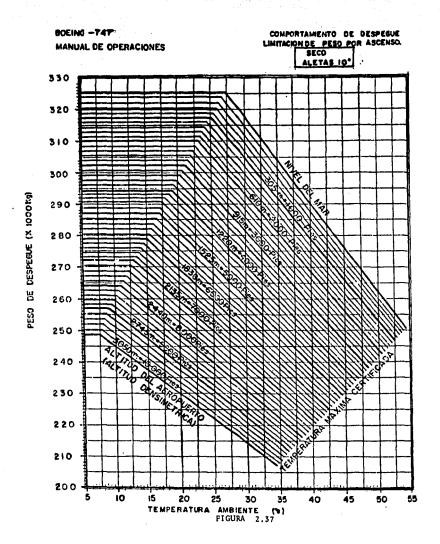
- Obtención del peso de operación en seco (Datos del fabricante).
- 2.- Determinación de la carga pagada.
- Determinación del peso de combustible de reserva (del ma nual de vuelo).
- 4.- Se suman los tres pesos anteriormente mencionados, obteniêndose el peso de aterrizaje, que deberá ser inferior al peso máximo estructural de aterrizaje del avión.

Esta restricción se debe a que la mayorfa de los aviones y en particular los de gran alcance fueron diseñados, en su tren de aterrizaje, para resistir este peso máximo - - - estructural de aterrizaje, que difiere del peso de despegue en el combustible consumido, durante el vuelo.

- 5.- Calcular las necesidades de combustible para despegar, volar en ruta, y descender. Estos datos se obtienen del manual de vuelo.
- 6.- El peso de despegue se obtiene sumando al peso de aterrizaje (4), el peso del combustible de vuelo (5). Este peso no deberá exceder del peso máximo de despegue. Este último se obtiene por medio de las gráficas de los mismos manuales en función de la temperatura y la altitud del aeropuerto; así como de la inclinación de aletas y la operación del motor. (figura 2.37) comportamiento en el despegue.
- 7.- Determinación en el aeropuerto de origen de la temperatura, viento en la superficie, pendiente de la pista y elevación.

El cálculo de la longitud de pista no se realiza para un instante de operación, sino para condiciones críticas envolventes, así en el caso del viento no se considere el viento de frente que es favorable, ni el viento de cola que es desfavorable, sino que se considera viento en calma. La temperatura que se emplea generalmente es la de referencia.

La elevación o altitud que contienen los manuales de vuelo es la densimétrica, de acuerdo a la presión del lugar. Generalmente para estos cálculos se usa la altitud física --



del aeropuerto.

8.- Con todos los datos anteriores es posible por medio de - las gráficas de los manuales de operación (figura 2.38) calcular la longitud de pista necesaria.

En algunos casos es conveniente emplear el peso máximo de despegue para el cálculo de la longitud de pista. Esto implica que deberá revisarse el peso de aterrizaje para que no exceda la capacidad del tren de aterrizaje.

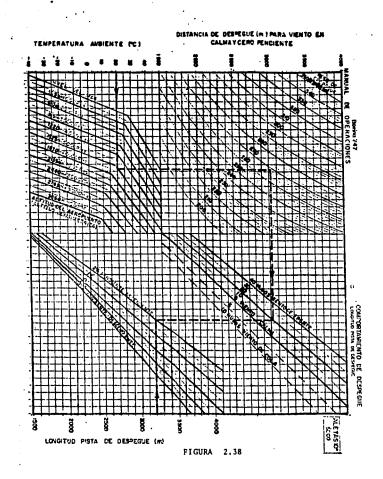
2.2.2.5 PENDIENTE Y DRENAJE

A.- PENDIENTES.

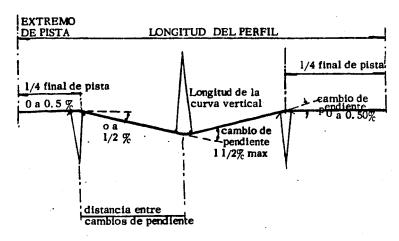
La pista tiene dos ejes sobre los cuales se definen -- las pendientes, el eje longitudinal y el eje transversal.

A lo largo del eje longitudinal serfa deseable que la pista fuera horizontal, sin embargo esto resulta incostea--ble, por el relieve topográfico del terreno natural, por lo que se permiten ciertas pendientes pero dentro de límites -definidos como pendientes máximas y como características de los cambios de pendientes a lo largo de este eje de la pista (figura 2.39).

Las pendientes máximas se recomiendan para pendientes efectivas y pendientes longitudinales. La pendiente efectiva se define como el cociente entre la diferencia entre las --elevaciones máxima y mínima y la longitud de la pista. Las -recomendaciones de la OACI respecto a estas pendientes así -



PERFIL DEL EJE LONGITUDINAL DE LA PISTA



PERFIL DEL EJE TRANSVERSAL DE LA PISTA



FIGURA 2.39

como a otros parámetros se resumen en la tabla (2.9).

Es conveniente evitar los cambios de pendiente longitu dinal abruptos y frecuentes a lo largo de la pista debido a las altas velocidades que desarrollan las aeronaves actuales sobre la superficie de la misma, ya que ocasionarían daños a la estructura de los aviones modificando ciertas características operativas. Esto también daña a los pavimentos de la pista, pues la estructura de los mismos no es totalmente estática y como consecuencia de la aplicación repetida de car gas sufrirá deformaciones permanentes, pudiéndose observar hundimientos a lo largo de la pista.

Esta ondulación de la superficie produce un incremento de carga del orden del 165% de la carga estática para el --tren principal y de 238% para la rueda de naríz.

Cuando no es posible evitar el cambio de pendientes -longitudinales, deberán limitarse en número y dimensiones.
Estas transiciones se resuelven por medio de curvas verticales, cuando el cambio de pendientes excede del 0.40%. La longitud de una curva vertical estará determinada por el máximo cambio de pendientes y por el máximo cambio de pendiente per misible por cada 30 m de pista.

Para limitar el número de cambios de pendiente se recomienda la distancia mínima "D" entre cambios de pendiente -que de acuerdo con la OACI puede evaluarse por medio de la --

siguiente expresión:

D = A (S1 + S2)

- .D.- Distancia minima en pies
 - S1- Valor absoluto entre la primera diferencia de pendientes (primera curva vertical).

Donde:

- S2- Valor absoluto entre la segunda diferencia de pendientes (segunda curva).
- A.- Parametro que es función del tipo de aeropuertos (tabla 2.1).

Otro concepto que interviene para definir el perfil -longitudinal de una pista es la distancia visible. La OACI recomienda que exista una perfecta visibilidad entre dos pun
tos situados a una distancia cuando menos de la mitad de la
longitud total de la pista; estos puntos estarán situados a
una distancia "h" definida por encima de la superficie de la
pista,

En el caso de aeropuertos con torres de control, la administración federal de aviación FAA no prevee directamente una distancia de visibilidad, pero si la considera indirectamente al definir las pendientes longitudinales.

Para aeropuertos pequeños que no cuentan con dicha instalación, se especifica una linea visual sin obstrucciones entre dos puntos cualesquiera de la pista, situados a una altura de 1.5 m. Las recomendaciones de la FAA se presentan en la tabla (2.10).

PENDIENTES LONGITUDINALES DE LAS PISTAS

OACI

TIPO DE PISTA CONCEPTO	"A"	"B"	"C"	"D"	"E"
PENDIENTE EFECTIVA MAXIMA.	15	11	18	21	21
PENDIENTE LONGITUDI NAL MAXIMA	1.25%(*)	1.251(*)	1.51	21	21
DIFERENCIA MAXIMA ENTRE DOS CAMBIOS DE PENDIENTE CONSECUTIVOS	1.5%	1.5%	1.51	21	28
CAMBIO DE PENDIENTE POR CADA 30 m (grado de variación máximo de la curva vertical)	0.11	0.11	0.21	0.41	0.45
ALTURA "h" del plano de visibilidad (distancia visible)	3 m	3 m	3 m	2 m	2 m
PARAMETRO "A" para el cálculo de la - distancia mfnima- entre cambios de pendiente.	30000 m	30000 m	15000	5000	5000 m

^(*) Las pendientes máximas en el primer y último cuarto de la pista con clasificación "A" y "B" será del 0.80%. Fuente: Anexo 14. 0 A C I .(1976).

TABLA 2.9

PENDIENTES LONGITUDINALES DE LAS PISTAS

FAA

TIPO DE PISTA	AVIACION COMERCIAL	AVIACION GENERAL	
CONCEPTO	och and the	U [
PENDIENTE EFECTIVA MAXIMA	15	no se especifica	
PENDIENTE LONGITUDINAL MAXIMA	1.51(*)	21	
DIFERENCIA MAXIMA ENTRE DOS CAMBIOS DE PENDIENTE CONSECUTIVOS	1.51	2\$	
CAMBIO DE PENDIENTE POR CADA 30 m(grado de variación máximo de la curva vertical)	0.11	0.331	
PARAMETRO "A" (para el cálculo de la distancia mínima entre cambios de pendiente)	30 000 m	7 500 m	

(*)Las pendientes máximas en el primer y último cuarto de la pista serán de 0.5%, para pistas destinadas a la aviación comercial. Fuente: Circular 150/ 5325-4 F A A

TABLA 2.10

Por lo que respecta al eje transversal de la pista, lapendiente està relacionada directamente con el drenaje de la misma, por lo que deberán evitarse las pendientes suaves.

El criterio que define a las pendientes transversaleses que deberán facilitar la rápida evacuación del agua de la superficie de la pista que será convexa (figura 2.39) excepto en los casos en que una pendiente transversal única quedescienda en la dirección del viento que acompañe a la ---- lluvia con mayor frecuencia, asegure el rápido drenaje de - aquella.

Las pendientes transversales deberían ser tan pronunciadas como sea compatible con las características operacionales de los aviones para los que esté prevista la pista, pero no deben exceder de ciertos límites, tabla (2.11).

PENDIENTE TRANSVERSAL MAXIMA (OACI)

TIPO	DE	PISTA	PENDIENTE	TRANSVERSAL	MAXIMA
	A			1.5%	
	B			1.51	
	С			1.51	
	D			2.01	
	E			2.01	

TABLA 2.11

La F A A recomienda pendientes transversales de 2.01 para aquellas pistas destinadas a la aviación general, en tanto que para aquellas destinadas a aviones comerciales de turbina puede ser hasta de 1.51.

B.- DRENAJE.

La existencia de un sistema adecuado de drenaje para la evacuación rápida de las aguas resulta vital para la seguridad del avión y para la duración de los pavimentos. Un drenaje inadecuado implica la formación de una superficie resbaladiza en el pavimento, lo que afecta al frena do y al despegue del avión disminuyendo la seguridad de lasoperaciones.

La Administración Nacional de Aeronáutica y del Espacio: N A S A (National Aeronautics and Space Administration) y la F A A han realizado estudios conjuntos con pruebas experimentales para llegar a cuantificar los efectos del agua sobre las pistas. Como resultado de estas pruebas se ha determinado que el tirante máximo de agua en la pista es de 13 mm (1/2") cuando operen aviones de turbina. El peso de despegue debe reducirse substancialmente a partir de un tirante de agua de 6.5 mm (1/4").

Cuando los neumáticos se mueven sobre el pavimento con un tirante de agua se produce el fenómeno conocido como Hidroplaneo consistente en la pérdida de adherencia entre las-llantas y el pavimento, perdiendose con ello el control de la aeronave. Este fenómeno es función de varios factores de los cuales el de mayor relevancia es la presión de inflado de los neumáticos, como lo demuestra la expresión que en base a los estudios de la NASA, proporciona la velocidad a laque se presenta este fenómeno a partir de la presión de inflado:

donde:

p= presión de inflado de los neumáticos en Kg/cm cuadrado.

Vp= velocidad a la que se presenta el hidroplaneo, en Km/hr.

La gama de presiones de inflado para reactores comerciales varía de 8.5 a 14 Kg/cm cuadrado; por lo que las velocidades de hidroplaneo varían de 176 a 225 Km/hr que son similares a las de aterrizaje, por lo que es importante impedir tirante de agua de 5 mm en las pistas.

Para evitar todos los problemas que ocasiona una lámina de agua sobre la superficie de las pistas, calles de rodaje y plataforma, se deberá diseñar un sistema de drenajede acuerdo a las condiciones topográficas, climatológicas y de las características del suelo en el que se construirá el aeropuerto.

Las funciones del sistema de drenaje son las siguientes:intersección y desviación de los flujos de agua superficial y subterranea en las cercanias del aeropuerto, evacua--ción de las aguas superficiales y subterraneas en los aero-puertos.

El sistema de drenaje podra integrarse con:pendientestransversales adecuadas, estrías en el pavimento en sentidotransversal, drenes subterraneos(subdrenes), bordos,zanjas,coladeras y pozos de registro.

2.2.3 CALLES DE RODAJE.

La función principal de éstas superficies es la de connectar la pista con la plataforma y los hangares. Las calles de rodaje son importantes para definir la capacidad de las pistas, ya que su diseño deberá realizarse para que el avión que aterrizó abandone la pista a la brevedad posible, permitiendo reducir el espaciamiento entre operaciones en términos de tiempo.

2.2.3.1 CLASIFICACION .

Las calles de rodaje se clasifican desde el punto de vista de su relación con la pista en: calles de rodaje de en trada y calles de rodaje de salida.

A.- CALLES DE RODAJE DE ENTRADA.

Su empleo se requiere en aeropuertos de gran densidad de tránsito en el cual se necesita que el avión esté listo para despegar tan pronto como el avión precedente abandone la pista. En el caso de los aeropuertos mexicanos en su gran mayoría no cuentan con éste tipo de superficies, ya que el tiempo entre operaciones es muy grande, por lo que el tiempo de ocupación de la pista puede ampliarse, o sea que la nececidad define la construcción de las calles de rodaje de entrada.

Las calles de rodaje de entrada generalmente entroncan con la pista en la cabecera y/o umbral cuando este se desplaza. Comunmente este tipo de superficies son perpendicularesa las pistas.

B.- CALLES DE RODAJE DE SALIDA

Las calles de rodaje de salida son indispensables, no así las de entrada, ya que como se menciono anteriormente minimizan el tiempo de permanencia en las pistas de los aviones que han aterrizado.

Existen tres tipos de calles de rodaje de salida:en -ángulo recto, oblicuas o anguladas y de alta velocidad.

Calles de rodaje en ángulo recto.-

Son aquellas cuyo eje forma un angulo de entre 60° y-170°con el eje de la pista, medido con respecto a la dirección de aterrizaje,(figura 2.40-a)

Calles de rodaje oblicuas o anguladas .-

Son aquellas cuyo eje forma con el de la pista un ángulo de 31° a 59°, medidos también con respecto a la dirección de aterrizaje; la velocidad máxima de giro será de 50 a 65 - Km/hr. (figura 2.40 b).

Calles de rodaje de alta velocidad.-

Son aquellas en las cuales los aviones pueden abandonar la pista a una velocidad entre 65 y 95 Km/hr;el ánguloentre ejes es de 10°a 30°, (figura 2.40 c).

CALLES DE RODAJE DE SALIDA

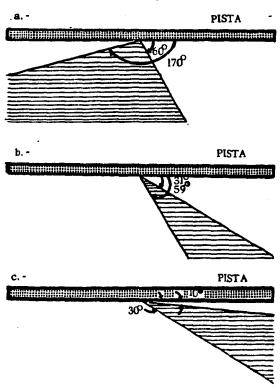


FIGURA 2.40

Las calles de rodaje de alta velocidad deben tener una longitud tal que permita al avión llegar a la velocidad normal de rodaje mediante una desaceleración suave. En cuanto - a su curvatura se hace necesario diseñarlas como una curva - compuesta, esto es con una curva inicial de mayor radio de -- curvatura con objeto de suavizar la salida; además se le proporciona un ensanchamiento en el tramo inicial que se va reduciendo gradualmente hasta alcanzar el ancho normal.

2.2.3.2 CARACTERISTICAS GENERALES

Las características mas importantes de las calles de rodaje son: número,localización, ancho, pendientes, distancias entre calles paralelas. Estas características se ven afectadas por diversos factores como son tipo de avión, velocidad de salida, condiciones meteorológicas, condiciones detránsito aéreo,variabilidad en las técnicas de pilotaje y -procedimientos constructivos.

La evaluación de estos parámetros es compleja y pocopráctica, por lo que para el análisis de las calles de rodaje se emplean métodos simplificados.

A, - UBICACION DE LAS CALLES DE RODAJE.

El proceso de aterrizaje se inicia cuando el avión $cr\underline{u}$ za el umbral de la pista y desacelera en el aire hasta que -

el tren de aterrizaje principal toca la superficie del pavimento, segundos después el tren de naríz hace contacto con la pista, empleandose entonces la técnica correspondiente de frenado reduciendose la velocidad hasta la de salida en la calle de rodaje.

La distancia desde el umbral hasta la calle de rodajede salida se descompone en dos tramos; el primero desde el umbral hasta el punto de toque de ruedas "L" y el segundo -desde este último hasta la calle de rodaje de salida "D". La
primera distancia "L" se considera fija para una determinada
clase de avión. De acuerdo a la F A A segun lo siguiente: para
pistas clasificadas B la distancia "L" será de 305 m, parala clasificación C y D esta distancia será de 450 m.

La distancia "D" entre el toque de ruedas y el puntosde intersección de tangentes (figura 2.41) se calcula por -medio de la siguiente expresión:

$$D = (V_1^2 + V_3^2)/2 a$$

donde:

 V_1 velocidad de toque de ruedas (que seconsidera un 30% superior a la velocidad de desplome "Vd" correspondiente a un peso de aterrizaje definido como el 85% del máximo peso estructural de aterrizaje). V_2 velocidad inicial de salida.

a = aceleración negativa media (para aviones comerciales a=1.5 m/seg²)

UBICACION DE LAS CALLES DE RODAJE

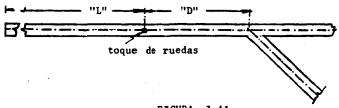


FIGURA 2.41

Aunque son variables las velocidades de toque de rue-das son del orden de:

Boeing 707, DC-8, DC-10, L-1011, Boeing 747	260 Km/hr
DC-9, Boeing 727, Boeing 737	240 Km/hr
Aviación general (dos motores no reactores)	176 Km/hr
Aviación general (un motor)	111 Km/hr

B.- METODO DE GEOMETRIZACION DE CALLES DE RODAJE DE LA FAA.

Las calles de rodaje estan influidas directamente por la geometría del avión y su capacidad de maniobrabilidad en el terreno. Dado lo anterior la geometrización de las calles de rodaje se basa en el tipo de avión que operará sobre de ella.

De acuerdo a las características del avión se determina el grupo de calle de rodaje, de acuerdo a la tabla (2.12) GRUPOS DE CALLES DE RODAJE

GRUPO DE CALLE DE RODAJE	"I"	"II"	"III"	"IV"
ANCHO DEL TREN MAS LA BASE	HASTA 23m	HASTA 37m	HASTA 50m	HASTA 64m
ANCHO DEL TREN	HASTA 6 m	HASTA 11m	HASTA 18m	HASTA 23m
ENVERGADURA	HASTA 34m	HASTA 46m	HASTA 67m	HASTA 94m

Fuente: Circular 150/5330-2.F A A . TABLA 2.12

Estos grupos consideran las características de los --reactores comerciales, (tabla 2.13).

RELACION AVIONES COMERCIALES-GRUPOS DE CALLES DE RODAJE.

GRUPO DE CALLE	AVIONES INCLUIDOS
"I"	Boeing 727-100; Boeing 737-100-200
	DC-9-10-30-40;BAC-111;F-28
"II"	Boeing 707;720;727-200; DC-8;DC-10,L-1011;,A-300
"III"	Boeing 747
"IV"	Aviones futuros.

Fuente: Circular 150/5330-2.FAA.

TABLA 2.13

La FAA de acuerdo a la clasificación anterior define - las características geométricas de las calles de rodaje, res<u>u</u> midas en la tabla(2.14) y de acuerdo a la figura (2.42).

CARACTERISTICAS GEOMETRICAS DE LAS CALLES DE RODAJE ESPECIFICACIONES DE LA FAA

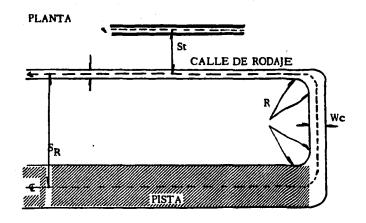
CONCEPTO Y SIMBOLO(*)	"I"	GRUPOS	"111"	"IV"
ANCHO DEL PAVIMENTO ESTRUCTURAL(Wt)	15	23	30	38
ANCHO EN CURVAS (Wc)	20	27	35	43
ANCHO DEL ACOTAMIENTO	6	8	11	
ANCHO DEL AREA DE SEGURIDAD	33	50	61	
DISTANCIA ENTRE EJES DE UNA CALLE DE RODAJE Y UNA PISTA.(Sr).	122	122	226	305
DISTANCIA ENTRE CALLES DE RODAJE PARALELAS(St)	61	91	91	122
DISTANCIA ENTRE EL EJE DE UNA CALLLE DE RODAJE Y UN OBSTACULO FIJO.	- 32	43	55	
RADIO EN CURVAS. (R)	30	45	45	61

^(*) distancias en metros.

Fuente: Circular 150/5330-2. F A A.

TABLA 2.14

CALLES DE RODAJE ESPECIFICACIONES:FAA



PERFIL



FIGURA 2.42

C.- RECOMENDACIONES DE LAS CARACTERISTICAS FISICAS DE LAS CALLES DE RODAJE SEGUN LA OACI.

La OACI en el Anexo 14 da recomendaciones refentes a - distancias libre entre ruedas y borde, anchos, curvas y distancias mínimas de separación entre calles de rodaje. Estas-recomendaciones las establece la OACI en función de la clasificación de la longitud de pista básica (LPB).

El trazado de una calle de rodaje deberá ser tal que cuando el piloto del avión se mantenga sobre el eje de la --calle de rodaje, la distancia libre entre la rueda exteriordel tren principal y el borde del pavimento no sea inferior a lo establecido en la tabla(2.15). Esta distancia debe mantenerse en curvas e intersecciones como se muestra en la $f\underline{i}$ gura (2.43).

Las distancias entre calles de rodaje y pistas deberá ser la recomendada o mayor , para evitar interferencias --- cuando dos aviones circulen sobre estas superficies simultaneamente.

ESPECIFICACIONES PARA CALLES DE RODAJE

OACI

CONCEPTO		LETRA DE CLAVE				
(a)		"A"	"B"	"C"	"D"	"E"
DISTANCIA ENTRE RUEDA Y BORDE DE PAVIMENTO		4.5	4.4	3.0	2.25	1.5
ANCHO .		23.0	23.0	15.0	10.0	7.5
DISTANCIA ENTRE CUALQUIER PUNTO DEL BORDE DE UNA CALLE DE RODAJE Y UNA PISTA	IFR	150.0	150.0	150.0		
	OTRA	75.0	73.0	73.0	36.0	29.0
DISTANCIA ENTRE CUALQUIER PUNTO DEL BORDE DE UNA CALLE DE RODAJE Y EL BORDE DE OTRA CALLE DE RODAJE.		62.0	52.0	43.0	27.0	23.0
DISTANCIA ENTRE CUALQUIER PUNTO DEL BORDE DE UNA CALLE DE RODAJE Y UN OBJETO FIJO		38.0	30.0	26.0	18.0	16.0
(*) distancias en metros.						

Fuente: Anexo 14. 0 A C I (1976).

TABLA 2.15

CURVA DE CALLE DE RODAJE

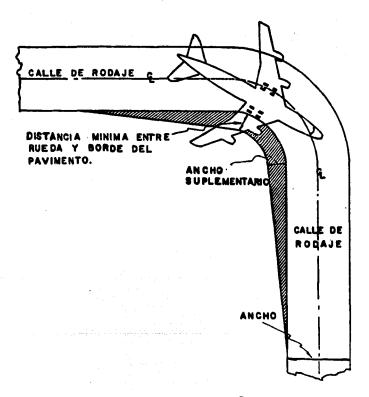


FIGURA 2.43

2.2.4 PLATAFORMAS

El aeropuerto deberá contar con las plataformas suficientes para satisfacer la demanda definida en número de posiciones de aviones en plataformas. En esta superficie se realizan el embarque y desembarque de pasajeros, carga y/o correo, así como ciertas actividades de servicio y espera.

2.2.4.1 CLASIFICACION

En función del destino de las plataformas se tienen $v\underline{a}$ rios tipos: de carga y descarga de pasajeros, de embarque y-desembarque de carga y/o correo, de pernocta, de aviación $g\underline{e}$ neral, y de mantenimiento.

Para cada uno de estos casos se tendrán criterios diferentes para su dimensionamiento. En la mayoría de los aeropuertos la plataforma principal integra los dos primeros tipos mencionados y es la que analiza fundamentalmente en el proyecto. El objetivo primordial de esta plataforma es servir de conexión entre el edificio terminal y el área de calles de rodaje y pistas; estableciéndose un vínculo dependiente entre la plataforma y el edificio terminal por lo que sus características se definen en conjunto. Así la configuración de la plataforma varía en función de la del edificio reminal.

2.2.4.2 CONFIGURACIONES BASICAS.

La configuración de la plataforma depende además de -las características del edificio terminal, de los modelos de circulación y de las calles de rodaje.

Las configuraciones básicas son cuatro: configuración lineal, configuración de andenes, configuración de satélite, y configuración abierta.

A. - CONFIGURACION LINEAL.

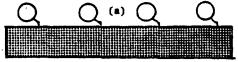
Esta disposición presenta la agrupación de las posiciones de estacionamiento lo mas cerca posible del edificio terminal, alineadas paralelamente a éste último.

Representa el sistema mas simple ya que permite la centralización del conjunto edificio terminal-plataforma. Tiene como ventaja una gran flexibilidad de la expansión, ya que puede hacerse linealmente, sin que se afecten las operaciones en el área existente (figura 2.44 a).

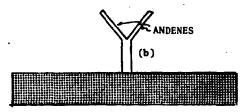
B.- CONFIGURACION DE ANDENES.

Similar al sistema de muelles, los aviones se estacionan a lo largo del anden (figura 2.44 b), originalmente surgió como una solución para incrementar la capacidad de la --plataforma de un edificio terminal único que contaba con configuración lineal.

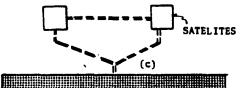
CONFIGURACIONES BASICAS DE PLATAFORMAS



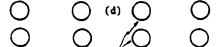
EDIFICIO TERMINAL



EDIFICIO TERMINAL



EDIFICIO TERMINAL



POSICION DE AVIONES



EDIFICIO TERMINAL

FIGURA 2.44

Es una disposición poco flexible ya que al ampliar el sistema se incrementa la distancia de tránsito de los pasaje ros. En esta configuración puede destinarse una sola sala de espera para varias posiciones en plataforma.

C.- CONFIGURACION DE SATELITES

En la configuración de satélites las aeronaves se esta cionan alrededor de pequeñas unidades denominadas satélitesque se encuentran separadas del edificio terminal (figura -- 2.44-c). Con esta disposición se incrementa la maniobrabilidad de los aviones en plataforma; otra ventaja de los satélites es que permite compartir los equipos auxiliares en laplataforma.

Una desventaja de esta configuración es que requiere - mayor área de plataforma que las otras; también tiene la limitación de su poca flexibilidad para futuras ampliaciones.

D. - CONFIGURACION ABIERTA

En la configuración abierta o de transportes móviles - se tiene una plataforma separada del edificio terminal; para efectuar el enlace entre estos elementos se emplean autobu-ces o salas móviles (figura 2.44-d).

La configuración abierta tiene una gran flexibilidad-para servir a aeronaves de gran capacidad y proporciona una solución factible a corto plazo para atender incrementos -temporales de la demanda.

Otra ventaja de esta disposición es que simplifican las operaciones en la plataforma al no ser necesario aproximar - el avión al edificio terminal. Como desventaja de esta configuración se tiene que requiere de un venículo de conexión con posible exposición a la intemperie del pasajero.

La selección de cualquiera de estos sistemas básicos - o sus combinaciones se ve influenciada en gran medida por -- el sistema de manejo de pasajeros y carga en el edificio --- terminal.

Las soluciones adoptadas hasta ahora son muy variadas como lo muestran los siguientes ejemplos:
-Configuración Lineal,

Los aeropuertos de: Dallas-Fort Worth, E.U.A.; Internacional de Kansas, E.U.A.; La Paz, B.C. N.; Manzanillo, Colima; --Puerto Vallarta, Jalisco; Zihuatanejo, Gro; Cancún; Q. Roo y Tuxtla Gutierrez, Chiapas.

-Configuración de transportes móviles (abierta).

Aeropuerto Internacional Dulles de Washington, E.U.A; Aeropuerto "Mirabel" de Montreal, Canadá, (figura 2.57). •Configuración de andenes.

Aeropuertos: Orly de París, Francia; Heathrow de Lon---dres, Inglaterra; O'Hare, E.U.A.; Guadalajara, Jalisco; Mérida Yucatán y Tijuana, Baja California N. - Configuración de Satélites.

Aeropuertos: Charles de Gaulle de París, Francia; Internacional de Los Angeles, California, E.U.A.; Intercontinental de Houston, Texas, E.U.A.

- Configuración Lineal y de Transportes móviles.

Aeropuerto Internacional "Lic Benito Juarez" de la ciu dad de México.

- Configuración de Andenes y de satélites.

Aeropuerto de Seattle- Tacoma, Washington, E.U.A.

- Configuración Lineal , de andenes y de salas móviles.

Aeropuerto John F. Kennedy de Nueva York, E.U.A

2.2.4.3 CRITERIOS DE DISEÑO.

El dimensionamiento de la plataforma es función de -tres factores : número de posiciones de estacionamiento, dimensiones de cada posición de estacionamiento, forma de estacionamiento del avión en cada posición.

A.- NUMERO DE POSICIONES DE ESTACIONAMIENTO DE AVIONES,

El número de posiciones se determina en base al volumen de demanda definido como flujo horario, así como al tiem po de utilización de cada aeronave, que dependerá de la forma de operar en la plataforma.

La forma de operación puede ser estacionaria o procesional, la estacionaria es aquella en la cual el avión en un solo lugar recibe todos los servicios necesarios, es abordado o abandonado por los pasajeros y es cargado y descargado.

La operación procesional es aquella donde el avión varecorriendo diferentes lugares para efectuar las actividades necesarias, este modo de operación es conveniente para aviones de gran capacidad que requieren mucho equipo auxiliar de tierra.

El tiempo de ocupación de la plataforma varía también por las necesidades de servicio, no requiere el mismo tiempo un avión en tránsito que uno en escala normal.

B. DIMENSIONES DE CADA POSICION DE ESTACIONAMIENTO.

El área destinada a cada posición de estacionamiento - depende del tipo de avión y de la manera de estacionarse del mismo. En cuanto al tipo de avión deberán conocerse ciertas - características de los mismos al diseñar la plataforma. Las-características principales son: dimensiones y pesos, puntos de servicio, características de los flujos de escape de los-motores y radios de giro teóricos de los aviones; todo esto-permitirá evaluar la maniobrabilidad del avión.

El área a ocupar por el avión deberá incluir áreas para el avión en movimiento, para el equipo auxiliar (de rampa)

en movimiento y estacionado y para la carga y descarga. Estas áreas son del orden de 10 000 a 12 000 m² por aeronave --(del tipo de las que emplean las líneas aéreas comerciales)lo que da una idea de la magnitud de la plataforma.

C .- FORMA DE ESTACIONAMIENTO DEL AVION EN CADA POSICION.

Con respecto a la forma como el avión se estaciona con relación al edificio terminal se tienen cinco casos:estacionamiento paralelo, estacionamiento proa hacia adentro, estacionamiento proa hacia afuera, estacionamiento en diagonal hacia adentro y estacionamiento en diagonal hacia afuera.
-ESTACIONAMIENTO PARALELO.

Este modo de estacionamiento coloca al eje longitudinal del avión paralelo al edificio terminal (figura 2.45-a).

Esta posición tiene como ventaja que es la mas facilde obtener ya que las maniobras son mas sencillas que en las
otras configuraciones. El avión se impulsa con sus propiosmotores tanto a la entrada como a la salida efectuando movimientos suaves con lo que se logra minimizar el ruido y elescape de los gases de los motores. Otra ventaja es que todas las puertas de un lado de la aeronave quedan dispuestas
a una misma distancia del edificio terminal.

Este tipo de estacionamiento ocupa un mayor porcentaje de la longitud de la fachada del edificio terminal que los-

FORMAS DE ESTACIONAMIENTO DE LAS AERONAVES

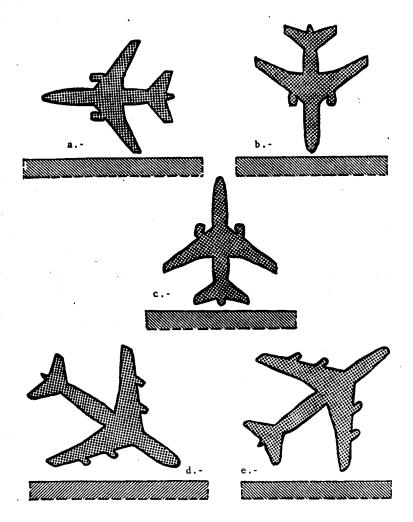


FIGURA 2.45

otros modos de estacionarse, lo que constituye una desventaja al igual que el hecho de que los gases de escape de las turbinas estan dirigidos en ocasiones sobre otros aviones, sobre el equipo de rampa o sobre pasajeros y personal.

-ESTACIONAMIENTO PROA HACIA ADENTRO.

El avión se estaciona en ángulo recto con el eje del edificio terminal con la parte delantera lo mas cerca posi-ble de este último. El avión entra impulsado por sus pro--pios motores con los gases de escape en dirección opuesta al
edificio, lo que constituye una ventaja ya que no eleva el nivel de ruido en el interior de la terminal; por otro lado
se emplea la longitud de la fachada con mayor eficiencia ya
que pueden colocarse una mayor cantidad de aviones que pue-den abordarse por medio de puentes o pasillos telescópicos.

La mayor desventaja es la necesidad de emplear equiporemolcador para salir de la plataforma, incrementando el ---tiempo de ocupación de la misma.(figura 2.45-b).

-ESTACIONAMIENTO PROA HACIA AFUERA.

En este tipo de estacionamiento se coloca al avión en ángulo recto con el edificio terminal, con la parte posterior lo mas cerca posible del mismo.(figura 2.45-c). Esteres un tipo de estacionamiento que no es usado debido principalmente a la dificultad de maniobra, ya que al salir el -----

el avión dirigirá siempre los gases de escape de la turbina sobre el edificio terminal, creándose adicionalmente un altonivel de ruido.

-ESTACIONAMIENTO EN DIAGONAL PROA HACIA ADENTRO.

El avión se coloca con un ángulo de 50°a 60°con respecto al edificio terminal (figura 2.45-d). Permite la colocación de puentes para el abordaje de pasajeros, lo que representa una ventaja por la comodidad que le brinda al usuario.

Como desventaja se tiene la necesidad de emplear remo<u>l</u> ques, así como la dirección de los gases de escape sobre eledificio terminal, con lo que se incrementa el nivel de ruido; además de ocupar un área mayor requiriendose mayor long<u>i</u> tud de fachada del edificio terminal.

-ESTACIONAMIENTO EN DIAGONAL PROA HACIA AFUERA.

Similar al caso anterior con la diferencia que la parte posterior del avión es la que se ubica lo más cerca posible del edificio terminal(figura 2.45-e).

Ninguna de las alternativas anteriores es una solución ideal, para un caso específico deberá buscarse la máxima comodidad para los pasajeros, facilitar el embarque de carga, así como permitir una circulación ágil en las plataformas.

para lograr esto deberán compararse las ventajas y desventajas de cada tipo de estacionamiento, tomando en cuenta las preferencias de las líneas aéreas que usarán el sistema.

Para completar el diseño de la plataforma deberán con siderarse otros aspectos como drenaje, pendientes y señalamientos.

2.2.5 EJEMPLO DEL SISTEMA.

2.2.5.1 AEROPUERTO DE TUXTLA GUTIERREZ, CHIAPAS.

En Tuxtla Gutiérrez, capital del estado de Chiapas se ha incrementado notablemente la demanda de transporte aéreo por 10 que el aeropuerto ubicado en las cercanías de la población de Terán fué insuficiente, éste aeropuerto cuenta - con una pista única (17-35).

Se analizaron varias alternativas para ubicar al nuevo aeropuerto encontrándose como la mas adecuada, la situada en las cercanías de la población de Ocozocoautla (figura 2.46), que satisfacía los requerimientos en cuanto a características de viento y topografía.

Para definir la orientación de la pista se empleó la rosa de vientos descrita anteriormente (figura 2.23) en la que se puede observar que en la dirección W-E se tienen -- los porcentajes menores de vientos, resultando factores de utilización aceptables por lo que se orientó la pista con un

azimut N 90°E que definió su identificación 09-27.

La demanda estimada en Tuxtla Gutierrez se satisfacecon una pista única, cuya longitud se diseño considerando -como avión crítico al BOeing 727-200 o similares, esta longi
tud es de 2 500 m por 30 m de ancho.

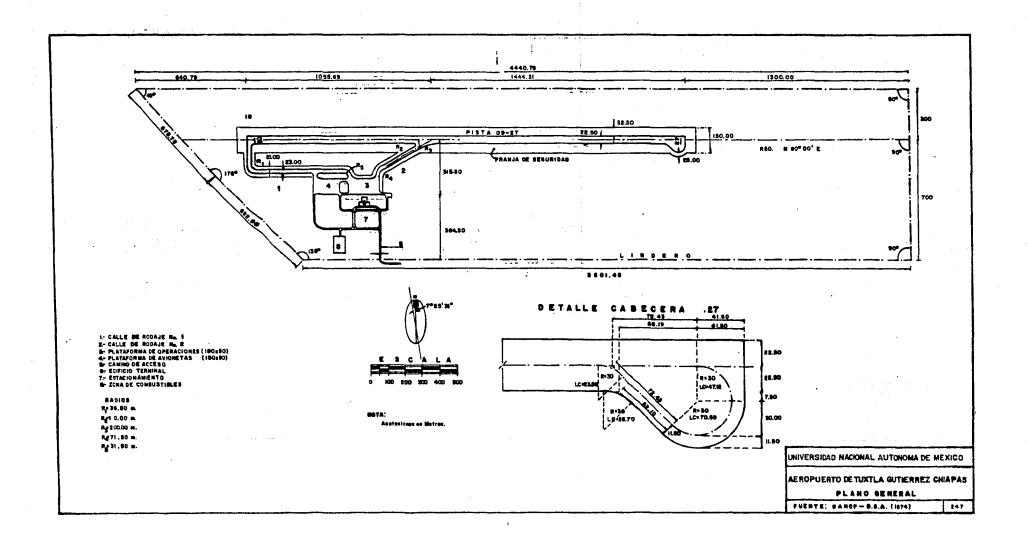
Las características generales del aeropuerto de Tuxtla Gutierrez se muestran en el plano general anexo (figura 2.47).

AEROPUERTO DE TUXTLA GUTIERREZ, CHIAPAS



FIGURA 2.46

A PARTIR D ESTA PAGINA FALLA DE ORIGENI



2.3 ZONA TERMINAL.

2.3.1 ANALISIS DE FLUJOS

Para efectos de análisis de la zona terminal deberán - conocerse que actividades se desarrollan dentro de sus límites; las actividades mas importantes que se efectúan en éste sistema aeroportuario son: recopilación de información, compra de boletos, documentación y reclamo de equipaje, servicios múltiples en las áreas concesionadas, espera en las salas de salida y otras mas.

Estas actividades no son aisladas sino que tienen una secuencia que configura flujos dentro del edificio terminal; estos flujos forman parte importante del proceso de análisis para determinar el tamaño y la capacidad de las principales áreas funcionales de este sistema.

2.3.1.1 TIPOS DE FLUJOS.

Los tipos de flujos en un aeropuerto son dos: el flujo en el edificio terminal y el flujo hacia o desde el avión, - estos flujos son esencialmente de pasajeros y equipaje los - cuales pueden agruparse en las siguientes categorías: pasaje ros y equipaje en el origen, pasajeros y equipaje en el destino, pasajeros y equipaje en tránsito y transferencia.

A .- PASAJEROS Y EQUIPAJE EN EL ORIGEN.

Esta categoría de pasajeros llega al aeropuerto em---pleando las vías de acceso, documenta su equipaje, se separa
de sus acompañantes, se reune con otros pasajeros en la sala
de espera, se somete en caso de existir a los controles gu-bernamentales y de seguridad y aborda su avión. Estas actividades aunque no estrictamente en ese orden deberá seguir el
pasajero que se encuentre en el aeropuerto de origen dispues
to a realizar su viaje. En este caso las características del
flujo de pasajeros y equipaje serán función de las condiciones existentes en el camino de acceso y en el edificio termi
nal.

B.- PASAJEROS Y EQUIPAJE EN EL DESTINO.

Esta categoría difiere de la anterior, en que el pasajero llega al aeropuerto a bordo del avión y usará las facilidades del edificio terminal en sentido inverso al descrito anteriormente; generalmente estos pasajeros abandonarán en grupo el avión dirigiéndose a reclamar su equipaje, seguirán con otros servicios hasta que abandonen las instalaciones ae roportuarias por el camino de acceso.

En este caso las características del flujo estan direc tamente relacionadas con la frecuencia de llegadas de avior-nes, así como a su capacidad y porcentaje de ocupación.

C.-PASAJEROS Y EQUIPAJE EN TRANSITO Y TRANSFERENCIA

Esta categoría incluye a aquellos pasajeros que tienen a un aeropuerto como una escala en su viaje y no como su destino final; esta situación se presenta al caracer el usuario de vuelos directos desde su lugar de origen hasta el destino deseado. Cuando este tipo de pasajeros es numeroso deben ana lizarse cuidadosamente su frecuencia de llegada y sus rutasde flujo.

2.3.1.2 CARACTERISTICAS DE LAS RUTAS DE FLUJO.

En términos generales las rutas de flujo de pasajerosy equipaje deberán tener las características siguientes:serlo mas corta y directa posible, permitir direcciones múltiples, tener una gran flexibilidad, permitir el manejo de pasajeros individualmente o en grupo, introducir un minimo número de cambios de nivel.

Otra consideración importante respecto al flujo de pasajeros se relaciona con el control que establecen las autoridades gubernamentales principalmente de tipo migratorio, de seguridad, y sanitario que añade una actividad mas al flujo.

Esto hace que los pasajeros internacionales tengan -una ruta de flujo más compleja que los pasajeros locales, por lo que cuando sus patrones difieran radicalmente deberán
analizarse separadamente.

167

A.- FLUJO EN EL AREA TERMINAL.

Para diseñar el flujo en el área terminal deberán tomarse en cuenta una serie de factores que lo afectan directa
mente como son:distancia por caminar, separación entre tránsito local e internacional, cambios de nivel, facilidades pa
ra pasajeros incapacitados, sistema de información, concesio
nes, áreas para documentación, para abordaje y llegadas y para pasajeros en tránsito y tranferencia.

-DISTANCIA POR CAMINAR

Para diseñar el edificio terminal deberá estudiarse -que la distancia que deben caminar los pasajeros sea lo mascorta posible.

El edificio terminal tendrá varias áreas funcionales -como son: área del estacionamiento a la documentación de ---equipaje, área de documentación-reclamo de equipaje y áreadel reclamo de equipaje a la salida mas alejada.La separa--ción entre éstas áreas determina la distancia por caminar.

La Asociación Internacional del Transporte Aéreo: IATA (International Air Transport Association) recomienda como -- distancia máxima total por caminar 300m.

Cuando se tengan distancias mas grandes deberán propor cionarse mecanismos de asistencia a los pasajeros, aunque es tos son muy costosos, debiéndose instalar únicamente cuandose ha demostrado su utilidad por medio de un análisis beneficio/costo.

- SEPARACION ENTRE TRANSITO LOCAL E INTERNACIONAL.

Cuando la separación entre pasajeros locales e interna cionales es necesaria deberá diseñarse una distribución flexible que permita emplear ésa separación para las diversas categorías de pasajeros ya mencionadas.

Deberá solicitarse la colaboración de las autoridades gubernamentales a fin de simplificar los flujos reduciendo o eliminando controles.

- CAMBIOS DE NIVEL.

Cuando sea necesario la utilización de varios niveles por los que deban circular los pasajeros deberán proporcionarse escaleras y rampas móviles al menos en el sentido ascendente; los pasajeros no deberán cargar mas que su equipaje de mano entre niveles.

El uso de elevadores para pasajeros no es conveniente como lo demuestra la experiencia. El uso de este mecanismo deberá destinarse únicamente a los pasajeros inválidos o incapacitados.

FACILIDADES PARA PASAJEROS INCAPACITADOS.

El edificio terminal deberá ser diseñado considerando disposiciones especiales para facilitar el movimiento de pasajeros incapacitados que sean conducidos en sillas de - -

ruedas y camillas. Dentro de estas disposiciones estará contar con pasillos y entradas bastante anchas, también deberácontarse con rampas, todo esto permitirá a los pasajeros ensillas de ruedas seguir las rutas de flujo de los pasajeros normales. En el caso de camillas es conveniente, cuando seaposible diseñar rutas especiales que permitan rebasar al flujo de pasajeros normales.

-SISTEMA DE INFORMACION INTEGRAL AL PUBLICO.

- CONCESIONES.

Deberán situarse locales dentro del edificio terminal, de manera tal que no interfieran con el flujo de pasajeros, pero de fácil acceso y visible desde la ruta de los posibles usuarios de las concesiones.

La naturaleza de estas concesiones es muy variada, las mas usuales son restaurantes, cafeterías, tiendas de diversos géneros, farmacias, sucursales bancarias, agencias de se guros y telefonos.

En la figura (2.60) se pueden observar la ubicación de las concesiones en el edificio terminal del aeropuerto de --Villahermosa, Tabasco.

Las concesiones son de gran importancia ya que contribuyen con un relevante porcentaje a los ingresos no aeronáuticos.

-AREA PARA DOCUMENTACION.

El área que rodea a los mostradores de documentación - deberá ser lo suficientemente grande para acomodar a los --- acompañantes de los pasajeros y a estos sin interferir con - el proceso de documentación, de lo contrario la disposición de la zona de documentación deberá separar a los pasajeros - de sus acompañantes en ese punto. Generalmente lo que determina esta separación es el control gubernamental o el de seguridad.

-AREA PARA ABORDAJE.

El área de última espera, a partir de la cual se efectuará el abordaje de pasajeros, deberá estar tan cerca del --

avión como sea posible.

- AREA PARA LLEGADAS.

Deberán destinarse áreas para la recepción de pasajerros internacionales para poder efectuar los controles de entrada (migratorios, aduanales, de seguridad, sanitarios, --etc.); deberá cuidarse también el flujo de estos pasajeros -hasta que se reunan con el público en general.

- PASAJEROS EN TRANSITO Y TRANSFERENCIA.

El diseño de la zona terminal deberá contemplar la el<u>i</u>minación de controles gubernamentales a los pasajeros internacionales en tránsito y transferencia.

B. - FLUJO AL AVION.

El flujo de pasajeros entre edificio terminal y avión deberá ser ágil y sin complicaciones con rutas claramente definidas con seguridad y funcionalidad aceptables. Los pasajeros deberán abordar el avión sin cambios bruscos en el nivel del piso y con protección a las inclemencias del clima, a los escapes de los motores y al ruido.

El flujo de pasajeros al avión es obviamente afectado por la disposición de las plataformas empleadas y por los mecanismos para la conducción del pasajero hasta la aeronave. La comprensión de las rutas de flujo es mas fácil con diagramas de flujo como los que se presentan el la figura--(2.48) y que describe el flujo de salida.

2.3.2 SISTEMA DE MANEJO DE PASAJEROS.

2.3.2.1 COMPONENTES DEL SISTEMA DE MANEJO DE PASAJEROS.

Para manejar los flujos de pasajeros deberá diseñarse un sistema que tenga como propósitos fundamentales: establecer un enlace con el modo de acceso, procesar al viajero que inicia o acaba un viaje aéreo, transportar al usuario desde o hacia el avión.

De acuerdo a estos propósitos pueden definirse las componentes del sistema; que son tres. Estas componentes y sus instalaciones se describen a continuación:

A. - CONEXION CON LOS ACCESOS.

El pasajero pasa de su modo de viaje de acceso al aero puerto a la componente de tramitación.

Las instalaciones necesarias son:

- Aceras de llegadas y salidas para la bajada o subida de aquellos pasajeros que utilizan el automóvil como medio de -transporte de acceso al aeropuerto.
- Conexiones suficientes con los diferentes estacionamientos $\mbox{\bf del aeropuerto.}$

DIAGRAMA DE FLUJO DE SALIDA

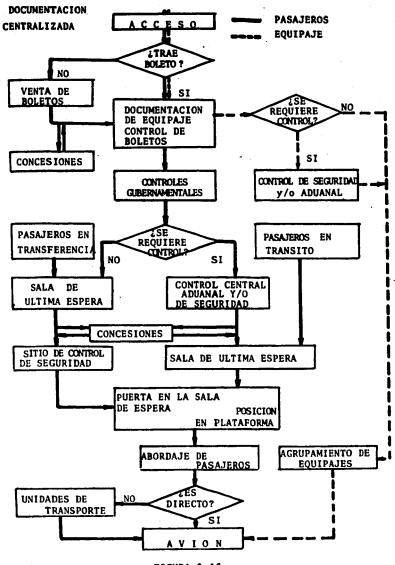


FIGURA 2.48.

- Instalaciones para embarque y desembarque de los pasajeros que emplean el transporte colectivo: autobuses, trenes rápidos, etc.
- Medios para la predocumentación de equipaje.

B. - TRAMITACION

El pasajero realiza los trámites necesarios para iniciar o concluir un vuelo. Las actividades principales son: venta de boletos, documentación de equipaje, reclamo de equipaje y control. Deben proporcionarse las siguientes instalaciones:

- Mostradores de las compañías aéreas para venta de boletos y documentación del equipaje.
- Mostradores de control; seguridad, aduana, sanidad e inmigración.
- Mostradores para el reclamo de equipaje.

Anexa a la tramitación se ofrecen servicios muy variados como teléfonos públicos, casilleros de depósito, correo, restaurantes, cafeterías, máquinas de alimentos, tiendas, --bancos, servicios sanitarios, etc. También deben proporcionarse instalaciones para las compañías aéreas tales como des pachos, comunicaciones, etc.

El aeropuerto tiene una administración propia y representaciones del gobierno por lo que deberán proporcionarse - oficinas para el personal de seguridad, de inmigración y aduanas, sistemas de alto parlante, así como espacios para el para el equipo y personal de mantenimiento.

C.- CONEXION CON EL VUELO

De la componente anterior, los pasajeros se concentran y se trasladan al avión, o bien desembarcan y se trasladan desde el avión.

Se requiere proporcionar:

- áreas de espera ante las puertas de salida hacia el avión.
- Modios de transporte como escaleras mecánicas, autobuses, salas móviles, pasillos telescópicos, etc.
- Medios de transporte para los pasajeros en tránsito, inclu yendo corredores y zonas de espera.

2.3.2.2 CONCEPTO DE DOCUMENTACION.

Es conveniente definir el concepto de documentación o tramitación, ya que tiene gran influencia en la distribución de la terminal de pasajeros. Las líneas aéreas deberán ser consultadas para definir conjuntamente el concepto mas adecuado, ya que los conceptos típicos dependen de los modos de operación de las compañías aéreas, de las rutas, de las características de carga, etc.

Los conceptos típicos de tramitación son tres:

- Tramitación centralizada, tramitación descentralizada, tramitación en la puerta.

A.- TRAMITACION CENTRALIZADA.

Los pasajeros y su equipaje son procesados en un área común con mostradores que pueden dividirse en secciones específicas asignadas a aerolíneas y vuelos o bien los pasajeros tienen la libertad de documentarse en cualquier posición del mostrador.

La configuración de los mostradores de tramitación definirán el largo y el ancho del edificio. (figura 2.49).

B. - TRAMITACION DESCENTRALIZADA.

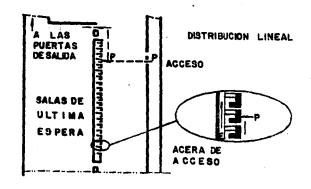
Las funciones de tramitación se separan en dos o mas - sitios dentro del complejo terminal. La distribución física de las terminales con tramitación separada varía grandemente de acuerdo al tipo de procedimiento empleado.

C. - TRAMITACION EN LA PUERTA.

Los pasajeros y su equipaje son procesados en mostradores de tramitación enfrente de las salas de última espera. - (figura 2.50).

Este concepto simplifica los procedimientos de tramitación, acortando la distancia por caminar dentro de la ---

EJEMPLOS DEL CONCEPTO DE DOGUMENTACION CENTRALIZADA



E-EQUIPAJE P-PASAJEROS

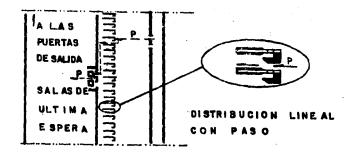
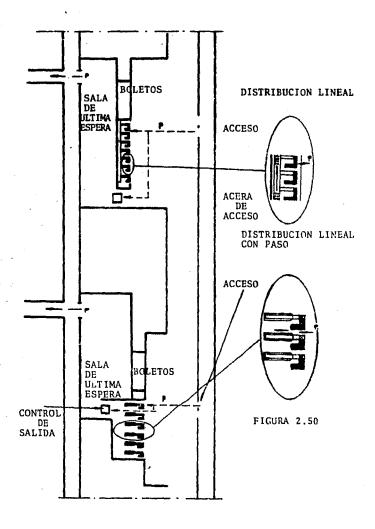


FIGURA 2.49

EJEMPLOS DEL CONCEPTO DE DOCUMENTACION EN LA PUERTA.



terminal y reduce el tiempo de documentación; este concepto se emplea para vuelos nacionales cuando el pasajero compró su boleto previamente y no lleva equipaje como en el caso de viajes de negocios.

2.3.2.3 CONCEPTO DE ZONA TERMINAL

Las instalaciones mencionadas anteriormente deberán -agruparse de acuerdo a un concepto general de zona terminal.
Este concepto deberá ser congruente con la configuración de
plataformas.

Los conceptos de zona terminal son cinco:

Concepto lineal, concepto de andenes, concepto de satélites, concepto de transportes méviles, concepto de unidades terminales.

A.- CONCEPTO LINEAL.

Se adapta principalmente a la configuración lineal de plataformas. Por su forma permite el uso de una de las caras del edificio como acceso y la otra como conexión con las aeronaves.

Para obtener un diseño funcional de esta configuración deberá tenerse una ruta directa del flujo de pasajeros y equipaje, para que la distancia por caminar sea mínima, también deberá tenerse especial cuidado en la señalización exterior.

para que el pasajero arribe al edificio por el acceso adecua do a la compañía de aviación que le corresponda.

Este concepto permite un tratamiento centralizado, o - descentralizado; puede descentralizarse colocando adecuada - mente las salas de espera de salida, las áreas de boletos y equipaje y las posiciones de los accesos al avión.

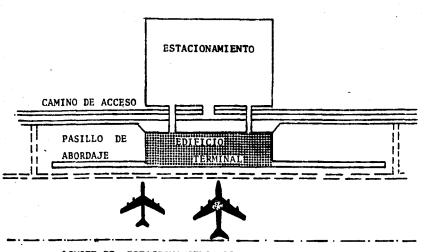
Como una variación de este concepto puede ampliarse el frente del edificio, construyendo un pasillo de abordaje a ambos lados de éste, con lo que se incrementa el número de posiciones de estacionamiento en plataforma. (figura 2.51).

Otra variante de este concepto es la configuración circular del edificio terminal, éste es un artificio para incrementar el perímetro del frente del edificio aumentando el número de posiciones en plataforma. La principal desventaja es la limitación para futuras ampliaciones debida a su forma. Un ejemplo de estos edificios dispuestos circularmente es el edificio terminal del Aeropuerto de Kansas City, Missouri, en E.U.A.

B.- CONCEPTO DE ANDENES.

Este es un concepto de proceso centralizado que corres ponde a la configuración de plataforma de andenes. La tramitación tiene lugar en un edificio central del cual salen los andenes que son áreas de circulación que conducen a los pasa jeros desde o hacia los aviones situados fuera del anden.

CONCEPTO LINEAL



LIMITE DE ESTACIONAMIENTO DE AVIONES

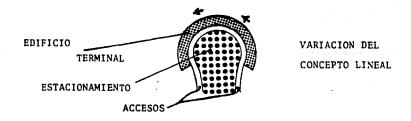


FIGURA 2.51

La característica principal de la concepción de andenes (figura 2.52), es la de aumentar la capacidad de tramitación de pasajeros sin una excesiva necesidad de superficie.

Cuando se tienen dos o mas andenes, el espaciamiento - entre éstos debe ser tal que permita el movimiento fluído de los aviones en las calles de rodaje de la plataforma para impedir retrazos en el sistema.

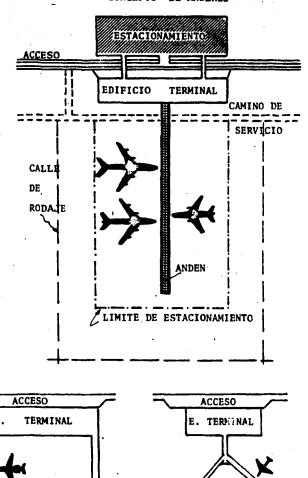
C.- CONCEPTO DE SATELITES.

El concepto de satélite consiste de una serie de unida des denominadas "satélites" que están separadas del edificio terminal y que se comunican con él, generalmente con corredo res subterráneos (figura 2.53).

Este es un concepto que permite la descentralización parcial de las actividades de tramitación, ya que algunas de ellas se realizan en el satélite como documentación del pasajero, agrupación de pasajeros, embarque y desembarque; complementándose con las que se efectúan en el edificio central como documentación y reclamo de equipaje.

Los aviones se estacionan generalmente en forma radial al satélite, el cual puede contar con salas de espera de salida, separadas o comunes. El transporte de pasajeros y equipaje entre los satélites y el edificio terminal puede efectuarse por medios mecánicos, algunas veces se emplean autobuses para éste transporte.

CONCEPTO DE ANDENES



FIGURA

2.52

CONCEPTO DE SATELÍTES

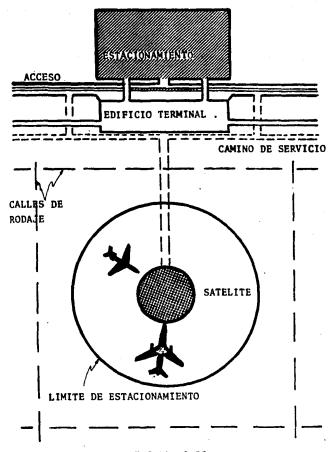


FIGURA 2.53

D.- CONCEPTO DE TRANSPORTES MOVILES

Este concepto corresponde a la configuración abierta, en la cual la plataforma de embarque y desembarque se ubica a una cierta distancia del edificio terminal, requiriéndose el empleo de transportes móviles para conectar ambos elementos. (figura 2.54).

La característica principal de este concepto es la independencia entre las operaciones del avión y las actividades de los pasajeros del edificio terminal; tiene como venta ja la alta maniobrabilidad de los aviones en plataforma.

Debe destacarse que la utilización de las unidades móviles deberá ser exclusivamente para transporte y no se usarán como salas de última espera.

Es recomendable analizar cada situación individual comparando el concepto de estacionamiento remoto de aviones y el concepto de estacionamiento junto a la terminal, en este análisis se incluirán aspectos tales como el volumen de tránsito los programas de las líneas aéreas actuales, tipo de equipo, tiempos de conexión del pasajero, inversión de capital, costos de operación de la terminal y de las líneas aéreas.

Los transportes pueden emplearse fácil y economicamente cuando se requiera utilizar toda la capacidad del edificio -terminal, y no se dispongan de posiciones en plataforma cerca

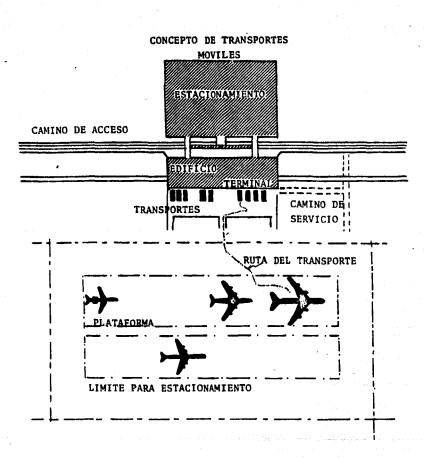


FIGURA 2.54

del edificio terminal por tenerse una configuración lineal limitada en este aspecto. Ejemplos de este concepto es el -Aeropuerto Internacional "John Foster Dulles" de Washington
E.U.A. y el aeropuerto "Mirabel" de Montreal, Canada.

E.-CONCEPTO DE UNIDADES TERMINALES.

Este concepto contempla el desarrollo de dos o mas un<u>i</u> dades de edificios terminales asignando una o mas aerolineas a cada unidad, que funciona independientemente aunque tengan un sistema común de pistas y/o un edificio conector.

Este concepto (figura 2.55) es de gran flexibilidad -por lo que a futuras expanciones se refiere, ya que podrán construirse otras unidades terminales sin afectar la operación de las ya existentes.

Estos conceptos pueden presentarse aislados o combinados según sean los requerimientos del flujo de pasajeros. Existen múltiples ejemplos de combinación de conceptos comoel Aeropuerto de San Francisco, California, E.U.A. que tiene una combinación de satélites con andenes. El aeropuerto Internacional de la ciudad de México "Lic Benito Juarez" es también una combinación, en este caso de unidades móviles y lineal.

2.3.2.4 CONCEPTO DE DISTRIBUCION VERTICAL

La distribución de las actividades desarrolladas en --

CONCEPTO DE UNIDADES TERMINALES

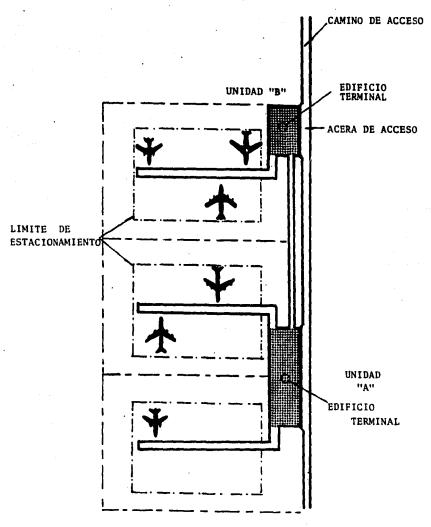


FIGURA 2.55

la terminal pueden hacerse en mas de un nivel, la justificación principal de emplear varios niveles es separar los flujos de pasajeros, principalmente el flujo de entrada del flujo de salida.

El número de niveles se define en función del volumeny tipo de pasajeros, del concepto de documentación empleadoy del plan director del área terminal.

Son cuatro los conceptos de distribución vertical quepueden aplicarse a cualquiera de los conceptos de la zona te<u>r</u> minal.Los conceptos de distribución vertical son: nivel único, 1 1/2 niveles, dos niveles y dos niveles con accesos sep<u>a</u> rados.

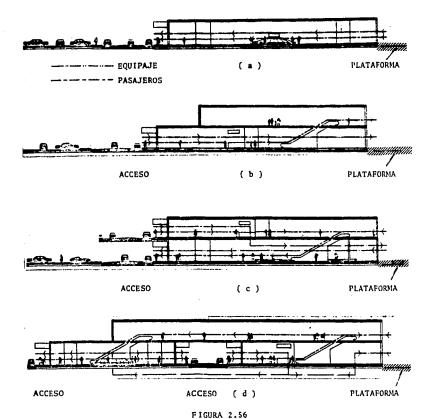
A.- NIVEL UNICO.

Utilizando este concepto tanto el manejo de pasajeroscomo el de equipaje se efectúa en el mismo nivel, la separactón de flujos de llegada y salida se realiza horizontalmen
te.

Con este concepto(figura 2.56-a) pueden emplearse esca lerillas para el abordaje del avión lo que resulta económico y adecuado para pequeños volumenes de pasajeros menores de dos millones al año.

B.- 1 1/2 NIVELES DE EDIFICIO TERMINAL Y UN NIVEL DE AGCESO. Este concepto permite la separación del flujo de --

CONCEPTOS DE DISTRIBUCION VERTICAL



pasajeros del de equipaje en el mostrador de documentación,posterior al cual el pasajero asciende al segundo nivel donde se encuentran las salas de última espera (figura 2.56-b)
y puede abordar el avión por medio de pasillos telescópicos
u otro medio de conexión.

C .- DOS NIVELES DE EDIFICIO TERMINAL Y DOS NIVELES DE ACCESO

Los dos niveles de acceso permiten separar los flujos de entrada de los de salida de pasajeros; el nivel superior se emplea para el flujo de pasajeros y equipaje hasta que se se efectuá la documentación de este último que desciende para su manejo al nivel inferior.Los pasajeros abordan el avión a partir del segundo nivel.

El flujo de llegada se inicia en el nivel superior desciende el pasajero lo mas pronto posible al otro nivel donde reclama su equipaje y abandona la terminal por la acera inferior (figura 2.56-c).

Las actividades de las compañias aéreas se efectúan -también en el nivel superior. Esta distribución deberá considerarse cuando las condiciones en el sitio y el volumen de pasajeros, equipaje y vehículos así lo justifique.

D.- DOS NIVELES DE EDIFICIO TERMINAL Y DOS ACCESOS SEPARADOS AL MISMO NIVEL.

Esta distribución permite la ubicación de un acceso --

intermedio que separa al edificio terminal (figura 2.56-d);esta es una solución particular aplicada al aeropuerto de -Orly en la ciudad de París, Francia; por las condiciones exis
tentes en el lugar donde se construyó este aeropuerto.

El flujo de salida se inicia en el acceso exterior enel nivel inferior, en donde el pasajero documenta su equipaje y asciende de nivel para abordar su avión.

El flujo de llegada se inicia en el segundo nivel, con tinúa sobre el acceso intermedio y desciende al primer nivel para reclamar su equipaje y abandonar el aeropuerto por losaccesos.

Pueden emplearse otras configuraciones con mas niveles siempre y cuando sean justificables por medio de un estudiocuidadoso de los flujos de llegada y salida, como en el caso del aeropuerto de Hamburgo en Alemania.

En algunos casos se proyecta el arribo de pasajeros abordo del transporte colectivo (trenes rápidos) que debe ser considerado en el análisis de los niveles del edificio terminal como en el caso del aeropuerto "Mirabel" de Montreal,-Canadá,(figura 2.57).

AEROPUERTO "MIRABEL" DE MONTREAL, CANADA

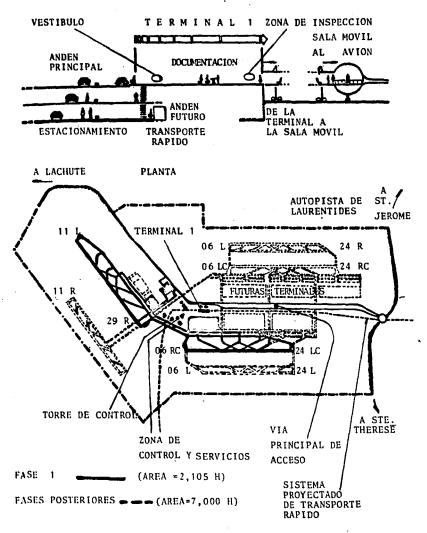


FIGURA 2.57

2.3.3 SISTEMA DE MANEJO DE EQUIPAJE.

2.3.3.1 FLUJO DE EQUIPAJE.

El manejo del equipaje es parte integral del flujo depasajeros, y deberá realizarse eficientemente para no demorar el flujo total. El flujo de equipaje se divide al igual que el de pasajeros en flujo de llegada y flujo de salida. Pa ra procesar el flujo de equipaje de salida son necesarias -las siguientes actividades:

- -transporte desde los mostradores de documentación hasta elárea de clasificación.
- -clasificación del equipaje de acuerdo con el avión en que--
- -transporte del equipaje clasificado al pie del avión.
- -carga del equipaje al avión.

Para procesar el flujo de equipaje de llegada se re--quieren las siguientes manipulaciones; descarga del equipajedel avión, transporte desde el avión hasta el área de clasificación, identificación y clasificación del equipaje que ha
de transferirse a otros vuelos y transporte del equipaje cla
sificado hacia las áreas de reclamo del equipaje.

Para que este esquema de actividades sea eficiente deberan considerarse los siguientes principios:

- el flujo de equipaje deberá ser rápido y simple .
- deberán ser consistentes, la distribución del edificio terminal con la de la plataforma y con el tipo y volumen de transito estimado.
- -deben minimizarse los giros y cambios de nivel.
- -deberá impedirse el daño al equipaje.
- -no deberá existir interferencia entre el flujo de equipaje y el de pasajeros, el de carga, el del personal y el de vehículos.
- -deberá evitarse todo tipo de revisiones o controles del -equipaje en la plataforma.
- 2.3.3.2 INSTALACIONES NECESARIAS PARA EL MANEJO DE EQUIPA JE.

Con las premisas anteriores deberá diseñarse el sistema de manejo de equipaje, que puede dividirse en cuatro sectores: recepción y clasificación. embarque, desembarque y reclamo de equipaje.

El sector de recepción y clasificación se encuentra en el edificio terminal así como por mecanismos de clasifica--- ción. En los grandes aeropuertos estos sistemas de clasifica-ción son controlados electrónicamente, mientras que en los - pequeños aeropuertos esta actividad se realiza manualmente.

El sector de embarque está integrado por los transportes que llevan el equipaje hasta el avión, estos transportes pueden ser remolques o bandas transportadoras. Para agilizar el manejo de equipaje así como la carga y el correo pueden emplearse elementos especiales denominados contenedores o cajas (containers); estos elementos agrupan un volumen de carga evitando el manejo caótico de piezas aisladas, estas carjas son empleadas también por permitir una distribución mas adecuada de la carga en el compartimiento destinado para ese fin dentro de la aeronave.

El sector de desembarque opera de manera similar al de embarque con la particularidad de manejar de manera especial el equipaje en transferencia.

El sector de entrega de equipaje varía en complejidad dependiendo del volumen de equipaje por entregar; pueden tenerse cuatro grupos de instalaciones: mostrador lineal, banda lineal, banda en forma de pista o banda sin fín y bandas en forma de carrusel giratorio.

2.3.4 CRITERIOS DE DISEÑO

Al proyectar un edificio terminal para un aeropuerto - se aplican algunos parámetros de diseño entre los que se encuentran:

- A.- Permitir un flujo fluído y simple de pasajeros .
- B.- Minimizar la distancia por caminar de los diferentes tipos de pasajeros.
- C .- Minimizar el costo por pasajero.
- D.- Minimizar las demoras en el flujo de pasajeros.
- E.- Permitir un flujo directo del equipaje al avión.
- F.- Permitir un fácil acceso a las zonas de servicios y concesiones.
- G.- Minimizar los niveles de ocupación de las salas de espe-
- H.- Minimizar los costos de construcción.
- 1.- Minimizar los costos de operación y mantenimiento.

2.3.5. METODOS DE ANALISIS

Existen diversas técnicas de análisis de los sistemasde manejo de pasajeros y equipaje que es conveniente utili-zar para obtener un nivel de servicios adecuado del sistema con un costo razonable. Estos métodos son principalmente: mo delos de redes, modelos de filas de espera y modelos de simu lación.

2.3.5.1 MODELOS DE REDES.

Este tipo de modelos permite representar y analizar --

sistemas cuyas componentes esten interrelacionadas y se representan por medio de una gráfica o red con lo que se puede conocer la secuencia de las componentes.

Aplicada al sistema de manejo de pasajeros, las componentes serían las actividades desarrolladas: venta de boletos, documentación de equipaje, reclamo de equipaje, etc. y se representarían por lineas que unen nudos que serían las conexiones de las instalaciones.

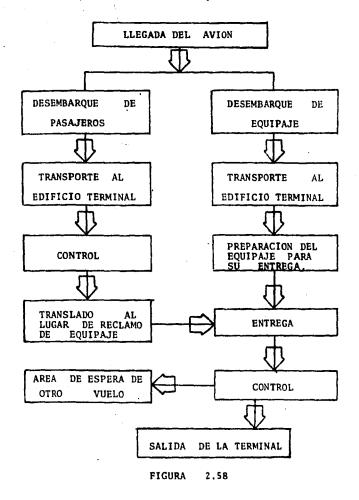
Un modelo de redes 10 constituye el método de la ruta crítica CPM (Critical Path Model) que es también aplicable a sistemas aeroportuarios como el de manejo de pasajeros.

La red representa la interdependencia de las actividades, las líneas que representan las actividades críticas son facilmente identificables ya que éstas son las que consumen mayor cantidad de tiempo y que están mas relacionadas entre si.

La simplificación de un modelo de red "CPM" se presenta en la (figura 2.58) en la que se describe el flujo de pasajeros y equipaje en el destino, desde la llegada del avión hasta la salida del edificio.

El análisis por medio de la ruta crítica permite determinar las actividades críticas y coordinar el flujo de pasajeros y el de equipaje; con la identificación de las actividades críticas puede mejorarse el nivel de servicios incrementando los recursos con dichas actividades para disminuir

MODELO DE RED "CPM" RUTA CRITICA DEL FLUJO DE LLEGADA DE PASAJEROS Y EQUIPAJE



su duración con lo cual podrá reducirse el tiempo empleado - dentro del edificio terminal.

2.3.5.2 MODELOS DE FILAS DE ESPERA. (COLAS)

Esta teoría permite estudiar algunos fenómenos de espera, esto es estudiar sistemas que se caracterizan porque sus insumos son aleatorios, la permanencia en el sistema también es de tipo aleatorio y los usuarios esperan recibir un servicio antes de abandonar el sistema.

Este es el caso de los sistemas aeroportuarios, que aplicando esta teoría se ofrecen estimaciones sobre demoras de pasajeros, costos de financiamiento y dimensiones necesarias para una instalación.

2.3.5.3 MODELOS DE SIMULACION.

Se lleva a cabo una simulación cuando se reconstruyen numericamente condiciones que representan el fenómeno real bajo estudio. Estos modelos son útiles especialmente cuando quiere detallarse el análisis del funcionamiento del sistema de manejo de pasajeros o cuando se requiere el análisis dedicho funcionamiento durante largos períodos de tiempo.

La simulación es particularmente útil, cuando el anál<u>i</u>
sis ha de repetirse variando ciertas condiciones de operación

con objeto de obtener un estudio de sensibilidad. La computa dora permite estos análisis repetitivos que de otra manera - serían muy tardados.

Debe tenerse especial cuidado con los modelos mencionados, ya que por las hipótesis que incluyen en sus teorías -pueden alejarse de la realidad, por lo que deberá estudiarse
si el modelo es aplicable al aeropuerto que se este analizando y que aproximación tiene con el fenómeno real.

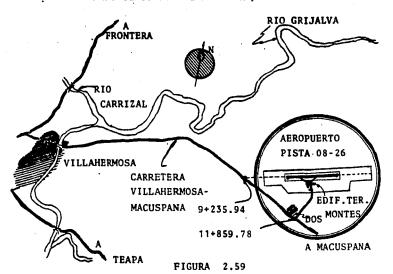
2.3.6 EJEMPLOS DEL SISTEMA.

2.3.6.1 AEROPUERTO DE VILLAHERMOSA, TABASCO.

La ciudad de Villahermosa, Tabasco está en una zona de gran desarrollo petrolero y agrícola, lo que ha ocasionado - un crecimiento acelerado de la demanda de transporte aeropor tuario.

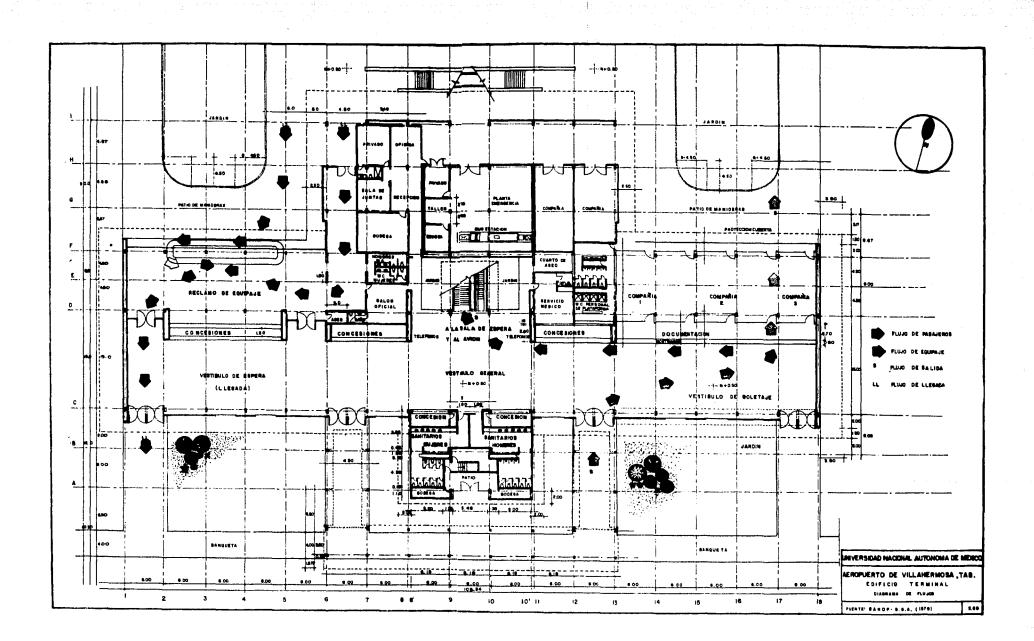
Para satisfacer dicha demanda se construyó un nuevo ae ropuerto localizado aproximadamente a 13 Km. de la ciudad -- (figura 2.59) que cuenta con una pista (08-26) de 2,260 m de longitud, con 2 calles de rodaje, plataforma de operaciones y de avionetas, edificio terminal, zona de combustibles y -- estacionamiento.

AEROPUERTO DE VILLAHERMOSA.TABASCO



El edificio terminal de este aeropuerto tiene 2 niveles; en el interior se tienen las áreas de acceso, el vestíbulo, áreas de documentación y recepción de equipaje, oficinas administrativas, oficinas de las compañías de aviación,
área de reclamo de equipaje, concesiones, sub-estación eléctrica y áreas de servicios. En el nivel superior se tienen las salas de espera, restaurante, cocina, oficinas, cuarto de máquinas y área de servicios.

Dentro del edificio se definen dos flujos, el de salida y el de llegada como se muestra en la planta general. (figura 2.60).



2.4 VIAS DE ACCESO

2.4.1 DESCRIPCION DE LAS VIAS DE ACCESO

Las vías de acceso al aeropuerto son muy variadas en cuanto a medios de transporte se refiere; puede emplearse -transportación terrestre con automóviles, autobuses y ferrocarriles o transportación aérea por medio de helicópteros.

De todos estos medios de transporte es predominante el automóvil particular como lo demuestran las estadísticas y - se espera que ésta tendencia se conserve en el futuro. El transporte masivo es un complemento importante al trans-porte individual con automovil, este transporte puede efectuarse con vehículos de alquiler, autobuses, o bien trenes rápidos. Los dos primeros se encuentran en la mayorías de los aeropuertos, operando con una buena eficiencia, por lo que respecta al tren rápido metropolitano, es conveniente cons-truír una de sus terminales en el aeropuerto, ya que lo comunicaría directamente a la ciudad a la que sirve; tal es el ca so del Aeropuerto "Heathow" de Londres Inglaterra, que cuenta con una estación terminal "Central de Heathow" que es la amapliación de la linea Piccadilly del tren metropolitano de Londres.

Esta terminal da servicio a los usuarios del aeropuerto desde diciembre de 1977, y está situada en el centro del aeropuerto y está relacionada por medio de pasillos mecánicos -

a las 3 terminales de pasajeros.

El tren metropolitano de Londres cuenta para el servicio de transporte al aeropuerto con trenes especialmente --construídos con espacio adicional para el equipaje de los pasajeros.

El tiempo máximo de acceso del centro de Londres a la terminal central de Heathow es de 40 minutos.

En otros aeropuertos del mundo se ha contemplado am--pliar el tren metropolitano como en el Aeropuerto "Mirabel"
de Montreal, Canadá cuyo plan maestro incluye la construc--ción futura de esta vía de acceso.(figura 2.57)

El helicóptero es un medio rápido de transporte pero de poco uso en la actualidad, como medio de acceso al aero-puerto.

2.4.2 CAMINOS DE ACCESO.

2.4.2.1. INTRODUCCION .

El camino es la vfa de acceso predominante, consiste - de una carretera cuyas características están determinadas -- por la demanda de transporte aeroportuario,

El camino de acceso puede tener hasta tres etapas (figura 2,61).

A.- De la zona generadora de pasaje a la conurbación de la ciudad (etapa urbana). 206

ETAPAS DEL CAMINO DE ACCESO

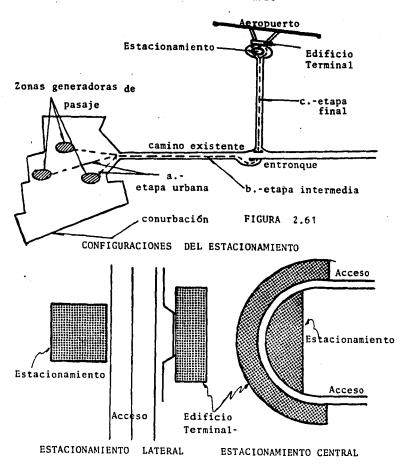


FIGURA 2.62

- B.- De la conurbación de la ciudad al entronque entre el camino existente y la última etapa (etapa intermedia).
- C .- Del camino existente al edificio terminal, (etapa final).

El camino de acceso puede ser directo contando solamente con dos etapas, uná del edificio terminal a la conurba---ción y otra de la conurbación a la zona generadora de pasaje.

Complementa este sistema un área de estacionamiento. Dependiendo de la localización del estacionamiento, este pue
de ser: lateral o central: (figura 2.62).

Es conveniente diseñar alguna instalación que vincule rápida y comodamente el edificio terminal con el estaciona-miento. Pueden emplearse rampas, autobuses, o algunos medios mas complejos.

2.4.2.2 CRITERIOS DE DISEÑO.

El estudio del camino de acceso incluye las siguientes etapas: localización de vías y medios de transporte existentes, estudio de las demandas presentes, proyección de las demandas a futuro, estudio de las características topográficas y geológicas del terreno, estudios topográficos e hidráulicos del terreno.

La premisa básica para diseñar el camino de acceso deberá ser reducir al máximo el tiempo de viaje empleado en el acceso al aeropuerto. Para cumplir con este principio deberá proporcionarse al camino; una capacidad adecuada de tránsito v condiciones adecuadas de seguridad.

Como criterio de diseño deberá tenerse también el deminimizar los costos de construcción y mantenimiento del camino, así como los costos de operación de los vehículos.

Adicionalmente se puede pensar que el aeropuerto constituirá un polo de desarrollo para la comunidad por lo que el camino de acceso deberá también contribuir a esc desarrollo.

Con los objetivos fijados pueden definirse las características del camino de acceso que incluyen: número de carriles, pendientes, velocidad de circulación, intersecciones, - separadores de tráfico, perfil longitudinal y secciones ---transversales.

En lo referente al estacionamiento, los criterios de - diseño serían: minimizar la distancia que el usuario ha de - recorrer a pie, proporcionar el número de cajones y pasillos y áreas de maniobra adecuados al volumen de la demanda, proporcionar un sistema de señalamiento, rapidez de estacionamiento, rapidez de pago y minimización de costos.

2.4.3 EJEMPLOS DEL SISTEMA.

2.4.3.1 AEROPUERTO DE CANCUN, QUINTANA ROO.

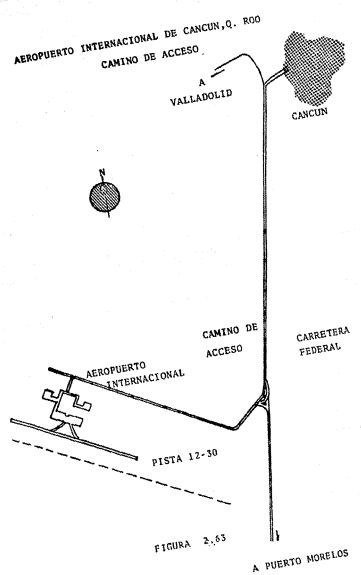
La bellísima región de Cancún, en el Estado de Quintana Roo, por sus innumerables y maravillosos atractivos - - naturales se está convirtiendo en el gran centro turístico - del Caribe Mexicano. Para dar servicio a los numerosos turís tas nacionales e internacionales, se constuyó el Aeropuerto Internacional que se encuentra a 18 Km. de la ciudad de Cancún.

En el aeropuerto de Cancún podrán operar varios tipos de aviones como el DC-3, el DC-9, el Boing 727, el DC-8 y el DC-10 y el Boing-747, que emplearán una pista de concreto as fáltico de 2600 m de longitud por 60 m de ancho.

El camino de acceso emplea en su etapa intermedia, la carretera Cancún-Puerto Morelos de donde por medio de una intersección ramal en "X" continúa en su etapa final (figura - 2.63). En el entronque se tiene una deflexión de 36°41' en - la curva y una deflexión total de 104°03' este entronque se ubica en el kilómetro 15 + 342 con origen en Cancún rumbo a Puerto Morelos.

La etapa final tiene una longitud de 2498 m del entron que a la liga vial, continuando en línea recta hasta una deflexión a 90 grados poco antes de llegar al aeropuerto. DATOS DEL PROYECTO.

Velocidad = 60 km. /hora; ancho de corona=12.0 m; an-cho de carpeta=7.2 m; número de carriles=2; pendiente máxima
2.7 %; grado máximo de curvatura = 5°; derecho de vía = 20 m
a cada lado del eje; espesor de carpeta = 0.05 m; espesor -del revestimiento = 0.12m; espesor de la subrasante=0.30m.



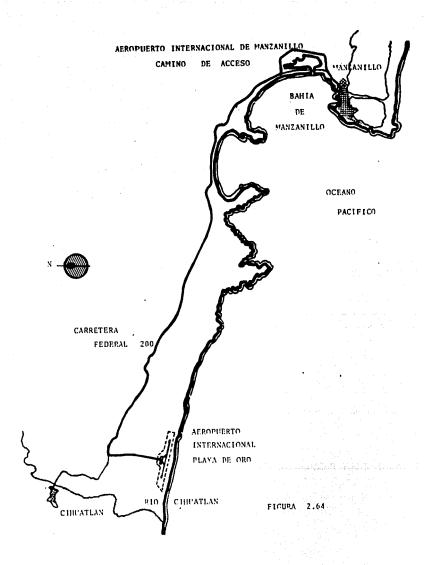
2.4.3.2 AEROPUERTO DE MANZANILLO COLIMA.

La zona costera del pacífico tiene en Manzanillo, Col. un centro turístico de gran importancia, por lo que fué nece sario construír en la zona denominada "Playa de Oro" un aero puerto, que permitiera el acceso a los visitantes de ésta -- hermosa región.

El aeropuerto "Playa de Oro" fué inaugurado en Octubre de 1973, cuenta con una pista única 10-28 de 2,200 m de longitud por 45 m de ancho, en la que pueden operar aeronaves como el DC-3, el DC-6, el DC-9, y el Boeing 727.

La pista es de pavimento flexible y es susceptible de ser ampliada hasta 3,000 m de longitud; de esta pista salen dos calles de rodaje de 345 X 23 m cada una, que llegan a una plataforma para la aviación comercial de 150 X 90 m, y a una de aviación general.

El camino de acceso al aeropuerto "Playa de Oro" fué seleccionado de tres alternativas posibles; todas éstas empleaban la carretera Manzanillo-Barra de Navidad. Este cami no tiene una longitud de 5,232 m desde el entronque con la carretera hasta el estacionamiento del aeropuerto (figura -2.64). La etapa final de este camino se inicia en la carretera federal 260 Manzanillo-Cihuatlan-Barra de Navidad, con un entronque en ángulo recto, después tiene una pequeña deflexión de 10°40' a los 1,768 m, continuando luego en línea recta hasta el aeropuerto; quedando dentro de los límites del



área aeroportuaria 150 m del camino.

Este camino tiene los siguientes DATOS DEL PROYECTO:

Velocidad = 80 Km/hr.; ancho de corona = 12.0 m; ancho de -carpeta = 7.30 m; número de carriles = 2; pendiente = 11; -grado máximo de curvatura = 1.5°; derecho de vía = 20 metros
a cada lado del eje; espesor de carpeta = 0.04 m; espesor de
la base = 0.15 m; espesor de la sub-base = 0.15 m;

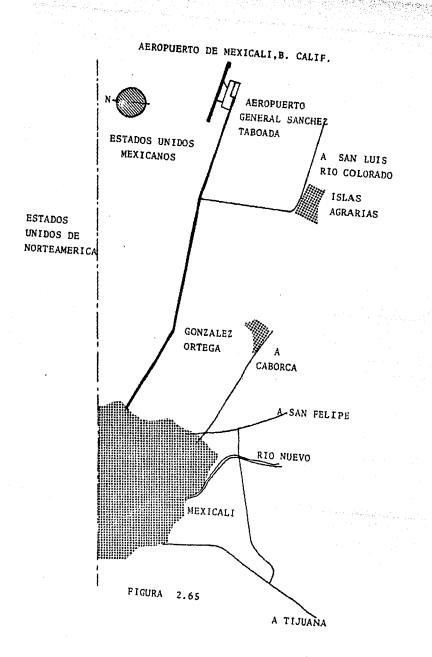
2.4.3.3 AEROPUERTO DE MEXICALI, BAJA CALIFORNIA NORTE.

El aeropuerto General Rodolfo Sanchez Taboada, de Mexicali es para aviones de mediano radio de acción tiene un árrea de 530 Ha., cuenta con una pista simple 10-28 de 2,600 m de largo por 45 de ancho. Este aeropuerto opera además como alterno del de la ciudad de Tijuana, cuando se presenten condiciones meteorológicas adversas en este último. (figura ---2.65).

E1 camino de acceso tiene una longitud de 10,640 m, -parte del aeropuerto con una tangente de 9807 m, al finali-zar la tangente tiene una curva de 316 m de longitud con una
deflexión de 15°48' izquierda, continuando después el camino
en linea recta.

2.3.4.4 AEROPUERTO DE TIJUANA, BAJA CALIFORNIA NORTE.

La ciudad de Tijuana, B.C.N., tiene uno de los movi--mientos migratorios mas importantes de la república, con una



afluencia turística muy importante por lo que se requirió de un Aeropuerto Internacional de largo alcance.

La pista principal 09-27 opera por instrumentos y tiene una longitud de 2,020 m por 35 m de ancho. El aeropuerto
"General Abelardo L. Rodriguez" cuenta con un edificio termi
nal de 3 niveles, así como un amplio estacionamiento.

El aeropuerto originalmente se encontraba alejado de la ciudad pero en su continua expansión, lo ha absorbido al
igual que al camino de acceso que se ha convertido en una -vía urbana, (figura 2.66). Los datos originales del proyecto
son los siguientes:

Velocidad 60 a 40 Km/Hr.; ancho de corona 12.0 m; pendiente máxima 6%; grado máximo 7%; espesor 0.30 m.

2.4.3.5 AEROPUERTO DE ZUMPANGO, MEXICO.

Este aeropuerto es una de las posibles alternativas para satisfacer la demanda de infraestructura aeroportuaria en el área metropolitana de la ciudad de México.

Por 1o que respecta al camino de acceso a esta terminal aérea, se tienen proyectadas varias alternativas que son A.- Conexiones directas tanto a la carretera de Pachuca como a la de Querétaro.

B.- Combinación de un acceso común que se une a derivacio-nes hacia las dos carreteras, mas un camino directo del aeropuerto al norte de la ciudad.

AEROPUERTO "GENERAL ABELARDO L. RODRIGUEZ" TIJUANA, BAJA CALIF.N.

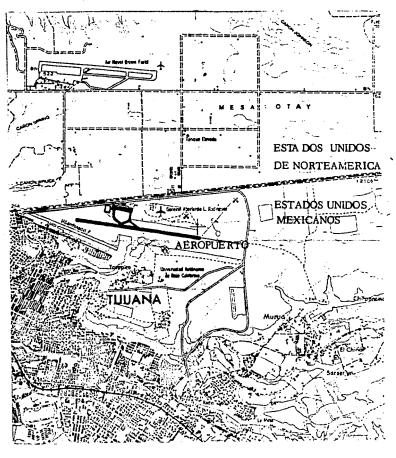


FIGURA 2.66

- C.- Una conexión única directa a la carretera de Queretaro, a la altura de Tepozotlán.
- D.- Una conexión directa a las carreteras, mas un camino directo del aeropuerto a la ciudad , que penetraría en éstaa la altura de la Avenida de los Cien Metros.

2.4.3.6 AEROPUERTO DE MINATITLAN, VERACRUZ.

El nuevo aeropuerto de Minatitlán fué diseñado para -servir a dos comunidades: Coatzacoalcos y Minatitlán; esta
circunstancia hace importante la ubicación del aeropuerto -entre las dos ciudades con un camino de acceso que permita el flujo de vehículos hacia ambas ciudades en tiempos a-ceptables.

En este caso la solución fué un camino que evitará el uso de la carretera trans-istmica saturada entre estas dosciudades; otro problema que se tenía era el cruce de la -zona pantanosa. El trazo definitivo del camino de acceso alaeropuerto de Minatitlán y Coatzacoalcos se muestra en la figura (2.67).

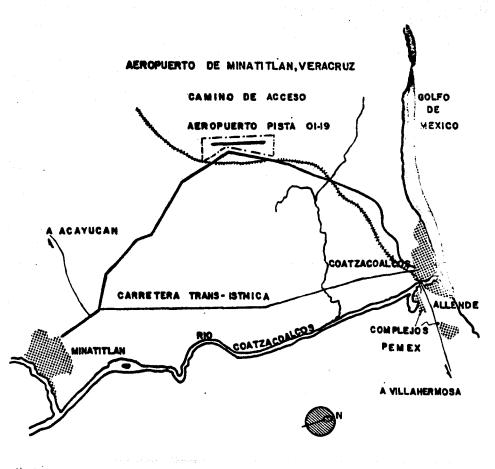


FIGURA 2.67

2.5 ZONA DE COMBUSTIBLES

2.5.1 INTRODUCCION

El abastecimiento de combustibles es uno de los servicios mas importantes que el aeropuerto proporciona a las aeronaves, ya que el combustible es un elemento indispensable para su operación.

Existen varios tipos de combustibles, que en México - produce PEtroleos MEXicanos (PEMEX), principalmente son,las-gasolinas para avión o gasavión y las turbosinas.

Las gasolinas para avión o gasavión son combustibles - para aeronaves con motor de pistón; se producen en varios -- octanajes, existe el gasavión 80/87, el 91/97 y el 100/130. El gasavión de 80-87 octanos se usa en avionetas pequeñas, - el consumo de gasavión de 91-97 octanos tiende a disminuir, el de 100-130 octanos tiende a aumentar empleandose en aeronaves como el DC-6 y el DC-6-b. Las gasolinas de avión tienen su punto de congelación a 60° centigrados bajo cero.

La turbosina es un destilado primario del petroleo del tipo de las kerosenas, que es empleado como combustible enlas aeronaves de turbina o turbohélice. La mayoria de las -- grandes compañias de aviación emplean los "jets" como ---- vehículo de transporte por lo que la turbosina es el combustible mas importante en aeropuertos destinados a la aviación comercial.

2.5.2 COMPONENTES DEL SISTEMA DE APROVISIONAMIENTO DE COMBUSTIBLE.

El sistema de aprovisionamiento consta de varias eta-

1a. etapa. - Transporte de combustible al aeropuerto

2a. etapa.- almacenamiento de combustible en el aeropuerto.

3a. etapa.- distribución del combustible a las aeronaves.

Estas fases permitirán ajustar el patrón de abasteci-miento al aeropuerto con el de demandas en la plataforma, evitando la falta de combustible cuando los aviones lo requie
ran.

2.5.3 SUMINISTRO DE COMBUSTIBLE AL AEROPUERTO.

La etapa de transporte de combustible al aeropuerto se efectúa en varios medios como; ferrocarril, oleoducto, camio nes-cisterna y buques-tanque. El ferrocarril emplea vagones-cisterna para el transporte del combustible, que tienen capacidad de 15,000 a 40,000 litros,

El oleoducto es el transporte por tuberías que puede - afectuarse convenientemente cuando se tiene un centro de a-bastecimiento cercano al aeropuerto, como en el caso del aeropuerto Internacional Benito Juarez en la ciudad de México que se abastece de la refinería de Atzcapotzalco.

Los camiones-cisterna (pipas) son un medio flexible de transporte de combustibles, tienen capacidades de 5,000 a -- 40,000 litros y son el medio mas comunmente empleado para -- abastecer a los aeropuertos.

2.5.4 ALMACENAMIENTO DE COMBUSTIBLE EN EL AEROPUERTO.

El suministro de combustible a los aeropuertos puede sufrir interrupciones por causas múltiples que distorsionarían la operación de las aeronaves; es por esto que se hace
necesario contar con una zona o planta de almacenamiento de
combustibles que permita disminuir la dependencia del sistema aeroportuario de la empresa abastecedora de este vital
fluído.

2.5.4.1 LOCALIZACION DE LA ZONA DE ALMACENAMIENTO.

Los factores principales que intervienen para selec-cionar una localización del almacenamiento de combustibles en el aeropuerto son;
222

- A.- La operación de las aeronaves, ya que esta zona de almacenamiento no debe ser obstáculo para los movimientos aeronáuticos.
- B.- Deberá estar separada una distancia conveniente del edificio terminal.
- C.- Localización en cuanto a su forma de suministro o sea -- que deberá estar cerca del camino de acceso del muelle, de la vía de ferrocarril, etc.
- D.- Deberá procurarse en 10 posible, que el almacenamiento esté lo mas cercano posible a la plataforma de operaciones.
- E.- La zona de almacenamiento deberá tener el área suficien te para alojar futuras expansiones.
- F.- La dirección de los vientos dominantes deberá tomarse en cuenta para evitar que los olores y vapores invadan el edificio de pasajeros.
- G.- La topografía es otro aspecto que deberá tomarse en cuen ta, principalmente por consideraciones de drenaje pluvial.

2.5.4.2 COMPONENTES .

La zona de almacenamiento está constituída generalmente por tanques de almacenamiento, caseta de vigilancia, dispositivos de protección, oficinas, control de bombeo, laboratorio y conexión con el camino de acceso.

Los tanques de almacenamiento de combustibles generalmente son metálicos y en función de su forma, pueden ser: cilíndricos verticales (de techo fijo o flotante). cilíndricos horizontales, esféricos, cúbicos, etc.

Los tanques horizontales generalmente se diseñan en capacidades del orden de cien metros cúbicos; los verticales - se han construído hasta de 16,000 metros cúbicos de capacidad.

En relación a su posición en el suelo, los tanques pue den ser: Subterráneos o superficiales.

Los tanques subterraneos tienen ventajas como que se tienen menos pérdidas por evaporación, hay menos riesgos por descargas eléctricas atmosféricas, se minimiza el riesgo de incendio y explosión, no requiere diques para el caso de detrames, etc.

Como desventajas de los tanques subterrâneos se pueden mencionar, que se tiene un mayor costo de excavación, problemas de corrosión por el nivel de aguas freáticas y que no se localizan facilmente las fugas.

Los tanques superficiales tienen como ventaja una mín<u>i</u> ma excavación y cimentación, las fugas son visibles facili-tándose su mantenimiento y reparación, no requiere protec---ción especial contra corrosión, etc.

Las desventajas de los tanques superficiales son que tieneaun mayor riesgo de incendio y explosión, se requiere de diques para derrames, mayores pérdidas de evaporación, ma
yor riesgo por descargas eléctricas atmósfericas y si se uti
liza techo flotante en estos tanques, puede haber depósitos
de sólidos en las paredes.

Para definir la capacidad y número de tanques se deberán tomar en cuenta los siguientes factores: frecuencia y volumen de llenado, demanda promedio y demanda pico, tiempo de asentamiento del combustible (turbosina 0.31 m/hr; gasavión 1.22 m/hr), suministro del centro productor al aeropuerto, posibilidad de interrupción en el suministro de combustible al aeropuerto.

El combustible es un elemento peligroso por ser alta-mente inflamable, por lo que el riesgo de incendio y explo-sión está siempre presente en ésta zona. Ante ésta situación
deben diseñarse instalaciones para protección de la zona de
combustible, así como procedimientos de emergencia para el control de los fluídos.

El equipo para atacar incendios en la zona de almacena miento consta de tanque de almacenamiento de agua conectado a una red de tuberías e hidrantes. También deberá instalarse un equipo que funciona a base de espuma que por medio de - tuberia es inyectada a los tanques y diques cuando la temperatura se eleva por encima de límites especificados.

Para dimensionar la zona de almacenamiento deberán tomarse en cuenta el número, el tamaño, el tipo y la forma delos tanques de almacenamiento, así como la forma de suministro al aeropuerto, la forma de alimentación a las aeronavesy las necesidades futuras.

2.5.5 DISTRIBUCION DE COMBUSTIBLE A LAS AERONAVES.

La distribución de combustibles de la zona de almacenamiento a las aeronaves puede concebirse de varias formas:unidades móviles, instalaciones fijas en plataformas y combinaciones.

2.5.5.1. CONCEPTO DE UNIDADES MOVILES.

Este concepto emplea camiones cisterna para hacer la distribución de combustibles; el camión cisterna o autotanque es un vehículo autopropulsado sobre el cual se monta un tanque que permite transportar el combustible desde la zona de almacenamiento hasta los aviones que se encuentran en la plataforma de operaciones (figura 2.68).

El empleo de unidades móviles tiene como ventaja principal una gran flexibilidad, pueden cargar combustible al --

CONCEPTO DE UNIDADES MOVILES

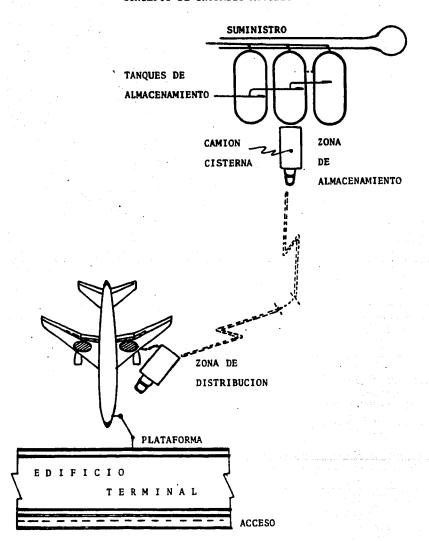


FIGURA 2.68

avión en cualquier parte del aeropuerto, pudiendo ser transladados a otro aeropuerto cuando sus servicios no sean necesarios.

Los camiones cisterna fueron muy empleados hasta hace poco tiempo; en la actualidad su uso se ha reducido en aero-puertos con elevado volumen de tránsito aéreo, esto es debido a que los grandes aviones a reacción requieren de un ---gran volumen de combustible, que para proporcionarselos sería necesario un número elevado de este tipo de vehículos, tal -sería el caso si se abasteciera á un Boeing 747-B-200, que-con este sistema requeriría mas de 6 camiones cisterna para-proporcionarle su capacidad máxima de 190,000 litros; lo que crearía serios problemas en la plataforma de operaciones por-el número excesivo de vehículos, que obstaculizan otras operaciones y afectan la seguridad en este sector.

2.5.5.2 CONCEPTO DE INSTALACIONES FIJAS.

Este concepto considera transportar el combustible des de la zona de almacenamiento hasta la plataforma a través de una tubería fija a presión que llega hasta una válvula especial o hidrante montada en una caja cuya tapa se encuentra al nivel del pavimento.

Para el abastecimiento hasta los tanques del avión serequiere de una unidad móvil o distribuidor que puede ser au
tónomo o remolcado.

El distribuidor cuenta con una manguera que se acopla al hidrante, por la que toma el combustible que pasa a los dispositivos que integran ésta unidad mévil, para posteriormente pasar a los tanques del avión por medio de otra manguera. Los elementos principales del distribuidor son el medidor el eliminador de aire y el filtro.

La combinación hidrante-distribuidor tiene un área limitada de servicio por lo que deben situarse las válvulas -considerando la geometría del avión y de sus tomas de combustible, que se supondrán en una línea hipotética denominada línea de referencia de combustible. A una distancia definida
de ésta línea de referencia se ubicará la línea de hidrantes
En la figura (2.69) se muestran algunas distancias recomenda
das por la Asociación Internacional del Transporte Aéreo, pa
ra la instalación del sistema de hidrantes.

La posición crítica del avión es aquella a la cual se ubica cuando se realiza el abordaje de pasajeros por el pas<u>i</u> llo de acceso. Deberá revisarse la ubicación de los hidrantes para evitar que el tren de aterrizaje de los diferentes aviones se apoyen sobre la tapa del hidrante.

El número de tomas de hidrantes que se requieren para una posición depende no solamente del tipo de avión, sino de los tipos de combustible que se necesiten, cada tipo requiere una toma diferente.

SISTEMA DE HIDRANTES

EDIFICIO TERMINAL

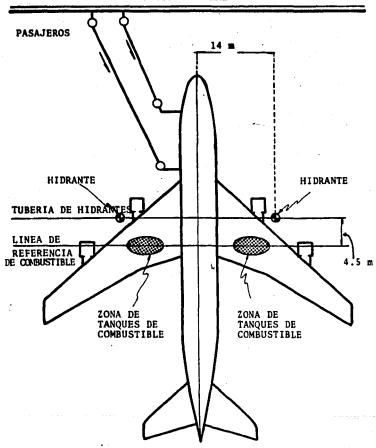


FIGURA 2.69

Las ventajas del sistema de hidrantes son: que proporciona continuidad en el abastecimiento y se obtiene un altogrado de seguridad con la transportación subterránea del ---fluído.

El principal inconveniente del sistema de hidrantes es su rigidez en el estacionamiento de aviones, ya que tiene un área de servicio reducida. Aunado a esto el sistema de hi---drantes no elimina por completo el movimiento vehicular, aun que los distribuidores son de menor tamaño que los camionescisterna.

En los grandes aeropuertos donde operan aviones de altas capacidades de almacenamiento de combustible en sus tanques es conveniente el uso de hidrantes.

El sistema de hidrantes puede combinarse con un almacenamiento auxiliar (tanque de diario) constituido por tanques que son abastecidos por la planta o zona de almacenamiento principal. Esto es conveniente cuando se tiene el espacio apropiado cerca de la plataforma; puede resultar mas económico cuando la zona de almacenamiento esta muy alejada dela zona de estacionamiento de aviones.

El concepto de hidrantes con tanques de diario es adecuado para bajos volumenes de trânsito aéreo.

Los conceptos anteriores no son excluyentes sino que - pueden combinarse, dependiendo de las condiciones de tránsito

aéreo, deberán estudiarse para determinar cual resulta mas económico para satisfacer la demanda tomando en cuenta los criterios de diseño.

2.5.6 CRITERIOS DE DISERO.

La zona de combustibles debe diseñarse con los si--guientes objetivos:

- .- proporcionar un sistema de máxima seguridad, para las personas e instalaciones.
- .. proporcionar un sistema eficiente de abastecimiento de combustibles a las aeronaves.
- .- mantener inalterable la calidad del combustible.
- .- minimizar los costos de construcción, operación y mantenimiento.

2.6 ZONA INDUSTRIAL.

2.6.1 CONCEPTO DE ZONA INDUSTRIAL.

Este sistema aeroportuario no se encuentra directamente relacionado con las operaciones aeronáuticas, sin embargo existe por la presencia del aeropuerto.

Las componentes de este sistema son todas aquellas superficies dentro de la jurisdicción aeroportuaria, cuyo usoesta restringuido por las operaciones propias del aeropuerto
pero esta restricción no es total y permite el alquiler o -concesión de esa zona a particulares para realizar diversasactividades principalmente dentro de los ramos industrial y
comercial.

Una justificación de la zona industrial es el aspectoeconómico, ya que los ingresos por conceptos no aeronáuticos en los que se incluyen los ingresos de esta zona, representan un alto porcentaje del total de ingresos del complejoaeroportuario.

Los ingresos no aeronáuticos tienen la tendencia a incrementarse tanto en valor absoluto como en el porcentaje -que representan de los ingresos totales como es comprobablepor medio de estadísticas.

En 1955 los ingresos no aeronáuticos constituyeron del 25% al 40% de los ingresos totales de los aeropuertos de los

Estados Unidos de Norteamérica; en los aeropuertos europeos este porcentaje era del 8% al 9%. De 1966 a 1968 este porcentaje se había elevado al 30% aproximadamente en Europa; mientras que en los aeropuertos de los Angeles y Washington en los Estados Unidos estas proporciones habían alcanzado casi el 60%.

Es conveniente aclarar que los ingresos no aeronáuti-cos incluyen los ingresos de la zona industrial, así como -los obtenidos por diversos servicios en la zona terminal.

Las diversas concesiones en el edificio terminal son - importantes pero dependen del flujo de pasajeros y otras características operacionales del sistema de transporte aéreo quedando excluidas del concepto zona industrial, que tiene - como característica su relativa independencia de las operaciones aeronáuticas.

La aportación de la zona industrial a los ingresos no aeronáuticos es dificil de cuantificar, pero puede afirmarse que en los aeropuertos de Estados Unidos y Europa existe una tendencia creciente de fomentar los ingresos no aeronáuticos provenientes de la zona industrial.

Otro aspecto que justifica esta zona es la promoción - que recibe el uso del aeropuerto por los servicios que se -- prestan en las componentes del sistema como son talleres de mantenimientos y otros.

El desarrollo de la zona industrial es restringido ya que sus características no deberán obstaculizar el funcionamiento de los otros sistemas del aeropuerto ya mencionados: espacios aéreos; pistas, calles de rodaje y plataformas, edificio terminal, vías de acceso y zona de combustibles.

.2.6.2 USOS POSIBLES DE LA SUPERFICIE DE LA ZONA INDUSTRIAL.

Los usos de la superficie de la zona industrial están restringidos por varios aspectos entre los que se encuentran los siguientes.

- ... la zona industrial no deberá producir interferencia eléctrica con las radio-comunicaciones y las ayudas de navega--ción aérea.
 - .- la zona industrial no deberá emitir luces que puedan confundir a los pilotos, dificultándoles la interpretación de las luces aeronáuticas.
- ".- la zona industrial no deberá emitir humos que reduzcan la visibilidad.
- .- la zona industrial no deberá limitar los espacios aéreos, deberán respetarse las superficies limitadoras de obstáculos.
- .- la zona industrial no deberá contribuir a la contamina--ción sonora y del sire.
- .- deberá proporcionarse a la zona industrial los servicios necesarios para satisfacer su operación, sin saturar los 235

servicios de los demás sistemas. Deberá proporcionarsele -agua potable, alcantarillado, electricidad, teláfono, etc.
.- deberá considerarse el acceso a la zona industrial, ya -sea incrementando la capacidad de la vía de acceso general
o considerando otra vía de acceso a la zona industrial.

En función de los aspectos anteriores pueden definirse los usos posibles del espacio de la zona industrial.

2.6.2.1 USO AGRICOLA.

El cultivo de la tierra no usada en el aeropuerto, es uno de los usos mas compatibles con las operaciones aeronau ticas. El uso agrícola aporta varios factores de importancia al programa de un aeropuerto:

- A.- Permite obtener ingresos de los terrenos que de otra for ma quedarían improductivos.
- B.- Se impide la erosión del suelo con la capa de cultivo.
- C.- Se elimina el gasto de corte de hierba y cuidado de la tierra por parte del aeropuerto.
- D.- Deben towarse en cuenta precauciones contra las aves que son atraídas por los cultivos.

2.6.2.2 USO PECUARIO.

Ciertas especies animales pueden criarse en los terrenos aeroportuarios pero debe cuidarse que no interfieran con

las operaciones en la zona.

2.6.2.3 USO INDUSTRIAL

La localización de industrias dentro del aeropuerto es compatible con el nivel de ruido de las aeronaves. Tiene el atractivo de emplear el transporte aéreo para el transporte de insumos y productos manufacturados.

En los emplazamientos de centros industriales deberán considerarse los siguientes aspectos: disponibilidad del terreno de magnitudes suficientes para el desarrollo industrial deseado, accesos a otros medios de transporte además del aéreo, disponibilidad de servicios públicos necesarios, accesos con tiempo de traslado razonable para los empleados de las rindustrias.

Pueden instalarse fábricas de aparatos eléctricos, de dulces, de puertas y ventanas, maquiladoras, embotelladoras, y otras mas.

Dentro de este uso pueden incluirse ensambladoras de - aviones, talleres de reparación de aviones, servicio a las - aeronaves, todo aquello relacionado con el sistema aeroportua rio.

2.6.2.4 USO COMERCIAL.

El uso comercial es uno de los mas frecuentes en los -

aeropuertos, aunque tiene cierta problemática por lo que respecta al nivel de ruido, que puede interferir un poco con --estas actividades, por lo que debe proporcionarse un acondi-cionamiento acústico a las edificaciones destinadas para este
uso. Algunos de los comercios que pueden instalarse son: bode
gas, cafeterías, restaurantes, tiendas, oficinas, gasoline--rías, hoteles, etc.

2.6.2.5 USO RECREATIVO.

El uso recreativo tiene muy variadas formas, algunas de las cuales son compatibles con las operaciones aeroportuarias

Las áreas de recreo son necesarias para las grandes con centraciones humanas pero requieren terrenos de gran superficie. En muchos aeropuertos se tienen áreas considerables que pueden transformarse en centros de recreación como pueden ser: campos de golf, canchas de tenis y otros deportes, pistas para atletismo, piscinas, salas de baile, teatros, cabe aclarar que estos campos deportivos consideran el aspecto recreativo más no el de espectáculo, ya que sería muy conflictivo el funcionamiento de un estadio, con tribunas en los terrenos aeroportuarios.

2.6.2.6 USO TURISTICO.

Puede promoverse el aeropuerto como un atractivo - - 238

turístico proporcionando miradores, restaurantes miradores,àsí como otros servicios del mismo tipo como agencias de vi<u>a</u> jes, hoteles, información especializada, servicio de guías,etc.

2.6.2.7 USO EDUCATIVO.

El uso educativo de la superficie de la zona industrial se refiere al montaje de exposiciones de material aéreo lo - que permite al público conocer, la evolución de la tecnolo-gía aeronáutica, la variedad de aeronaves en uso actual y- el desarrollo futuro de la aviación comercial.

2.6.3 AEROPUERTOS CON ZONAS INDUSTRIALES

Existen varios aeropuertos típicos por sus zonas industriales, a continuación se mencionan algunos de ellos.

2.6.3.1 AEROPUERTO DE SHANNON, IRLANDA.

En Irlanda, la localidad de Shannon cuenta con un aeropuerto con una zona industrial de características muy particulares. La zona industrial del aeropuerto de Shannon secreó con el concepto de zona franca, que se define como el area en la cual las mercancías se pueden importar, almacenar, transformar, y exportar sin pagar aranceles o impuestos de importación, exportación o de tránsito que se aplican normalmente en otras áreas del país.

Antes de la operación de los aviones a reacción la mayoría de los vuelos trans-atlánticos tenían que hacer escalas técnicas en el aeropuerto de Shannon, esto le permitió un tránsito aéreo de importancia debido a lo cual se efec--tuaron expansiones que colocaron a este aeropuerto entre los mayores y mejor equipados de Europa.

Sin embargo al principio de la década de los sesenta - que entraron en operación las aeronaves a reacción de largo-alcance, no fueron necesarias las escalas técnicas y como -- Shannon generaba poco tránsito y no constituia en si mismo - un mercado atrayente, su volumen de operaciones se redujo --- considerablemente.

Para proteger las inversiones realizadas en el aerozopuerto, el estado Irlandes creó una zona franca para fomentar el establecimiento de empresas productivas, ofreciendouna serie de incentivos para atraer a estas industrias.Entre los mas importantes se encuentran los siguientes.

A.-Exención del pago de impuestos de exportación .

B.-Libertad para repatriar el capital y los beneficios de--
*Este.

C.-Los acuerdos comerciales internacionales concertados por Irlanda beneficiarían a los productos fabricados en Shannon.
D.-Se otorgan subsidios para la adquisición de maquinaria -- nueva y para la capacitación del personal.

E.-Se ofrece mano de obra abundante, normal y especializada.

F.-Se ofrecen fábricas, almacenes para arrendamiento, así -como terrenos para edificación.

- Para fomentar el desarrollo industrial de Shannon se - creó la compañía "Shannon Free Airport Development,Co.Ltd."-por medio de una ley especial y financiada con fondos estatales.

En 1968 se censaron 42 empresas instaladas en la zonaindustrial de Shannon, de las cuales 15 eran de los EstadosUnidos, 12 eran de Irlanda y 9 del Reino Unido. Estas empresas producían productos y prestaban servicios en una gran di
versidad de géneros que se mencionan a continuación:

Maquinaria textil, fibras sinteticas, soldaduras, instrumentos musicales, equipo de electrónica, accesorios parachimeneas, imprentas, editoriales, tintorerías, abrazaderas, herramientas de precisión, herramientas para cortar acero, prendas de vestir de género de punto, servicios de procesamientos de datos y otros muchos.

De la anterior enumeración se desprende que los artíc \underline{u} los producidos son de gran valor por unidad de peso y volumen o artículos cuyo costo se integra principalmente por lamano de obra especializada empleada en su elaboración.

2.6.3.2 AEROPUERTO VAN NYSE DE LOS ANGELES CALIFORNIA, ESTADOS UNIDOS DE NORTEAMERICA.

Al norte de la ciudad de los Angeles, California en -los Estados Unidos de Norteamérica se localiza el aeropuerto
Van Nyse cuyas operaciones son de aviación general. Tiene un
gran volumen de operaciones que ocupa el tercer lugar en el
mundo en número de operaciones.

El aeropuerto Van Nyse ha alquilado las áreas de seguridad de las pistas para el cultivo de flores obteniendo ingresos adicionales por este concepto.

2.6.3.3 AEROPUERTO DE ORLY, PARIS, FRANCIA,

En el aeropuerto francés de Orly se conjuntaron los esfuerzos de las autoridades aeroportuarias y los de la compañía de aviación "TAI" para la construcción de hangares, -- que posteriormente fueron alquilados a la empresa para el -- mantenimiento de aviones.

2.6.3.4 AEROPUERTO JOHN F. KENNEDY DE NUEVA YORK, ESTADOS UNIDOS DE NORTEAMERICA.

Las autoridades del aeropuerto Kennedy de Nueva York - han impulsado el desarrollo de la zona industrial, ejemplo - de ésto es el hotel construído por las autoridades del aeropuerto y que actualmente se encuentra concesionado. Aunado a esto se tienen talleres de mantenimiento, plataformas de servicio, hangares, terminal de aviación general, etc. (figura 2.70).

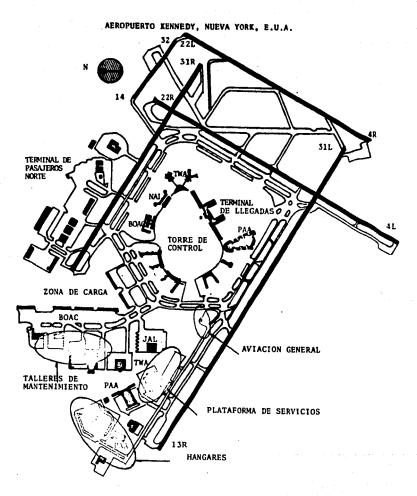


FIGURA 2.70

CAPITULO III

INTEGRACION DE LOS SISTEMAS

- 3.1 PLAN MAESTRO Y PLANO REGULADOR
- 3.2 ESTUDIO DE LA DEMANDA
- 3.3 EVALUACION DE LA CAPACIDAD
- 3.4 BALANCEO DE CAPACIDADES CONTRA DEMANDAS
- 3.5 ANALISIS DE LA FLEXIBILIDAD DE
 LA EXPANSION
- 3.6 ANALISIS ECONOMICO DE SOLUCIONES

3.- INTEGRACION DE LOS SISTEMAS

3.1 PLAN MAESTRO Y PLANO REGULADOR.

3.1.1 PLAN MAESTRO

En el análisis de los sistemas del aeropuerto se estudia individualmente cada sistema, siendo necesario integrarlos relacionandolos entre sí y con la comunidad a la que van
a servir. Esta integración se consigue por medio de un instrumento muy valioso que es el plan maestro o plan directordel aeropuerto.

El plan maestro es un aeropuerto concebido con la tecnología actual, con la configuración y magnitud necesarias al final del horizonte de proyecto; explica el desarrollo to
tal del aeropuerto incluyendo la componente aérea, la componente terrestre, el edificio terminal, las áreas para usos no aeronáuticos y las áreas colindantes con la central aérea.
Para ejemplificar lo anterior se presenta el plan maestro -del proyecto aeroportuario de Zumpango, en la zona del Valle

de México, en el que se preveen las áreas mencionadas como - se muestra en la figura (3.1).

El plan maestro es un instrumento de planeación y de -diseño del aeropuerto; en la fase de planeación el plan maes
tro permite establecer la factibilidad económica y financiera del complejo aeroportuario al final del horizonte de dise
ño.

En la fase de proyecto el plan maestro tiene como objetivos:

- A.-El desarrollo de instalaciones y servicios integrados armonicamente.
- B.-Establecer prioridades en el desarrollo del aeropuerto.
- C.-Determinar el desarrollo de las áreas colindantes con el aeropuerto.

3.1.2 PLANO REGULADOR.

El plan maestro concebido para el final del horizonteeconómico define un aeropuerto excesivo para la demanda que se tiene en el inicio de operaciones; por lo anterior es conveniente construír el aeropuerto en etapas, que proporcionen una capacidad acorde con la demanda.

El plano regulador es un documento que define la se---cuencia de las etapas de proyecto, permitiendo la programa-ción de las ampliaciones necesarias al complejo aeroportuarrio.

PLAN MAESTRO

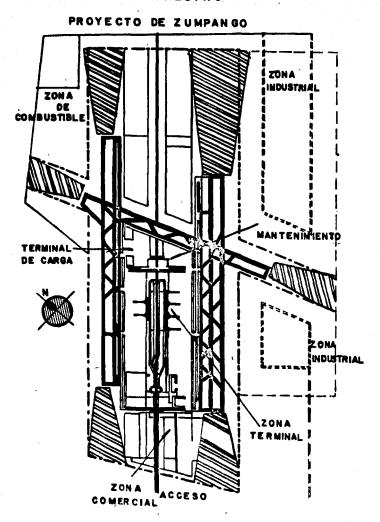


FIGURA 3.1

El plano regulador permite distribuir las inversioneslo cual es muy conveniente desde el punto de vista financiero.

El plano regulador proporciona la capacidad acorde con la demanda, así si se tienen del orden de 400,000 operaciones al año se requerirá un aeropuerto de dos pistas parale-las, con el edificio terminal intermedio.

Esta configuración sería necesaria al final del horizonte de proyecto que no es un año especifico sino el tiempo en el que se alcance la capacidad de saturación del aeropuer to, por lo que se podria construir en cinco etapas aproximadamente, definidas a continuación en terminos de operaciones.

I.- de 20,000 a 30,000

II.-de 30,000 a 60,000

III.-de 50,000 a 99,000

IV.-de 75,000 a 150.000

V.- de150,000 a 250,000 hasta la capacidad de saturación (400,000)

Esta secuencia se presenta a manera de ejemplo, mas no representa una regla a seguir. El nivel de construcción de cada etapa se presenta en la figura (3.2).

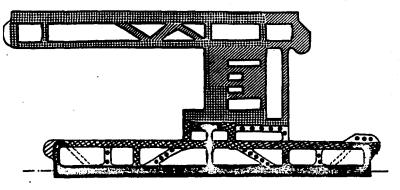
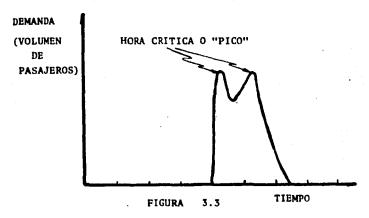


DIAGRAMA TIPICO DE DESARROLLO POR ETAPAS
FIGURA 3.2

- 3.2 ESTUDIO DE LA DEMANDA.
- 3.2.1. CARACTERISTICAS.
- 3.2.1.1 VARIACION HORARIA DE LA DEMANDA.

Una de las características de la demanda es su variab<u>i</u> lidad en el tiempo, tiene horas denominadas críticas o horas "Pico" en las cuales la demanda crece y tiene horas que no son críticas en las cuales la demanda baja o inclusive desaparece; esto es función del tipo y volumen de tránsito.

Existen aeropuertos que reciben un volumen de trânsito muy reducido, por ejemplo uno o dos vuelos comerciales al --día, por lo que a las horas de llegada y salida se tendrán - las horas críticas, pero en el tiempo complementario la actividad aeroportuaria será casi nula, como en la gráfica mos--trada en la figura (3.3).



En aeropuertos con mayor volumen de operaciones se tiene generalmente una actividad mas uniforme con horas pico menos marcadas. Esta variación es también diaria ya que existen días críticos con gran concentración de tránsito aéreo como en los casos de los períodos vacacionales o festividades especiales.

3.2.1.2 GENEROS DE LA DEMANDA

La demanda de un aeropuerto puede definirse como las necesidades de la población de obtener servicios de transporte aéreo y otros conexos a éste.

Será necesario definir la unidad en que se evaluará la demanda; en las pistas se medirá en operaciones de aeronaves en el edificio terminal en volumen de pasajeros y así en cada componente del aeropuerto. Estas unidades pueden agruparse en los siguientes géneros:

- A.- Volumen de operaciones (aterrizajes, despegues, toques y despegues, sobre vuelo).
- B.- Posiciones simultaneas en plataforma (número y tamaño).
- C.- Mezcla de aviones (tipo y frecuencia)
- D.- Número de compañías de aviación.
- E.- Volumen de pasajeros y equipaje (salida, llegada y tránsito).
- F.- Volumen de visitantes.
- G.- Número de concesiones en el edificio terminal.
- H.- Número de empleados (permanentes y en tránsito).
- I.- Número y tipo de vehículos.
- J.- Número de industrias.
- K.- Volumen y tipo de combustibles.
- L.- Volumen de operaciones de la aviación general.
- M.- Volumen y posición del equipo de rampa.
- N.- Volumen de carga y correo.

3.2.2 PRONOSTICOS DE DEMANDA.

La demanda será el parámetro principal para determinar las dimensiones de los sistemas del aeropuerto, pero su evaluación no es sencilla y se requieren estimaciones presentes y futuras.

Estas estimaciones son pronósticos que generalmente se efectúan para definir demandas anuales, que después se traducirán a períodos críticos, diarios y horarios.

La finalidad de los pronósticos no es predecir con precisión el futuro, sino proporcionar información de los rangos aproximados en que fluctuará la demanda.

La precisión de los pronósticos esta sujeta a un gran número de factores a mayor período de tiempo, mayor es la po sibilidad de variación de esos factores que son:

- .- Método deficiente de pronosticación.
- .- Datos básicos deficientes.
- .- Pronósticos deficientes de factores socio-económicos que afectarán la demanda de transporte aéreo (desarrollo turístico).
- .- La introducción imprevista de nuevos factores socio-econ $\underline{6}$ micos que afectarán la demanda (variación de la política turística).
- .- La influencia de factores dificiles de cuantificar (desarrollo de la tecnología aeronáutica, restricciones en la --

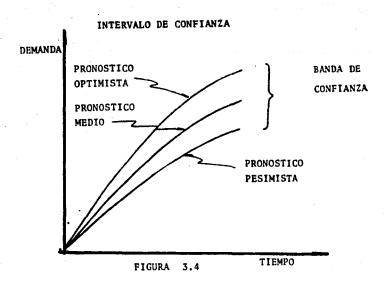
disponibilidad de combustible).

Ante las limitaciones anteriores existen dos procedimientos principales para manejarlos; para considerar la deficiencia en el método y en los datos básicos se efectúa un --análisis de sensibilidad para investigar el grado de precisión que puede esperarse de un pronóstico único.

Para tomar en cuenta la variabilidad de los factores - socio-econômicos asociados, se supondrán imágenes del ambien te socio-econômico futuro y de la política a seguir, obte--- niêndose un conjunto de pronósticos asociados.

Como resultado de los procedimientos anteriores pueden obtenerse límites superior e inferior del pronóstico único; o sea se define un pronóstico pesimista y otro optimista. El rango entre el pesimista y el optimista se define como una banda de confianza que implica un intervalo bastante amplio para valuar la demanda de transporte aéreo, por lo que debe diseñarse un aeropuerto flexible, que permita por medio del plano regulador adaptarse a la demanda real, (figura 5.4).

Es necesario efectuar una recopilación de información primaria antes de predecir la demanda. En caso de existir - un aeropuerto podrán conocerse datos históricos que permitan la proyección de la demanda determinando la conveniencia de realizar ampliaciones en el aeropuerto existente, la complementación con la construcción de uno nuevo o la construcción de uno nuevo cancelando el existente.



3.2.2.1 METODOS PARA REALIZAR LOS PRONOSTICOS.

El pronóstico para fines aeroportuarios se realiza con dos métodos: el mecánico y el analítico.

A .- PRONOSTICO MECANICO.

Estos pronósticos parten del principio que la tendencia histórica se va a repetir, o sea siguen la misma ley de crecimiento observada en años anteriores.

B. - PRONOSTICO ANALITICO.

Al pronóstico mecánico se le corrige con ciertos factores de correlación. Estos factores pueden ser, aspectos económicos sociales y tecnológicos. Algunos de ellos podrían -- ser los patrones de crecimiento de:

- .- La población mundial
- .- La población nacional.
- .- La población local.
- .- El transporte aéreo mundial, nacional o local.
- .- El desarrollo turístico local o nacional.

Para conocer los patrones de crecimiento de estos aspectos se realizan proyecciones definidas por la OACI.

La relación existente entre los factores económicos, so ciales y tecnológicos con la demanda de transporte aéreo se denomina modelo de demanda. El procedimiento para emplear -- los modelos de demanda se simplifica en los siguientes pasos: .- análisis de los datos historicos y actuales de la demanda de transporte aéreo.

- .- recopilación de los datos históricos de los factores económicos, sociales y tecnólogicos, así como su análisis en -relación con el transporte aéreo.
- .- establecer un modelo o relación entre los factores de correlación y la demanda de transporte aéreo.
- .- proyección a futuro hasta el horizonte económico de los * factores de correlación.
- .- a través del modelo establecido y de las proyecciones delos factores de correlación estimar la demanda futura de --transporte aéreo.

Como aplicación de los conceptos anteriores puede mencionarse el aeropuerto mexicano de Cancún, Q. Roo ya que para su estudio se asoció el desarrollo turístico a la demanda de transporte aéreo. El desarrollo turístico se expreso ennúmero de camas en los hoteles que se tenían en proyecto; se tomo en cuenta este parámetro ya que Cancún es un desarrollo turístico que se inició de la nada y no tenía otros parámetros de estudio confiables como tendencia historica de lapoblación o del transporte aéreo.

3.2.2.2 PROYECCIONES.

La proyección a futuro de datos historicos sigue parafines aeroportuarios tres patrones definidos por la OACI yque son: patrón lineal, exponencial y asintotico.

A.- PATRON LINEAL

Graficamente este patrón es una línea recta, ya que re conoce una relación constante en terminos absolutos; es un patrón conveniente en proyecciones a corto plazo o sea que no excedan de cinco años.

B. - PATRON EXPONENCIAL.

El patrón exponencial es aquel que plantea un incre--mento constante; es conveniente para proyecciones a medianoplazo, de diez a quince años.

C .- PATRON ASINTOTICO.

Implica un desarrollo de tipo exponencial hasta un cier to nivel, a partir del cual se corrige con un decremento gradual.

Para proyecciones a largo plazo, mayores de veinte años es conveniente cambiar el parametro de diseño y en lugar dedefinir un año de diseño como horizonte de proyecto se definira una capacidad de diseño capaz de satisfacer una demandacorrespondiente.

3.3 EVALUACION DE LA CAPACIDAD.

3.3.1 CONCEPTOS BASICOS.

La capacidad de un aeropuerto es la facilidad para que se realicen en él diferentes actividades, con una eficiencia medible en el Índice de servicio o régimen de servicio.

El régimen de servicio es la eficiencia de funciona--miento del aeropuerto, expresado en demoras.

La demora es el tiempo de espera de los usuarios antes de obtener el servicio que esperan del aeropuerto.

La capacidad deberá definirse para cada uno de los sigtemas en diferentes géneros o unidades, similares a los de la demanda entre los que destacan, número de operaciones,

número de pasajeros , número de visitantes y trabajadores -

3.3.2 CAPACIDAD DE LOS ESPACIOS AEREOS.

La capacidad de los espacios aéreos de un aeropuerto - se define en función de los equipos electrónicos con que se cuente y de las restricciones impuestas a la operación por - las condiciones topográficas de las áreas circundantes.

La capacidad de los espacios aéreos puede definirse en aproximaciones, ascensos, sobrevuelos o esperas y rutas.

Un factor de vital importancia para definir la capacidad del espacio aéreo de un aeropuerto es la actividad en aeropuertos cercanos, ya que pueden compartir rutas, y hasta patrones de aproximación y salida dependiente de la distancia que los separe.

3.3.3 CAPACIDAD DE PISTAS, CALLES DE RODAJE Y PLATAFORMAS.

3.3.3.1 DEFINICION DE CONCEPTOS BASICOS.

La capacidad del aeródromo se define como el manejo -eficiente del conjunto de operaciones de despegue, aterrizaje y las de toques y despegues. Esta última operación es par
te del entrenamiento de los pilotos y consiste de aproxima-ción, toque de ruedas y despegue sin detenerse.

Tomando en cuenta el concepto de demora o retraso puede definirse "La capacidad práctica" como el número de opera ciones efectuadas durante un intervalo específico de tiempo correspondiente al nivel de demora promedio.

La "capacidad total" puede definirse como el número má ximo de operaciones que un aeródromo puede aceptar durante - un intervalo específico de tiempo cuando existe una demanda continua de servicio.

Esta demanda continua significa que existen aeronaves preparadas para despegar o aterrizar. La capacidad total se conoce también como capacidad de saturación.

Uno de los sistemas fundamentales del aeropuerto es el de pistas, calles de rodaje y plataformas, por lo que es importante definir su capacidad con metodologías específicas para ésta componente aeroportuaria. Esto no implica que ésta capacidad pueda ser la que determine la capacidad del aeropuerto, en su conjunto.

3.3.3.2 FACTORES LIMITANTES DE LA CAPACIDAD DEL SISTEMA.

Existe un gran número de factores que afectan la capacidad de este sistema; entre los que pueden llegar a modificarla significativamente se encuentran los siguientes:

A.- Configuración de pistas.

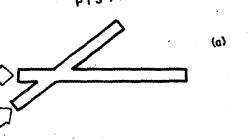
- B.- Estrategia de operación de las pistas.
- C.- Factores meteorológicos.
- D.- Mezcla de aviones.
- E.- Configuración de dalles de rodaje.
- F.- Procedimientos de reducción de ruido.

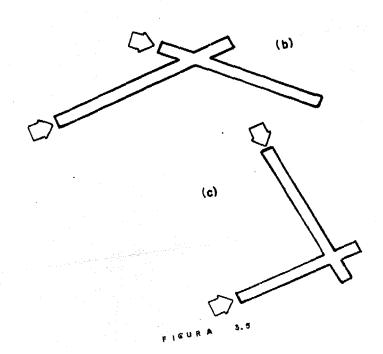
A .- CONFIGURACION DE PISTAS.

La configuración del subsistema de pistas, influye directamente sobre la capacidad. En el análisis del sistema se mencionaron las diferentes configuraciones y en la tabla -(2.6) se presentan las capacidades correspondientes a esas configuraciones.

Las características de las pistas que afectan mas a la capacidad son: número, orientación y separación. Por lo que respecta a la configuración de pistas intersectadas, su capacidad depende, de la localización del cruce. La capacidad se incrementa cuando la intersección se encuentra muy cerca de los umbrales de las pistas, (figura 3.5-a) ya que el avión que aterriza deja de afectar rapidamente a la otra pista. La capacidad va disminuyendo si se mantiene constante a una de las distancias, (figura 3.5-b) e incrementando a la otra, y aún mas si ambas se incrementan (figura 3.5-c) ya que el - avión que aterriza debe completar su operación antes de autorizarse un despegue por la otra pista.

DISTAS INTERSECTADAS





B .- ESTRATEGIA DE OPERACION DE LAS PISTAS.

Los procedimientos operacionales son fundamentales enla capacidad de las pistas. Entre menos complejos sean dichos procedimientos, mayor será la capacidad de las pistas.

Un aspecto importante es definir si se empleará la -pista para operaciones intercaladas o para uso exclusivo -de un tipo de operaciones.

Es conveniente cuando se tienen mas de dos pistas assignar a cada una de ellas un uso específico, despegue o aterrizaje con lo que se incrementaría la capacidad.

Para una configuración en "V" bajo normas de vuelo -"VFR" y en pistas paralelas en condiciones "IFR", si se usa
una sola pista para despegues, no afecta la capacidad.

si el 25% de los despegues se efectúan en una pistay el 75% en la otra, la capacidad de la configuración dismi nuye. Si el 50% de los despegues se lleva a cabo en cada -pista la capacidad disminuye aún mas que en el caso ante--rior.

En pistas intersectadas en reglas VFR" y en pistas en "V" en "IFR" la capacidad se disminufra si los despegues se efectuán en ambas pistas, independientemente del porcentaje en que se llevan a cabo, en cada una de ellas.

Otro aspecto relevante es la relación de aterrizajes a despegues; en el caso de pistas simples a una relación mayor, menor será la capacidad.

El tiempo de ocupación de la pista es otro aspecto -operacional importante que depende de: tipo de avión, geome
tría de la pista y separación entre operaciones subsecuentes.

Para el cálculo del tiempo de ocupación, se considera un tiempo promedio para una cierta población de aviones y para una configuración determinada.

Entre los aspectos que definen la separación entre -operaciones subsecuentes se puede mencionar el fenómeno conocido como "vórtices de punta de ala" que es una turbulencia artificial originada por una diferencia de presiones en
tre las partes superior e inferior del perfil aerodinámico
(del ala). Este fenómeno ocasiona problemas cuando operan aviones ligeros después de la operación de otros de mayor peso, por lo que se hace necesario aumentar la separación entre aviones disminuyendo la capacidad del sistema.

C .- FACTORES METEOROLOGICOS.

Es un factor fundamental para definir la capacidad ya que determina bajo que condiciones, visuales "VFR" o instrumentales "IFR" operará el aeropuerto.

Para evaluar en que medida se afectan las operaciones aéreas por este factor se tienen dos parámetros que son el techo y la visibilidad, que se miden con instrumentos especiales. El techo es la altura de la formación de nubes y la visibilidad es la distancia horizontal a la que se puede --ver un objeto.

Dentro del aspecto meteorológico se tienen otros elementos como el viento y la temperatura que pueden afectar la operación de las aeronaves y que han sido analizados anteriormente.

D.- MEZCLA DE AVIONES.

El tipo de avión y el porcentaje en que interviene en el total de operaciones es otro aspecto que afecta en la capacidad del aeropuerto; dentro de este aspecto es importante definir si es predominante la aviación general o la aviación comercial.

E.- CONFIGURACION DE LAS CALLES DE RODAJE.

El tiempo de ocupación de la pista se ve directamente afectado por la distribución de las calles de rodaje de salida; mientras mas rápido abandone el avión en turno la pista mayor será la capacidad de la misma.

La velocidad de giro del avión en la antersección de la pista y la calle de rodaje es función del ángulo entre ellas.

Deberán evitarse cruces de calles de rodaje y pistas, en el caso de que esto no sea posible, deberá darse prioridad al trânsito en la pista, ocasionando las mínimas demoras en el avión que circule en la calle de rodaje.

F .- PROCEDIMIENTOS DE REDUCCION DEL RUIDO.

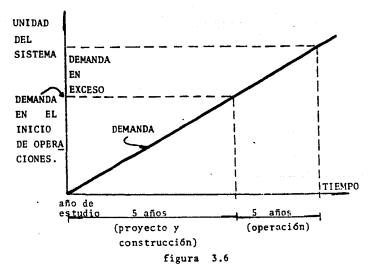
El vuelo de las aeronaves sobre zonas habitadas ocasiona molestias y daños por lo que muchas autoridades obligan a los prestadores de servicios de transportación aérea a modificar sus operaciones, lo que afecta a la capacidaden una magnitud correspondiente a las restricciones ordenadas.

Los principales procedimientos para abatir el ruido son: reducir la potencia de los motores durante el despegue
incrementar el régimen de ascenso del avión, establecer rutas de llegadas y salidas obligadas, aproximación en dos -segmentos y prohibición de las operaciones en horas determi
nadas.

3.4 BALANCEO DE CAPACIDADES CONTRA DEMANDAS.

Una vez efectuado el pronóstico de la demanda deberá relacionarse con la capacidad para definir las diferentes etapas del plano regulador.

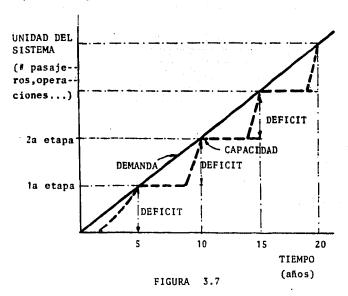
La primera etapa deberá definirse considerando una demanda a 10 años del año de estudio, ya que se considera que la etapa de estudio y proyecto durara dos años y la de construcción durara tres años; si se le da una capacidad en exceso de cinco años sobre el inicio de operaciones se tendran 10 años como horizonte de proyecto para la primera etapa.(figura 3.6).



Para un perfodo posterior al de la primera etapa, se tomarán intervalos de 5 años para ir aiustando la capacidad del aeropuerto a la demanda.

Se tienen tres estrategias de trabaio para estos perríodos del plano regulador, una conservadora, otra previsora y una mas de adaptación constante.

Las estrategias permiten diferentes niveles de servicio. la estrategia conservadora (figura 3.7) consiste en --adaptar la capacidad a la demanda que ya se presentó, por -lo que el aeropuerto siempre operará saturado.



La estrategia previsora consiste en preveer la demanda para proporcionar capacidad antes de que se presente dicha demanda (figura 3.8) esto permite un nivel de servicios mas alto por la holgura con que trabaja el sistema aeroportuario. Por otro lado se dispone de un mayor tiempo para -realizar los estudios, con lo que pueden proponerse inversiones con mayor recuperación.

ESTRATEGIA CAPACIDAD-DEMANDA

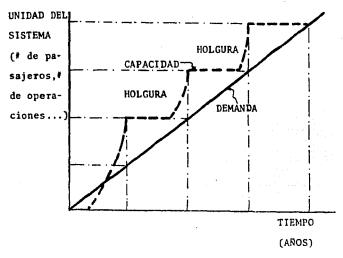
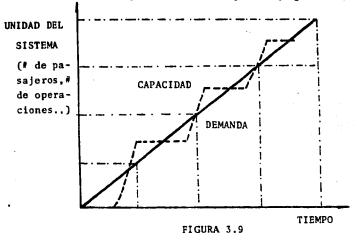


FIGURA 3.8

Lo ideal sería adaptar constantemente la capacidad a la demanda para no trabajar con déficit y no tener inversiones sin utilizar, pero esto es problemático ya que podría interferirse con la operación del aeropuerto (figura 3.9).



Debe destacarse que el aspecto comparativo capacidaddemanda debe estudiarse para cada sistema del aeropuerto, para posteriormente realizar un análisis relacionando las capacidades de los sistemas entre sí, lo que permitirá adecuar todas las componentes del aeropuerto a una capacidad
congruente. El concepto de sistemas interrelacionados del
aeropuerto define que el sistema de menor capacidad estable
ce la capacidad del conjunto.

3.5 ANALISIS DE LA FLEXIBILIDAD DE LA EXPANSION.

Comparando la demanda y la capacidad de un aeropuerto puede definirse la necesidad de efectuar obras para ampliar la capacidad del conjunto. Sin embargo la velocidad de saturación de un sistema componente del aeropuerto no es igual a la de otro sistema del mismo.

Puede darse el caso que el espacio aéreo y el sistema de pistas, calles de rodaje y plataformas tengan capacidad para admitir un avión de largo alcance (tipo8747) pero el edificio terminal no tenga capacidad para manejar el flujo de pasajeros y equipaje por lo que será necesario ampliar este sistema del aeropuerto, pero al estar relacionado con los demás sistemas, deberán analizarse las repercusiones de ésa expansión en esos sistemas.

3,5.1 FLEXIBILIDAD DEL SISTEMA ESPACIOS AEREOS.

Para ampliar la capacidad de este sistema deberán estudiarse varios aspectos: Incrementar el servicio de ayudas a la navegación y al aterrizaje, la eliminación de obstáculos en el área circundante, la automatización del control de tránsito aéreo y considerar el aspecto operativo en función de la contaminación por ruido.

El incremento del servicio de ayudas a la navegación

para ampliar la capacidad del sistema puede ejemplificarse por medio del radar, si se tiene un radar de aproximación - de una determinada precisión se asigna un volumen a cada ae ronave y con ello una separación entre ellas; si se incrementa la precisión del radar podrá disminuirse la separa---ción entre aeronaves y aumentar la capacidad del sistema.

Estos incrementos del equipo pueden efectuarse sin -suspender las operaciones por lo que se trata de una solución flexible.

3.5.2 FLEXIBILIDAD DEL SISTEMA PISTAS, CALLES DE RODAJE Y PLATAFORMAS.

El sistema pistas, calles de rodaje y plataformas es poco flexible para adaptarse a la demanda, sobre todo por lo que respecta a pistas y plataformas.

Si la demanda se incrementa notablemente pucde ser ne cesario la ampliación de la pista o construcción de otra. - Si el incremento es de peso de despegue y potencia en los - motores se requerirá por un lado aumentar la longitud de -- pista y por otro lado será necesario estudiar la resistencia de los pavimentos para definir si se tiene un espesor suficiente de la capa resistente o es necesario hacer modificaciones.

Todas las obras de ampliación ocasionan problemas de

operación en los aeropuertos, lo que demuestra la baja flexibilidad del sistema.

La plataforma presenta una problemática similar a la de las pistas, que es mas conflictiva por la relación que - guarda con la distribución de combustibles y con las cone-xiones con el edificio terminal, por lo que no pueden hacer se modificaciones a la plataforma sin afectar a esos sistemas.

Una solución económica a corto plazo es proporcionar posiciones de estacionamiento en plataformas remotas, especialmente para períodos limitados de congestionamiento de la plataforma.

3.5.3 FLEXIBILIDAD DE LA ZONA TERMINAL.

Conjuntamente con la expansión de la plataforma puede requerirse la expansión del edificio terminal, que es diferente para cada concepto de zona terminal.

Dentro del edificio terminal al incrementarse el número de pasajeros, se incrementa el tiempo de servicio (documentación, reclamo de equipaje y otros), por lo que deberán emplearse los modelos descritos de filas de espera, de redes y de simulación para definir las ampliaciones necesarias

En el caso del sistema de manejo del equipaje debe a \underline{u} tomatizarse o cuando menos mecanizarse para incrementar su eficiencia.

3.5.4 FLEXIBILIDAD DE LAS VIAS DE ACCESO.

El camino de acceso es un sistema poco flexible, ya que su ampliación implica el incremento del número de carrilles, con lo que se dificulta la operación del mismo. Esto implica que sea deseable proporcionar la máxima capacidad posible desde la primera etapa del plan maestro.

Al irse incrementando la demanda, se tendrá el efecto de la disminución de la velocidad de acceso e incremento -- del tiempo de acceso, esto repercute negativamente en los -- demás sistemas, ya que disminuirá el espaciamiento en tiempo entre la llegada del pasajero a la terminal y el despe--gue de la aeronave.

3.5.5 FLEXIBILIDAD DE LA ZONA DE COMBUSTIBLES.

Esta zona deberá expanderse hasta que se presente la demanda ya que sus costos de operación y mantenimiento son elevados.

Para expander la zona de almacenamiento se incrementa rá el número de tanques, la distribución será flexible si - se emplea el concepto de unidades móviles (tanques-cisterna) hasta un cierto volumen de combustibles y será mas conflictiva si se tienen instalaciones fijas como hidrantes, por su área de servicio limitada.

3.6 ANALISIS ECONOMICO DE SOLUCIONES.

El planteamiento de soluciones resultante del análisis de los sistemas; ya sea en el sentido de construcción de un aeropuerto donde no existe, o ampliación al sistema aeroportuario existente, deberá someterse a un estudio de tipo económico para determinar su factibilidad.

Es necesario demostrar que la inversión a realizar redituará beneficios suficientes para cubrir el costo de la operación, mantenimiento, administración y amortización del capital invertido, esto se realiza por medio de análisis obeneficio/costo.

Los beneficios que pueden obtenerse pueden ser directos como ingresos por conceptos aeronáuticos y no aeronáuticos o indirectos como son el desarrollo económico, o la integración social de una región.

CAPITULO IV

CONCLUSIONES

IV .- CONCLUSIONES.

El desarrollo de los medios de Comunicación y de Transporte es uno de los factores de mayor importancia para la integración socio-económica de un país; dentro de este contexto el aeropuerto constituye un elemento de gran relevancia, ya que es la infraestructura del sistema de transporte aéreo.

El aeropuerto es un elemento viviente, con una actividad constante, que le permite ser un polo de desarrollo para la comunidad a la que sirve.

La evolución constante de la aviación, deberá ser un factor siempre presente en la concepción de un aeropuerto, -

por lo que deberán crearse instalaciones versátiles que se - adapten a vehículos aéreos que no operan en el tiempo en que se realice el proyecto.

El conocimiento de la tecnología aeronáutica y de las condiciones en el mercado del transporte aéreo son indispensables en el diseñador de aeropuertos, para crear ésa versatilidad en las componentes de las terminales aéreas.

El aeropuerto debe concebirse como el eslabón fundamen tal entre el sistema de transporte aéreo y el sistema de - - transporte terrestre, por lo que se diseñarán áreas para satisfacer los requerimientos de ambos sistemas.

El diseño del aeropuerto será congruente si se efectúa un análisis del mismo, concibiéndolo como un conjunto de sistemas interdependientes, éstos sistemas son: espacios aéreos pistas; calles de rodaje y plataformas; zona terminal; vías de acceso; zona de combustibles y zona industrial.

Cada sistema del aeropuerto deberá analizarse individualmente, para posteriormente en un proceso de síntesis, -efectuar un estudio conjunto del complejo aeroportuario.

En el diseño de un aeropuerto deberán considerarse diversos criterios para cada sistema, pero se tendrá uno que es universal para todos ellos y que es el económico. Desde el punto de vista de erogaciones, es conveniente construir-las instalaciones aeroportuarias por etapas. esto se justifica con un estudio financiero a corto, mediano y largo plazo.

Las necesidades que deberá satisfacer el aeropuerto de berán estudiarse, para definir la demanda en el horizonte de proyecto, así como para estimar su ley de crecimiento.

Las instalaciones aeroportuarias deberán adaptarse al crecimiento de la demanda, lo que constituye otro criterio - para diseñar sistemas versátiles en las terminales aéreas.

La capacidad de cada componente podrá definirse individualmente de acuerdo al análisis para posteriormente en la síntesis definir la del conjunto, que será la del sistema de menor capacidad. Como el objetivo del análisis es optimizar la capacidad total, será necesario en algunas ocasiones sacrificar la capacidad de uno o más de los sistemas.

El aeropuerto es principalmente un elemento que sirve a los habitantes y visitantes de su área de influencia, por lo que deben minimizarse los efectos nocivos que pudiera -- ocasionar y maximizarse los beneficios que produce a ésa comunidad y al país.

BIBLIOGRAFIA.

- 1.- AERODROMOS. 1976. Anexo 14 al convenio sobre aviación civil internacional: OACI.
- 2.- AIRPORT CAPACITY CRITERIA USED IN LONG RANGE PLANNING.
 1969. Advisory circular A C # 150/5060-3 A; U.S. F A A.
- 3.- AIRPORT TERMINALS REFERENCE MANUAL. 1976. sexta edición: Asociación Internacional de Transporte Aéreo (IATA).
- 4.- Dovali Ramos F. 1976. Sistema Aeroportuario de la Zona Metropolitana. Foro para la Problematica Urbana del Area Metropolitana de la Ciudad de México.
- Dovali Ramos F. 1978. Apuntes del curso de Aeropuertos.
 Facultad de Ingenieria. UNAM.
- 6.- El Primer Aeropuerto de Cristal. 1975. AEROPUERTOS.
- 7.- FOMENTO DE INGRESOS NO AERONAUTICOS OBTENIDOS POR LOS _AEROPUERTOS. 1970. Circular 101- AT /22. OACI.
- 8.- Gomez J. 1972. CAMINOS DE ACCESO. Tesis para licenciatura.Facultad de Ingenieria.UNAM
- 9.- Horonjeff R. 1962. <u>PLANNING AND DESING OF AIRPORTS</u>.Nueva York: McGraw-Hill.
- 10.-Horonjeff R. 1975. PLANNING AND DESING OF AIRPORTS. Nueva York: McGraw-Hill.
- 11.-Jauffred Mercado F. 1978. Apuntes del curso de Ingenieria de Sistemas.Facultad de Ingenieria.UNAM.

- 12.-LA AVIACION, 1973. México : Salvat Editores.
- 13.-Lopez Pedroza-Munera F. 1970. AEROPUERTOS. tercera edición Madrid. Editorial Paraninfo.
- 14.- MANUAL DE PLANIFICACION DE AEROPUERTOS. 1977. parte I .
 Planificación General. 1a edición: OACI.
- 16.-OPERACION DE AERONAVES. 1971. Porcedimientos para los ser vicios de navegación aérea. Doc 8168-OPS/611/3. tercera edición. OACI.
- 17.-Programa de Aeropuertos, 1973, SOP, # 92.
- 18.-SITUACION ECONOMICA DE LOS AEROPUERTOS INTERNACIONALES.
- 1970.Circular 115-AT /30.Organización de Aviación Civil -Internacional.
- 19.-Weihmann J. y Figueroa P. 1977. Factores de Proyecto -en el Sistema Aeronáutico- Terrestre en un Aeropuerto. Tesis
 para licenciatura. Facultad de Ingenieria. Universidad Nacio-nal Autonoma de México.