

147  
2ej.

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO**  
**FACULTAD DE INGENIERIA**



**EL SISTEMA DE TRANSPORTE  
AEREO**

**ANDRES ROMO BECERRIL**

**TESIS**

**PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERIA CIVIL**

**1987**



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

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

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

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

# I N D I C E

Pág.

## CAPITULO I: INTRODUCCION A LOS SISTEMAS

Filosofía y disciplina.	2
Definición de sistemas.	3
Ejemplos de sistemas.	3
Clases de sistemas.	6
Estado de un sistema.	7
Características.	8
Análisis de sistemas.	14

## CAPITULO II: EL SISTEMA DE TRANSPORTACION AEREA.

Semblanza histórica.	16
Descripción del entorno del transporte aéreo.	24
Aeropuerto.	33
Aeronaves.	59
Mercado y pronóstico de la demanda.	76

## CAPITULO III: LA AVIACION COMERCIAL COMO SISTEMA.

Introducción	85
Descripción del entorno.	86

Servicio de transporte de pasajeros.	87
Servicio de carga.	92
Ingresos.	97
Insumos.	98
Financiamiento.	101
Instalaciones.	102

#### CAPITULO IV: DESARROLLO DE UN MODELO DE ASIGNACION

##### DE AERONAVES.

Teoría general de los modelos.	106
Descripción del modelo de asignacion de aeronaves.	108
Explicación del programa y diagramas de flujo.	111
Resultados.	125

#### BIBLIOGRAFIA

127

## PROLOGO

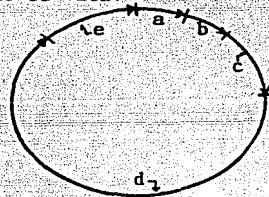
Para un adecuado manejo de las empresas u organizaciones, es menester estudiarlos como un sistema, es decir, como un conjunto de entidades o componentes enlazados para obtener determinados objetivos.

El capítulo primero nos introduce a los conceptos básicos de sistemas, para que en los capítulos II y III, se puedan aplicar al sistema de transportación aérea.

La sección que sobresale de estos capítulos, por ser la de mayor interés para la Ingeniería Civil, es la de aeropuertos, quedando en segundo término, la del pronóstico de la demanda, con sus correspondientes estudios estadísticos.

El conocimiento del sistema, nos permite comprender mejor los procesos productivos y de esta manera, poderlos optimizar en cualquier fase por la que estén pasando. Al respecto agrego que un sistema pasa normalmente, por las siguientes fases en su ciclo de vida:

- a) Planeación inicial.
- b) Diseño.
- c) Construcción.
- d) Operación, control y Manto.
- e) Obsolescencia.



En el capítulo IV, se busca optimizar la fase de operación, de una aerolínea en lo que concierne al No. de vuelos para cada destino, tomando en cuenta factores tales como demandas, tiempos de ruta, pagos por ruta y tiempos disponibles. Las principales contribuciones de este trabajo, son los conceptos de sistemas para su aplicación en cualquier organización y los elementos de programación dinámica, utilizada para resolver un problema de transportación en una red.

# CAPITULO I

## INTRODUCCION A LOS SISTEMAS

## FILOSOFIA Y DISCIPLINA .

Quizá la filosofía parece ser una palabra prohibida para el ingeniero, pero solo significa en forma literal "amor a la sabiduría".

Es un cuerpo de principios y conceptos generales que delinean determinada rama del conocimiento, disciplina o creencia religiosa, incluyendo la aplicación de sus principios. De esta manera podemos hablar de cierta filosofía de la historia, del cristianismo, o hasta de los negocios.

Filosofía tiene otro significado; y es una actitud personal consistente e integral hacia la vida, la realidad o a ciertas fases de ella, 'por ejemplo puede ser la actitud hacia nuestra profesión, especialmente si esta actitud se expresa en creencias o principios conductuales

Estos principios globales, conceptos y métodos generales de la filosofía, nos conducen al desarrollo de teorías, leyes, reglas y a detallados métodos para su aplicación. Esto último nos lleva a una disciplina que trataremos de seguir: Un enfoque de sistemas que explicaremos brevemente en esta tesis y la aplicaremos a un sistema muy específico: El transporte aéreo.

## I.1 DEFINICION DE SISTEMAS.

Para comenzar, definiremos la palabra sistemas: Según el diccionario de la real academia española; sistema es el conjunto de cosas que ordenadamente relacionadas entre si contribuyen a determinado objeto.

Ackoff, McMillan y González definen sistemas en forma muy parecida: Un sistema es un conjunto de entidades (componentes) relacionadas entre si.

Hay poco que agregar a estas definiciones, por lo que sólo agregaré algunos ejemplos de sistemas, con algunas de sus características mas importantes.

## I.2 EJEMPLOS DE SISTEMAS.

El universo abunda con ejemplos de sistemas, quizá sea la única manera en que el hombre pueda entender mejor este complejo mundo: Dando jerarquía a sus componentes.

Se utiliza el término jerarquía, para describir una entidad compuesta de subentidades, las cuales a su vez se componen de subentidades de menor rango cada vez.

Este proceso "jerárquico" de subdivisión de funciones continúa hasta que, por último, se llega a una subentidad no fraccionable.



Definida de esta manera, la jerarquía no necesariamente implica relaciones de autoridad, aunque las entidades a niveles mas altos, ejerzan "control" o autoridad sobre los niveles inferiores.

Estudiando los sistemas en forma jerárquica, podemos revisar sus componentes, de uno en uno, pudiendo avanzar a sistemas mas grandes, logrando un mejor conocimiento de éstos y sus interacciones.

Los sistemas pueden ser concretos o abstractos. Los sistemas concretos se componen de objetos físicos, como por ejemplo tenemos al sistema carretero, una computadora o una red telefónica, que además tienen la característica de ser sistemas hechos por el hombre. Además de éstos sistemas artificiales o humanos, encontramos los sistemas naturales, como pueden ser el sistema nervioso central de los mamíferos o el aparato digestivo.

El universo en sí puede verse como un supersistema, jerárquicamente formado por galaxias, sistemas solares y planetas. Si especulamos sobre sus niveles mas altos caemos en el campo de los cosmólogos o de los teólogos y en el otro extremo, caemos al campo perteneciente a los físicos, que estudian las partículas elementales.

Los sistemas abstractos se crean por la necesidad de comprender lo más complejo. Es natural que nosotros comúnmente factoricemos los problemas complejos, en otros menos complejos. Por medio de la repetición de este proceso, los subproblemas son eventualmente solucionables. Así posiblemente encontremos a partir de las subsoluciones una solución satisfactoria del problema global.

Las jerarquías abstractas se manifiestan de muchas maneras, el conocimiento humano comúnmente se organiza así. Cierta rama del conocimiento como las matemáticas, muestran estar subdivididos en "subramas".

Los programas de computadora, también tienen una estructura jerárquica, entre mas explícita sea, es más fácil de entender, modificar y mejorar.

Los sistemas nos rodean por todos lados, ya sea que fuesen sistemas en sí, o los percibamos como tales. el ser humano piensa en forma jerárquica como un camino para reducir su mundo complejo, a uno más sencillo, entendible. "Si los sistemas no existieran, ya los hubiéramos inventado" (Emery).

### I.3 CLASES DE SISTEMAS.

Los sistemas se pueden clasificar de distintas maneras, previamente explicamos que los hay abstractos y concretos, naturales y humanos; a continuación se indican los tipos de sistema en un esquema propuesto por el Ing. Felipe Ochoa Rosso:

<p>S. Naturales.</p> <p>S. Humanos</p> <table border="0" style="margin-left: 20px;"> <tr> <td style="border-right: 1px solid black; padding-right: 5px;">Sociales</td> <td style="padding-left: 5px;">Existentes</td> </tr> <tr> <td style="border-right: 1px solid black; padding-right: 5px;">Productivos</td> <td style="padding-left: 5px;">No existentes.</td> </tr> </table>	Sociales	Existentes	Productivos	No existentes.	<table border="0" style="margin-left: 20px;"> <tr> <td style="border-right: 1px solid black; padding-right: 5px;">Operación</td> <td style="padding-left: 5px;">Corrección</td> </tr> <tr> <td style="border-right: 1px solid black; padding-right: 5px;">Magnitud</td> <td style="padding-left: 5px;">Mejoramiento</td> </tr> <tr> <td style="border-right: 1px solid black; padding-right: 5px;"></td> <td style="padding-left: 5px;">Contracción</td> </tr> <tr> <td style="border-right: 1px solid black; padding-right: 5px;"></td> <td style="padding-left: 5px;">Expansión.</td> </tr> </table>	Operación	Corrección	Magnitud	Mejoramiento		Contracción		Expansión.
Sociales	Existentes												
Productivos	No existentes.												
Operación	Corrección												
Magnitud	Mejoramiento												
	Contracción												
	Expansión.												
Tipo de sistema	Tipo de problema.												

Otra clasificación nos distingue entre sistemas abiertos y cerrados. Es sistema abierto cuando hay intercambio de materiales, energía o información con su ambiente, y es cerrado cuando no hay.

Otra clasificación nos propone la existencia de los sistemas adaptativos, cuando el sistema se adecúa en forma favorable a cambios en el ambiente, y conforme se van

presentando estos "shocks", la empresa va reaccionando y dependiendo del éxito de cada respuesta, se almacena para formar la experiencia de la empresa.

#### I.4 ESTADO DE UN SISTEMA.

Hay ciertas características de un sistema que cambian conforme pasa el tiempo, y de ésta manera nos podemos referir a los distintos estados por los que puede pasar, de los cuales presento algunos:

**Estado estable.** Ocurre cuando los atributos o características del sistema permanecen constantes, o se pueden considerar como constantes, porque fluctúan dentro de un rango aceptable.

**Edo. inestable.** Se presenta cuando los atributos fluctúan ampliamente. En ocasiones el sistema se comportará en forma estable y en otras no, como ejemplo tenemos las líneas de espera, donde en el comienzo del servicio, la longitud de la cola varía enormemente y después lo hará dentro de límites muy predecibles.

**Edo. de transición.** Todavía se presenta un comportamiento errático, pero las variaciones son tales, que se podría considerar ya estabilizado.

**Edo. de explosión.** Cuando los valores de las variables (atributos) están fluctuando, pero siempre en forma creciente, entre más tiempo opera el sistema, más grandes son las fluctuaciones.

## I.5 CARACTERISTICAS.

La característica principal de un sistema, es que esta compuesto de partes que interactúan y que a su vez tienen cada una, determinada independencia. Sin interacciones, el estudio de los sistemas sería menos interesante puesto que son las que le dan riqueza al comportamiento de los sistemas y hacen que su análisis sea bastante complejo.

Cada parte del sistema esta compuesto de subpartes, si hablamos de computadoras, sería su CPU, compuesto a su vez de circuitos aritméticos y registros, continuándonos a los mismos bits de información. Por esto se dice que los sistemas exhiben su estructura jerárquica por poseer partes dentro de partes dentro de partes.

Los componentes de un sistema se unen por infinidad de interfaces, que pueden tomar la forma de entradas o salidas (inputs - outputs), que pueden ser a su vez físicos, de materiales, de energía o de información. Los componentes transforman sus entradas en salidas, presumiblemente, contribuyendo a conseguir los objetivos del sistema.

Quizá las transformaciones sean excesivamente complejas para algunos componentes, por lo que será menester dividirlo en subcomponentes, para entenderlo mejor.

En muchos sistemas las entradas y salidas son normalmente físicas, teniendo la información únicamente como un medio de coordinación. Por otro lado hay sistemas que utilizan sólo la información, como lo son los de información administrativa (por supuesto que se pueden considerar como parte de una organización que las englobe).

Se dice que un componente queda totalmente definido, cuando se conoce la forma en que transforma las entradas en salidas, sin embargo debido a las interacciones entre los componentes, el conocer el comportamiento individual de todos y cada uno, no implica que se pueda predecir el comportamiento del sistema.

La descripción completa del comportamiento del sistema, requiere del conocimiento de las interacciones entre sus componentes así como del comportamiento de cada uno. Para los sistemas se puede decir que el todo es más grande que la suma de sus partes.

Las fronteras de un sistema son en esencia arbitrarias; se pueden tomar los componentes de un sistema como sistemas en sí, como por ejemplo un avión, que se puede considerar como un sistema, por tener sus subsistemas de control, sustentación, propulsión, etc. y a su vez este avión puede formar parte de una flotilla de una línea aérea, que junto a otras, forma la red de transporte aéreo de un país. Así sucesivamente, este proceso de construir sistemas

grandes a partir de otros mas pequeños, puede continuar casi indefinidamente, y se detendrá dependiendo de nuestros intereses y puntos de vista.

Los niveles mas bajos o puntos terminales en la jerarquia del sistema son también, esencialmente arbitrarios, se pueden seguir encontrando los componentes de un avión por ejemplo, llegando a sus partes eléctricas, o inclusive, podríamos llegar al nivel molecular. Sin embargo, llega el punto en donde nos deja de interesar la estructura de un componente por lo que se le da el trato de "caja negra"; por ejemplo el ministro de transportación de un país, verá como caja negra a las aeronaves, dejando su estudio a los tecnicos que conozcan su estructura interna.

De las cajas negras sólo se conoce que transforman las entradas en ciertas salidas o productos, pero no se estudia su estructura interna.

Todo lo que se encuentra fuera de las fronteras del sistema se llama ambiente, (algunos autores lo llaman medio ambiente). McMillan y González definen ambiente como el conjunto de entidades que al cambiar, afectan al sistema y también engloba aquellas entidades que son cambiadas cuando se realiza alguna modificacion al sistema.

West Churchman dice sencillamente que "medio ambiente" del sistema es lo que esta fuera del sistema, y agrega: "en el ambiente se encuentran aquellas situaciones que no estan bajo el control de quien toma decisiones dentro del sistema, en tanto que sus recursos y componentes sí.

(Por lo general existen interacciones entre el sistema y el ambiente, pero las variables exógenas que son la manifestación de estas interacciones, se tratarán como si estuvieran fuera de nuestro control).

La designación de fronteras arbitrarias, tiene el peligro de que algunas interacciones de importancia no sean consideradas, induciéndonos a una suboptimización, logrando alcanzar objetivos locales pero son incompatibles con los del sistema total.

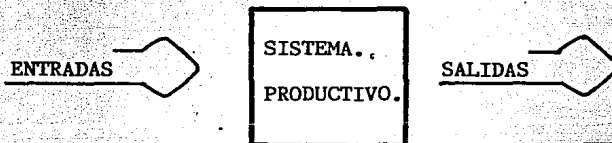
La estructura interna del sistema, como las fronteras pueden considerarse arbitrarias. Normalmente existe un gran número de formas en que los componentes se puedan unir, no todas las estructuras formadas, son igualmente deseables, por lo que en la fase de selección se trata de elegir aquellas alternativas con menor interdependencia y sean mas eficientes porque se acercan más a los objetivos globales. Una vez que se ha elegido la estructura, ésta impondrá severas restricciones sobre el sistema; por



ejemplo, si se asignan determinadas funciones al subsistema de comunicaciones del sistema de transporte aéreo, en vez de hacerlo con el de informática; el sistema posiblemente se comportaría distinto.

En la figura 1.1 se muestra el modelo general de un sistema productivo (Ochoa). Este modelo se puede adaptar prácticamente sin mayores modificaciones, a cualquiera que se estudie.

Para comenzar es menester tener una visión mas amplia del sistema estudiandolo como una caja negra, mediante un mecanismo, donde es posible transformar los flujos de entrada en determinados flujos de salida.



Entre los flujos de entrada se encuentran principalmente los medios de subsistencia financieros, así como de bienes o servicios suministrados por otro sistema. Los flujos de salida son los bienes o servicios que produce el sistema cuya retribución monetaria regresa en cierta proporción.

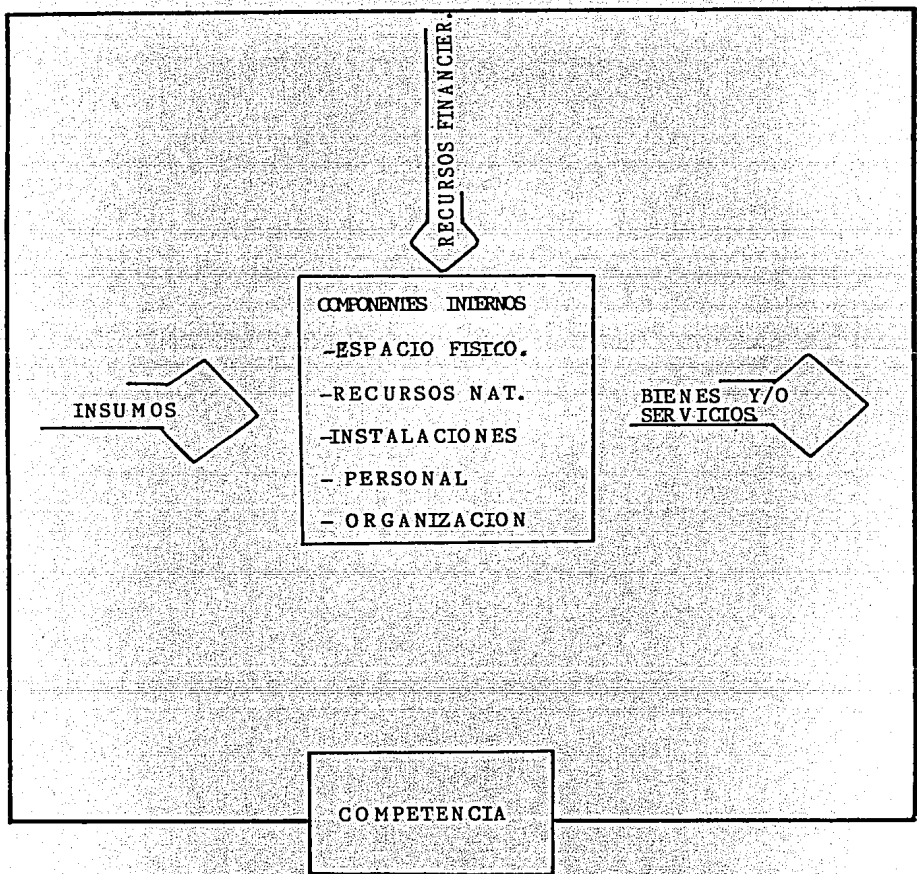


FIGURA 1.1

## I.6 ANÁLISIS DE SISTEMAS.

Así como hay varias definiciones para la palabra sistemas, también las hay para el análisis de sistemas, sus propósitos principales son la descripción y explicación del comportamiento de los sistemas. una vez que nos dan algo que al parecer no tiene estructura, nuestra primera preocupación será describirlo: ¿Que entidades están envueltas?, ¿de qué manera interactúan sus componentes?, ¿Cambia el sistema con el tiempo?.

El análisis de sistemas se limita en muchas disciplinas a la descripción, por ejemplo, los psicólogos del comportamiento esperan que algún día podrán entender como es el proceso del aprendizaje en los seres humanos, debido a que los sistemas relacionados son tan complejos, que tienen que limitarse a hacer algunas descripciones de determinados procesos. La descripción es el primer paso y nos llevará a conjeturas acerca de cómo se estructura un sistema.

El segundo propósito es la explicación del comportamiento del sistema, se tienen que responder los cómo y los porqués de su comportamiento, para esto, habrá que hacer suficientes observaciones para dar validez a nuestras hipótesis y aún así nos tendremos que preguntar si son útiles, es decir si nos ayudarán a predecir el comportamiento del sistema a futuro.

## C A P I T U L O    I I

## EL SISTEMA DE TRANSPORTE AEREO.

## II.1 SEMBLANZA HISTORICA .

No cabe duda que la aviación ha ejercido siempre, una gran atracción sobre los seres humanos. En la mitología el hombre antiguo mostraba una fascinación por volar, poseía dioses que vuelan y figuras semihumanas con alas.

Hay referencias de que los antiguos chinos ya aplicaban algunos principios de vuelo; pero no fue sino hasta el siglo XV cuando Leonardo da Vinci, artista, ingeniero y hombre de ciencia, plasma en su obra algunos diseños de aviones, helicópteros y hasta una especie de paracaídas.

En los siglos que vienen se realizan diseños de artefactos que asemejan insectos y aves voladoras, que requerían de un esfuerzo muscular sobrehumano para operar.

### II.1.1 Los primeros globos.

En 1783 los hermanos Montgolfier construyeron el primer globo que transportara al hombre, elevándose 100 metros y haciendo un recorrido de nueve kilómetros sobre París.

A mediados del siglo diecinueve, se desarrollaron los primeros globos controlados y fueron muy usados para aspectos militares, entre los que sobresalían el reconocimiento de líneas enemigas, transporte de correo y de personal.

### II.1.2 Los dirigibles.

Debido a que los globos dependían mucho de la dirección de los vientos dominantes; se creó la necesidad de fabricar un aparato que pudiera ser autónomo de estos fenómenos naturales. A principios del siglo veinte, el conde Von Zeppelin construyó un aparato formado por una estructura rígida de aluminio lleno de bolsas de hidrógeno, motores suspendidos de combustión interna y grandes góndolas, con todas las comodidades acostumbradas en aquella época.

### II.1.3 Aparatos con motor.

Una buena parte de los principios de la aeronáutica fueron establecidos por Sir George Cayley (foto), en el principio del siglo XIX. En 1886 Roberto Ader, ingeniero francés; desarrolló un avión de 20m. de envergadura y dos motores de 20 HP., que podía volar pero que resultaba muy difícil de controlar. Tomás Alba Edison, efectuó experimentos de vuelo, demostró que al hacer rotar rápidamente hélices; es posible llegar a sostener un peso considerable. sus investigaciones fueron abandonadas porque no encontró un abastecimiento de energía adecuado para sus motores.

En 1890 se realizó el primer vuelo con un avión modelo construido por Hardgrave quién al no poder fabricar uno que pudiera soportar el peso de un hombre, se dedicó a diseños de planeadores, que por esa época comenzaban a

difundirse ampliamente, y que en si, constituyeron una base teórica y práctica muy firme para el crecimiento de la aeronáutica.

Con el ejemplo de Chanute, de Langley y de los hermanos Lilienthal; los hermanos Wright construyeron varios tipos de planeadores y posteriormente, se dedicaron a diseñar un motor que se adecuase al avión, logrando producir un motor de 20HP, enfriado por medio de líquido. También desarrollaron sistemas de control tales como timones y otros dispositivos.

En el año de 1903, logran mantenerse en vuelo por 59 segs. recorriendo casi 300 metros.

Por encargo del gobierno de los Estados Unidos y con fines claramente militares, construyen un avión que podía cargar 180 kilogramos, desarrollar 65 km/hr y tenía alcance no menor a una hora de crucero.

A partir de este momento los aviones se utilizarían en misiones de observación, caza y bombardeo. Funciones militares que darían gran impulso al crecimiento de la aviación a pesar que en un principio eran pesados, endebles e inseguros. Con la aplicación de nuevos materiales como el duraluminio, el uso de armazón interna para las alas y el mejoramiento de los motores, fue posible la gran expansión de este medio de transporte.

En el año nuevo de 1914 se realizaron los primeros vuelos con itinerario, en un avión "benoit", volando de San Petersburgo a Tampa (Florida) una ruta de 22 kilómetros de recorrido que resulto ser un desastre financiero.

Durante la primera guerra mundial (15 de mayo de 1918) se inauguró un servicio de correo en forma regular entre Washington D.C. y Nueva York, vía Filadelfia, con pilotos y aviones del ejército de los Estados Unidos.

Las naves utilizadas en la primera guerra mundial fueron la base de las primeras aerolíneas, usando bombarderos modificados "handley Page", "De Havilland DH-4" y "jennies". Para los años veinte empezaron a sobresalir diseñadores como Claude Ryan, William Boeing y Donald Douglas. En aquellos días (1925), sobresalen los siguientes equipos El "stout 2" que fue el primer avión totalmente metálico, usado comercialmente y el trimotor Ford conocido como "tin goose", tenía una capacidad de 11 a 35 pasajeros. en el periodo de 1926 a 1932 se produjeron 199 unidades.

El Boeing 40-A introducido en 1927, tenía una capacidad de doce pasajeros, implementándose a 20, con el modelo 80. El "Fokker" de 1929 construido con cuatro motores, (dos pares montados espalda con espalda), presagia la entrada de los cuadramotores de los cuarentas.



En 1933 el Boeing 247, capaz de volar a 155 millas por hora fué incorporado a la flota de la "United Air Lines".

En 1934 la Douglas produce el DC-2, un modelo único por su comportamiento muy superior a los de su época, cruzando de costa a costa norteamericana en un tiempo récord de 13 horas, marcando el inicio de la transportación aérea moderna.

El siguiente año el DC - 3 es el avión que más contribuyó en el desarrollo de la aeronáutica comercial, era capaz de transportar 21 pasajeros a 296 km/hr confortablemente y con mas seguridad que ningún otro por muchos años.

Mas de once mil unidades fueron construidas, desgraciadamente, la mayoría fueron entregados para la milicia en la segunda guerra mundial. En la actualidad todavía existen algunos en servicio.

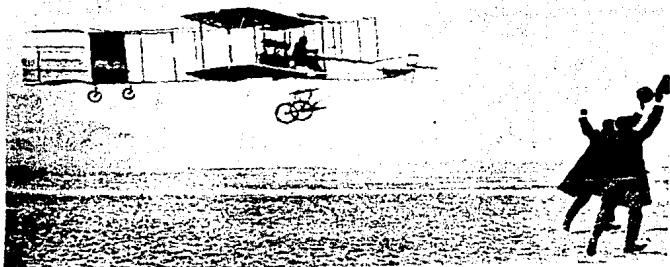
La evolución y la investigación auspiciados por la milicia, habían alcanzado un punto tal que, tanto los aviones como los motores, se fabricaron de acuerdo con especificaciones que los adaptaban a los empleos mas diversos: aviones de reconocimiento y fotografia, cazas de altura, bombarderos de largo alcance, planeadores para el aterrizaje furtivo de tropas detrás de la línea del frente, transportes de paracaidistas, suplementos, etc. Se comenzó a estudiar la propulsión por reacción, se progresó también en el radar y proyectiles teledirigidos.

En menos de un siglo ya contábamos con aviones para todo fin: anfibios, que podían tener su asiento en bases navales o terrestres, planeadores que eran remolcados por aviones y que al ser soltados podían efectuar aterrizajes seguros en lugares reducidos, helicópteros que podían despegar verticalmente y volar en cualquier sentido, así como permanecer inmóviles en el espacio.

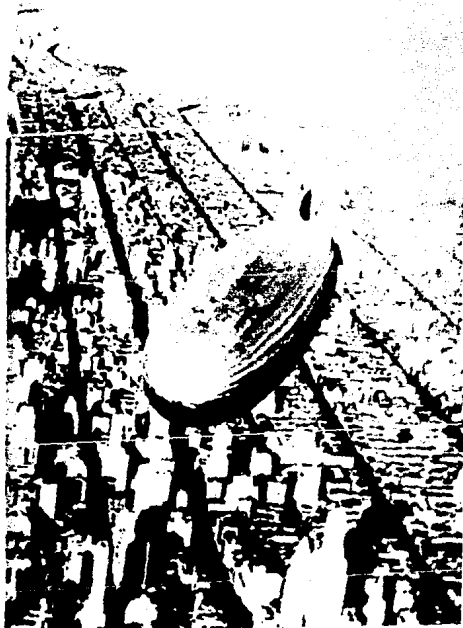
Después de la segunda guerra mundial; los industriales estadounidenses se concentraron en la aviación comercial, mientras que las demás naciones lo hacían casi exclusivamente en la tecnología militar. Esto provocó que los Estados Unidos tuvieran el liderato en la industria aeronáutica, por lo que la mayoría de las aeronaves comerciales que se utilizan son norteamericanas, tales como los modelos Douglas DC - 4, DC - 6, DC - 7, los Constellation, los Convairs y Martins , muy usados en los cincuentas.

En 1952 Inglaterra introdujo el primer avion comercial con turbopropulsores: El Viscount (ver foto).

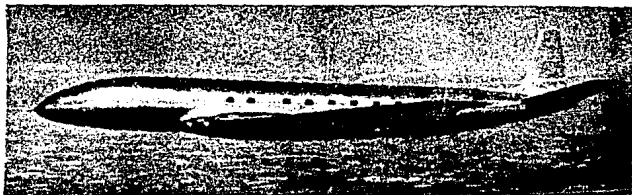
En octubre de 1954, el jet "de Havilland Comet 4" fue el primero en transportar pasajeros comercialmente, cruzando el atlántico, seguido de cerca por el Boeing 707 y el DC - 8, que transportan 120 pasajeros a una velocidad de 900 a 1000 km/hr.



2



4



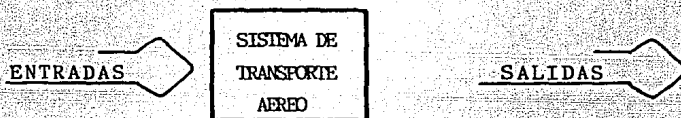
En la actualidad con el perfeccionamiento de los propulsores y la tecnología de materiales, se ha llegado a la transportación comercial supersónica con el Concorde y el Tupolev 144. Asimismo, con el gran impulso que ha tenido la computación, se están desarrollando ayudas a la navegación e instrumentos de a bordo, que permiten una mayor facilidad de manejo y un virtual "vuelo a ciegas", con la consecuencia de un incremento en la seguridad y por lo tanto, una mayor aceptación del público.

#### GUIA DE FOTOS DE LA PAGINA 22

- 1.- Henry Farman en su biplano "Voisin", después de recorrer 1 km en 1908.
- 2.- El dirigible transoceánico "Graf Zeppelin" sobrevolando Nueva York.
- 3.- Otto Lillienthal el primer aviador del mundo. (1895).
- 4.- Vuelo inaugural del avión inglés "Comet"

## II.2 DESCRIPCIÓN DEL ENTORNO DEL TRANSPORTE AEREO.

Para empezar a describir el entorno del sistema de transporte aéreo, es conveniente analizar al sistema como una caja negra:



El sistema recibe del exterior: Bienes de consumo intermedios o insumos de la producción, de los que sobresalen: Combustible, lubricantes y algunas refacciones o maquinaria de vida económica corta, como los neumáticos.

Asimismo recibe del exterior, bienes de capital, que son en esencia maquinaria y equipo que ha de ser usado en más de un ejercicio presupuestal, dentro de este tipo de bienes, saltan a la vista las aeronaves, que en su gran mayoría (a excepción de algunos aviones ultraligeros y de fumigación), son de importación y significan una carga financiera importante, principalmente en la aviación comercial. Para hacer frente a la necesidad de capital que se genera para el pago de insumos, bienes varios, seguros, personal y mantenimiento, las empresas tienen que buscar sus propias fuentes de financiamiento, tan variadas como las mismas empresas que participan en el ramo.

En cuanto a la aviación comercial, se hará una mejor relación de la forma en que una empresa nacional, afronta sus necesidades de financiamiento, en el capítulo III.

Las salidas del sistema visto éste como una caja negra son determinados servicios, resultado de ciertas transformaciones "desconocidas". De entre los servicios que proporciona el sistema sobresalen:

Pasajeros.

Carga.

Vigilancia y defensa del territorio nacional.

Servicios de Emergencia.

Fotogrametría, fumigación, etc.

Lo referente a los servicios de transporte aéreo de pasajeros y de carga, se tratará en el capítulo III.

La vigilancia y defensa del territorio nacional, son funciones del Ejército, por medio de la Fuerza aérea mexicana y la armada.

Lo concerniente a los servicios aéreos de emergencia, se puede enfocar en dos aspectos principales: El servicio de ambulancias aéreas, que se da a nivel particular, estatal y militar en forma cotidiana, y el muy importante apoyo aéreo en caso de desastres tales como incendios, terremotos,

inundaciones, etc. En el caso de centros de población importantes, deben de contar con un aeropuerto alterno, capaz de recibir aviones que proporcionen la ayuda especializada y los suministros de emergencia, previendo algún daño importante en las instalaciones del aeropuerto principal.

El modelo del sistema de transporte aéreo se representa en forma gráfica en la fig. 2.1 . En este capítulo se han mencionado los aspectos concernientes a los insumos que requiere el sistema, así como los servicios que se producen. De los componentes internos que resaltan dentro del sistema se encuentran:

**AEROPUERTO.** Siendo el lugar donde se realizan operaciones tales como aterrizaje, estacionamiento, despegue, y el movimiento de pasajeros y carga, permitiendo así, el cambio de modo del transporte terrestre al aéreo y de un avión a otro. Es un elemento esencial dentro del sistema, de tal manera que si se cuenta con una buena red de aeropuertos, es posible desarrollar adecuadamente este sistema en una nación.

para una descripción al detalle, ver la sección que corresponde a aeropuertos.

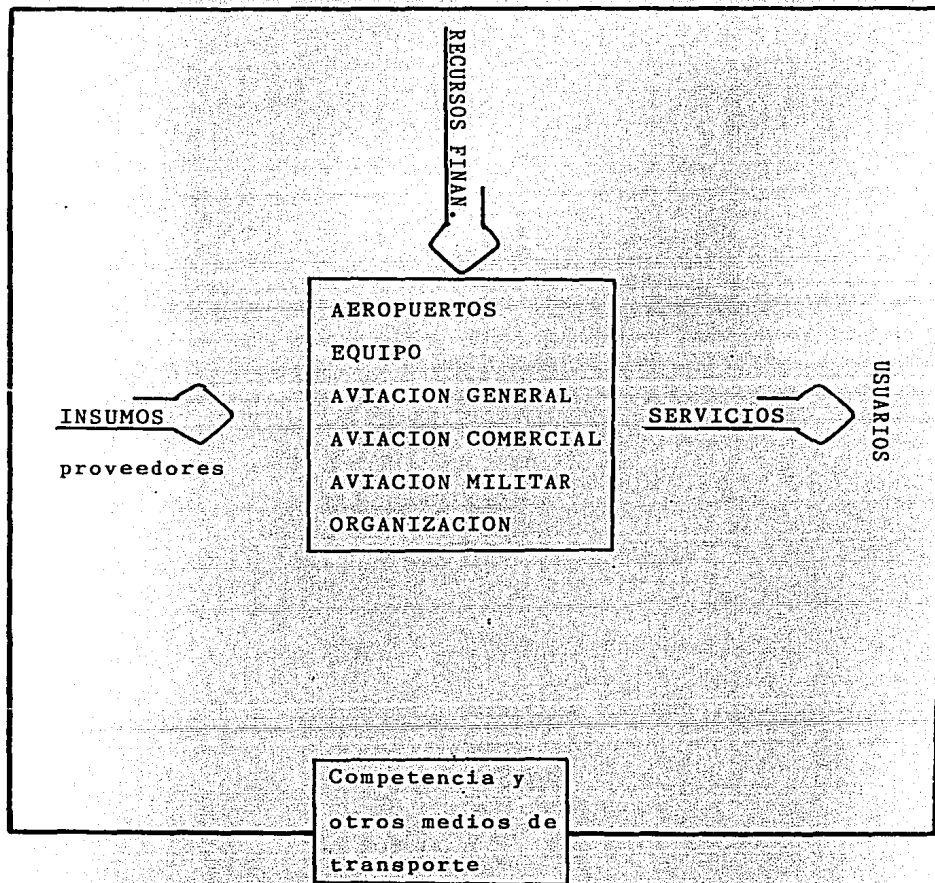


Fig. 2.1



**EQUIPO.** Dentro del sistema se utiliza una gran variedad de maquinaria y equipo que principalmente dan servicio a la aeronave, entre los que se encuentran:

-Unidad de potencia auxiliar o camión de planta eléctrica.

-Carros pipa.

-Montacargas.

-Sistemas de ayudas a la navegación.

-Equipos de emergencia.

-Redes de terminales de computadora para oficinas de boletos y/o carga.

-Camiones de: Carga de oxígeno.

Limpieza de cabina.

Aire acondicionado.

Servicio a pasajeros.

Carga de equipaje.

Servicio a baños.

#### **AVIACION GENERAL.**

Se realiza en su mayoría en aviones de pequeñas dimensiones y se dan servicios tales como:

Fumigación, ambulancias aéreas, taxis aéreos, red secundaria o alimentadora de pasajeros y/o carga, investigación minera, fotografía aérea, etc.

Otro aspecto de la aviación general es la estatal

Que por la magnitud del estado; requiere de sus propios servicios, en empresas tales como Petróleos Mexicanos o la Comisión Federal de Electricidad.

El número de aviones privados de México es muy pequeño, (actualmente unos 4000), que se utilizan principalmente para el turismo y los negocios, siendo un buen porcentaje de los servicios, rentados.

Los movimientos de aviación general en México, son originados en el extranjero, en donde los Estados Unidos juegan un papel muy importante, debido a su cercanía con nuestro país y también, a que cuenta con la flota privada más grande del mundo (cerca de 200 000 unidades).

El turismo es el principal motivo de viaje, para la aviación general extranjera a México, por lo que se le deberán brindar los servicios adecuados. (ver tabla de aviones y características pag. 75

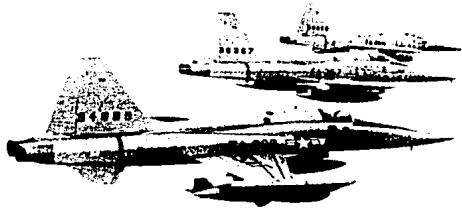
#### AVIACION MILITAR.

La aviación militar por sus funciones específicas, requiere no solamente de una clasificación aparte, sino que también necesita de instalaciones separadas, en una red que no coincida necesariamente con la red civil, puesto que debe ubicarse en posiciones estratégicas para la vigilancia y defensa de nuestro territorio.



5.-

Fotogrametría aérea: Vista  
Río Colorado, Baja California  
Norte.



6.-  
Aviones caza a reacción F- 5  
como los que posee la F.A.M.

## ORGANIZACION.

A partir de la segunda guerra mundial y con el objeto de estudiar los problemas de tráfico aéreo y su coordinación, se creó una entidad internacional llamada International Civil Aviation Organization (ICAO), que tiene los objetivos de vigilar un crecimiento seguro y ordenado de la aviación civil, propiciar el mejoramiento del diseño de los aviones y su operación con propósitos pacíficos, mejoramiento de pistas, terminales, ayudas a la navegación, evitar "discriminaciones entre las naciones contratantes, etcétera.

La "International Air Transport Association" (IATA), está formada por las principales aerolíneas del mundo, y representa "la voz unida de la aviación civil", formula opiniones y políticas en cuanto a tarifas, itinerarios, formas de tráfico, reservaciones, leyes, prácticas de operación e investigación de accidentes.

Entre las instituciones nacionales que participan en la organización del transporte aéreo están las siguientes:

Dirección General de Aeropuertos (DGA). Se encarga entre otras labores, de planear, proyectar, construir y conservar algunos aeropuertos que no opera A.S.A.

Dirección General de Aeronáutica Civil. Encargada de la autorización de permisos y licencias.

Dirección General de Tarifas, Maniobras y Servicios Conexos. Aeropuertos y Servicios Auxiliares (ASA). Tiene las funciones de administración, conservación y operación de aeropuertos.

#### COMPETENCIA.

En este sistema, la competencia está constituida por los otros medios de transporte, en donde a cortas distancias, superan a los servicios aéreos.

A distancias medias se puede dar a futuro, una competencia muy seria de parte del "tren bala", y conforme se pueda ir aplicando alta tecnología en México, (japonesa principalmente) se podrán alcanzar velocidades de 400 a 600 km/hr y entonces sí, constituir competencia a mayores distancias (por ej. Mexico-Monterrey-Nuevo Laredo).

En transporte transocéanico, el avión no tiene rival en el servicio de pasajeros, pero en el de carga no ocurre así, debido al gran volumen que puede transportar un barco carguero, aunque esto no suceda en cierto tipo de mercancías que requieren llegar a su destino rápidamente.

### II.3 A E R O P U E R T O .

Los aeropuertos modernos son instalaciones complejas, diseñadas para el movimiento y almacenamiento temporal de personas, vehículos, equipaje, carga y aeronaves.

Su función básica es la de permitir la transferencia de pasajeros y bienes entre los modos de transportación aéreos y terrestres y de un avión a otro.

El aeropuerto es un sistema, cuya eficiencia total depende del comportamiento de sus componentes, los cuales son:

- 1.- Edificio terminal.
- 2.- Plataformas.
- 3.- Estacionamientos y vías de acceso.
- 4.- Instalaciones complementarias.
- 5.- Zonas de almacenamiento y distribución de combustible.
- 6.- Pistas.
- 7.- Calles de rodaje.
- 8.- Ayudas a la navegación.
- 9.- Espacios aéreos y su control.

### II.3.1 EDIFICIO TERMINAL.

La función principal del edificio terminal, es la de servir de enlace entre los medios de transporte terrestre y aéreo.

La segunda función del edificio terminal, es la de documentación de pasajeros, equipaje y carga, asimismo contiente entre otras instalaciones, aquellas de control gubernamental (aduanas).

Al planear la construcción de una terminal, se tiene que tomar en cuenta que su costo constituye un porcentaje muy alto del costo total del aeropuerto.

Habrà que diseñarse áreas de circulación, con la capacidad adecuada para las distintas demandas, tomando en cuenta tener los menores recorridos para pasajeros y carga.

Tambièn se ubicarán y dimensionarán adecuadamente las principales zonas del edificio terminal, que a continuación se señalan:

Vestíbulo.

Ademes de llegada.

Salas de espera - pasajeros.  
- visitantes.

Zonas de manejo de carga.

Zonas de manejo de equipaje.

Áreas para las líneas aéreas.

Oficinas para dependencias gubernamentales.

Oficinas para la administración del aeropuerto.

Zonas para un mayor confort del pasajero.

- Restaurantes.
- Bancos.
- Renta de autos.
- Compañías de seguros.
- tiendas varias.

#### TIPOS DE EDIFICIOS TERMINALES.

**Terminal centralizada:** Las instalaciones se usan indistintamente para vuelos nacionales e internacionales.

**Terminal descentralizada:** Aquella que tiene instalaciones separadas para los vuelos nacionales e internacionales.

Por su forma se pueden clasificar de la siguiente manera:

#### Terminal Lineal.

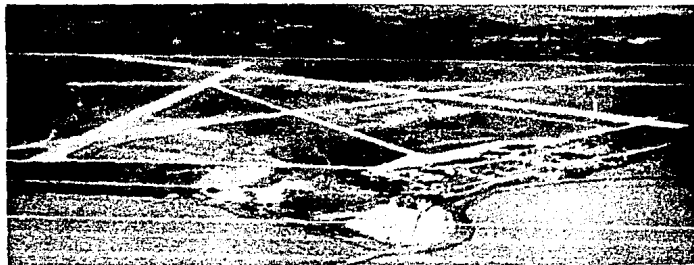
Es la distribución más sencilla, tiene la característica de que tiene fácil acceso vehicular y se puede ampliar sin afectar las operaciones, tiene la desventaja de que se presentan grandes recorridos para los pasajeros.

(ver fig.2.3.1).

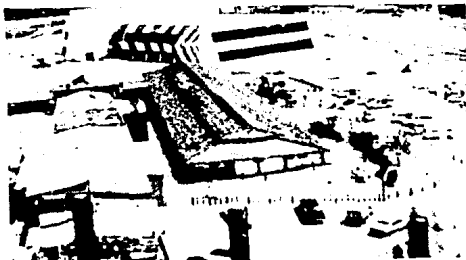




7.-Interior de la terminal  
del A.I.C.M.



Aeropuerto de Shannon, Irlanda. Nótese sus pistas intersec-  
tadas.



Aeropuerto de San José del  
Cabo.

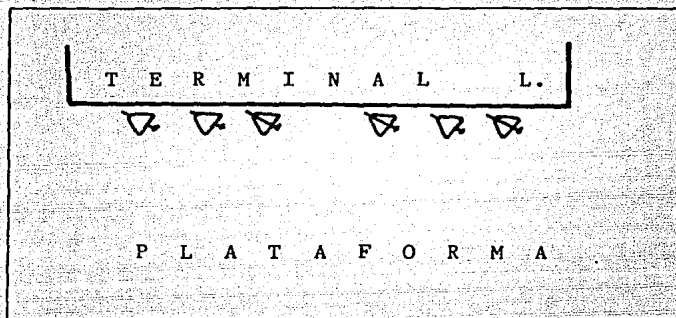


fig. 2.3.1 Terminal lineal. ↗

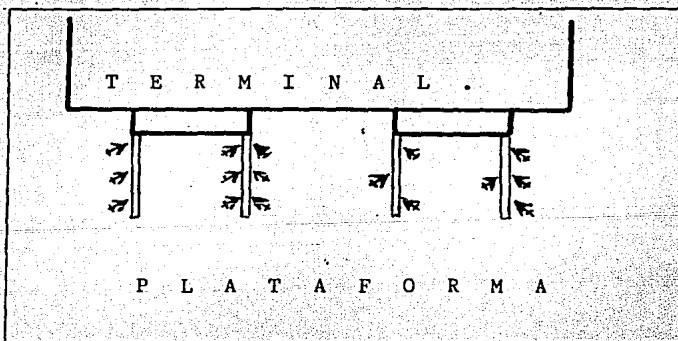


Fig.2.3.2 Terminal tipo Espigón o Muelle.

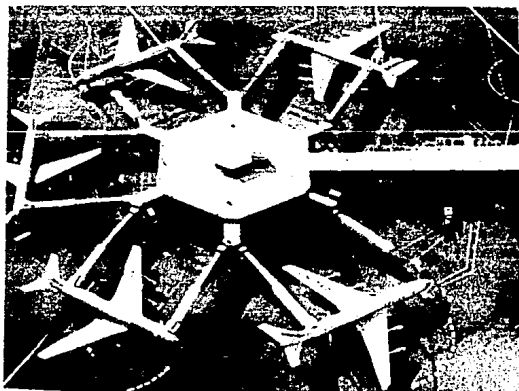
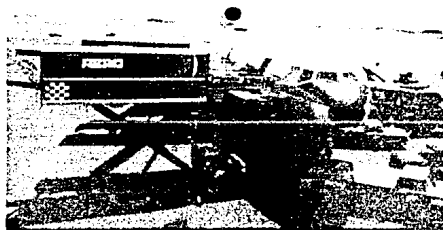
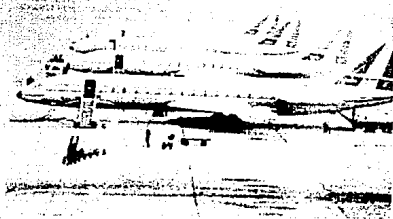
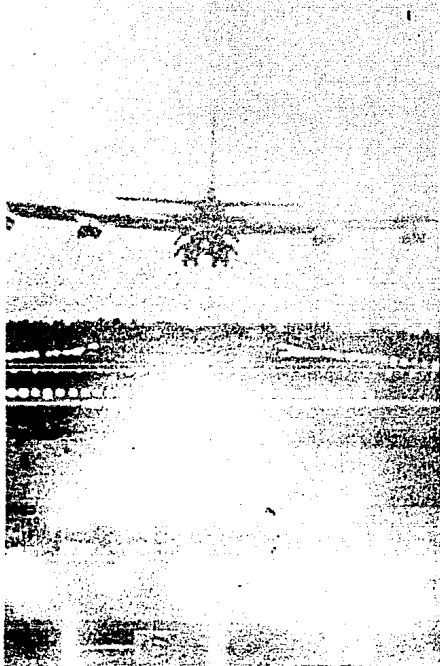
Es semejante a la terminal lineal; sólo que se le agregan extensiones, generalmente en forma normal al cuerpo principal.

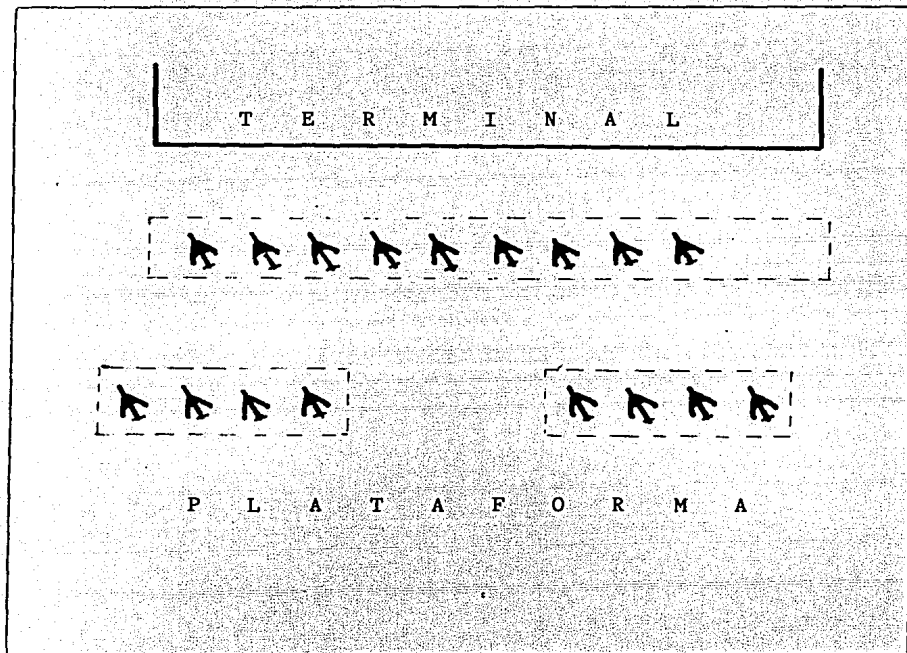
### 3.- Terminal tipo satélite.

A diferencia de la terminal "en muelle", las extensiones del cuerpo principal son corredores (comúnmente túneles), que nos llevan al extremo donde se amplía el área para permitir usarla como sala de espera. En el exterior de ésta se estacionan los aviones en forma radial, como se observa en la fotografía de la pág. siguiente.

### GUIA DE FOTOGRAFIAS DE LA PAGINA 39.

- 1.- Vista nocturna de la pista desde la torre de control, donde se aprecian las ayudas visuales de navegación.
- 2.- Terminal tipo Satélite. Aeropuerto de San Francisco, Ca.
- 3.- Aviones Caravelle de Alitalia, estacionados para la revisión de escala.
- 4.- Equipo que da servicio en plataforma al avión.
- 5.- Cuerpo de Rescate y extinción de incendios (CREI).





4.- Terminal tipo plataforma abierta o vehicular.

En este tipo de terminal, se utilizan camiones o algún otro vehículo especial (sala de espera móviles), para llevar los pasajeros de la terminal al avión estacionado. (hay que tomar medidas adicionales para que el tránsito de estos equipos no origine algún accidente.

### II.3.2 PLATAFORMA .

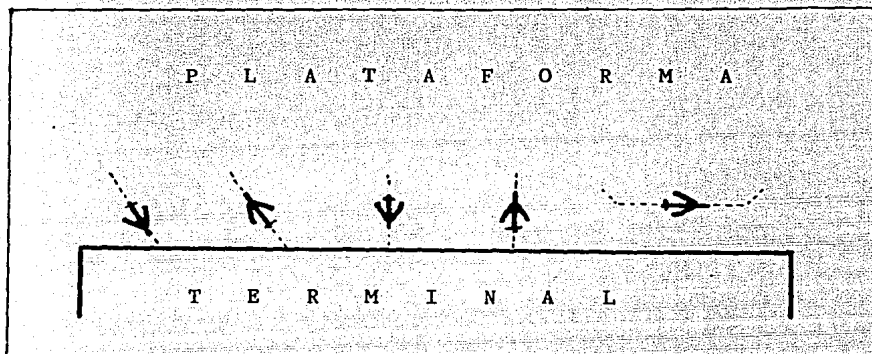
Una plataforma es aquella área donde se ubican las aeronaves con el propósito de embarcar o desembarcar pasajeros, correo, equipaje y carga, así como aprovisionamiento de combustible, agua, víveres para la atención de los pasajeros, etc.

El diseño de una plataforma va íntimamente ligado al diseño del edificio terminal, esto se debe a que sus dimensiones y forma dependen del número de aeronaves, forma de estacionarse y sus requerimientos de espacio, para los movimientos de cada avión en particular.

Formas de estacionamiento de las aeronaves.

Las formas de estacionamiento, son las distintas posiciones que puede tomar una aeronave en relación a la colocación del edificio terminal.

La forma más conveniente de colocar un avión es paralela a la terminal, puesto que nos reduce el ruido y los gases desprendidos por las turbinas, pero necesita mucho mayor espacio que las demás formas de estacionarse, que se pueden ver en la gráfica de la página siguiente.



**Formas de estacionamiento.**

- a) Proa diagonal hacia adentro.
- b) Proa diagonal hacia afuera.
- c) Proa perpendicular hacia adentro.
- d) Proa perpendicular hacia afuera.
- e) Paralelo.

### II.3.3 ESTACIONAMIENTOS Y VIAS DE ACCESO.

#### Estacionamientos:

La forma más común de transportarse al aeropuerto es por medio del automóvil, ganando por mucho al camión, taxi o algún otro transporte colectivo. Por este motivo, se tienen que crear los espacios suficientes para estacionar los vehículos, lo más cercano posible a la terminal.

Los usuarios más comunes de un aeropuerto, se enlistan abajo y están ordenados de tal manera que los últimos son los que pueden estar más alejados del edificio terminal, tomando en cuenta que para las agencias de renta de autos, se requiere que se les reserve un espacio pequeño, cerca de la terminal, para una entrega inmediata.

- 1.- Pasajeros.
- 2.- Visitantes que acompañan a los pasajeros.
- 3.- Empleados.
- 4.- Agencias de renta de autos.

#### Vías de acceso:

Las vías de acceso son de gran importancia para el desenvolvimiento de un aeropuerto, esto se debe a que el transporte aéreo se considera dividido en tres fases; dos de las cuales son terrestres y una es aérea.

El objetivo principal de los accesos es el de no producir demoras al pasajero debido a congestionamientos.



#### II.3.4 INSTALACIONES COMPLEMENTARIAS.

##### Almacenes de carga:

Se puede pensar en los almacenes de carga, como el edificio terminal para carga, debiéndose diseñar de acuerdo al volumen estimado de carga, dentro del horizonte económico de diseño, previendo sus instalaciones, para el tipo de carga dominante en la zona, y otras áreas especiales para los distintos tipos de carga.

Casa de Máquinas: - Planta de emergencia.  
- Aire acondicionado.  
- Bombas.

##### Subestación eléctrica.

Hangares para mantenimiento: - Mayor.  
- Medio.  
- Menor.

Dotación de agua: -Servicios sanitarios.  
-Servicios potables.  
-Servicios generales.  
-Bomberos.

Equipo contra incendios: -Regaderas.  
-Hidrantes.  
-Extintores.

Cuerpo de rescate y extinción de incendios (CREI).

Necesidades específicas:

- Localización adecuada.
- Agua constante.
- Servicio constante de energía eléctrica.
- Comunicaciones.
- Acceso a la calle.

Comisariato en los aviones.

(dan servicio de comida, mantelería, vajilla, bebida, etc.)

Sistema de eliminación de basuras.

Drenaje:

- Zonas no inundables
- Pista.
- Calles de rodaje.
- Plataforma.
- Zonas inundables.

Camino perimetral.

Cercado perimetral.

### II.3.5 ZONAS DE ALMACENAMIENTO Y DISTRIBUCION DE COMBUSTIBLE

Los aeropuertos se abastecen de combustible de tres formas distintas y que son: Ferrocarril, pipas y ductos, este último, corresponde a la forma como se abastece el aeropuerto de la ciudad de México. Una vez llenados los almacenamientos, se hace llegar el combustible a los aviones, ya sea por medio de pipas o de hidrantes. Siempre buscando el máximo de seguridad y de cercanía de los depósitos, en forma combinada.

La ventaja de los camiones cisterna, es la que pueden abasutecer el combustible a las aeronaves, a cualquier lugar en la que estén estacionadas, además nos permite tener el número de unidades que necesitemos, según la demanda estacional.

La desventaja que presenta, es la que al necesitarse varias unidades por avión; puede ser peligroso porque se puede llegar a tener un número excesivo en plataforma.

El sistema de hidrantes consiste en una red de tubería subterránea, debidamente protegida, que llega a varios regisutros estratégicamente colocados para estar al alcance de los aviones, estos últimos se conectan a los registros por medio de válvulas y mangueras. Este sistema es muy eficiente(bien proyectado), su desventaja mayor es su costo.

### II.3.6 P I S T A S .

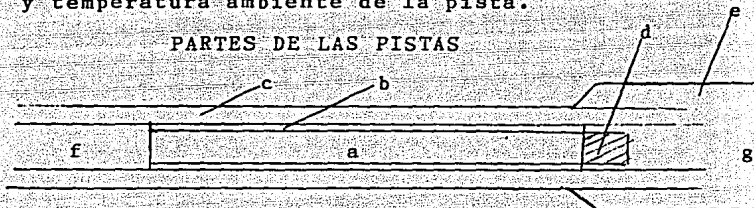
Una pista es aquella área diseñada para el despegue y aterrizaje de aeronaves.

Características principales de las pistas:

- Longitud y ancho.

La longitud y ancho de una pista depende de las características de los aviones que se proyecta utilizar, así como de la pendiente, elevación y temperatura ambiente de la pista.

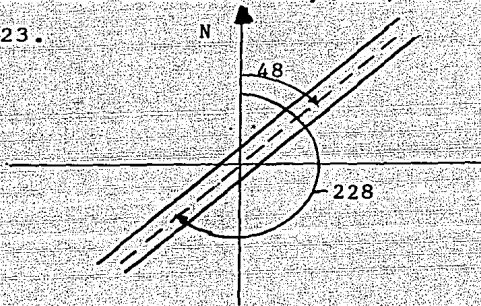
#### PARTES DE LAS PISTAS



- a) Pavimento estructural.
- b) Márgenes
- c) Franjas.
- d) Sector contra chorros.
- e) Área de seguridad en el extremo de la pista.
- f) Zona de parada.(cuando aborta el despegue).
- g) Zona libre de obstáculos.
- h) Gotas.

Identificación y orientación de una pista.

Una pista se identifica de acuerdo a su azimut, dividido entre diez, redondeado a números enteros. Así por ejemplo, la pista que tiene los azimutes 48 y 228, se le identifica como pista 05 - 23.



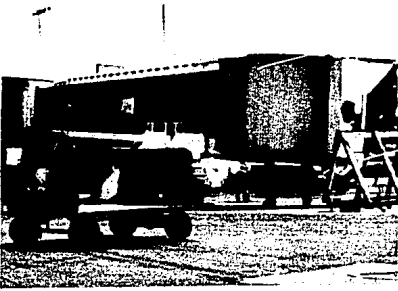
Dicha identificación se pinta en los extremos de las pistas y debe ser visible desde el avión que se aproxima. (ver foto en la pág. 49).

Las pistas se orientan siguiendo la dirección de los vientos dominantes, con vientos transversales menores a los especificados, para tratar de obtener la máxima fuerza de sustentación sobre las aeronaves.

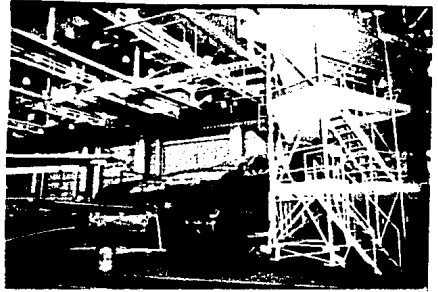
#### GUIA DE FOTOGRAFIAS DE LA PAG. 49

- 1 a 3 Diversas instalaciones y equipo de aeropuerto.
- 5.- Hangar de mantenimiento mayor de la Douglas en los Estados Unidos.
- 6.- Vista de una pista, se puede apreciar su identificación y sus calles de rodaje.

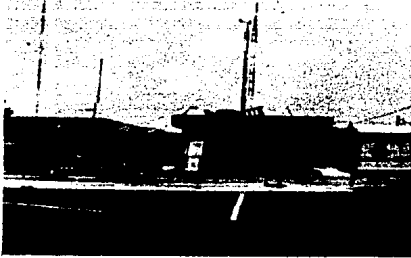
1



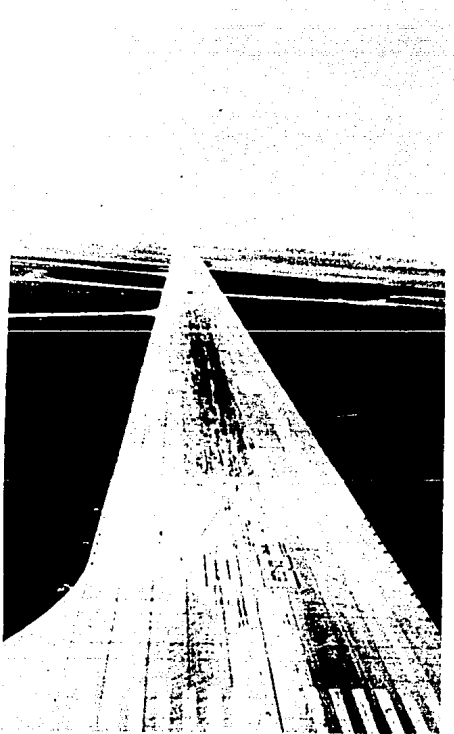
4



2



5

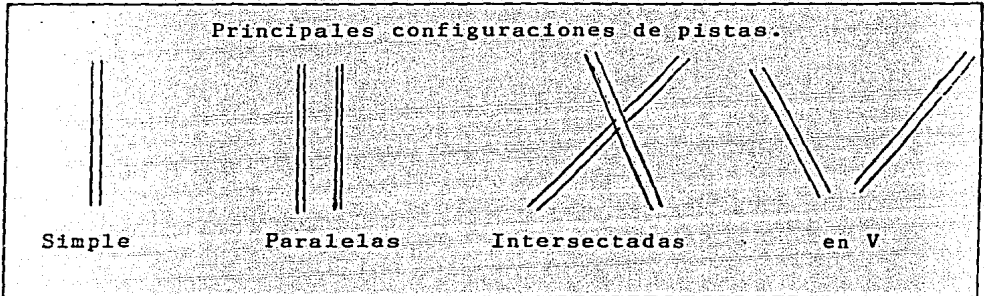


3



### Configuración.

Es la forma en que se colocan las pistas dentro del aeropuerto, buscando optimizar las restricciones o condiciones de viento, volumen de tránsito, área disponible, etc.



### Capacidad de las pistas.

Es el número de operaciones que en cierto período, se pueden llevar al cabo en una pista, considerando el efecto de las demoras.

-Factores que afectan la capacidad de las pistas:

- \*Configuración de pistas, calles de rodaje y plataforma.
- \*Características de las aeronaves.
- \*Condiciones meteorológicas.
- \*Control de tránsito aéreo.

### II.3.7 CALLES DE RODAJE

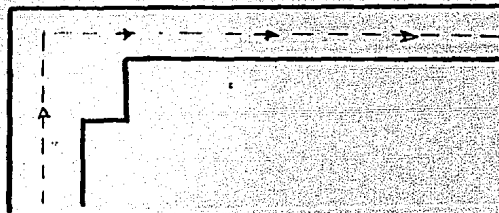
Las calles de rodaje son caminos de similar estructura que las pistas y que sirven de enlace entre éstas y las plataformas y hangares. Su objetivo es el de reducir el tiempo en que las aeronaves permanecen en las pistas, posibilitando así un mejor uso de las pistas.

Entrada.

Calles de rodaje

Salida.

Las calles de rodaje de entrada se encuentran en la cabecera de la pista, aproximadamente como se muestra en la figura:



Calles de rodaje de entrada.

Angulo recto  
 $60 < \gamma < 170$

Angulo oblicuo  
 $31 < \gamma < 59$

De alta velocidad.  
 $10 < \gamma < 30$



Calles de rodaje de salida.

las paralelas a la pista nos sirven para llegar a las cabeceras o como salidas a alta velocidad.



### II.3.8 AYUDAS A LA NAVEGACION.

Como su nombre lo indica, el término ayudas a la navegación se refiere, a todas las facilidades que se dan a los pilotos para poder moverse en o hacia las pistas, calles de rodaje y plataforma del aeropuerto.

La calidad de estos servicios ayudará a un mejor aterrizaje y circulación dentro de las instalaciones del aeropuerto y, consecuentemente le da una mayor seguridad.

Entre otras, enumeraremos las principales ayudas a la navegación:

- Reglas de vuelo      \*VFR (Visual flight rules).  
                              \*IFR (Instrument flight rules).
- Mínimos:                \* Techo (altura de las nubes sobre el aeropuerto).  
                              \* Visibilidad (distancia máxima de visibilidad).

#### Ayudas visuales:

- \* Indicadores: Mangas (nos indican la dirección del viento)
- \* Señalamientos:      Identificación de aeropuerto.  
                              Identificación de pista.  
                              Eje de pista.  
                              Borde de pista.  
                              Umbral.

...

Zona de toma de contacto.

Calles de rodaje.

Plataforma.

**\* Iluminación:**

Faro identificador.

Umbral.

Cabecera y extremo.

Eje.

Pistas

Borde.

Zona de toma de contacto.

VASIS (visual approximation slope indicator system).

Sistema de aproximación.

Borde.

Calles

Eje.

de rodaje

Zona de parada.

Zona de intersección.

Reflectores (al avión)

Plataformas

Balizas.

**\* Letreros:**

A semejanza de las calles de una ciudad, se tienen para avisar la presencia de intersecciones o de algún peligro.

**\* Ayudas electrónicas:**

- ADF (Automatic direction finder).

- NDB (Non directional beacon).

ADF y NDB se encuentran en desuso.

- VOR (Very omny range frequency), permite conocer el azimut en sus 360 grados .

DME (Distance measure equipment), nos permite conocer la distancia del avión a la pista.

RADAR (Radio detection and ranging)

Tipos de radar: Meteorológico.

Control de tránsito.

ASE (Airport surveillance radar).

ASD (Airport surveillance detection equipment).

Detecta movimientos de vehículos en pistas.

### II.3.9 ESPACIOS AEREOS Y SU CONTROL.

Los espacios aéreos se pueden integrar de la siguiente forma:

- Rutas.
- Patrones de espera.
- Zonas de aproximación y despegue.
- Zonas de restricción.

#### Rutas.

Son corredores perfectamente definidos en el espacio, se les nombra también aerovías. Estas aerovías comunican puntos geográficos importantes, tienen una altura y anchura variables, con la limitación de que la altura mínima debe estar a 500 pies arriba del obstáculo más alto.

#### Patrones de espera.

Son áreas próximas a los aeropuertos, claramente definidas, cuya finalidad es mantener a los aviones en vuelo dentro de una zona segura, en espera de turno para aterrizar.

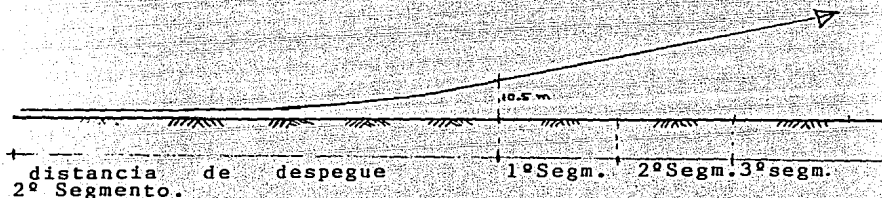
#### Zonas de aproximación y despegue.

La trayectoria de despegue se divide en varias etapas que previenen la falla de uno de los motores del avión, cada etapa considera la posibilidad de descomposturas, pensando

que el avión pueda regresar con cierta seguridad.

1º Etapa o primer segmento.

Esta comprende desde el punto en el que el avión alcanza 10.50 m de altura hasta donde mete el tren de aterrizaje.



Abarca desde el punto donde mete el tren de aterrizaje hasta donde alcanza 400 pies de altura.

3º Semento y segmento final.

Reciben el nombre de segmento de transición y es un intervalo que comprende desde el punto donde los flaps son retraídos hasta donde alcanza los 1500 pies de altura.

Zonas de restricción.

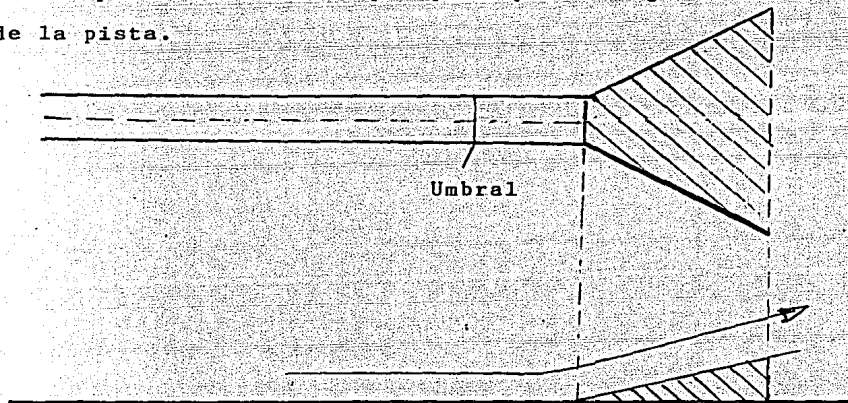
Son aquellos lugares que se tienen que mantener libres de obstáculos para que las maniobras de despegue y aterrizaje se lleven con seguridad.

Las cuatro zonas de restricción se describen a continuación:

a) Superficie de despegue y aproximación.

Es un plano inclinado de forma trapezoidal y cuya proyección en el plano horizontal se conoce con el nombre de área de despegue o aproximación, según sea el caso.

La base menor de la superficie de despegue, se encuentra en el plano horizontal que pasa por el eje en el extremo de la pista.



b) Superficie de transición.

Son planos con pendiente hacia afuera de los bordes de las franjas, cuyos límites inferiores coinciden con las orillas de las superficies de aproximación y de despegue y, que se extienden hasta cortar la superficie horizontal.

c) Superficie horizontal.

Es un círculo horizontal con un radio de 4 000m, que se encuentra situado a una altura mínima de 45 m y cuyo centro coincide con el centro geométrico de las pistas.

d) Superficie cónica.

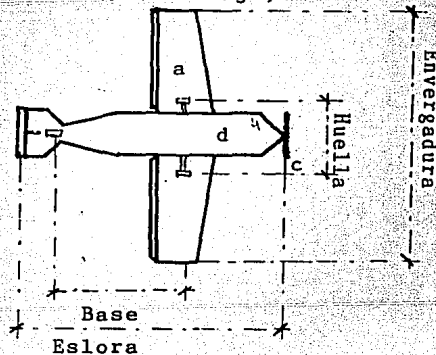
Es el área de un cono truncado, cuya base menor (parte inferior), corresponde a la superficie horizontal, la base mayor es otro círculo cuya altura varía según el tipo de aeropuerto. (la pendiente del cono es de 1 : 20 ).

## II.4 AERONAVES

Definición: Aeronave es aquél vehículo capaz de navegar por el aire, sus principales representantes son: Globo, dirigible, planeador, helicóptero y avión. Este último por su versatilidad, es el más ampliamente usado como transporte aéreo, siendo un complejo sistema en si mismo.

La gran diversidad de aviones existentes, nos permite hacer una descripción menos detallada, como por ejemplo, si se hiciera la de los automóviles, pero si se pueden enumerar los sistemas básicos, con sus principales características.

- Sistemas Basicos:
- Sustentación. (a)
  - Control (b)
  - Propulsión (c)
  - Capacidad de carga (fuselaje). (d)
  - Sustentación en tierra (tren de aterrizaje).



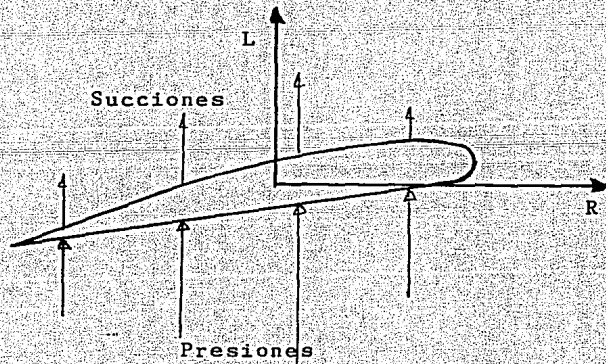


### II.4.1 SUSTENTACION.

En el diseño de cada aeronave se busca la optimización de los perfiles que obtengan una mayor capacidad de carga y/o un incremento en su velocidad.

Las fuerzas de presión y de succión que se desarrollan en el avión, por la incidencia del viento a altas velocidades sobre su superficie, se pueden explicar básicamente por el principio de Bernoulli, en donde la suma de la presión estática más una proporción de la velocidad al cuadrado; permanece prácticamente constante en las distintas secciones por las que fluye el viento.

Las fuerzas que actúan en un perfil de ala, se muestran en el siguiente diagrama:



En donde:

L es la fuerza de sustentación.

R es la resistencia al aire.

La fuerza de sustentación ( $L$ ), depende principalmente de los siguientes factores:

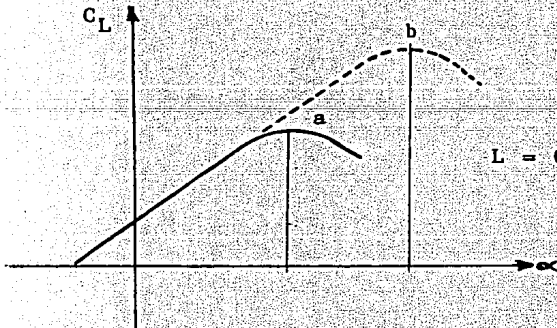
1.- Forma del perfil:

- Relación ancho-área.
- Convexidad.
- Espesor.
- etc.

2.- Velocidad del flujo.

3.- Angulo de ataque

4.- Densidad del aire.



$$L = C_L \times \rho \times v^2 \times A/2$$

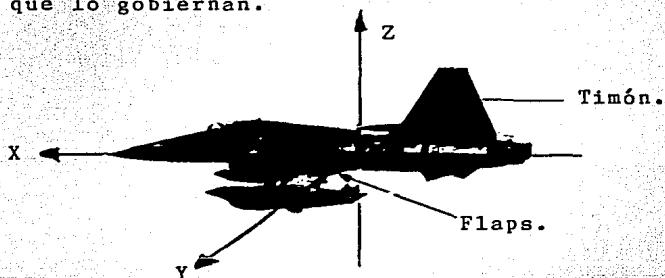
a) Pérdida de sustentación en un ala común

b) Pérdida de sustentación en un ala con ranura.

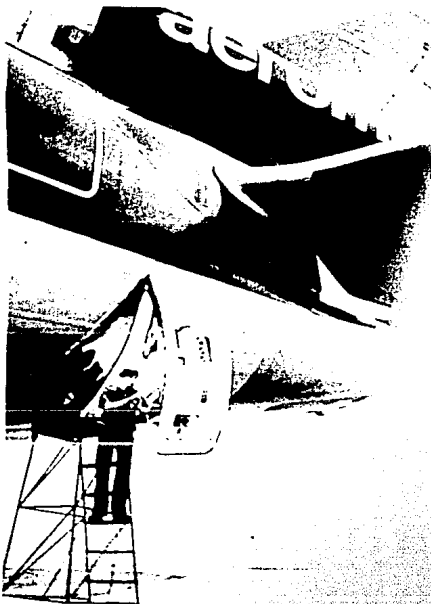
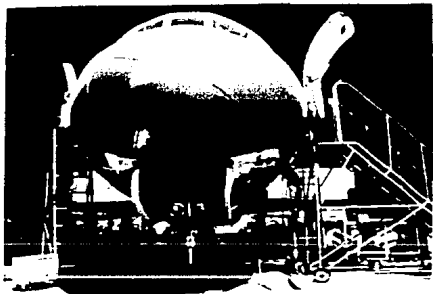
## II.4.2 CONTROL

El sistema de control de las aeronaves es esencialmente, el mismo para todos los modelos, sólo existen variaciones en la forma, presentación o mecanismos para su movimiento, que pueden ir desde los mas sencillos controles manuales, hasta los complejos sistemas hidráulicos, automáticos y computarizados.

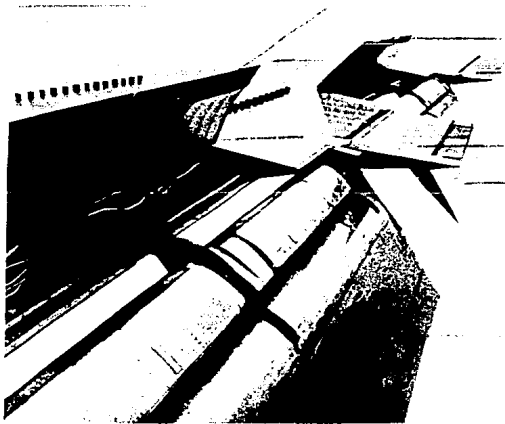
En la siguiente figura se muestran los ejes del movimiento de un avión, así como aquellas partes móviles de las alas y cola que lo gobiernan.



El timón de dirección en el plano vertical de deriva, controla el giro lateral, en el plano horizontal de la cola, el borde movable llamado timón de profundidad, permite la inclinación del avión hacia la proa o hacia la popa y así, modifica el ángulo de encuentro con el aire, llamado ángulo de ataque. Por último, los alerones, al inclinarse en direcciones opuestas en los bordes de salida, permiten



Superficie de freno



Superficie de freno

Alerón interior

Flap exterior.

Flap interior.

subir o bajar las puntas de las alas.

### GUIA DE FOTOGRAFIAS DE LA PAGINA 63

1-2.-Manto. menor de equipos.

3.- Ala de planos múltiples del Boeing 707 al aterrizar. En la fotografía se pueden apreciar los flaps bajados así como los reductores de velocidad o superficies de freno.

### II.4.3 PROPULSION

Existen dos formas distintas de propulsión de las aeronaves y estas son: Por medio de motores de combustión interna y por medio de turbinas.

A su vez, por su ubicación en el avión se pueden clasificar de la siguiente manera:

- Frontal.
- En las alas.
- Adosado al fuselaje:
  - \*Integrado al fuselaje.
  - \*Adosado al fuselaje.

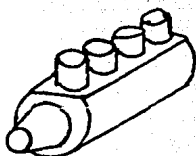
Las características de los medios de propulsión se describen a continuación:

-Combustión interna.

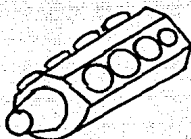
Los motores de combustión interna, también llamados motores a pistón, motores alternativos o motores convencionales, funcionan de la misma forma como lo hacen los motores automotrices, sólo que tienen las siguientes propiedades:

Su potencia va de los 60 H.P. a los 3 000 H.P.o más,

en motores diseñados para ser lo más ligeros posibles, menos de 1 kg por H.P., sus dimensiones de la sección frontal, deben oponer la menor resistencia al aire como sea posible. Esta serie de restricciones, han permitido el desarrollo de una gran variedad de formas y estructuras de motores, de las cuáles, se muestran algunas en la gráfica siguiente:



En línea



V. en línea

En línea, opuestos  
Horizontalmente.

Ver foto pág. 70 (motor en estrella).

La característica principal del combustible que utilizan los aviones; es su alto rendimiento y su alto grado de compresibilidad, para asegurar una buena combustión, dado que se presentan una gran variación de alturas, se requiere del uso de turbocompresores, garantizando así, un flujo constante de oxígeno. Como consecuencia de las altas velocidades generadas en las partes móviles del motor; se requieren sistemas de refrigeración complicados, generalmente

basados en aire o líquido, como líquido se utiliza normalmente el glicol etilénico, que tiene una temperatura de ebullición del orden del doble que la del agua.

#### PROPULSORES A REACCION.

El origen teórico de los motores a propulsión, se remonta al principio fundamental de la mecánica enunciada por Isaac Newton en el siglo XVII que dice: "A toda acción corresponde una reacción igual y de sentido contrario".

Así pues, al expulsar gases a gran velocidad por una turbina se ejerce como reacción, un empuje o impulso que permite avanzar al avión.

A continuación se describen los distintos tipos de propulsores para uso aeronáutico:

#### Propulsores de hélice.

Estos aparatos proporcionan el impulso por medio de una hélice movida por un motor, empujando el aire hacia atrás.

#### Exoreactores.

Produce el empuje expulsando gases que son una mezcla del aire proveniente del exterior posteriormente comprimido y de los gases producto de la combustión en el reactor. (ver fig 2.4.1

Endoreactores: Son los propulsores menos usados en la actualidad, puesto que el impulso es logrado por medio de la expulsión de una mezcla de gases, producto de la combustión de sustancias que lleva a bordo el avión, sin



utilizar el aire del exterior. Precisamente por el peso de éstas sustancias, resulta antieconómico su uso.

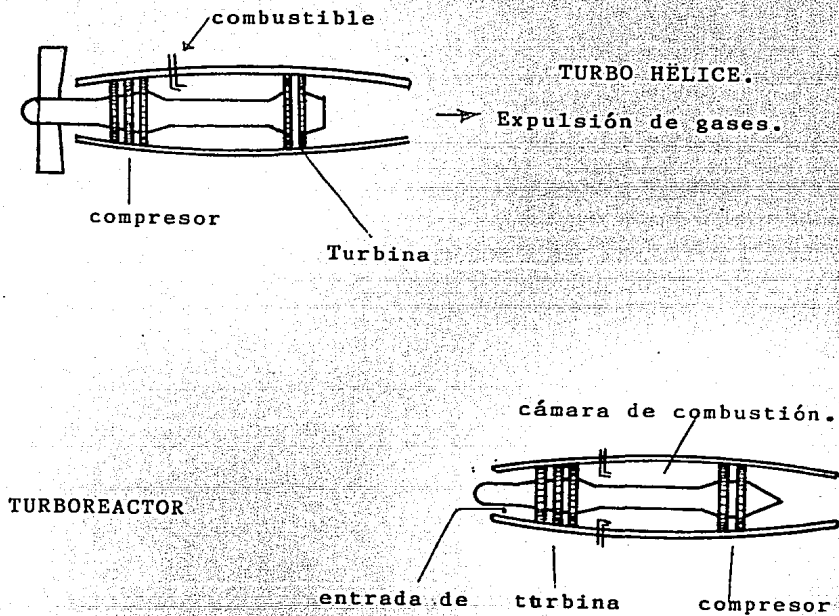


Figura 2.4.1

#### II.4.4 CAPACIDAD DE CARGA (FUSELAJE)

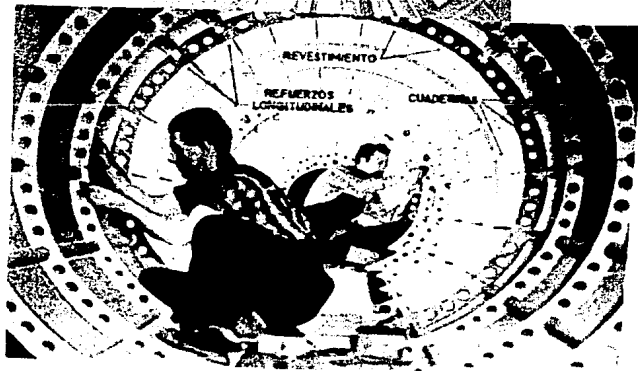
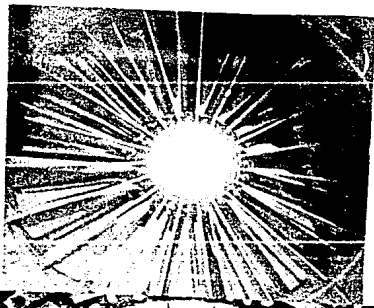
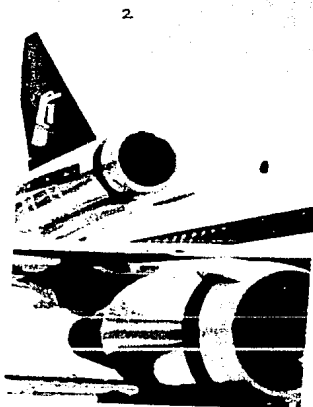
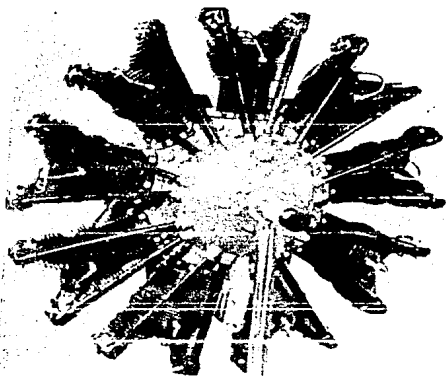
El fuselaje es la estructura de unión entre el empenaje (cola) y la célula (alas), constituye en sí, el cuerpo del avión y en él se alojan la cabina, su tripulación, los mandos, instalaciones de a bordo, los pasajeros y/o carga.

La forma, distribución interna y estructura del fuselaje, dependen directamente de la función de la aeronave. Por ejemplo, para la transportación aérea de pasajeros, se trata de utilizar el espacio, tratando de crear confort aunado a una sensación de solidez; en el servicio de carga, se trata de obtener el mayor volumen posible, permitiéndonos transportar contenedores e inclusive maquinaria pesada en una pieza.

Existen tres distintos tipos de estructuras de fuselaje, las cuales son:

- Monocoque.
- Semimonocoque.
- Armazón.

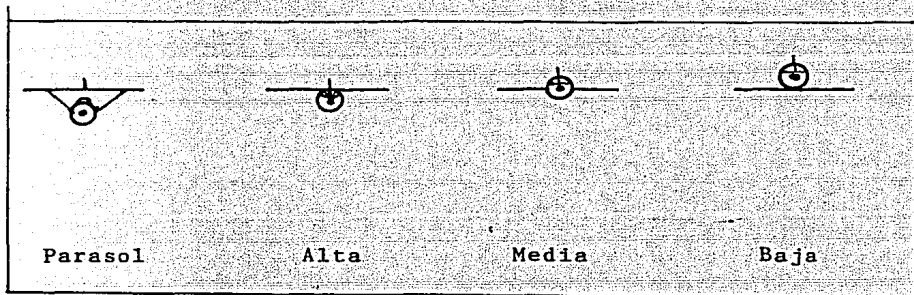
La estructura tipo monocoque (que significa un sólo casco), es aquella en la cual el recubrimiento exterior metálico, le da por sí solo, la resistencia al fuselaje.



La estructura tipo semimonocoque consiste en un revestimiento exterior metálico, reforzado con miembros longitudinales o tirantes.

La estructura a base de armazón, es la primera que se utilizó a principios de siglo, principalmente en los biplanos. Está construido en base de una armazón interna (generalmente tuberías de acero), forrado de tela.

Tipos de fuselaje según la posición con respecto a sus alas



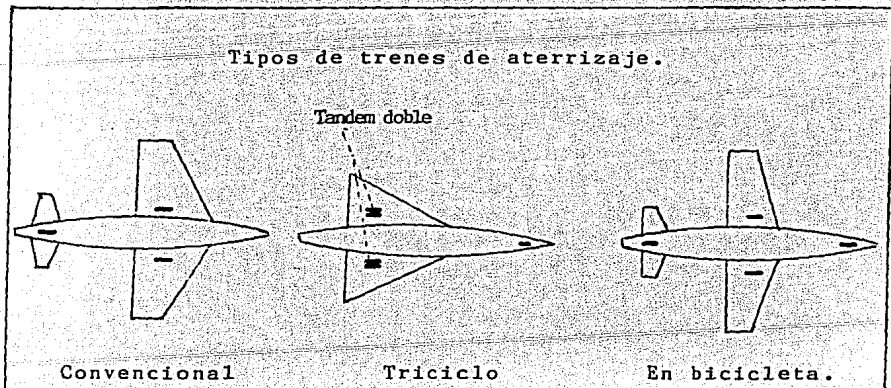
#### RELACION DE FOTOS DE LA PAG. 70

- 1.- Motor radial de combustión interna.
- 2.- Turbinas de un avión Douglas.
- 3.- Rotor de turbina marca Rolls Royce.
- 4.- Fuselaje con estructura "semimonocoque" de un avión Fairchild C-82

#### II.4.5 SUSTENTACION EN TIERRA (TREN DE ATERRIZAJE)

Hay una gran variedad de trenes de aterrizaje, entre los cuáles sobresalen: Flotadores, Eskies, Orugas o ruedas. En esta tesis sólo trataremos los trenes de aterrizaje a base de ruedas, dejando atrás los hidroaviones o los que utilizan esquís u orugas.

En el diseño de el tren de aterrizaje, se toman en cuenta factores tales como el peso del avión, la posición de su centro de gravedad y el tipo de servicio que presta, estas formas de sustentación en tierra varían desde unas patas fijas con ruedas hasta aquellas de un avión carguero o un Boeing 747, soportando más de 150 tons.aplicadas sobre unas llantas especiales en tandem doble, con absorbedores de impactos y mecanismos que las hacen retráctiles, para evitar una mayor resistencia al aire.



#### II.4.6 CLASIFICACION DE LOS AVIONES COMERCIALES

Existen treinta distintos tipos de aviones, que van desde los de aviación general pequeña hasta los aviones supersónicos y los jumbo-jets, que podrían usarse en determinado aeropuerto.

Estas aeronaves tienen una gran variedad de atributos que interesan en el diseño de aeropuertos, tales como envergadura, peso, eslora, No. de asientos, velocidad, radio de giro, tiempos de servicio, etc.

Existe una clasificación que las agrupa por las similitudes de su operación en tierra, resultando cuatro grupos principales (ver tabla pág.82). que nos proporcionan datos útiles en el diseño y simulación de aeropuertos.

Como referencia, los costos por minuto de aviones de pasajeros, van desde 44 dólares para el B-2707, pasando por 22.5 para el B-747, 10 para el B-707 hasta 3.41 para un avión bimotor sencillo. (referencias de la American Association of Civil Engineers, 1969).

Los costos para los aviones de carga son ligeramente superiores, debido al volumen que se maneja, asociado a su costo. Como la eficiencia de los aeropuertos no sólo afecta a las aerolíneas sino a los usuarios; el costo del tiempo de los usuarios también se tiene que considerar (\$9dls/hr).

AVIONES Y SUS CARACTERISTICAS I.

GRUPO	TIPO	MODELO	ESLORA	ENVERGADURA	DIST. DE DESPEQUE	No. de ASIENTOS
A	JUMBO JETS Y TRANSPORTES SUPERSONICOS	B-747 std	70	60	2 378	360
		B-747 str	88	70	2439	450
		L-500	76	68	2 287	(a)
		B-2707	85	43	2 896	250
		Concorde	59	26	2 439	130
	JETS ESTRECHOS DE 3 Y 4 PROPULSORES	DC-8-63	57	45	2 287	220
		DC-10-30	55	47	2 591	230
		L-1011	54	47	2 348	230
	JETS ESTANDARD DE 4 PROPULSORES.	B-707-320	47	45	2 226	150
		B-720	42	40	1 951	120
		CV-880	39	37	1 463	100
	B	JETS ESTANDARD DE 2 Y 3 PROPULSORES	B-727-100	41	33	1 677
B-727-200			47	33	2 073	150
B-727-225			47	33	2 073	150
B-737			30	28	1 829	110
DC-9			32	27	1 341	80

AVIONES Y SUS CARACTERISTICAS II.

GRUPO	TIPO	MODELO	ESLORA	ENVERGADURA	DIST. DE DESPEGUE	No. de ASIENTOS
B		DC-9-30	36	28	1 829	100
	2 Y 4 MOTORES CONVENCIONALES	CV-580	25	32	1 067	50
		CV-600	23	28	1 128	40
		L-100	30	41	1 585	(a)
C	AVIACION GENERAL GRANDE Y TAXI AEREO	Cessna Fan Jet 500	13	12	610	ND
		Dassault Fan Jet Falcon 70	17	16	1 372	ND
		Beech 99	14	14	549	ND
		Handley Page Jetstream	14	16	762	ND
		Swearingen Metro Commuter	18	18	1 159	ND
		Lear Jet 25	15	11	1 524	ND
		Piper PA-35	12	16	549	ND
		Dehavilland Twin Otter	16	20	305	ND
D	AVIACION GENERAL PEQUEÑA	DERRINGER 2	7	19	305	ND
		Aero Commander 680 FL	11	15	305	ND

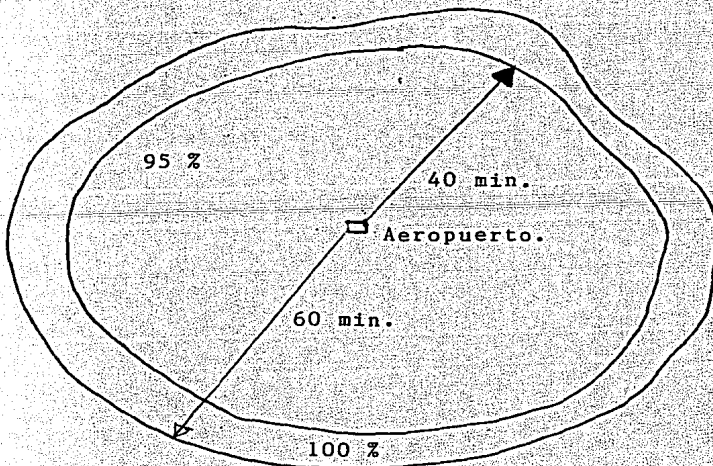


## II.5 MERCADO Y PRONOSTICO DE LA DEMANDA.

Area de influencia de un aeropuerto.

Para poder conocer el volumen de usuarios de algún servicio del transporte aéreo, es necesario conocer la ubicación de esta población y sus límites físicos.

Un estudio realizado por la Dirección General de Aeropuertos, reveló que el 95 % de los usuarios de un aeropuerto, provienen de lugares que se encuentran a menos de 40 min. del aeropuerto, y se puede decir que el 5 % restante proviene de lugares ubicados en un radio menor a los sesenta minutos de recorrido.



Pronóstico de la demanda.

El pronóstico de la demanda es una herramienta muy útil en la planeación del transporte aéreo, ya que es indispensable en la proyección de nuevos aeropuertos, la ampliación de los ya existentes, en la elección de nuevas rutas o en la ampliación de servicios, ya sean éstos en frecuencia o en el aumento de aviones o su capacidad a futuro.

Existen varios medios de pronosticar la demanda, el método que usemos para estimar la demanda, depende del grado de certidumbre que deseemos imprimir a nuestros datos y, que a su vez, depende de la profundidad del estudio que se esté realizando, y el costo que una información errónea, nos acarrearía.

Cabe mencionar que la exactitud de nuestro pronóstico está fuertemente ligado al horizonte temporal en el que estemos planeando, es decir entre más a futuro sea nuestra planeación, habrá mayor probabilidad de error.

Los métodos usados en la estimación de la demanda se podrían clasificar de la siguiente manera:

- a) Métodos convencionales.
- b) Métodos Econométricos.
- c) Métodos indirectos.

a) Métodos convencionales.

Son los que se utilizan más ampliamente para la elaboración de pronósticos, por la facilidad con que se realizan, pero tienen el defecto de que tienden a hacer un lado, múltiples parámetros que afectan en cierta medida la transportación aérea. Los métodos convencionales se dividen esencialmente en:

Método del juicio.

a.1 Métodos basados  
en la experiencia.

Métodos basados en diversas  
opiniones.

a.2 Extrapolación de tendencias.

a.3 Estudios de Mercado.

a.1 Métodos basados en la experiencia.

En los métodos basados en la experiencia, tenemos que asegurarnos que la o las personas que participen, tengan una amplia capacidad y experiencia en el ramo.

a.2 Extrapolación de tendencias.

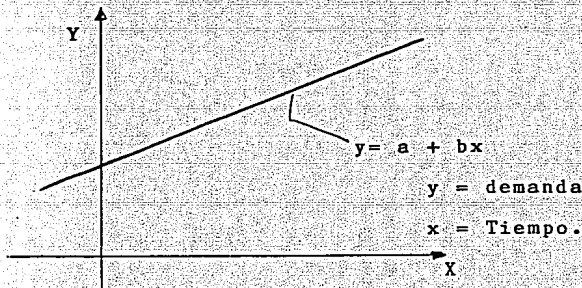
Es el procedimiento más comúnmente usado, y se basa en el ajuste de una "curva" a los datos históricos originados en el tráfico aéreo o en las demandas, proyectando o extrapolando estos datos al período en estudio. A continuación se describirán los principales tipos de extrapolaciones.

Las extrapolaciones se pueden realizar principalmente por medio de las siguientes regresiones.

- Aproximación a una recta.
- Aproximación semilogarítmica.
- Aproximación a una curva asintótica.

#### Aproximación a una recta.

Normalmente se usa, cuando los pronósticos son a corto plazo, puesto que entre más pase el tiempo; mayor será nuestra probabilidad de error.



$$b = \frac{\sum xy - \sum x \sum y / n}{\sum x^2 - (\sum x)^2 / n} \quad a = 1/n * (\sum y - b \sum x)$$

El ajuste a la recta se realiza por medio de los mínimos cuadrados y su coeficiente de correlación es el siguiente:

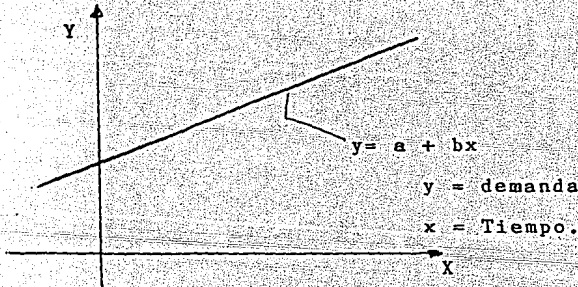
$$r^2 = \frac{|n \sum xy - \sum x \sum y|}{|n \sum x^2 - \sum x|^2 |n \sum y^2 - \sum y|^2}$$

Las extrapolaciones se pueden realizar principalmente por medio de las siguientes regresiones.

- Aproximación a una recta.
- Aproximación semilogarítmica.
- Aproximación a una curva asintótica.

#### Aproximación a una recta.

Normalmente se usa, cuando los pronósticos son a corto plazo, puesto que entre más pase el tiempo; mayor será nuestra probabilidad de error.



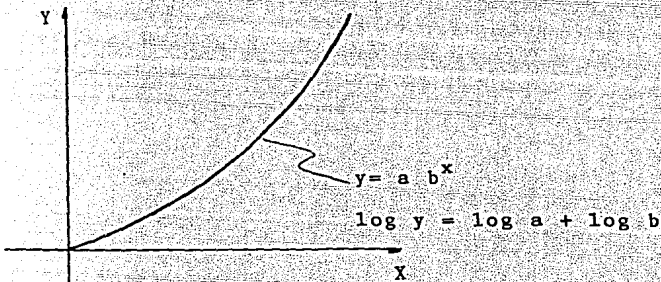
$$b = \frac{\sum xy - \sum x \sum y / n}{x^2 - (\sum x)^2 / n} \quad a = 1/n * (\sum y - b \sum x)$$

El ajuste a la recta se realiza por medio de los mínimos cuadrados y su coeficiente de correlación es el siguiente:

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

Aproximación semilogarítmica (función exponencial).

Este tipo de ajuste se debe utilizar en los casos en que los datos graficados, nos den una figura similar a la que está abajo mostrada. Por lo general, este tipo de curva, tiende a ajustarse más a la realidad en horizontes más amplios (10 años en adelante).



Para obtener el valor de los coeficientes  $a$  y  $b$ ; se hará el ajuste de una recta a los datos transformados ( $y^*$ ).

$$y^* = \log y$$

$$a^* = \log a$$

$$b^* = \log b$$

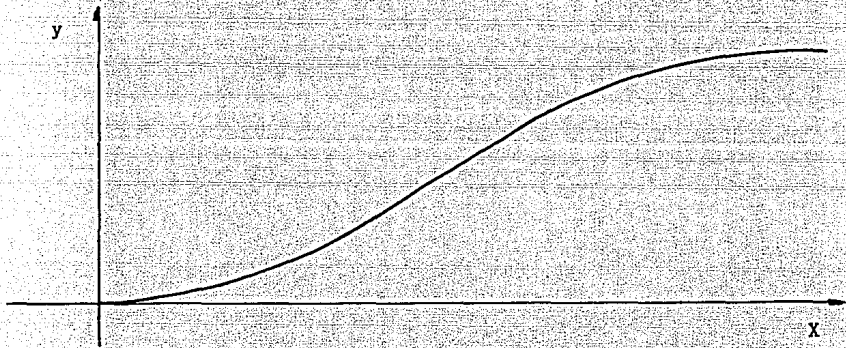
$$y^* = a^* + b^*x$$

### Aproximación a una curva asintótica.

Este tipo de ajuste se utiliza cuando se sabe que a partir de cierto tiempo; la demanda ( $y$ ) tiende a estabilizarse.

Las curvas que se ajustan a la forma asintótica son:

$$y = k + ab^x \quad \text{o} \quad y = k a^{bx} .$$



Para obtener el valor de las constantes ( $a$ ,  $b$  y  $k$ ); se tomarán dentro de los datos estadísticos, tres parejas ordenadas que estén separadas entre sí, por un intervalo de tiempo ( $t$ ) constante. Los valores de las tres ordenadas serán  $Q_1$ ,  $Q_2$  y  $Q_3$ , que nos servirán para encontrar las constantes siguientes:

$$b^t = \frac{Q_3 - Q_2}{Q_2 - Q_1}$$

$$a = \frac{Q_2 - Q_1}{b^t - 1} \quad ; \quad k = Q_1 - a$$

Es común utilizar por medio de la extrapolación de tendencias, los datos de todo el sistema, para adaptarlos a un caso en particular, con la consecuente facilidad y a su vez, con su correspondiente error. Sería más recomendable adaptar los datos de comunidades semejantes, en el caso que no se posea la suficiente información de una localidad.

#### Estudios de mercado.

Los estudios de mercado se realizan por medio de encuestas socioeconómicas en las localidades en estudio, su objetivo es el de reconocer aquél sector de la población que es capaz de generar demanda de determinado servicio del transporte aéreo.

#### b) METODOS ECONOMETRICOS.

Son procedimientos esencialmente matriciales, que nos asocian una serie de indicadores, con la demanda que deseamos obtener, por medio de parámetros inicialmente obtenidos por medio de la experiencia, afinándose conforme progresa el modelo. Los indicadores pueden ser tales como el producto nacional bruto o el ingreso per cápita y constituyen entre otras, las variables independientes del modelo matemático, cuya variable dependiente es la demanda específica que deseamos conocer.

La matriz generada a partir de este método es de tales dimensiones, que resulta conveniente el uso de computadora,



sobre todo porque es un proceso iterativo, mientras se van afinando los resultados.

### c) METODOS INDIRECTOS.

Los métodos indirectos se utilizan cuando no se tienen los datos suficientes para aplicar alguno de los procedimientos anteriores.

Para el caso de los polos turísticos, se tiene que investigar, cuál va a ser el crecimiento hotelero del lugar, es decir con cuántos cuartos y de qué categoría va a contar la localidad aproximadamente.

La Dirección General de Aeropuertos, tiene otro método que correlaciona la demanda de transporte aéreo, con la actividad telefónica.

## CAPITULO III

LA AVIACION COMERCIAL  
COMO SISTEMA

### III LA AVIACION COMERCIAL COMO SISTEMA

#### III.1 INTRODUCCION.

La aviación comercial es una parte de la aviación civil, que se encarga de la transportación de pasajeros y de carga en itinerarios y destinos regulares y preestablecidos. (incluyendo chárter).

Está formada por grandes compañías de navegación aérea con similares objetivos comerciales que las empresas de autotransporte, las compañías navieras y las líneas de ferrocarriles (extranjeras).

En la actualidad las aerolíneas, que son la unidad funcional de la aviación comercial, tienen que enfrentarse a una gran variedad de problemas complejos; existe una gran competencia, el estado regula en forma estricta sus actividades y también se enfrentan al hecho de que se extienden a lo largo de todo el país e inclusive a multitud de naciones en el extranjero, con sus problemas únicos.

La formación de itinerarios, políticas de operación y la utilización de los equipos, son áreas críticas de toma de decisiones, considerando factores económicos tales como financiamiento, costos e ingresos. Buscando que la aerolínea tenga los máximos beneficios financieros.

### III.2 DESCRIPCION DEL ENTORNO.

Las aerolíneas, como unidad fundamental de la aviación comercial, requieren de una combinación de personal capacitado y equipo al día, para producir un transporte seguro, buscando optimizar los ingresos por pasajero-km o ton-km de carga.

En los comienzos de la aviación en México, las primeras compañías de aviación, fueron financiadas por capital privado, algunas de ellas estaban constituidas únicamente por las unidades primarias o elementales de este servicio: Avión, piloto, mecánico y dueño.

Aún en la actualidad dichas unidades son básicas para éstas empresas, sólo que han tenido una gran expansión. Las dos aerolíneas mexicanas son empresas paraestatales, (aunque una de ellas se está privatizando), y cuentan con flotillas de aviones, grandes departamentos de mantenimiento, departamentos de operaciones (piloto) y una basta cantidad de empleados administrativos.

La naturaleza de las demás funciones es de soporte, y su propósito es incrementar la eficiencia de las funciones básicas. El tamaño y la complejidad de una compañía de aviación, afecta el número de áreas o componentes internos.

En la figura 3.1 se muestra el modelo de una empresa de aviación comercial, como un sistema productivo, a continuación se estudiarán sus componentes básicos en forma breve.

### III.3 SERVICIO DE TRANSPORTE DE PASAJEROS.

En los primeros días de la transportación aérea, estas empresas recibían la mayoría de sus ingresos por medio del servicio de correo aéreo. En estas épocas pioneras, los pasajeros simplemente se acomodaban entre los paquetes de correo, como fuera posible, y tomaban este servicio sólo en ocasiones de suma necesidad.

A finales de la década de los treinta, se hizo incapiente en el desarrollo del tráfico de pasajeros. Gracias a equipos como el DC - 3, el Boeing 247 y el Lockheed Lodestar, se logró dar un lugar adecuado a los pasajeros.

Hubo en este período, un incremento substancial en el movimiento de pasajeros (300% de 1935 a 1940). Los aviones tenían una capacidad de 10 a 21 pasajeros, permitiendo así, una atención individualizada y aquél "servicio con una sonrisa".

En los años que van de 1940 a 1945, las aerolíneas tomaron el pesado trabajo de la transportación de guerra, es en este período que se dice que las aerolíneas habían perdido la sonrisa.

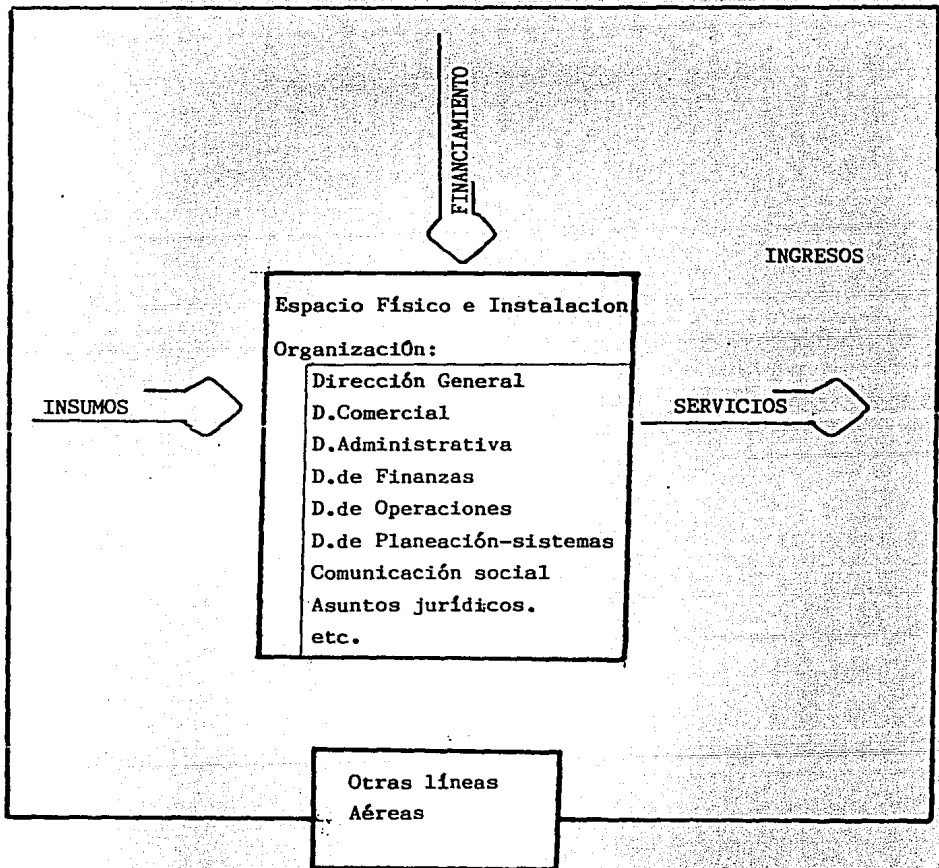


Figura 3.1

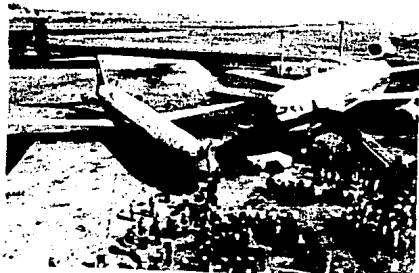
En los años subsecuentes, se introdujo equipo que podía sobrellevar el aumento de la demanda, contratándose personal especializado para atender los asuntos del servicio a los pasajeros, que anteriormente, era realizado por el sobrecargado personal de operaciones, cuyas funciones son muy distintas (mantenimiento y operaciones de vuelo).

Un departamento especial para los asuntos de servicios a los pasajeros, permite formar una imagen corporativa, a través de los ojos de los usuarios, porque actualmente, los aviones que se utilizan en las distintas compañías, son muy similares o iguales, con un comportamiento, operación y diseño de primera. Bajo estas circunstancias, el usuario forma una imagen en su mente de la compañía, por el servicio que recibe en su viaje.

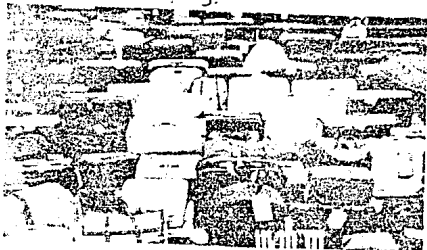
### III.3.1 Reservas y boletaje.

Se dice en el medio, que un asiento de avión es uno de los bienes más perecederos, producidos por la industria, y es porque una vez que se han cerrado las puertas del avión y éste despega, ningún lugar vacío, podrá venderse ni a mitad de precio, como en un remate.

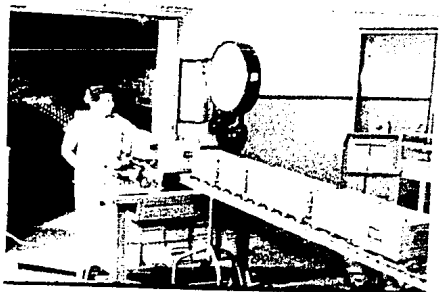
Más aún, el costo directo de producir determinado pasajero-km, es altísimo, porque los costos de los equipos, mantenimiento e indirectos son muy grandes. De aquí radica la importancia de una adecuada comercialización del producto.



5.



6





La principal ventaja del sistema de reservación, es la posibilidad de advertir al usuario, cuando un vuelo está lleno, por lo que se puede sugerir alguna alternativa.

Con el adelanto de la tecnología de las telecomunicaciones y en la computación, se tienen establecidas redes de terminales de una computadora maestra, cerebro o central, que ofrecen al instante, toda la información acerca de itinerarios, rutas y precios.

### III.3.2 Servicios a bordo.

Conforme se fue incrementando la capacidad de los aviones, la atención individualizada de los sobrecargos, se fue reduciendo, contribuyendo a este fenómeno, los dos factores siguientes: Normalmente hay muchos más pasajeros que sobrecargos y segundo, con el aumento de velocidad no es posible demostrar la misma atención al pasajero, en vuelos cortos. En un vuelo se pueden incluir, exhibición de películas, música grabada al gusto y el servicio de alimentos a bordo, el cuál, ha sido siempre la primera atracción de los usuarios. Es en este aspecto, donde se pueden apreciar las diferencias entre las aerolíneas y su imagen corporativa.

#### GUIA DE FOTOS DE LA PAG. 90

- 1.- Oficinas de AMSA.
- 2.- DC - 10 y DC - 9 En su inauguración.
- 3.- Viscount 840 con turbopropulsores Rolls Royce.
- 4.- Avión de carga Boeing 377.
- 5 y 6 Manejo y pesado de carga y maletas.

#### III.4 SERVICIO DE CARGA.

Aunque en un principio los envíos de carga de emergencia y de correo, fueron los que le dieron al transporte aéreo su soporte inicial, realmente fue poco el volumen de carga manejada hasta principio de los cuarentas.

Bajo la influencia de la segunda guerra mundial, los envíos de carga se incrementaron espectacularmente. En menos de cinco años, la flotilla de carga de los Estados Unidos se incrementó de un avión de 3 tons. de capacidad, a 100 unidades con una capacidad conjunta de 453 tons.

Al través de los años, el número de aviones de carga no se ha incrementado considerablemente, pero la capacidad de éstos se ha multiplicado de 3 a 50 tons. por avión.

El costo del transporte de carga a bajado impresionantemente, hoy por hoy cuesta menos de la mitad de lo que costaba en los cuarentas. Por esta reducción de los precios, es posible en la actualidad, transportar grandes volúmenes de productos agrícolas de valor.

El desenvolvimiento del servicio de carga ha sido distinto que el de pasajeros, como el usuario no le interesa los aspectos glamorosos de la aviación, para enviar sus mercancías, los aviones especializados son menos veloces y de construcción simplificada, con tren de aterrizaje fijo y fuselaje voluminoso.

El perfil de los aviones de carga no es muy ortodoxo desde el punto de vista aerodinámico, porque busca sobre todo, la economía de fabricación y de mantenimiento en un fuselaje con la mayor capacidad posible.

A la fecha, contamos con grandes aviones turbohélices y cuatrimotores, capaces de transportar 50 tons. de peso y más aún, a nivel internacional, apenas se empieza a sentir la influencia de los cargueros jumbo, como el Lockheed C-5, que pesa 350 tons. y es capaz de transportar 120 tons. a 4660 km de distancia, con una velocidad de 960 km/hr. Es posible transportar con él, un puente móvil con todo y el equipo para instalarlo, 21 helicópteros pequeños y 3 tanques medianos a la vez.

En México a nivel comercial, se transporta la carga en los aviones de pasajeros, que tienen un espacio especialmente diseñado para este servicio; por ejemplo, el DC - 10 tiene una capacidad para 301 pasajeros y 15 toneladas de carga.

Por este servicio se transportan una gran variedad de bienes, tales como periódicos, revistas, productos mecánicos, textiles, víveres, productos químicos, remesas bancarias, etc. También es posible transportar las estructuras de acero de algún puente o edificio, e inclusive mover industrias enteras a lugares donde resulta más viable que la transportación terrestre o la fabricación en el sitio.

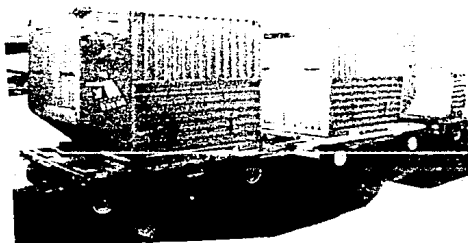
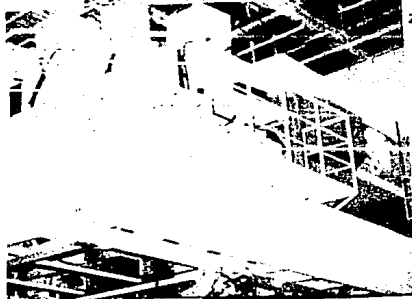
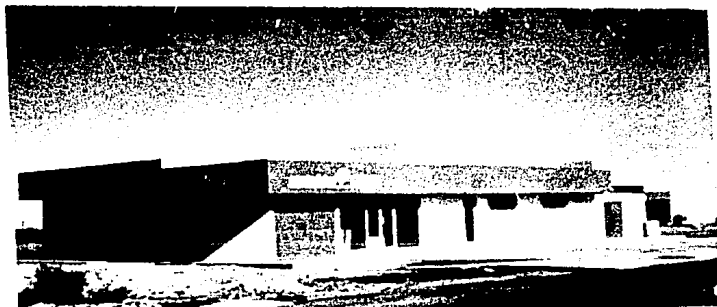
### III.4.1 MANEJO DE LA CARGA.

El manejo de la carga se ha implementado considerablemente, y quizá, sea debido a que los costos del manejo de carga, son aquella parte de los costos totales de servicio, que pueden ser fácilmente reducidos, siendo el primer aspecto que las empresas estudian.

No obstante el costo de este manejo, es menor al 5 % del total, es muy importante que sea realizado en forma expedita, ya que al perderse tiempo en estos procedimientos, se pierde tiempo del avión, que al fin y al cabo es el que contribuye en mayor medida al costo final.

La carga se puede agrupar en grandes embarques en contenedores, pallets e igloos, ofreciendo las ventajas de reducción de costos así como una mayor protección a las mercancías. En las tarifas se toman en cuenta cargos adicionales por almacenamiento, renta de jaulas, transporte de animales, valuación, restos humanos, remesas bancarias, acarreo, seguros, reparto a domicilio, C.O.D., fleje, empaque, etc.

Las bodegas para la recepción y almacenamiento de mercancías, están diseñadas para contener los variados tipos de carga que se transporta, que van desde los productos agrícolas, a fino equipo instrumentas, valores y dinero en efectivo.



## GUIA DE FOTOGRAFIAS DE LA PAGINA 95.

- 1.- Edificio de servicio (Los Mochis).
- 2.- Simulador de vuelo. (AICM).
- 3.- Centro de comunicaciones (Ciudad Obregón).
- 4.- "Containers" especiales para carga aérea.
- 5.- Marcos de la estructura metálica de  
un edificio de servicios (bodega de carga).

### III.5 INGRESOS

Las fuentes de ingresos de la industria de la aviación, provienen de la transportación de pasajeros, carga y de correo. La administración de cada aerolínea ha enfocado sus intereses sobre estos tres aspectos, principalmente promoviendo planes especiales para la venta de boletaje, como por ejemplo: Boletos a mitad de precio para las madres que viajen con sus hijos, en el día de la madre, con iguales promociones para el día del padre, o del niño. Asimismo se hacen descuentos considerables a personas que viajen en excursión, etc.

Desde 1935 la fuente más grande de ingresos, ha sido la transportación de pasajeros, significando ésto, una aportación del 80 % del total.

El correo aéreo ha declinado con los años, mientras que la carga, continúa teniendo un crecimiento continuo.

El promedio de ingresos por el servicio de pasajeros, ha variado poco con el tiempo, dependiendo mucho de la aerolínea, las distancias que se manejen para cada destino y sus gastos indirectos. Esto se podría simplificar como una venta de kilómetros de transportación aérea por pasajero.

### III.6 INSUMOS

La compra de aviones constituye una carga económica muy importante, siendo que los equipos que se utilizan, están en el orden de los cinco millones de dólares.

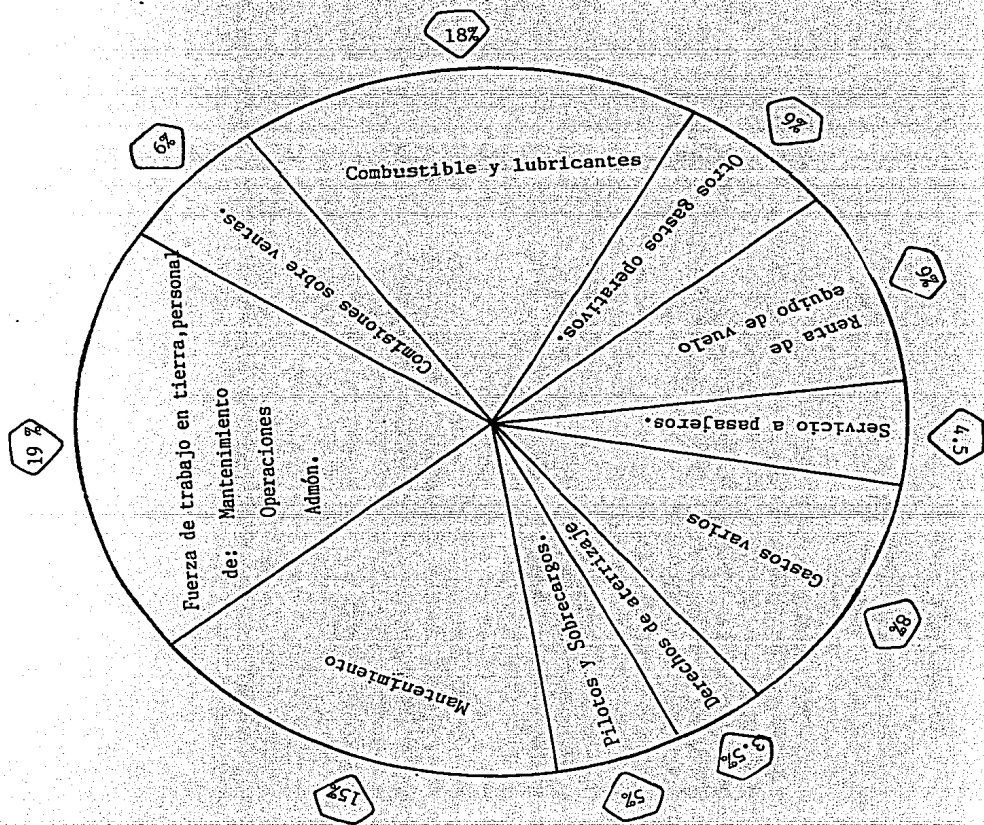
La mayor parte de los gastos de operación de una aerolínea, provienen del costo de adquisición de materiales y refacciones que se necesitan y que en su mayoría son de importación. Los gastos anuales solamente por combustible, van dentro del rango de los millones de dólares, como referencia, el costo de las refacciones es muy superior al salario conjunto del depto. de mantenimiento.

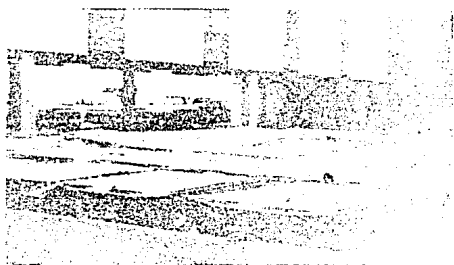
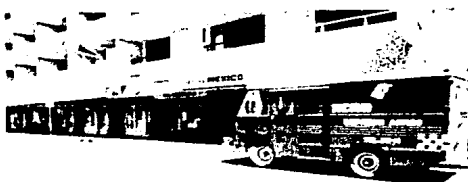
Por estos motivos, la habilidad que se tenga para manejar estas adquisiciones, resultará de vital importancia para las empresas. Para ello se requieren procedimientos de compras muy cuidadosos y control de inventarios muy efectivo, con una correcta distribución de los abastecimientos en la red que forma la empresa.

Los gastos de una aerolínea incluyen operaciones de vuelo tales como tripulación, combustible, aceite, seguros, mantenimiento directo con su mano de obra, refacciones, materiales, depreciación y amortización de las aeronaves, (que por cierto se realiza en corto tiempo debido a los avances tecnológicos), servicios generales y administrativos, entre los que sobresalen costos indirectos de administración, supervisión, oficinas de boletos, publicidad, servicios a pasajeros y salarios a los empleados.



El control de los costos es una labor primordial, ya que no es posible incrementar los precios tan fácilmente, por la competencia existente.





DIVERSOS TIPOS DE INSTALACIONES Y EQUIPOS.

### III.7 FINANCIAMIENTO

Antes de la segunda guerra mundial, cuando el promedio de crecimiento de la industria de la transportación aérea era bajo, las compañías más grandes, compensaban sus necesidades de capital por medio de la venta de acciones. Posteriormente la presión por una expansión y reequipamiento para compensar la obsolescencia del equipo, causó que algunas aerolíneas requirieran de préstamos a largo plazo. Como referencia, en la década de los sesentas, la deuda correspondiente a este sector de servicios, estaba muy cercana a los mil millones de dólares, excediendo por mucho al promedio.

Tal cantidad de deuda a largo plazo, impone severas cargas fijas sobre el sector y sobre cada una de sus empresas. Este es el principal problema de las administraciones de las aerolíneas, porque el margen de ingresos menos los gastos, fluctúa y generalmente es bajo.

A continuación se enlista las formas como se financia una empresa aérea nacional:

Recursos propios . . . . .	94 %
Apoyo del Gobierno Federal . . . . .	5.8 %
Financiamientos externos . . . . .	0.2 %

(los porcentajes son aproximados, solamente para dar una idea del volumen financiado)

### III.8 INSTALACIONES

El continuo crecimiento de la aviación comercial y los avances tecnológicos en aeronaves y equipos de soporte, demandan la construcción permanente de oficinas de boletos y/o carga, oficinas generales, hangares, instalaciones para simuladores de vuelo, facilidades varias para los pasajeros en los edificios terminales, instalaciones para el entrenamiento especializado de pilotos y sobrecargos, etc.

Para una correcta edificación de estas instalaciones o para su adecuado mantenimiento, se requiere de una atinada elaboración de planes, programas, presupuestos, proyectos y todos los elementos que coadyuben en la expansión de una cada vez mas eficiente planta física.

Estas labores requieren del apoyo técnico de ingenieros en todas sus variadas especialidades, así como de arquitectos; ya sea formando parte del personal de cada aerolínea, o como asesores externos de éstas.

Las obras de magnitud considerable, son proyectadas comúnmente por otras empresas. La mayoría de las obras son llevadas al cabo por contratistas que han sido elegidos mediante algún procedimiento, que en el caso de las aerolíneas nacionales, por ser de participación estatal, se tienen que apegar a los procedimientos establecidos en la

Ley de Obras Públicas, ya que esta abarca los aspectos de planeación, programación, presupuestación, ejecución, conservación, mantenimiento, demolición y control de la obra pública.

A continuación (figuras 3.8.1 y 3.8.2) se muestra una distribución de los espacios interiores de una oficina de carga y de una oficina de boletos, respectivamente.

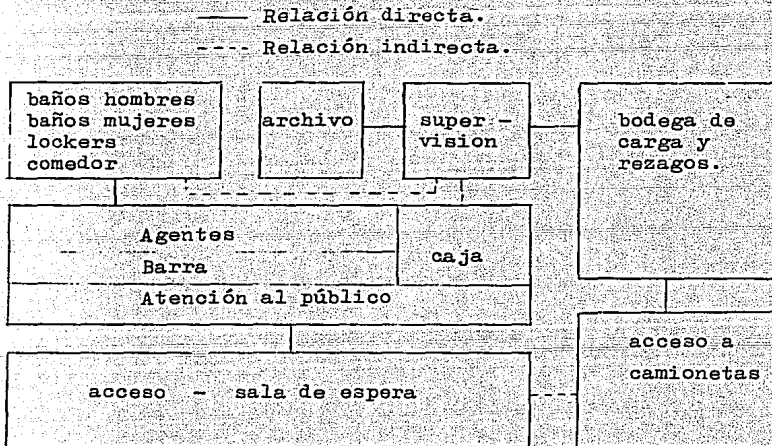


Fig. 3.8.1 Oficina de carga

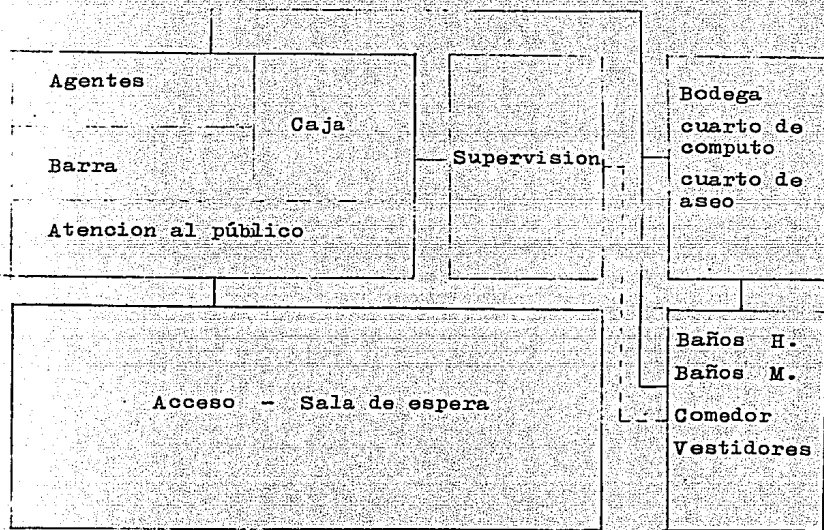


Fig. 3.8.2 Oficina de boletos.

## C A P I T U L O     I V

DESARROLLO DE UN MODELO DE  
ASIGNACION DE AERONAVES.

## IV.1 TEORIA GENERAL DE MODELOS

### IV.1.1 INTRODUCCION.

El desarrollo de modelos y el análisis de los sistemas, son aspectos inseparables en el estudio de éstos, porque el describir un sistema es, en cierta forma, una representación o modelo de este último.

Para que un modelo sea útil en la descripción de la naturaleza y el comportamiento del sistema, tiene que ser menos complicado y contener menos componentes y relaciones.

Se espera que el modelo, al representar en buena forma al sistema, nos llevará a sugerencias e hipótesis respecto a su comportamiento, y además, nos ayudará a perfeccionar la teoría al generar cuestionamientos y señalar huecos en nuestra teoría, sirviendo como nuestro mejor vehículo de experimentación.

El desarrollo de modelos para sistemas físicos y biológicos de gran magnitud, es de suma utilidad para los ingenieros, especialistas en transportación o planeación urbana, ecologistas, etc.



Continuamente se crean modelos que simulan redes de carreteras o de rutas aéreas, con el objeto de mover eficientemente personas y carga a los distintos focos de oferta y demanda, así como las cuencas de los ríos se simulan para obtener distintas reapiestas a problemas tales como navegación, zonas de contaminación por el desecho de desperdicios agrícolas o industriales, áreas de inundación, etc. De esta manera, la simulación, especialmente por la ayuda de las computadoras, sigue extendiéndose para el estudio del comportamiento de sistemas cuyas variables cambian con el tiempo.

#### IV.1.2 Clases de modelos.

Los modelos pueden distinguirse inicialmente, por su correspondencia con el sistema. Los modelos físicos retienen algunas entidades del sistema que representan, por lo que se parecen al sistema de referencia.

Aquellos modelos que se construyen de objetos físicos que no se encuentran en el sistema real, se llaman modelos físicos analógicos, como por ejemplo, los componentes eléctricos representando a un sistema mecánico.

Los modelos esquemáticos, son representaciones en forma gráfica, que varían en su grado de abstracción según el problema.

Los modelos matemáticos constituyen un conjunto de ecuaciones cuya solución explica o predice los cambios de estado del sistema.

La simulación por computadora, los análisis matemáticos, la experimentación sobre el sistema o sobre un prototipo, el uso de la intuición, tienen sus limitaciones y virtudes, por lo que se debe elegir cuidadosamente, en función de la exactitud deseada, al tiempo que consume y los costos resultantes.

#### IV.2 DESCRIPCION DEL MODELO DE ASIGNACION DE AERONAVES

El modelo que se desarrollará en este capítulo, está dividido en dos fases principales.

La primera fase tiene como función, predecir la demanda de pasajeros, específicamente para cada una de las rutas, en toda la red en que se le proporcionen datos de entrada. Para lograr una mayor versatilidad en la predicción, el programa analizará los datos históricos de la demanda para cada ruta, ajustando curvas de regresión y presentandolas al usuario para que pueda elegir cuál será el tipo de regresión que se usará para predecir la demanda, en cada caso específico.

Este tipo de estudio resulta de gran utilidad, ya que el desarrollo de cada ruta es diferente, puesto que se pueden encontrar en una fase distinta. Se ha demostrado que las tendencias de la demanda en su fase inicial, se caracterizan por un crecimiento rápido, sin embargo, eventualmente conforme el tiempo pasa y la demanda aumenta, esta expansión disminuye mientras se aproxima a su punto de capacidad máxima (o de saturación). Virtualmente es imposible predecir con exactitud, los componentes que fluctúan con el tiempo (demanda), proyectándonos hacia el futuro.

Pero rara vez, dicha limitación resulta ser grave, en los procesos de toma de decisiones o asistencia a la administración en programas a corto, mediano y largo plazo, que incluyen la expansión del sistema y su respectivo financiamiento.

Así, en combinación con la experiencia del usuario, se podrá tener una proyección más cercana a la realidad.

La segunda parte del programa, tiene como función, repartir o asignar los equipos, buscando su máxima utilización así como las rutas más económicamente factibles.

De esta manera es posible ir estudiando los resultados que nos arroja el programa, adicionando equipo que supuestamente se va adquirir en el periodo que nos interesa, y

poder comparar nuestras distintas alternativas.

La salida del programa o resultados que arroja, son los siguientes:

1.- Matriz de asignación (ASZ). Contiene los datos del número de vuelos de cada equipo para cada ruta. ASZ (Equipo, Ruta).

2.- Matriz de tiempos muertos. TM(equipo), que contiene los datos del tiempo no utilizado para cada equipo.

Demandas resultantes, es decir, la demanda inicial, menos la oferta.

Esta segunda sección, utiliza técnicas de programación dinámica que nos permite tomar en cuenta factores tales como matrices de pagos, tiempos disponibles, demandas, etc., que comúnmente se comportan de manera no lineal, por lo que es más realista usar las herramientas de la programación dinámica, que nos permite abordar problemas más complejos que la programación lineal.

### IV.3 EXPLICACION DEL PROGRAMA Y DIAGRAMAS DE FLUJO

Al iniciar el programa, se presentan en pantalla las distintas opciones a elección del usuario, las cuáles son:

- Iniciar archivos.
- Modificar los archivos.
- Pronóstico.
- Asignación.

#### Iniciación de archivos.

En esta fase el programa abre espacios de archivo en una unidad de discos, e introduce los datos de demandas y constantes estadísticas para cada archivo de ruta.

Los datos de entrada (año, demanda), se procesan para poder hacer las regresiones lineales y exponenciales correspondientes, guardándose posteriormente, en un archivo secuencial específica para cada ruta, con el objetivo de poderlos utilizar en el futuro. A partir de este momento, el programa ejecutará el pronóstico, si el usuario desea hacerlo.

#### Modificación de archivos.

Esta parte del programa resulta útil, porque nos permite introducir nuevas rutas al sistema, actualizar los datos

de demanda o corregir datos erróneos, procesando los nuevos datos estadísticamente y gravándolos de nuevo en la unidad de discos.

#### Pronóstico de la demanda.

en esta fase la computadora lee de la unidad de disco, los datos estadísticos procesados y mediante pantalla, pregunta si se va a hacer el pronóstico de una o de todas las rutas, y a qué año o período se desea estimar la demanda.

A partir de este punto, la computadora presenta para todas las rutas, las regresiones lineales y exponenciales, para que el usuario pueda elegir cuál se utilizará según su experiencia, posteriormente se guarda el valor escogido en la matriz  $D(i)$ , donde  $i$ , es el número de ruta.

Al terminar de analizar todas las rutas; se podrá imprimir la matriz  $D(i)$ , si se desea y continuará con la fase de asignación o al menú inicial.

#### Asignación de Equipo.

Esta es la sección más importante dentro del programa, ya que introduce los conceptos de sistemas, que es el área que esta tesis maneja. Como inicio de la asignación, se presentan las opciones de Modificar las rutas y sus correspondientes demandas o de continuar con las demandas obtenidas en la fase de pronóstico.

El programa va llenando el tiempo disponible de los aviones (TE(i)), buscando optimizar las ganancias. Para lograr este objetivo, se van eligiendo los equipos más factibles de producir ganancias, es decir aquellos que produzcan más dividendos por unidad de tiempo que toma producirlos.

Una vez elegido un equipo (kk), la computadora calcula el máximo número de vuelos factibles para cada incremento de tiempo (SS), guardándolo en la matriz M1%, hasta llegar al tiempo total disponible. (únicamente para la 1ª ruta).

Para las siguientes rutas, el programa procede como sigue: Por incrementos de tiempo (ss), se establece el máximo número de vuelos (LM) que se puede tener para nuestro tiempo que se va incrementando (h).

Decrementando el número de vuelos que se pueden tener para la ruta (I) desde que (L) vale LM hasta 1, valúa el tiempo libre (TL), que es igual a h menos el tiempo que se gasta en la ruta (I).

El tiempo libre obtenido se invertirá en la mejor opción para ese tiempo, que está guardado en la matriz M1%(TL,j) siendo j, todas las rutas anteriores. esto nos va a generar un indicador de ganancia (gan) que se irá comparando para todos los valores de L, guardándose sólo aquella combinación que resulte ser la mayor.

Este se comparará con la ganancia de la mejor combinación,

obtenida para el ciclo anterior  $M1\%(H,j)$ . De estas dos opciones, la que resulte mejor, se guardará en la matriz  $M2\%(H)$ .

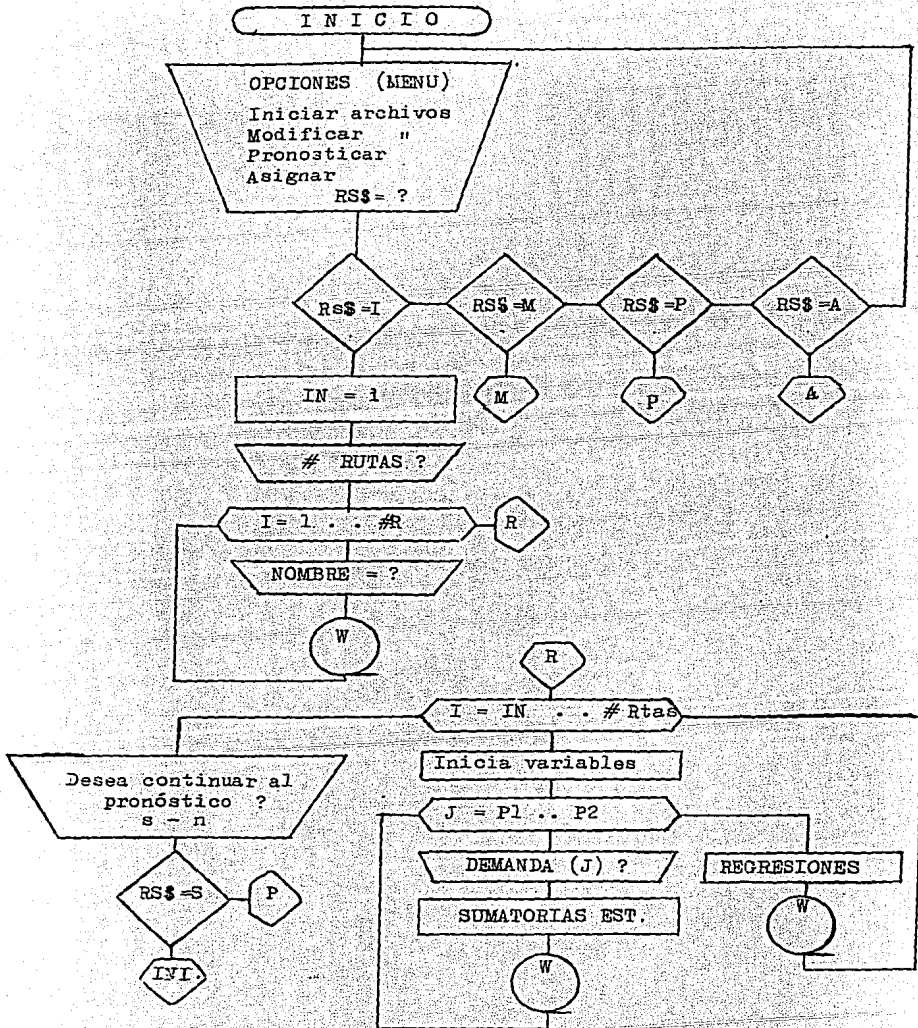
Cuando nuestro tiempo incrementado (H) llega a ser mayor que nuestro tiempo disponible, entonces la matriz  $M1\%$  se hace igual a la nueva matriz  $M2\%$  y continuamos con el análisis de la siguiente ruta.

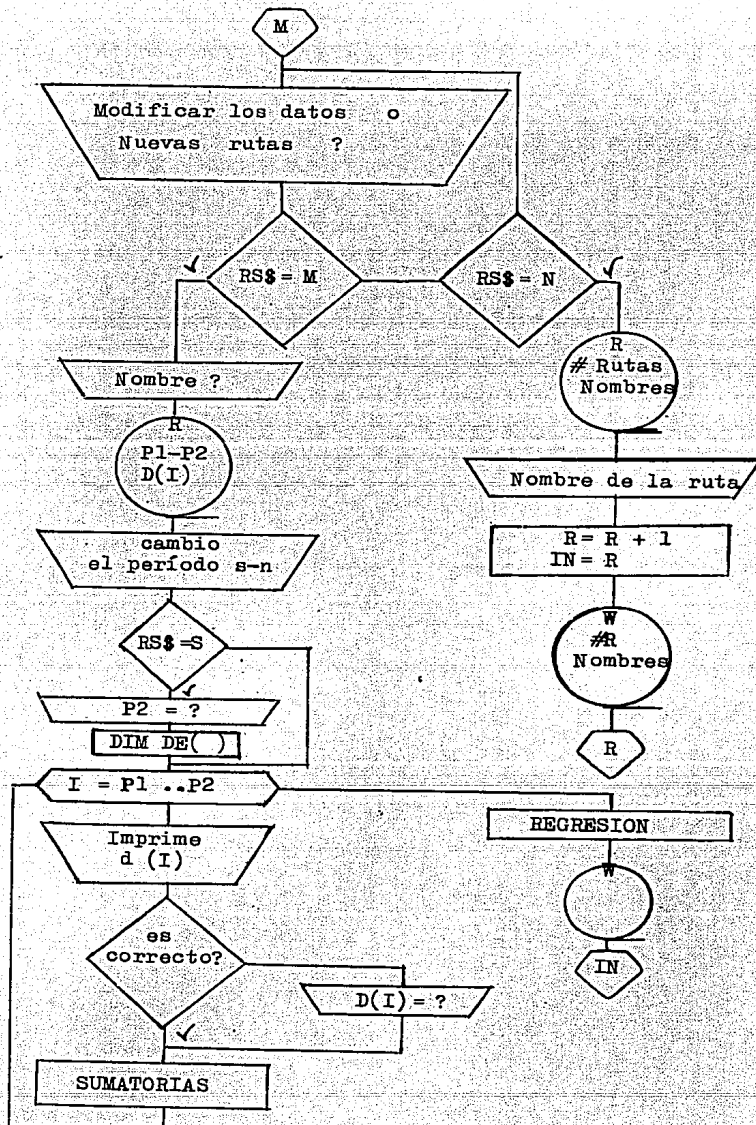
Una vez que se han estudiado todas las rutas, el valor contenido en  $M1\%(F,i)$  (siendo F el último incremento, para todas las rutas (i)), se guarda en la matriz de asignación (AS) y continuamos con el siguiente equipo (kk).

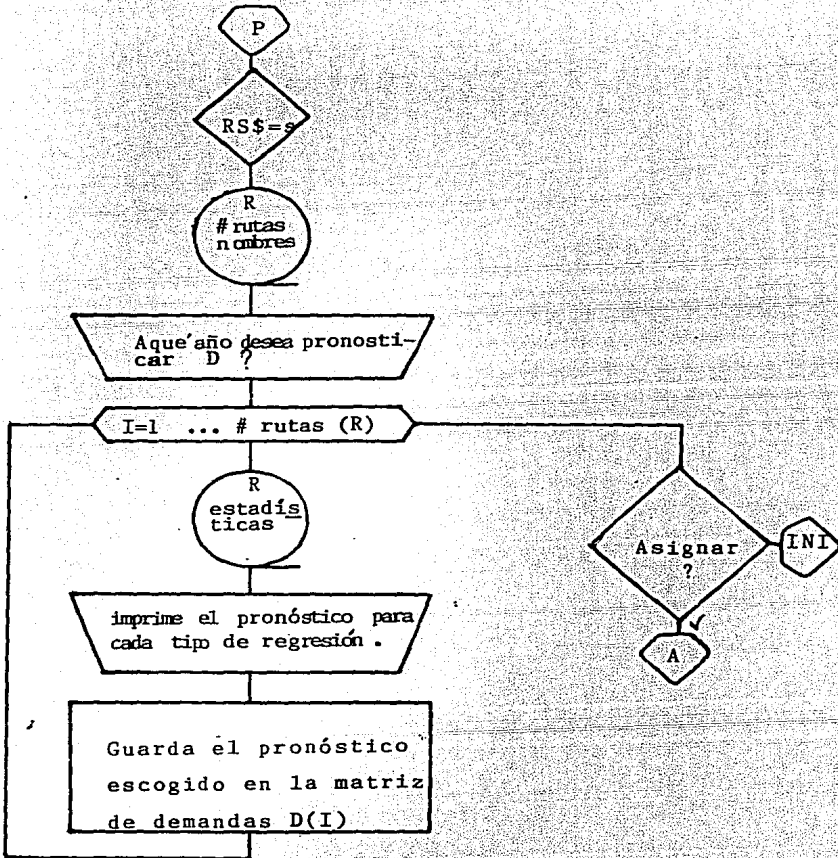
Este proceso elimina las opciones menos remunerativas, comparando sólo con aquellas que tengan las ganancias máximas. Esto nos evita la enumeración de todos los casos, su valoración y la elección de la mejor combinación, ahorrándonos una cantidad enorme de tiempo, ya que el número de combinaciones aumenta exponencialmente conforme aumenta el tamaño del sistema.

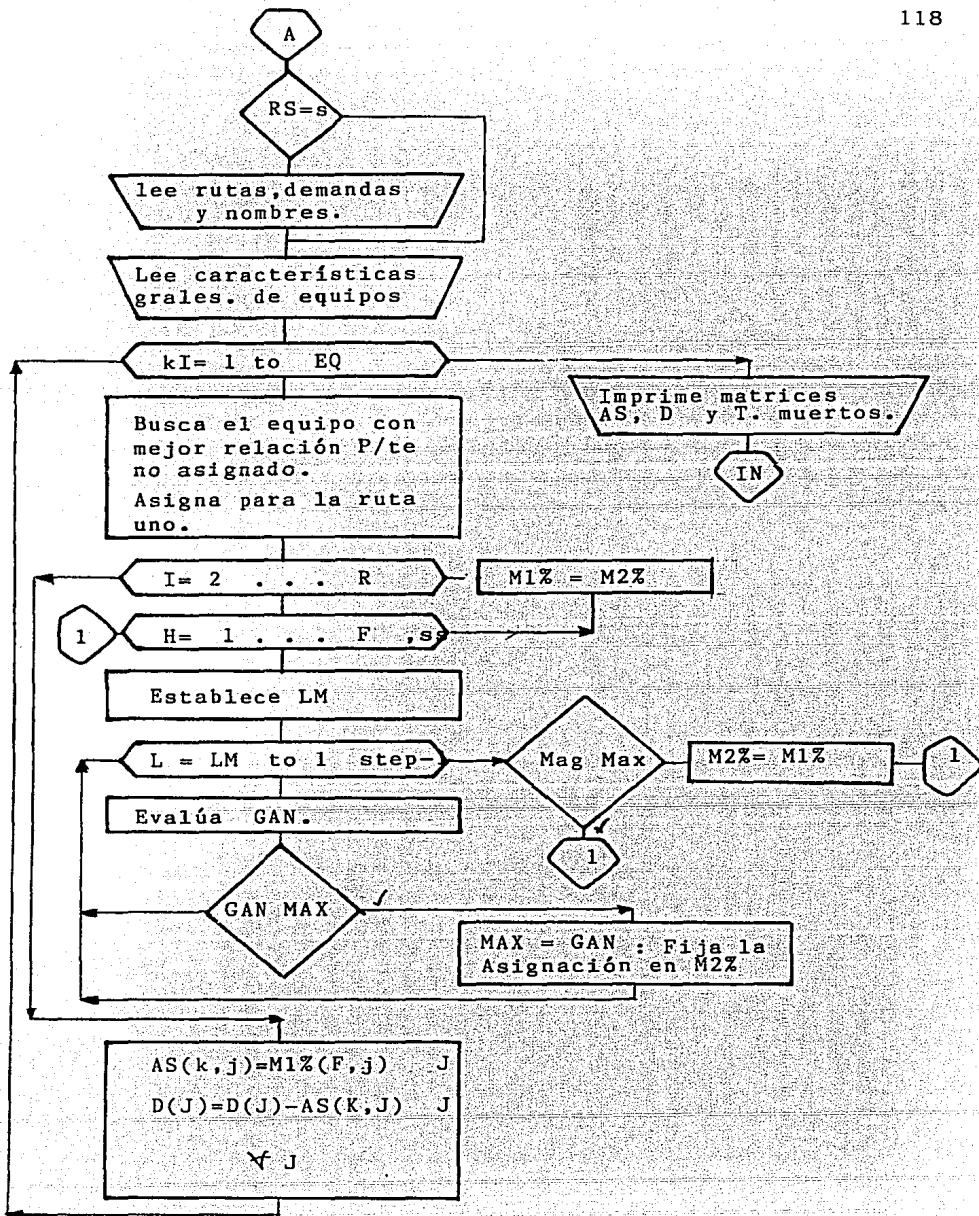
Este problema puede resolverse por medio de programación lineal entera, sólomente que tenemos la restricción de que estamos obligados a introducir datos que se comportan en forma lineal, aunque nos ahorraría mas tiempo.











## IV.4 LISTADO DEL PROGRAMA EN BASIC CON UNA APLICACION DE ASIGNACION.

```

10 PRINT"(RV)I(RO)NICIAR ARCHIVOS",,,"(RV)M(RO)ODIFICAR ARCHIVOS",,,"(RV)P
RONOSTICO.
20 PRINT"(RV)A(RO)SIGNAR"
30 INPUT"QUE DESEA";RS#
40 IF RS#="I" THEN 400
50 IF RS#="P" THEN 2000
60 IF RS#="M" THEN 1000
70 IF RS#="A" THEN 3000
80 GOTO30
400 IN=1
410 INPUT"CUANTAS RUTAS";R
415 OPEN 5,8,5,"@O:DIRECTORIO,S,W"
418 PRINT#5,R
420 FOR I=1TOR
430 INPUT"NOMBRE";Z#
440 PRINT#5,Z#
450 NEXTI
460 CLOSE5
470 FOR I=IN TO R
480 X=0
490 Y=X
500 XY=X
510 X2=X
515 Y2=X
520 LX=X
525 LY=X
530 XL=X
535 YL=X
540 PRINT"RUTA";I,,,"EN QUE PERIODO ESTAN LOS DATOS"
550 INPUT"P1..P2";P1,P2
560 OPEN 5,8,5,"@O:"+Z#+",S,W"
570 PRINT#5,P1
580 PRINT#5,P2
590 N=ABS(P2-P1) + 1
600 FOR J=P1 TO P2
610 PRINT"DEMANDA":J;
620 INPUT D
630 X=X+J
640 Y=Y+D
650 XY=XY+J*D
660 X2=X2+J^2
670 Y2=Y2+D^2
680 LY=LY+LOG(D)
690 YL=YL+LOG(D)^2
700 XL=XL+J*LOG(D)
710 PRINT#5,D
720 NEXT J:CLOSE5
722 GOSUB725:GOTO880
725 C=X2-X^2/N
730 B=(XY-X*Y/N)/C
740 A=(Y-B*X)/N

```

```

750 RE=B*SQR(C)/SQR(Y2-Y^2/N)
760 OPEN 6,8,6,"@0:"+Z*+ ".D,S,W"
770 PRINT#6,A
780 PRINT#6,B
790 PRINT#6,RE
800 B=(XL-X*LY/N)/C
810 A=(LY-B*X)/N
820 RE=B*SQR(C)/SQR(YL-LY^2/N)
830 PRINT#6,A
840 PRINT#6,B
850 PRINT#6,RE
860 CLOSE 6
870 RETURN
880 NEXT I
885 CLOSE6
890 PRINT"CONTINUO CON EL PRONOSTICO S-N"
900 INPUTR$
910 IF R$="S"THEN2000
920 GOTO10
1000 PRINT"(RV)M(RO)ODIFICO LOS DATOS O (RV)N(RO)UEVA RUTA"
1010 INPUTR$
1020 IF R$="M"THEN1040
1030 IF R$="N"THEN1500
1040 INPUT"NOMBRE";Z$
1050 OPEN5,8,5,"@0:"+Z*+ ".S,R"
1060 INPUT#5,P1,P2
1061 N=P2-P1+1;DIM D(N)
1062 FOR I=1 TO N
1064 INPUT#5,D(I)
1066 NEXT I
1068 CLOSE5
1070 PRINT"CAMBIO EL SEGUNDO LIMITE S-N";
1080 INPUTR$
1090 IF R$(">")S"THEN1120
1100 INPUT"P2=";P2
1110 N=P2-P1+1
1115 DIM D(N)
1120 X=0
1130 Y=X
1140 XY=X
1150 X2=X
1160 Y2=X
1180 LX=X
1185 LY=X
1190 XL=X
1200 YL=X
1205 OPEN5,8,5,"@0:"+Z*+ ".S,W"
1207 PRINT#5,P1
1210 PRINT#5,P2
1220 FOR I=1TON:J=P1+I-1
1230 PRINT J,D(I)

```

```

1240 INPUT"CORRECTO S-N";RS#
1250 IFRS#="S"THEN1270
1260 INPUT"DEM=";D(I)
1270 D=D(I)
1300 X=X+J
1310 Y=Y+D
1320 XY=XY+J*D
1330 X2=X2+J^2
1340 Y2=Y2+D^2
1350 LY=LY+LOG(D)
1360 YL=YL+LOG(D)^2
1380 XL=XL+J*LOG(D)
1390 PRINT#5,D
1400 NEXTI
1410 CLOSES
1420 GOSUB 725
1430 GOTO10
1500 OPEN5,8,5,"0:DIRECTORIO,S,R"
1510 INPUT#5,R
1520 DIMZ*(R+1)
1530 FOR K=1TOR
1540 INPUT#5,Z*(K)
1550 NEXT K
1560 CLOSES
1570 INPUT"NOMBRE DE LA RUTA";Z*(K)
1580 R=R+K
1590 IN=R
1600 Z*=Z*(R)
1610 OPEN5,8,5,"@0:DIRECTORIO,S,W"
1620 PRINT#5,R
1630 FOR K=1TOR
1640 PRINT#5,Z*(K)
1650 NEXTK
1660 CLOSES
1670 GOTO 470
2000 PRINT"A QUE AÑO DESEA PRONOSTICAR";
2010 INPUTF
2020 IFR#="N"THEN 2100
2025 OPEN 5,8,5,"0:DIRECTORIO,S,R"
2030 INPUT#5,R;DIMZ*(R)
2040 FOR I=1TOR
2050 INPUT#5,Z*(I)
2060 NEXT I
2070 CLOSE 5
2100 FOR I=1TOR
2110 PRINT"RUTA ";I,Z*(I)
2120 OPEN 5,8,5,"0:"+Z*(I)+",S,R"
2130 INPUT#5,P1,P2
2140 CLOSES
2150 OPEN6,8,6,"0:"+Z*(I)+".D"+",S,R"
2160 INPUT#6,A,B,R,A1,B1,R1

```

```

2170 CLOSE6
2180 PRINT"{CD}DATOS ESTADISTICOS DE ";P1;" A ";P2
2190 PRINT"{CD}REGRESION LINEAL D=";A;"+";B;"X"
2200 PRINT"COEFICIENTE DE CORRELACION = ";R
2210 PRINT"LA DEMANDA SERIA:";A+B*F
2220 PRINT"{CD}{CD}REGRESION EXPON. LOG D=";A1;"+";B1;"X"
2230 PRINT"COEFICIENTE DE CORRELACION = ";R1
2240 PRINT"LA DEMANDA SERIA:";EXP(A1+B1*F)
2250 PRINT"{CD}QUE TIPO DE REGRESION DESEA"
2260 PRINT"1.-REGRESION LINEAL"
2270 PRINT"2.-REGRESION EXPON."
2280 INPUTRS
2290 ON RS GOTO 2300,2350
2300 D(I)=A+B*F
2310 GOTO2400
2350 D(I)=EXP(A1+B1*F)
2400 NEXT I
2410 PRINT"DESEA IMPRIMIR EL PRONOSTICO S-N";
2420 INPUT RS#
2430 IFRS#<>"S" THEN2600
2432 OPEN4,4
2435 PRINT#4,"DEMANDA ESTIMADA PARA ";F
2437 PRINT#4,"RUTA DEMANDA"
2440 FOR I=1 TO R
2450 PRINT#4,Z$(I),D(I)
2460 NEXT I
2600 PRINT"CONTINUAMOS A LA ASIGNACION? S-N"
2610 INPUTRS#
2620 IF RS#="S" THEN3000
2630 GOTO10
3000 IFRS#="S" THEN3080
3010 READR
3020 DIMZ$(R):DIMD(R)
3030 FOR L =1 TOR
3040 READ Z$(L), D(L)
3050 PRINTZ$(L)," DEMANDA=";D(L)
3060 NEXTL
3080 READ EQ
3090 DIMTE(EQ,R),PE(EQ,R+1),CP(EQ)
3100 FOR J=1 TO EQ
3110 READ CP(J)
3120 PRINT"EQUIPO";J;" CAPACIDAD=";CP(J)
3130 SU=0:FORK=1TOR
3140 READ TE(J,K)
3150 READ PE(J,K)
3160 PRINTZ$(K)," PAGO=";PE(J,K);" TE=";TE(J,K)
3170 SU=SU+PE(J,K)/TE(J,K)*CP(J)
3180 NEXT K
3190 PE(J,R+1)=SU
3200 NEXTJ
3205 READ HR,SS

```



```

3210 PRINT"TIEMPO LIMITE " ;HR
3220 PRINT"INCREMENTOS = " ;SS
3230 F=INT(HR/SS)
3240 DIMM1%(F,R):DIM M2%(F,R):DIM AS%(EQ,R)
3250 KI=1
3260 G=0
3270 FORLL=1TOEQ
3280 IF PE(LL,R+1)<GTHEN3333
3290 KK=LL
3300 G=PE(LL,R+1)
3333 NEXTLL
3340 PE(KK,R+1)=-1000000
3350 FORH=1TOF:IF D(1)<CP(KK)THEN M1%(H,1)=0:GOTO3420
3360 IF H*SS<TE(KK,1) THEN M1%(H,1)=0:GOTO3420
3370 M1%(H,1)=H*SS/TE(KK,1):PRINT H,M1%(H,1)
3380 IF M1%(H,1)*CP(KK)<D(1)THEN 3420
3390 FOR HS=H TOF
3400 M1%(HS,1)=M1%(H,1)
3410 NEXT HS
3414 GOTO3430
3420 NEXTH
3430 I=2
3440 IFD(I)>=CP(KK)THEN3449
3441 FOR Z=1 TOF:M1%(Z,I)=0:NEXTZ:GOTO3960
3449 FOR H=1TOF
3450 LM=INT(H*SS/TE(KK,I)):PRINTH,LM
3460 IF LM>=1THEN3520
3470 FOR L=1 TOI-1
3480 M2%(H,L)=M1%(H,L)
3490 NEXT L:M2%(H,L)=0
3500 GOTO 3800
3520 IFLM*CP(KK)>D(I) THENLM=INT(D(I)/CP(KK))
3530 MAG=0
3540 FOR L=LM TO 1 STEP -1:PRINTL
3550 TL=INT(H*SS-L*TE(KK,I))/SS
3555 IF TL<=0THENGA=0:GOTO3600
3560 GAN=0
3570 FOR N=1 TO I-1
3580 GAN=GAN+M1%(TL,N)*PE(KK,N)
3590 NEXT N
3600 GAN=GAN+L*PE(KK,I):PRINTGAN
3610 IF GAN<MAG THEN 3670
3620 FOR N=1 TO I-1
3630 M2%(H,N)=M1%(TL,N):PRINTM2%(H,N)
3640 NEXT N
3650 M2%(H,I)=L:PRINTM2%(H,I)
3660 MAG=GAN
3670 NEXT L
3680 MX=0 :PRINT"MX"
3690 FOR N=1 TO I-1
3700 MX=MX+M1%(H,N)*PE(KK,N)
3710 NEXT N
3720 IFMAG>MX THEN 3800

```

```

3730 FOR M=1 TO I
3740 M2%(H,N)=M1%(H,N)
3750 NEXT N
2800 PRINT"H=";H: NEXTH
3900 FOR H=1 TO F
3910 FOR L=J TO I
3920 M1%(H,L)=M2%(H,L):M2%(H,L)=0
3940 NEXT L
3950 NEXT H
3960 I=I+1:IF I<=RTHEN 3440
3970 FOR J=1 TO R
3980 AS%(KK,J)=M1%(F,J):PRINT"AS",KK
3990 D(J)=D(J)-M1%(F,J)*CP(KK)
4000 NEXT J
4005 FORZ=1TOR:PRINT"DEMANDA";Z,D(Z):FORY=1TOF:M1%(Y,Z)=0:M2%(Y,Z)=0:NEXTY:
NEXTZ
4500 KI=KI+1:IF KI<=EQ THEN 3260
4520 FOR I=1 TO EQ
4530 FOR K=1 TO R
4535 PRINTZ*(K),AS%(I,K)
4580 GET AS:IFAS=""THEN4580
4590 NEXT K
4600 NEXT I
4610 PRINT"      D E M A N D A S"
4620 FOR K=1TO R:PRINTZ*(K),D(K):NEXTK
4630 PRINT"      T I E M P O S      M U E R T O S"
4635 GETAS:IFAS=""THEN4635
4640 FOR Z=1 TO EQ
4645 TL=HR
4650 FOR Y=ITOR
4660 TL=TL-AS%(Z,Y)*TE(Z,Y)
4670 NEXTY:PRINT"EQUIPO";Z,TL
4680 NEXTZ
6000 REM #RUTAS
6010 DATAS
6020 REM NOMBRE DE RUTA,DEMANDA
6030 DATA LA PAZ,2500
6040 DATA MONTERREY,2200
6050 DATA NAZATLAN,2100
6060 DATA CHIHUAHUA,2800
6070 DATA LOS CABOS,1085
6080 DATA MERIDA,2200
6090 DATA CIUDAD JUAREZ,3100
6100 DATA CANCUN,2500
6120 REM # DE EQUIPOS
6130 DATA 5
6140 REM CAP.DE EQUIPO,TIEMPOS DE RUTA,PAGOS DE RUTA
6150 DATA 85,3,29,3.5,32,2,20.3,4.5,28.7,4.5,27.8,3.5,24,5.5,39,4.6,30
6160 DATA115,3,29,3.5,32,2,20.3,4.5,28.7,4.5,27.8,3.5,24,5.5,39,4.6,30
6170 DATA155,3,29,3.5,32,2,20.3,4.5,28.7,4.5,27.8,3.5,24,5.5,39,4.6,30
6180 DATA155,3,29,3.5,32,2,20.3,4.5,28.7,4.5,27.8,3.5,24,5.5,39,4.6,30
6190 DATA187,3,29,3.5,32,2,20.3,4.5,28.7,4.5,27.8,3.5,24,5.5,39,4.6,30
6200 REM TIEMPO DISPONIBLE,INCREMENTOS
6210 DATA 70,2.5

```

## IV.5 RESULTADOS.

En el programa se introdujeron datos parcialmente reales de tiempos de equipo para cada ruta, demandas y pagos. Los equipos que se utilizaron para la asignación, son los siguientes:

Equipo	Cap.
DC-9-15	85
DC-9-30	115
MD-80	155
DC-8-62	187

Los tiempos y pagos de cada equipo, correspondientes a cada ruta, están en el listado como información "DATA". Para el problema se utilizaron incrementos de tiempo de 2.5 hrs., estos incrementos se pueden subir o bajar de valor, dependiendo del grado de exactitud que se desee, pero entre menores sean éstos, tomará mayor tiempo de ejecución. El tiempo disponible por equipo se fijó en 70 hrs. que corresponde aproximadamente, al tiempo promedio que vuelan los equipos de AMSA (10hrs. por día).

Se introdujeron datos "parcialmente exactos" porque fueron obtenidos de los itinerarios de una aerolínea, y no son resultado de ningún tipo de investigación de mercado o un estudio serio. En la siguiente página presento los

resultados de la ejecución del programa, que incluyen:  
No. de vuelos por semana, demanda no satisfecha y tiempos muertos.

Ruta Equipo	La Paz	Monte rrey	Mazatlán	Chihuahua	Los Cabos	Mérida	Ciudad Juárez	Cancún	TIEMPOS MUERTOS
DC-9-15	0	2	0	0	0	4	0	10	3
DC-9-30	0	0	0	0	0	7	8	0	1.5
MD 80	0	0	0	0	0	4	10	0	1
MD 80	5	7	0	0	0	2	4	0	0.5
DC-8-62	10	5	11	0	0	0	0	0	0.5
Demanda no satisfe- cha	0	10	43	2800	1085	125	10	1650	

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

## AERONAUTICA

Gloria W. Heath

W.M. Jackson Editores

4ª Edición 1962

## AIR TRANSPORT.

R. Dixon Speas, John J. Casey and Leroy Simpson.

Collier's Encyclopedia.

1964.

## APUNTES DE PLANEACION.

Jorge A. Hinojosa Pérez.

Facultad de Ingeniería, UNAM.

Junio 1985.

## CURSO INICIAL DE CARGA LOCAL.

Departamento de Administración Comercial y Admiva.

Aeronaves de México, S.A.

## DYNAMIC PROGRAMMING AND THE CAPITAL ALLOCATION PROBLEM.

Z. Ullmann

University microfilms, 1967.

**APPLIED DYNAMIC PROGRAMMING.**

Richard E Bellman and Dreyfus.

Princeton University Press

1962.

**ELEMENTOS DE PESO Y BALANCE.**

Ramón Villegas.

**FUNDAMENTAL STATISTICS FOR BUSINESS AND ECONOMICS.**

Allyn and Bacon inc.

Boston, 4th. Edition.

**METODO DE LOS SISTEMAS.**

Dr. Felipe Ochoa Rosso.

D-56, División de Estudios de Posgrado de la Facultad  
de Ingeniería. UNAM.

**NONLINEAR AND DYNAMIC PROGRAMMING.**

Hadley.

Addison Wesley publishing co.

1964.

**ORGANIZATIONAL PLANNING AND CONTROL SYSTEMS.**

James C. Emery.

The Macmillan Company

third edition.

**STATISTICS FOR BUSINESS DECISIONS.****Kurnow-Glasser-Ottman.****SYSTEMS ANALYSIS.****Mac Millan and González.****VUELO.****H. Gyford Stever, James J. Haggerty.****Colección Time Life.****1979.**