

151
24



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO**

FACULTAD DE INGENIERIA

**"PROYECTO EJECUTIVO DE UN
AEROPUERTO"**

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE

INGENIERO CIVIL

PRESENTA

PEDRO ZAMORA ESTRADA

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

MEXICO, D.F.

MARZO DE 1991



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. |
|--|------|
| INTRODUCCION | 1 |
| CAPITULO I - PLANEACION | 3 |
| I.1 - Análisis de la demanda | 3 |
| I.2 - Oferta de Infraestructura | 9 |
| I.3 - Evaluación financiera y económica | 26 |
| CAPITULO II - PROYECTO | 32 |
| II.1 - Estudios Meteorológicos y Topográficos | 32 |
| II.2 - Proyecto Aeronáutico | 37 |
| II.3 - Proyecto Geométrico y Drenaje en Aeropuertos | 49 |
| II.4 - Diseño Estructural de pistas, rodajes y plataformas | 55 |
| II.5 - Proyecto de Instalaciones Industriales | 71 |
| II.6 - Proyecto de Ayudas Visuales | 78 |
| II.7 - Proyecto Arquitectónico | 87 |
| CAPITULO III - CONSTRUCCION | 95 |
| III.1 - Procedimiento constructivo de aeropuertos | 96 |
| III.2 - Reconstrucción de aeropuertos | 113 |
| III.3 - Construcción de edificaciones | 116 |
| III.4 - Construcción de Instalaciones Industriales | 121 |
| III.5 - Control de obra y Control de Calidad | 129 |
| CAPITULO IV - ASPECTOS LEGALES Y ECONOMICOS DE LA OBRA | 136 |
| CONCLUSIONES | 144 |
| BIBLIOGRAFIA | 147 |

I N T R O D U C C I O N

Desde las épocas más antiguas, volar ha sido una de las aspiraciones más grandes del ser humano.

En un principio, ésto era sólo imaginable por soñadores de lo imposible, pero hoy en día, con todos los adelantos de la tecnología, el volar de un lugar a otro se ha convertido prácticamente en una rutina en nuestras vidas.

Pues sí, la aviación es el campo que más se ha desarrollado dentro de los Sistemas de Transporte y además, presenta todavía grandes perspectivas de desarrollo.

Y junto con el progreso de las aeronaves, sus terminales, es decir, los aeropuertos, han ido evolucionando también, para adaptarse a los requerimientos, en cuanto a instalaciones y servicios, necesarios para su buen funcionamiento.

México no se ha quedado atrás en este sentido, y cuenta con una red aeroportuaria adecuada a su nivel de desarrollo.

En 1965, fue creado en nuestro país, Aeropuertos y Servicios Auxiliares (ASA), organismo encargado de la administración, operación, servicio y mantenimiento de los aeropuertos en México.

Hoy en día, y bajo la premisa de que modernizar es ampliar y mejorar la infraestructura, aprovechando las mejores opciones de financiamiento y tecnología de que dispone el país, ASA ha incorporado las funciones de planeación, proyecto, construcción y ampliación de aeropuertos, que

anteriormente correspondía a la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT).

Y es éste precisamente, el tema del cual nos ocuparemos en esta tesis, la Planeación, Proyecto y Construcción de Aeropuertos.

En los capítulos que la integran, se intentará presentar, de una manera general, los aspectos más importantes que conforman cada uno de los temas antes mencionados.

Así hablaremos de la Planeación, desde su análisis de demanda hasta su evaluación, que nos determinará la factibilidad de llevar a cabo la infraestructura propuesta.

En el Proyecto se presentarán los diferentes estudios y proyectos necesarios para la ejecución de dicha infraestructura aeroportuaria.

En la Construcción, se explicarán de manera general los procesos constructivos de diferentes áreas del aeropuerto, haciendo referencia también al control de obra y de calidad, necesarios en toda obra civil.

Finalmente se darán algunos tópicos importantes sobre los aspectos legales que participan en la obra.

De este modo, se pretende mostrar como el Ingeniero Civil puede desarrollarse dentro del campo de los Sistemas de Transporte, más concretamente los aeropuertos, a mi modo de ver, una de las obras más completas de la Ingeniería Civil, y la participación, que tiene en los procesos de Planeación, Proyecto y Construcción, que llevan a la realización de obras para beneficio del hombre.

C A P I T U L O I

PLANEACION

Para poder interpretar correctamente el proceso de planeación de aeropuertos, es conveniente saber lo que dicha palabra significa.

Por planeación podemos entender al proceso que en el presente prevé las necesidades futuras, e indica los medios y forma más adecuada de satisfacerlos.

Partiendo de ésta base, nos podemos dar cuenta que la planeación es parte fundamental en la realización de cualquier proyecto.

Retomando un poco el objetivo de esta tesis, es importante señalar la intervención que el Ingeniero Civil tiene en la planeación de aeropuertos, desde la interpretación de los análisis de demanda, en los que también participa, así como en el estudio de la oferta de infraestructura aeroportuaria, y finalmente en la evaluación financiera y económica del proyecto, todo con el fin de tomar la decisión de aprobar o no dicho proyecto.

En el presente capítulo se muestra, de manera general, la secuencia de la planeación con los elementos más importantes que conforman cada una de sus partes.

1.1 ANALISIS DE LA DEMANDA.

Para poder empezar a proyectar un aeropuerto debemos contar con datos comprobados, basados en estudios realizados. Uno de ellos, que

además es de los más importantes, es el referente al análisis de la demanda, por la sencilla razón de que no podemos construir, o sin ir tan lejos, proyectar un aeropuerto, sin saber a cuanta gente movilizará, qué tanta carga se manejará, cuántas líneas aéreas incluirán a nuestro aeropuerto en sus rutas, etc. Por todo esto es muy importante analizar la demanda del tráfico aéreo, y así realizar una planeación adecuada que nos lleve a que el proyecto y construcción del aeropuerto sea factible y acorde a las necesidades de la zona.

Es importante mencionar que en planificación aeroportuaria, así como en la planificación de otros sistemas de transporte, la demanda está muy relacionada con el concepto de "capacidad"; además, en algunos casos, la capacidad dependerá del "nivel de servicio" o calidad del servicio; esto significa que la capacidad estará también en función del grado de comodidad que se quiera dar al usuario. Para hacer un análisis de "capacidad" de aeropuertos, se deberán tomar en cuenta los siguientes elementos:

- a) El volumen de la demanda esperada y el período durante el cual se pretende satisfacerla;
- b) El nivel de calidad de servicio que se pretende ofrecer al usuario; y
- c) El equilibrio entre las capacidades propias de cada uno de los sistemas y subsistemas del aeropuerto.

En relación al primer punto, es necesario resaltar la importancia de una metodología adecuada, para conocer los intervalos de variación de la demanda esperada. Esto siempre ha representado un problema para los Ingenieros que planifican, ya que la predicción de la demanda requiere de muchas suposiciones, que conducen a que los resultados sean siempre

aproximados.

Uno de los métodos comúnmente utilizados para definir, dentro de la demanda esperada, el número anual de pasajeros nacionales comerciales, es el que se basa en el estudio de las relaciones telefónicas entre las localidades del área de influencia y el resto del país. Al hablar sobre el segundo punto, relacionado con el nivel de calidad de servicio, se debe destacar que si bien existen algunos elementos dentro del sistema aeroportuario, que pueden operar de acuerdo a diversas normas de calidad, hay otros que deben sujetarse a normas estrictas y en los que cualquier variación en la calidad puede representar riesgo en la seguridad de los usuarios.

El tercer punto que habla sobre el equilibrio entre los sistemas y subsistemas del aeropuerto, tiene una gran importancia, ya que existen algunas instalaciones que tienen una capacidad determinada, mientras que otras tendrán la capacidad acorde al dimensionamiento que se les dé. Como ejemplo podríamos ver que una pista tendrá las mismas características (para el mismo tipo de avión) si se presenta una operación a la semana o 10 operaciones por hora, mientras que otras instalaciones como plataformas, rodajes, edificios, terminales, estacionamientos y zonas de almacenamiento o combustibles pueden dimensionarse de acuerdo a la demanda esperada.

Una vez que se tienen considerados los puntos anteriores, podemos empezar a ver si es conveniente la construcción del aeropuerto. En el caso de México, nuestro país, debemos tomar en cuenta que requiere para su desarrollo, de un adecuado sistema sistema aeroportuario que promueva la integración económica del mismo. Pero esto no significa hacer aeropuertos en todas las ciudades del país, sino sólo aquellos que se justifiquen, es

dejar, que mantengan un equilibrio entre la inversión realizada y el grado de utilización de las instalaciones aeroportuarias.

Para lograr lo anterior deben realizarse los estudios de factibilidad, en los cuales se determinan los beneficios que en forma indirecta se puedan derivar a la comunidad, como incremento de turismo, mayor producción y generación de empleos. También por medio de estos estudios se puede determinar el número de viajes generado y el equipo necesario para satisfacerlos, lo que se compara con la disponibilidad y previsiones que en materia de equipo de vuelo tengan las empresas, con objeto de verificar si ese aeropuerto podrá ser explotado comercialmente.

Los estudios de factibilidad, tanto en aeropuertos como en otros proyectos, tienen tres fases fundamentales:

-FASE I- Demanda de transporte aéreo.

Deben definirse todos los parámetros de la demanda, como pasajeros, operaciones, carga, tanto en forma anual como para hora crítica. Con esto se puede definir la Fase II.

-FASE II- Oferta de infraestructura.

A partir de los elementos anteriores, se puede definir la evolución de la infraestructura, conforme transcurre el tiempo y de esta manera realizar un calendario de inversiones. Teniendo todo lo anterior se podrá analizar la Fase III.

-FASE III- Factibilidad.

Aquí se estudia el impacto regional y nacional, adoptando puntos de vista relativos a transportistas, usuarios, gerencia de aeropuertos, etc., y

tratando de juzgar esos puntos de vista en función de criterios simples, que permitan una comparación de un estudio con otro, lo que constituyen los indicadores de factibilidad.

Para realizar un proceso de planificación, en cuanto al análisis de la demanda, podemos dividirlo en varias partes:

A) Analizar los antecedentes, utilizando como base los datos estadísticos.

En el caso de los aeropuertos, estas estadísticas se refieren a pasajeros movidos, operaciones anuales, número de aterrizajes y despegues, carga movida en toneladas, y algunos otros datos adicionales. El estudio de estas características debe incluir el establecimiento de tasas de crecimiento anual, así como algunas otras relaciones importantes.

B) Debido a que al planificar debemos pensar a futuro, una vez que se han analizado los datos, se establecen las proyecciones futuras con base en las tasas de crecimiento, definidas por las estadísticas.

Será necesario tomar en cuenta cierta información adicional, para determinar si se pueden continuar utilizando las mismas tasas de crecimiento, obtenidas a partir de las estadísticas, o si deben ser modificadas. Algunos de los factores que nos pueden llevar a esta modificación son, por ejemplo, el desarrollo económico de la región a la cual sirve el aeropuerto, el desarrollo demográfico, el desarrollo turístico, etc.

El número de pasajeros anuales que se mueve en el aeropuerto, es el punto de partida para las proyecciones, ya que constituye el factor que permite ser proyectado a futuro con mayor facilidad, además de ser el

que más se acerca a la realidad. Existen algunos otros datos como las operaciones anuales, el movimiento de carga, etc., que son afectados por un mayor número de factores como los cambios en el equipo de vuelo, desarrollos industriales que modifican el movimiento de carga, y algunos otros.

Es por ello que para proyectar el número anual de operaciones, se debe primero fijar la relación de ocupación de los aviones, es decir, el número de pasajeros por avión; en seguida tomar en cuenta las tendencias y cambios del equipo de vuelo y posteriormente proyectar esta ocupación al futuro. Después, con esta relación de ocupación y los pasajeros anuales, se podrá determinar el número de operaciones cada año.

En forma similar se realiza la proyección a futuro para movimiento de carga aérea.

- C) Las estadísticas y sus proyecciones servirán para obtener lo que se puede llamar "parámetros de proyecto" y sus tendencias, cifras que permitan definir la magnitud de los diferentes elementos del aeropuerto, mediante concentraciones máximas frecuentes, tales como posiciones simultáneas de aviones estacionados en plataforma y su tipo, número máximo de pasajeros horarios nacionales de salida y llegada, máximo horario de pasajeros internacionales de salida y llegada, número de vehículos en estacionamientos, etc.

Al decir concentraciones máximas frecuentes se quiere indicar que se trata de valores máximos horarios, que se presentan alrededor de 100 a 150 veces al año. Se pueden descartar valores máximos mayores pero que se presentan con menor frecuencia y sólo producen congestionamientos controlables y admisibles en los aeropuertos.

También se requiere la proyección de estos parámetros, de modo que se pueda definir la magnitud de cada uno de los elementos integrantes del aeropuerto en cualquier momento futuro y con esto fijar las etapas de desarrollo del conjunto de elementos que constituyen la terminal aérea.

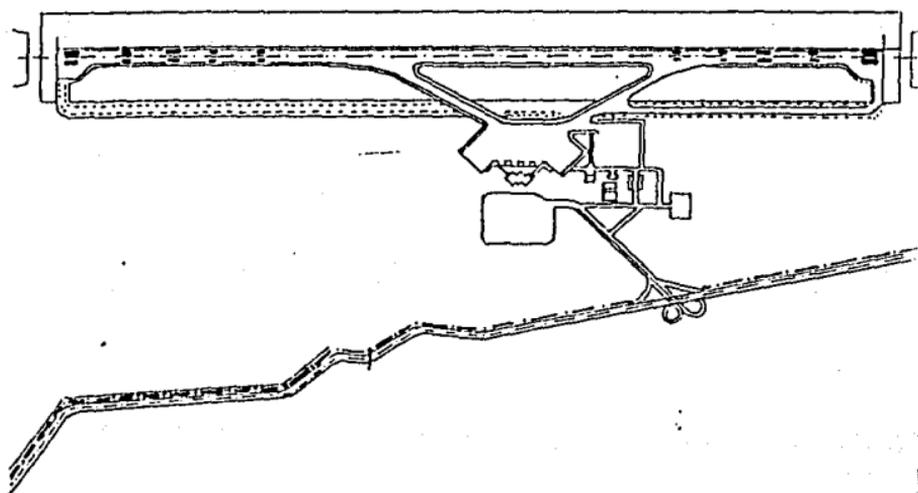
Una vez que se ha definido la magnitud y etapas de desarrollo de este conjunto de elementos, se podrá establecer el Plan Maestro del aeropuerto, es decir, el plano que regulará su crecimiento.

El Plan Maestro debe fijar lugar para cada elemento y contemplar sus perspectivas de ampliación conforme se requiera. De este modo, debe preverse del espacio suficiente para dar cabida al número de pistas requerido al presente, o bien adicionales futuras, además de tomar en cuenta las prolongaciones que pueda necesitar por el advenimiento de nuevos aviones. También debe considerarse el espacio para el edificio de servicio público y zonas para su crecimiento. Hay que considerar además todos los elementos con los que debe contar un aeropuerto y ubicarlo en la mejor situación, de manera que constituyan un sistema que funcione en forma armónica y eficiente. En la figura 1 se puede observar el esquema del Plan Maestro de un aeropuerto.

1.2 OFERTA DE INFRAESTRUCTURA.

Una vez que se ha definido la demanda de transporte aéreo, se procederá a calcular la infraestructura aeroportuaria necesaria para satisfacer dicha demanda.

Lo anterior no puede realizarse sin haber definido con anterioridad las condiciones locales (meteorología, topografía, geología, etc.), o incluso sin haber descrito la situación actual en el caso de aeropuertos ya



ESCALA GRAFICA
0 50 100 200 METROS

Fig. 1 Plan maestro del aeropuerto de Bahías de Huatulco

existentes.

Cuando ya se han definido los datos físicos básicos, se puede entonces dimensionar cada elemento del aeropuerto y agruparlo en el Plan Maestro del mismo.

En esta parte del primer capítulo, se pretende dar a conocer en forma global la disposición, dimensiones y características particulares de la infraestructura aeroportuaria, así como mostrar la secuencia lógica de planificación del aeropuerto.

En forma adicional a la planificación particular de un aeropuerto, es necesario considerar otros factores a nivel de la red aeroportuaria nacional, que tienen influencia en el desarrollo de un aeropuerto, como las rutas regionales, troncales e internacionales, así como el área de influencia, las perspectivas de población, la actividad económica de la región y algunos otros.

Como se había mencionado anteriormente, para lograr que la infraestructura aeroportuaria se desarrolle en forma controlada se elabora el Plan Maestro, cuyos principales objetivos son: planificar oportuna y cuidadosamente las ampliaciones de las instalaciones, garantizar mejores y adecuados servicios que permitan satisfacer la demanda de los usuarios, restringir el crecimiento urbano cuidando las áreas de aproximaciones y despegues con el fin de tener un espacio aéreo libre de obstáculos, y por último, prever reservas de terrenos para futuras ampliaciones.

En la planificación de un aeropuerto se deben considerar también dos factores que son de primordial importancia y que además se encuentran estrechamente ligados entre sí: por un lado el aeropuerto debe contar con

instalaciones que atiendan en forma segura y eficiente la demanda de tráfico aéreo; requiere buenas comunicaciones por tierra y estar dotado de un sistema interno para la atención de los pasajeros, equipaje y carga; además debe contar con zonas de mantenimiento, control de tráfico aéreo y protección contra incendios, así como su propia administración y la de las líneas aéreas y concesionarios.

Por otro lado, debe también tomarse en cuenta, que el servicio aéreo tiene repercusiones directas sobre los alrededores del aeropuerto, siendo de gran importancia el efecto sobre la población por contaminación y el derivado como consecuencia del impacto económico en la región.

La planificación de un aeropuerto se logra a través de un equipo profesional interdisciplinario, que abarca entre otros a ingenieros, arquitectos, economistas, sociólogos, urbanistas y ecólogos, los que en base a la demanda de actividad aérea, definen el futuro desarrollo del aeropuerto y su entorno.

Un aeropuerto puede contener desde las más elementales instalaciones como pista, calle de rodaje, plataforma, caseta para equipo de radio y oficina, estacionamiento, caminos de acceso y cono de vientos o ser un gran complejo aeroportuario.

Para poder entender mejor los elementos que forman un aeropuerto, se han desglosado y agrupado en siete zonas principales, que son:

1.- Zona de operaciones

Esta zona esta destinada al movimiento exclusivo de las aeronaves, y permite la realización de operaciones de aterrizaje y despegue, así como la circulación de los aviones sobre la zona. Comprende los

siguientes elementos:

* Pista

- Única
- Paralela
- Convergentes

* Calles de Rodajes

- Perpendiculares
- Paralelas
- Salidas de Alta Velocidad

* Ayudas visuales

- Sistema visual indicador de pendiente de aproximación (VASIS)
- Luz indicadora de alineamiento de pista (PAIL)
- Luces indicadoras de extremo de pista (REIL)
- Faro giratorio
- Cono de vientos
- Luces de aproximación
- Luces de borde en pista, calles de rodaje y plataformas

* Radio ayudas

- Control de tránsito aéreo (torre de control)
- Radio faro omnidireccional (VOR)
- Equipo de radio telemétrico (DME)
- Sistema de aterrizaje por instrumentos (ILS)
- Sistema de aterrizaje por microondas (MLS)
- Radar

2.- Zona terminal para pasajeros de aviación comercial.

En esta zona se da atención a los usuarios de los vuelos en itinerario, y cuando es necesario a los de vuelos fuera de itinerario (Charter).

Sus elementos son:

- Plataforma
- Edificio terminal
- Estacionamiento para automóviles

3.- Zona terminal para pasajeros de aviación general.

En esta zona se da atención a pasajeros de aviación privada y a compañías comerciales regionales con vuelos de corto alcance.

Comprende los siguientes elementos:

- Plataformas
- Hangares
- Estacionamiento para automóviles,
y cuando la demanda lo requiera, un edificio terminal.

4.- Zona de servicio de apoyo a las operaciones.

En esta zona se localizan las instalaciones como:

- Torre de control
- Edificio anexo (oficinas)
- Edificio anexo (máquinas)
- Cuerpo de rescate y extinción de incendios (CREI)
- Mantenimiento y construcción del aeropuerto
- Oficinas de apoyo a la operación
- Servicios a plataforma
- Bodegas de las compañías aéreas
- Antenas para radio-comunicación
- Mantenimiento del equipo de apoyo
- Almacenamiento de combustibles

5.- Zona de manejo y carga.

En esta zona se procesa y da servicio a la carga de mayor volumen y dependiendo de su origen, nacional o internacional, se cuenta con instalaciones para la aduana. Sus elementos son:

- Plataforma
- Bodega
- Patio de maniobras
- Estacionamiento

6.- Zona para base de mantenimiento de aeronaves.

Con el fin de dar mantenimiento a las aeronaves de las compañías aéreas que operan en los aeropuertos y en donde la intensa actividad del mismo justifica concentrar a la mayoría de la flota, se construyen:

- Plataforma
- Hangares
- Talleres
- Oficinas
- Estacionamientos

7.- Zona presidencial.

Esta zona se justifica sólo en aquellos aeropuertos en donde la ciudad es sede de los poderes, es decir, en donde al radicar el Presidente de un país, tiene tal actividad, que de no existir estas instalaciones por cuestiones de seguridad, paralizaría continuamente el aeropuerto.

Esta zona comprende:

- Plataforma
- Hangares

- Oficinas
- Salón Oficial
- Estacionamientos

Una parte importante, dentro de la oferta de infraestructura, es lo referente a las normas que dimensionarán dicha infraestructura aeroportuaria. Como no es mi objetivo en esta tesis saturar de datos estadísticos, fórmulas, tablas, etc., presentaré, de manera general, los aspectos más importantes que intervienen dentro del dimensionamiento de la infraestructura aeroportuaria.

Para lograr un dimensionamiento adecuado, que redunde en un correcto funcionamiento del aeropuerto, debemos empezar por fijarnos en los diferentes tipos que harán uso de la infraestructura, ya que en base a su tamaño, peso, alcance, capacidad, etc., se dimensionarán los elementos más importantes del aeropuerto: pistas, plataformas y rodajes.

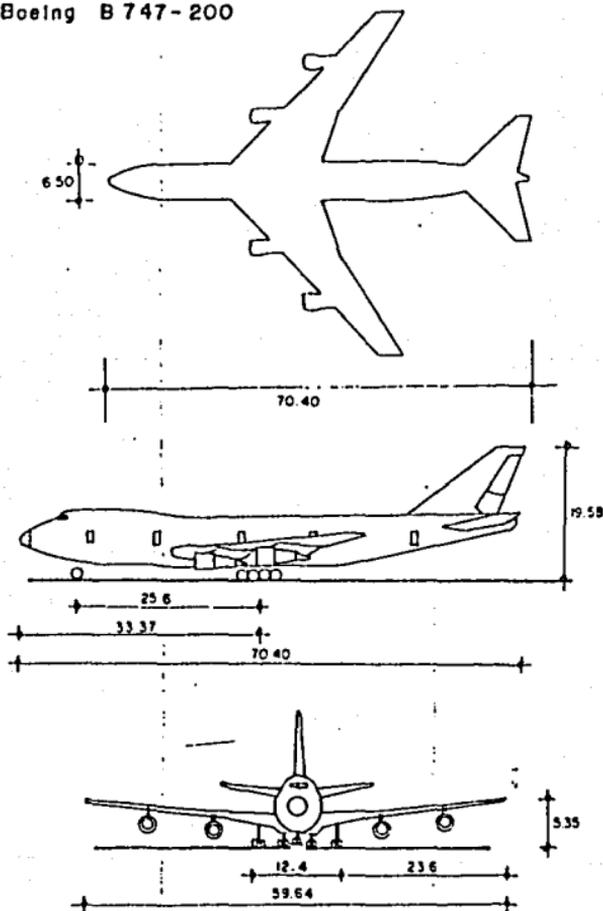
Para el diseño de la zona aeronáutica existen normas establecidas por la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI). Dichas normas operan en la gran mayoría de los países del Mundo, y, basan sus especificaciones en las características de los aviones. Un ejemplo se observa en la figura 2.

Para cada una de las normas existen tablas en las que se indican las recomendaciones a seguir. Dentro de dichas normas se encuentran:

- a) Clave de referencia de aeródromos.

Para esta clasificación se toman en cuenta la longitud de pista (1,2,3,4), y características propias del avión, como envergadura y ancho del tren de aterrizaje principal (A,B,C,D,E). (Tabla 1).

Boeing B 747-200



| | ACCIONES | .. | .. |
|---------------------------------|----------|------|------|
| PESO MAXIMO EN PLATAFORMA | 332 | 900 | Kg |
| PESO MAXIMO DE ATERRIZAJE | 255 | 826 | Kg |
| PESO MAXIMO DE DESPEGUE | 351 | 840 | Kg |
| NUMERO DE ASIENTOS | | 336 | |
| CAPACIDAD DE COMBUSTIBLE | 51 | 000 | l |
| LONGITUD DE PISTA DE DESPEGUE | | 3200 | m |
| LONGITUD DE PISTA DE ATERRIZAJE | | 2033 | m |
| VELOCIDAD MAXIMA | | 926 | Km/h |

Fig 2 Especificaciones y caracteristicas del Boeing B 747-200

Tabla 1 Clave de referencia de aeródromos

| Elemento 1 de la clave | | Elemento 2 de la clave | | |
|------------------------|--|------------------------|-----------------------------------|---|
| Num. de clave | Longitud de campo de referencia de avión | Letra de clave | Envergadura | Anchura exterior entre ruedas del tren de aterrizaje principal. |
| 1 | Menos de 800 m | A | Hasta 15 m (exclusive) | Hasta 4.5 m (exclusive) |
| 2 | Desde 800 m hasta 1200 m (exclusive) | B | Desde 15 m (exclusive) | Desde 4.5 m hasta 6 m (exclusive) |
| 3 | Desde 1200 m hasta 1800 m (exclusive) | C | Desde 24 m hasta 36 m (exclusive) | Desde 6 m hasta 9 m (exclusive) |
| 4 | Desde 1800 m en adelante | D | Desde 36 m hasta 52 m (exclusive) | Desde 9 m hasta 14 m (exclusive) |
| | | E | Desde 52 m hasta 60 m (exclusive) | Desde 9 m hasta 14 m (exclusive) |

b) Anchura de pistas.

Esta reglamentación se basa en las claves anteriores de longitud de pista y características del avión. Para cada combinación existe un ancho determinado, siendo el mínimo de 18 m. para la condición 1A y el máximo de 45 m. para la condición 4E.

c) Separación entre pistas paralelas.

Se hace en base a la clave de longitud de pista, y varía entre 120 y 210 m. Para condiciones meteorológicas de vuelo visual.

Cuando existan operaciones simultáneas por instrumentos, la separación será de 1350 m.

d) Separación entre calles de rodaje

La anchura de las calles de rodaje esta también dimensionada en base a las características del avión, y las distancias mínimas de separación entre dichos rodajes se especifican en tablas que involucran tanto el ancho de las calles, como la longitud de pista.

Estas distancias pueden variar cuando se trate de una calle de rodaje que sea acceso a un puesto de estacionamiento.

e) Márgenes de separación en las plataformas.

Para la separación entre una aeronave y otra, en plataformas, se toman en cuenta, como es lógico suponer, las características de los aviones (Envergadura y ancho del tren de aterrizaje). Esta separación varía entre 3 y 7.5m.

f) Dimensiones y pendientes de las superficies limitadoras de obstáculos

de pistas.

Estas normas se encuentran también en una tabla y tienen como objetivo definir las superficies libres de obstáculos, que garanticen la seguridad de los despegues y aterrizajes de las aeronaves.

Por la importancia que reviste dentro de la infraestructura aeroportuaria, es necesario hablar sobre la zona terminal del aeropuerto y la complejidad que presenta el conjunto plataforma-edificio-estacionamiento, con todos los servicios requeridos. En plataforma deben considerarse las operaciones de aeronaves, servicios prestados a las mismas e infraestructura de apoyo. El edificio terminal debe ser flexible en su desarrollo y así acoplarse a la demanda requerida con eficiencia en todos sus servicios. Finalmente el estacionamiento debe ser capaz de alojar los diversos tipos de transporte terrestre.

Existen cuatro tipos básicos de concepto de terminal, que son el concepto satélite y concepto transporte. (Ver figuras siguientes).

La elección del tipo de conceptos depende directamente de las necesidades del aeropuerto y muchas veces del gusto particular de los proyectistas.

En México tenemos ejemplos de cada uno de los conceptos los aeropuertos de Tijuana, Mazatlán y Mérida utilizan sistema tipo muelle o dedo; en la Ciudad de México, inicialmente lineal, en la actualidad vehicular y lineal; en el aeropuerto de Monterrey se tiene sistema satélite y en Guadalajara y Acapulco, sistema vehicular.

Una vez que hemos conocido las características de cada elemento que conforma la infraestructura aeroportuaria, tenemos que considerar los

factores que determinarán la localización del aeropuerto y que serán parte fundamental en el Plan de Desarrollo del mismo.

Dichos factores, a grandes rasgos, son los siguientes:

- * Tendencias en la expansión urbana.
- * Consideraciones de espacio aéreo y meteorológicas.
- * Ubicación de los centros generadores de usuarios y empleos.
- * Compatibilidad con otros aeropuertos.
- * Uso del suelo.
- * Posibilidad de disponer de amplias superficies.
- * Baja perturbación por ruidos a habitantes de la ciudad.
- * Reducción de riesgos potenciales.
- * Costo de terrenos.
- * Inversión en infraestructura para ligar el sitio con la ciudad.
- * Superficie reservada para el desarrollo del Plan Maestro.

Con ellos estamos listos para elaborar el Plan de Desarrollo del aeropuerto, en el cual se consideran muchos otros factores, principalmente, el análisis de la demanda pronosticada y la capacidad de las instalaciones.

También es importante detectar las tendencias de desarrollo urbano y su interacción con el desarrollo armónico del aeropuerto, para obtener mejores resultados, tanto en su actividad económica como en los asentamientos humanos.

Una vez definida la infraestructura aeroportuaria, se procederá a la evaluación financiera y económica del proyecto, ya que sólo así se podrá ver la posibilidad real existente para llevar al cabo el proyecto y la construcción del aeropuerto.

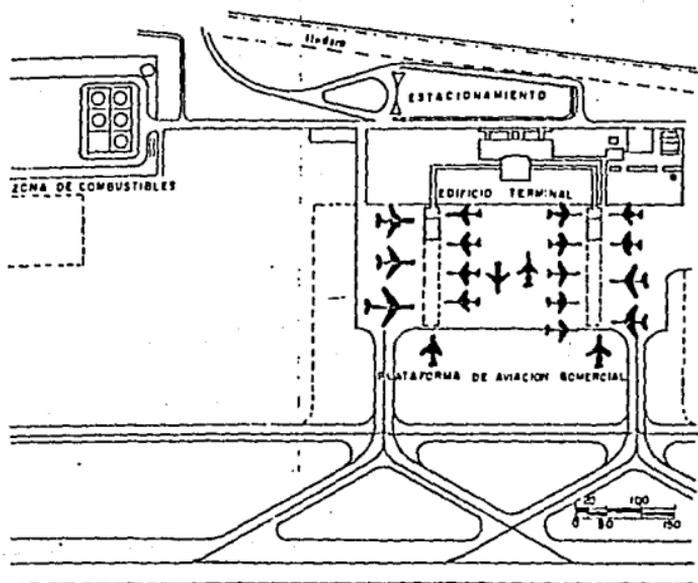


Fig 3 Concepto muelle o dedo

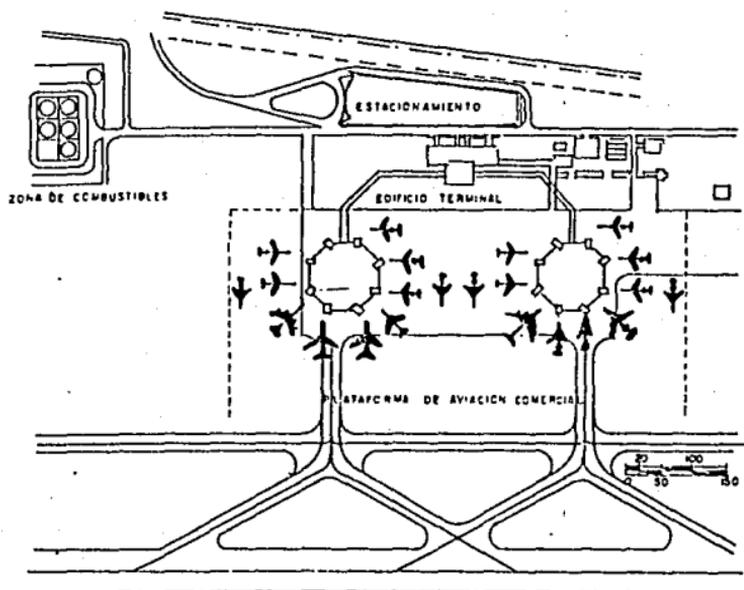


Fig. 5 Concepto satélite

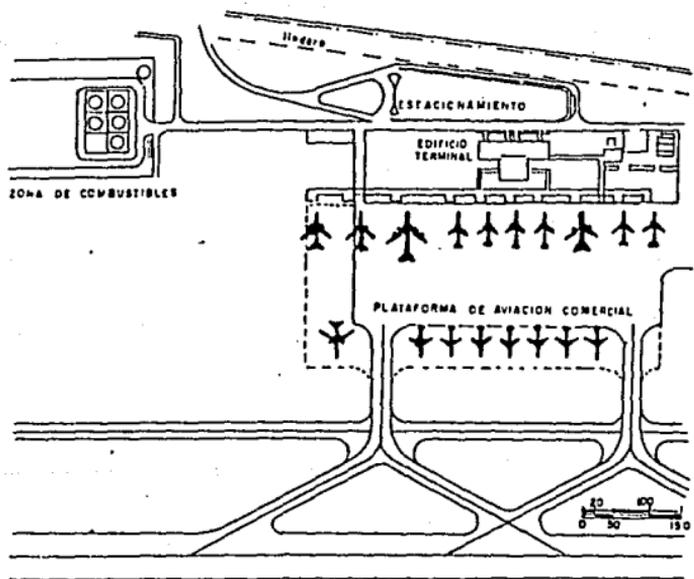


Fig. 6 Concepto transporte

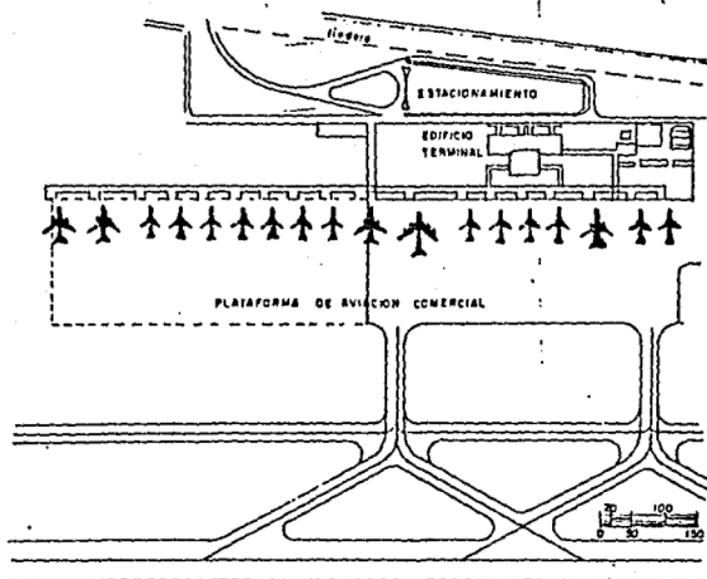


Fig. 4 Concepto lineal

1.3 EVALUACION FINANCIERA Y ECONOMICA.

Como se mencionó anteriormente, para que un proyecto de infraestructura aeroportuaria sea ejecutando físicamente, es decir, construído, deberá pasar por diferentes etapas de preparación, una de las cuales es la evaluación.

Por evaluación entendemos un proceso mediante el cual, se define y determinan las principales características físicas, económicas, financieras y sociales con las que se toma la decisión de aceptar o rechazar un proyecto.

Esta es una de las etapas más importantes y constituye la culminación del proceso de planeación.

Un aeropuerto es una obra pública que influye tanto en los hábitos de transporte de los usuarios, como en los habitantes de las zonas que se dará el servicio. Debido a ésto, y a que en nuestro país el Gobierno Federal se encarga de todo lo relativo a aeropuertos, desde su planeación, hasta su conservación, es necesario, además de un análisis de los aspectos técnicos y financieros, una revisión de los efectos socio-económicos que pueda tener sobre la región en particular y sobre el país en general.

Ahora hablaremos de evaluación financiera y económica, y a grandes rasgos podemos decir, que la diferencia entre ambas estriba en que la primera se refiere a ingresos y egresos derivados del proyecto, mientras que la segunda a los empleos generados por el mismo.

A) Evaluación Financiera.

Dentro de esta evaluación se pretende presentar, de manera sencilla,

determinación y análisis de las condiciones financieras del proyecto, le el punto de vista operador, entendiéndose por operador al conjunto de inismos tales como:

- * Aeropuertos y Sevicios Auxiliares (ASA)
- * Dirección General de Aeronáutica Civil (DGAC)
- * Servicios a la Navegación en el Espacio Aéreo Mexicano (SENEAM)

Ahora se procede a la determinación de los ingresos y egresos arados por el proyecto, para lo cual se requiere una base de datos sobre demanda de pasajeros, operaciones y carga, así como la capacidad de talaciones y equipo necesaria para satisfacer dicha demanda.

Ingresos.

Para la determinación de ingresos, una vez que se cuenta con los datos anteriores, se requiere determinar las fuentes de ingresos; algunos ejemplos son, los servicios por aterrizaje, los de rampa, venta de combustible, DUA, etc. Posteriormente se analiza la demanda esperada en cuanto a operaciones a pasajeros anuales, tanto nacionales como internacionales.

Finalmente se produce el cálculo de ingresos en base a las cuotas autorizadas por la Dirección General de Tarifas de la S.C.T.

Egresos.

Por egresos se entienden los gastos en que incurre el operador para poder ofrecer los servicios propios del aeropuerto.

Existen básicamente dos tipos de egresos: los egresos de operación los costos de inversión. En los primeros se incluye: equipos y bienes de operación, servicios personales, mantenimiento, conservación y gastos de

administración. Los segundos se refieren a las erogaciones efectuadas por concepto de la ejecución física de los trabajos. En este punto es importante mencionar que dichas erogaciones no se realizan en un año, sino que se distribuyen en los dos o tres que tarda la construcción del aeropuerto, de manera que la inversión se distribuye por etapas, dando prioridad a las instalaciones que en conjunto son necesarias para iniciar las operación del aeropuerto.

B) Evaluación Económica.

Una vez que se ha realizado la evaluación financiera, y a partir del resultado de su análisis, procedemos a la evaluación económica mediante la cual, se encontrarán los parámetros en base a los cuales se tomará la decisión de aprobar o rechazar el proyecto.

En esta evaluación se podrá cuantificar la aportación de recursos financieros, asignados a la ejecución del proyecto, así como los beneficios socio-económicos por generación de empleos, tanto eventuales como permanentes.

También será posible contabilizar la aportación al PIB regional y así determinar la relación beneficio-costos.

a) Empleos.

Para iniciar la evaluación, se analizan los diferentes empleos que se generan como consecuencia del proyecto, entre los que se encuentran:

1.- Empleos primarios directos:

- * Empleos generados durante la construcción.
- * Empleos generados por la puesta en operación.

- Empleos eventuales :

- * Mano de obra calificada.
- * Mano de obra no calificada.
- * Personal Técnico.

- Empleos permanentes:

- * ASA: personal que labora en la administración, conservación y mantenimiento del aeropuerto.
- * SENEAM: personal encargado de normal y controlar el tráfico aéreo del aeropuerto.

II.- Empleos primarios Indirectos:

- * Empleos generados en los comercios.
- * Empleos generados en líneas aéreas.

Retomando los empleos primarios directos, generados por la construcción del aeropuerto, diremos que éstos se calculan a partir de las inversiones que se destinan a cada concepto de construcción. Para los pronósticos de empleos de ASA, estarán en función del promedio diario de pasajeros comerciales y de un factor resultante de correlacionar ambas variables.

Para SANEAM, se ha determinado la presencia de dos personas como mínimo en el área de torre de control, y así proporcionar el servicio requerido de manera satisfactoria.

Respecto a los empleos primarios indirectos, se consideran en una proporción de 60% de los empleos primarios directos.

En cuanto a los secundarios directos, generados en los comercios, se toma en cuenta el gasto de los pasajeros no residentes en la región,

mientras que para líneas aéreas el número de empleos está en función directa de los pasajeros tratados en el aeropuerto.

Se podría hablar también de empleos secundarios indirectos, y serían los generados por los secundarios directos.

Finalmente, dentro de la evaluación, se puede evaluar la repercusión del proyecto en el PIB regional, a partir de los elementos previamente calculados .

Esto se logra mediante la suma de los siguientes factores:

- Inversiones del proyecto.
- Incremento del volumen de negocios de los comercios locales.
- Salarios pagados a los empleados permanentes, considerando sólo empleos directos.

Para considerar también los efectos indirectos se utilizan coeficientes multiplicadores, nacionales o regionales según sea el caso.

Debido a que el aeropuerto provoca, además de los efectos regionales, una repercusión económica en todo el país, es conveniente también estimar dichos efectos dentro del PIB nacional.

Con esto finalizamos la etapa de planeación, que, en forma secuencial, ha presentado un análisis de demanda, en base al cual, se ha establecido la oferta de infraestructura aeroportuaria.

Posteriormente se ha realizado la evaluación financiera y económica, que será una herramienta más, que, conjuntamente con los elementos antes descritos, servirá para tomar la decisión de aceptar o rechazar el proyecto del aeropuerto.

En el siguiente capítulo se analizan los elementos más importantes que conforman dicho proyecto.

C A P I T U L O I I

PROYECTO

Toda obra de Ingeniería civil pasa por cinco etapas principales, que forman un ciclo: planeación, proyecto, construcción, operación y mantenimiento.

Los aeropuertos no podrían quedar fuera de este ciclo, y por ello, después de haber analizado los diferentes conceptos que integran la planeación, hemos llegado a la etapa de proyecto, sin duda de las más importantes en el mencionado ciclo.

Sólo con la realización de un proyecto que se adapte, tanto a las necesidades presentes como futuras de la zona a la cual servirá construir un aeropuerto que sea eficiente y funcional en todos sus servicios.

La intervención del Ingeniero Civil es primordial en esta etapa de proyecto, y en el presente capítulo se ofrece un panorama general de los distintos elementos que en conjunto integran el proyecto aeroportuario.

II.1 ESTUDIOS METEOROLÓGICOS Y TOPOGRÁFICOS

Dentro de las muchas aplicaciones de la meteorología, la aeronáutica es uno de los campos que más requiere de las ciencias atmosféricas, ya que es precisamente en la atmósfera donde se desarrollan las actividades aéreas. Debido a la rápida evolución de las aeronaves y a la creciente demanda de servicios aéreos, las operaciones aéreas tienden a realizarse de

manera continua, la mayor parte del tiempo. Es por ello que la utilización de la meteorología juega un papel muy importante, y además de los servicios meteorológicos que se prestan en cada aeropuerto, muchas de las grandes compañías aéreas utilizan sus propios meteorólogos.

Pero volviendo a los estudios preliminares, que es lo que nos interesa para proyectar nuestro aeropuerto, es importante señalar que éstos deben contar con una densidad de datos lo más amplia posible, por lo cual, deben iniciarse con varios años de anticipación.

El estudio meteorológico para aeropuertos consiste básicamente en analizar los datos estadísticos de los fenómenos atmosféricos ocurridos en el lugar de estudio.

Los fenómenos más importantes que deben considerarse, para el caso de aeropuertos, son: viento, temperatura, lluvia, humedad, techo y visibilidad, cuyos datos deben ser recopilados en las estaciones meteorológicas previamente instaladas.

Más tarde, en el trabajo de gabinete, dichos datos se traducen a cifras y lenguaje comunes, luego se clasifican en forma estadística y posteriormente se analizan de acuerdo a normas establecidas, para conocer su magnitud, y consecuencias, en las partes que integrarán el aeropuerto que se proyecta.

A grandes rasgos, las condiciones meteorológicas que un aeropuerto debe reunir se pueden clasificar en tres partes:

- a) Condiciones climáticas generales de toda la zona.
- b) Condiciones generales de ubicación del aeropuerto.
- c) Condiciones específicas del lugar elegido para el aeropuerto.

El estudio de los aspectos climáticos de toda la zona, nos indican las condiciones de utilización de los diferentes probables lugares de ubicación del aeropuerto, dentro de la zona. En base a los datos obtenidos y a su correcta interpretación, se puede escoger el sitio más adecuado para el aeropuerto.

En cuanto a las condiciones generales de ubicación del aeropuerto, es conveniente considerar que muchas veces, pequeños cambios en la ubicación del mismo nos pueden conducir a mejorar las condiciones generales para, por ejemplo, evitar atravesar zonas de mala visibilidad debidas a la niebla, formadas por evaporación en zonas cercanas a ríos o lagunas. Las condiciones especiales del lugar elegido para el aeropuerto, se refieren a tratar de evitar, lo más posible, el ubicarlo en terrenos que, por su relieve, puedan modificar en parte la meteorología común a toda la zona, debido a cambios, en las condiciones de las capas de aire más bajas. Estos cambios pueden producir corrientes ascendentes y descendentes, que ponen en peligro las operaciones de aterrizaje y despegue de los aviones. Además, la variación en la dirección de los vientos alteraría la orientación de las pistas.

En cuanto a este último, la OACI especifica que las aeropistas deben orientarse de tal forma que los aviones puedan aterrizar al menos el 95% de las veces, sin que la componente de viento cruzado exceda la velocidad de 24 Km/h.

Para determinar la orientación de una pista que ofrezca la mayor cobertura de vientos, se utiliza la rosa de vientos. Un tipo simple de rosa consiste en barras que radian en varias direcciones de la brújula, y en la que cada una representa, a escala, el porcentaje del tiempo que el

viento sopla desde la dirección a la que apunta la barra.

La rosa de vientos puede utilizarse para determinar la máxima cobertura de vientos, para el diseño de una, dos o tres pistas con diferentes direcciones. También puede emplearse para verificar la cobertura de vientos para un diseño adaptado después de estudiar los obstáculos en aproximaciones y otros factores. (Ver figura 7).

Como complemento a los estudios meteorológicos, y con el fin de encontrar la mejor ubicación del aeropuerto, tenemos los estudios topográficos.

Antes de estudiar con detalle las posibles ubicaciones para un aeropuerto, el Ingeniero Civil debe reunir ciertos datos básicos, en los que se incluyen mapas topográficos, fotografías aéreas en pares estereoscópicos para estudiar relieves y cultivos, mapas y análisis disponibles de suelos, así como planes generales de desarrollo del área.

Con estos datos se pueden empezar a seleccionar las posibles ubicaciones para el aeropuerto y en las que se deben cumplir ciertas especificaciones. El área adecuada debe estar provista de tal modo, que pueda dar cabida a un aeropuerto del tipo requerido; estará determinada por la longitud y configuración de la pista y por las necesidades del área terminal. Un aeropuerto pequeño puede construirse en 20 a 40 hectáreas, mientras que un aeropuerto internacional puede cubrirse de 6 000 a 16 000 hectáreas.

Los terrenos del sitio escogido deberá ser relativamente planos, para evitar los costos excesivos de nivelación. Los terrenos elevados son preferibles a los bajos, ya que normalmente están libres de obstrucciones

en las zonas de aproximación; además están menos sujetos a neblinas, vientos erráticos y son más factibles de drenar.

Con todos estos elementos se puede ya tomar la decisión del sitio más apropiado para la ubicación del aeropuerto.

Una vez ubicado el lugar apropiado se realizan otros trabajos topográficos, entre los cuales se encuentran la nivelación del terreno y el levantamiento de poligonales.

Este último es de suma importancia, ya que en base a él se determina el azimut astronómico o en su defecto el rumbo astronómico calculado (RAC).

Para la navegación aérea, la determinación de azimut o rumbo que debe seguir la nave es una operación de rutina.

Otro punto importante es la determinación de azimut magnético con el cual designan las pistas, éste se verá más al detalle en los subcapítulos siguientes.

Con la ubicación apropiada y efectuados los estudios meteorológicos topográficos adecuados, podemos iniciar propiamente la etapa de proyecto.

Para ello iniciaremos con el Proyecto Aeronáutico en el siguiente apartado.

11. 2 PROYECTO AERONAUTICO

Después de todos los estudios previos que se han realizado, y contando con todos los elementos necesarios para definir la mejor ubicación del aeropuerto, podemos empezar a analizar cada uno de los elementos que lo constituyen.

En esta parte del capítulo de Proyecto de Aeropuertos, hablaremos sobre el Proyecto Aeronáutico. En él se definen los elementos que conforman la zona aeronáutica, constituida por las superficies que el avión utiliza en tierra para operar. A través de esta zona, se lleva a cabo la comunicación entre el transporte aéreo y el terrestre.

En forma general, podemos analizar el Proyecto Aeronáutico dividiéndolo en tres partes.

- a) Pistas
- b) Calles de rodaje
- c) Plataformas

A continuación, se hará una descripción de los elementos más importantes que intervienen en cada una de las partes mencionadas, y que conforman el Proyecto Aeronáutico de un Aeropuerto.

Como complemento es importante recordar, que las normas para diseño de la zona aeronáutica se encuentran en el primer capítulo, en el apartado de Oferta de Infraestructura.

a) PISTAS

Se define como pista el área rectangular libre de obstáculos, cuyo eje longitudinal coincide con el eje de un área de terreno de las mismas características, denominada franja, la cual se puede pavimentar permitiendo la adecuada operación de aeronaves. En realidad es una zona cuya función principal es el permitir que las aeronaves alcancen cierta velocidad necesaria para despegue, y para el frenaje al aterrizar. Debido a esto, es necesario que en el proyecto, de pistas se consideren las características física y operacionales de los aviones que van a utilizarlas.

- Orientación.

Se hace atendiendo a:

- . Localización general del aeropuerto en una determinada zona y la disponibilidad del espacio aéreo;
- . Vientos dominantes en la región donde se contruye el aeropuerto.

- Números de Pistas.

Depende de :

- . Capacidad del aeropuerto;
- . Espacio aéreo disponible;
- . Orientación respecto a vientos dominantes.

- Longitud.

La longitud de una pista se calcula en base al avión crítico, para desarrollar una etapa sin escalas. Sin embargo, cabe hacer notar que no sólo se calcula una longitud de pista para una primera etapa, sino para la etapa final que contemple el plan maestro.

Se considera como longitud básica de pista aquella que requieren las aeronaves para operar en un sitio horizontal, al nivel del mar, con ciertas condiciones atmosféricas y con el viento en calma.

Para obtener la longitud real de pista se utilizan los procedimientos que marca la OACI, en los cuales, la longitud básica de pista es corregida en base a factores de temperatura, altitud y pendiente. También es posible encontrar la longitud real de pista en base a nomogramas. Para este fin, la Administración Federal de Aviación (FAA), ha elaborado una serie de gráficas basadas en las características físicas y operacionales de cada avión, así como las condiciones de operación en un determinado lugar.

El método usado actualmente en México para definir la longitud de pista es el segundo de los anteriormente mencionados. El progreso de la aviación es muy rápido, y por lo tanto, basarse en especificaciones fijas para la longitud de pista, no es conveniente. Al aparecer en el mercado un nuevo avión, éste presentará su manual en el cual se estará fijando la longitud que el mismo necesita para despegue y aterrizaje en la pista.

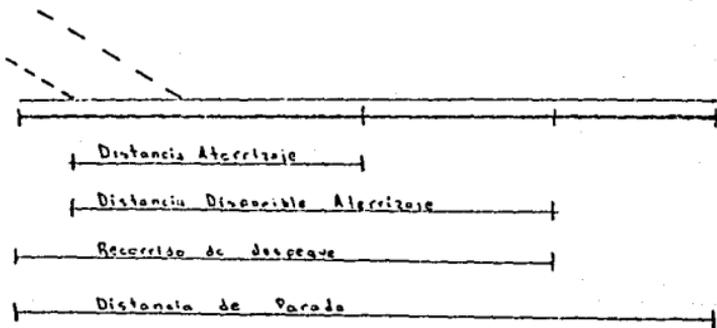
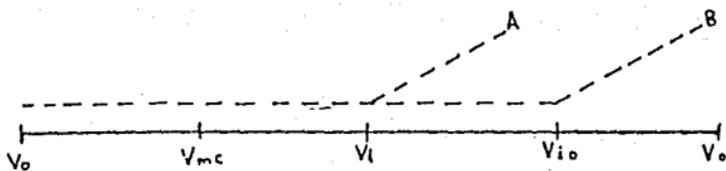
Para establecer esta longitud se utiliza la llamada "Pista Balanceada", que es aquella en la cual, en caso de falla de un motor, el avión llega a una velocidad de decisión en la que el piloto decide entre frenar y llegar a una velocidad nula al final de la pista, o bien, acelerar los otros motores para despegar, de tal manera que el avión pueda alcanzar su altura especificada en el umbral de la pista. (Ver figura 8).

En base a esto, el manual de cada avión contiene las especificaciones necesarias para que el avión pueda llegar a su destino, partiendo de un despegue correcto.

Como es lógico suponer, no se construye una pista para cada tipo de avión, ya que los requerimientos de cada uno son distintos, así como los de cada aeropuerto. Es por ello que, como se mencionó anteriormente, se analiza el avión crítico y las condiciones existentes del lugar, para llegar a la solución que debe ser óptima en el momento de hacerla, aunque se debe prever la necesidad de futuras ampliaciones en función del progreso de las aeronaves.

- Clasificación de Pistas.

. Principales, que son las que reúnen las mejores condiciones.



V_{mc} - Velocidad mínima de control

V_i - Velocidad de decisión

V_{io} - Velocidad de levantamiento

A - Despegue con todos los motores

B - Despegue fallando un motor

Fig. 8 - Pista Balanceada

. Secundarias, aquellas derivadas de una necesidad por el estudio de vientos.

Además pueden ser clasificadas en pistas para operación con Instrumentos, y en pistas para operación en condiciones visuales.

- Otras características de las pistas.

. Ancho: a pesar de que la clasificación de aeropuertos de la OACI no se usa estrictamente, los anchos de pista que propone se utilizan adaptándolos a las situaciones de cada aeropuerto.

Recordando lo descrito en el apartado 1.2, para aeropuertos grandes e importantes, el ancho de pista es de 60 m., para medianos de 45 m., y para los restantes de 30 m.

En los nuevos aeropuertos el ancho común será de 60 m. ya que el futuro de transportes aéreo así lo requiere.

En México, la mayoría de las pistas existentes son de 45 y 30 m., aunque en algunos aeropuertos de mayor importancia se tienen anchos de 60 m., como es el caso de Guadalajara, Tijuana, Cancún, Manzanillo y Zihuatanejo.

- Espesor.

Será en función al tipo de avión, frecuencia de operación y otros factores, que se verán más al detalle en el apartado de diseño estructural de pistas, rodaje y plataformas, un poco más adelante.

- Franjas de Seguridad.

Se consideran en función del tipo de operación prevista:

. Con Instrumentos, se requiere una franja de seguridad de 150 m., a

cada lado del eje de pista.
Para operación visual, se requiere 75 m. a cada lado del eje de la pista.

- Cabeceras .

Se denominan cabeceras de pista a los lugares donde comienza y termina la pista, en cualquier sentido en que se lo observe. Su designación se observa en la figura 9.

En los extremos de las cabeceras se encuentran las llamadas gotas, que son ampliaciones proyectadas para que el viraje de las aeronaves sea más rápido y eficiente.

- Pendientes.

Longitudinalmente, la pista tendrá una pendiente máxima en % entre extremos de la pista de 1.0 y parcial de 1.25 a 1.50 %.

b) CALLES DE RODAJE

La función principal de las calles de rodaje es proporcionar un equilibrio de las operaciones aeronáuticas entre pistas, plataformas y hangares de servicio. Un sistema de calles de rodaje deberá proyectarse para tener capacidad de acomodar el volumen de tráfico que requiera el aeropuerto.

Una rápida salida de las pistas, y un acceso fluido de las aeronaves, es el principal objetivo de un sistema de calles de rodaje, ya que de esto depende la capacidad de un aeropuerto.

Las calles de salida pueden formar ángulo agudo o recto con la pista. En el primer caso, la aeronave tiene que desacelerar hasta

velocidades muy bajas, antes de que pueda efectuar el viraje de salida, mientras que en el segundo caso, las aeronaves salen de la pista a altas velocidades, reduciéndose así en tiempo de ocupación de la pista y aumentando la capacidad de la misma.

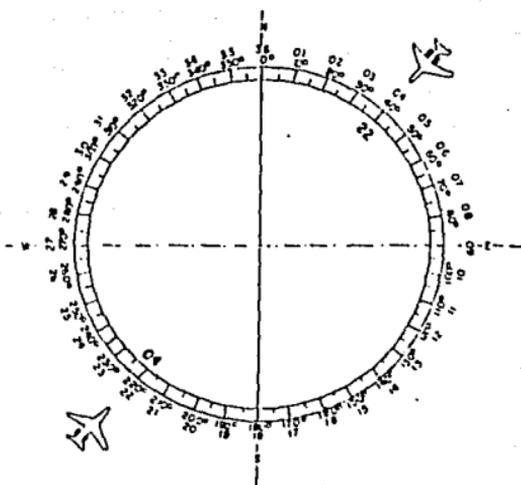
El número de calles de rodaje depende de la operación del aeropuerto, así como la longitud de las mismas. Habrá que estudiar la frecuencia de operaciones, y las posibilidades futuras del aeropuerto para definir las.

El espesor de las calles de rodaje estará también en función del tipo de avión, y se considera como una zona más crítica en el diseño del pavimento, ya que la baja velocidad a la que circulan los aviones por ellas, ocasiona una concentración mayor de carga en las mismas.

Se tendrá que respetar las zonas o franjas de seguridad. Además, en las calles de rodaje se permite curvaturas horizontales ya que el avión pasa por ellas a bajas velocidades.

Los requisitos relativos a las calles de rodaje en las plataformas en cuanto a franjas de seguridad, espesores, etc., son idénticos a los correspondientes a cualquier otro tipo de calle de rodaje. Lo mismo puede decirse con respecto a las calles de acceso al puesto de estacionamiento de aeronaves, con excepción de las siguientes consideraciones:

- a) La pendiente transversal de estas calles se rigen por la pendiente de la plataforma.
- b) No hay necesidad de que se incluyan estas calles en una franja de seguridad.
- c) Las distancias entre el eje de estas calles y un objeto, son menos



LA DESIGNACIÓN DE LAS CABEZERAS DE UNA PISTA DE SECALIA CON DOS DÍGITOS QUE INDICAN EL AZIMUT DIRECTO Y EL AZIMUT INVERSO RESPECTIVAMENTE, MEDIDOS A PARTIR DEL NORTE MAGNÉTICO. CADA DESIGNACIÓN SE HARA DE ACUERDO CON EL SENTIDO DE LA APROXIMACIÓN DEL AVIÓN, SI SE TIENE UNA PISTA 04-22, LA CABECERA 04 ESTARÁ EN EL TERCER CUADRANTE Y LA 22 EN EL PRIMERO.

FIG. 9 Designación de las cabezeras de las pistas

rigurosas que las aplicables a otros tipos de calles de rodaje.

Las pendientes transversales para pista y rodaje se observan en la figura 10.

c) PLATAFORMAS

La plataforma se define como un área destinada a dar cabida a las aeronaves, para fines de embarque o desembarque de pasajeros, correo o carga, reaprovisionamiento de combustible, estacionamiento o mantenimiento.

Las plataformas se clasifican de acuerdo con su posición y el servicio que prestan en:

- Plataforma de operaciones o terminal.

Es un área designada para las maniobras y estacionamiento de las aeronaves comerciales, y se encuentra situada junto a la terminal de pasajeros.

- Plataforma de avionetas o de aviación general.

Las aeronaves de la aviación general, utilizadas para vuelos de negocios o de carácter personal, necesitan estas plataformas para atender las distintas actividades de este tipo de servicio.

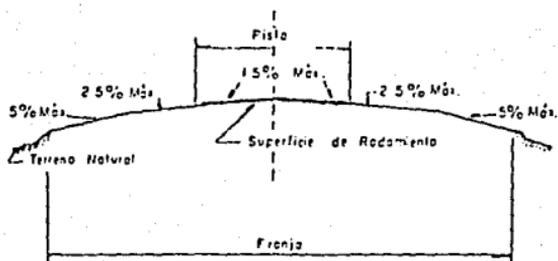
Existen otros tipos de plataformas, como son:

a) Plataformas de carga.

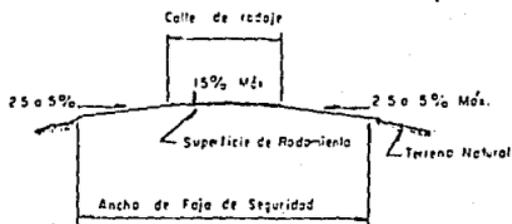
b) Plataformas de pernocta.

c) Plataformas de mantenimiento.

d) Plataformas para el estacionamiento de aeronaves que tienen su base en el aeropuerto.



1.- SECCION TRANSVERSAL DE PISTA



2.- SECCION TRANSVERSAL DE UNA CALLE DE RODAJE

Fig. 10 Pendientes Transversales

A pesar de las distintas finalidades de los diferentes tipos de plataformas, hay muchas características generales del proyecto relacionadas con la seguridad, eficacia, configuración geométrica y tecnología que son comunes a todos los tipos.

El diseño de una plataforma debe cumplir con los requisitos de seguridad relativos a las maniobras de las aeronaves, manteniendo los márgenes de separación establecidos y las pendientes necesarias para impedir la propagación de incendios en el caso que se infiamen el combustible vertido en el reabastecimiento. Con objeto de cumplir con este requisito y con las necesidades relativas al drenaje y maniobrabilidad de las aeronaves, las pendientes en las plataformas deben ser del 0.5% al 1.0%.

Cuando se lleve a cabo el proyecto de una plataforma se deberá tener en cuenta al ahorro de gases de las turbinas, por los efectos del calor extremo y de las velocidades del aire sobre las instalaciones adyacentes. La velocidad del chorro para comodidad individual y de utilización de vehículos tiene un límite de 56 Km/h.

Para este efecto, el documento "Características de la Aeronave", preparado por los fabricantes de los diferentes modelos de aviones, contiene la información relativa a las velocidades de los escapes de gases de los motores de reacción.

Con esto tenemos un panorama general de los elementos que integran la zona aeronáutica, y podemos seguir analizando los diferentes componentes del Proyecto de Aeropuertos.

En la figura 11 se presente un esquema que muestra pista, rodajes y plataformas.

A pesar de las distintas finalidades de los diferentes tipos de plataformas, hay muchas características generales del proyecto relacionadas con la seguridad, eficacia, configuración geométrica y tecnología que son comunes a todos los tipos.

El diseño de una plataforma debe cumplir con los requisitos de seguridad relativos a las maniobras de las aeronaves, manteniendo los márgenes de separación establecidos y las pendientes necesarias para impedir la propagación de incendios en el caso que se infiamo el combustible vertido en el reabastecimiento. Con objeto de cumplir con este requisito y con las necesidades relativas al drenaje y maniobrabilidad de las aeronaves, las pendientes en las plataformas deben ser del 0.5% al 1.0%.

Cuando se lleve a cabo el proyecto de una plataforma se deberá tener en cuenta al ahorro de gases de las turbinas, por los efectos del calor extremo y de las velocidades del aire sobre las instalaciones adyacentes. La velocidad del chorro para comodidad individual y de utilización de vehículos tiene un límite de 56 Km/h.

Para este efecto, el documento " Características de la Aeronave ", preparado por los fabricantes de los diferentes modelos de aviones, contiene la información relativa a las velocidades de los escapes de gases de los motores de reacción.

Con esto tenemos un panorama general de los elementos que integran la zona aeronáutica, y podemos seguir analizando los diferentes componentes del Proyecto de Aeropuertos.

En la figura 11 se presente un esquema que muestra pista, rodajes y plataformas.

11.3 PROYECTO GEOMÉTRICO Y DRENAJE DE AEROPUERTOS

El proyecto geométrico en un aeropuerto, se refiere a la determinación de las rasantes en los elementos de la zona aeronáutica y los caminos de acceso, y por el manejo de pendientes tiene una estrecha relación con el proyecto de drenaje del aeropuerto. Es por ello que se decidió analizar conjuntamente estos dos elementos del proyecto aeroportuario.

En primer lugar se analizará el proyecto de rasantes y en él se podrá ver la relación que guarda con el drenaje en un aeropuerto. Posteriormente se explicarán las características y especificaciones generales de las obras destinadas al manejo de aguas en el aeropuerto.

a) Proyecto de Rasantes.

El proyecto de una rasante consiste en determinar el alineamiento vertical del eje de pistas, rodajes, plataformas y caminos de acceso, el cual debe ajustarse a ciertas normas referentes a pendientes longitudinales.

Una pista tendrá una rasante ideal cuando su pendiente longitudinal sea nula, es decir, cuando esté contenida dentro de un plano horizontal; lo anterior podría lograrse pero a un costo excesivamente alto, en lo que a drenaje, y terracerías se refiere. Para hacer más económica la obra, que es el objetivo de todo proyecto de Ingeniería, se trata hasta donde sea posible de seguir la configuración del terreno natural en el sentido longitudinal, y transversalmente se dan pendientes que faciliten el drenaje del agua pluvial y se reduzca el volumen de las terracerías.

Las pendientes longitudinales recomendadas varían según el tipo de

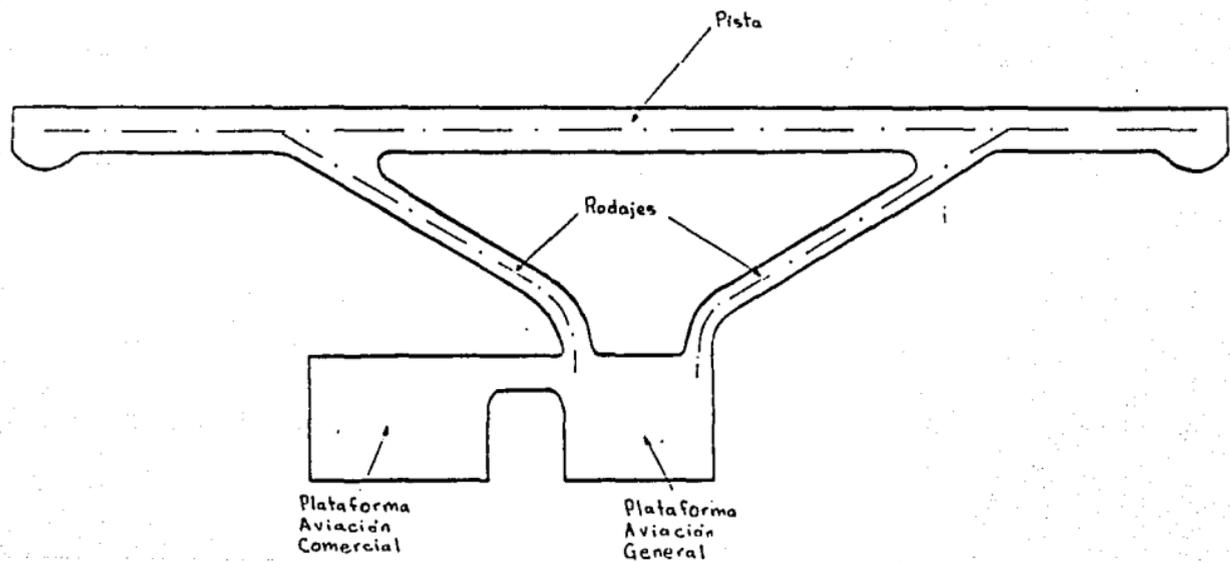


Fig. 11 - Elementos de la Zona Aeronáutica

pista de que se trate.

Se procura no tener fuertes pendientes para evitar columpios o crestas que ocasionen molestias a los pasajeros y daños a las aeronaves.

En las calles de rodaje, las pendientes fuertes tampoco deben existir, ya que con ello encarecen la operación de las aeronaves.

Se le llama pendiente efectiva, al cociente que resulta de dividir la máxima diferencia de alturas de una pista medida sobre el eje, entre la longitud de la misma. Este concepto se aprecia mejor en la figura 12.

Existe también una distancia mínima de 45 m. entre los cambios de pendientes para una pista, así como restricciones en la diferencia máxima de pendiente longitudinal, sin necesidad de curva vertical, que serán de 0.1% en 30 m. para pistas de 1.0% en 30 m. para calles de rodaje.

En las plataformas de cualquier tipo, se recomienda que la pendiente no exceda de 0.5% en cualquier sentido; esto es con objeto de que los tanques de combustibles de las aeronaves se llenen a toda su capacidad.

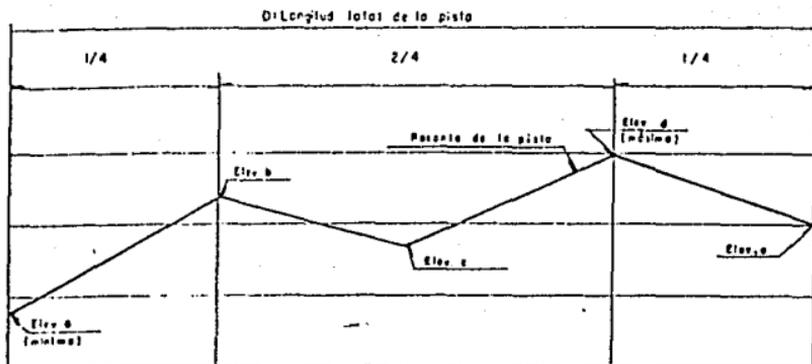
Se recomiendan los siguientes límites, para las pendientes longitudinales a lo largo de la porción de una franja de seguridad que habrá de nivelarse en una pista:

1.5 % para pistas con clave D o E

1.75% para pistas con clave C

2.0 % para pistas con clave A o B

Es importante mencionar, que en las llamadas transiciones que son zonas de cruces de pistas, cruces de pistas con rodajes, o bien, uniones de pistas con rodajes, se deben tener ciertas consideraciones.



PENDIENTE GENERAL

$$\frac{d-a}{D} \leq 1\% \text{ para pistas de clave de referencia de aeródromo E, D y C} \quad \frac{d-e}{D} \leq 2\% \text{ para pistas de clave de referencia de aeródromo A y B}$$

PENDIENTES PARCIALES LONGITUDINALES

1.25% máximo para pistas de claves E y D

1.50% máximo para pistas clave C

2.00% máximo para pistas de claves B y A

Para pistas de claves E, D y C la pendiente longitudinal no deberá ser mejor de 0.6% en el primer y último cuarto de su longitud.

Fig. 12 Pendientes de las pistas

Reciben ese nombre porque todos los cambios de pendiente que hay en esas zonas, se hacen gradualmente, con el objeto de evitar depresiones o topes que hagan peligrosa la operación de las aeronaves y ocasionen molestias a los pasajeros.

Finalmente, dentro del proyecto geométrico de rasantes, deben elaborarse planos de perfil longitudinal con cantidades de obra y movimiento de materiales. En esta etapa, se deben dibujar las secciones transversales de construcción de la pista, rodajes, plataforma y camino de acceso, con objeto de encontrar las áreas de cada sección, ya sea en corte o en terraplén.

b) Drenaje en Aeropuertos.

El sistema de drenaje de un aeropuerto tiene como principal objetivo eliminar, tanto los escurrimientos superficiales aportados por las lluvias, como el agua del subsuelo proviene de los subdrenes, dándoles salida al exterior del aeropuerto.

Para el drenaje de las pistas es común utilizar zanjas o canales de intercepción, paralelos a ambos lados de ellas, fuera de las franjas de seguridad y con sus ejes localizados a una distancia que varía entre 150 m y 75 m del eje de la pista, dependiendo del ancho de la misma.

Estas zanjas conducen los caudales fuera del área del aeropuerto, con pendientes longitudinales que se adaptan al terreno natural y a veces interceptando calles de rodamiento o las propias pistas, donde se requiere del uso de alcantarillas.

Para poder planear el drenaje de un aeropuerto se debe contar con cierta información obtenida con anterioridad, entre la cual se encuentran:

- Planos topográficos con escala 1:200 a 1:5000.
- Planos con perfiles y secciones transversales a lo largo del eje de las pistas, rodajes, plataformas, etc.
- Datos de precipitación pluvial en la zona y condiciones climáticas.
- Estudio de las características de los materiales que forman el subsuelo de la zona.

De manera general, podemos decir que el drenaje de un aeropuerto se divide en drenaje superficial y drenaje subterráneo. El primero a su vez se subdivide en longitudinal, que es el que incluye las zanjas, canales, contracanales, etc., y transversal, constituido por un bombeo usualmente del 4%. El drenaje subterráneo incluye alcantarillas, ductos y puentes.

El drenaje superficial se logra colectando el agua que escurre por la superficie en las tomas. Es necesario un sistema de tubos subterráneos para llevar el escurrimiento desde las tomas, y subdrenes hacia las salidas en las vías acuáticas. En áreas bajas, las aguas superficiales se drenan en ocasiones hacia zanjas o canales que corren alrededor del perímetro del aeropuerto, como se vió anteriormente.

En cuando al drenaje subterráneo, se obtiene haciendo uso de drenes interceptores y una capa base permeable, en forma similar al drenaje de autopistas. Algunos campos más chicos con pasto se drenan por medio de una red de subdrenes que cubren el área entera.

En los aeropuertos con pistas pavimentadas, los subdrenes están colocados normalmente a los lados de los bordes de pista, en donde las condiciones del suelo indiquen descender el nivel del agua del terreno.

En un plano se muestra la ubicación de canales, alcantarillas, subdrenos, tomas y tuberías de drenaje de agua pluvial, diseñadas para colectar la descarga.

El sistema debe ser tan directo como sea posible, con el fin de evitar las longitudes excesivas de tuberías; los cambios frecuentes en los tamaños de los tubos también deben evitarse.

También es conveniente minimizar los cruces de tuberías bajo las pistas.

Los tamaños de los tubos se calculan para dar cabida a la descarga de la tormenta de diseño, la cuál puede tomarse como la máxima esperada en un período de 2 a 10 años, según la gravedad del efecto que pueda tener una inundación mayor ocasional en la operación de los aviones.

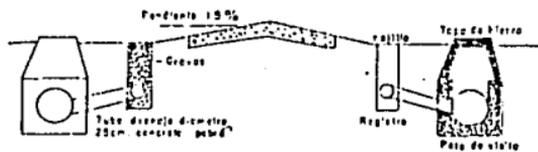
En las figuras siguientes se puede apreciar un tipo de drenaje utilizado, así como la ubicación de canales y alcantarillas en el aeropuerto.

II.4 DISEÑO ESTRUCTURAL DE PISTA, RODAJES Y PLATAFORMAS.

Ahora analizaremos uno de los puntos más importantes en el proyecto de aeropuertos: el diseño de pavimentos.

La correcta elección del tipo de pavimento, para cada una de las estructuras por las cuales transitarán los aviones, así como la calidad de los materiales utilizados, redundará en la seguridad de los usuarios y equipo de vuelo, y por tanto, en el buen funcionamiento del aeropuerto.

Es por ello que debemos tener especial cuidado en controlar la



CORTE TRANSVERSAL DE PISTA Y DRENES

Fig. 13 Drenaje en pistas

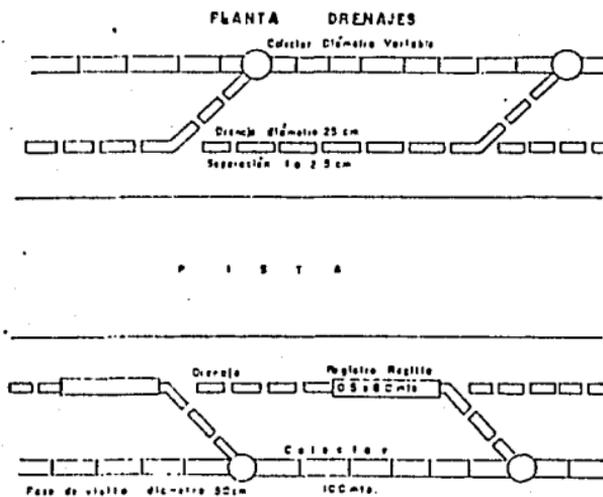


Fig. 14 Distribución del Drenaje en Aeropuertos

correcta ejecución de los trabajos de pavimentación.

En el diseño estructural de pistas, rodajes y plataformas, intervienen varias estructuras, que son el terreno de cimentación, las terracerías y el pavimento. El comportamiento de todo el conjunto estará en función de las características de cada una de sus partes componentes, así como también por su interacción.

No es posible alcanzar éxito en el diseño y construcción de los pavimentos de una pista, rodaje o plataforma, sin considerar el comportamiento de las terracerías y el suelo de cimentación.

La superestructura de las superficies de rodamiento, conocida propiamente como pavimento, es un conjunto de capas de materiales seleccionados, que reciben y resisten las capas del tránsito aéreo, y las transmiten adecuadamente distribuida a las capas inferiores. Además permite que las operaciones de las aeronaves a la velocidad de aterrizaje, circulación de despegue, se realicen en forma segura, cómoda y económica.

El pavimento siempre deberá estar apoyado sobre una capa fundamental que se denomina capa subrasante, la cual, a su vez, se desplanta sobre las camas de los cortes o sobre los terrapienes, que vienen a contruir las terracerías.

A partir de la estructura con que usualmente se construyen los pavimentos, y más específicamente, la capa superficial o carpeta, estas estructuras se han clasificado en dos tipos:

a) Pavimentos asfálticos o flexibles. (figura 15).

El sistema multicapa de este tipo de pavimentos está constituido normalmente por una carpeta, construida con agregados pétreos

aglutinados con un producto asfáltico, una base y una sub-base. Las capas subyacentes a la carpeta se constituyen empleando agregados pétreos, debidamente procesados, de calidad adecuada y densificados por medio mecánicos (compactación); en muchos proyectos conviene emplear en estas capas aditivos o cementantes, como cal, cemento Portland o asfalto, para mejorar sus características.

Los pavimentos flexibles tienen la ventaja de poder plegarse a pequeñas deformaciones de las capas inferiores, sin llegar a la falla estructural.

Tiene un menor costo inicial, aunque requieren de mayor mantenimiento.

Dentro de los pavimentos flexibles se incluyen los pavimentos de concreto asfáltico, cuya parte superior es, una carpeta elaborada con cemento asfáltico.

El concreto asfáltico ha sido utilizado en forma importante durante las últimas décadas.

b) Pavimentos de concreto o rígidos. (figura 16).

La estructuración de estos pavimentos se logra mediante la construcción de losas de concreto, elaboradas con cemento Portland, coladas "in situ" y apoyadas sobre una sub-base.

En este caso las losas son, al mismo tiempo, los elementos resistentes y la superficie rodamiento.

La sub-base constituye propiamente una capa de transición entre la rigidez de las losas y la de las terracerías, funcionando además como

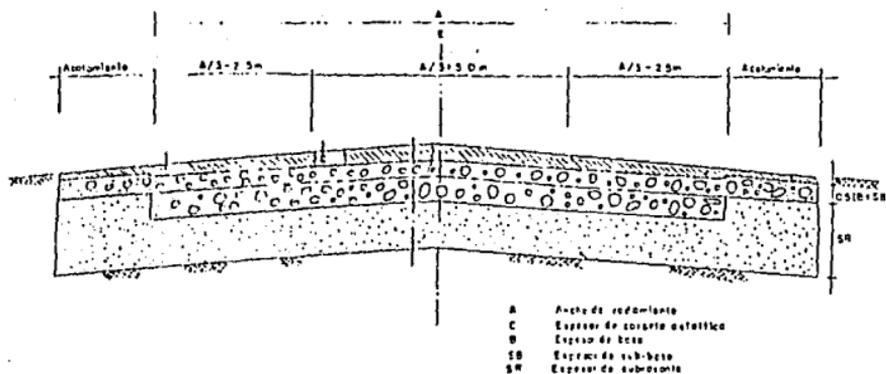


Fig. 15 Componentes de un pavimento asfáltico

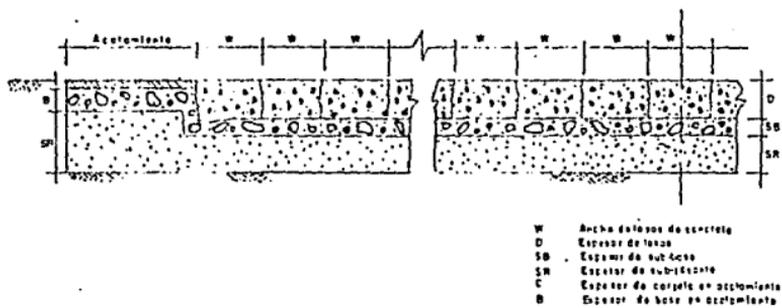


Fig. 18 Sección estructural de un pavimento de concreto

capa frenante que controla el fenómeno de bombeo, la acción de las heladas o expansión de las terracerías, proporcionando también mayor facilidad constructiva. Este tipo de pavimentos puede, construirse de concreto simple o reforzado, existiendo también, en muy contados casos, pavimentos de concreto presforzado.

A diferencia de los pavimentos flexibles, en los rígidos no se pueden aceptar deformaciones de las capas inferiores sin falla estructural.

Este tipo de pavimentos tienen un mayor costo inicial, pero su vida útil es más larga y requieren menor mantenimiento.

Podría llegar a pensarse que el proyecto de pavimentos es muy similar o más aún, prácticamente igual en carreteras y en aeropuertos; sin embargo, la realidad es distinta.

Existen muchos factores que deben tomarse en cuenta al diseñar los pavimentos de un aeropuerto, y que precisamente lo hacen distinto al proyecto en una carretera.

En pocas palabras, una aeropista no es lo mismo que una autopista o carretera.

Algunos de los factores mencionados que deben considerarse, y en los cuales estriba dicha diferencia son los siguientes: en primer lugar, las cargas máximas de los aviones son mucho mayores (hasta diez veces) que las de los vehículos que transitan en carretera; el número de operaciones en un aeropuerto puede llegar a 300 000 en toda su vida útil, mientras que en carreteras es hasta de 8 000 vehículos diarios; la variabilidad en la posición de los vehículos, determinada por los cubrimientos, es baja en

carreteras (1 pasada; 1 cubrimiento) y alta en aeropuertos (8 pasadas = 2 cubrimiento); finalmente, las carreteras pueden tener la misma estructura de pavimento por varios kilómetros, mientras que en aeropuertos, existen diferentes estructuras ya que la concentración de esfuerzos es distinta dependiendo de la velocidad de las aeronaves al transitar por cada elemento de la zona aeronáutica.

Todos estos factores deben tomarse en cuenta al diseñar los pavimentos de un aeropuerto.

Ahora analizaremos algunos puntos importantes del diseño estructural de pistas, rodajes y plataformas.

Se han encontrado que los daños más serios de una aeropista ocurren en aquellos sitios donde las aeronaves transitan a bajas velocidades o donde se estacionan. Por ello es muy importante conocer la geometría del aeropuerto, previamente al diseño de las estructuras que han de soportar el rodamiento de las aeronaves. Además es conveniente mencionar, que al mayor número de repeticiones de carga se producen al centro de las áreas pavimentadas de los aeropuertos.

Esto, junto con otros factores determinarán el proyecto de espesores de pavimento; en la figura 17 puede apreciarse al criterio de reducción de espesores de la Administración Federal de Aviación (FAA).

Una de las variables más significativas en el diseño estructural de aeropistas, es el tránsito aéreo. Los elementos más importantes que lo conforman son los siguientes:

- Peso Total de las aeronaves.
- Descarga por rueda.

- Número y arreglo de ruedas.
- Presión de contacto.
- Número de repeticiones de las cargas.
- Tipo de carga.
- Mezcla de los diversos tipos de aeronaves.
- Tasa de crecimiento.

Debido principalmente al enorme progreso de la aeronáutica civil, los parámetros anteriores tienen una amplísima variación que complica el problema de valuar el efecto del tránsito aéreo en los pavimentos.

Para fijar el parámetro de tránsito es necesario conocer las características de las aeronaves, en lo referente a las descargas que transmiten a los pavimentos, y estos a su vez a las capas inferiores.

Los principales factores que intervienen en este sentido son:

- 1) El peso bruto de la aeronave, que para fines de diseño de espesores, se considera el peso máximo al despegue, suponiendo que el 95% de este peso grvita sobre el tren de aterrizaje principal.
- 2) El tipo de geometría del tren de aterrizaje, ya que esto determina el modo en que se destruye el peso de la aeronave.

Actualmente existen aeronaves con dos, tres y hasta cuatro piernas en el tren de aterrizaje, con arregos de llantas que pueden ser rueda simple, ruedas gemelas o sistema tándem.

- 3) La presión de contacto, que define el esfuerzo normal máximo provocado por las llantas en la superficie del pavimento. Para

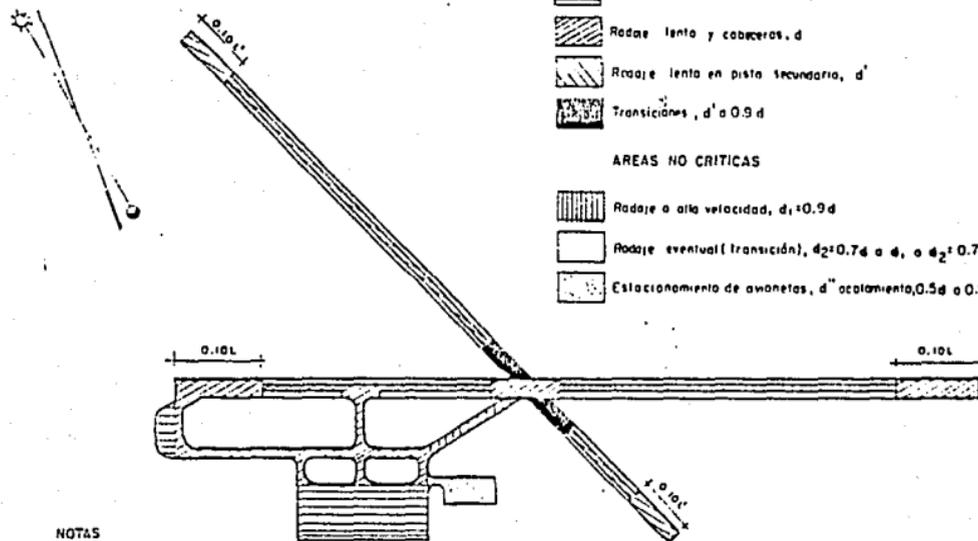
SIMBOLOGIA

AREAS CRITICAS

-  Estacionamiento y manobras, d
-  Rodaje lento y cabeceras, d
-  Rodaje lento en pista secundaria, d'
-  Transiciones, d' a $0.9d$

AREAS NO CRITICAS

-  Rodaje a alta velocidad, $d_1 \pm 0.9d$
-  Rodaje eventual (transición), $d_2 \pm 0.7d$ a d , o $d_2 \pm 0.7d$ a $0.9d$
-  Estacionamiento de aviones, d'' acotamiento, $0.5d$ o $0.5d'$



NOTAS

Pista principal

- L Longitud de la pista principal
- d Espesor de diseño (áreas críticas)

Pista secundaria

- L' Longitud de la pista secundaria
- d' Espesor de diseño (áreas críticas)

Plataforma de aviones

- d'' Espesor de diseño

Fig. 17 Áreas de rodamiento en aeródromos

efectos de diseño se supone que dicha presión es idéntica a la presión de inflado de las llantas.

Una vez que se conocen las características propias de las aeronaves, se requieren otros factores como los pronósticos del número de aeropuertos, para determinar el avión "crítico" o de diseño.

Esta selección se hará también en base a aquella aeronave que requiera el mayor espesor de pavimento, que normalmente es o la más pesada o la más frecuente.

Después de analizar todos los puntos anteriores, podemos iniciar propiamente el proyecto estructural de pavimentos en el aeropuerto. Para ello es esencial tanto el conocimiento del subsuelo sobre el que se van a cimentar las estructuras viales, como el establecer los bancos de materiales idóneos para su construcción. Los estudios de campo y laboratorio, los recorridos e inspecciones geológicas, así como los análisis que determinan estas condiciones, deben realizarse con mucho cuidado, ya que de ellos desprenden recomendaciones tanto para el proyecto, como para definir los procedimientos de construcción más convenientes.

Ahora se analizará, de manera general, el diseño de espesores de pavimentos flexibles y pavimentos rígidos.

. Diseño de espesores de pavimentos asfálticos.

Para el diseño de pavimentos flexibles o asfálticos, existen algunas variables que es importante conocer, entre las cuales se tiene:

- a) Las características de tránsito aéreo.
- b) Las características de resistencia y deformabilidad de la capa

subrasante.

- c) Los requerimientos de calidad mínima de las diversas capas que constituyen la sección estructural del aeropuerto.
- d) Los espesores mínimos de las capas del pavimento.

El método de diseño, de reciente introducción por la FAA, es un procedimiento de sencilla aplicación, basado en correlaciones empíricas.

Los ábacos de diseño propuestos, relacionan el valor Relativo de Soporte (VRS) del terreno de cimentación y de la capa-subrasante, con el peso bruto de la aeronave de diseño y el número de pasadas o salidas anuales, de la misma aeronave.

De la aplicación de curvas de diseño, se infiere el espesor total de pavimento, expresado como una sección homogénea de grava (grava equivalente), considerando una vida útil del aeropuerto de 20 años. (Ver figura 18).

En las mismas curvas se indica el espesor mínimo de carpeta asfáltica, tanto para las áreas críticas de circulación, como para las que no lo son.

Existen también tablas y gráficas para la determinación de espesores de base y sub-base, con lo cual queda definida la estructura completa de pavimentos asfálticos. (Ver tabla 2).

. Diseño de pavimentos de concreto.

El diseño de pavimentos rígidos o de concreto, también se encuentra regido por algunas variables, como son:

- a) Las particularidades del tránsito aéreo.

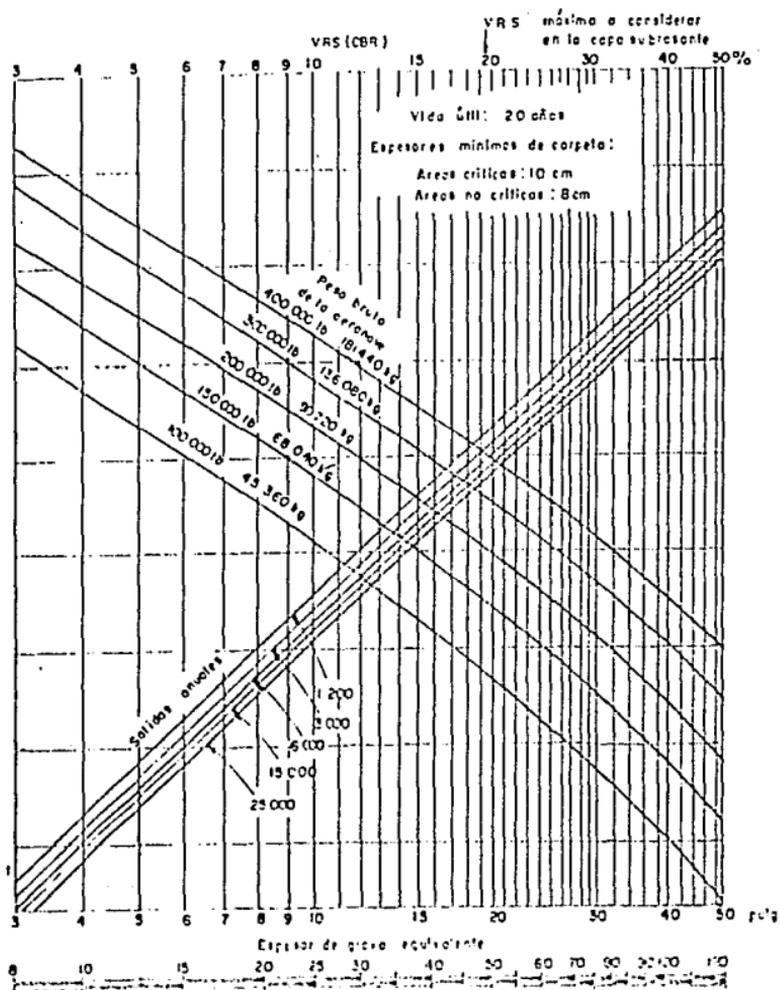


Fig 113 Curvas de cálculo de pavimentos esfallidos para áreas críticas, traza de aterrizaje en bogte (100 Jcm)

Tabla 2 **Espesor mínimos a considerar en la estructura
de pavimentos asfálticos de aeródromos.**

| Elemento | Materiales | Espesor mín., en cm. |
|------------|---|----------------------|
| Subrasante | Suelos, con tamaño máx. de partículas de 7.6 cm. | 50 |
| Sub-Base | Granular poco limosa (GW-GM) | 15 |
| | Grava triturada | 15 |
| Base | Grava triturada (GW) | 15 |
| | Grava Estabilizada con asfalto | 10 |
| | Grava estabilizada con cal | 15 |
| | Grava estabilizada con cemento | 20 |
| Carpeta | Concreto asfáltico, conforme a las gráficas de diseño. | 7 a 13 |
| Pavimento | El que corresponda para un CBR máximo de 20% de la subrasante, conforme a las gráficas de diseño. | |

- b) Las características del concreto empleado en la construcción del pavimento.
- c) Las propiedades de resistencia y deformabilidad del sistema subrasante-sub-base, definidas por su módulo de reacción vertical combinado.

Para el diseño de espesores de las losas de concreto, también existen gráficas elaboradas por la FAA, en las cuales se considera el tránsito de aeronaves con piernas de ruedas sencillas, gemelas o en tándem; y también por el caso de aeronaves especiales de fuselaje ancho. (Ver figura 19).

Las gráficas descritas proporcionan el espesor de la losa, en función de la resistencia a la tensión por flexión del concreto, el módulo de reacción combinado, el peso bruto de la aeronave y finalmente, el número de salidas anuales estimado para la vida útil del proyecto.

El tercio central de la pista, que define el área de rodamiento frecuente de las aeronaves, debe tener un ancho mínimo de 18 m en los pavimentos de concreto y en él, el espesor debe ser constante.

La sub-base del pavimento puede construirse con un espesor mínimo de 12 cm., dependiendo del tamaño de los agregados que se emplean en su construcción.

Existe otro método de diseño de pavimentos rígidos, que es muy semejante al de la FAA, y es el propuesto por los productores de cemento Portland (PCA) de E.U.A.

Es importante mencionar que se debe tener especial cuidado en el diseño de las juntas, cuyo fin es controlar los agrietamientos producidos

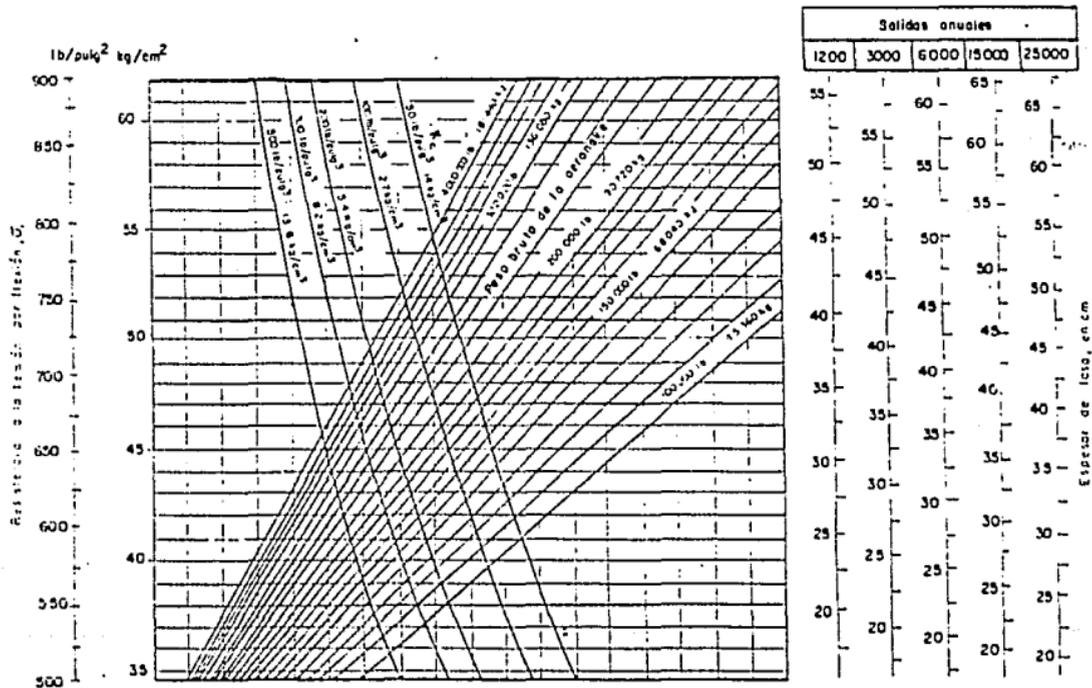


Fig. 19 Gráficos de diseño para pavimentos de concreto-Tren en bogie (tándem)

por los movimientos de dilatación y contracción de las losas.

Las Juntas pueden ser de diferentes tipos, como son:

- Juntas longitudinales
- Juntas transversales de contracción
- Juntas de expansión
- Juntas transversales de construcción
- Juntas de Transición

Como parte final al diseño de pavimentos, se mencionan los criterios para seleccionar el tipo de pavimento a emplear, de acuerdo a las necesidades del proyecto.

La decisión que se desprenda de la aplicación de los criterios de selección, incidirá directamente en la economía de la obra.

Dichos criterios han sido agrupados en estructurales y económicos.

a) Criterios de comportamiento estructural.

- Capacidad estructural.
- Vida útil del aeropuerto.
- Requerimientos de conservación.
- Características mecánicas del subsuelo.
- Características mecánicas de las terracerías.
- Factores ambientales.
- Tránsito aéreo previsto.
- Materiales disponibles.

b) Criterios económicos.

- Disponibilidad de fondos.
- Inversión Inicial.

- Análisis de construcción por etapas.
- Costos de conservación vs. Costos de reconstrucción.
- Condiciones de operación en el aeropuerto.
- Disponibilidad de materiales.
- Niveles de seguridad de la superficie de rodamiento.
- Niveles de comodidad de la superficie de rodamiento.
- Condicionantes de los planes de expansión.

Analizando los factores anteriores podría desprenderse la conveniencia de utilizar pavimentos flexibles en las áreas de rodamiento a alta velocidad y rígidos en las áreas críticas, correspondientes a plataformas, rodajes y cabeceras de pista.

Sin embargo, es conveniente efectuar un análisis para cada caso en particular, con el fin de comparar y así poder optimizar resultados.

II.5 PROYECTO DE INSTALACIONES INDUSTRIALES.

Dentro del proyecto aeroportuario, existen una serie de instalaciones que requieren de un análisis particular y detallado; en el presente trabajo se ha decidido agrupar a las más importantes de estas instalaciones, dentro del proyecto de instalaciones industriales para tener un panorama general de los elementos que las integran, así como las principales recomendaciones utilizadas en cada uno de los mencionados proyectos.

De este modo, analizaremos las instalaciones de combustible, las instalaciones hidráulicas y sanitarias, y las instalaciones electromecánicas exteriores.

El correcto funcionamiento de cada una de dichas instalaciones

redundará en la eficiencia de todo el sistema aeroportuario.

A) Proyecto de Instalaciones de combustible.

De manera global, el proyecto de Instalaciones de combustible está representado por el suministro de combustible y la localización de la zona para almacenamiento.

El suministro de combustible se puede hacer por medio de autotanques o pipas; estos vehículos cargan combustibles en la planta y se trasladan a la plataforma de operaciones para ubicarse debajo del ala del avión y ahí realizar el suministro.

La ventaja de los autotanques es que pueden llegar a cualquier lugar del aeropuerto, mientras que sus desventajas con su capacidad restringida y que el suministro no es continuo.

El combustible también puede ser enviado a presión a través de una tubería fija que llega hasta una válvula (hidrante) localizada en posiciones fijas para las aeronaves en plataforma.

Este sistema puede ser el más económico cuando la zona de almacenamiento está bastante retirada de las plataformas y el ahorro en tuberías y equipos de bombeo es bastante aceptable.

La principal ventaja del sistema de hidrantes es la continuidad en el abastecimiento ya que si en la zona de almacenamiento se tiene suficientes reservas, el servicio puede ser continuo, cosa que no sucede utilizando los autotanques.

También existe la posibilidad de utilizar estaciones tipo gasolinera,

Este sistema consiste en instalar una estación del tipo de gasolinería, con tanques de almacenamiento cuya capacidad se calcula en función de las operaciones y volúmenes de carga; los tanques pueden ser subterráneos o exteriores y estas estaciones dan servicio exclusivamente a aeronaves pequeñas.

Debe considerarse además, la forma de surtir combustible de la refinería a la zona de almacenamiento, y para ello se toma en cuenta la capacidad del almacenamiento así como el acceso más factible a la zona.

El suministro se puede hacer por autotanques, carro-tanques de ferrocarril, barco-tanques, transporte aéreo y por medio de ductos.

En cuanto a la localización de la zona de almacenamiento de combustible debe considerarse los siguientes factores:

- Especificaciones par la operación de las aeronaves en un aeropuerto, ya que no deben ser obstáculos para el movimiento de las mismas.
- Debe permitir ampliaciones futuras.
- Debe estudiarse la localización en cuanto a la forma de suministro de combustible a la zona, puede resultar más económico que esté localizada cerca de un camino, una vía férrea, un muelle o un oleoducto.
- Debe considerarse la topografía del terreno.
- Debe ubicarse la zona lo más cercano posible a la plataforma de operaciones.

Finalmente, es importante mencionar que los tanques para almacenamiento pueden ser cilíndricos verticales o cilíndricos

horizontales, y pueden ser instalados en forma subterránea o bien sobre el terreno.

B) Proyecto de instalaciones hidráulicas y sanitarias.

El disponer de agua en cantidad suficiente y calidad adecuada, para los usos del aeropuerto, es uno de los puntos fundamentales para el proyecto de instalaciones hidráulicas y sanitarias.

De las muchas alternativas de abastecimiento que existen en aeropuertos, generalmente las más utilizadas son:

- Conexión a la red urbana existente.
- Captación de fuentes superficiales.
- Captación en pozo profundo.

Las dos últimas requieren de estudios preliminares para conocer ubicación, capacidad, calidad, etc., que se logra mediante la realización de estudios hidrológicos en la región.

Para saber cuanta agua se requiere para satisfacer las necesidades de cada elemento del aeropuerto, y así poder mantener un servicio continuo se calcula un gasto de diseño, que incluye a los siguientes núcleos:

- a) Edificios, que comprenden: Edificio terminal, torre de control, casa de máquinas, compañías aéreas, bodegas, ect.
- b) Zona de hangares.
- c) Riego de Jardines
- d) Núcleos contra incendios.
- e) Núcleos para instalaciones especiales.

El proyecto en sí, se refiere al diseño de los almacenamientos

requeridos para cubrir las demandas en todo el aeropuerto, en cualquier momento que se requiera.

Estas demandas pueden ser en el edificio terminal en el momento de máximo congestionamiento de pasajeros, o bien, en caso de algún incendio.

Por ello debe contarse con un almacenamiento tal, que sirva tanto de regulación, como de aportación en los periodos " muertos " de bombeo en la fuente de abastecimiento.

Este volumen nunca será menor que el requerido par un lapso de servicios de 24 horas. Normalmente se diseña para un periodo equivalente a dos o tres veces el almacenamiento diario.

Las alternativas de almacenamiento prácticamente se reducen al uso de tanque o cisterna enterrada, porque se puede construir de capacidad ilimitada y representa menos problemas de estabilidad que un tanque elevado; además se evita crear una zona de obstáculos, que como se sabe, en un aeropuerto deben ser restringidos a un mínimo.

De ahí que el sistema más práctico de almacenamiento es en este caso el de cisterna o tanque enterrado, ya sea simple o múltiple.

La cisterna enterrada normalmente es un depósito rectangular de concreto armado; por su tamaño se construye en el lugar y se impermeabiliza interiormente con recubrimientos plásticos.

Puede ser con un solo compartimiento, en cuyo caso se le llamará simple, o varias celdas interconectadas entre sí, denominado cisterna múltiple.

Es preferible el uso de una cisterna enterrada múltiple, en

compartimientos para servicios generales, para combatir incendios en zona de combustibles y contra incendios para uso del cuerpo de bomberos.

c) Proyecto de instalaciones electromecánicas exteriores.

Dentro de este proyecto se debe considerar los elementos necesarios para el suministro de energía a las pistas, calles de rodaje, plataformas y área terminal del aeropuerto.

A grandes rasgos, este sistema está integrado por una zona de control y distribución, que capta el suministro de energía eléctrica proporcionado por Comisión Federal de Electricidad (CFE) y lo distribuye a los diferentes elementos del aeropuerto.

Se cuenta también con una serie de sub-estaciones eléctricas en cada uno de los centro de consumo de energía.

La red de distribución es el medio de conexión de los diferentes equipos y dispositivos eléctricos, así como la red de conductores para distribuir la energía eléctrica desde el punto de suministro, hasta el punto de utilización.

Con base en lo mencionado anteriormente, la distribución de energía de un aeropuerto se realiza desde un punto donde se encuentra localizado el equipo de medición y control.

Con base en lo mencionado anteriormente, la distribución de energía de un aeropuerto se realiza desde un punto donde se encuentra localizado el equipo de medición y control.

Desde este lugar se derivan los circuitos necesarios que abastecen a los diversos centros de consumo como son:

- a) Edificio terminal.
- b) Ayudas visuales luminosas.
- c) Equipos de radio ayudas.
- d) Un circuito de alta o baja tensión para zona de combustibles.
- e) Equipo de aire acondicionado.
- f) Alumbrado exterior : plataforma, estacionamiento y camino de acceso.

En cuanto a las subestaciones eléctricas, éstas están integradas por un conjunto de aparatos y dispositivos eléctricos que se encuentran interconectados entre sí, para convertir energía eléctrica de ciertas características requeridas para su utilización.

Dichas subestaciones son necesarias en los centros de consumo para poder utilizar la energía sin peligro para el personal.

Entre las subestaciones eléctricas más comúnmente utilizadas en un aeropuerto, se encuentran las siguientes:

- Subestación de ayudas visuales;

En ella son conectados aquellos elementos de señalización, que intervienen en la orientación y operación de las aeronaves.

- Subestación para SENEAM;

Esta subestación se destina a dar servicio a todos los equipos que proporcionan servicio de radioaeronáutica móvil y de navegación.

- Subestación para servicios generales;

Se localiza en el edificio terminal de pasajeros y proporciona energía eléctrica a todos los equipos que dan servicio al inmueble

- Subestación para alres acondicionado;
Proporciona energía a los equipos de clima artificial y se localiza también en el edificio terminal.
- Subestación para zona de combustible;
(Sólo si se requiere).
- Subestación de campo, (sólo si se requiere);
Proporcionan energía para la instalación de luces de destello en el sistema de aproximación de la pista.

Se debe también considerar la iluminación exterior, tanto para la plataforma de operaciones, como para el estacionamiento y cambio de acceso.

Es importante contar con una planta de emergencia que resuelva, en caso de falla, los problemas de energía en los servicios más indispensables, como ayudas visuales y edificios, y mantenga así la operación ininterrumpida del aeropuerto.

II.6 PROYECTO DE AYUDAS VISUALES

Las ayudas visuales, constituyen el señalamiento que auxiliará a los pilotos de las aeronaves, tanto para maniobras de aproximación y aterrizaje, como para el tránsito interno en el aeropuerto.

Las ayudas visuales pueden ser luminosas y no luminosas y su colocación dependerá del tipo de aeropuerto de que se trate.

Es importante mencionar que existen también ayudas no visuales (electrónicas) que pueden estar localizadas en tierra o instaladas en el avión. Algunos de ellos son el radar, VOR, DME, ILS, MLS, etc.

a) Ayudas visuales no luminosas.

En primer lugar conoceremos el señalamiento no luminoso de pistas rodaje y plataformas, que puede ser horizontal y vertical. (Ver figura 20).

Los principales elementos del señalamiento horizontal son:

- Señal designadora de pista.
- Señal de eje de pista.
- Señal de umbral.
- Señal de zona de toma de contacto.
- Señal de faja lateral de pista.
- Señal de eje de calle de rodaje.
- Señal de punto de espera en rodaje.
- Señal de intersección de calles de rodaje.
- Señal de punto de verificación de VOR.
- Señales de plataforma (línea de entrada, líneas de viraje, líneas de salida).
- Señal de borde de plataforma.

El señalamiento en las pistas es de color blanco y amarillo en calles de rodaje y plataformas, con excepción del señalamiento de borde de plataforma que es rojo.

En cuanto al señalamiento vertical, éste está constituido por letreros que proporcionan diferentes tipos de información a los pilotos. Estos letreros pueden clasificarse como obligatorios e informativos.

Se pone un letrero obligatorio cuando se desea comunicar una instrucción que haya que acatar.

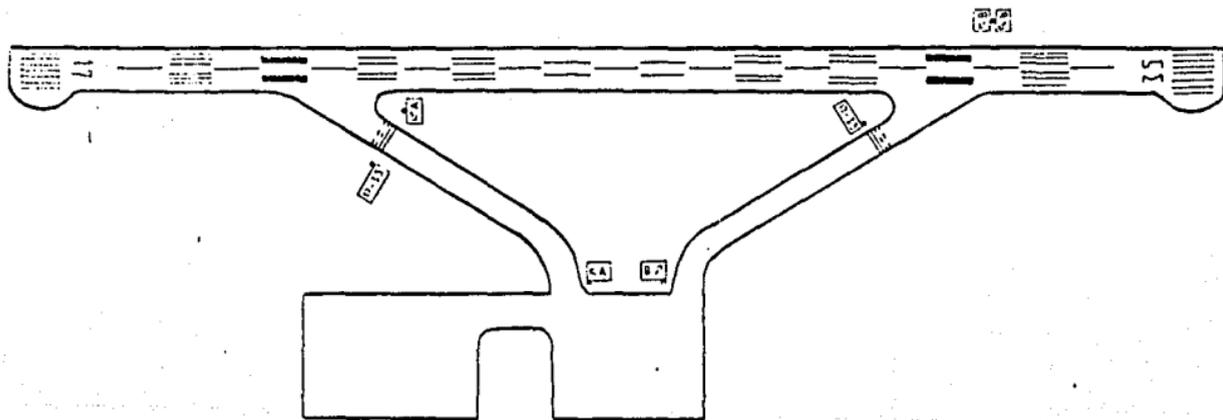


Fig 20 - Señalamiento horizontal-vertical no luminoso

Un letrero Informativo se coloca para indicar determinado lugar o punto de destino, ordenar alguna maniobra o proporcionar cierta información.

b) Ayudas visuales luminosas.

Las ayudas visuales luminosas en los aeropuertos consisten básicamente en la colocación de faros y balizas luminosas de señalización, que proporcionen información visual a los pilotos por medio de la configuración, color, potencia luminosa y cobertura más que la iluminación de zonas y objetos.

Existen diversas ayudas visuales usadas por un piloto para solucionar los problemas que se encuentra al efectuar su aproximación a un aeropuerto, seguida por un aterrizaje y un rodaje al punto de embarque o desembarque en la zona de plataforma.

Algunas de las señales más importantes que constituyen las ayudas visuales luminosas de un aeropuerto son las siguientes:

- Luces de aproximación.

Su propósito es permitir que el piloto pueda hacer correcciones menores en elevación y descenso durante su trayectoria de aproximación, con objeto de efectuar u aterrizaje seguro.

Básicamente, este sistema debe proporcionar información direccional, del plano horizontal y de distancia al umbral.

Entre los principales sistemas reconocidos por la OACI se encuentran.

. Sistema sencillo de iluminación de aproximación.

. Sistema de luces de aproximación de precisión (Calvert,

Categoría I, Categoría II y III). (figura 21).

. Luces de destello en secuencia.

- Luces de borde de pista.

Son Luces colocadas en forma equidistante al eje de pista, en intervalos de 60m. Son de color blanco, excepto cuando el umbral está desplazado; en este caso esas luces son rojas, desde el umbral inicial hasta el umbral desplazado.

Se colocan también luces de color ámbar en los últimos 600m. o en la mitad de la longitud de la pista si es que es menor de 1 200m., para indicar al piloto la terminación inminente de la pista.

- Luces de umbral de pista.

Estas luces de tipo rasante o elevadas son verdes, visibles en sentido del aterrizaje, y se colocan sobre la línea perpendicular al eje de pista y al comienzo de la misma.

- Luces de fin de pista.

Son luces de color rojo tipo rasante, unidireccionales y se colocan en la línea de umbral siendo visibles únicamente en el sentido del despegue.

- Luces de barra de ala.

Sirven para definir mejor la aproximación; se añaden luces verdes de barra de ala al señalamiento de umbral, a cada lado de la pista.

- Luces de eje de pista.

Son luces de tipo rasante que se instalan en intervalos de 7.5 m, 15 m, o 30 m, a lo largo del eje de la pista; en color de estas es

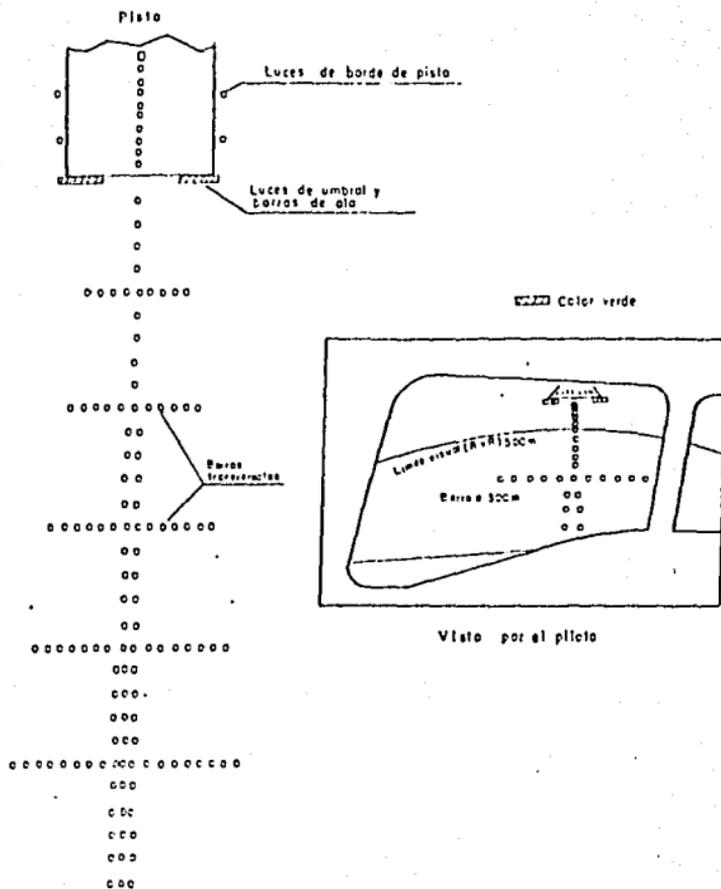


Fig 21. Sistema Colvert

blanco, codificando los últimos 900 m. en el sentido del aterrizaje y/o despegue, con luces blancas y rojas.

- Luces de zona de toma de contacto.

Estas luces de tipo rasante omnidireccional se colocan a ambos lados del eje de pista, sobre los primeros 900m. de pista a partir del umbral hacia el centro.

Se instalan según un patrón formado por filas transversales (barretas). Cada barreta de tres luces de color blanco.

- Luces de barra de parada.

Son luces unidireccionales rasantes, utilizadas por señalar cualquier zona de parada (parte restringida de la pista o rodaje), y se colocan transversalmente al eje del rodaje; son de color rojo y se instalan un mínimo de seis.

- Luces de borde de rodaje.

Son normalmente de tipo elevado y emiten luz de color azul. Se localizan a no más de 3 m. del borde del rodaje.

- Luces de obstrucción y faros de peligro.

Estas luces rojas omnidireccionales se emplean para definir los límites verticales y horizontales de objetos que son considerados como obstrucciones para la navegación aérea. Emiten de 20 a 60 destellos rojos por minuto. En la figura 22 se observa el señalamiento luminoso.

Por la importancia que reviste es importante conocer más a fondo el sistema visual indicador de pendiente de aproximación, y las modificaciones que se le han hecho y se pondrán en práctica en un futuro cercano.

El sistema indicador de pendiente de aproximación VASIS, fue creado hace 20 años para permitir a los pilotos efectuar la aproximación visual larga y estable que se requiere para el aterrizaje seguro de las aeronaves.

Este sistema es utilizado ampliamente, pero se ha encontrado que tiene ciertas limitaciones, por ejemplo, no proporciona guía de la calidad necesaria por debajo de los 60 m., no puede armonizar completamente con el ILS y resulta difícil de utilizar en condiciones en que el contraste de colores se ve disminuido, como durante bruma o al volar contra el sol en el ocaso.

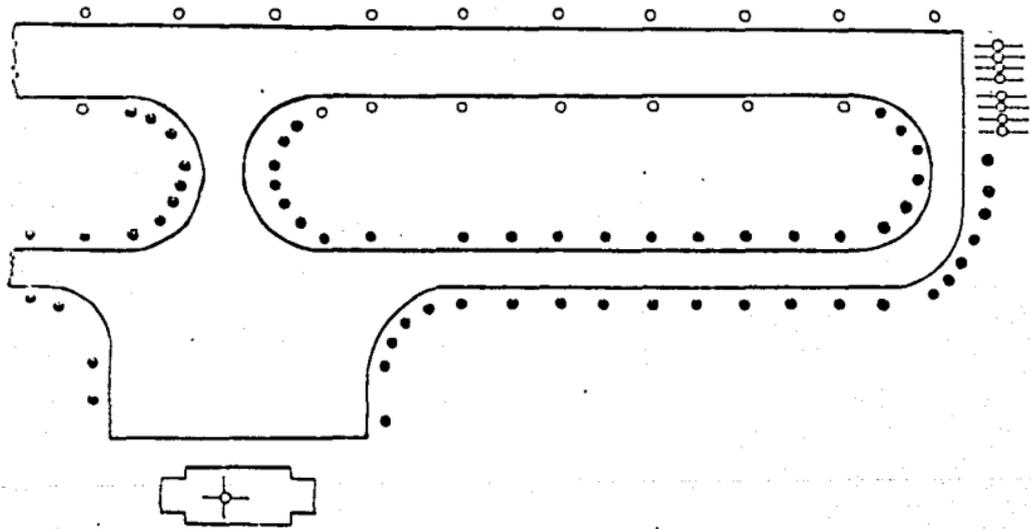
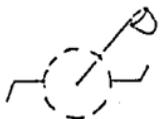
Para superar estos defectos y después de una serie de experimentos y pruebas, se creó el sistema PAPI.

Este sistema deberá estar implantado en todos los aeropuertos miembros de OACI a partir de 1995.

El sistema PAPI es un sistema de ayuda visual luminosa, para operación tanto diurna como nocturna, formando por una barra de ala de cuatro elementos luminosos dobles o múltiples (dos o tres lámparas en cada gabinete). El sistema se coloca al lado izquierdo de la pista en el sentido de la aproximación, y generalmente a 300 m, del umbral. Cada uno de los cuatro elementos proyectará una haz de luz dividida: blanco en su parte superior y rojo en su parte inferior.

La intensidad luminosa debe controlarse para evitar deslumbramiento al piloto.

El uso operacional del PAPI es el siguiente: una barra del ala estará construída de tal manera que el piloto al realizar la aproximación vea:



26

Fig 22- Ayudas visuales luminosas

- a) Rojas las dos luces más cercanas a la pista y blancas las dos más alejadas, cuando se encuentre en la pendiente de aproximación correcta.
- b) Roja la luz más cercana a la pista y blancas las tres más alejadas, cuando se encuentre por encima de la pendiente de aproximación, y blancas todas las luces en posición todavía más elevada.
- c) Roja las tres luces más cercanas a la pista y blanca la más alejada cuando se encuentre por debajo de la pendiente de aproximación, y rojas, todas las luces en posición todavía más baja.

Observando la figura 23 puede entenderse mejor el funcionamiento de este sistema, que al ponerse en práctica proporcionará mayor seguridad a las operaciones de aproximación y aterrizaje de las aeronaves.

Se recomienda que en todos los proyectos que se hayan realizado después de 1965, consideren la instalación del sistema PAPI, para evitar gastos innecesarios posteriores.

II. 7 PROYECTO ARQUITECTÓNICO.

Hemos llegado a la parte final del proyecto, en donde se integran todos los elementos que forman parte del aeropuerto: el proyecto arquitectónico.

Este proyecto, como cada uno de los elementos anteriormente descritos, debe adaptarse tanto a las necesidades presentes como figuras del aeropuerto.

Para ello es importante conocer los factores que propician el incremento tanto de las operaciones como del movimiento de pasajero, algunos de los cuales son:

- El crecimiento de la población a la que sirve y por tanto, el crecimiento natural del comercio, así como necesidades mayores de comunicación y transporte.
- La integración de un sistema de aeropuertos, para el desarrollo equilibrado de una región, o bien de todo el país.
- La respuesta que origina la construcción del aeropuerto generando zonas de desarrollo que implican el crecimiento del mismo.

Todos estos factores se ven reflejados en cambios en la operación y proceso de pasajeros, como por ejemplo, cambio en el equipo de vuelo, en los sistemas de control, manejo y seguridad, aumento de horas pico, y en general en actividades indirectamente relacionadas con el proceso de los pasajeros.

Por todo lo anterior, la elaboración del proyecto debe cumplir con ciertos puntos que al analizarse en forma adecuada, propiciarán el crecimiento armónico del aeropuerto, aumentando su funcionalidad y hasta su período de servicio contemplado.

Estos puntos pueden resumirse a lo siguiente.

- a) Analizar los principales sistemas y soluciones existentes, evaluando sus ventajas y desventajas, para su aplicación a nuestras necesidades y plantear soluciones a los problemas de operación, funcionamiento e imagen, de acuerdo a nuestra realidad.

- b) Diseñar considerando que los aeropuertos evolucionan, por lo que se hace necesario prever dentro de lo posible los crecimientos por etapas constructivas y por inversión programada, lo que nos lleva a que todos los proyectos sean realizados con un horizonte de planeación de cuando menos 20 años.
- c) Propiciar la necesidad de lograr una imagen adecuada de los aeropuertos, tanto funcional como estética, debido a que la mayoría de ellos son puerta de entrada a nuestro país.

De acuerdo a lo anterior, en un momento dado se hace necesario ampliar el número de posiciones en plataforma, la capacidad de proceso del edificio terminal y los demás elementos de que conste el sistema, a fin de soportar en forma eficiente los movimientos provocados por el crecimiento, tanto a corto como a mediano y largo plazo.

Finalmente se presentan esquemas que muestran algunos elementos del proyecto arquitectónico, entre los que se encuentran los edificios del CREI y torre de control, así como los procesos de documentación del pasajeros. (figura 24 a 27).

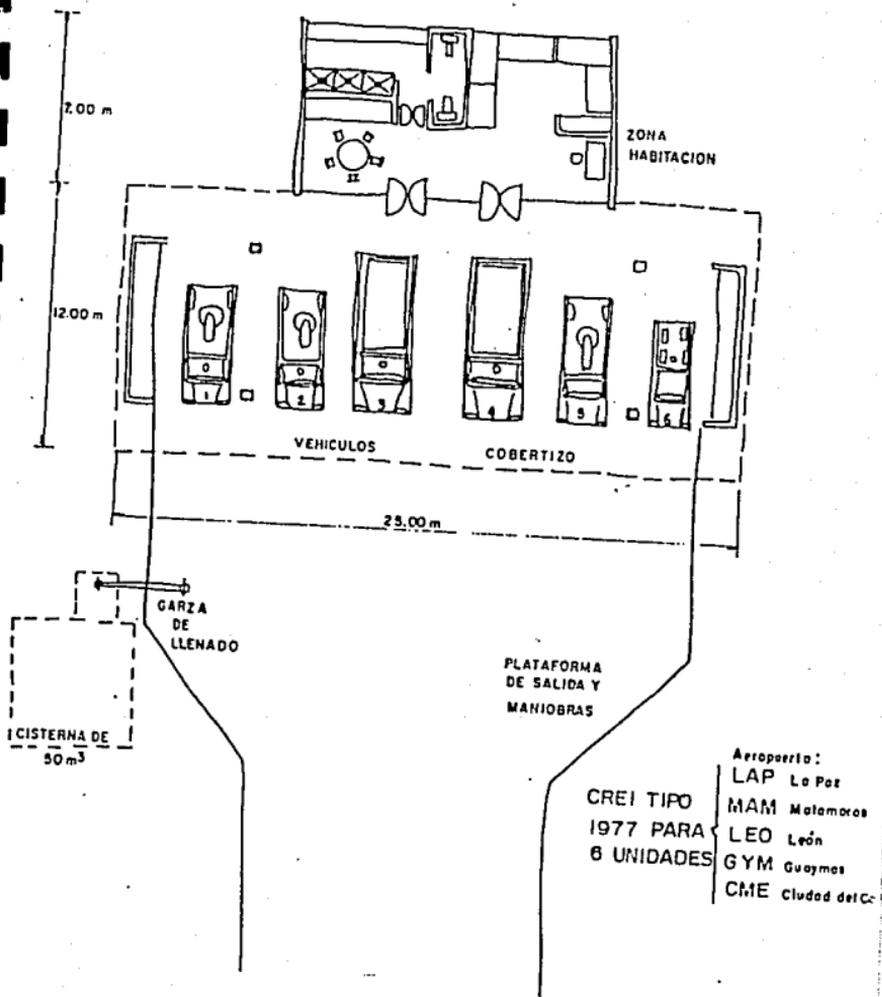


FIG 24 Edificio para el CREI en el área terminal

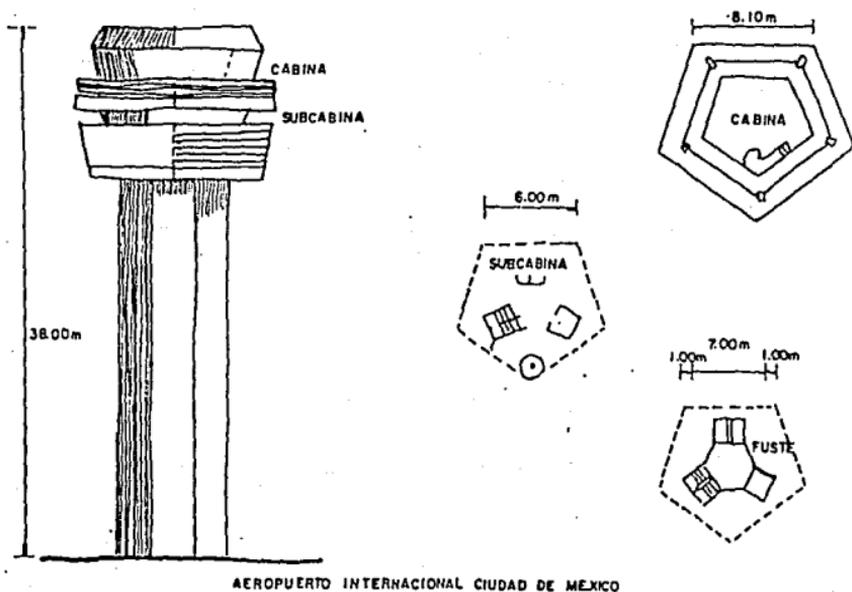


Fig. 25 Torre de control. Aeropuerto de largo alcance

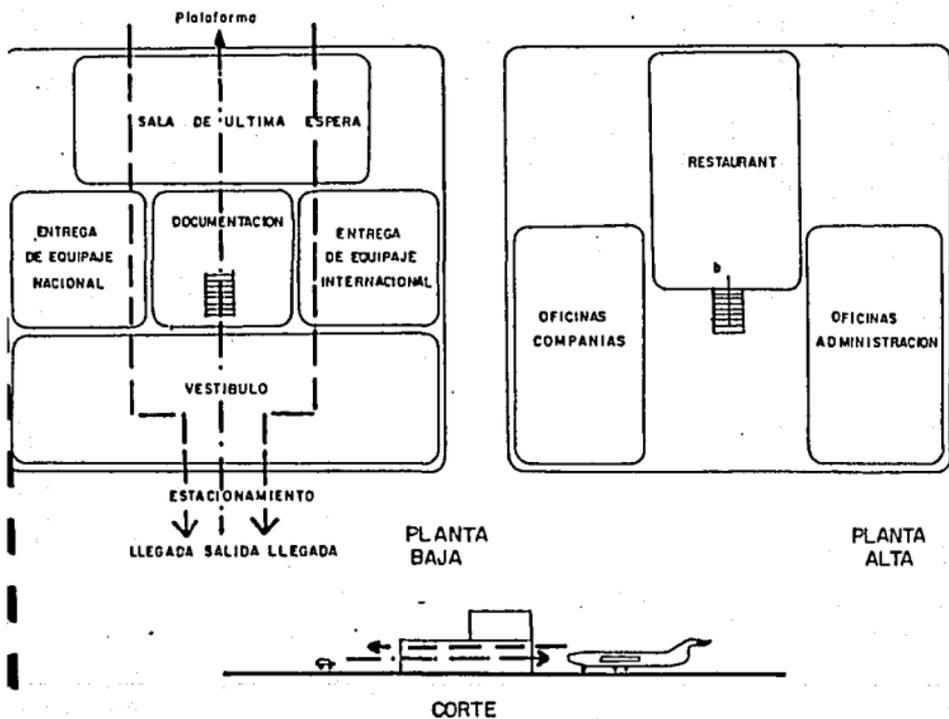
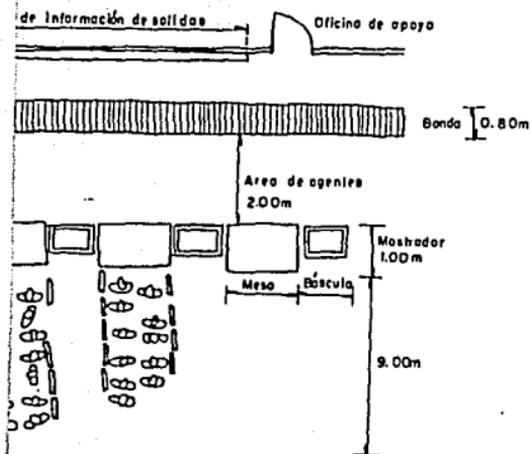


FIG. 26 Proceso lineal en un solo nivel (documentación lateral)



27 Documentación con apoyo de banda

C A P I T U L O I I I

C O N S T R U C C I O N

A partir de una necesidad de comunicación ha surgido la concepción de los aeropuertos. Como resultado de todos los estudios previos que se han realizado, se ha logrado definir la planificación en la cual se ha apoyado el proyecto, y a partir de ellos queda justificada la necesidad de la construcción del aeropuerto.

Toda la información recabada aportó los parámetros necesarios para identificar el tipo de avión que nos servirá como base para proponer el diseño de los cuatro elementos fundamentales del aeropuerto: áreas de maniobras y aeronáutica, edificios, almacenamiento para combustible y ayudas visuales.

En el presente capítulo se hablará sobre la construcción de aeropuertos y se dará un panorama general de los puntos que engloba, y en los que se incluyen los procedimientos de construcción de cada uno de los elementos constitutivos del aeropuerto; la reconstrucción de aeropuertos, y el control de obra y de calidad que, como en toda obra de Ingeniería civil, debe considerarse con gran importancia para la correcta conclusión de la obra y puesta en operación de la misma.

III.1 PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DE AEROPUERTOS

Después que se ha realizado una adecuada planeación se llega a la etapa de proyecto. En las primeras fases de esta etapa se han realizado estudios que nos definen las distintas alternativas de localización del aeropuerto, proponiendo la más viable.

Se hicieron estudios meteorológicos, topográficos, geológicos e hidrográficos, y con apoyo de ellos se definió la mejor orientación de la pista y se proyectó con sus características geométricas y estructurales. Se diseñaron también plataformas, calles de rodaje, accesos, así como el edificio terminal y las zonas para almacenamiento de combustible.

Todo esto significa muchas miles de horas hombre, así como una gran cantidad de cálculos, planos, procedimientos, etc., que tendrán su culminación en la construcción que apoyada en ellos se realice.

Seguramente todo el esfuerzo realizado y el tiempo empleado serían totalmente inútiles si no se lleva a cabo la etapa final, es decir, la construcción del aeropuerto.

En esta parte del capítulo de construcción de Aeropuertos, se verán los procedimientos constructivos en áreas de maniobra, es decir, en pistas, rodajes y plataformas, desde los trabajos en terracerías, hasta el pavimentado y adecuado señalamiento.

Para la construcción de un aeropuerto debe contarse siempre con supervisión y equipo especializado, ya que deben observarse normas que son muy específicas para este tipo de obra. Como ya se ha mencionado, una pista no es una carretera y por lo tanto debe proyectarse y construirse con criterios especiales.

Una vez que se ha concluido la etapa de proyecto, estamos listos para la construcción de la obra, el aeropuerto en este caso. En este momento debe iniciarse la supervisión de la obra, y el ingeniero que se encargue de la misma deberá realizar recorridos al lugar para constatar que todos los datos y en general, toda la información que le ha sido proporcionada coincida con lo que existe en la realidad.

Después de verificar todo lo anterior será conveniente realizar un segundo recorrido pero ya con el responsable de la empresa que ejecutará los trabajos, con el fin de que ambas partes estén perfectamente enteradas del proyecto y las condiciones reales del lugar.

A) Trabajos preliminares.

Para empezar con estos trabajos será necesario construir un camino de acceso provisional para los vehículos y equipos de construcción. También será necesario construir instalaciones provisionales, fácilmente desmontables al término de su utilidad, para alojar oficinas de campo, laboratorio de control de calidad, talleres, etc.

Mientras estas labores se desarrollan deben iniciarse los trabajos de construcción propiamente dichos, una vez que los equipos necesarios estén en el sitio de obra.

a) Desmonte.

Como desmonte se entiende la acción de tala, derribo o corte de especies vegetales existentes, y se realiza por medio de sierras mecánicas o manuales, o bien, mediante acción de empuje de tractores, o equipos motorizados para poda.

Será necesario llevarlo a cabo en todas las zonas de construcción y en aquellas que afectarían la aproximación de aeronaves a las pistas. Con la única limitación de la correcta visibilidad desde la Torre de Control a la totalidad de las áreas de maniobra que pueda requerir desmontes adicionales, por razones ecológicas convendrá mantener las condiciones originales en el resto del terreno destinado al aeropuerto.

b) Despalme.

Consiste en el corte, extracción y acarreo a otro sitio de la capa de suelo vegetal existente en la superficie.

Es indispensable eliminar, de las zonas por pavimentar o terrapienes compactados, la presencia de materia orgánica que altera las características del terreno e impide el adecuado proceso de consolidación.

c) Cortes someros.

La presencia de capas de arcilla delgadas, de alta comprensibilidad bajo los pavimentos, puede provocar deformaciones; en este caso y, cuando el espesor no sea excesivo, será conveniente eliminarlas mediante estos cortes y rellenarse con materiales de mejor calidad.

B) Terracerías.

Una vez que se ha limpiado la zona de trabajo, comienza de hecho, la construcción propiamente dicha.

El proyecto incluirá el estudio de Curba-Masa para el aprovechamiento de los materiales, compensando las zonas de corte y

terraplén que sean posibles, acarreado los rellenos necesarios desde un banco de préstamo o desperdiciando las excedencias.

a) Cortes.

El proyecto habrá definido con claridad las zonas de corte, así como la profundidad de los mismos. Los cortes en tierra podrán ejecutarse empleando escrapas de arrastre (ya en desuso), motoescrapas comunes, motoescrapas autocargables o combinaciones de tractor, cargador y equipo de acarreo.

La nivelación de la superficie para lograr la sección de proyecto, cuando los cortes son en tierra, se podrá obtener con bastante precisión, no así en el caso de roca.

Dependiendo de lo que las normas de construcción indiquen, deberá producirse un sobrecorte de espesor especificado, comunmente de 30 cm. El nivel de Proyecto se logrará con un relleno compactado.

b) Compactación del terreno natural.

Tanto las áreas de terrapienes como las de corte (en el caso de tierra), deben ser objeto de un procedimiento de compactación, que servirá para restituir al suelo sus características de consolidación natural, afectada durante los procesos de desentrañe, despiame y/o corte, propiamente dicho.

El proyecto indicará el espesor de terreno por compactar, así como el grado de compactación por alcanzar. Casi siempre, si hay un espesor considerable (1.0 m. o más) de terraplén sobre el terreno natural, la compactación será del 90% de peso volumétrico seco máximo (p.v.s.m.); si

hay espesores someros, será del 95%.

c) Formación de terrapienes.

Mediante el empleo de materiales producto de cortes o bancos de préstamo, habrá que formar terrapienes para conseguir una continuidad en la forma longitudinal y transversal de lo que serán los pavimentos.

En esta etapa se empiezan a destacar las diferencias respecto a la construcción de un camino, sobre toda la pista, donde habrá que trabajar con anchos muy grandes.

Según las características geológicas del sitio, los terrapienes podrán estar formados por roca, roca mezclada con finos o tierra. En cada caso se deberán seguir procedimientos comunes a todo trabajo de terracerías. Durante el proceso se irán formando las pendientes longitudinal y transversal; las zonas de ampliación para retorno de las cabeceras se construirán también, en terracerías, desde la etapa inicial.

Si fuera lógico (que no lo es), al término de la etapa inicial de cortes y terrapienes, se tendría, en una vista aérea, la planta general del aeropuerto construída en tierra. Por el contrario, la construcción se debe llevar a cabo escalonadamente, como se observa en la figura 28.

De esta forma, las capas de terrapien se irán tendiendo en sentido longitudinal hasta comenzar a ser cubiertas, también es forma escalonada, por las terracerías mejoradas de la subrasante y las capas de pavimento.

d) Bancos de préstamo para terracerías.

Durante los estudios geológicos preliminares, se obtendrán las

características de los bancos de préstamo, buscando siempre que su calidad sea adecuada para las capas por construir. Podrá darse el caso de que se requieran bancos diferentes para cada capa, en función de que, a medida que crece el terraplén, acercándose al pavimento, la calidad de los materiales debe ir mejorando para brindar características de resistencia más adecuadas.

En general, el procedimiento de ataque de los bancos es similar al de los cortes, con una excepción importante: puesto que generalmente son excavaciones por debajo del nivel del terreno, habrá necesidad de prever su drenaje para impedir que sean inundadas por lluvias. De no existir posibilidad de desalojo de aguas, habrá que programar ataques escalonados a fin de contar siempre con zonas de extracción, aunque el fondo del banco se inunde.

C) Capa subastante.

La capa subastante constituye la parte superior de las terracerías, sobre la cual se construye el pavimento.

Las normas de construcción definen las características de calidad de esta capa. Así, el tamaño máximo de agregado será de 7.5 cm. (3"), el espesor mínimo de 30 cm., el VRS superior al 15%, la expansión menor del 3% y el grado de compactación por lo menos del 95% de p.v.s.m.

Las finalidades de esta capa son estructurales y funcionales. Las primeras consisten básicamente en recibir y resistir las cargas del tránsito y transmitir las adecuadamente distribuidas a las capas inferiores. Las funcionales pueden ser varias:

- Evitar que los materiales de mala calidad de las terracerías

contaminen el pavimento.

- Evitar que el pavimento se incruste en el pedraplén.
- Evitar que las imperfecciones de la cama en los cortes se reflejen en la superficie de rodamiento.
- Uniformar espesores de pavimento y disminuirlos cuando sea posible.
- Funcionar como capa rompedora de capilaridad.

Dada la importancia de esta capa, su construcción debe llevarse a cabo con todo cuidado; su espesor obliga a fabricarla en varias subcapas, acordes con la capacidad de los equipos de compactación. Tanto las subcapas como la capa total deben estar perfectamente compactadas, y se debe vigilar que toda la capa subyacente cumpla con las dimensiones de compactación especificadas.

De aquí que el proceso escalonado debe estar correctamente programado, impidiendo que se pierda la humedad superficial y comprobando que existe liga perfecta entre las subcapas.

D) Obras de drenaje.

Las obras de drenaje, como se mencionó en el capítulo anterior consisten básicamente en drenaje subterráneo y superficial.

El subdrenaje puede consistir en zanjas con fondo nivelado, rellenas con materiales graduados, sin finos, que sirvan como filtro y hagan caer el agua al fondo de la zanja.

Mediante pendientes adecuadas, se lleva el líquido hasta registros de captación desde los cuales se le conduce a los canales de drenaje

superficial.

Recientemente se ha empezado a utilizar el subdrenaje con empleo de fibras artificiales.

Consiste en utilizar una combinación de geored y geotextil, formando una tubería con la primera y una bolsa continua con el geotextil. La tela capta y conduce el líquido al fondo, donde el tubo formado con la malla lo transporta de igual forma que lo haría el tubo de concreto. (Ver figura 29).

El drenaje superficial está constituido, por canales a cielo abierto, en las orillas de las fajas de seguridad, con capacidad suficiente para conducir, sin desbordarse, las mayores precipitaciones previstas en los estudios realizados. Dichos canales generalmente son de sección triangular o trapecial.

El eje de estas conducciones se ubicará a 15 m. del hombro de las fajas de seguridad y en general, correrán a favor de la pendiente del terreno natural, paralelamente al eje de la pista, que siempre será considerada la zona más importante por drenar.

La descarga de estas canalizaciones podrá ser: a una zona baja donde la inundación que provoquen las aguas no represente problema en la operación del aeropuerto; a otros canales existentes; o bien a las excavaciones que dejan los bancos de préstamo.

En los cruces de la pista con rodajes y otras vialidades es necesario construir alcantarillas, generalmente formadas con muros de mampostería y losa de concreto reforzado, o bien cajones de concreto reforzado. También pueden ser tuberías, ya sea de acero o de concreto

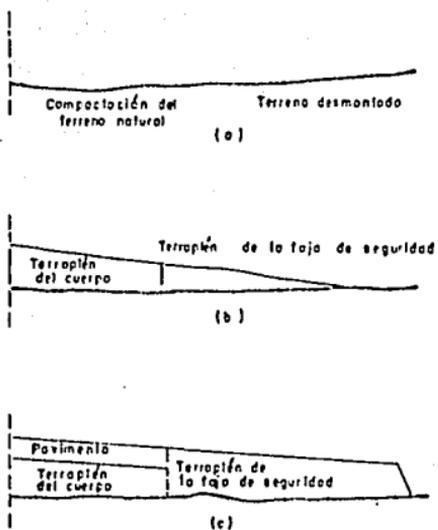


Fig. 28 Esquema de crecimiento transversal

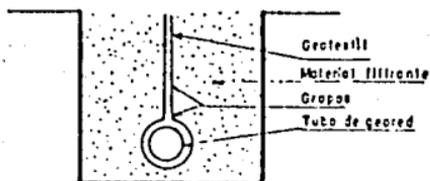


Fig. 29 Esquema de subdren con malla geotextil

reforzado.

E) Construcción del pavimento.

Como ya se había mencionado, el pavimento es un conjunto de capas, en las que se incluyen la base, la subbase y la carpeta. Ahora trataremos en forma particular cada una de estas capas, pero recordando que el buen funcionamiento del pavimento depende de la interacción de las mismas:

a) Bancos de préstamo para pavimentos.

Las principales fuentes de suministro de los materiales que forman las capas del pavimento son las siguientes:

- Ríos y arroyos
- Depósitos de aluvión (conglomerados sin cementante arcilloso)
- Mantos rocosos.

Los dos primeros generalmente proporcionan materiales redondeados muy duros, que deben someterse a tratamientos de trituración para poderlos utilizar adecuadamente.

Respecto a los bancos de roca, se tratará de trabajar con mantos de adecuada dureza. Los materiales muy intemperizados o producto de formaciones sedimentarias o metamórficas jóvenes o incompletas, pueden resultar muy blandos y deben desecharse.

Para poder utilizar estos materiales se deberán hacer pruebas que determinen que sus características son idóneas para las capas en las que se van a emplear.

Algunas de esas pruebas son: granulometría, grado de dureza, límites

de atterberg, VRS, valor cementante y peso volumétrico seco máximo.

b) Capas de subbase y base.

Se entiende por subbase y base de un pavimento las capas sucesivas de materiales seleccionados que se construyen sobre la subrasante y cuya función es soportar las cargas rodantes y transmitir las en tal forma que no se produzcan formaciones perjudiciales a esta.

Funcionan también como capas rompedoras de capilaridad, y como finalidad económica disminuyen el espesor de la carpeta.

Dada la función que tienen estas capas, se requiere que los materiales con que se construyen sean de mejor calidad que los de las terracerías, y deben cumplir normas en cuanto a tamaño máximo de agregado ($1\frac{1}{2}$ "), buena granulometría, forma más o menos cúbica, rugosidad de las partículas, así como baja plasticidad. Es importante señalar que el VRS será del 100%.

El proceso constructivo para bases y subbases consta de las siguientes etapas:

- Desmante y despalle del banco de materiales.
- Remoción, extracción y carga del material.
- Acarreo del material al lugar de la pista.
- Descarga.
- Mezclado. Se hace cuando se tengan dos materiales. El material se homogeniza y se coloca formando un camellón, en el cual se realiza la estabilización del material, cuando se requiera. Se llama base estabilizadora.
- Incorporación de humedad. Ya homogenizado el material o mezcla de

materiales se le incorpora humedad por medio de una pipa.

- Revoltura. El material debe estar uniforme húmedo por lo que se le revuelve con la motoconformadora hasta lograrlo.
- Tendido. Se efectúa con la motoconformadora de la misma manera que en la terracería.
- Compactación. La selección del equipo que se usará para la compactación de la subbase y base de la pista está directamente relacionada con el tipo de material con el que serán construídas. En aeropuertos, donde se requiere una superficie de rodamiento casi perfecta, la compactación adquiere aún más importancia. Los materiales que se tienen generalmente en las subbases y bases son granulares, como la arena y la grava y ocasionalmente arcillas. El equipo de compactación debe entonces elegirse en función de estos tipos de suelos y el grado de compactación deseado.

Para proteger la subbase y base mientras se construye la carpeta, es conveniente la aplicación de un riego de asfalto trabajado de fraguado medio, por lo común en proporción de 1.0 a 1.5 l/m².

c) Carpetas asfálticas.

En los aeropuertos con pistas para operación de turborreactores, las carpetas asfálticas habrán de ser fabricadas en caliente, en planta estacionaria y tendidas con equipos terminadores adecuados. Estos son los aspectos más importantes de su proceso constructivo:

- Materiales áridos (agregados). Deben cumplir las normas en cuanto a granulometría, densidad y peso volumétrico, dureza y límites de Atterberg.
- Cemento asfáltico. Es un residuo de la destilación de crudos de

petróleo. Mediante una adecuada combinación de adiclonantes se obtienen características específicas en base a las cuales se clasifican. Dicha clasificación es del No. 1 al No. 12, atendiendo a sus características físicas y sobre todo a su tiempo de fraguado.

En los aeropuertos mexicanos se especifican cementos asfálticos del No. 6 (fraguado, dureza y elasticidad medias), aunque se toleran de No. 5 y del No. 7.

- Preparación de la mezcla. Existen dos tipos fundamentales de plantas para preparación de mezclas asfálticas: las llamadas "de bachas", con capacidad hasta de 2.8 ton/hora, y las "de producción continua", que producen hasta 350 ton/hora.

Estas últimas prácticamente han desplazado a las primeras y su esquema de funcionamiento se puede apreciar claramente en la figura 30.

- Tendido y compactación. El tendido se simplifica con el empleo de máquinas terminadoras ("finisher"), que tienden franjas limitadas sólo por el tamaño de la máquina. Los espesores son controlados por medio de una placa enrasadora que mediante el movimiento de tornillos, puede ir ajustando los espesores conforme el tendido avanza.

Una vez que la temperatura desciende hasta unos 95°C se inicia la compactación inicial, empleando una aplanadora con rodillos lisos en tándem.

Terminada la compactación inicial, se hace entrar un compactador neumático autopropulsado, que pasará tantas veces como sea necesario para lograr la compactación especificada.

En la actualidad con el uso de máquinas provistas de rodillos vibratorios, se puede acelerar notablemente el proceso de compactación de la carpeta asfáltica.

d) Mezclas frías.

Este tipo de mezclas elaboradas con asfalto rebajado de fraguado rápido y tendidas con motoniveladores, deben reservarse para pistas de características modestas.

Esto es debido a las dificultades que presentan para lograr acabados que cumplan con las tolerancias de nivel.

Existen equipos que permiten fabricar y tender simultáneamente mezclas a base de emulsión asfáltica. La máquina combina un área de almacenamiento y dosificación con otra de mezclado y tendido, permitiendo lograr buenos resultados en una sola operación. La compactación se realiza básicamente con aplanadora tándem, sin vibración.

e) Pavimentos de concreto hidráulico.

Al escoger este tipo de pavimento se tiene un ahorro en una de las capas, ya que como se vió, sólo se requiere de una subbase debido a que el concreto transmite esfuerzos menores a las capas inferiores.

La pista de concreto hidráulico consta de una losa de concreto hidráulico, una subbase de material seleccionado, y la capa subastante apoyada sobre el cuerpo del terrapién.

El pavimento de concreto hidráulico se construye por medio de losas cuyo espesor está en función de la tensión por flexión que puedan resistir al aplicarles la carga.

Los siguientes factores deberán tomarse en cuenta dentro del proceso constructivo.

- Agrietamiento
- Utilización de refuerzo
- Juntas de expansión, construcción y contracción.

El procedimiento de construcción consta de las siguientes etapas:

- 1.- Terracerías y subbase
- 2.- Losa de concreto

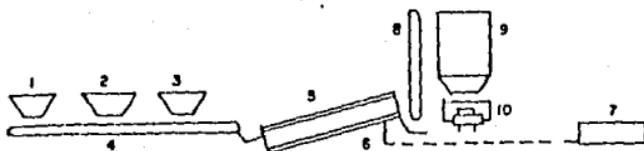
Las terracerías y subbase siguen los mismos procedimientos utilizados en la construcción de pavimentos flexibles.

Para las losas de concreto se sigue el método convencional que incluye cimbra, mezcla y revoltura de agregados, colado, vibración y afinación de la superficie.

f) Carpetas de pavimento mixto. (figura 31).

Para realizarlas deben seguirse las siguientes recomendaciones.

- El concreto hidráulico deberá estar totalmente terminado y sellado antes de construir el asfalto.
- La losa enterrada que sirve de transición deberá tener un acabado áspero para lograr que la carpeta asfáltica se adhiera a él.
- La base se emparejará con el borde de la losa enterrada y se impregnará la superficie con asfalto rebajado o emulsión de fraguado medio.
- Se aplicará riego de liga recomendado para la base y se tenderá la carpeta asfáltica con la manguera espesora de la petrolizadora, cuidando de no producir encharcamientos de asfalto.
- Se cubrirá la cuña de transición con concreto asfáltico, evitando que queden huecos en los extremos.



- | | |
|------------------------|-----------------------------|
| 1 Tolva de finos | 6 Aspersor de asfalto |
| 2 Tolva de medianos | 7 Tanque térmico de asfalto |
| 3 Tolva de gruesos | 8 Elevador de mezcla |
| 4 Banda transportadora | 9 Silo de almacenamiento |
| 5 Secador-levador | 10 Transporte |

Fig. 30 Esquema de planta asfáltica de producción continua



Fig 31 Pavimento mixto

- Finalmente se procede a colocar el espesor de concreto asfáltico normal para la carpeta, sin huecos entre las capas y haciendo coincidir los niveles.

g) Sellos.

En las áreas de maniobra aeronáutica está prohibido utilizar riegos de sello de material pétreo de pequeño tamaño, ya que siempre hay desprendimiento de partículas que pueden dañar hélices, fuselajes o turbinas.

Si se requiere sellar una superficie para mejorar sus características, sólo se podrán emplear morteros asfálticos, elaborados con arena fina y una emulsión de fraguado medio. El espesor promedio de este sello será de 3 mm.

F) Señalamiento.

Comúnmente es llevado a cabo por contratistas especializados que cuentan con equipo diseñado para este propósito.

En las áreas de maniobra es obligado utilizar pintura con microesferas de vidrio para darles características de luminosidad nocturna por reflejo.

Tanto la pintura como la microesfera se aplicarán en el espesor que las normas indiquen. Es importante destacar la inconveniencia de aplicar pintura sobre carpetas jóvenes, ya que los solventes de la pintura reaccionan con el asfalto fresco provocando una coloración amarillenta en la pintura blanca, la aparición de grietas tipo "piel de cocodrilo" y posteriormente, el desprendimiento de láminas delgadas de material

compuesto por la pintura y finos de la carpeta.

Por lo tanto, será conveniente esperar por lo menos 30 días a que el asfalto superficial se haya endurecido y oxidado en contacto con el aire, antes de proceder a la pintura.

III.2 RECONSTRUCCION DE AEROPUERTOS.

La reconstrucción, rehabilitación y ampliación de la capacidad de los sistemas del aeropuerto mediante obras de infraestructura, pueden quedar incluidos dentro de las actividades de Construcción de Aeropuertos.

Existen algunos factores que hacen necesario reconstruir, rehabilitar o ampliar la capacidad de los sistemas del aeropuerto, entre los que se encuentran:

- Saturación del edificio terminal.
- Insuficiente longitud de pistas para los nuevos equipos de vuelo.
- Deficiencias estructurales de los pavimentos, así como bajo índice de servicio de los mismos, por deterioro.
- Deficiente capacidad de las zonas de almacenamiento de combustible por aumento de la demanda.
- Obsolescencia de las instalaciones por nuevos avances tecnológicos.

Cuando se presenta una o varias de las situaciones anteriores, y una vez que se ha decidido reconstruir alguna parte del aeropuerto, se debe establecer comunicación oficial con las autoridades aeronáuticas para coordinar las actividades a emprender, antes y durante la ejecución de las obras.

La coordinación adecuada con las autoridades del aeropuerto

permitirá establecer conjuntamente los horarios y condiciones de trabajo, el control del acceso a vehículos y personal, notificación a las compañías aéreas, etc., con el propósito general de garantizar la seguridad al tráfico aéreo y reducir molestias a los usuarios del aeropuerto, sin afectar el programa de trabajo.

No se puede olvidar que se deben observar los reglamentos y normas de seguridad establecidas por las organizaciones internacionales, por lo que existen autoridades encargadas de vigilar el cumplimiento de dicha reglamentación.

De este modo, la Dirección General de Aeronáutica Civil (DGCA) se encarga de lo relativo a las operaciones aeronáuticas; La Administración de Aeropuertos y Servicios Auxiliares (ASA) del control el acceso de equipo y personal al aeropuerto; finalmente, el organismo Servicios a la Navegación en el Espacio Aéreo Mexicano (SENEAM) se ocupa de mantener comunicación constante y eficiente entre torre - aeronaves - áreas de maniobra.

Una vez descrito el panorama de estrecha coordinación entre autoridades y ejecutantes, se lleva a cabo la obra física de la reconstrucción aeroportuaria.

Para ejemplificar ésto, de las situaciones antes mencionadas que justifican la rehabilitación de un aeropuerto, se describirá lo referente a la reconstrucción de pavimentos asfálticos.

Dado que las condiciones locales de suelos e hidrología subterránea son diferentes en cada caso, el proyecto de reconstrucción de pavimentos es una tarea compleja, que requiere de estudios previos y comparación de alternativas de solución.

Así por ejemplo, cuando se trate de renivelaciones con reposición de carpetas, será necesario revisar la estructura existente recorriendo al detalle las áreas pavimentadas, para percatarse del tipo de falla, así como su extensión y magnitud.

Otro procedimiento de evaluación recomendable consiste en transitar un equipo rodante de unas 10 o 15 ton. de peso por pierna (compactador neumático), con el fin de detectar y marcar zonas con baches o rebotes, en las que existen fallas estructurales. El equipo pesado busca simular el paso de una pierna de avión.

Una vez que se han definido las áreas que requieren reparación, el procedimiento a seguir es similar al de obra nueva. Dicho procedimiento puede resumirse a lo siguiente:

- Remoción de los materiales superficiales de mala calidad hasta alcanzar el piso resistente.
- Reposición de las nuevas capas del pavimento utilizando materiales de calidad y colocación controlada.

Por regla general, los rebotes detectados mediante el tránsito de equipo pesado tiene su origen en deficiencias de subdrenaje, que provocan saturación excesiva del terreno de cimentación.

Por esta razón, los trabajos de reconstrucción de pavimentos deberán considerar también la evaluación de las condiciones de subdrenaje y la rehabilitación o instalación del sistema de drenaje, con tubería perforada a los lados de la franja pavimentada.

Es importante señalar que cuando las reconstrucciones se realizan en áreas en que resulta imposible suspender las operaciones aeronáuticas, se

opta por trabajar de noche, con los naturales inconvenientes de supervisión y calidad de las obras.

Otro aspecto que se debe considerar en trabajos de reconstrucciones nocturnas, consiste en la adecuada preparación de rampas transversales al eje de la pista al final del tramo ejecutado durante la noche.

Es preferible que dichas rampas sean de descenso con relación al sentido de circulación predominante de las aeronaves, con una pendiente nunca mayor al 1% a fin de evitar riesgos de daño a los equipos de vuelo.

Finalmente podemos decir, que la variedad de soluciones que se dan a una reconstrucción dependerá básicamente de los estudios que se tengan realizados a largo plazo desde la concepción del proyecto, es decir, que el plan maestro se vaya cumpliendo de acuerdo a los pronósticos hechos.

Así en la actualidad, los aeropuertos construídos recientemente necesitarán, a un plazo determinado, de ampliaciones futuras en pista, plataformas, edificios, estacionamientos e iluminación de las instalaciones exteriores, para poder satisfacer la demanda requerida de pasajeros y equipo de transporte.

III.3 CONSTRUCCIÓN DE EDIFICACIONES.

Después de analizar los procedimientos de construcción de la zona aeronáutica, se explicarán ahora los puntos más importantes que deben tomarse en cuenta en la construcción de los edificios que compone el aeropuerto. Dichos edificios pueden resumirse a los siguientes:

- Edificio Terminal de Pasajeros, que es generalmente elemento identificador del aeropuerto.

- Edificio Anexo Oficinas, que es el elemento de control de las áreas exteriores y despachos del vuelo.
- Edificio Anexo Casa de Máquinas, que es el elemento donde van alojadas todas las instalaciones eléctricas y de ayudas del aeropuerto.
- Torre de Control, que constituye proplamente el elemento de control del espacio aéreo, y el Edificio Cuerpo de Rescate y Extinción de Incendios (CREI), para el alojamiento de personal y equipo de rescate.

Los proyectos del Edificio Terminal de Pasajeros son generalmente complicados ya que se trata de un elemento representativo del aeropuerto.

El proyectista trabaja con base en grandes espacios que complican el proceso constructivo y obligan tanto al constructor como al supervisor, a analizar las alternativas de procedimiento, para cubrir adecuadamente los aspectos relativos a los trabajos de rellenos, excavación, cimentación, super estructura, albañilería, acabados e instalaciones.

Debido a todo esto, cada aeropuerto presenta una solución distinta para el Edificio Terminal de Pasajeros.

Pero existen otros edificios cuyo proyecto puede utilizarse repetidamente en diferentes aeropuertos.

Estos edificios son los Anexos para Oficinas y Casa de Máquinas, el del CREI así como el de Torre de Control.

a) Edificios Anexos.

La concepción más conveniente y sencilla de su construcción, es la de las naves industriales comunes a base de marcos estructurales, siempre

cimentados en zapatas corridas, ligadas con trabes de rigidización, tanto en la cimentación como en la superestructura. La techumbre se apoyará en el conjunto de marcos rígidos que se levantarán en número suficiente para dar las dimensiones deseadas al edificio.

Los muros que se requieran tanto en el exterior como en la distribución interior, serán de relleno y no de carga, lo que facilita su construcción y permite elegir materiales económicos, siempre y cuando las características de proyecto sean resistentes. La cancelería se adecuará a las condiciones y propósitos deseados, pudiendo utilizarse perfiles de aluminio o lámina de acero corrugada.

Los acabados interiores o exteriores, instalaciones hidrosanitarias y eléctricas, y sistemas de control de ambiente, podrán diseñarse tan sencillos o complejos como se quiera.

Lo importante será, en el caso particular de los anexos para Casa de Máquinas, prever todos los ductos que se requieran para conducciones eléctricas e hidráulicas tanto para servicios generales del propio aeropuerto, como para ayudas a la navegación aérea.

En el Anexo para Oficinas, será conveniente prever instalaciones para equipos de radio-comunicación, telex y meteorología.

b) Edificio del CREI.

Consiste típicamente en dos cuerpos constructivos: uno para alojar el personal en dos plantas y otro un cobertizo para el estacionamiento de los vehículos para emergencias.

El cobertizo se trabajará como un elemento de tipo industrial, con

una altura suficiente para el adecuado alojamiento de las unidades de rescate y ventilación; estará totalmente abierto en la zona de salida de las unidades, ligándose al cuartel por la parte posterior. En los costados habrán de levantarse muros que alojarán armarios que guarden los implementos de trabajo del personal.

Dentro del cobertizo preferentemente no deben existir obstáculos; por lo tanto se diseñarán una techumbre adecuada para grandes claros, y evitar la presencia de columnas en su interior. Resultan convenientes los modernos sistemas de diseño a base de estructuras especiales aligeradas, donde se proponen soluciones convenientes.

El edificio para el alojamiento del personal no presenta mayores problemas, ya que su sistema constructivo es tipo, a base de estructuras de concreto armado en sus dos plantas.

c) Torre de Control.

En el caso de la Torre de Control, construída principalmente por cuadros, pentágonos, hexágonos, círculos, etc., construyéndose además, si se requiere, con la misma geometría que las cabinas.

Por razones de rapidez en ejecución de obra, el proceso de colado es a base de cimbra deslizando, lo que permitirá su realización en plazos de 72 a 96 horas.

La estructura de la cimbra deslizando a base de duela y gatos hidráulicos se acomoda sobre el lecho alto de las contratraves inicialmente.

Después de colocar la duela en los costados, los gatos hidráulicos,

para la elevación se plantan en sus barras guía y se dispone todos los elementos para un colado continuo. Durante el proceso que una vez iniciado deberá interrumpirse, un grupo de trabajadores, preparará el concreto y otro lo acarreará hasta el malacate que lo conduzca hasta el nivel de trabajo.

Los encargados de colado reciben el concreto, lo distribuyen y lo preparan para su vibrado, al tiempo que otro grupo va acomodando el acero de refuerzo sobre el nivel del colado.

Se tiene también un andamio perimetral donde otras personas se harán cargo de afinar el acabado que va quedando expuesto durante el avance de la cimbra.

En el área del fuste se localiza principalmente el elevador, así como la escalera de caracol prefabricada, elementos de acceso a subcabinas y un pequeño ducto para las instalaciones.

d) Subcabinas y cabina.

El área de subcabinas está integrada por elementos de concreto hidráulico, que constituyen una continuación del fuste. El techo de la subcabinas sirve para el desplante de la cabina.

En esta subcabinas se encuentran una serie de servicios tales como accesos para el elevador y escalera, servicios sanitarios y áreas para el alojamiento de equipos.

El procedimiento constructivo se inicia con la colocación de los andamios, desde el nivel del terreno natural hasta alcanzar una altura aproximada de 18 m., para recibir dos losas de concreto con una separación

de 50 cm. que sirve para ductos e instalaciones, y es proplamente el piso de la subcabina.

La parte superior (techo de subcabina) está compuesta por una losa doblemente armada y con las preparaciones necesarias, para recibir domos de ventilación e iluminación. Dentro de la estructura existen travesaños principales de carga donde se localizan dados para el desplante de columnas metálicas por medio de anclas y bases, para la estructura de la cabina.

La solución estructural en cabina está compuesta principalmente por cinco o seis columnas metálicas, con techo de losa de concreto doblemente armada.

En el capítulo II de Proyecto de Aeropuertos se pueden observar croquis ilustrativos del edificio del CREI y de la Torre de control, en el apartado referente al Proyecto Arquitectónico.

III.4 CONSTRUCCION DE INSTALACIONES INDUSTRIALES

En este apartado, en forma similar el Proyecto de Instalaciones Industriales del segundo Capítulo, se presenta un panorama general de los elementos importantes que deben tomarse en cuenta en los procesos constructivos para instalaciones de almacenamiento de combustible, ayudas visuales y para las instalaciones electromecánicas, hidráulicas y sanitarias.

A) Procedimientos constructivos en las instalaciones de almacenamiento de combustible.

Al igual que en el área de las edificaciones, convendrá desplantar la zona de almacenamiento de combustibles sobre un terrapién que la eleve

sobre el terreno circundante, para permitir un adecuado drenaje superficial.

Los terrapienes se desplantarán sobre el terreno, previamente desmontado y despalmado, y se compactarán al 90% del p.v.s.m.

Antes de tender las carpetas, existen instalaciones que se alojarán en la capa subastante, como son:

- Tuberías de conducción de agua de la red contra incendios.
- Conducciones para alimentación eléctrica.
- Tuberías para conducción de combustible.
- Conducciones para control de motores.

Posteriormente se rellenará y compactará según lo previsto, y se tendrá la carpeta de concreto hidráulico, con espesores de 15 a 20 cm.

En las áreas destinadas al tránsito vehicular, se podrán construir pavimentos flexibles.

Es importante señalar que al terminarse la construcción de las terracerías, se deberán construir las cimentaciones en que se apoyarán los tanques de almacenamiento.

Dicha cimentación será construída a base de soportes de mampostería o concreto hidráulico, apegándose a la geometría de los tanques.

La línea de distribución de combustible a plataforma se instalará, como se mencionó, antes del tendido de la carpeta, y se tendrá una pendiente descendente desde el almacenamiento hasta la plataforma, para aprovechar la gravedad en auxilio del bombeo.

Una vez terminada la línea de distribución, debe limpiarse haciendo pasar por ella un cepillo impulsado por aire comprimido, antes de que el

combustible la llene.

En relación al edificio de control y vigilancia, tendrá un procedimiento sencillo tanto para estructura como para acabados, recordando que se deberán prever las conducciones necesarias para alimentaciones eléctricas y control de los sistemas de bombeo.

B) Procedimientos constructivos para el sistema de Aguas Visuales y Sistemas de Iluminación.

Como se había mencionado anteriormente, la Comisión Federal de Electricidad (CFE) es la empresa encargada de suministrar energía eléctrica a los aeropuertos, y dependiendo, de las tensiones que se reciban, se elegirán los equipos de transformación eléctrica encargados de dar las tensiones requeridas para el consumo de alumbrado y fuerza.

También se señaló que existen subestaciones eléctricas destinadas especialmente para las Ayudas Visuales, construidas de acuerdo a la tensión suministrada por CFE y a la capacidad de servicio que proporcionarán.

Dichas subestaciones eléctricas son construidas esencialmente a base de gabinetes de lámina de acero fabricadas en secciones, atornilladas con flexibilidad para ampliaciones futuras.

En relación al cableado para ayudas visuales, es conveniente que cuando sigan una ruta por edificios, calles, banquetas o áreas pavimentadas, se canalicen los cables para obtener mayor facilidad de instalación y protección.

Esta canalización puede hacerse empleando ductos de concreto.

Cuando la ruta del cableado se encuentre en lugares abiertos, como franjas de seguridad en pista, rodajes y plataforma, el cableado podrá enterrarse directamente.

Si se trata de un gran número de cables y la distancia es corta, se pueden utilizar trincheras, con tapa de lámina o de concreto. También se podrán utilizar ductos metálicos, generalmente tubería conduit de pared gruesa galvanizada.

Es importante señalar que por norma deben construirse registros en los puntos de cambio de dirección, como cruces de pista, rodajes y plataforma. Por lo general, estos registros se construirán a cada 50 o 60 m. y sus dimensiones se adaptarán de modo que permitan la curvatura especificada para los cables.

A través de las subestaciones eléctricas y con el cableado requerido se proporcionará energía para las diferentes Ayudas Visuales Luminosas del aeropuerto.

Otros elementos que deben considerarse con importancia, dentro de las Ayudas Visuales, son el cono de viento y el faro giratorio.

El cono de viento proporciona información respecto a la dirección del viento y está construido a base de tela de nylon color blanco o naranja, debiendo ser a prueba de agua; está montado en un soporte giratorio acoplado a un mástil y en su parte superior tiene una estructura de cuatro brazos horizontales a 90° entre sí, donde se instalan lámparas tipo reflector y luces de obstrucción.

El faro giratorio localiza e identifica el aeropuerto durante la aproximación visual, mostrando alternadamente destellos blancos y verdes

al girar en torno al eje vertical a una velocidad de 6 rpm. Generalmente se instala sobre la Torre de Control y debe contar con sistema de incendio y apagado automático a base de fotoceldas.

Dentro de los sistemas de iluminación, uno de los más importantes es el del alumbrado de la plataforma de operaciones. Este sistema debe considerar tanto el nivel como la uniformidad de la iluminación, así como reducir al máximo el brillo de la fuente de luz; de este modo se podrá dar mayor visibilidad a los operadores de Torre de Control, pilotos, pasajeros y personal de servicio.

El tipo de luminaria empleada para el alumbrado de plataforma de operaciones en los aeropuertos es a base de proyectores con lámparas de vapor de sodio de alta presión de 400 a 100 w, instalados en postes telescópicos de 16 m. de altura.

Asimismo, se instalará luz de obstrucción doble de 100 w.

La ubicación de los postes de alumbrado en plataforma es a 9 m. del borde de la misma y estarán separadas 90 m. entre sí.

C) Procedimientos Constructivos para Instalaciones Electromecánicas, Hidráulicas y Sanitarias.

Sería muy difícil hablar sobre Instalaciones Electromecánicas en forma general para todo el aeropuerto. Algunas de ellas ya se han visto en el apartado anterior sobre ayudas visuales, y ahora nos referimos a algunos elementos del aeropuerto que requieren de dichas instalaciones.

a) Edificio Terminal.

Por lo general, para proyectar el alumbrado en este edificio se toman

en consideración las alturas de las áreas a iluminar; para alturas normales las luminarias que se emplean son de tipo empotrar de 38.5 w; asimismo, se usa iluminación incandescente de diferentes capacidades. En las áreas de doble altura se emplearán luminarias para lámparas de descarga, ya sea de vapor de mercurio o de vapor de sodio de alta presión.

b) Torre de control.

Sin lugar a dudas, la Torre de Control es un punto muy importante dentro del conjunto aeroportuario, ya que la mayoría de las actividades desarrolladas en él, giran alrededor de la Torre.

Algunas instalaciones requeridas en la Torre de Control son las siguientes:

- Planta de basamento: maquinaria y controles del elevador.
- Planta Subcubina: gabinetes con transmisores y receptores, gabinetes de comunicaciones y meteorología, grabadora y gabinete de un radio de enlace multicanal.
- Planta cabina: consola de control de canales de radio, consola de control meteorológico, sistema de intercomunicación, consola de Ayudas Visuales y pistola de señales.
- Planta de azotea: Faro giratorio, cono meteorológico, antenas para intercomunicación y señales, y sensores.

La iluminación de la Torre de Control en el basamento, fuste y subcubina se resuelve de la manera tradicional, no así en la cabina, donde se pide una iluminación con una luminaria que no produzca reflejos en los vidrios, pues éstos se pueden confundir con las luces de los aviones.

c) Edificio del CREI.

Este edificio, como se sabe, está considerado para alojar los equipos de bomberos y su personal y se le dota de los servicios e instalaciones apropiadas para producir un ambiente agradable a sus ocupantes.

La iluminación se resuelve tratando esta zona como habitacional; el cobertizo tiene una altura de 6 m. colocándose luminarias tipo industrial de 110 w.

d) Edificios Anexos.

El edificio Anexo de Oficinas contará con un sistema de iluminación a base de luminarias tipo empotrar fluorescentes, así como las instalaciones requeridas por Teléfonos de México, cuyos equipos se encuentran en este edificio.

El Edificio Anexo de Casa de Máquinas contará con instalaciones de SENEAM, ayudas visuales y aire acondicionado, así como para equipos hidroneumáticos.

La iluminación es por medio de luminarias tipo industrial 38.5 w., y para su distribución se considera la localización de los gabinetes de las subestaciones, con el fin de evitar tener las luminarias encima de éstos.

En relación a las instalaciones hidráulicas, el aprovisionamiento de Agua se realiza por lo general de un pozo profundo y en algunos casos se obtiene de la red municipal.

La conducción se efectuará por medio de una línea de tubería de asbesto-

cemento o fierro galvanizado hasta la cisterna principal, desde donde se distribuirá para satisfacer las diferentes necesidades que requiere el aeropuerto; usualmente estas necesidades son bajas y se encuentran en un intervalo de 5 a 15 l/s.

Al final de la conducción se construirá un tanque de almacenamiento y regularización, cuyo fin es transformar el régimen de llegada al régimen variable de salidas o demandas.

Para la distribución de agua en los edificios, se optará por el sistema de abastecimiento por presión, a través de un sistema hidroneumático o sistema de bombeo programado.

Las instalaciones sanitarias tendrán por objeto principal retirar las aguas utilizadas y materias de desecho; se efectúa por medio de tuberías y de acuerdo a los reglamentos sanitarios.

El sistema se divide en:

- Derivaciones o ramales.

Enlazan los muebles sanitarios con las columnas y, pueden ser: derivación singular y derivación en colector. En el primer caso, el diámetro depende del tipo de mueble; en el segundo caso, varía con la pendiente y cantidad.

- Columnas o bajadas.

Son tuberías verticales que se conectan en su parte inferior a los colectores y a la altura de cada piso; reciben las evacuaciones a través de los ramales.

- Colectores.

Recoger y transportar horizontalmente el agua de las columnas, y a fin de facilitar su limpieza, estarán dotados de registros, los que se

colocan a distancias no mayores de 15 m.

III.5 CONTROL DE OBRA Y CONTROL DE CALIDAD.

Hemos llegado a uno de los puntos fundamentales para la construcción de una obra civil, el control de obra y el control de calidad. A través de ellos se logrará una planeación adecuada del programa de ejecución de obra y se obtendrá el nivel de calidad requerido en las especificaciones.

También por medio de dichos controles se podrá concluir la construcción del aeropuerto en el plazo señalado, iniciando la operación del mismo sin molestias; además se evitarán gastos innecesarios de mantenimiento debidos a la mala calidad de los materiales.

A continuación se presentarán los aspectos más importantes a considerar en los programas de control de obra y control de calidad.

A) Control de obra.

En todo proceso constructivo se debe contar con una organización tal, que permitirá llevar a cabo una serie de actividades ordenadas y con sentido lógico, que puedan expresar, en forma gráfica los avances de obra en un periodo determinado.

Los aeropuertos se incluyen en este proceso de control de obra y para ello se debe contar durante el desarrollo de la obra con un aparato de información que se encargue de analizar, ordenar, procesar y plasmar en un formato, una gráfica o en cifras, el estado físico y financiero de una obra en un momento determinado o de manera periódica constante.

Pero es necesario señalar, que el llevar el control de obra, no

necesariamente significa presentar los mencionados formatos de información en los cuales se indique que está bien o mal el desarrollo de la obra, sino más bien evitar desviaciones en los recursos y lo que es más importante, conservar el orden lógico de ejecución de los trabajos de construcción.

Es muy importante conocer desde sus inicios el desarrollo de una obra, y sobre todo evaluar su costo y conocer todos y cada uno de los elementos que integran dicho costo.

Para ello se debe partir siempre del presupuesto inicial que es el que marca el arranque del programa de ejecución.

Así, teniendo en cuenta que se ha fijado un inicio, una terminación y un costo iniciales, se deberá saber también con relación al tiempo cuales son los elementos constitutivos del programa de ejecución, para así valorarlos y estar en condiciones de saber cuales son los elementos de más peso durante su desarrollo.

En la figura 32 se puede observar el Programa de obra de Inversiones del Aeropuerto de Bahías de Huatulco, Oax., así como el Reporte del concurso del mismo aeropuerto en la Tabla 3.

Como se mencionó, en toda supervisión de una obra, se requiere contar con un grupo de apoyo para poder procesar toda la información que llega en forma dispersa procedente de los observadores físicos, llamados "checadores", supervisores o sobrestantes, que proporcionan informes diarios.

Esta información debe procesarse para poder relacionarla con los informes que se plasmarán en las gráficas de avance.

| | 1964 | | | | | | | | | | | | 1965 | | | | |
|---|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|--|--|
| | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC | ENE | FEB | MAR | | |
| ZONA DE LUZ CALLE DE LUZ Terracerías Estructuras y Obras de drenaje Plomerías y Instalaciones | | | | | | | | | | | | | | | | | \$ 127 852 43 45 191 631 579 40 172 804 576 73 7 860 536 20 1502 298 903 79 |
| ZONA DE LUZ CALLE DE LUZ Terracerías Estructuras y Obras de drenaje Plomerías y Instalaciones | | | | | | | | | | | | | | | | | \$ 273 331 77 75 240 746 50 365 232 03 29 639 96 75 |
| ZONA DE LUZ CALLE DE LUZ Terracerías Estructuras y Obras de drenaje Plomerías y Instalaciones | | | | | | | | | | | | | | | | | \$ 16 125 51 57 44 67 276 95 86 750 59 |
| CALLE DE HERRANZ Terracerías Estructuras y Obras de drenaje Plomerías y Instalaciones | | | | | | | | | | | | | | | | | 12 705 521 30 16 202 745 65 494 70 84 401 000 64 22 |
| CALLE DE HERRANZ Terracerías Estructuras y Obras de drenaje Plomerías y Instalaciones | | | | | | | | | | | | | | | | | 15 7 334 4 41 |
| CALLE DE HERRANZ Terracerías Estructuras y Obras de drenaje Plomerías y Instalaciones | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 000 000 00 13 505 029 34 18 702 726 44 35 551 452 91 |
| CALLE DE HERRANZ Terracerías Estructuras y Obras de drenaje Plomerías y Instalaciones | | | | | | | | | | | | | | | | | 14 828 463 80 9 149 251 50 295 304 78 01 |
| CALLE DE HERRANZ Terracerías Estructuras y Obras de drenaje Plomerías y Instalaciones | | | | | | | | | | | | | | | | | \$ 61 330 798 01 |
| CALLE DE HERRANZ Terracerías Estructuras y Obras de drenaje Plomerías y Instalaciones | | | | | | | | | | | | | | | | | 126 704 0 0 32 30 2 146 764 154 204 0 249 998 2 46 786 6 578 790 2 247 663 1 822 351 2 10 31 854 1 230 994 1 056 64 4 642 007 1 095 354 4 19 881 2 207 790 35 110 41 8 21 184 0 12 16 358 4 12 862 44 2 |

FIG. 32 Programa de Inversiones (en miles)

AEROPUERTO: INTERNACIONAL BAHIAS DE HUATULCO, OAXACA

DESCRIPCION DE LA OBRA: CONSTRUCCION PISTA 07-25, 2 CALLES DE RODAJE, PLATAFORMAS DE OPERACIONES, AVIACION GENERAL, ESTACIONAMIENTO DE AUTOMOVILES, CAMINOS DE ACCESO Y PERIMETRAL, SISTEMA DE DRENAJE Y OBRAS COMPLEMENTARIAS.

| No. | RESUMEN | |
|-----|--|---------------------|
| 1 | PISTA 07-25 Y OBRAS COMPLEMENTARIAS. Terracerías | \$ 1 127 852 110.00 |
| 2 | PISTA 07-25 Y OBRAS COMPLEMENTARIAS. Estructuras | 199 671 379.44 |
| 3 | PISTA 07-25 Y OBRAS COMPLEMENTARIAS. Pavimentos | 172 954 574.75 |
| 4 | PISTA 07-25 Y OBRAS COMPLEMENTARIAS. Inst. | 1 560 536.28 |
| 5 | ZONA DE LUCES CABECERA 07. Terracerías | 22 068 960.26 |
| 6 | ZONA DE LUCES CABECERA 07. Estructuras | 7 205 714.50 |
| 7 | ZONA DE LUCES CABECERA 07. Pavimentos | 365 232.09 |
| 8 | ZONA DE LUCES CABECERA 25. Terracerías | 16 125 511.07 |
| 9 | ZONA DE LUCES CABECERA 25. Estructuras | 4 467 376.95 |
| 10 | ZONA DE LUCES CABECERA 25. Pavimentos | 365 232.09 |
| 11 | CALLE DE RODAJE "A". Terracerías | 18 213 516.48 |
| 12 | CALLE DE RODAJE "A". Estructuras | 12 719 572.30 |
| 13 | CALLE DE RODAJE "A". Pavimentos | 16 210 262.65 |
| 14 | CALLE DE RODAJE "A". Instalaciones | 894 712.84 |
| 15 | CALLE DE RODAJE "B". Terracerías | 18 787 416.72 |
| 16 | CALLE DE RODAJE "B". Estructuras | 16 210 262.65 |
| 17 | CALLE DE RODAJE "B". Pavimentos | 894 712.84 |
| 18 | PLATAFORMA DE OPERACIONES. Terracerías | 40 420 777.50 |
| 19 | PLATAFORMA DE OPERACIONES. Estructuras | 6 969 140.44 |
| 20 | PLATAFORMA DE OPERACIONES. Pavimentos | 190 014 351.44 |
| 21 | PLATAFORMA DE OPERACIONES. Instalaciones | 2 665 934.94 |
| 22 | PLATAFORMA DE AVIONETAS. Terracerías | 29 082 351.12 |
| 23 | PLATAFORMA DE AVIONETAS. Estructuras | 1 939 781.93 |
| 24 | PLATAFORMA DE AVIONETAS. Pavimentos | 43 593 804.42 |
| 25 | PLATAFORMA DE ESTACIONAMIENTO Y EDIFICIOS | 97 297 883.22 |
| 26 | PLATAFORMA DE ESTACIONAMIENTO Y EDIFICIOS | 873 810.67 |
| 27 | CAMINO DE ACCESO. Terracerías | 1 443 191.28 |
| 28 | CAMINO DE ACCESO. Estructuras | 1 744 580.82 |
| 29 | CAMINO DE ACCESO. Pavimentos | 13 515 009.34 |
| 30 | CAMINO PERIMETRAL. Terracerías | 35 352 492.92 |
| 31 | CAMINO PERIMETRAL. Estructuras | 14 828 463.60 |
| 32 | CAMINO PERIMETRAL. Pavimentos | 9 149 521.50 |
| 33 | CERCA PERIMETRAL | 60 786 014.14 |
| | GRAN TOTAL | \$ 2 186 244 198.70 |

Esta Infraestructura de apoyo se denomina generalmente "Control de Obras", y está disponible exclusivamente para procesar los datos de campo, así como para llevar a cabo el control de la evolución de volúmenes de obra y su costo; no hay que olvidar que todo lo ejecutado físicamente se traduce en costo, que puede llevarse en forma diaria, semanal o mensual.

De esta forma, en una supervisión de obra se podrá contar con un organigrama que permita que la información llegue fácilmente, manteniendo una estrecha relación entre campo y gabinete.

Todo esto redundará en un control de obra ordenado y lógico, que permitirá la correcta ejecución de los trabajos de construcción del aeropuerto.

B) Control de Calidad.

El Control de Calidad es un proceso que debe incluirse en toda obra de Ingeniería Civil, y a mi modo de ver, en todas las actividades de nuestra vida.

Se puede definir el Control de Calidad como un conjunto de esfuerzos, principios, prácticas y tecnología, destinados a mantener o superar la calidad de un producto o un servicio, haciéndolo al menor costo posible.

Existen cuatro aspectos fundamentales que deben incluirse en todo proceso de Control de Calidad:

- Establecimiento de normas de calidad.
- Estimación de la concordancia con las normas.
- Información oportuna y clara.
- Acción cuando no se coincide con las normas.

Estos aspectos deben considerarse para controlar la calidad del proceso constructivo de aeropuertos.

Es importante mencionar que la calidad de la obra es responsabilidad común tanto del supervisor como del constructor, y ambos deben vigilar el cumplimiento de las normas de calidad, evitando delegar responsabilidades en este aspecto.

El Control de Calidad en aeropuertos debe efectuarse en las siguientes tres etapas de acción:

a) Etapa Preventiva.

Es el control de materiales, naturales o producidos, que se emplearán en la construcción de algún concepto de obra, como por ejemplo, los materiales para la fabricación de un concreto hidráulico o una carpeta asfáltica, ya que si dichos materiales cumplen con las características especificadas y son mezclados en las proporciones correctas, mediante procedimientos adecuados, se tendrá la seguridad de alcanzar los resultados deseados.

En esta etapa, las medidas correctivas que pudieran requerirse son generalmente sencillas y económicas.

b) Etapa de Verificación.

Es el control de los conceptos de obra terminados para verificar que se hayan alcanzado los resultados deseados, como puede ser el grado de compactación de una terracería, la resistencia del concreto hidráulico o la estabilidad de un concreto asfáltico.

Si en esta etapa del Control de Calidad tuvieran que tomarse medidas

correctivas, generalmente las correcciones serán muy difíciles y antieconómicas, por la probabilidad de que se requieran medidas correctivas durante esta etapa es muy pequeña, si se efectúa un control de calidad preventivo adecuado.

c) Etapa de Historia.

En esta etapa del Control de Calidad donde se resumen los resultados de las etapas anteriores, permitiendo el conocimiento de las características de los materiales empleados en la construcción y de los conceptos de obra terminados.

Si este conocimiento se difunde a nivel Institucional, se facilita el mantenimiento de la obra así como el seguimiento de su comportamiento y proporciona la experiencia necesaria para elaborar los proyectos de aeropuertos futuros.

C A P I T U L O I V

ASPECTOS LEGALES Y ECONOMICOS DE LA OBRA

Los aspectos legales que intervienen en todas las obras civiles deben considerarse con mucha importancia, ya que sólo así se podrán llevar a cabo en forma correcta los trabajos de construcción.

En el presente capítulo se hará referencia a la licitación de obra pública, que constituye una parte fundamental dentro de los aspectos legales de las obras, aeropuertos en nuestro caso.

Para poder llevar a cabo una obra pública se ha previsto dentro del marco legal de la Nación, la necesidad de realizar licitaciones (concursos) de obra pública, con el fin de buscar las condiciones generales más favorables para el Estado.

La licitación de obra pública es el procedimiento mediante el cual se buscan las mejores condiciones disponibles para el Estado, en cuanto a precio, calidad, financiamiento, oportunidad, etc. Para lograr dichas condiciones, han sido emitidas leyes que establecen bases, procedimientos, reglas, requisitos y demás elementos, con el fin de acreditar economía, eficacia, imparcialidad y honradez para el Estado.

Lo anterior ha quedado expresado en la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, en su Artículo 134, y con fundamento en el Artículo 71 de la misma, ha emitido la Ley de Obras Públicas, su Reglamento y las Reglas Generales para la Contratación y Ejecución de Obras Públicas y

de Servicios Relacionados con las mismas para las Dependencias y Entidades de la Administración Pública Federal, que es en sí el marco en el que se desenvuelven las licitaciones de obra pública.

A continuación se presentará una descripción general de los puntos que integran la Ley de Obras Públicas, para posteriormente explicar los procedimientos de Licitación de Obras Públicas.

A) Ley de Obras Públicas.

La Ley de Obras Públicas se encuentra dividida en varios títulos, los cuales se describen en forma sucesiva a continuación:

TITULO PRIMERO

Denominado Disposiciones Generales.

Establece que la Ley de Obras Públicas es de orden público e interés social, y su objetivo principal es regular el gasto público y las acciones relativas a la planeación, programación, presupuestación, ejecución, conservación, mantenimiento, demolición y control de la obra pública.

TITULO SEGUNDO

Denominado de la obra pública.

Comprende básicamente la planeación, programación y presupuestación de las obras.

En este título se expresan los requisitos que deben cumplir las dependencias o entidades para poder llevar a cabo obras públicas.

TITULO TERCERO

Denominado de las infracciones y sanciones.

En este título se establecen los lineamientos para las sanciones, aplicables a los diferentes tipos de infracción que se pudieran cometer con relación a la Ley de Obras Públicas.

TITULO CUARTO

Denominado de los recursos administrativos.

En este título hace mención a los recursos administrativos de los que puede hacer uso el presunto infractor a la Ley de Obras Públicas en quien está recayendo una sanción, de acuerdo con el título anterior.

Como se mencionó anteriormente, existe también el Reglamento de la Ley de Obras Públicas, que pretende en general, dar continuidad a los principios que orientan la Ley de Obras Públicas, al establecer los mecanismos y procedimientos administrativos de regulación para dar agilidad y oportunidad a la realización de las obras con las mejores condiciones para el Estado, en un plano de equidad cuando éstas son realizadas por particulares.

B) Procedimientos de Licitación de Obra Pública.

Partiendo de que se han cumplido por parte de la dependencia o entidad, los requisitos que ésta pueda ejecutar la obra pública, los procedimientos a seguir en función de la obra ejecutada serán los siguientes:

Licitación de obra pública por convocatoria directa.

- 1.- Se elabora la convocatoria, recabándose las autorizaciones correspondientes y se publica dicha convocatoria, en cuando menos uno de los diarios de mayor circulación, tanto en la localidad donde

se van a ejecutar las obras como en la Ciudad de México; apegándose a lo establecido en el marco legal de referencia la convocatoria deberá contener cuando menos la siguiente información:

- a) Nombre de la dependencia o entidad convocante.
- b) Bases sobre las cuales la dependencia o entidad convoca a los interesados a participar en la licitación.
- c) Identificación de la licitación de que se trata. Como puede ser:
 - Número de licitación.
 - Localidad donde se ejecutarán las obras.
 - Título de la obra.
- d) Fechas en que se realizan las principales actividades de la licitación tales como:
 - Fecha límite para inscripciones.
 - Fecha para la presentación y apertura de proposiciones.
 - Fecha en que se dará a conocer el fallo de la licitación.
- e) Los requisitos a cubrir por los interesados como pueden ser:
 - Capital contable con que deberán contar.
 - Especialidades en que deberán estar clasificados, del Padrón de Contratistas del Gobierno Federal que lleva la Secretaría de Programación y Presupuesto.
 - Si es necesario que presenten las actas constitutivas y las modificaciones a las mismas según el tipo de persona interesada.
 - Si es necesario que presenten su registro tanto como contratista del Gobierno Federal como el de la cámara de la industria que les corresponda.
 - Si es necesario que presenten alguna relación de los contratos que tienen en vigor y de ser así de qué características deberá

tener dicha relación.

- Si es necesario que demuestren su capacidad técnica, de qué manera lo harán.
 - Si es necesario que informen con qué equipo cuentan para ejecutar las obras y de qué manera lo harán.
 - Si se requiere alguna declaración del interesado en cuanto a mora en otros contratos o en cuanto a los integrantes de la empresa para el caso de que sean personas morales, etc.
- f) Si la dependencia o entidad otorgará anticipos y si es así para qué deberán ser usados.
- g) Si la dependencia o entidad requiriera de algún plazo para notificar a los interesados si fueron o no aceptados en la licitación.
- h) Si existe algún costo de las bases de la licitación, de que monto y cuál será la forma de pago aceptada.
- i) En dónde se llevará a cabo la presentación y apertura de proposiciones.
- j) Cuáles serán los lineamientos básicos para designar entre los proponentes al que resultará ser el interesado adjudicatario.

2.- De acuerdo con lo asentado en la convocatoria, la dependencia o entidad, inscribirá a las personas interesadas que cumplan con los requisitos establecidos procediendo a notificar por escrito aceptación o rechazo del interesado; en caso de ser este último se deberán indicar las razones que lo motivan.

3.- La dependencia o entidad elaborará las bases a que se sujetarán los interesados, para la elaboración y formulación de sus propuestas; dichas bases podrán ser las siguientes:

- a) Pliego de requisitos.
- b) Modelo de escrito de proposición.
- c) Forma para relacionar el equipo que se empleará en la obra.
- d) Modelo para análisis detallado de precios unitarios.
- e) Relación de trabajos por ejecutar.
- f) Normas y/o especificaciones generales de construcción, y en su caso las normas y/o especificaciones particulares de la obra.
- g) Programa y montos mensuales de obra y utilización de equipo
- h) Relación de conceptos y cantidades de obra para expresión de precios unitarios y monto total de la proposición.
- i) Resumen por partidas de la relación mencionada en el inciso anterior.
- j) Modelo de contrato para obras a precios unitarios y tiempo determinado.
- k) Relación de planos.

4.- La dependencia o entidad proporcionará a las personas interesadas, las bases de la licitación, de acuerdo a lo establecido en la convocatoria.

5.- La dependencia o entidad notificará de la celebración de la licitación, de acuerdo con la Ley Orgánica de la Administración Pública, entre otros a:

- a) Secretaría de la Contraloría General de la Federación.
- b) Cámara Nacional de la Industria de la Construcción.
- c) En su caso al organismo de coordinación sectorial.
- d) Si procede a su organismo jurídico.
- e) A las demás dependencias o entidades que estuvieren involucradas en la realización de las obras.

- 6.- De acuerdo a lo que establece el marco legal de referencia, la dependencia o entidad procede a mostrar el sitio donde se realizarán las obras a las personas interesadas que así lo deseen, en una fecha determinada.
- 7.- La dependencia o entidad procede a hacer las aclaraciones que se hayan derivado de las dudas presentadas por los interesados o bien de alguna circunstancia no considerada en las bases de la licitación, por medio de circulares aclaratorias.
- 8.- Se procede a la sesión de presentación y apertura de proposiciones de acuerdo con lo siguiente:
- a) Se reúnen tanto las personas interesadas como los servidores públicos involucrados en el lugar, fecha y hora determinados para el efecto.
 - b) Quien preside el acto procede a pasar lista de asistencia.
 - c) Se procede a dar lectura al procedimiento mediante el cual se recibirán las proposiciones.
 - d) Se procede a recibir las proposiciones y revisar genéricamente si éstas son presentadas de acuerdo con las bases ya establecidas; en el caso de que alguna proposición no se apege a dichas bases, será rechazada.
 - e) Procede a dar lectura a cuando menos el importe total de las proposiciones, que son admitidas.
 - f) Se procede a firmar por todos y cada uno de los presentes las proposiciones que fueron admitidas.
 - g) Para el caso en que las bases de la licitación se hubiere solicitado alguna garantía de seriedad de la proposición, se procede a entregar el recibo correspondiente, suscrito por el

representante que haya designado la dependencia o entidad, en el que se deberá indicar en forma expresa en qué consiste la garantía.

9.- Se revisan todas y cada una de las proposiciones admitidas, para saber cuál de ellas reúne las mejores condiciones, entre otras de eficacia, eficiencia y económicas, políticas y sociales; dicha revisión debe realizarse en un ambiente de imparcialidad y honradez. En el supuesto caso que ninguna de las proposiciones admitidas fuente conveniente para el Estado, dicha situación se hará constar en el dictamen correspondiente, documento que sirve como fundamento para el fallo de la licitación.

10.- Se procede a dar a conocer el resultado de la licitación en el lugar, fecha y hora señalada para tal efecto, levantándose el acta correspondiente, en la que se hace constar el resultado de la licitación; dicho documento es suscrito por todos los presentes, aunque cabe mencionar que como en el efecto de apertura, el hecho de que alguna persona no firme el acta no invalida el acto.

C O N C L U S I O N E S

Después de haber realizado el presente trabajo, se puede llegar a algunas conclusiones importantes.

Es necesario señalar, que debido a la amplitud del tema, se intentó presentar de manera general cada uno de los elementos que integran la Planeación, Proyecto y Construcción de Aeropuertos, tratando siempre de cubrir los aspectos más importantes en ellos.

Con esto se pudo constatar la participación del Ingeniero Civil en cada elemento de la obra de infraestructura aeroportuaria, logrando así la transformación de un llano en una obra que beneficia al desarrollo del país: la terminal aérea.

México es un país en crecimiento que ha logrado conformar una red aeroportuaria importante, que ha sido capaz de atender el creciente movimiento de pasajeros, brindando los diversos tipos de servicios que requiere la evolución del transporte aéreo.

Así, para el año de 1990 se espera movilizar a 30 millones de pasajeros, lo que representa un incremento de cinco veces respecto al registrado en 1965, que fue de 5 millones.

Elo significa que el programa de las actividades aeroportuarias logrado por México en 25 años, es un esfuerzo importante que en materia de infraestructura se ha visto en muy pocos países.

Pero si pensamos un poco más hacia adelante, nos encontraremos con que para el año 2000 se espera una demanda del orden de 70 millones de

pasajeros, lo que representa un incremento de más del doble en tan sólo diez años.

Esto significa que para poder atender a esta creciente demanda, se deben tomar las medidas necesarias, tanto a corto como a mediano plazo, con el fin de mantener el nivel de calidad y la capacidad de la Infraestructura requeridos, para proporcionar un servicio eficiente.

Así por ejemplo, se considera que para entonces, la tercera parte de los aeropuertos tendrán problemas por la antigüedad en el uso de los pavimentos.

En cuanto a capacidad de plataformas de aviación comercial casi la mitad de los aeropuertos requerirán contar con ampliaciones; en la actualidad ya se han empezado obras de ampliación en algunos.

También se requerirán ampliar y modernizar los edificios terminales en aproximadamente la mitad de los aeropuertos.

Finalmente, analizado el número de operaciones que se presentarán, se requerirá ampliar la capacidad de las pistas en la tercera parte de los aeropuertos, construyendo más calles de rodaje, o pistas paralelas cuando sea necesario.

Y para lograr este desarrollo de la Infraestructura del transporte aéreo se necesita la participación de los Ingenieros Civiles, con una conciencia clara de su contribución al cambio social, económico y político del país.

Por todo esto, los Ingenieros Civiles de las generaciones actuales debemos preocuparnos por planear pensando en el futuro, proyectar

utilizando las opciones más prácticas, seguras y económicas y construir
apegándonos a las normas de calidad establecidas.

Y sólo así podremos "hacer Ingeniería" y participar en esa
transformación de las condiciones de la naturaleza en obras civiles que
benefician al hombre y que repercuten en el desarrollo de la economía de
nuestro país.

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

- 1.- Vías de Comunicación.
Caminos, Ferrocarriles, Aeropuertos.
Puentes y Puertos.
Carlos Crespo Villalaz. (1979)
- 2.- Estructuración de Vías Terrestres.
Fernando Olivera Bustamante. (1988)
- 3.- Manual del Ingeniero Civil.
Frederick S. Merritt. (1986)
- 4.- Ingeniería de Aeropuertos.
Módulos: Planificación, Proyecto y Construcción.
S.C.T., Dirección General de Aeropuertos. (1986)
- 5.- Topografía.
Montes de Oca. (1985)
- 6.- Aeropuertos.
Edward G. Blankenship. (1974)
- 7.- Experiencias en el uso de equipo moderno en la construcción de
aeropuertos en México.
Santiago Martínez H., Tesis Profesional. (1975)
- 8.- Revista Aviación Internacional.
Noviembre - Diciembre. (1989)

- 9.- Revista Escala.
Aerovías de México. Noviembre. (1989)
- 10.- Plan Maestro del Aeropuerto.
Internacional de Bahías de Huatulco.
Dirección General de Aeropuertos. (1986)
- 11.- Apuntes de Sistema de Transporte.
Del Ing. José Mario Avalos H. (1988)
- 12.- Apuntes de Aeropuertos.
Del Ing. Alfonso G. de Guevedo. (1976)