

# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

29  
33



## CONCEPCION DEL PLAN MAESTRO

**T E S I S**  
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:  
INGENIERO CIVIL  
POR ESESENTAN  
JORGE JAIME BERNAL ESCOBAR  
ALFONSO CAMACHO VERDEJA  
ERIK KALDMAN IRIGOYEN  
MEXICO, D. F. 1983



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



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

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

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

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

## C O N T E N I D O .

- Tema I. Concepto y aplicación del plan maestro.
- Tema II. Sistema del aeropuerto y sus etapas de crecimiento.
- Tema III. Determinación de la primera etapa.
- Tema IV. Características del aeropuerto en función de los servicios requeridos.
- Tema V. Determinación de las especificaciones.

## TEMA I

### Concepto y Aplicación del Plan Maestro.

Plan Maestro.- Plan maestro es aquel que visualiza con la tecnología actual la forma y tamaño (Desarrollo Máximo Probable) que el aeropuerto va a tener al final de su horizonte de proyección que pueden ser 20-25 ó 30 años.

La planeación de un aeropuerto esta basada sobre una multitud de procedimientos y criterios para la evaluación de las necesidades, ordenando prioridades y alternativas, justificando las alternativas Seleccionadas.

En los primeros días de la planeación de aeropuertos, el plan maestro aeroportuario se desarrollo primariamente como un plan técnico viable enfocado hacia los requerimientos operacionales de las aeronaves.

Actualmente, está establecido, como quiera que sea una - multitud de complejas consideraciones técnicas, economicas, financieras y politicas que intervienen en el desarrollo de un aeropuerto.

Tambien actualmente se da una importancia muy grande dentro del plan maestro a consideraciones tales como los efectos externos ( ruido, contaminacion etc.) que pueda producir el aeropuerto. Como resultado de lo anterior, el plan elegido - puede no ser necesariamente el mejor plan tecnicamente hablando. Por esta razon, el plan es un compromiso entre muy diversos requerimientos fisicos y no fisicos del plan

## Aplicación Del Plan Maestro.

La aplicación del plan maestro involucra llevar acabo una serie de objetivos principales los cuales tienen como fin común proveer de líneas de acción, para el futuro desarrollo del aerpuerto, el cual deberá satisfacer la demanda de aviación y ser compatible con los factores externos, el desarrollo de la comunidad y otros medios de transporte.

Más específicamente es una guía para:

- 1) Ir desarrollando las instalaciones y servicios de un aeropuerto.
- 2) Habilitar el terreno del aeropuerto y contemplar la habilitación del terreno circundante.
- 3) Determinar los efectos ambientales que la construcción y operación produzcan.
- 4) Establecer las necesidades de accesos.
- 5) Determinar la factibilidad económica y financiera de los desarrollos propuestos.
- 6) Establecer un orden de prioridades y fases de desarrollo para todos los puntos que se insertan en el plan.

## Contenido Del Plan Maestro.

El contenido del plan maestro de un aeropuerto varía de-  
pendiendo de su ubicación específica; sin embargo, debe incluir  
por lo menos los siguientes puntos.

1) Previsión De La Demanda.-

Las previsiones deben incluir las operaciones de aeronaves número de pasajeros, volumen de carga, correo y tránsito de vehículos. Estas previsiones deben hacerse para las horas pico del día.

2) Desarrollo De Las Soluciones Alternativas Para Satisfacer De Manera Razonable Las previsiones de la demanda.-

Cada solución alternativa debe de tener en cuenta factores -- tales como el impacto en el medio ambiente, seguridad y economía.

3) Determinación Costo-Beneficio De Las Soluciones Alternativas.-

Un analisis de costo-beneficio debe incluir no sólo los costos y beneficios tangibles, sino tambien los más intangibles. Los beneficios tangibles incluyen apartados tales como los referentes a la reducción de demoras de los aviones, beneficios que pueden fácilmente cuantificarse en términos monetarios. Los costos sociales, por otra parte, son mucho más difíciles de calibrar enterminos monetarios y se les suele calificar como intangibles. Existen muchos beneficios de gran importancia en el proceso de toma de decisión y que no pueden medirse a satisfacción del que toma tal decisión. Uno de los mas importantes de entre ellos es el ruido producido por las aeronaves; por -- ello se debe investigar para tomar medidas que no sean de orden monetario.

Por ejemplo, en el caso del ruido se podría llegar a establecer que la disposición de una pista de aterrizaje es más efectiva que la de otra debido a que el número de personas expuestas -- al ruido se reduce a la mitad.

Otro tipo de beneficios que trae consigo la construcción y operación de un aeropuerto en un lugar específico es el posible impulso al desarrollo económico de ese lugar.

Los aeropuertos los podemos semiagrupar en función del régimen al que sirven (tipo de actividad desarrollado en la región). Se ha observado que según el tipo de actividad preponderante — en la región existe una relación con respecto al aeropuerto, de ahí que existan los siguientes grupos de aeropuertos.

1) **Agrícolas:**

Se caracterizan por ser de crecimiento lento y por no — existir una relación directa entre el crecimiento del aeropuerto y el desarrollo de la región.

2) **Industriales:**

Se caracterizan por tener un crecimiento rápido y por existir una relación directa entre el crecimiento del aeropuerto y el desarrollo de la región.

3) **Turísticos:**

Se caracterizan por la creación de poblaciones y por la abstinencia del uso del transporte aéreo de la población local, en estos aeropuertos existe una relación directa entre el crecimiento del aeropuerto y el desarrollo de la región.

4) **Integración:**

En estos aeropuertos el objetivo principal es integrar — una región al desarrollo nacional, generalmente las regiones integradas por vía de un aeropuerto, en un principio se desarrollan gracias a la construcción y operación del mismo y el tipo de mercado que tiene la región en su mayoría son productos primarios sin ningún tipo de elaboración.

A medida que se va desarrollando la región el tipo de mercado se va transformando y con esto va aumentando la importancia de la región en el contexto nacional hasta llegar un nivel en que se justifica su integración por otros medios de transporte, (carretera, ferrocarril, etc.).

Por este motivo el transporte aéreo ya no resulta competitivo con el transporte terrestre y el aeropuerto puede quedar en desuso.

Es decir que el aeropuerto sirvió para integrar la región e impulsar su desarrollo en un principio y posteriormente desapareció, esta es la característica de un aeropuerto de integración.

Debe aclararse que un análisis costo-beneficio no es el objetivo en sí mismo, pero sí una ayuda para tomar una decisión

#### 4) Posibilidad Financiera.

La posibilidad financiera difiere de la económica, en que no existe garantía de que si el desarrollo propuesto es económicamente factible lo sea financieramente. La prioridad de inversiones debe establecerse entre las mejoras a introducir en los diferentes aeropuertos. Frecuentemente el plan maestro de un aeropuerto se separa de la planificación financiera y de la administración; esta última suele tenerse en cuenta solamente cuando se ha adoptado físicamente el plan. A causa de las restricciones financieras, su planificación debe llevarse a cabo de acuerdo con la correspondiente a las instalaciones y servicios.

#### 5) Impacto Ambiental En Las Soluciones Alternativas.

El impacto de cada alternativa debe considerarse e incorporarse en el análisis costo-beneficio.



Aunque el ruido del avión es el principal problema ambiental de cara a las autoridades del aeropuerto, existen otras serie de factores que deben de tenerse en cuenta.

**Coordinación.** Los planos correspondientes al plan maestro de un aeropuerto atrae el interés de los ciudadanos privados, organizaciones de la comunidad, usuarios de aeropuerto, agencias dedicadas a la planificación de zonas y grupos de conservación. Si a estos grupos no se les consulta durante el proceso de creación del plan, probablemente no tendrá éxito al hacerse público, por ello las partes interesadas deberán tener desde el principio conocimiento de su desarrollo y acceso a toda información de importancia.

#### Reconilación de Datos.

El primer paso en la preparación del plan maestro es el recopilar los datos de instalaciones y servicios existentes en otros aeropuertos y los correspondientes a los posibles estudios de planificación de la zona.

Debe de consultarse a las autoridades estatales y regionales en cuanto a transporte se refiere, ya que pueden ser fuentes de datos de valor. El proyectista debe situar todas las instalaciones y servicios del aeropuerto, cómo utilizarlos y establecer igualmente los volúmenes de tráfico dentro y fuera del mismo. Debe establecerse igualmente cómo se ha de utilizar el espacio aéreo y la disponibilidad de ayudas a la navegación y medios de comunicación que ha de servir al aeropuerto. Resulta necesario tener conocimiento del empleo dado a los terrenos adyacentes al aeropuerto, con el objeto de indagar el impacto ambiental que pueden producir las mejoras en los aeropuertos vecinos.

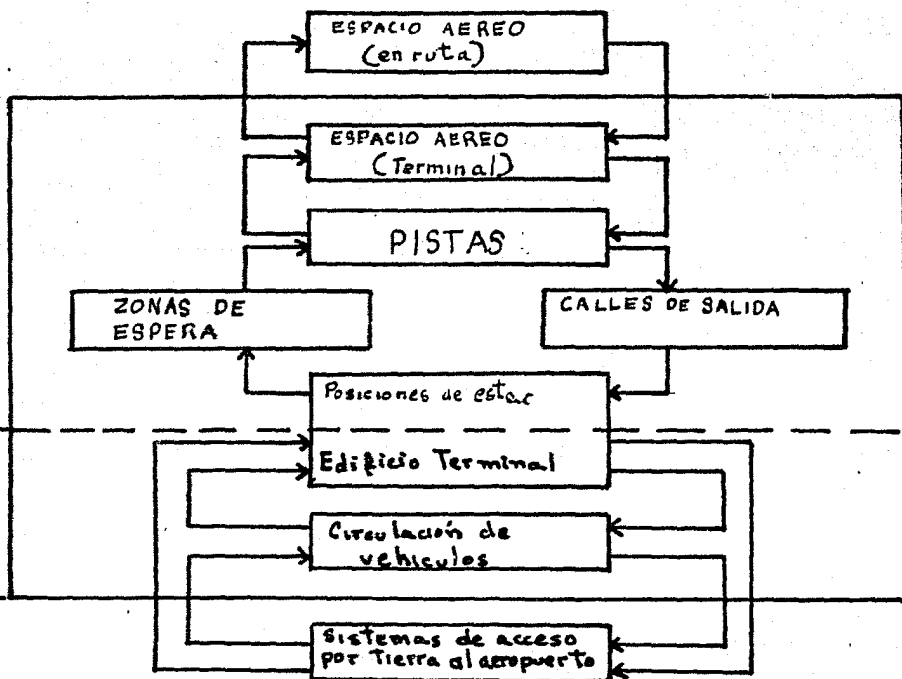
El conjunto de datos socioeconómico (Población, actividad económica, uso del terreno) de la región a la que el aeropuerto sirve, resulta también de interés para la predicción de la demanda, al igual que resulta necesario un estudio de disponibilidad financiera, para mantener las mejoras del aeropuerto dentro de un plan financiero.

Después de esta recopilación de datos nos vemos en la necesidad de pronosticar la demanda mediante varios métodos los cuales se mencionarán en el Tema III.

TEMA II  
SISTEMA DEL AEROPUERTO Y SUS ETAPAS DE CRECIMIENTO.

Como ya se había mencionado en un capítulo anterior, la planificación de un aeropuerto es un proceso que involucra muchas actividades, el análisis de una de estas actividades en forma aislada no conduce a soluciones aceptables.

El sistema aeroportuario se divide en dos componentes principales: "la zona aeronáutica" y la "zona terrestre"

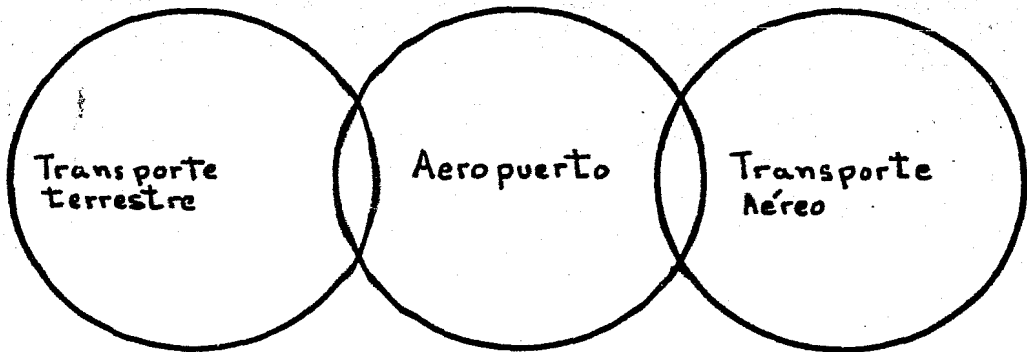


De lo anterior podemos concluir que los aeropuertos se pue  
den clasificar desde dos puntos de vista:

- 1-) Como liga entre dos medios de transporte.
- 2-) Como conjunto de sistemas.

COMO LIGA ENTRE DOS MEDIOS DE TRANSPORTE.

Definición- Aeropuerto es el lugar físico dónde el usuario pasa de un medio de transporte terrestre a un medio de -- transporte aéreo. Como consecuencia de la definición anterior se deduce que un aeropuerto debe satisfacer las necesidades - que le plantea el transporte terrestre, así como también las necesidades que le plantea el transporte aéreo.



Enfocandolo desde este punto de vista el aeropuerto abarca un entorno de concepto muy amplio por lo que se ve la necesidad de definirlo de una manera mas detallada.

#### COMO SISTEMA.

Definición.- Es un conjunto de sistemas integrados de la siguiente manera:

- 1) Espacios aéreos
- 2) Pistas, calles de rodaje, plataformas
- 3) Zona Terminal
- 4) Camino de acceso
- 5) Almacenamiento y Distribución de combustible
- 6) Zona industrial

Espacios aéreos.- Son una serie de superficies imaginarias dentro de las cuales las aeronaves pueden realizar sus maniobras con un mínimo de seguridad.

Pistas, calles de rodajes y plataformas.- Es la parte del aeropuerto en la que estarán circulando o estacionando las aeronaves.

Zona Terminal.- Es la parte principal de conexión entre - el campo de vuelo y el resto del aeropuerto. Incluye las instalaciones para el movimiento de pasajeros, manutención de la carga, conservación y administración del aeropuerto.

Camino de acceso.- Puede consistir en un camino exclusivo o aprovechar un camino existente.- incluye los sistemas de transporte.

Almacenamiento y Distribución de combustible.- Como su nombre lo indica consiste en un sistema de tanques, conductos, pipas, válvulas, mangueras, etc... cuya misión es almacenar, distribuir combustible.

Zona industrial.- Es la zona dónde se lleva a cabo la reparación y mantenimiento de las aeronaves.-la capacidad no afecta al sistema.

La capacidad del conjunto aeropuerto queda definida por el sistema de menor capacidad, esto es debido a la interrelación tan grande existente entre todo los subsistemas. Por ejemplo supongamos que un aeropuerto tiene una capacidad en la zona terminal para manejar un total de 110 000 pasajeros, equivalentes a 60 operaciones por hora, supongamos que la capacidad por pistas, calles de rodaje y plataforma es de 30 operaciones por hora, entonces por más que la zona terminal tenga capacidad de movilizar un número de pasajeros equivalentes a 60 operaciones por hora, no se podrá mover más que el equivalente a 30 operaciones por hora.

Un aeropuerto de buen funcionamiento es aquel que en todos sus sistemas tenga más o menos la misma capacidad, un aeropuerto en el que puede existir mucha capacidad muerta es aquel en el que la capacidad de los subsistemas es muy diferente entre si, en estos casos lo que se debe hacer es incrementar la capacidad de los sistemas con menor capacidad hasta lograr estabilizar la capacidad de todos.

Como se dijo anteriormente el plan maestro visualiza el tamaño y forma de el aeropuerto para determinado horizonte de proyección, este tamaño y forma (desarrollo físico) del aeropuerto no será el que tenga el aeropuerto desde un principio, sino que se ve la necesidad de fijar un tamaño del aeropuerto de acuerdo a las necesidades de demanda más inmediatas.

De otra forma (construyendo el aeropuerto de acuerdo al tamaño y forma que nos indica el plan maestro al final de su horizonte de proyección), se tendría una capacidad muerta en los sistemas y debido al desarrollo de la tecnología, muchas de las instalaciones que actualmente son eficientes, dentro de algunos -- años resultarían obsoletas; por lo tanto se ve la necesidad de fijar un "desarrollo por etapas" del plan maestro que se adapte a los cambios en la tecnología y en la demanda desde un principio.

En contraposición a este punto de vista (desde un principio) existe el que indica que es mejor construir el aeropuerto con todas las facilidades indicadas en el plan maestro al final de su horizonte de proyección, debido a que la construcción futura resultará menos económica debido al fenómeno de inflación. Se ha observado que el punto de vista de "desarrollo por etapas" resulta más adecuado por que va adaptando el plan maestro de acuerdo a nuevas condiciones tecnológicas, y por lo tanto, no se corre el riesgo de tener una construcción obsoleta e ineficiente".

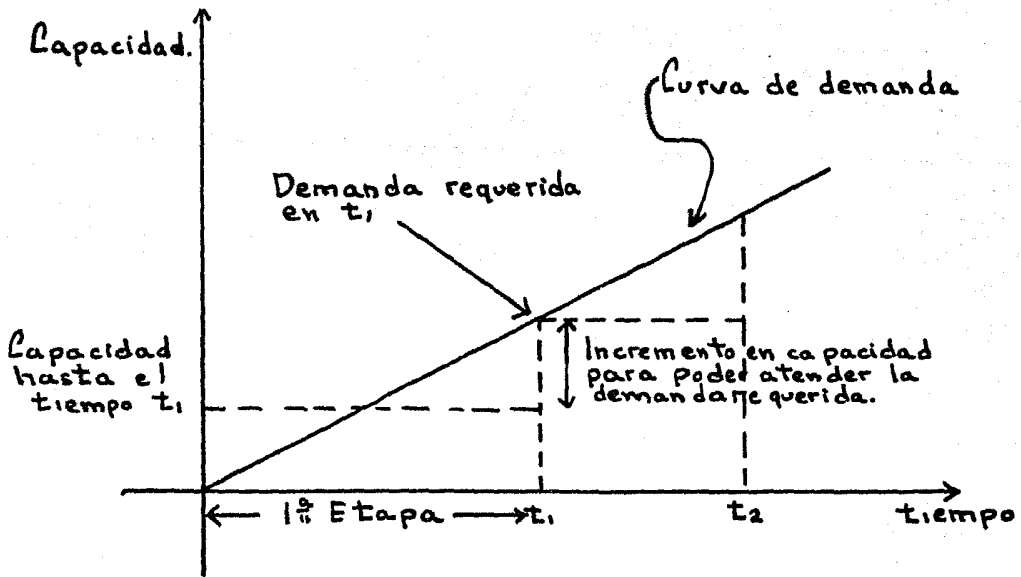


### TEMA III

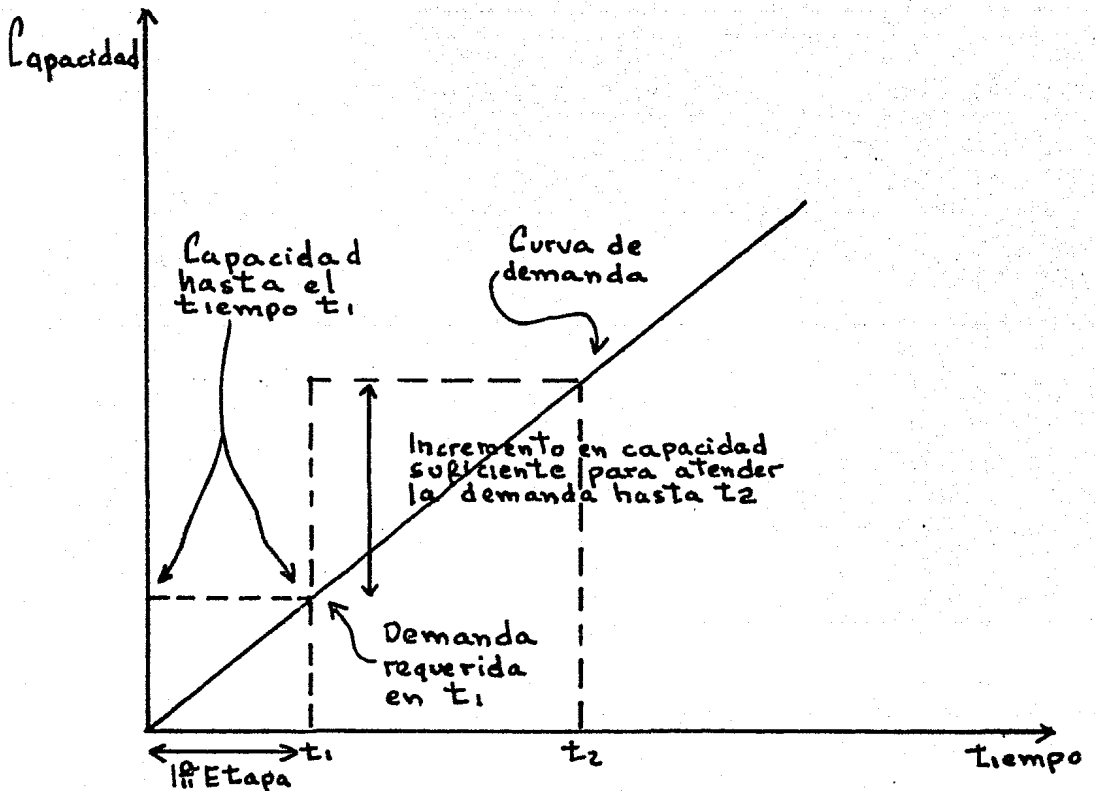
#### DETERMINACION DE LA PRIMERA ETAPA.

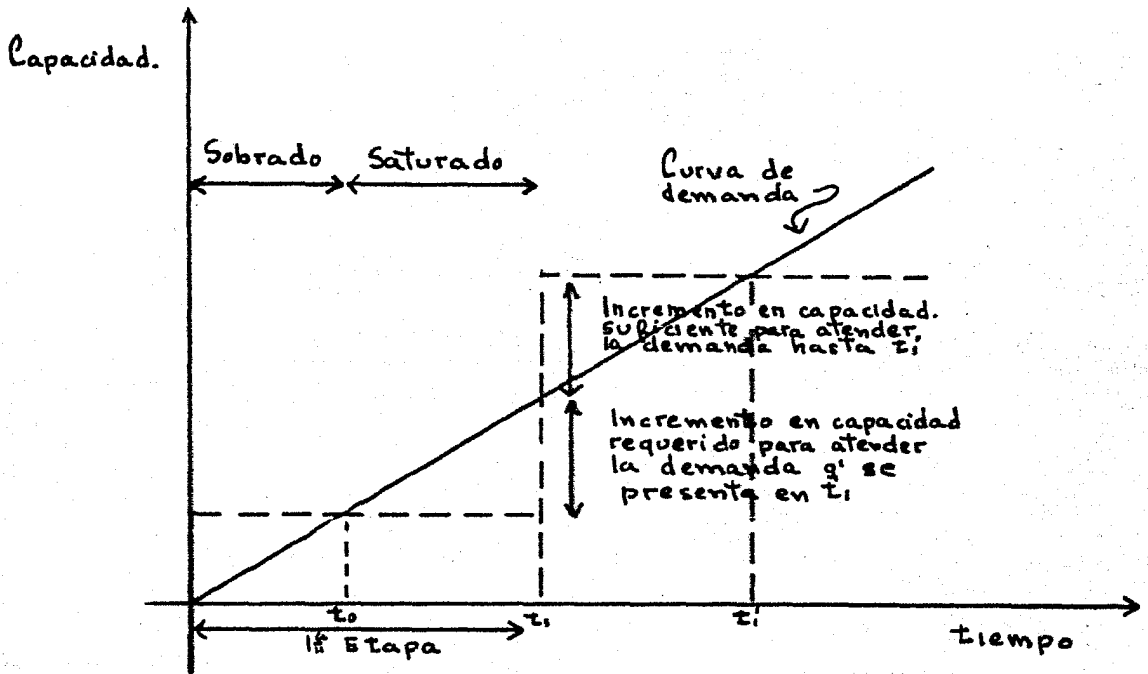
El funcionamiento de un aeropuerto de acuerdo a su relación capacidad-demanda-tiempo puede ser de las siguientes formas:

1) Este tipo de aeropuerto siempre estará saturado debido a que el incremento en capacidad únicamente es el suficiente para servir a la demanda que se presenta en ese tiempo, es decir, la curva de capacidades siempre estará por abajo de la curva de demandas.



Este tipo de aeropuertos siempre estará sobrado en capacidad, debido a que el incremento en capacidad (mejoras al aeropuerto) se realizan inmediatamente que la demanda se iguala a la capacidad instalada, el incremento en capacidad es capaz de servir eficientemente a la demanda hasta el tiempo  $T_2$ .





Este tipo de aeropuerto parte del tiempo se encontrará sobrado y parte del tiempo se encontrará saturado, el incremento en capacidad será capaz de atender la demanda en ese tiempo y parte sera capaz de atender la demanda hasta  $T_1'$ .

Para poder fijar las etapas de desarrollo es necesario - tener una idea aproximada de la demanda, futura, para esto se usan pronósticos. Los pronósticos debén desarrollarse con respecto a los siguientes puntos:

### PRONOSTICOS OPERACIONALES.

- 1-) Desarrollo potencial de operadores, estructura de rutas y su influencia en el aeropuerto.
- 2-) Tipos actuales y futuros de aviones, mínimo de ellos y su proporción en las horas pico.
- 3-) Proporción de aviones de todo tipo.
- 4-) Crecimiento histórico de pasajeros, carga nacional e internacional, llegadas, salidas y tránsito.
- 5-) Horas críticas de diseño (pasajeros, carga, visitantes y empleados.)

### PRONOSTICOS ECONOMICOS.

1-) Actuales y futuras condiciones de competencia del transporte aéreo con otros medios de transporte.

2-) Condiciones financieras.

Los métodos usados para pronosticar son los siguientes:

a-) Métodos basados en curva de tendencias.

- 1) Patrón lineal
- 2) Patrón exponencial
- 3) Patrón asintótico.

b-) Método econométrico.

En las previsiones del tránsito aéreo basados en la proyección de tendencias anteriores, no se tiene en cuenta explícitamente la manera en que las diversas condiciones económicas, sociales y operacionales afectan a la evolución del tránsito.

Cuando las tendencias anteriores han sido uniformes, y persistentes, y hay motivo para creer que la influencia de los factores fundamentales en la evolución continuada no variará de manera apreciable durante el periodo objetivo de la proyección, la proyección de las tendencias constituye indudablemente un método eficaz de pronosticar el tránsito futuro. Sin embargo si la base estadística de la proyección anterior del tráfico ha sido desigual o existe el riesgo de que la continuación de la tendencia experimentada anteriormente por la evolución de tráfico esté en contradicción con la evolución económica, social o técnica real, el pronosticador deberá estudiar los factores fundamentales de la evolución del tráfico.

### CURVAS DE TENDENCIA.

#### Patrón Líneal.

Cuando la tendencia parezca indicar que la variable dependiente (tráfico aéreo) aumenta o disminuye según una constante a través del tiempo, la curva que se ajustaría a dichos datos sería una línea recta. La línea recta expresada en forma  $y = a + bx$ , en la que "y" es la variable objeto de la previsión, "x" el tiempo, y "a" y "b" son constantes, constituye la curva de tendencia más sencilla, pero muchas veces no, representa la tendencia de la evolución del tráfico aéreo. Este tipo de patrón es de naturaleza mecánica y es útil para periodos a corto plazo se ha observado que este tipo de pronósticos no es muy adecuado debido a la cortedad del horizonte de proyección, esta aparente "inutilidad" estriba en el hecho de que el tiempo que transcurre desde que se decide la construcción de un aeropuerto hasta

que se abre al público pasa de 8 a 12 años y el final de la primera etapa se localiza hasta los 20 años por lo que un pronóstico a corto plazo resulta inútil para la planeación.

### Patrón Exponencial.

Cuando la tendencia parezca indicar que la variable dependiente varía según un porcentaje constante a medida que varía la variable independiente (tiempo), la curva correspondiente será una curva exponencial. La ecuación de la curva exponencial viene dada por  $y=ab^x$ , en la que "y" es la variable que debe preverse, "x" el tiempo y "a" y "b" son constantes. Una característica interesante de la función exponencial es que cuando se saca el logaritmo de las variables se obtiene una función lineal:  $\log y = \log "a" + \log "b" (x)$ .

Muchas veces resulta más fácil trazar las variables en papel logarítmico cuando se espera llegar a una tendencia exponencial, ya que la curva vendrá expresada por una línea recta en dicho papel y, por lo tanto es más fácil distinguir.

Este método es eficiente en pronóstico a mediano plazo.

### Patrón Asintótico.

Se ha observado que, a veces una serie experimenta un rápido ritmo de aumento en un periodo de tiempo dado, acaba finalmente por estabilizarse, llegando a un límite superior en determinado punto.

Este concepto de nivel de saturación puede introducirse directamente en la ecuación de una curva de tendencia exponencial, agregando una constante "k" a la ecuación. Dicha ecuación se escribirá entonces  $Y = K + ab^x$ .

Según los valores que adquieran "a" y "b", esta curva puede -  
revestir distintas formas.

Para series muy largas puede ser necesario combinar dos  
o más tipos de curvas de tendencia.

#### Análisis para el ajuste de curvas a datos.

El exámen inicial del tipo de curva de tendencia que -  
mejor se ajusta a una serie cronológica de datos de tráfico  
puede llevarse a cabo utilizando distintos tipos de papel mi-  
limetrado y trazando los datos de formas distintas. Trazando  
los datos en papel cuadrículado ordinario el crecimiento líne  
al vendrá representado por una línea recta. El crecimiento  
exponencial aparecerá como línea recta en un papel logaritmico,  
indicará también si el porcentaje de aumento tiende a dis-  
minuir gradualmente con el tiempo.

Una vez situados los datos en un papel cuadrículado y  
trazada la curva de tendencia que parece ajustarse a aquellos  
el pronosticador deberá simplemente prolongar la curva hasta  
el periodo futuro objeto de la previsión. A partir de dicha  
curva pueden entonces obtener los datos correspondientes, que  
podrán presentarse en forma de tabla. Una dificultad eviden-  
te del procedimiento es la falta de una norma objetiva para  
determinar que curva de tendencia se ajusta mejor a los datos  
Se basa el trazado en la apreciación visual del pronosticador  
es probable que distintos pronosticadores presenten curvas -  
distintas para los mismos datos.

La determinación objetiva de la curva mejor adaptada se  
convierte en una tarea relativamente sencilla cuando es posi-  
ble suponer que la línea recta es la mejor representación de

la tendencia de la serie cronológica en estudio. No importa que relación lineal se de entre las propias variables o entre sus logaritmos ya que el procedimiento es el mismo en ambos casos. (Patrón Lineal o exponencial).

El método, más utilizado actualmente para determinar la línea de mejor adaptación se conoce con el nombre de "método de los cuadrados mínimos", que fue ideado en el siglo diecinueve por el matemático Frances Adrien Legendre. La ley de los cuadrados mínimos postula que la línea que mejor se adapta a los datos de la muestra es aquella en que la suma de los cuadrados de las desviaciones verticales (distancias) de los puntos a la línea es mínima.

La bondad de adaptación suele medirse y expresarse mediante un índice llamado coeficiente de correlación,  $r$ , o el cuadrado de dicha cantidad,  $r^2$ , llamado coeficiente de determinación. Cuando los datos se adaptan mal, el coeficiente de correlación " $r$ " se acercará a "0" (cero). Cuando se adaptan bien el coeficiente se acercará a  $+1$  ó  $-1$ .

#### METODO ECONOMETRICO.

En las previsiones del tráfico aéreo basadas en la proyección de tendencias anteriores, no se tiene en cuenta explícitamente la manera en que las diversas condiciones económicas, sociales y operacionales afectan a la evolución del tráfico.



Cuando las tendencias anteriores han sido uniformes y persistentes, y hay motivos para creer que la influencia de los factores fundamentales en la evolución continuada no variará de manera apreciable durante el periodo objeto de la previsión la proyección de tendencias constituye un método veraz de pronosticar el tráfico futuro. Sin embargo, si la base estadística de la proyección de la tendencia resulta inadecuada si la evolución anterior del tráfico ha sido desigual o existe el riesgo de que la continuación de la tendencia experimentada anteriormente por la evolución del tráfico este en contradicción con la evolución económica, social o técnica, el pronosticador deberá estudiar los factores fundamentales de la evolución del tráfico y basar sus previsiones en dicho estudio. La "previsión econométrica" es un método que puede usarse para ello. La previsión econométrica es más usada en países avanzados esto es debido a que las condiciones económicas y sociales importantes en dichos países están muy relacionadas con la evolución del tráfico.

Una previsión econométrica comprende las siguientes fases:

- A) Determinación y selección de los factores fundamentales (variables independientes) que deben tenerse en cuenta en la previsión del tráfico aéreo (variable dependiente).
- B) Determinación del tipo de relación funcional entre la variable dependiente y las variables independientes.
- C) Comprobación empírica de la expresión matemática correspondiente a la relación entre las variables —

dependientes e independientes, incluida la valoración de los -  
coeficientes o exponentes.

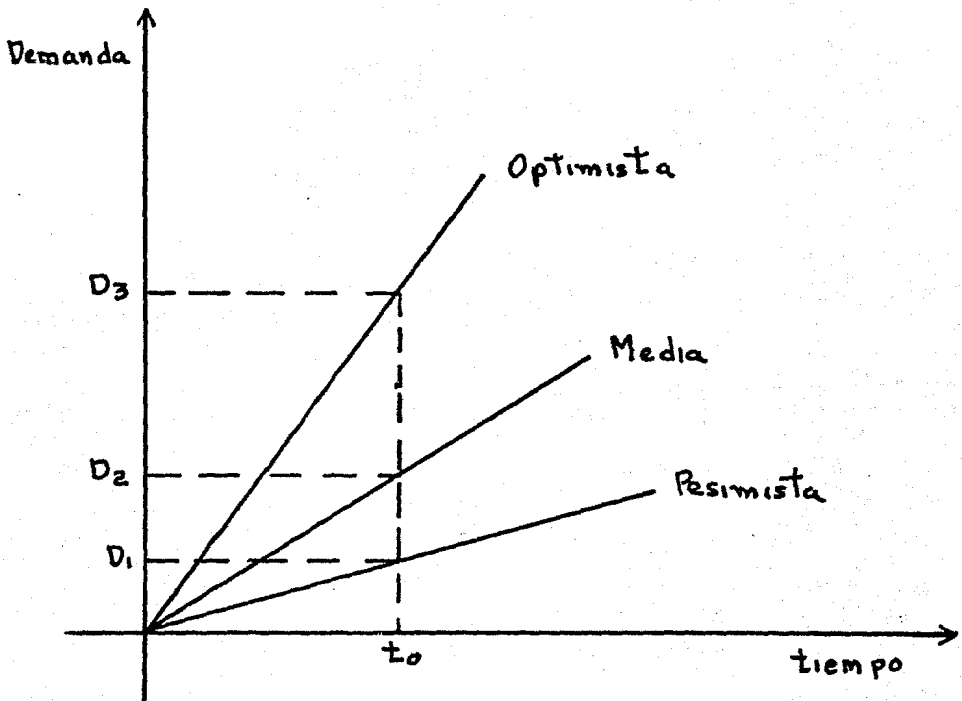
- D) Previsión de la evolución futura de las variables in-  
dependientes u obtención consiguiente de la previsión  
del tráfico.

Los métodos para pronosticar mencionados anteriormente -  
nos sirven para poder determinar el tamaño y las característi-  
cas que debe tener el aeropuerto en estudio de acuerdo a las  
condiciones de demanda esperadas para un periodo de tiempo, -  
este periodo no debe ser muy grande, para no obsolecer las ins-  
talaciones, ni tampoco muy pequeño para no tener que estar rea-  
lizando continuas modificaciones (ampliaciones y mejoras a el  
aeropuerto).

De acuerdo a los criterios anteriores se van a fijar las  
etapas de desarrollo de un aeropuerto, es decir se fija de a-  
cuerdo a los estudios anteriores el tiempo en el que se deberá  
hacer ampliaciones y mejoras al aeropuerto.

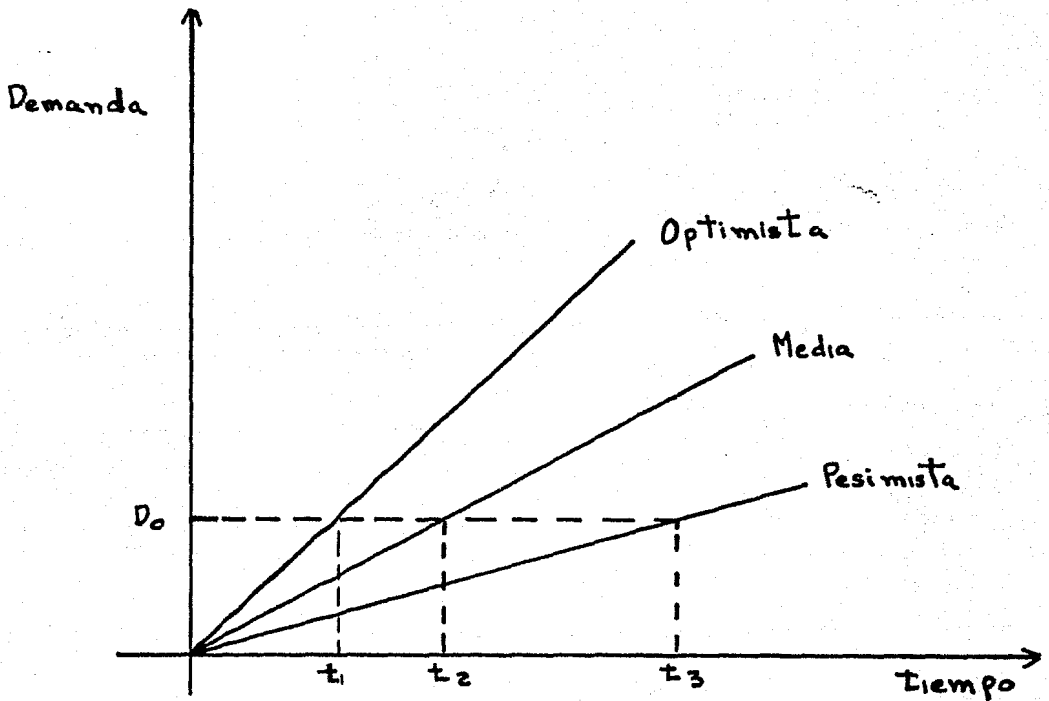
Existen dos puntos de vista para fijar el tiempo en el -  
que se deberá ampliar un aeropuerto.

- 1) De acuerdo a estudios de tendencias, fijar una fecha  
para las etapas de desarrollo.



Este método tiene el inconveniente de que para la fecha fijada existen tres pronósticos de demanda de acuerdo a el tipo de proyección tomada (pesimista, optimista y medio).

- 2) Fijar las etapas para una determinada demanda no importa cuando se presente.



Desde el punto de vista planeación se comporta mejor el segundo método porque desde un principio se conoce el tamaño del aeropuerto para una determinada demanda y por lo tanto - las asignaciones económicas indispensables para llevar a cabo la ampliación ( primera etapa de desarrollo).

#### TEMA IV

### Características del aeropuerto en función de los servicios requeridos.

Las características de un aeropuerto se definen en función, principalmente, de las características de los aviones - servidos.

Para planificar las instalaciones y servicios de un aeropuerto resulta esencial conocer las características generales de los aviones que lo van a servir. Los aparatos que se utilizan en las líneas aéreas tiene una capacidad que oscila -- entre los 20 y casi los 500 pasajeros.

En el proyecto de un aeropuerto los datos como:

Peso, Tamaño, Capacidad, Longitud de pista, etc., influyen de la siguiente manera:

Peso: El peso de un avión es importante para poder determinar el espesor de la pista, de las calles de rodaje y de las plataformas de estacionamiento de aviones.

Tamaño: La envergadura y la longitud del fuselaje influyen en las dimensiones de las plataformas de estacionamiento de los aviones, que a su vez influyen en la configuración de los edificios terminales. El tamaño de un avión también condiciona la anchura de las pistas y de las calles de rodaje, así como las distancias que deben existir entre ellas.

Capacidad: La capacidad de pasajeros juega un importante papel al considerar las dimensiones interiores y adyacentes al edificio terminal.

Longitud de Pista: Su importancia reside en que influye sobre el área de terreno que se necesita para un aeropuerto.

Radio de Giro: Para determinar las posiciones de los aviones en la plataforma de estacionamiento adyacente al edificio terminal y establecer las trayectorias a seguir por el avión en cualquier lugar del aeropuerto, se hace necesario comprender la geometría del "movimiento de un avión". Los radios de giro son función del ángulo de dirección del tren de aterrizaje de proa del avión.

Las características de un aeropuerto se define como el número y orientación de pista y por la situación del área terminal con respecto a las mismas. El número de pistas depende del volumen de tráfico y su orientación depende de la dirección del viento y algunas veces de la magnitud del área disponible para el desarrollo del aeropuerto. Los edificios terminales que sirven a los pasajeros se dispondrán de tal manera que el acceso a las pistas sea fácil y corto.

Pistas: Por regla general, las pistas y las calles de rodaje deben disponerse de tal manera que:

- 1) Proporcionen una adecuada separación en la configuración del tráfico aéreo.
- 2) Causen la menor interferencia y demora en el aterrizaje, rodaje y en las operaciones de despegue.

- 3) Proporcionen el menor recorrido posible desde el área terminal hasta las cabeceras de las pistas.
- 4) Esten previstas de las adecuadas calles de rodaje de tal manera que el avión que aterriza pueda abandonar las pistas tan rápido como sea posible y pueda recorrer el espacio hasta llegar al área terminal en el menor tiempo posible.

En los aeropuertos de gran densidad de tráfico, deben de existir adyacentes a las cabeceras de pistas, zonas de espera y deben proyectarse de tal manera que puedan acomodar tres o - posiblemente cuatro aviones de los de mayor tamaño previsto, con el suficiente espacio como para que una aeronave pueda adelantar a otra.

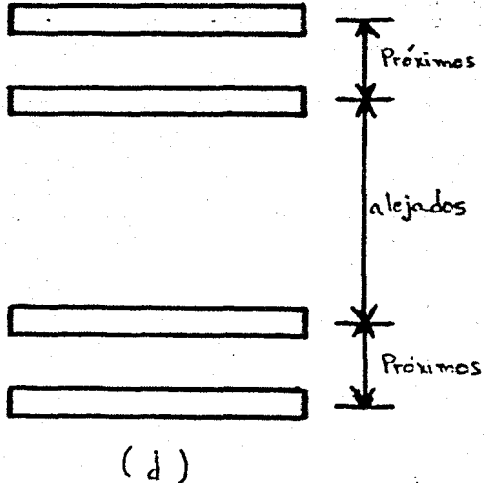
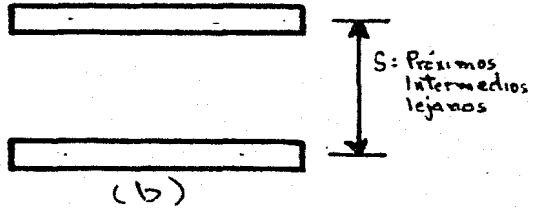
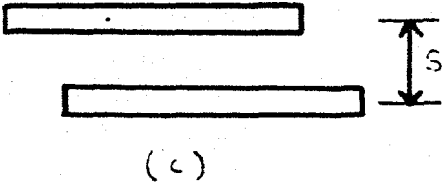
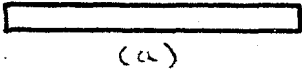
#### Configuración de pistas:

Existen muchas configuraciones de pistas; la mayor parte de ellas son combinaciones de configuraciones básicas y éstas son:

- 1) Pista única.
- 2) Pista que se cortan.
- 3) Pistas paralelas.
- 4) Pistas en V abierta.

Pista Unica. Es la más simple de las configuraciones de pista. Se ha estimado que la capacidad horario de una pista única, en condición es VFR, se encuentra entre las 45 y 100 — operaciones por hora mientras que en condiciones IFR, la capacidad se reduce a 40 ó 50 operaciones, dependiendo de las distintas combinaciones y de las ayudas a la navegación disponibles.

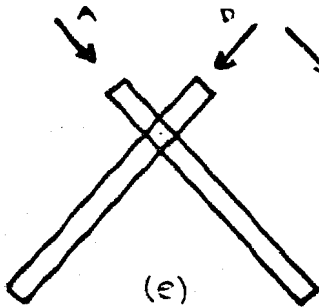
# CONFIGURACIONES DE PISTAS



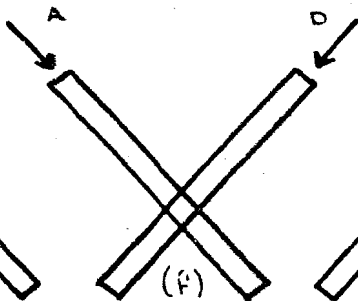
- a) Pista única
- b) Dos pistas paralelas con umbrales al mismo nivel.
- c) Dos pistas paralelas con umbrales a distinto nivel
- d) Cuatro pistas paralelas



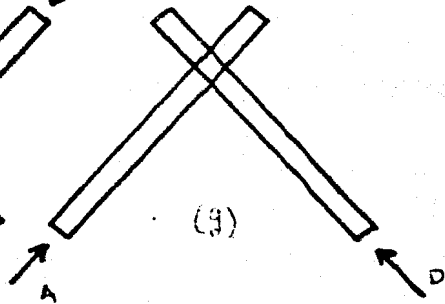
## CONFIGURACIONES DE PISTAS.



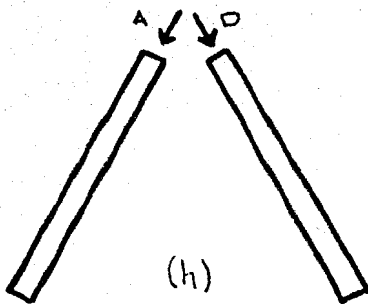
(e)



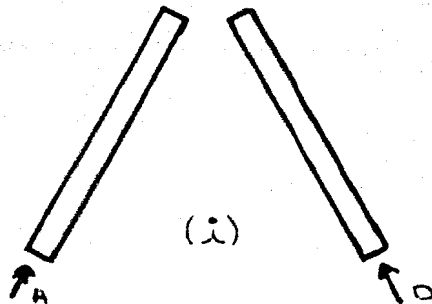
(f)



(g)



(h)



(i)

- e): Pistas que se cortan
- f): Pistas que se cortan
- g): Pistas que se cortan
- h): Pistas en V abierta
- i): Pistas en V abierta.

Pistas Paralelas. Las capacidades de los sistemas de pistas paralelas depende en gran parte del número de ellas y de la separación entre las mismas. Resulta común el conjunto de dos y cuatro pistas paralelas. Existen pocos aeropuertos que tengan tres pistas paralelas. La probabilidad de que existan aeropuertos con más de 4 pistas paralelas es rara. Además la capacidad del sistema de control de tráfico aéreo para suministrar asistencia a cinco o más pistas al mismo tiempo, se hace progresivamente más difícil y las necesidades del espacio aéreo aumentan enormemente.

La distancia entre pistas paralelas varía ampliamente. A efectos de capacidad la separación entre pistas se clasifica en "proximos", "intermedias" y "alejadas", dependiendo del grado de independencia de las dos pistas en condiciones IFR. Las pistas paralelas próximas están separadas por lo menos 210 metros (para aeropuertos dedicados a la aviación comercial) - hasta un máximo de 1050 metros. Bajo condiciones IFR una operación en una pista depende de la operación que se esté realizado en la otra. Las pistas paralelas con separación intermedia van desde 1050 metros hasta un máximo de 1500 m. Bajo condiciones IFR, una llegada en una pista es independiente de una salida en la otra. Las pistas paralelas alejadas están separadas 1300 metros o más. Bajo condiciones IFR las dos pistas pueden operar independientemente tanto para llegadas como para salida.

Se espera que en un futuro la distancia en pistas paralelas para operaciones simultáneas se reduzca. Cuando esto ocurra, se podrá disponer de nuevas distancias para la misma clasificación.

Si los edificios terminales están situados entre dos pistas paralelas éstas estarán bastante separadas con el objeto de dejar espacio para los edificios, y las calles de rodaje necesarias. Cuando existen cuatro pistas paralelas, la distancia entre cada par es pequeña pero entre pares será lo bastante grande para suministrar espacio suficiente a los edificios terminales. Las capacidades horarias de las pistas paralelas con separaciones próximas, intermedias o alejadas puede variar en condiciones VFR, aproximadamente desde 100 a 200 operaciones de aeronaves, la mayor capacidad está asociada con las pequeñas aeronaves de aviación general. La separación no afecta la capacidad en condiciones VFR, a menos que estén operando grandes aeronaves. Bajo condiciones IFR, la capacidad horaria para pistas paralelas con pequeña separación puede variar de 50 a más de 60 operaciones, dependiendo también de la composición, de los flujos de aeronaves; para pistas con separaciones intermedias la variación es de 70 a 80 operaciones por hora y para pistas alejadas la oscilación es de 85 a cerca de los 105 operaciones por hora.

Existen casos en que conviene escalonar las cabeceras de las pistas paralelas.

Este escalonamiento puede hacerse necesario debido a la configuración del terreno disponible para la construcción de las pistas o puede ser también conveniente, para reducir la longitud de rodaje de la aeronave que despegue o aterrice . La reducción en la longitud de rodaje, sin embargo, se basa en la hipótesis de que una pista se va a utilizar exclusivamente para despegues y la otra para aterrizajes. En este caso los edificios terminales se sitúan entre las pistas de tal manera que la distancia de rodaje de los aviones para cada tipo de operación (despegue o aterrizaje) sea mínima.

Pista de doble calzada (Dual-Lane). Este tipo de configuración consta de dos pistas paralelas próximas (210-1049 metros) con las apropiadas calles de salida de pista. Aunque ambas pueden utilizarse para operaciones mixtas, lo deseable es dedicar la pista más alejada del edificio terminal (pista exterior), para llegadas y la más cercana al edificio terminal, para salidas. Se estima que una configuración de este tipo puede admitir por lo menos un 70% más de tráfico que una pista única, en condiciones VFR y cerca del 60% más de tráfico que una pista única en condiciones IFR. Se ha comprobado que la capacidad no queda afectada por las separaciones entre los ejes de las pistas comprendidas entre los 300 a 1049 metros. Se recomienda, por lo tanto, que las dos pistas no estén separadas menos de 300 metros cuando operan las líneas aéreas y principalmente con aviones de gran tamaño.

Con esta separación también se dispone de la suficiente distancia de recorrido para que una aeronave que aterrice - pueda parar entre las dos pistas. Puede disponerse también de una calle de rodaje paralela entre las pistas para lograr un pequeño incremento de capacidad, pero no es esencial. La mayor ventaja que ofrece esta configuración es la de incrementar la capacidad en condiciones IPR con la mínima adquisición de terreno.

Pistas que se cortan. Muchos aeropuertos tienen dos o más pistas en dirección diferentes que se cortan. Este tipo de pistas son necesarias cuando soplan vientos relativamente fuertes desde más de una dirección, ya que se producen excesivos vientos cruzados en el caso de existir una sola pista.

Cuando los vientos son fuertes pueden utilizarse solamente una pista de las dos que se cortan, reduciéndose substancialmente la capacidad del aeródromo. Si los vientos son ligeros, pueden utilizarse simultáneamente ambas pistas. La capacidad de dos pistas que se cortan depende en gran parte de la situación, del punto de intersección y de la forma en que las pistas son utilizadas, lo que se conoce como estrategia. Cuanto más lejos esté situada la intersección de la cabecera de despegue y del umbral de entrada, más baja es la capacidad. La mayor capacidad se consigue cuando la intersección está - cerca de la cabecera de pista para el despegue y del umbral de entrada. Siempre que sea posible, se deben de evitar las pistas que se cortan.

Pistas en V abierta. Las pistas en dirección divergentes y que no se cruzan reciben el nombre "pista en V abierta"; Al igual que las que se cortan, las pistas en V abierta, se reducen a una pista única, cuando los vientos en una dirección son fuertes; cuando son ligeros pueden utilizarse simultáneamente ambas pistas. La estrategia que ofrece la mayor capacidad es aquella en la que las operaciones se efectúan saliendo del vértice de la V. En condiciones IFR, la capacidad horaria para esta estrategia varía de 60 a 70 operaciones dependiendo de la combinación de aviones y en condiciones VFR las cifras correspondientes son de 80 a 200. Cuando las operaciones se realizan hacia el vértice de la V la capacidad horaria se reduce de 50 a 60 operaciones en IFR y de 50 a 100 en VFR.

#### Comparación de configuraciones de pistas.

Desde el punto de vista de capacidad y de control de tráfico aéreo, la configuración de una pista de una dirección es la más ventajosa. En igualdad de condiciones esta configuración será la que ofrezca la mayor capacidad comparada con las otras. Para el control de tráfico aéreo, el seguir el itinerario de un avión en una sola dirección es menos complejo que el seguirlo en múltiples direcciones. Comparado las configuraciones divergentes, el modelo de pista en V abierta es más ventajoso que el de pistas que se cortan. En la configuración en V abierta, la estrategia operativa que dirige el avión hacia afuera de la V desde el vértice, producirá mayores capacidades que si las operaciones se invirtieran. Si no se puede evitar que las pistas se corten, deberá realizarse cualquier esfuerzo para situar el punto de intersección de ambas pistas tan cerca como sea posible de sus umbrales y que las operaciones se realicen hacia

afuera de la intersección mejor que en sentido inverso.

Capacidad según diferentes configuraciones de pistas.


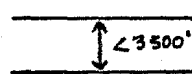
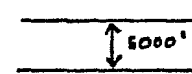
Mezclas o combinaciones	Tipos de avión (porcentajes)			
	A	B	C	D + E
1	0	0	10	90 (Aviación Privada)
2	0	30	30	40
3	20	40	20	20
4	60	20	20	0 (Comercial)

A: Tetramotores de turbina o mayores.

B: Bi y Trimotores de turbina y tetramotores de turbohélice o pistón.

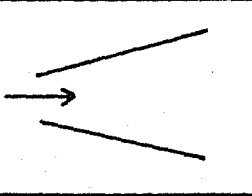
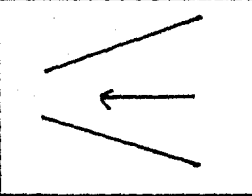
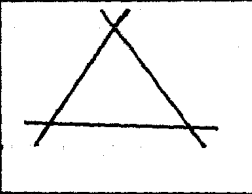
C: Aviones ejecutivos de turbina y bimotores de hélice.

D + E: Bimotores ligeros y monomotores.

TIPOS DE PISTA	MEZCLA	CAPACIDAD ANUAL DE OPERACIONES	CAPACIDAD HORARIA	
			IFR	VFR
	1	215 000	53	49
	2	195 000	52	76
	3	180 000	44	54
	4	170 000	42	45
	1	385 000	64	198
	2	330 000	63	152
	3	295 000	55	108
	4	280 000	54	90
	1	430 000	106	198
	2	390 000	104	152
	3	360 000	88	108
	4	340 000	84	90



## PISTAS QUE SE CRUZAN EN EL ESPACIO

TIPOS DE PISTA	MEZCLA	CAPACIDAD ANUAL DE OPERACIONES	CAPACIDAD HORARIA	
			IFR	VFR
	1	420 000	71	198
	2	335 000	70	136
	3	300 000	63	94
	4	295 000	60	84
	1	235 000	57	108
	2	220 000	56	86
	3	215 000	50	66
	4	200 000	50	53
	1	375 000	71	175
	2	310 000	70	125
	3	275 000	63	83
	4	255 000	60	69

METODO DEL ANEXO 14:

Corrección de la longitud de pista en función de la elevación, la temperatura y la pendiente.

Ejemplo Número 1:

a) Datos

- 1) Longitud de pista requerida para el aterrizaje al nivel del mar en condiciones de atmósfera tipo 2100 m.
- 2) Longitud de pista requerida para el despegue en un desplazamiento nivelado al nivel del mar en condiciones de atmósfera tipo 1700 m.
- 3) Elevación del aeródromo 150 m.
- 4) Temperatura de referencia del aeródromo 24° c.
- 5) Temperatura a 150 m., en la atmósfera tipo - 14.025° c.
- 6) Pendiente de pista 0.5%

b) Correcciones de la longitud de pista para el despegue:

- 1) Longitud de pista para el despegue, corregida por elevación =

$$\left[ 1700 \times 0.07 \times \frac{150}{300} \right] + 1700 = 1760 \text{ m}$$

- 2) Longitud de pista para el despegue, corregido por elevación y temperatura =

$$\left[ (1760 \times 24) - 14.025 \right] \times 0.01 + 1760 = 1936 \text{ m}$$

- 3) Longitud de pista para el despegue, corregida - por elevación, temperatura y pendiente =

$$(1936 \times 0.5 \times 0.10) + 1936 = 2035 \text{ m}$$

- c) Corrección de la longitud de pista para el aterrizaje:

- 1) Longitud de pista para el aterrizaje, corregida por elevación =

$$(2100 \times 0.07 \times \frac{150}{300}) + 2100 = 2175 \text{ m}$$

- d) Longitud verdadera de la pista = 2175 m

Ejemplo Número 2:

- a) Datos.

- 1) Longitud de pista requerida para el aterrizaje al nivel del mar en condiciones de atmósfera - tipo.
- 2) Longitud de pista requerida para el despegue en un desplazamiento nivelado al nivel del mar en condiciones de atmósfera tipo 2500 m.
- 3) Elevación del aeródromo 150 m.
- 4) Temperatura de referencia del aeródromo:  $24^{\circ}\text{C}$
- 5) Temperatura a 150 m, en la atmósfera tipo —  $14.025^{\circ}\text{C}$ .
- 6) Pendiente de pista.

b) Corrección de la longitud de pista para el despegue:

1) Longitud de pista para el despegue, corregido por elevación:

$$(2500 \times 0.07 \times \frac{150}{300}) + 2500 = 2587 \text{ m}$$

2) Longitud de pista para el despegue, corregido por elevación y temperatura.

$$[2587 \times (24 - 14.025) \times 0.01] + 2587 = 2845 \text{ m}$$

3) Longitud de pista para el despegue, corregida por elevación, temperatura y pendiente:

$$[2845 \times 0.5 \times 0.10] + 2845 = 2985 \text{ m}$$

c) Corrección de la longitud de pista para el aterrizaje:

- 1) Longitud de pista para el aterrizaje, corregida por elevación:

$$\left[ 2100 \times 0.07 \times \frac{150}{300} \right] + 2100 = 2175 \text{ m}$$

- d) Longitud verdadera de la pista = 2985 m

## A N E X O II

Calculo de la longitud de pista mediante gráficas.

### DATOS:

Altitud del aeropuerto: 1220 m (4000 pies) Temp. de referencia: 20° C.

Condiciones de viento calma.

Pendiente ascendente: 1 % (Crítica)

Avión de diseño: 747

### OBTENER:

- a) Pesos máximos autorizados.
- b) Longitudes de pista a pesos máximos.
- a) Pesos Máximos autorizados.

Angulo de aletas	Seco	Húmedo
10°	293000 Kg.	308000 Kg.
20°	280000 Kg.	294000 Kg.

Las condiciones "Seco" y "Húmedo" indican el hecho de inyectar (Condición Húmeda) o no inyectar ( Condición Seca ) agua para obtener mayor potencia en las turbinas.

Para obtener los pesos se recurre a las gráficas I a IV (Ver anexo de Gráficas). En dichas gráficas entramos con el dato de temperatura de referencia, intersceptamos con el dato de altitud y llevando la línea horizontalmente obtenemos el pe so máximo autorizado de despegue.

Analizando la tabla anterior nos damos cuenta que la - condición en la que el avión soporta menos carga es para 20° de aletas en condición seca, y en la que el avión soporta más carga es para 10° de aleta en condición húmeda; de ahí podemos deducir que a medida que el ángulo de aletas es menor se puede soportar mayor peso, la misma observación cabe hacerla para la condición seca y húmeda.

#### b) LONGITUDES DE PISTA A PESOS MAXIMOS.

Angulo de aletas	Condición seca	Condición húmeda.
10°	3700 m	4000 m
20°	3150 m	3200 m

Para obtener las longitudes de pista máximas se recurre a las gráficas V a VIII (Ver anexo de gráficas). El "flujo" — que se debe seguir en estas gráficas es el siguiente: Entrar con el dato de temperatura ambiente, interceptar con la altitud de referencia, interceptar con el peso máximo autorizado de — despegue (obtenido en el inciso anterior), interceptar con la condición de viento de diseño (viento calma), interceptar con la pendiente de diseño y obtener la longitud de pista.

De la tabla anterior se deduce que la mayor longitud de pista se obtiene para  $10^{\circ}$  de aletas en condiciones húmedas y la menor longitud de pista se obtiene para  $20^{\circ}$  de aletas en — condiciones secas, relacionado esta tabla con la tabla obtenida para pesos máximos de despegue se deduce que a mayor peso — del avión se necesita una mayor longitud de pista y viceversa.

Continuando con el ejemplo supongamos los siguientes datos:

Peso de aterrizaje en destino	-----	220000 Kg.
Peso de combustible de vuelo	-----	65000 Kg.
Peso de combustible al alternativo	-----	
más reserva:	-----	5000 Kg.
Peso de operación	-----	170000 Kg.

Se desean conocer los siguientes datos:

- a) Peso de despegue.
- b) Peso de carga pagada.
- c) Restricciones.
- d) Longitud de pista a peso real.

Las siguientes relaciones también son importantes;

Peso operación seco + Peso combustible = Peso de operación.

Peso de operación + carga pagada = Peso de despegue en plata  
forma.

Peso de despegue - Peso de combustible de vuelo = Peso de ate  
rrizaje (destino)

Volviendo al ejemplo:

Peso de despegue = 220 000 + 65000

- Peso de despegue = 285 000 Kg.

Peso de carga pagada = 285 000 - 170 000

-- Peso de carga pagada = 115 000 Kg.

- RESTRICCIONES.

Condición	Peso Real	Peso Max. Aut.
10° Seco	285 000	293 000
10° húmedo	285 000	308 000
20° Seco	285 000	280 000
20° húmedo	285 000	290 000

Analizando la tabla anterior vemos que para la condición de " 20° Seco " el peso real sobrepasa al peso máximo autorizado por lo que el avión no deberá despegar en esa condición.

-Longitud de pista a peso real.

Angulo de aletas	Condición	Condición
10°	seca	húmeda
10°	3400 m	3250 m
20°	No operar	2900 m



Para poderles dar respuesta a las interrogante anteriores debemos considerar lo siguiente:

Peso total de combustible.	<div style="float: right; border: 1px solid black; padding: 2px;">Rodaje</div> Combustible de vuelo
	Combustible de reserva
Peso de carga pagada	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pasajeros</li> <li>• Equipaje</li> <li>• Carga</li> <li>• Correo</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tripulación</li> <li>• Comisariato (vajillas, comida, etc.).</li> <li>• Equipos de preparación de alimentos</li> </ul>
Equipo Normal	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Equipos e instalaciones de cabina de vuelo.</li> <li>• Equipo de rescate.</li> <li>• Equipo de navegación.</li> <li>• Manuales de vuelo</li> </ul>
	Aceite de Motores
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fluidos (excepto aceite de motores).</li> <li>• Motores.</li> <li>• Fuselaje.</li> <li>• Controles.</li> <li>• Tren de aterrizaje.</li> </ul>

Peso en plataforma

Peso de despegue

Peso de aterrizaje (destino)

Peso de aterrizaje (alternativo)

Peso cero combustible

Peso de operación seco

Peso básico

Peso vacío

0 (Cero)

Supongamos que la condición de despegue sea "20° húmedo", la longitud de pista sería de 2900 m.

En caso de que en la pista diseñada para el Jumbo 747 - despegue otro tipo de avión, se tendría que revisar con que peso puedé despegar dicho avión en esa pista; supongamos que el avión en cuestión es un DC-10 con motor CP6-6D, para hacer la revisión se procede de la siguiente manera:

1) Obtención de pesos máximos autorizados.

Angulo de aletas	Peso autorizado
5° -----	410 000 lbs.
10° -----	396 000 lbs.
15° -----	380 000 lbs.
20° -----	366 000 lbs.

Para obtener los pesos autorizados para el DC-10, se usa la gráfica IX, la gráfica se maneja de la forma que indican las flechas.

La longitud de pista para el Jumbo 747 con 20° húmedo es de 2900 m, para obtener con que peso puede despegar el DC-10 - se usa la gráfica X; entrando con la temperatura ambiente tiramos una línea vertical hasta interceptar con la línea de altitud de referencia, a partir del punto encontrado tiramos una línea horizontal indefinidamente; levantamos una línea vertical a partir del punto que nos indica la longitud de pista, el punto de intersección de la línea horizontal y vertical nos indicará el peso que puede levantar nuestro avión.

En nuestro caso:

Long. de Pista: 2900 m = 9500 pies.

(Peso que puede levantar el DC-10 con motores CF6-6D en una pista de 2900 m de longitud) 360 000 lbs. Por lo tanto el DC-10 podrá despegar con un peso máximo de 360 000 lbs. (Consultar gráficas IX y X del anexo de gráficas)

#### ZONAS DE ESPERA:

Estas zonas, también conocidas con los nombres de zonas de comprobación "o" calentamiento de motores" son necesarias en las proximidades de los finales de pistas para los aviones de émbolo con objeto de realizar las últimas comprobaciones antes del despegue y para todos los tipos de aviones que han de esperar su turno para dicho despegue. Las zonas son lo suficientemente amplias para que si un avión no pueda despegar debido a algún fallo, otro avión que esté preparado para despegar pueda pasar a la pista. Si un avión estuviera en una calle de rodaje dirigiéndose hacia la cabecera de pista y tuviera una avería, tendría que continuar hacia la misma y salir por la primera calle, en el caso de no existir zonas de espera, ya que las aeronaves que tiene detrás, le impediría el regreso, en cuyo caso consumiría más tiempo que si el siguiente avión lo hubiera adelantado en la zona de espera.

Estas zonas deben proyectarse de tal manera que pueda albergar dos o cuatro aeronaves y que permitan espacio suficiente para que un avión pueda pasar a otro.

El área asignada para la espera del avión dependerá de las dimensiones de éste y de su maniobrabilidad. Un método eficaz para establecer las dimensiones de las zonas de espera es el empleo de maquetas de aviones en plástico.

Siempre que sea posible, las zonas de espera deben de localizarse de tal manera que permitan que los aviones que salen de ella para entrar en pista lo hagan con un ángulo de  $90^{\circ}$ . Deben construirse de tal forma que los aviones puedan tener acceso a la pista lo más cerca posible del final de la misma. La espera de aviones debe de situarse fuera del camino de rodaje para que el chorro del avión que espera se dirija hacia las aeronaves que pasan.

El tráfico pico en muchos aeropuertos sobrepasan la capacidad de las zonas de espera, originando colas en la calle de rodaje que va hacia la cabecera de pista. Apesar de ello, las zonas de espera son útiles ya que permiten que un avión pueda pasar a otro.

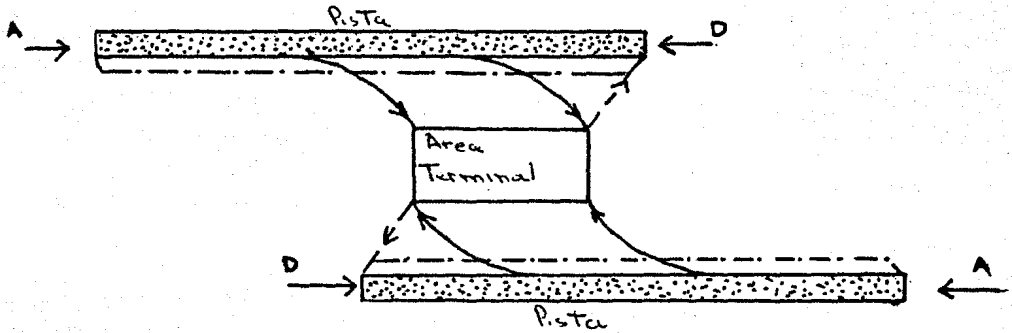
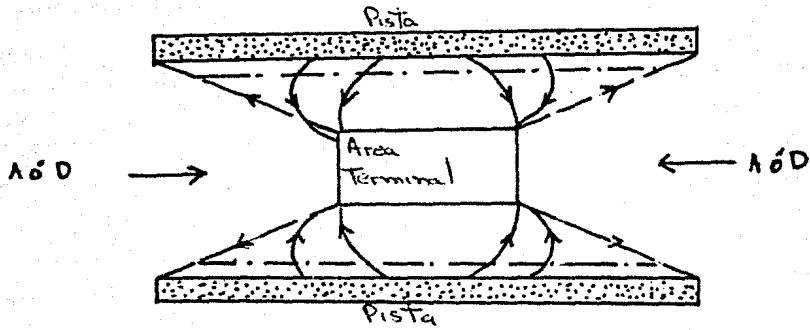
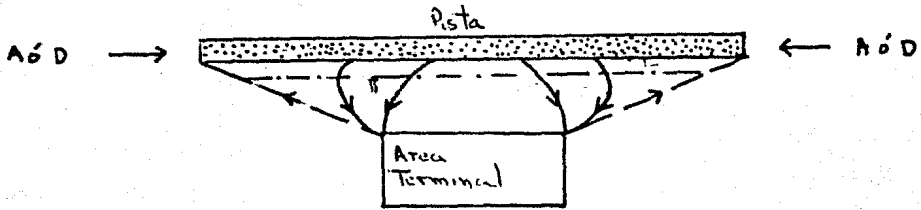
#### Zonas de estacionamiento.

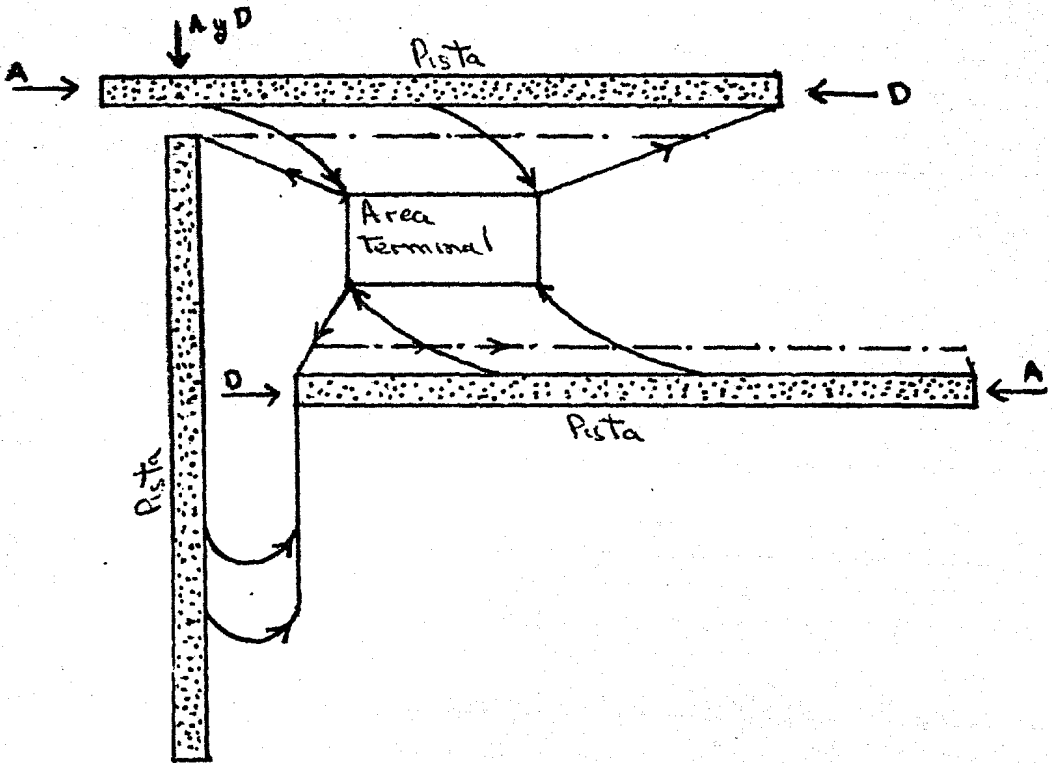
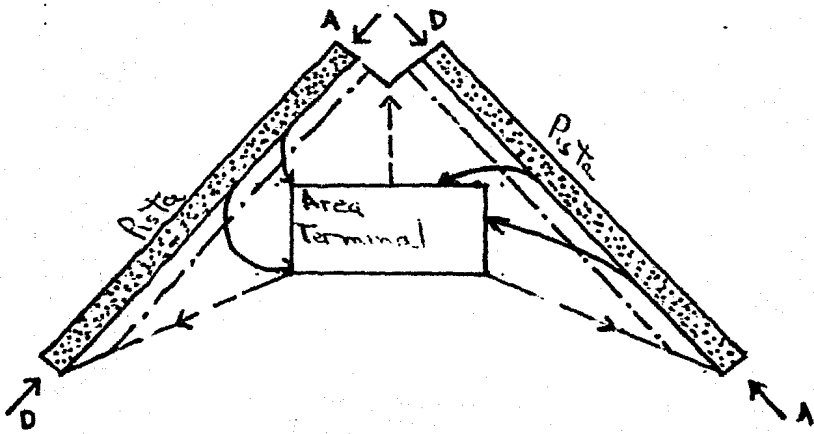
Estas zonas son área relativamente pequeñas situadas convenientemente en el aeropuerto para estacionamiento temporal de las aeronaves. En algunos aeropuertos el número de posiciones de estacionamiento puede ser insuficiente para manejar la demanda durante un período pico del día. En este caso, los aviones se dirigen por medio del control de tráfico hacia una zona de estacionamiento y queda allí hasta que queda una posición disponible. Estos estacionamientos no son necesarios si la capacidad es igual a la demanda; las fluctuaciones, de una demanda futura son difíciles de predecir, por lo tanto, será necesario disponer de un medio de estacionamiento temporal.

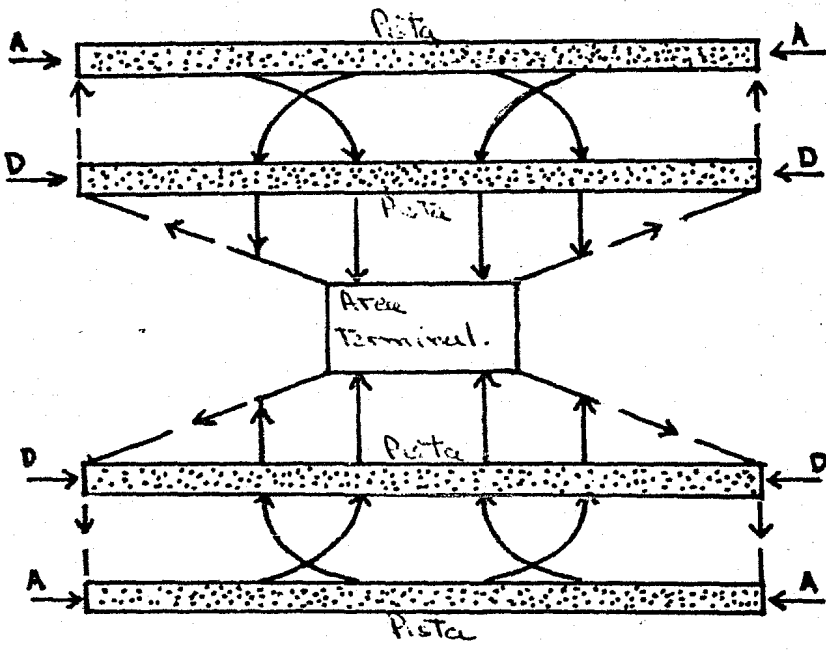
#### Relación entre el área terminal y las pistas.

El punto clave para llegar a obtener una buena configuración en un aeropuerto, es el de conseguir que las distancias que el avión tiene que recorrer por las calles de rodaje desde el área terminal hasta las cabeceras de pista para el despegue, sean lo más cortas posible, al igual que las distancias a recorrer después del aterrizaje. Esquemáticamente ésto se puede ver en la siguiente figura.

Los esquemas sólo intentan demostrar los principios que gobiernan la configuración de aeropuerto, pero no son completos en cuanto a pistas de rodaje se refiere. Por ejemplo se señalan generalmente dos salidas para los aviones que aterrizan y sin embargo en algún lugar determinado podría ser necesaria la existencia de tres salidas, que dependería de los tipos de aviones y de otros factores.









## CALLES DE RODAJE.

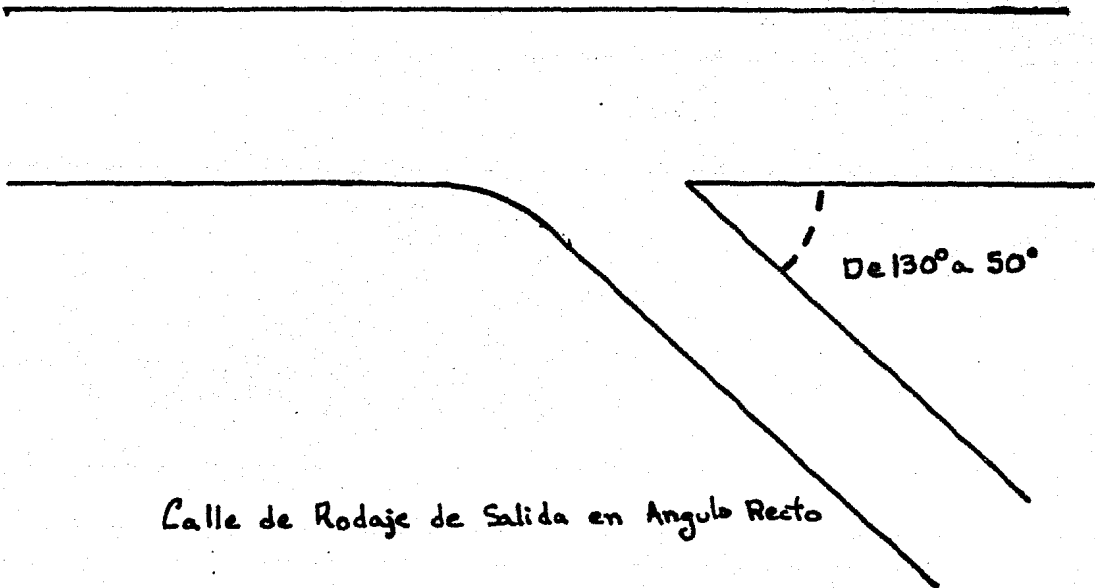
La principal función de las calles de rodaje es la de suministrar acceso desde las pistas hasta el área terminal y servicio de hangares. Estas calles deben de disponerse de tal manera que el avión que acaba de aterrizar no interfiera con el avión que esta en rodaje o va a despegar. En los aeropuertos de mucho servicio donde el tráfico de éste tipo se realiza simultáneamente en ambas direcciones, deberá instalarse una calle de rodaje paralela una sola dirección. Deben seleccionarse los recorridos que posibiliten las distancia más cortas desde el área terminal hastas las cabeceras de pista para el despegue. En los aeropuertos de gran tráfico, las calles de rodaje deben situarse en diferentes puntos a lo largo de las pistas, de tal manera que los aviones que aterrizan puedan abandonarlas tan rápidamente como sea posible para dejarlas libres al resto de los aviones que vayan a utilizarlas y se conocen corrientemente con el nombre de "calle de salida de pista". Siempre que sea posible las calles de rodaje deberán estar proyectadas de tal manera que no se crucen con pistas abiertas al transito.

Durante los periodos de transito pico, cuando las aeronaves están continuamente operando en las pistas, la capacidad de las mismas depende en un alto grado de la rapidez con que los aviones que aterrizan pueden desalojar la pista, ya que una aeronave tiene que aguardar hasta que la que le anteceda desaloje la pista. En muchos aeropuertos, las calles de rodaje formán ángulos rectos con las pistas, con el resultado de que el avión

tiene que detenerse totalmente para poder entrar a la calle de salida. En general los tipos de calles de rodaje de salida que se tienen actualmente son las siguientes:

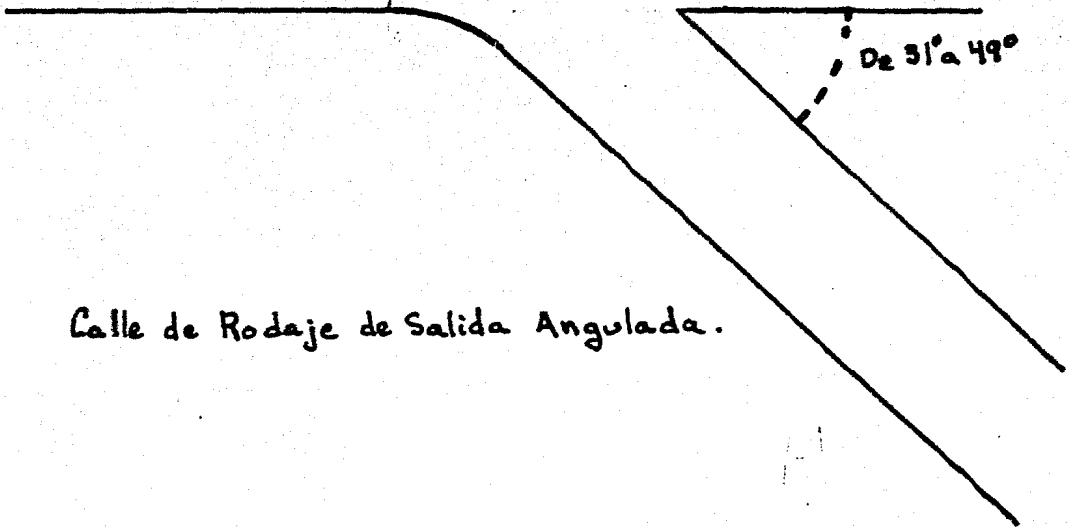
a) Angulo Recto.

Este tipo de calle de salida requiere que la aeronave se detenga totalmente antes de entrar en ella aumentando el tiempo de ocupación de la pista y bajando la capacidad del sistema, se considera una calle de salida en ángulo recto a aquelle en la que el eje de la calle de salida y el eje de la pista forman un ángulo que oscila entre  $50$  y  $130^{\circ}$



b) Angulada.

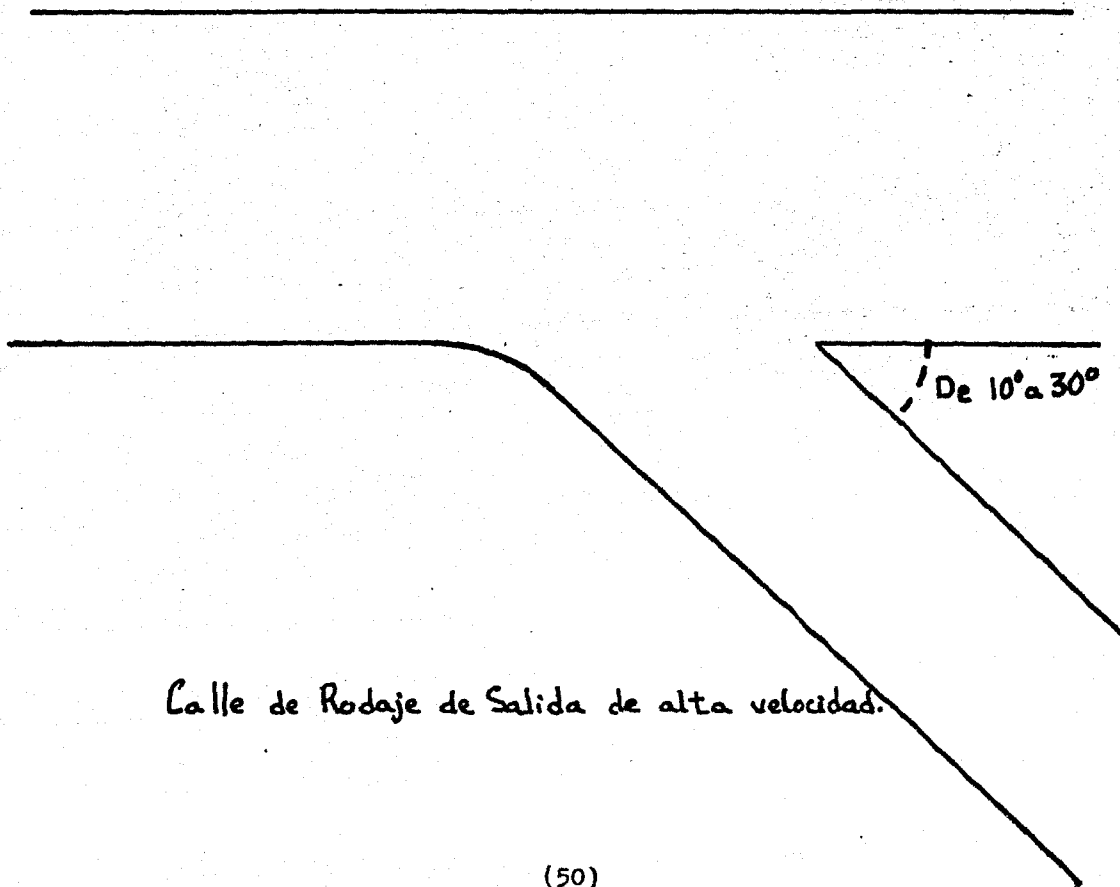
Es aquella en que el eje de la pista y el eje de la calle de rodaje forman un ángulo que oscila entre  $31^{\circ}$  y  $49^{\circ}$ .



Calle de Rodaje de Salida Angulada.

c) De alta velocidad.

Es aquella en la que el eje de la pista y el eje de la -  
calle de rodaje forman un ángulo que oscila entre  $10^\circ$  y  $30^\circ$



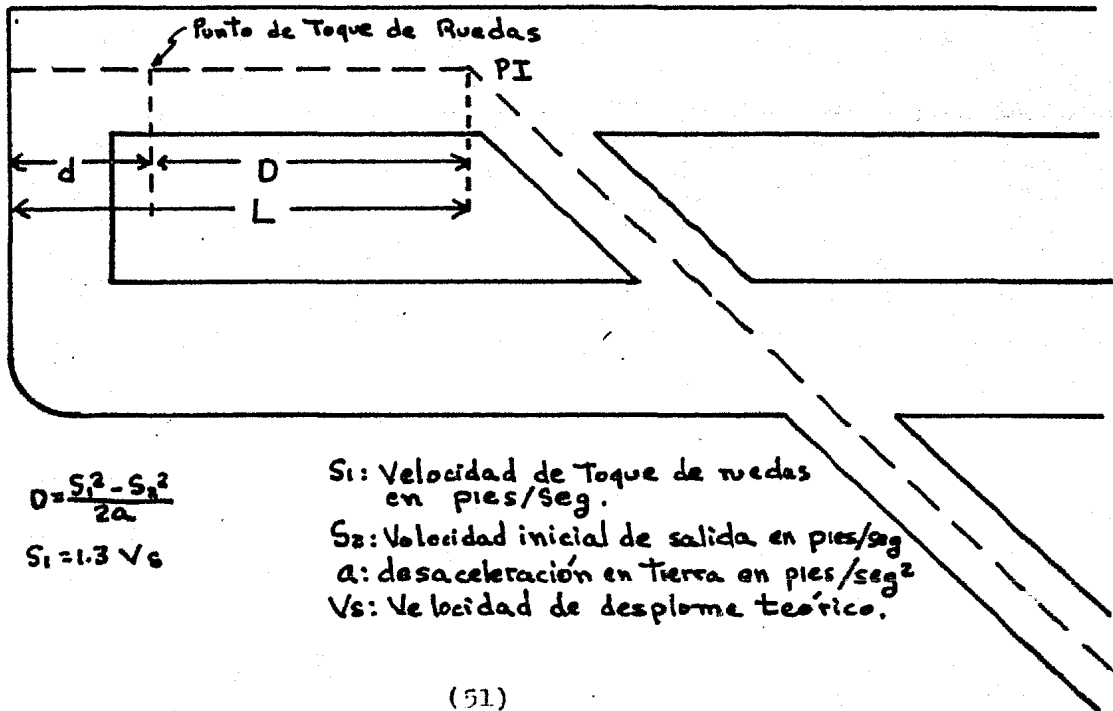
Calle de Rodaje de Salida de alta velocidad.

Se define como tiempo de ocupación de pista al tiempo que transcurre desde que el avión se "enfila" a la pista hasta que sale de la misma.

La posición de las calles de rodaje de salida se debe ubicar de acuerdo a la velocidad de salida del avión de diseño del aeropuerto en cuestión (el avión que tenga más operaciones en el aeropuerto).

La construcción por etapas de las calles de rodaje debe estar contemplado en el plan maestro, es decir, se deben ir construyendo más calles de rodaje a medida que aumenta el número de operaciones.

La fórmula para determinar la posición de las calles de salida es la siguiente.



La distancia total " L " es la suma de " D " " d " en  
dónde " d " se calcula de acuerdo a la siguiente tabla:

" d "	Tipo de avión
1000'	----- B
1500'	----- C y D

## PLATAFORMAS.

La zona de plataformas es aquella que sirve de conexión entre los edificios terminales y el campo de vuelo. El avión se estaciona en una área llamada "posición", las dimensiones de ésta área dependen de tres factores:

- 1) Número de posiciones de estacionamiento de aviones.
- 2) Dimensiones de éstas posiciones.
- 3) Forma de colocación del avión en cada posición.

### Número de posiciones de estacionamiento.

El número de posiciones que se requieren depende del número de aviones que se vayan a manejar durante las horas pico y de la cantidad de tiempo que cada aeronave ocupe una posición.

El número de aviones que se necesita manejar simultáneamente es función del volumen de tráfico del aeropuerto. Como se dijo anteriormente se acostumbra utilizar el volumen estimado en horas pico como dato para calcular el número de posiciones de estacionamiento. Sin embargo, con objeto de conseguir un diseño equilibrado de aeropuerto, este volumen no deberá exceder de la capacidad de las pistas y la capacidad de manejo de pasajeros en el edificio terminal.

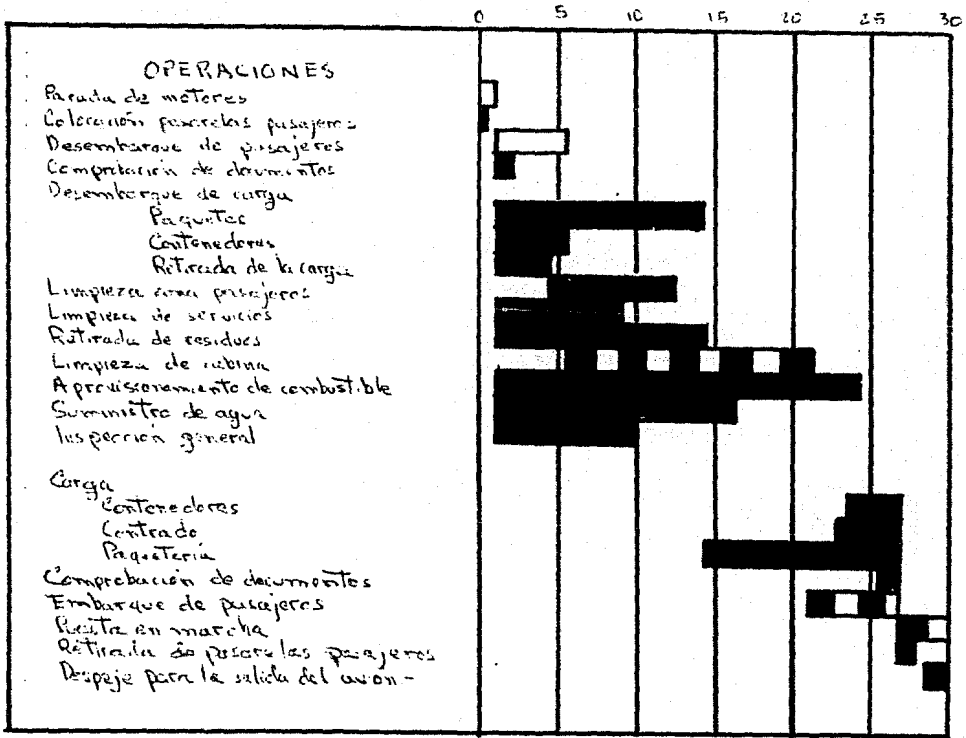
La cantidad de tiempo que un avión ocupa una posición, se conoce como "tiempo de ocupación de la posición" y depende de las dimensiones de la aeronave y del tipo de operación.

Normalmente los grandes aviones ocupan las posiciones más tiempo que los pequeños. Esto se debe a que los aviones grandes requieren más tiempo para la limpieza de su cabina y para recargar combustible. Estas dos actividades son las más críticas y determinan principalmente el tiempo de ocupación de la posición, ya que afecta a las necesidades de servicios.

La tabla siguiente recoge las actividades que tienen lugar normalmente durante una parada en escala normal, junto con un tiempo tipo que se necesita para realizar tales actividades.



Tiempo, minutos.



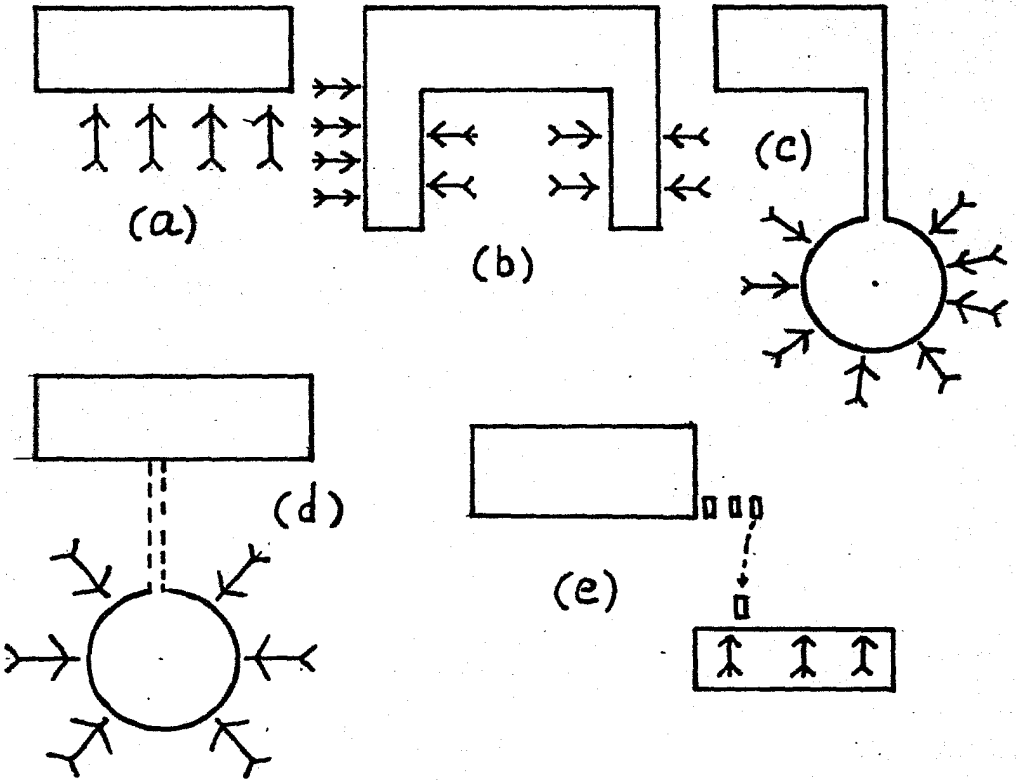
 Tiempo critico -

Tipos de plataformas.

En los aeropuertos mexicanos tenemos generalmente dos tipos de plataformas.

- 1) De aviación general.
- 2) De operaciones.

Geometrías más comunes de plataformas.



- a) Este tipo de geometría se caracteriza por la centralización de actividades.
- b) Plataforma de "dedos".
- c) Configuración tipo Satélite.
- d) Configuración tipo Satélite con pasillo subterráneo.
- e) Plataforma remota (pasajeros transportados mediante salas móviles).

#### DISEÑO DE PAVIMENTOS.

Al referirnos a diseño de pavimentos nos referiremos exclusivamente a la determinación del espesor del pavimento, pero no al tipo y características de los materiales que se van a emplear en el pavimento.

El pavimento tiene por objeto proporcionar una superficie de rodamiento uniforme y segura en todo tiempo, siendo el espesor de capa el adecuado para asegurar que las cargas que incidieren sobre él no deterioren ni la capa superficial ni las subyacentes.

Los pavimentos se pueden clasificar en "rígidos" y "flexibles".

#### Pavimentos Flexibles.

Los pavimentos flexibles se encuentran formados por las siguientes capas:

- 1) Terreno Mejorado. Es el material sobre el que se apoyan las demás capas y puede existir tanto en un terraplenado

como en una excavación.

- 2) Base. Puede estar formada por material granular tratado o no tratado, la base debe resistir los efectos de las cargas y de las condiciones ambientales y distribuir dichas cargas sobre las capas subyacentes.
- 3) Subbase. Puede estar compuesta de material tratado o no, muy frecuentemente se utiliza material sin clasificar procedente de cantera o productos de una excavación a pie de obra, su función es la misma que la de la capa base,
- 4) Carpeta o capa de rodamiento. Esta formada por una mezcla de material bituminoso (generalmente asfalto) y agregados, alcanzando espesores de 7.5 10 centímetros hasta 30 centímetros o más. Sus principales funciones son las de proporcionar suavidad y seguridad en las operaciones de tráfico, resistir los efectos de las cargas aplicadas y distribuir las cargas en las capas subyacentes.

Los pavimentos flexibles adoptan las deformaciones del suelo.

La carpeta puede ser de los siguientes tipos:

- Carpeta "mezcla en planta en caliente", este tipo de mezcla no es manejable a temperatura ambiente, esta hecha a base de concreto asfáltico y es el mejor tipo de mezcla.
- Carpeta mezcla en planta en frío. se usa asfalto rebajado FR, FM o FL.

-Carpeta mezclado en frío insitu.

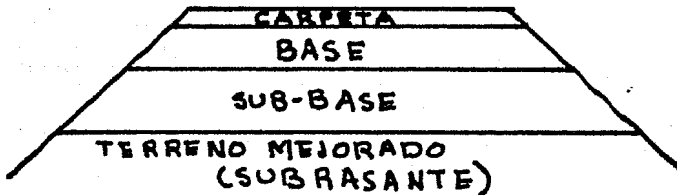
Generalmente se usa para reparaciones o carpetas con tránsito ligero.

-De Penetración.

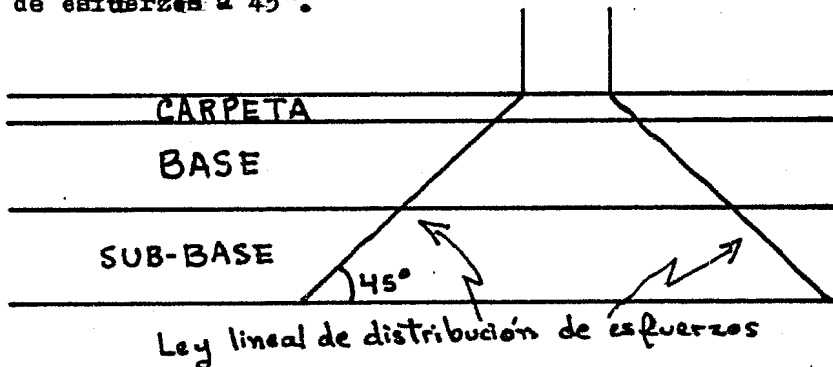
También conocido como Mac Adam, se usa generalmente en carreteras para labores de conservación, este tipo de carpeta no es posible usarlo en aeropuertos, debido a que el material pétreo que queda suelto es absorbido por las turbinas y agujera el fuselaje. En caso de aviones de helice el material pétreo golpea las helices provocando desperfectos en ellas.

-Emulsiones.

Se usan para la fabricación de morteros asfálticos (Slurry- Seal), es decir se mezcla un agregado pétreo fino y una emulsión, este tipo de mezcla si es posible usarlo en aeropuertos.



Para los pavimentos de tipo flexible se sigue una ley de distribución de esfuerzos a  $45^\circ$ .



## PAVIMENTOS RIGIDOS.

Los pavimentos rígidos pueden ser:

- 1) De Concreto Hidráulico simple o armado.

Cuando se usa concreto hidráulico simple, el concreto se cálcula para tomar tensiones, el armado se usa unicamente para tomar los esfuerzos producidos por temperatura (a-grietamientos).

- 2) De concreto presforzado.

- a) Pretensado.

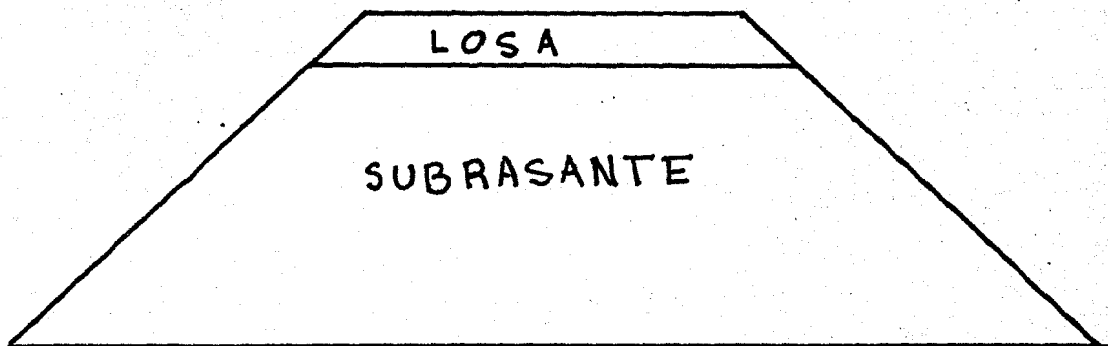
- b) Postensado.

Por medio del uso del concreto presforzado se logra una redución en el volumen de concreto, pero se tiene el inconveniente de requerir mano de obra especializada y tener problemas en la fabricación debida al anclaje.

Los pavimentos rígidos generalmente se calculan sobrediseñados debido a que no son susceptibles de repararse, es decir cuando falla un pavimento rígido es necesario levantar la losa y construirla nuevamente, este tipo de pavimento es usado generalmente en lugares inaccesibles donde es difícil transportar el material hasta el lugar de la obra.

Los pavimentos rígidos no adoptan las deformaciones del suelo.

La sección típica de un pavimento rígido es la siguiente:



Para poder entrar propiamente a la teoría de diseño de pavimentos debemos conocer el concepto de rueda equivalente.

Rueda equivalente. Rueda tal que actuando a la misma presión de inflado que las ruedas originales produce las mismas deformaciones (en el caso de pavimentos flexibles) o los mismos esfuerzos (en el caso de pavimentos rígidos).

METODO DEL CBR (VRS) PARA EL PROYECTO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES EN AEROPUERTOS.

a) Ensayo CBR (VRS).

El ensayo CBR da un índice de la resistencia al esfuerzo cortante del suelo. En esencia el ensayo consiste en compactar unos 4.5 Kg. de suelo dentro de un molde de 15 centímetros, colocar una sobrecarga en la superficie de ésta muestra y sumergirla en agua por un espacio de cuatro días, penetrando la muestra humedecida mediante un émbolo de acero de 5 centímetros aproximadamente de diámetro - con una intensidad de carga determinada. La resistencia del suelo a esta penetración, expresada en tanto por ciento de la resistencia para la piedra machacada tipo, es el CBR (VRS) del suelo. Por lo tanto, un CBR (VRS)-50 significa, que el esfuerzo necesario para que el pistón penetre en la muestra del suelo una distancia específica es la mitad del requerido para que el pistón penetrara la misma distancia en la piedra de machaqueo tipo. Esta relación se hace corrientemente en la penetración de 2.5 milímetros, del pistón con una sobrecarga de  $72 \text{ Kg/cm}^2$ , - utilizada como el esfuerzo requerido para conseguir una penetración de 2.5 milímetros en la piedra machacada.

Método.

Para conocer los espesores necesarios para un tren de rue-  
das múltiples de dimensiones conocidas y una carga total



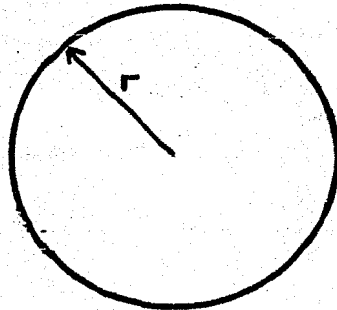
dada se calculan las cargas equivalentes de rueda simple para varias profundidades utilizando la teoría de la elasticidad - (Teoría de Boussinesq, ampliada por A. E. H. Love). Para cada profundidad existe una carga equivalente de rueda simple.

**EJEMPLO.**

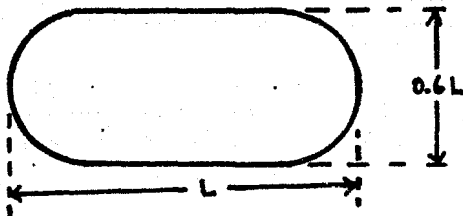
Para conocer el área de contacto de la llanta con el pavimento se aplican las siguientes fórmulas.

a) O Circular  $A = \pi r^2$  :  $A = \frac{P}{p}$

P = Carga.      p = Presión de inflado.



b):



En un medio elástico la deformación por flexión "W" se expresa por la ecuación:

$$W = \frac{P_s F}{E m}$$

En dónde.

P = Intensidad de carga

Em = Módulo de elasticidad.

F = Factor de flexión obtenido, de la figura 12-8

Utilizando la sub-índices "S" y "d" para designar las ruedas simples y gemelas, podemos escribir.

$$W_s = \frac{P_s}{E m} P_s P_s ; \quad W_d = \frac{P_d}{E m} P_d P_d.$$

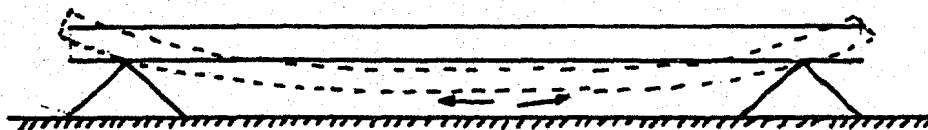
Puesto que  $W_s = W_d$  y " $F_s = F_d$ "

$$\frac{P_s}{P_d} = \frac{P_d}{P_s}$$

El área de contacto de la rueda simple es la misma que la de una rueda de conjunto; por lo tanto.

$$\frac{P_s}{P_d} = \frac{P_d}{P_s}$$

La losa en pavimento rígido sirve como un medio estructural y para distribuir esfuerzos, la capacidad al corte de la losa es medida en base a su capacidad a tensión en las fibras inferiores.



La capacidad a flexión se expresa por  $f_f$ , se debe negociar la capacidad a flexión contra el espesor del pavimento.

La capacidad o flexión  $f_f$  anda del orden de  $45 \text{ Kg./cm}^2$ .

**EjemPlo:**

Datos:

Tren: Tandem Doble.

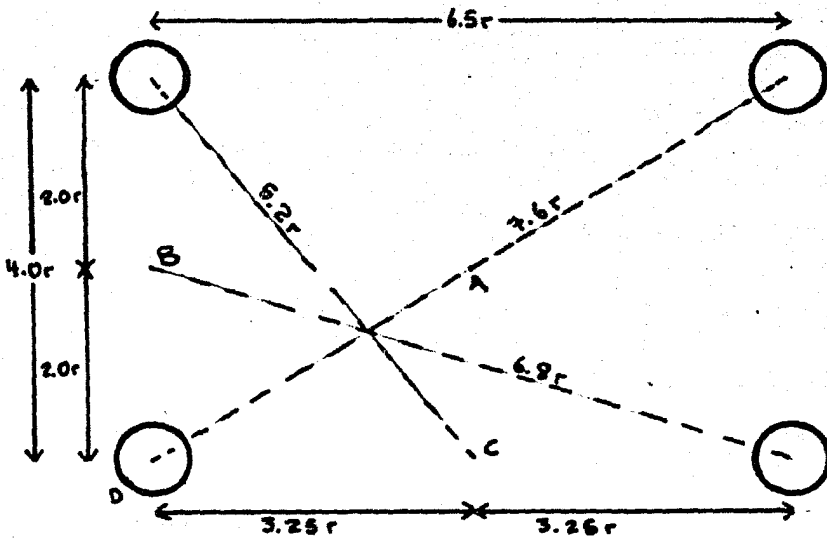
Pd = 130000 Lbs.

Presión llantas: 140 PSI

Area de Contacto:  $130\ 000/140 = 928\text{ in}^2$ .

Profundidad:  $3_t$ . (A la que se quiere determinar la rueda equivalente).

Situación del tren.



$$r = \sqrt{\frac{A}{\pi}}$$

A = Area Sección Circular  
r = Radio

Area de una llanta:  $928/4 = 232 \text{ in}^2$ .

$$r = \sqrt{\frac{232}{\pi}} = 8.6 \text{ in} \quad \text{Prof} = 3 \times 8.6 = 25.8''$$

Prof	A	B	C	D
3r	0.21	0.34	0.26	0.48
3r	0.21	0.34	0.26	0.20
3r	0.21	0.11	0.15	0.10
3r	0.21	0.11	0.15	0.12
$\Sigma$	0.84	0.90	0.82	0.90

Los valores obtenidos en la tabla provienen de la gráfica XIII. (Consultar anexo de gráficas).

En los puntos B y D se tienen los mayores factores de flexión.

Las condiciones críticas las tenemos en los puntos B y D (por ser los de mayor valor).

A continuación procedemos a calcular el peso de la rueda equivalente:

$$P_s = \frac{P_d F_d}{F_s}$$

Profundidad.	$F_s$ Rueda Sencilla.	$F_d$ del Conjunto.	Razón de Cargas.
25.8 pulg.	0.48	0.90	1.875

$$F_s = 0.48; \quad F_d = 0.90; \quad P_d = 130\,000 / 4 = 32\,500$$

$$P_s = \frac{0.90}{0.48} (32\,500)$$

$$P_s = 60937.5 \text{ libras.}$$

En donde:

$P_d$  = Carga sobre una rueda aislada del conjunto.

$F_d$  = Factor de flexión del conjunto.

$F_s$  = Factor de flexión en una rueda sencilla.

$P_s$  = Carga equivalente de rueda simple.

EJEMPLO:

-Obtención del número despegues equivalentes a partir de el avión de diseño.

Supongamos que tenemos los siguientes datos:

AVION	TREN	PRONOSTICO	(libras)	(Pulgadas)
		DESPEGUES	PESO MAXIMO DESPEGUE	ESESOR PAVIMENTO
727-100	Doble	3760	160 000	38
727-200	Doble	9080	190 500	45
707-320B	Tandem-Doble	3050	327 000	42
DC-9-30	Doble	5800	108 000	32
CY-880	Tandem-Doble	400	184 600	35
737-200	Doble	2660	115 500	30
L-1011-100	Tandem-Doble	1710	450 000	43
747-100	Doble-Doble Tandem	85	700 000	40

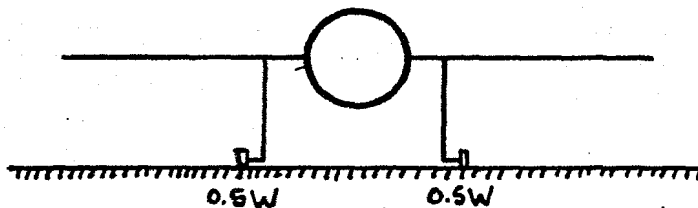
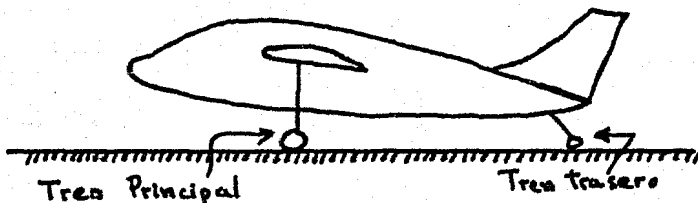
Considerar un VRS = 5.

El avión de diseño será el 727-200 por ser el que requiere un mayor espesor de pavimento.

Para poder continuar con el ejemplo debemos considerar que las configuraciones más comunes para trenes de aterrizaje son las siguientes:

a) TREN CONVENCIONAL:

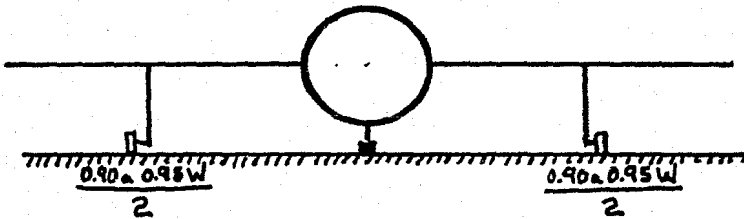
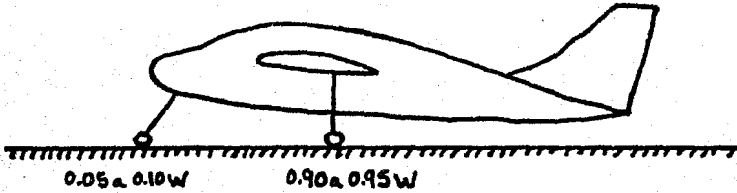
En este tipo de tren se presupone que el tren principal absorbe el total del peso y de atrás no absorbe nada.





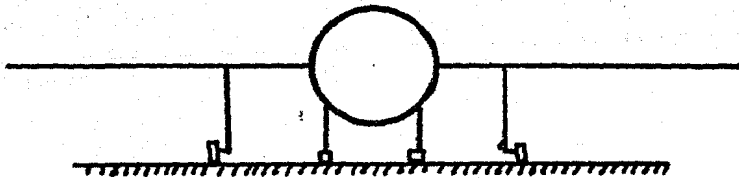
b) TREN TRICICLO:

En este tipo de tren, el tren de nariz absorbe del 5 al 10 % del peso total y el tren principal absorbe del 90 al 95 % del peso total.



c) TREN BICICLETA:

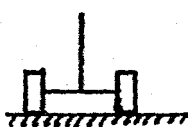
El peso total del avión se reparte entre las ruedas del tren principal.



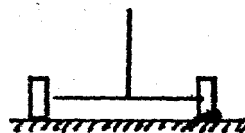
CONEXION CON EL TERRENO:



(a) Rueda Sencilla



(b) Rueda Doble



(c) Tandem Doble



(d) Doble-Doble



(e) Doble Tandem Doble

Continuando con el ejemplo:

Se debe considerar la siguiente tabla para obtener el número de despegues equivalentes del avión no seleccionado como de diseño, con el tren de aterrizaje del avión de diseño.

PARA CONVERTIR DE	A	MULTIPLIQUE # DE DESPEGUES POR.
Rueda Sencilla -----	Rueda Doble-----	0.8
Rueda Sencilla -----	Tandem Doble-----	0.5
Rueda Doble -----	Tandem Doble-----	0.6
Doble Doble Tandem-----	Tandem Doble-----	1.0
Tandem Doble -----	Rueda Sencilla---	2.0
Tandem Doble -----	Rueda Doble -----	1.7
Rueda Doble -----	Rueda Sencilla---	1.3
Doble Doble Tandem-----	Rueda Doble -----	1.7

Convertamos a número de despegue del avión de diseño:

AVION	TREN	(Con tren doble) DESPEGUES EQUIVALENTES
727-100 -----	Doble -----	3760 x 1 = 3760
727-200 -----	Doble -----	9080 x 1 = 9080
707-320 B -----	Tandem Doble---	3050 x 1.7 = 5185
DC-9-30 -----	Doble -----	5800 x 1 = 5800

Cv-440	Tandem Doble	400 x 1.7 = 680
737-200	Doble	2650 x 1.0 = 2650
L-1011-100	Tandem Doble	1710 x 1.7 = 2907
747-100	Doble Doble Tandem	85 x 1.7 = 144.5

TABLA # 7

Aplicando finalmente la fórmula:

$$\text{Log } R_r = \text{Log } R_2 \left[ \frac{W_2}{W_1} \right]^{1/2}$$

En dónde:

$R_1$  = Número de despegues del avión de diseño (equivalentes).

$R_2$  = Número de despegues del avión no seleccionado como de diseño.

$W_1$  = Carga sobre una de las ruedas del avión de diseño.

$W_2$  = Carga sobre una de las ruedas del avión no seleccionado como de diseño.

$R_2$	$W_1$	$W_2$	$W_2/W_1$	$1/2$	$\log R_1$	$R_1$
3760	47625	40 000	0.92		3.28	1890
9080	47625	47 625	1		3.96	9080
5185	47625	40 875	0.93		3.44	2763
5800	47625	27 000	0.75		2.83	682
680	47625	23062.5	0.70		1.97	294
2650	47625	28875.0	0.78		2.67	463
2907	47625	56250.0	1.09		3.76	5808
14.5	47625	58333.33	1.11		2.39	247

TABLA # 8

Total de despegues equivalentes.

al 727 - 200 ----- 21027.00/ año

Ejemplo:

Diseño de pavimentos:

PAVIMENTOS FLEXIBLES.

Peso del avión: 75 000 lbs.

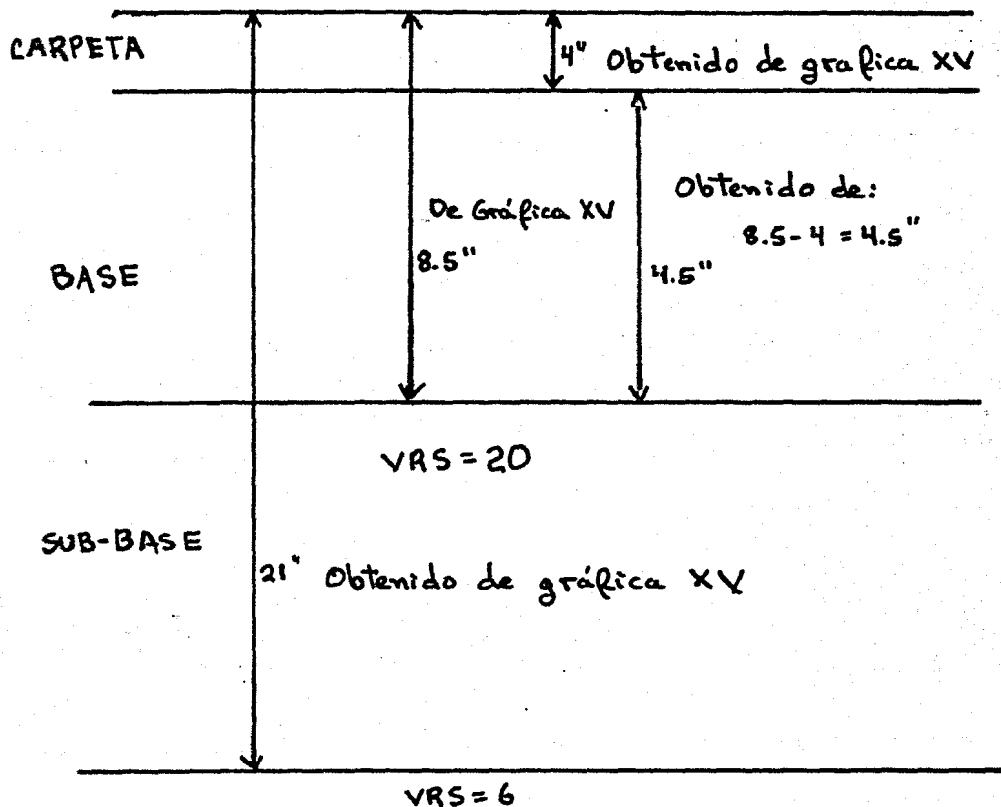
tren : Rueda doble

# Vuelos: 6 000

VRS (Subbase): 20

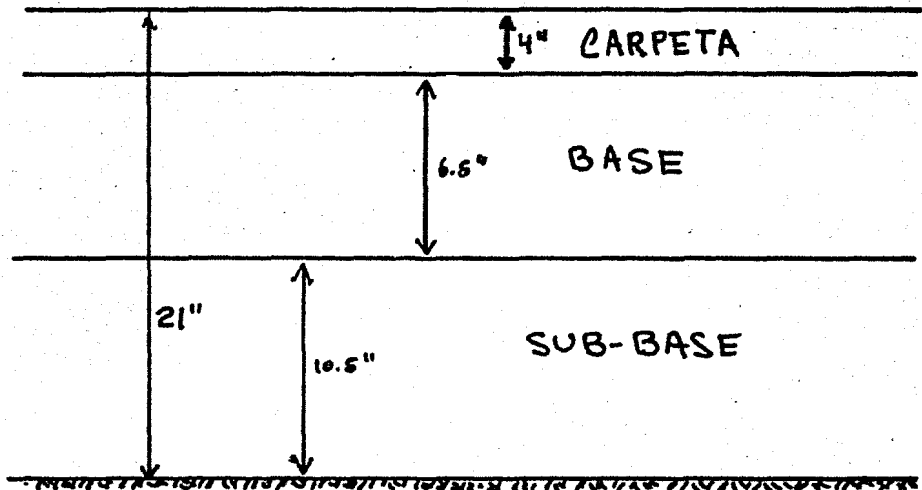
Para poder resolver este tipo de problemas se hace uso -  
de las gráficas XIV a XVI (consultar anexo de gráficas).

Usando la gráfica XV entramos con el VRS (Subbase) interseptamos con el peso de la aeronave, interceptamos con las salidas anuales y obtenemos el espesor del pavimento (Base y Carpeta).



El espesor total de 21" nos sirve para revisar el espesor de la subbase por medio de la gráfica XIV, en esta gráfica entramos con el espesor total de pavimento (21") interceptamos con el VRS (terreno), y obtenemos el espesor de base mínimo. (6.5").

Comparando el espesor mínimo de base (6.5") con el obtenido inicialmente (4.5") nos damos cuenta que se tendrá que modificar el diseño inicial de la siguiente manera:





ANEXO:

### Determinación del Número y Orientación de Pistas.

El número de pistas depende de estudios de demanda contra capacidad y de estudios de vientos, la orientación esta en función de estudios de vientos y de espacios aéreos.

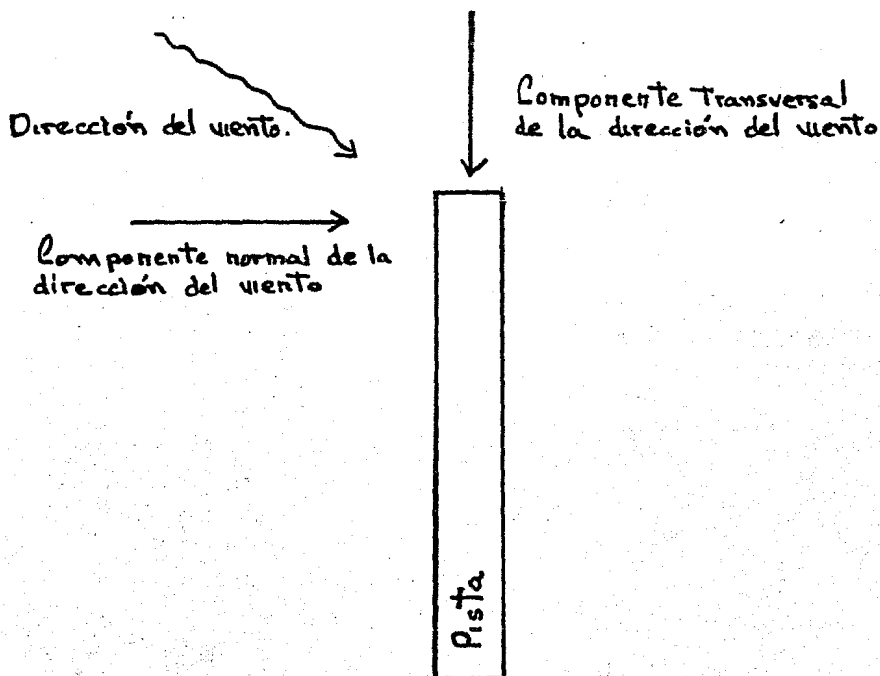
Los estudios de vientos son esenciales para definir tanto el número como la orientación de las pistas por lo que a continuación se presentará un ejemplo de estudio de vientos.

### ESTUDIOS DE VIENTOS:

Para que la orientación de una pista se pueda considerar correcta se deben cumplir los siguientes principios:

- 1) La componente normal del viento con respecto a la pista debe tener una velocidad límite. (Generalmente 15 mph).
- 2) Se acepta que el 5% del tiempo se puede exceder la velocidad límite de la componente normal.

En la siguiente figura se explican los conceptos de componente normal y transversal.



El primer paso en el estudio de vientos es recopilar la información meteorológica de diferentes sitios probables antes de la construcción del aeropuerto, esta información debe abarcar cuando menos 5 años antes de la construcción del aeropuerto.

Los Reportes Meteorológicos se presentan de la siguiente manera:

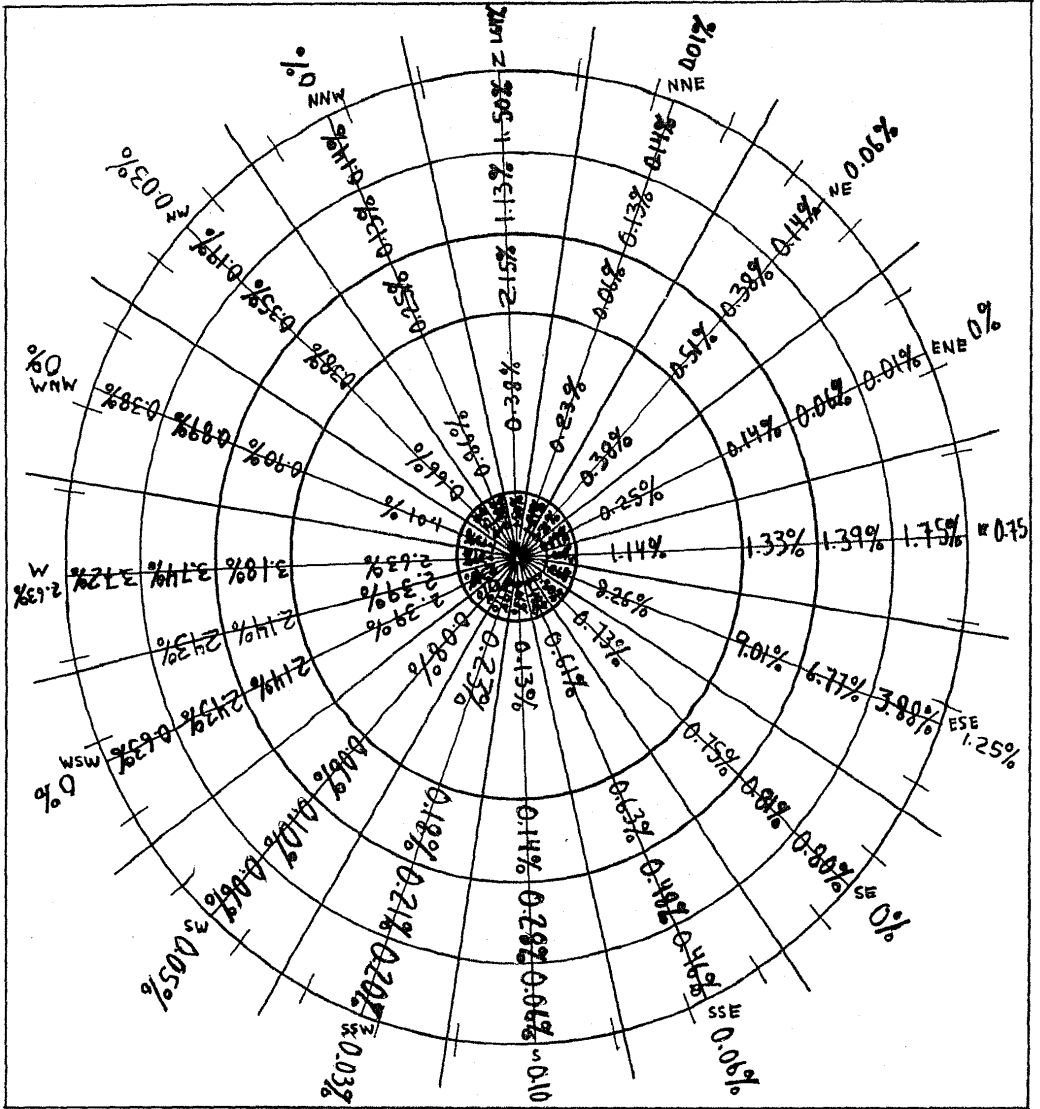
En la tabla #9 en el eje horizontal se tienen los puntos cardinales, en el eje vertical la velocidad del viento, en los casilleros interiores se tiene el número de observaciones y el porcentaje con respecto al número total de observaciones, por ejemplo, para la orientación Norte, con una velocidad del viento entre 0 y 4 millas se tiene un total de observaciones de 120 que representan el 1.50% de las 7987 observaciones.

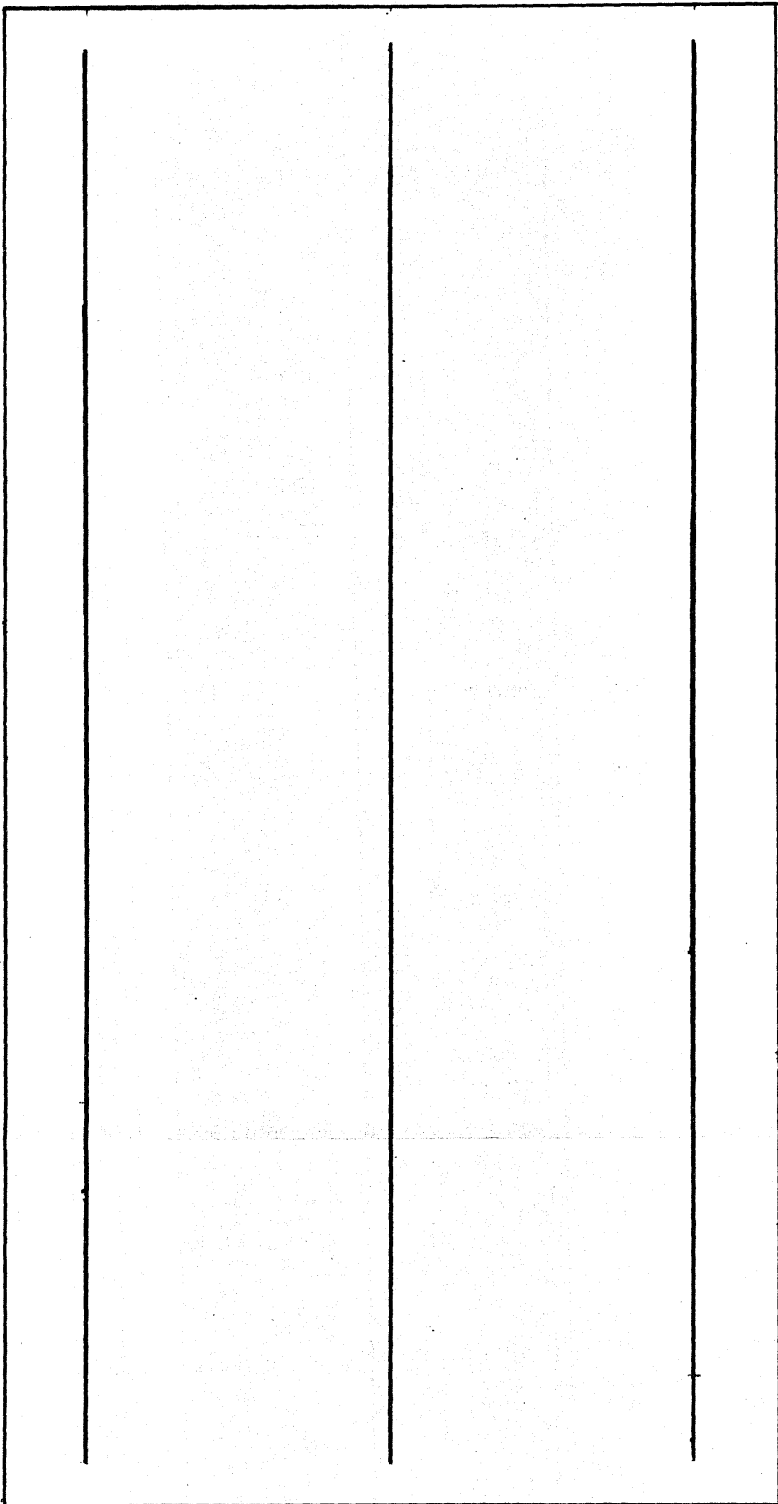
Recabada la información anterior, se dibuja una rosa de los vientos, en donde cada casillero de la tabla # 9 tiene un lugar correspondiente dentro de la rosa de los vientos. En la Rosa de vientos se dibujan a escala círculos concéntricos que representan la velocidad del viento; así mismo se representan todas las coordenadas por medio de líneas rectas. Para poder definir la ubicación de los casilleros de la tabla # 9 dentro de la rosa de vientos se considera que el límite de sector de la coordenada abarca el 50% de la distancia entre dos coordenadas adyacentes. Posteriormente se dibuja en papel transparente a la misma escala utilizada para dibujar la rosa de vientos, tres líneas paralelas que nos representan la componente normal y que superpuestas a la rosa deben ser tangentes al círculo representativo de las 15 millas en la rosa de vientos.

	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW
0-4	1.50%	1.61%	0.31%	0.14%	1.00%	7.21%	0.50%	0.41%	0.06%	0.19%	0%	2.38%	0.37%	1.13%	0.75%	0.23%
	120	131	25	15	80	520	40	38	5	15	0	190	31	90	60	30
4-15	0.37%	0.23%	0.38%	0.25%	1.14%	8.28%	0.73%	0.61%	0.13%	0.23%	0.08%	2.31%	2.53%	1.01%	0.44%	0.84%
	30	18	30	20	91	660	58	49	10	18	6	191	210	81	53	69
15-20	2.15%	0.01%	0.51%	0.14%	1.33%	7.01%	0.75%	0.63%	0.11%	0.18%	0.06%	2.14%	3.18%	0.90%	0.38%	0.25%
	172	5	41	11	106	720	60	50	11	14	5	171	254	72	30	20
20-25	1.13%	0.13%	0.38%	0.06%	1.39%	6.77%	0.81%	0.48%	0.28%	0.21%	0.10%	2.43%	3.74%	0.97%	0.35%	0.13%
	90	10	30	5	111	541	65	38	22	17	8	194	299	71	28	10
25-30	1.60%	0.14%	0.14%	0.01%	1.75%	3.88%	0.80%	0.48%	0.08%	0.20%	0.06%	0.63%	3.72%	0.38%	0.19%	0.14%
	120	11	11	1	140	310	64	37	5	17	5	50	297	30	15	11
730	1.44%	0.01%	0.06%	0%	0.75%	7.25%	0%	0.06%	0.10%	0.05%	0.05%	0%	2.63%	0%	0.05%	0%
	131	1	5	0	60	100	0	5	8	2	4	0	210	0	2	0

Número total de observaciones: 7487

Tabla N<sup>o</sup> 9





Teniendo la rosa de vientos y la representación de la componente normal, por medio de las tres líneas paralelas, se van orientando las tres líneas desde  $10^{\circ}$  hasta  $180^{\circ}$ , estas orientaciones nos representan las orientaciones probables de las pistas.

Para cada orientación y cada velocidad se sumaran los números de los casilleros comprendidos dentro de las tres líneas, a aquellos casilleros que no quedan incluidos 100 % dentro de las líneas, se tomará un porcentaje de ellos multiplicando por el número comprendido en el casillero en cuestión.

Con ésta información se construye la tabla # 1b, en dónde en el eje horizontal que se representa la orientación de las pistas y en el vertical la velocidad del viento.

Finalmente se suman los datos obtenidos para cada orientación, aquella orientación cuya suma de datos sea mayor o igual a 95 % se considerará como una buena orientación por vientos.

En nuestro caso ninguna orientación nos dio una suma mayor de 95% por lo que se tendrán que escoger dos orientaciones, la suma de estos dos orientaciones debe ser mayor de 95%.







DE 15 A 20 MILLAS

01-19	02-20	03-21	04-22	05-23	06-24	07-25	08-26	09-27
0.23	0.15	0.04	0.02	0.04	0.03	0.43	0.22	0.04
0.09	0.23	0.15	0.08	1.51	1.08	0.05	0.03	0.02
0.25	2.15	2.15	2.04	0.06	0.06	0.51	0.51	0.46
2.15	0.06	0.06	0.06	0.51	0.51	0.14	0.14	0.14
0.06	0.51	0.51	0.51	0.14	0.14	1.33	1.33	1.33
0.51	0.11	0.14	0.74	1.26	1.33	8.29	9.01	9.01
0.08	0.27	0.60	0.93	3.60	5.86	0.27	0.43	0.64
0.13	0.20	0.45	1.98	0.09	0.15	0.03	0.06	0.21
0.90	0.57	0.15	0.28	0.10	0.03	0.14	0.01	0.06
0.45	0.14	0.41	0.13	0.18	0.07	0.06	0.10	0.05
0.63	0.18	0.14	0.18	0.06	0.18	2.14	0.06	2.14
0.14	0.06	0.18	0.06	2.14	0.06	3.18	2.14	3.18
0.18	1.50	0.06	2.14	3.02	2.14	0.81	3.81	0.90
0.06	0.64	3.14	2.22	0.36	3.18	0.13	0.90	0.34
1.18		1.43	0.14	0.02	0.69	0.01	0.21	0.08
0.32		0.09			0.08		0.03	0.04
<b>27.36</b>	<b>26.77</b>	<b>28.56</b>	<b>210.91</b>	<b>213.09</b>	<b>215.49</b>	<b>217.52</b>	<b>218.99</b>	<b>218.64</b>
10-28	11-29	12-30	13-31	14-32	15-33	16-34	17-35	18-36
0.01	0.20	0.09	0.06	0.02	0.01	0.64	0.32	0.18
0.31	0.13	0.08	1.33	1.00	0.67	0.72	0.45	0.30
0.14	1.33	1.33	9.01	9.01	9.01	0.38	0.38	0.25
1.33	9.01	9.01	0.75	0.75	0.75	0.25	0.25	2.15
9.01	0.75	0.75	0.63	0.63	0.63	2.15	2.15	0.06
0.75	0.50	0.63	0.11	0.13	0.14	0.05	0.06	0.41
0.35	0.03	0.07	0.04	0.08	0.11	0.20	0.31	0.04
0.01	0.02	0.01	1.03	0.01	0.01	0.31	0.02	3.15
0.02	1.93	0.01	3.05	0.43	0.21	7.21	0.20	0.60
0.04	3.18	1.28	0.90	2.23	1.59	0.75	4.96	0.63
2.14	0.90	3.18	0.38	0.90	0.90	0.63	0.75	0.14
3.18	0.38	0.90	0.25	0.38	0.38	0.14	0.63	0.18
0.90	0.19	0.38	1.40	0.25	0.25	0.16	0.14	0.05
0.38	0.65	0.25	0.01	1.94	2.15	0.02	0.18	0.64
0.13		1.01		0.02	0.04		0.33	
0.17								
<b>218.87</b>	<b>219.19</b>	<b>218.98</b>	<b>218.95</b>	<b>217.78</b>	<b>216.85</b>	<b>213.61</b>	<b>211.13</b>	<b>208.78</b>

DE 20 A 25 MILLAS

01-19	02-20	03-21	04-22	05-23	06-24	07-25	08-26	09-27
1.13	0.07	0.01	0.57	0.17	0.08	0.04	0.25	0.21
0.13	1.13	1.07	0.13	0.12	0.38	0.38	0.06	0.06
0.29	0.13	0.13	0.38	0.38	0.06	0.06	1.39	1.39
0.10	0.38	0.38	0.05	0.06	1.25	1.39	6.09	6.77
0.02	0.02	0.04	0.35	0.76	1.01	3.72	0.04	0.36
0.38	0.24	0.05	0.18	0.06	0.14	0.09	0.07	0.04
0.28	0.78	0.75	0.21	0.70	0.10	0.10	2.43	2.43
0.21	0.21	0.21	0.10	0.10	2.43	2.43	3.74	3.74
0.07	0.10	0.10	2.31	2.43	3.18	3.74	0.69	0.89
0.04	0.61	1.34	0.75	2.24	0.07	0.41	0.04	0.14
0.05								
<b>\$2.72</b>	<b>\$3.17</b>	<b>\$3.58</b>	<b>\$5.03</b>	<b>\$6.52</b>	<b>\$8.70</b>	<b>\$12.36</b>	<b>\$14.80</b>	<b>\$16.03</b>
10-28	11-29	12-30	13-31	14-32	15-33	16-34	17-35	18-36
0.05	0.03	0.01	0.76	0.21	0.53	0.22	0.25	0.14
1.39	1.39	1.25	6.77	6.43	0.35	0.35	0.13	0.13
6.77	6.77	6.77	0.81	0.81	0.13	0.13	1.13	1.13
0.57	0.81	0.81	0.46	0.48	1.02	1.13	0.11	0.13
1.94	0.19	0.29	0.06	0.15	0.01	0.07	0.02	0.15
3.74	0.38	0.36	2.24	0.75	4.06	1.83	0.58	0.32
0.89	1.22	3.37	0.89	0.84	0.81	0.81	0.48	0.48
0.23	3.74	0.89	0.35	0.35	0.48	0.48	0.28	0.28
0.01	0.89	0.35	0.12	0.13	0.25	0.28	0.18	0.21
0.04	0.35	0.07	0.17	0.62	0.02	0.09	0.01	0.04
0.02	0.03							
<b>\$15.65</b>	<b>\$15.80</b>	<b>\$14.17</b>	<b>\$12.63</b>	<b>\$10.97</b>	<b>\$7.66</b>	<b>\$5.39</b>	<b>\$3.17</b>	<b>\$3.01</b>

DE 20 a 25 MILLAS

DE 25 A. 30 MILLAS-

01-19	02-20	03-21	04-22	05-23	06-24	07-25	08-26	09-27
0.08	1.44	0.90	0.53	0.11	0.10	0.11	0.06	0.01
1.50	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.01	0.01	1.75
0.14	0.11	0.14	0.14	0.01	0.01	1.75	1.75	3.49
0.08	0.09	0.04	0.01	0.53	1.14	0.66	1.94	0.36
0.02	0.06	0.20	0.01	0.07	0.07	0.05	0.02	0.54
0.70	0.20	0.06	0.20	0.06	0.06	0.63	0.63	3.72
0.06	0.05	0.22	0.06	0.63	0.63	3.70	3.72	0.34
0.23	0.03		0.44	0.74	2.25	0.06	0.19	0.02
\$2.31	\$2.12	\$1.70	\$1.53	\$2.29	\$4.38	\$6.97	\$8.32	\$10.23

10-28	11-29	12-30	13-31	14-32	15-33	16-34	17-35	18-36
0.01	3.53	2.23	0.74	0.27	0.11	0.15	0.09	0.01
1.75	0.38	0.38	0.38	0.19	0.19	0.14	0.14	0.12
3.88	0.16	0.19	0.19	0.14	0.14	1.50	1.50	1.50
0.36	1.66	0.04	0.11	0.30	0.83	0.03	0.07	0.12
0.32	3.88	1.05	0.35	3.10	1.55	0.64	0.36	0.01
3.72	0.64	3.88	3.88	0.80	0.80	0.46	0.46	0.08
0.38	0.06	0.80	0.80	0.46	0.46	0.06	0.06	0.46
0.07		0.19	0.37	0.01	0.04	0.03	0.10	0.06
								0.19
								0.01
\$10.49	\$10.31	\$8.75	\$6.82	\$5.27	\$4.12	\$3.01	\$2.78	\$2.53

MAYOR DE 30 MILLAS

01-19	02-20	03-21	04-22	05-23	06-24	07-25	08-26	09-27
1.69	0.98	0.83	0.06	0.06	0.06	0.03	0.01	0.76
0.01	0.01	0.01	0.03	0.01	0.32	0.70	0.75	0.94
0.01	0.04	0.06	0.05	0.05	0.05	0.02	0.34	2.63
0.01	0.06	0.03			0.79	2.10	0.01	
0.10	0.03	0.03					2.63	
0.03	0.02	0.05						
0.01								
.								
.								
.								
.								
.								
<b>\$1.86</b>	<b>\$1.14</b>	<b>\$1.01</b>	<b>\$0.14</b>	<b>\$0.12</b>	<b>\$1.22</b>	<b>\$2.85</b>	<b>\$3.74</b>	<b>\$4.32</b>

10-28	11-29	12-30	13-31	14-32	15-33	16-34	17-35	18-36
0.75	0.70	0.23	1.15	0.15	0.06	0.06	1.64	1.64
1.25	1.25	1.25	0.02	0.05	0.02	0.08	0.06	0.01
2.63	2.30	0.31	0.03	0.03	0.03	0.01	0.10	0.02
.					0.16	0.57		0.10
.								0.02
.								
.								
.								
.								
<b>\$4.63</b>	<b>\$4.25</b>	<b>\$1.79</b>	<b>\$1.20</b>	<b>\$0.23</b>	<b>\$0.27</b>	<b>\$0.72</b>	<b>\$1.30</b>	<b>\$1.79</b>

Tabla N<sup>o</sup> 16

	750	7530	7535	1520	755	9	FORMA 18-36
54.72	1.86	2.31	2.72	7.36	21.81	18.66	01-19
53.67	1.14	2.12	3.17	6.77	21.81	18.66	02-20
55.32	1.01	1.70	3.58	8.56	21.81	18.66	03-21
58.08	0.14	1.53	5.03	10.91	21.81	18.66	04-22
62.49	0.12	7.29	6.52	13.09	21.81	18.66	05-23
70.26	1.22	4.38	8.70	15.49	21.81	18.66	06-24
80.17	2.85	6.97	12.36	17.52	21.81	18.66	07-25
86.32	3.74	8.32	14.80	18.99	21.81	18.66	08-26
89.69	4.32	10.23	16.03	18.64	21.81	18.66	09-27
90.11	4.63	10.49	15.65	18.87	21.81	18.66	10-28
90.02	4.25	10.31	15.80	19.19	21.81	18.66	11-29
84.16	1.79	8.75	14.17	18.98	21.81	18.66	12-30
80.07	1.20	6.82	12.63	18.95	21.81	18.66	13-31
74.52	0.23	5.27	10.77	17.78	21.81	18.66	14-32
69.37	0.27	4.12	7.66	16.85	21.81	18.66	15-33
63.20	0.72	3.01	5.39	13.61	21.81	18.66	16-34
59.35	1.80	2.78	3.17	11.13	21.81	18.66	17-35
56.60	1.79	2.55	3.01	8.78	21.81	18.66	18-36

## T E M A V

### Determinación de especificaciones.

#### Antecedentes:

Las normas y métodos recomendados relativos a aeródromos fueron adoptados inicialmente el 29 de mayo de 1951 de conformidad con lo dispuesto en el artículo 37 del Convenio sobre Aviación Civil Internacional (Chicago, 1944), con la designación de Anexo 14 al convenio. Las normas y métodos recomendados se basaron en recomendaciones de la Tercera Conferencia del Departamento de Aeródromos, Rutas Aéreas y Ayudas Terrestres que se celebró en septiembre de 1947 y de la Cuarta Conferencia en noviembre de 1949, y posteriores conferencias de navegación aérea.

El anexo 14 contiene las normas y métodos recomendados, (especificaciones) que prescriben las características físicas y las superficies limitadoras de obstáculos con que deben contar los aeródromos, y ciertas instalaciones y servicios Técnicos que normalmente se suministran en aeródromo.

#### NORMA:

Es toda especificación de características físicas, configuración, material, performance, personal o procedimiento, cuya aplicación uniforme se considera necesaria para la seguridad o regularidad de la navegación aérea internacional y a la

que, de acuerdo con el Convenio, se ajustarán los Estados.

Métodos recomendado:

Toda especificación de características físicas, configuración, material, performance, personal o procedimiento, cuya aplicación uniforme se considera conveniente por razones de seguridad, regularidad o eficiencia de la navegación aérea internacional, y a la cual, de acuerdo con el Convenio, Tratarán de ajustarse los Estados.

Las especificaciones correspondientes a cada una de las instalaciones se han relacionado entre sí por referencia a un sistema de clasificación de pistas, lo que permite obtener aeródromos cuyas proporciones reúnen las debidas características de eficiencia.

Letra Clave	
A	Desde 2100m (7000m) en adelante
B	Desde 1500m hasta 2100m (exclusive)
C	Desde 900m hasta 1500m (exclusive)
D	Desde 750m hasta 900m (exclusive)
E	Desde 600m hasta 750m (exclusive).



Las especificaciones relativas a las pistas de letra de clave A, B o C se han preparado para las operaciones efectuadas en condiciones meteorológicas de vuelo visual, mientras que las especificaciones para las pistas de letra de clave D o E se han preparado únicamente para operaciones que se atengan a condiciones meteorológicas de vuelo visual.

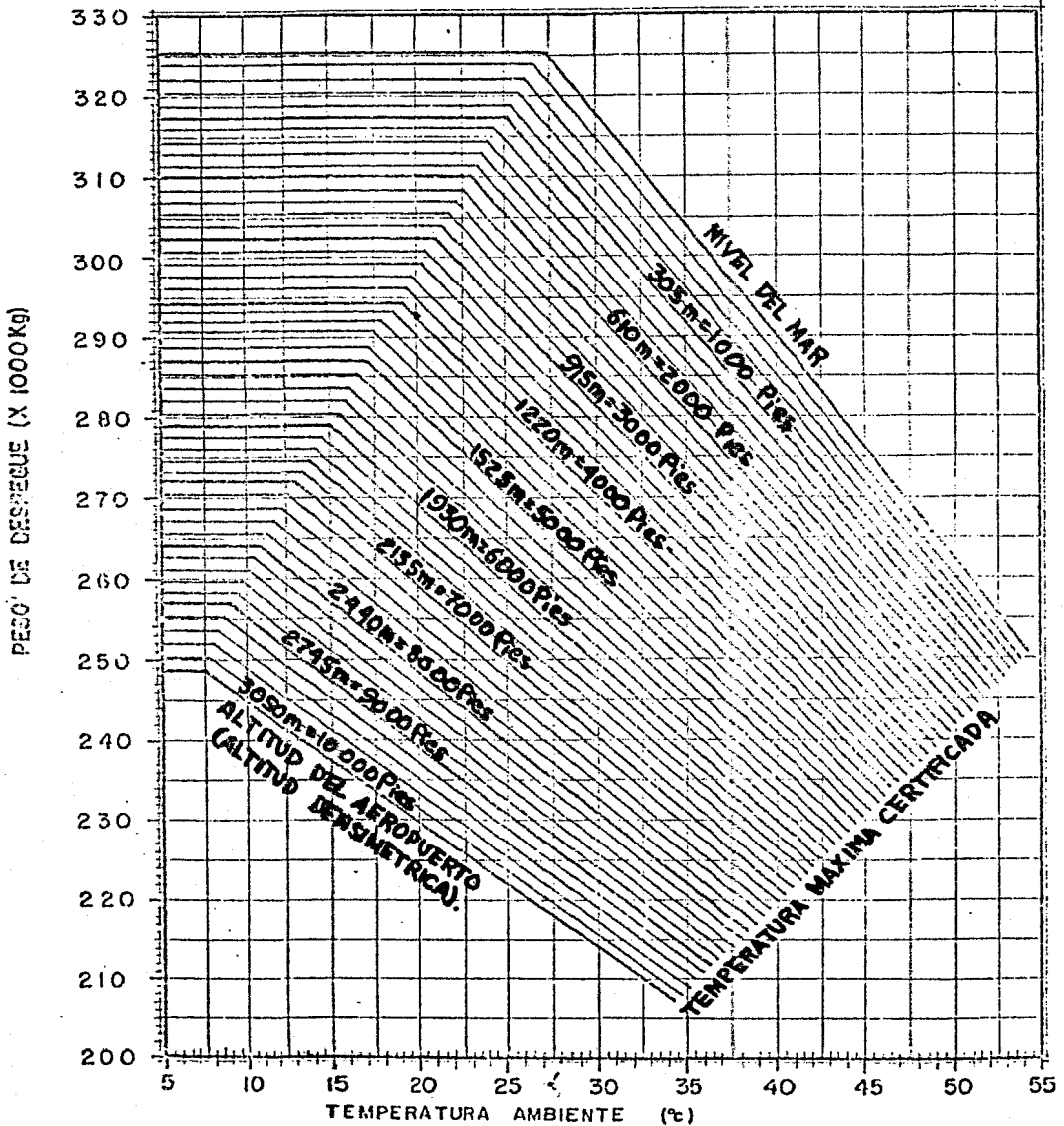
Manuales relacionados con las especificaciones del —  
Anexo:

Manual de proyecto del aeródromo ( D O C 9157-AN/901 )  
(Pistas, calles de rodaje, plataformas y apartaderos de espera pavimentos, Ayudas visuales).

Manual de planificación de aeropuertos ( D O C 91 84-AN/902 ) -  
Contiene especificaciones relativas a la planificación general de aeródromos. (Tales como la separación entre aeródromos). -  
las relativas a los aspectos económicos y otros factores no -  
técnicos que deben considerarse en el desarrollo de un aeródromo. .

Manual de servicios de aeropuertos ( D O C 9137-AN/898 )  
(salvamento y extinción de incendios, estado de la superficie de los pavimentos, protección contra las que por manera de reducir el peligro que representan dispersión de la niebla, traslado de las aeronaves inutilizadas, limitación de obstáculos.

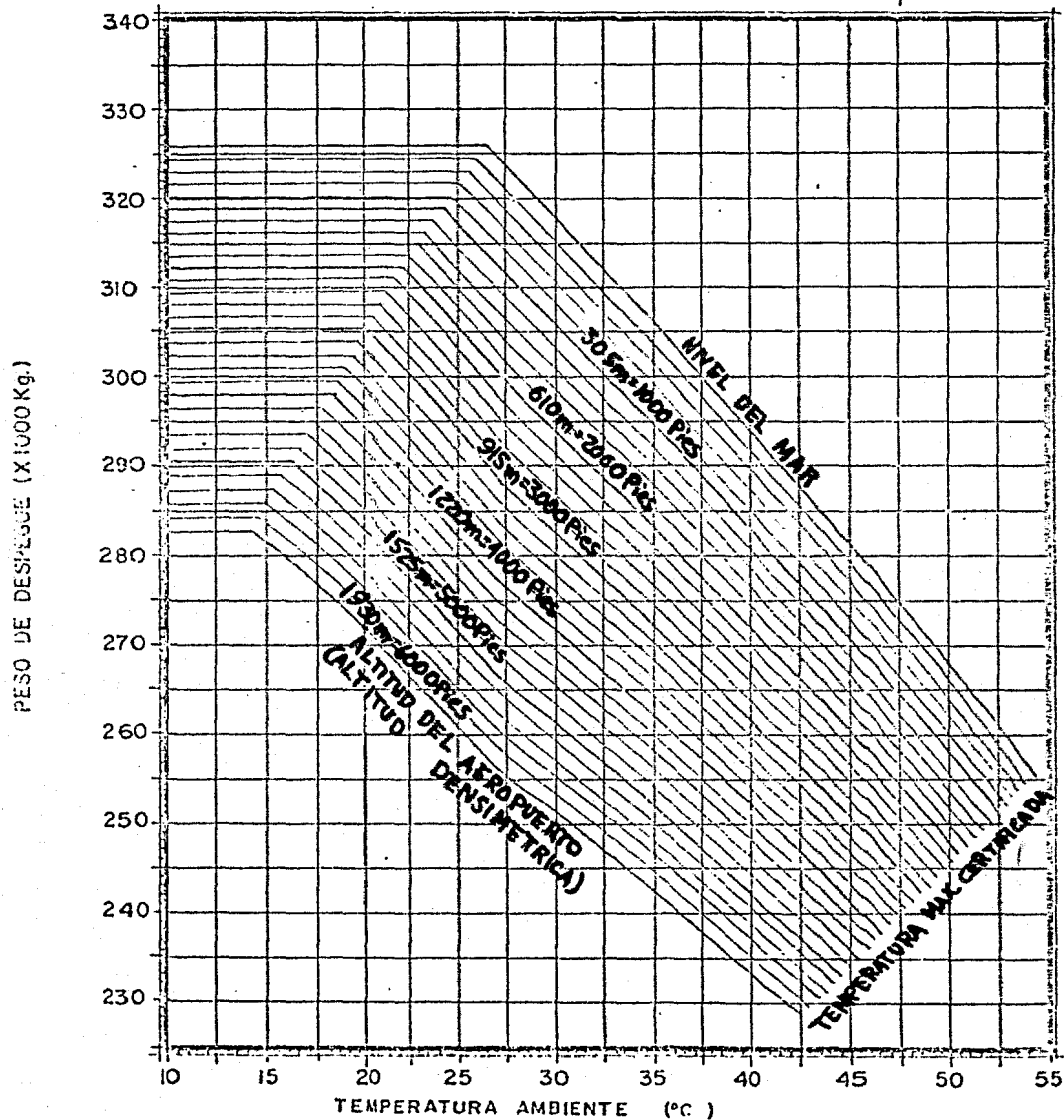
**ANEXO DE GRAFICAS.**



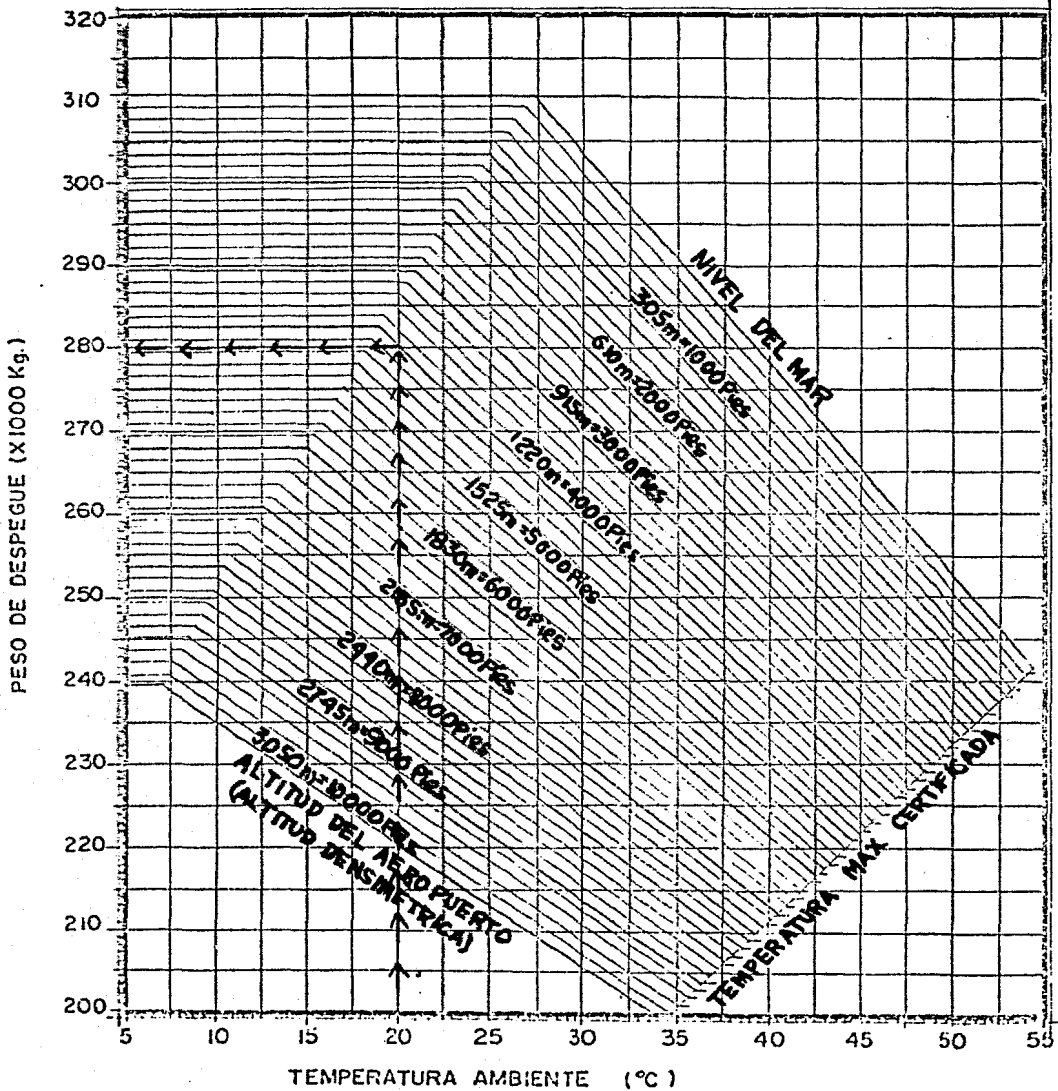
ALTITUD DEL AEROPUERTO  
 (ALTITUDE DEREGMETICAL)

ETAPICA NA I

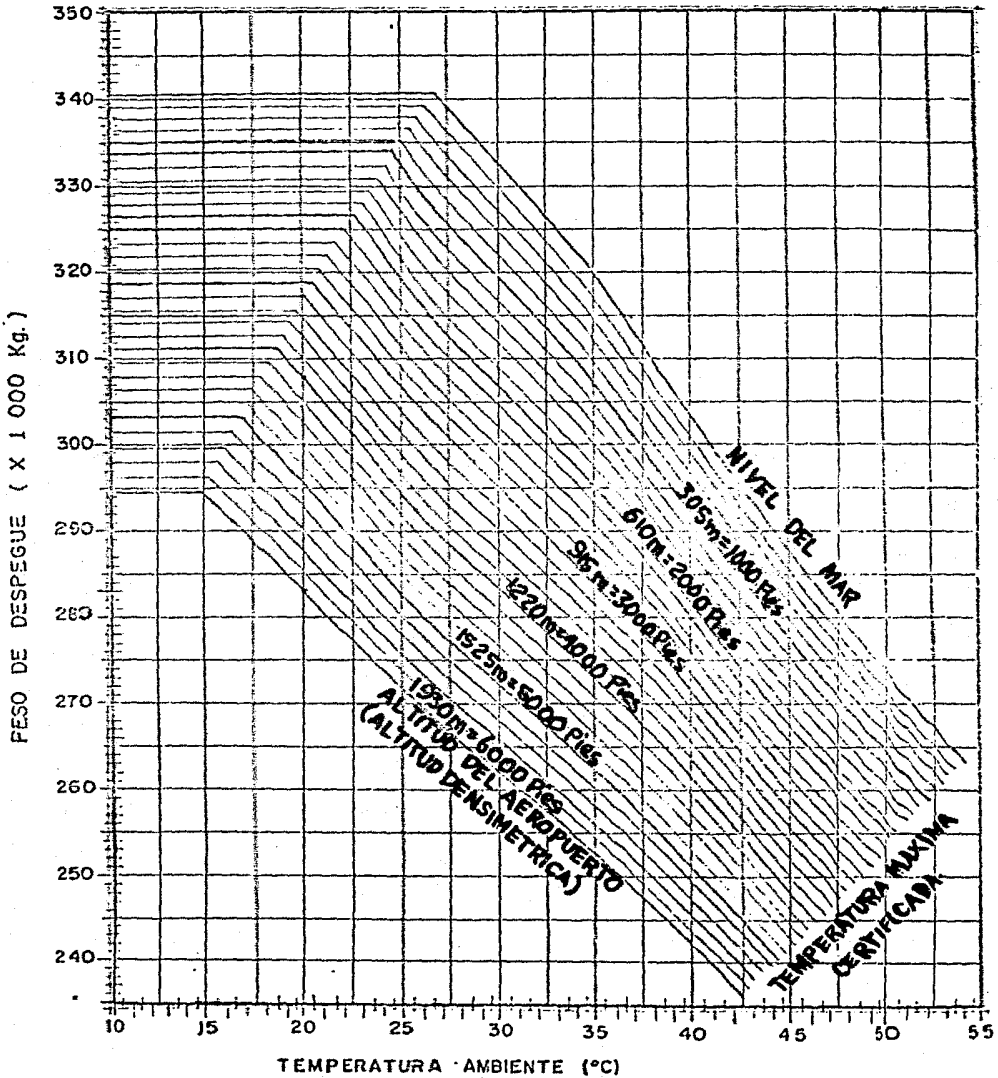
HUMEDO  
 ALETAS 20°

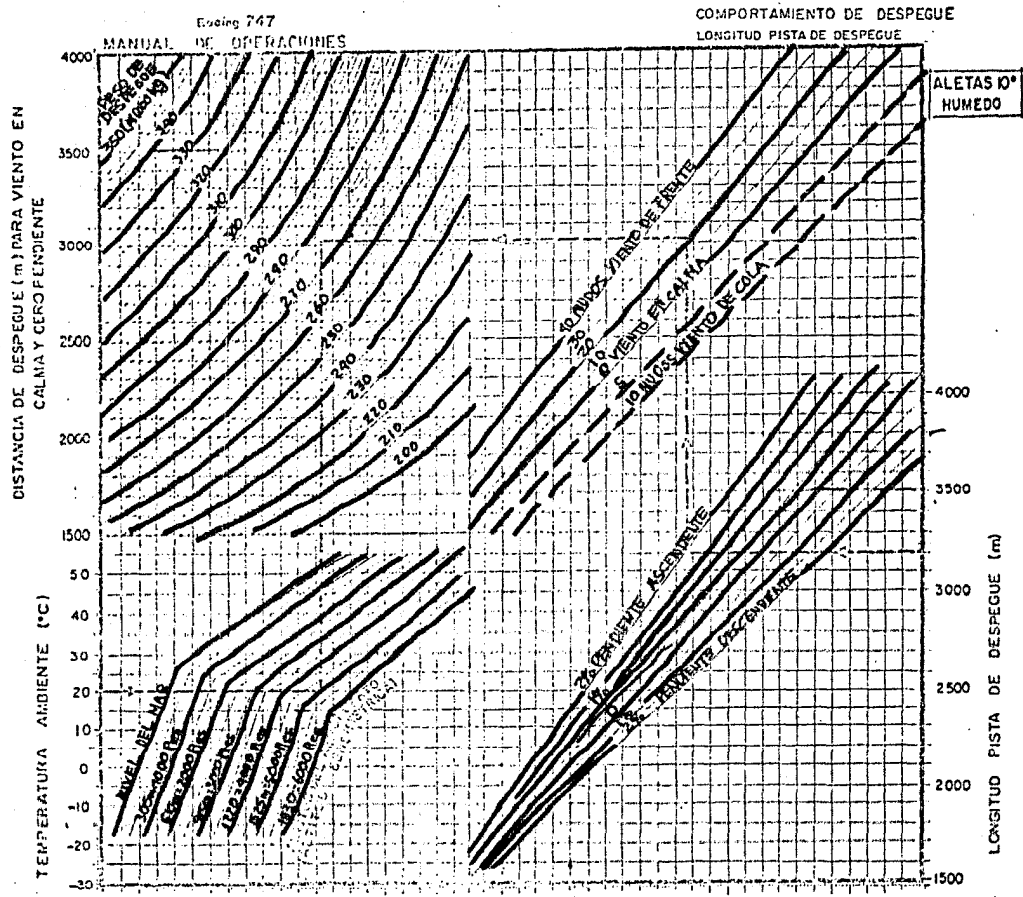


SECO.  
 ALETAS 20°



HUMEDO  
 ALETAS 10°





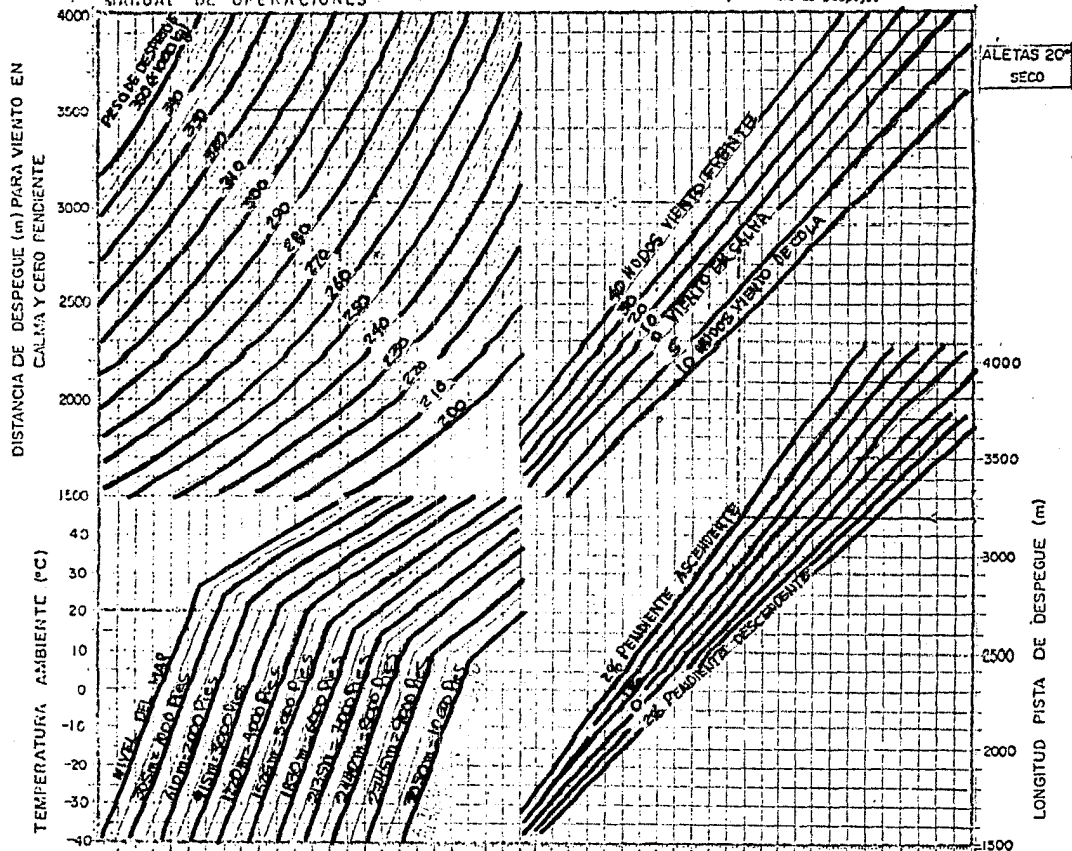


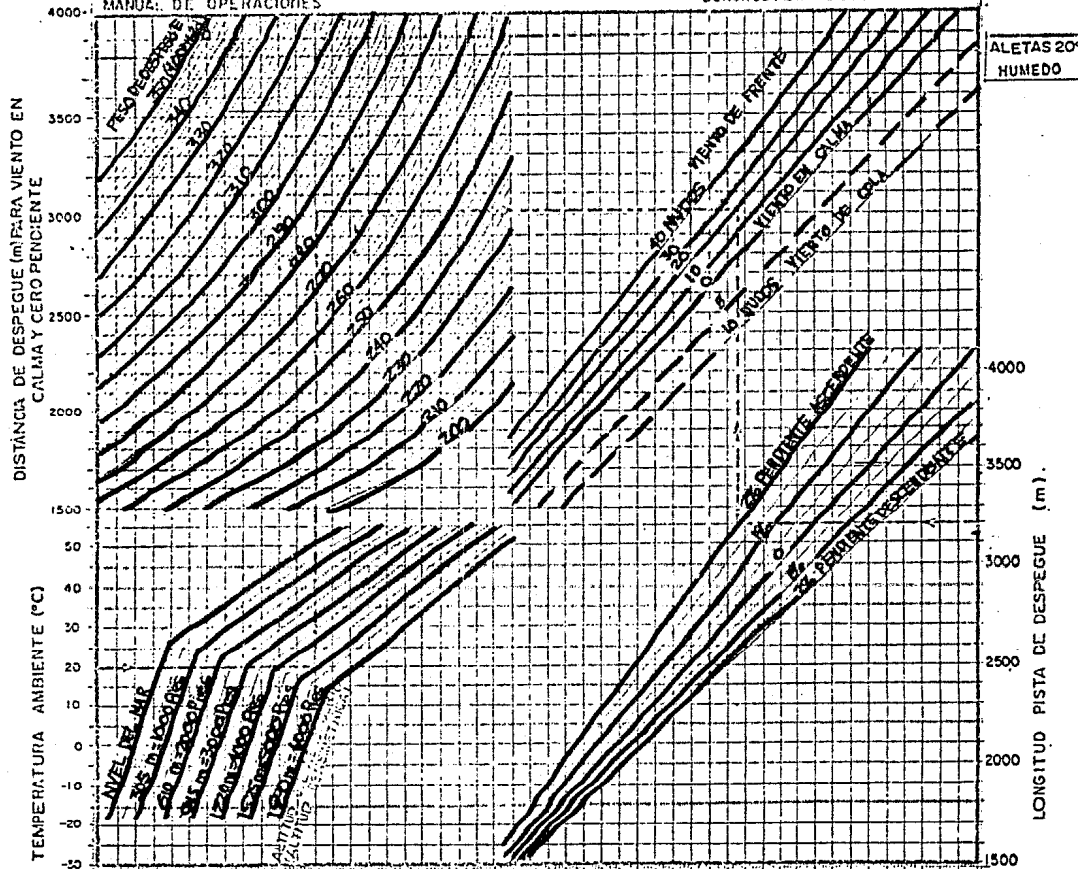
Gráfico II



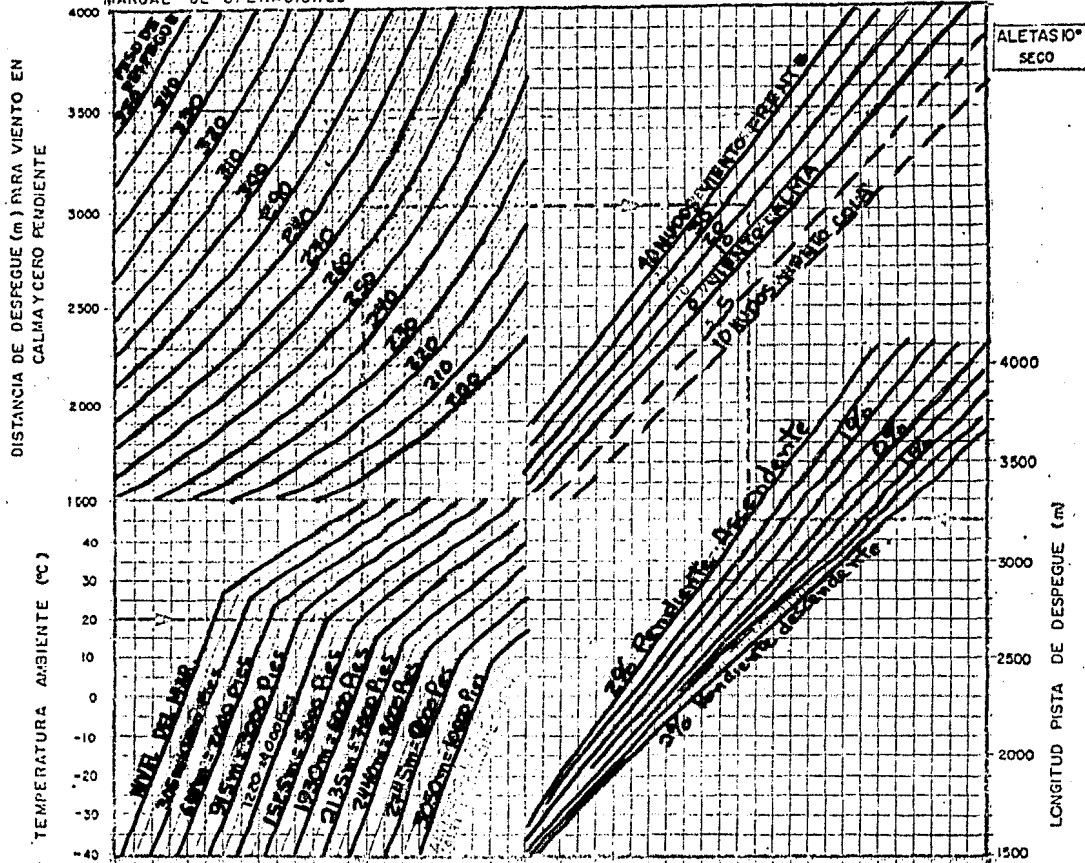
Buening 747

MANUAL DE OPERACIONES

COMPORTAMIENTO DE DESPEGUE  
LONGITUD PISTA DE DESPEGUE



Gráfica VII



DC-10  
MDC-11010  
DATE: 7-15-71

FAA APPROVED  
OPERATING LIMITATIONS

SECTION IVA PAGE 9  
PERFORMANCE

OK

MODEL DC-10  
SECOND SEGMENT LIMITING WEIGHT

CF6-80 ENGINES

TAKEOFF THRUST

GEAR UP GROSS GRADIENT = 2.7%

SLATS EXTENDED

ENGINE AIRBLEED FOR AIR CONDITIONING OFF

MAXIMUM WEIGHT LIMITATIONS  
IN SECTION I MUST BE OBSERVED

ENGINE AND AIRFRAME  
ICE PROTECTION ON

ENGINE ICE PROTECTION ON

ICE PROTECTION OFF

AIRPORT PRESSURE  
ALTITUDE (FT)

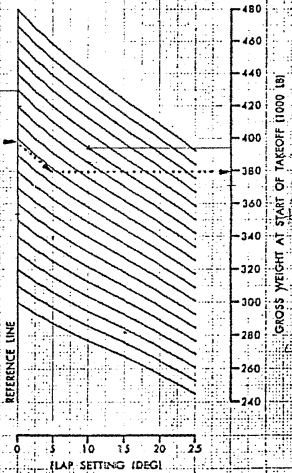
AIRPORT PRESSURE  
ALTITUDE (FT)

AIRPORT PRESSURE  
ALTITUDE (FT)

SL
1000
2000
3000
4000
5000
6000
7000
8000
9000
10,000

SL
1000
2000
3000
4000
5000
6000
7000
8000
9000
10,000

SL
1000
2000
3000
4000
5000
6000
7000
8000
9000
10,000



°C -60 -50 -40 -30 -20 -10 0 10 -60 -50 -40 -30 -20 -10 0 10 -60 -50 -40 -30 -20 -10 0 10 60 °C  
°F -80 -60 -40 -20 0 20 40 60 -80 -60 -40 -20 0 20 40 60 -80 -60 -40 -20 0 20 40 60 140 °F  
AMBIENT TEMPERATURE AMBIENT TEMPERATURE AMBIENT TEMPERATURE  
FLAP SETTING (DEG)

GRAFICA IX

FORM 87-10-1-14 (REV. 6-71) PREPARED BY: AERO (VPA) MODEL: SERIES 10 REPORT NO. DATE: 7-12-71  
 REFERENCE: 7570-6C, -6C, -6C, -6C

MDC-11019  
DATE: 7-15-71

FAA APPROVED  
OPERATING LIMITATIONS

SECTION IVA PAGE 17  
PERFORMANCE

### MODEL DC-10 MAXIMUM TAKEOFF WEIGHT FIELD LENGTH LIMITS

CPA-6D ENGINES  
SLATS EXTENDED

MAXIMUM WEIGHT LIMITATIONS  
BY SECTION I MUST BE OBSERVED

ENGINE ABLE FOR AIR CONDITIONING OFF  
ICE PROTECTION OFF  
OR  
ALL ENGINE BLEEDS WHEN  
USED WITH UNBALANCED  
TAKEOFF FIELD LENGTH

AIRPORT PRESSURE:  
ALTITUDE (FT)

8500  
8000  
7000  
6000  
5000  
4000  
3000  
2000  
1000  
SL

REFERENCE RUNWAY LENGTH AT REFERENCE WEIGHT (1000 FT)  
TO BE USED WITH CORRESPONDING SCALE ON CHARTS I AND C

# CHART D

*0.72*

TAKEOFF  
WEIGHT (1000 LB)

AMBIENT TEMPERATURE  
°C: -60 -50 -40 -30 -20 -10 0 10 20 30 40 50 60  
°F: -80 -60 -40 -20 0 20 40 60 80 100 120 140

REFERENCE RUNWAY LENGTH (1000 FT)  
TO BE USED WITH CORRESPONDING SCALE ON CHART A

*Loza de Pita  
(CRIBAO Pias)*

## GRAFILAX

PREPARED BY: AVIAC (2281)

REVISION: 210-448-11

MORE: SAULUS

BY: J. J. J.

DATE: 7-15-71

DATE: 7-15-71

DC-10  
MDC-1030  
DATE: 1-15-73

FAA APPROVED  
OPERATING LIMITATIONS

SECTION IVA PAGE 11  
PERFORMANCE

OK

MODEL DC-10  
SECOND SEGMENT LIMITING WEIGHT  
CF6-50A ENGINES

GEAR UP GROSS GRADIENT = 2.7%

SLATS EXTENDED  
ENGINE AIRBLEED FOR AIR CONDITIONING OFF  
MAXIMUM WEIGHT LIMITATIONS  
IN SECTION I MUST BE OBSERVED

ENGINE AND AIRFRAME  
ICE PROTECTION ON

ENGINE ICE PROTECTION ON

ICE PROTECTION OFF

AIRPORT PRESSURE  
ALTITUDE (FT)

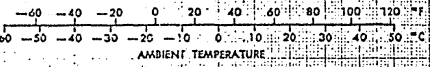
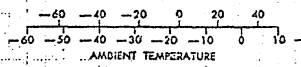
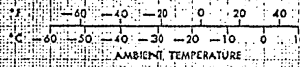
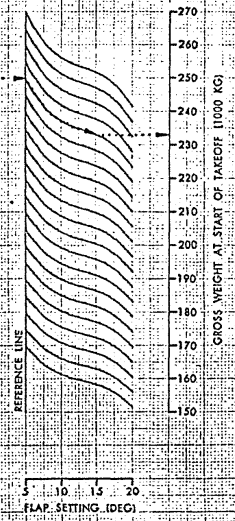
AIRPORT PRESSURE  
ALTITUDE (FT)

AIRPORT PRESSURE  
ALTITUDE (FT)

SL
1000
2000
3000
4000
5000
6000
7000
8000
9000
10,000

SL
1000
2000
3000
4000
5000
6000
7000
8000
9000
10,000

SL
1000
2000
3000
4000
5000
6000
7000
8000
9000
10,000



GRAFICA II

REVISION 11-16-73 (101) REFERENCE 10-15-73  
 MODEL 30 SERIES 30 REPORT NO. 7650-0-06-30.2 DATE 1-15-73

FORM NO. 7600-6.F.38B  
PAGE NO. 7600-6.F.38B  
DATE: 1-7-73

AND BY: MANUFACT. MODEL: SERIES 30  
SOURCE: 7600-6.F.30 f. 6.F.31.2.

DC-10  
MDC-11030  
DATE: 3-15-73

FAA APPROVED  
OPERATING LIMITATIONS

SECTION IVA, PAGE 19  
PERFORMANCE

MODEL DC-10  
MAXIMUM TAKEOFF WEIGHT  
FIELD LENGTH LIMITS

CF6-50A ENGINES  
SLATS EXTENDED

MAXIMUM WEIGHT LIMITATIONS  
IN SECTION I MUST BE OBSERVED

ENGINE AIRBLEED, FOR AIR CONDITIONING OFF  
ICE PROTECTION OFF

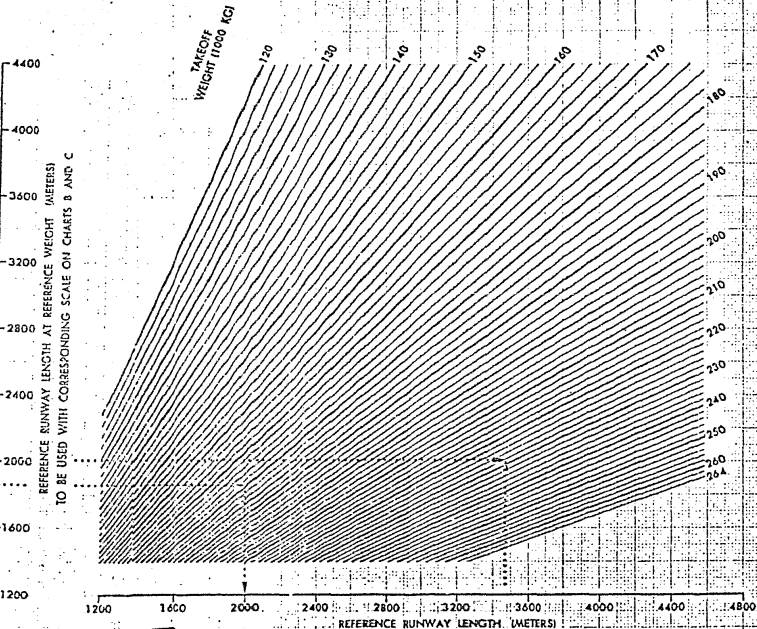
AIRPORT PRESSURE  
ALTITUDE (FT)

8500  
8000  
7000  
6000  
5000  
4000  
3000  
2000  
1000  
SL

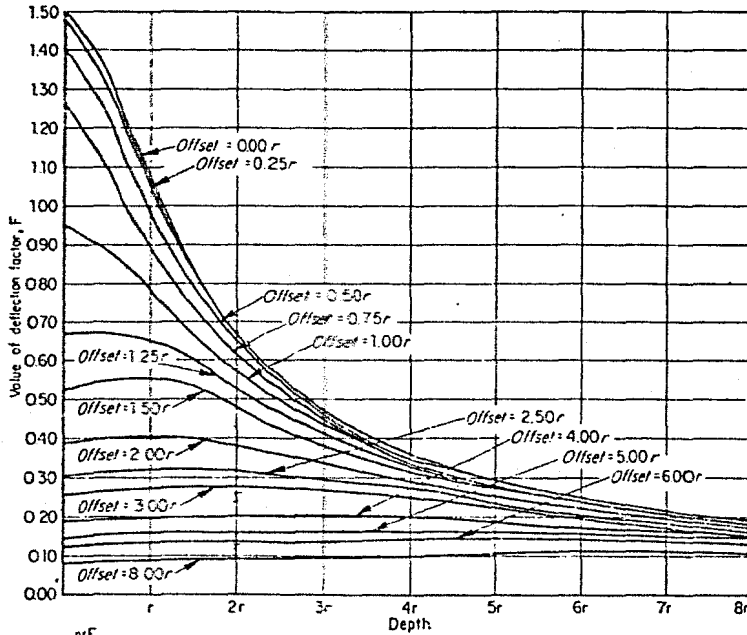
60 40 20 0 20 40 60 80 100 120 °F  
-60 -50 -40 -30 -20 -10 0 10 20 30 40 50 °C  
AMBIENT TEMPERATURE

CHART D

OK



GRAPHIC XXI



- $w = \frac{prF}{E_m}$   
 $w$  = vertical deflection in inches  
 $r$  = radius of loaded circular area in inches  
 $E_m$  = elastic modulus in psi  
 $F$  = deflection factor  
 $z$  = depth in inches  
 $p$  = surface contact pressure in psi

Note: for points beneath the center of the circular area  
 (offset=00r)  $F = \frac{3r}{2\sqrt{z^2+r^2}}$   
 offsets measured from origin along x-axis.

**Fig. 12-8** Deflection factor  $F$  for uniform load of radius  $r$  at points beneath the  $x$  axis; Poisson's ratio = 0.5. (Haterways Experiment Station, Corps of Engineers.)

**GRAFICA XIII**

12/7/78

# Gráfica para Revisión Pavimentos Flexibles

AC 150/5320-6C

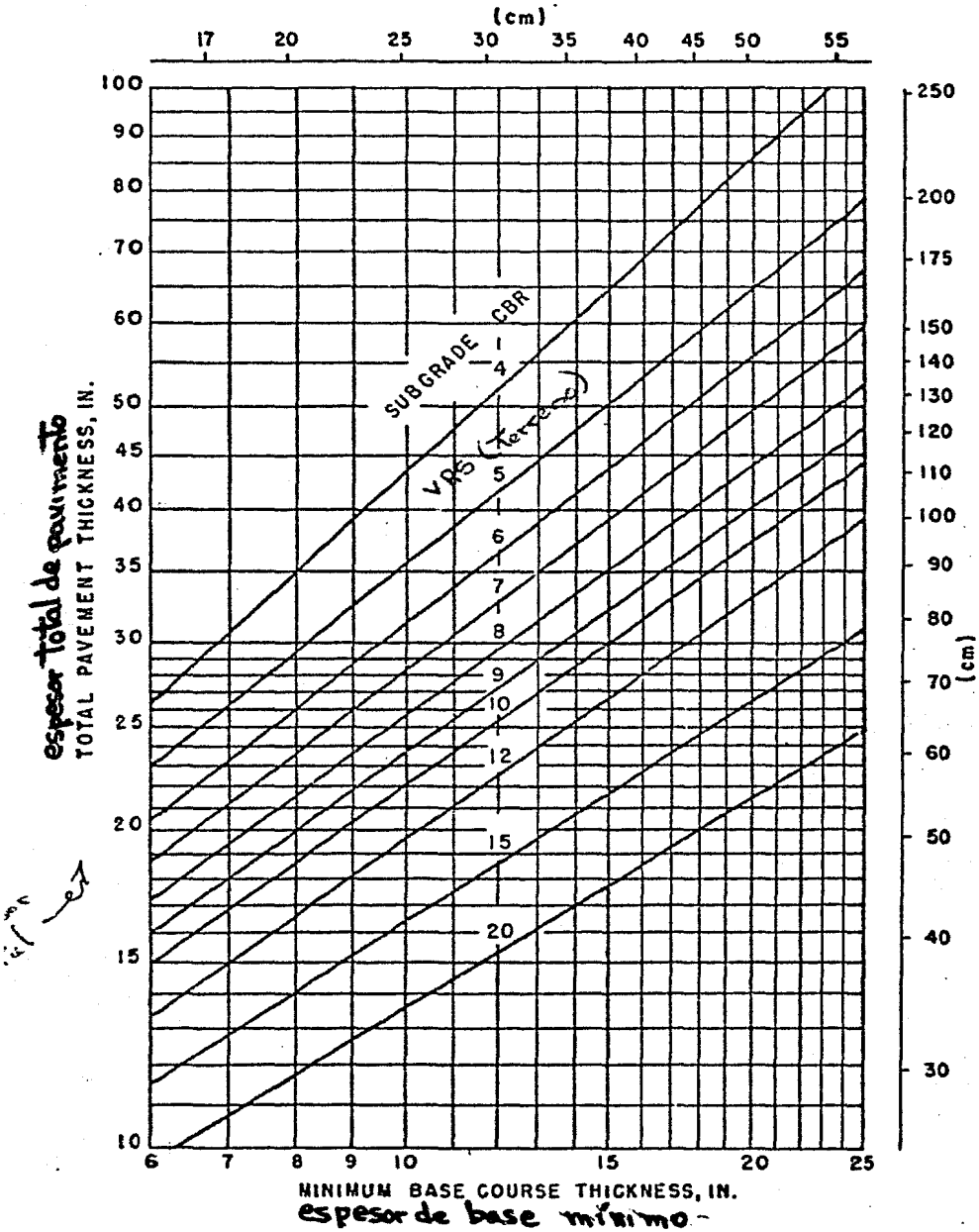
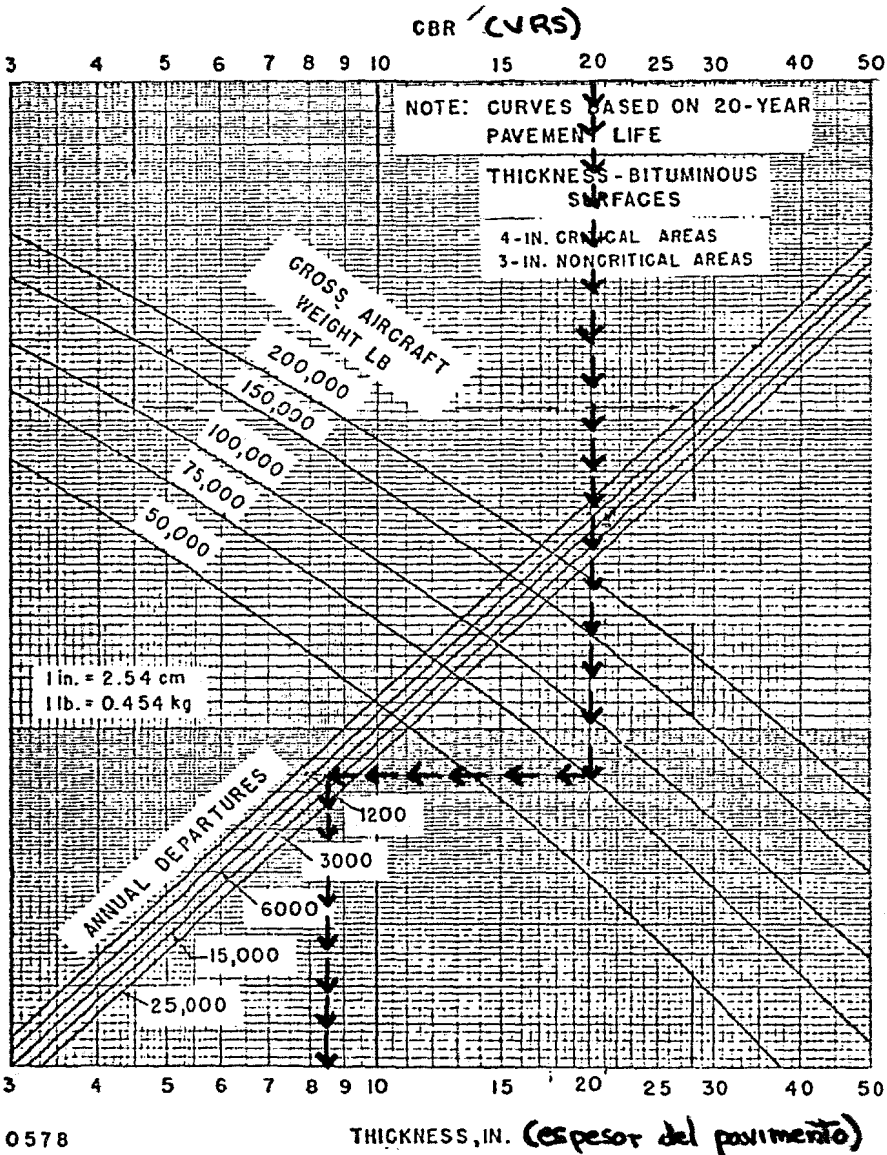


FIGURE 3-12. MINIMUM BASE COURSE THICKNESS REQUIREMENTS

## GRAFICA XIV





0578

FIGURE 3-4. FLEXIBLE PAVEMENT DESIGN CURVES FOR CRITICAL AREAS, DUAL WHEEL GEAR (Rueda doble)

# Pavimentos Flexibles GRAFICA XV

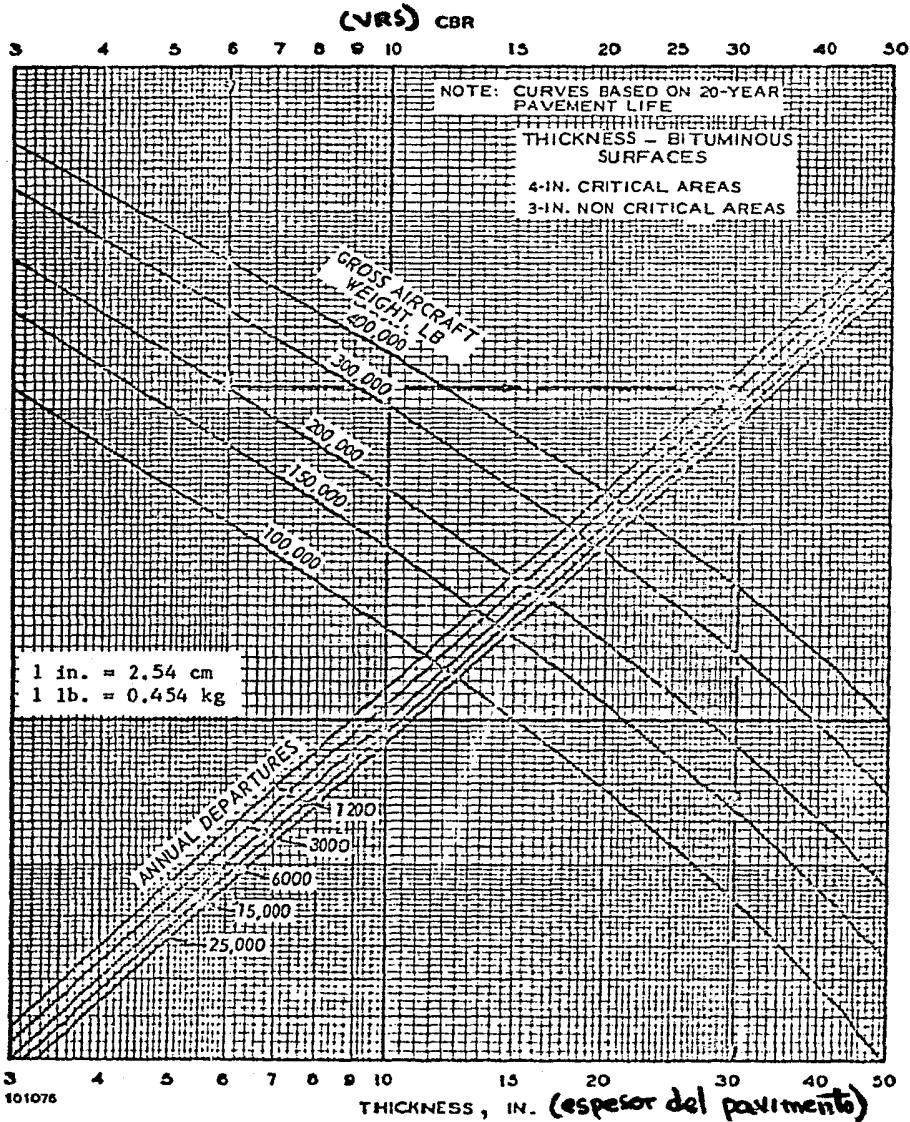
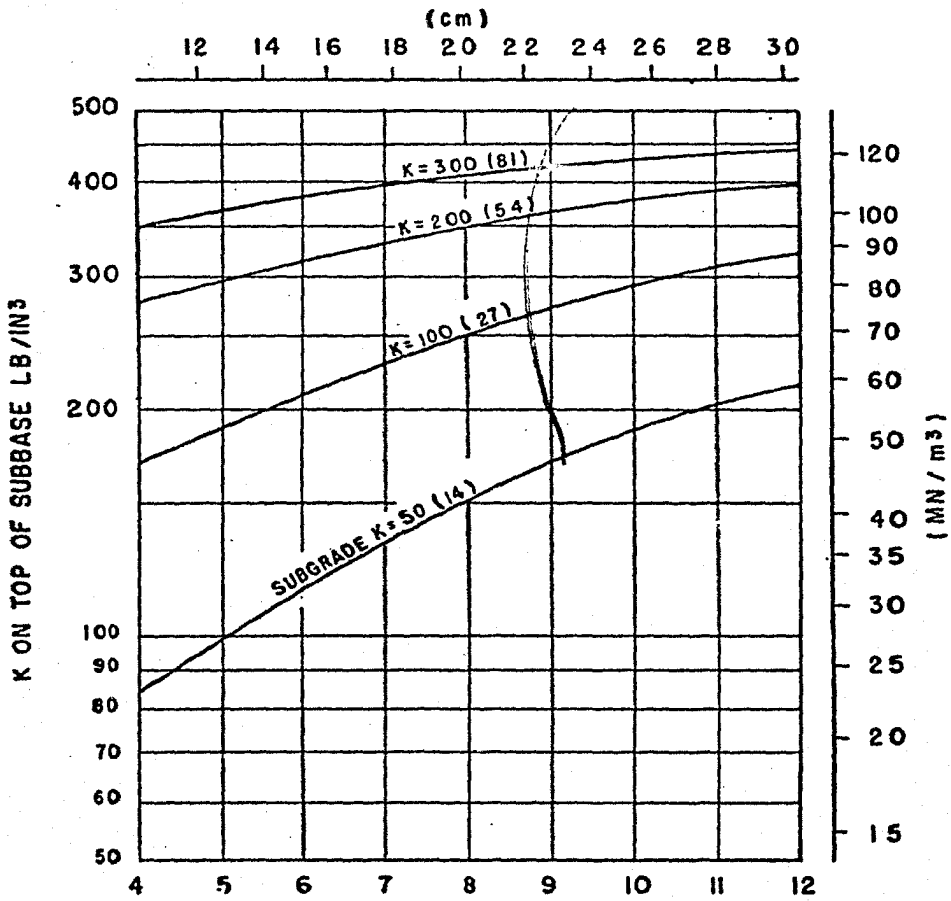


FIGURE 3-5. FLEXIBLE PAVEMENT DESIGN CURVES FOR CRITICAL AREAS, DUAL TANDEM GEAR (Tandem Doble)

Pavimentos flexibles..

GRAFICA XVI

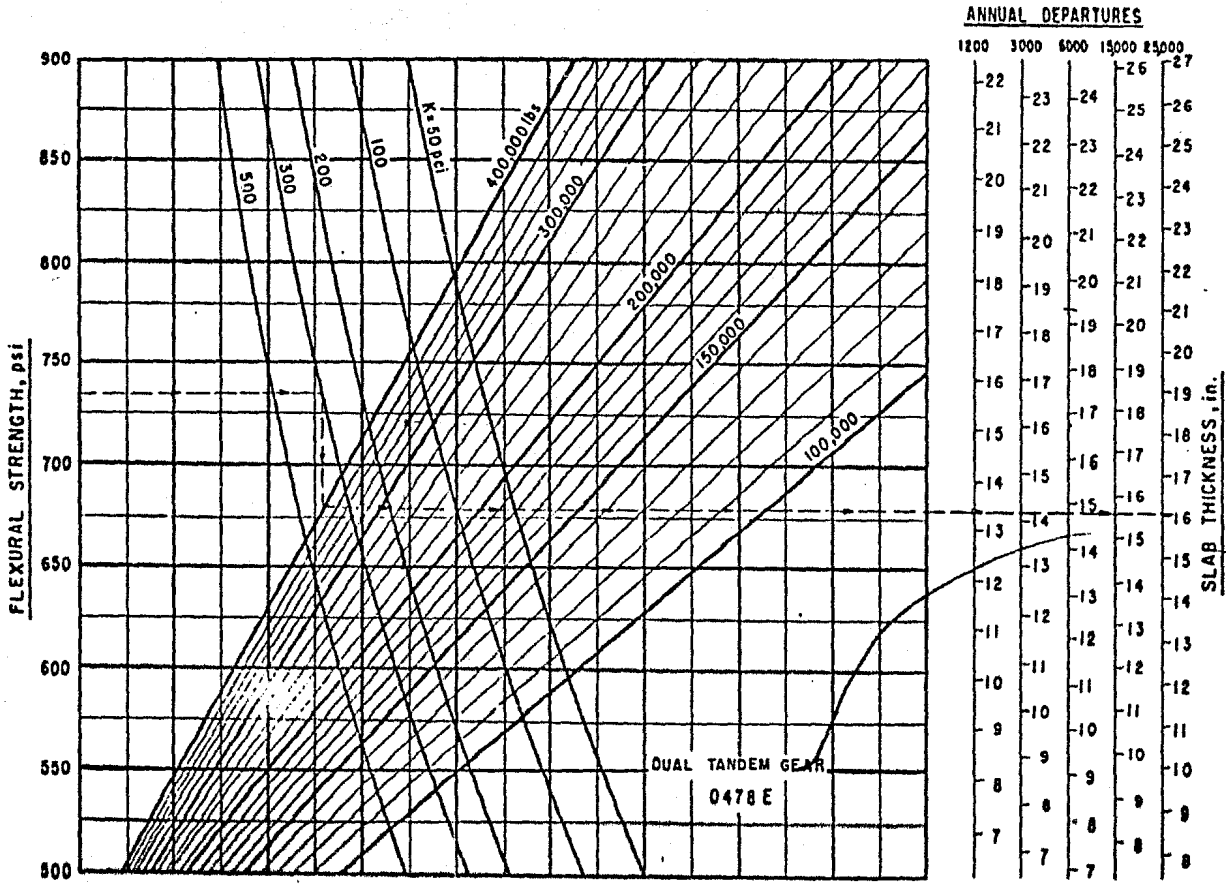


THICKNESS OF SUBBASE, INCHES  
 Espesor de subbase

Pavimentos Rígidos

FIGURE 3-13. EFFECT OF STABILIZED SUBBASE ON SUBGRADE MODULUS

(F)



Gráfica de diseño

Pavimentos Rígidos

NOTE:  
1 inch = 2.54 cm    1 psi = 0.0069 MN/m<sup>2</sup>  
1 lb = 0.454 kg    1 pci = 0.272 MN/m<sup>3</sup>

FIGURE 3-16. RIGID PAVEMENT DESIGN CURVES - DUAL TANDEM GEAR

GRAFICA XVIII

2. One point on each LCN line comes directly from the standard load classification curve.

3. Other points on each LCN line have been calculated from the relationship

$$\frac{W_1}{W_2} = \left( \frac{A_1}{A_2} \right)^{0.44}$$

4. The dotted lines are at tentative extension of the LCN system to accommodate contact areas of less than 200 in.<sup>2</sup> based on load testing of pavements with small contact areas.

**Obtaining the LCN of a Flexible Pavement.** The LCN of a pavement is obtained by conducting plate bearing tests on the existing pavement. At least 20 tests are recommended. The plate tests are conducted in a repetitive manner, that is to say, the load is applied and then released and reapplied again, and so on. The safe load for the pavement at each test site is taken to be the load which, when repeated 10,000 times, will produce 0.20-in. deflection in excess of initial settlement. Only a few repetitions (about 20) are necessary, on the assumption that both deflection and settlement of a flexible pavement are proportional to the logarithm of the number of load applications. It is usual to assess the safe load for the airfield as being the average load of all individual tests reduced by one standard deviation. The size of plate used for testing is determined from a

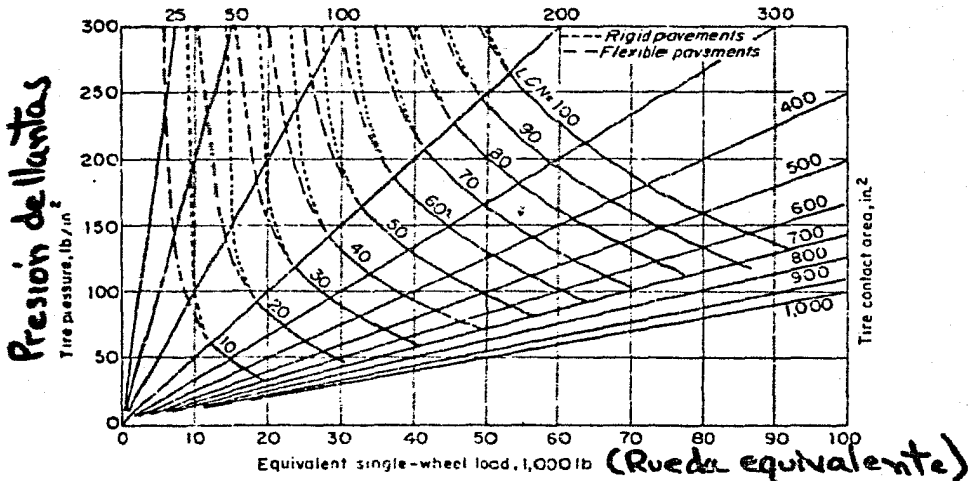


Fig. 12-43 Load classification numbers in terms of load, tire pressure, and contact area for rigid and flexible pavements. The broken lines are tentative extensions of the LCN parameters for contact areas less than 200 in. (ICAO.)

## BIBLIOGRAFIA.

- 1) Robert Horonjeff, "Planificación y Diseño de Aeropuertos".
- 2) Normas y métodos recomendados internacionales, Anexo 14 al convenio sobre aviación civil internacional.
- 3) Apuntes de la materia de "Aeropuertos" impartida por el Ing. Federico Dovalí, Ramos.