

56
24

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO



ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES

“ARAGON”

FALLA DE ORIGEN

“CARACTERISTICAS PARA EL DISEÑO
DE PISTAS, PLATAFORMAS Y
CALLES DE RODAJE”

FALLA DE ORIGEN
EN SU TOTALIDAD

TESIS PROFESIONAL
Que para obtener el Título de:
INGENIERO CIVIL
P r e s e n t a :
CUTLAHUAC OLVERA ESQUIVEL

Asesor: Ing. Gilberto García Santamaría González



San Juan de Aragón Edo. de Méx.

1995



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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



UNIVERSIDAD NACIONAL
AVENIDA DE
MÉXICO

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
CAMPUS ARAGÓN

UNIDAD ACADÉMICA

M en **DANIEL VELÁZQUEZ VÁZQUEZ**
Jefe de la Carrera de Ingeniería Civil,
Presente.

En atención a la solicitud de fecha 28 de junio del año en curso, por la que se comunica que el alumno CUITLAHUAC OLVERA ESQUIVEL, de la carrera de Ingeniero Civil, ha concluido su trabajo de investigación intitulado "CARACTERÍSTICAS DE PISTAS, PLATAFORMAS Y CALLES DE RODAJE", y como el mismo ha sido revisado y aprobado por usted se autoriza su impresión; así como la iniciación de los trámites correspondientes para la celebración del examen profesional.

Sin otro particular, le reitero las seguridades de mi distinguida consideración.

ATENTAMENTE
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPÍRITU"
San Juan de Aragón, México., 29 de junio de 1995
EL JEFE DE LA UNIDAD


Lic. ALBERTO IBARRA ROSAS

c c p /Asesor de Tesis.
c c p Interesado.

AIR/la.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AVENIA DE
MEXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
ARAGÓN
DIRECCION

CUITLAHUAC OLVERA ESQUIVEL
P r e s e n t e .

En contestación a su solicitud de fecha 7 de febrero del año en curso, relativa a la autorización que se le debe conceder para que el señor profesor, Ing. GILBERTO GARCIA SANTAMARIA GONZALEZ pueda dirigirse al trabajo de Tesis denominado "CARACTERISTICAS DE PISTAS, PLATAFORMAS Y CALLES DE RODAJE", con fundamento en el punto 6 y siguientes del Reglamento para Exámenes Profesionales en esta Escuela, y toda vez que la documentación presentada por usted reúne los requisitos que establece el precitado Reglamento; me permito comunicarle que ha sido aprobada su solicitud.

Aprovecho la ocasión para reiterarle mi distinguida consideración.

ATENTAMENTE
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
San Juan de Aragón, Edo. de Méx., marzo de 1994
EL DIRECTOR

M. EN I. CLAUDIO C. MERRIFIELD CASTRO

- c c p Lic. Alberto Ibarra Rosas, Jefe de la Unidad Académica.
c c p Ing. José Paulo Mejorada Mota, Jefe de Carrera de Ingeniería Civil.
c c p Ing. Gilberto García Santamaría González, Asesor de Tesis.

DEDICATORIA

A MI MAMA: QUE SIN SU CARINO Y SACRIFICIO NO PUNA PODIA LLEGAR A ESTAS ALTURAS. DE REALIZAR UN SUEÑO QUE POR MUCHO TIEMPO HE ESTADO ESPERANDO CON ANSIEDAD.

A EL ING. GILBERTO GARCIA SANTAMARIA.

QUIEN ME BRINDO SU APOYO, CONFIANZA Y ANIMACION PARA LOGRAR CUMPLIR UNO DE MIS METAS.

A LA ING. ADRIANA LEON NEJIA

QUE ME REPRESENTA UN MARAVILLOSO FUTURO EN MI VIDA. HA ESTADO A MI LADO EN LAS BUENAS Y EN LOS MOMENTOS DIFICILES DE MI VIDA.

A MIS PROFESORES QUE CONFIARON EN MI Y ESPERO NO DEFENDIERAN

A MIS AMIGOS QUE ME ACOMPAÑARON EN LOS MOMENTOS DIFICILES EN MI TRAYECTORIA ACADÉMICA Y SENTIMENTAL:

ARIEL VERA CRUZ
GERARDO DE LA TORRE
ANGEL MIRANDA ALMAGRA
ANTONIO DIAZ CABALLERO
GABRIEL VILCHIS MARTINEZ
JAVIER RODRIGUEZ
CARLOS ALBERTO BRAVO BOLANOS
CARLOS ANTONIO FLORENCO YANER
DANIEL GUERRA LOPEZ
SALVADOR GILDAMA PUENTES
VICTORIANO FARIAS FLORES

QUITLANSAC

INDICE

CONTENIDO	PAG.
I. INTRODUCCION	5
II. INGENIERIA BASICA DE PROYECTO	
2.1 Planeación General	7
2.2 Desarrollo	8
2.3 Fases del Desarrollo de Planeacion	9
2.4 Procedimiento	10
2.5 Pronosticos	10
2.6 Equipo Planificador	10
2.7 Plan Maestro	11
2.8 Objetivos del Plan Maestro	11
2.9 Fases y Elementos del Plan Maestro	11
III FACTIBILIDAD DE PROYECTO	13
3.1 Estudios de Factibilidad	14
3.2 Volumen de la demanda esperada y periodo durante el cual se pretende satisfacerla	16
3.3 El nivel de Calidad de Servicio que se Pretende Ofrecer al Usuario	16
3.4 El equilibrio entre las capacidades propias de cada uno de los sistemas y subsistemas del aeropuerto	16
3.5 Area de Influencia	17
3.6 Elementos que constituyen un Aeropuerto	21
IV Normatividad Técnica	
4.1 Localización	23
4.2 Ubicación General de los Espacios Aereos (Normas OACI)	23
4.3 Normas Terps	29
4.4 Metodo de la Marina	29
4.5 Metodo del Cuerpo de Ingenieros	36
4.6 Metodo de la FAA	41
V Generalidades para el Diseño de Aeropuertos, Rodamientos y Plataformas	46
5.1 Introducción	46
5.2 Tipos de Aeropuertos	46
5.2.1. Tipos de Pistas	
5.2.1.1 Determinación Preliminar de la Extensión de terreno necesaria	57
5.2.1.2 Emplazamiento	57
5.4 Espacio Aereo	58
5.4.1 Obstáculos	59
5.4.2 Peligros	59
5.4.3 Condiciones Meteorológicas	60
5.4.4 Ayudas para la Aproximación y Aterrizaje	60
5.4.5 Consideraciones de carácter Social	60
5.4.6 Facilidad de Acceso por Tierra	60
5.4.7 Proximidad con Respecto a los Centros de demanda	60

5.5	Longitud de las pistas	61
5.5.1	Factores que Influyen en la Longitud de la Pista	62
5.5.2	Orientación de las Pistas	63
5.5.3	Número de Pistas	66
5.5.4	Longitud Básica de las Pistas	66
5.5.5	Datos a Usar	66
5.5.6	Longitud Efectiva de las Pistas	66
5.5.7	Pista Secundaria	67
5.6	Clave de Referencia del Aeropuerto	68
5.6.1	Cálculo de la Longitud de Pista	70
5.6.2	Descripción de los aviones 727	70
5.6.3	Modelos 727-100	72
5.6.4	Modelos 727-200	72
5.6.5	Características de los 727	72
5.6.6	Trayectoria de despegue	74
5.6.7	Cálculo de longitud de pista de despegue	75
5.6.8	Trayectoria de Aterrizaje	80
5.6.9	Cálculo de Longitud de Pista de Aterrizaje	80
5.7	Especificaciones	84
5.7.1	Método Aproximado de los Factores a partir de la Longitud de Campo de Referencia	86
5.7.2	Corrección por Altitud o Elevación sobre el nivel del mar	87
5.7.3	Corrección por Temperatura	87
5.7.4	Corrección por Pendiente Longitudinal	89
5.8	Márgenes de Pista	93
5.8.1	Franjas de Pista	93
5.8.2	Áreas de Seguridad de Extremo de Pista	97
5.8.3	Zona Libre de Obstáculos	98
5.8.4	Zona de Parada	99
5.8.5	Rosa de Vientos	100
5.8.6	Planilla para Vientos Directos	104
5.8.7	Planilla para Vientos Cruzados	105
5.8.8	Cálculo de distancias Declinadas	107
5.9	Plataformas	109
5.9.1	Clasificación de Plataformas	109
5.9.2	Planeación de una Plataforma	111
5.9.3	Características de una Plataforma	112
5.9.4	Tipos Básicos de Terminal	114
5.9.4.1	Sistema Frontal	114
5.9.4.2	Sistema de Muelle o Dado	118
5.9.4.3	Sistema de Satélite con Andenes	122
5.9.4.4	Sistema Navil o de Plataforma Abierta	126
5.9.5	Configuraciones de Estacionamiento	130
5.9.6	Dimensiones de Plataformas	132
5.9.7	Locales en la Plataforma	135
5.9.8	Seguridad de la Plataforma	135
5.10	Calles de Rodaje	136
5.10.1	Calles de Rodaje en Plataformas	137
5.10.2	Criterios para calcular las dimensiones de las calles de Rodaje	137
5.10.3	Anchura de las calles de Rodaje	137

FALLA DE ORIGEN

5.10.4	Configuración Geométrica de las Calles de Rodaje Paralelas	141
5.10.5	Calles de Salida Rapida	141
5.10.6	Distancia de Cruce de la calle de Rodaje a la pista y número de calles de salida	142
5.10.7	Distancia de Cruce de la Calle de Rodaje a la pista	144
5.10.8	Curvas de las calles de Rodaje	145
5.10.9	Radio de giro de la calle de Rodaje y Anchura Suplementaria	145
5.11	Emplazamiento	153
5.12	Superficie de Enlace	154
5.12.1	Método para Cálculo de la Sup. de Enlace	157
5.13	Margenes y Franjas de las Calles de Rodaje	157
5.13.1	Tratamiento	158
5.14	Apartaderos de Espera	158
5.14.1	Tipos de Calles de Desviación	159
5.14.2	Requisitos y Características comunes de trazo	165
5.14.3	Dimensiones y Emplazamiento de los Apartaderos de espera	165
5.14.4	Criterios Relativos a la ubicación de Apartaderos de espera en Relación con la Pista	166
VI Recomendaciones		
6.1	Consideraciones Básicas	168
6.2	Ensayos de Zona de Trabajo	169
6.2.1	Ensayos Complementarios	170
6.3	Sistema Unificado de Clasificación de los suelos	171
6.3.1	Ensayos de Resistencia del Terreno	176
6.3.2	Indice de Penetración California	176
6.3.3	Ensayos con Placa de Carga	178
6.3.4	Principio de Cálculo de Pavimentos	179
6.4	Principales Fallas que se presentan en Pistas, Plataformas y Calles de Rodaje de Pavimentos Flexibles y Rígidos	180
6.4.1	Descripción de Fallas de Pavimentos Flexibles	182
6.4.2	Principales Fallas en Pavimentos Rígidos	188
6.4.3	Descripción de fallas, trabajos correctivos y preventivos	189
6.5	Irregularidades de la superficie del pavimento que provoca vibraciones a los aviones	206
6.6	Principio de Cálculo de Pavimentos	207
6.6.1	Pavimentos Flexibles-Cálculo-	207
6.6.2	Pavimentos Rígidos-Cálculo	209
6.7	Aeronaves	213
6.7.1	Carga	214

6.8	Iluminación (Ayudas visuales nocturnas para la navegación)	215
6.8.1	Faro de Aeropuerto	215
6.8.2	Faro de identificación	217
6.8.3	Señalización e Iluminación de Objetos	217
6.8.5	Señalamiento de Objetos	217
6.8.6	Iluminación de Objetos	219
6.8.7	Luces de Obstaculos de Baja Intensidad	219
6.8.9	Luces de Obstaculos de Alta Intensidad	222
6.9	Señalamiento diurno	222
6.10	Señalamiento Horizontal	226
6.11	Señalamiento Vertical	237
6.12	Señalamiento de Pistas	229
6.13	Señalamiento de Calles de Rodaje	232
6.14	Señalamiento en Plataformas	248
6.15	Drenaje	264
6.16	Definiciones	268
	Anexos	272
	Conclusiones	276
	Bibliografía	277

CAPITULO I

INTRODUCCION

El hombre através de su cultura, constantemente ha necesitado instrumentar elementos basados en la técnica, para alcanzar frutos que no se podrían lograr sin la colaboración conjunta de la sociedad.

En la realización del sueño de volar, es donde mejor se manifiesta el dinamismo del progreso científico y tecnológico de nuestro siglo, y su influencia en la sociedad y en el individuo. La aviación nacida en 1903 con el primer vuelo motorizado de los hermanos Wright, fue una de las primeras tecnologías de este siglo, era la primera vez que el hombre conseguía volar; este acontecimiento representaba la culminación de los experimentos realizados en varios países durante el siglo pasado.

En México como resultado del desarrollo económico en 1924, se instituyeron las primeras bases para concesiones de servicios aéreos, cuya primera ruta México, D.F.-Tuxpan-Tampico, vino a completar la vasta infraestructura ferroviaria y carretera instalada durante la época del porfiriato.

Para la construcción de estos primeros aeropuertos, no fue necesario contar con una tecnología tan estructurada como la actual, debido a que el número de pasajeros transportados por las líneas aéreas era reducido.

Durante los 40 años siguientes (inicio de la década de los 60 s), la demanda del transporte aéreo se incremento en gran medida; se fabricaron aeronaves de mayor capacidad y los usuarios comenzaron a ver el servicio de transporte aéreo como un factor importante de movilidad.

Con la inminente introducción de aeronaves de reacción en México, se vuelven obsoletas las pistas existentes; esta situación se torna crítica hacia el año de 1964, cuando las empresas extranjeras y nacionales que operaban en ese entonces en nuestro país, amenazaron con suspender sus operaciones, si no se contaba con una infraestructura aeroportuaria que brindara facilidades y seguridad adecuada en las pistas.

Para afrontar esta situación, en el año de 1963 se constituyó la Comisión Intersectorial de aeropuertos, que establece el primer plan nacional de aeropuertos documento en el cual, por primera vez, se contempla en forma integral la problemática aeroportuaria, permitiendo unificar criterios dentro del sistema aeronáutico del país. Se establecen recomendaciones a corto plazo, y en el año de 1970 para tener una amplia visión de conjunto, se fija un horizonte de planeación a largo plazo hacia el año de 1985.

En la actualidad las técnicas de construcción de pavimentos para aeropuertos, han sufrido una evolución muy rápida ocasionando que las zonas de ascenso y descenso sean más seguras y confiables, ya que en años anteriores se presentaban una serie de accidentes, los cuales eran atribuidos a las condiciones propias de la pista; de esta manera fue necesario crear normas que permitieran unificar criterios dentro del sistema aeronáutico terrestre.

La OACI (Organización de Aviación Civil Internacional.), en los noventa y seis artículos del convenio de Chicago 1944; se establecen los privilegios y obligaciones de los estados contratantes. Se propone que se facilite el transporte aéreo mediante la reducción de los trámites aduaneros y de inmigración.

El Convenio reconoce el principio de soberanía exclusiva y absoluta de todo Estado sobre el espacio aéreo correspondiente a su territorio, y establece que no podrá explotarse ningún servicio aéreo internacional regular sobre el territorio de un Estado contratante o hacia el interior de éste sin su consentimiento previo.

Se consideró que no era posible llegar a ningún acuerdo satisfactorio para todos, pero la Conferencia preparó dos acuerdos suplementarios, el Acuerdo relativo al tránsito de los servicios aéreos internacionales y el Acuerdo sobre el transporte aéreo internacional; el primero estipula que las aeronaves de todo estado signatario puede volar sobre el territorio de cualquier otro estado signatario o aterrizar en él por razones técnicas; el segundo preve el transporte de tráfico entre el estado de matrícula de la aeronave y cualquier otro estado signatario.

Tal vez el documento más importante emitido por la OACI es el anexo 14, el cual contiene los estándares internacionales de diseño y recomendaciones prácticas que son aplicables a todos los aeropuertos que sirvan al comercio aéreo internacional.

FALLA DE ORIGEN

CAPITULO II

INGENIERIA BASICA DE PROYECTO

2.1 PLANEACION GENERAL

La planeación general de un aeropuerto consiste en la investigación y determinación de un ordenamiento lógico de pasos que posteriormente constituirán un plan general de un aeropuerto, ordenamiento el cual no consistirá en un proyecto de construcción, sino en una serie de recomendaciones cuya finalidad es la de realizar un aeropuerto que sea suficiente en su capacidad de servicios, atención a usuarios, a aeronaves y que además acepte la posibilidad de futuras modificaciones o ampliaciones. Esta serie de recomendaciones serán basadas en la experiencia obtenida en construcciones anteriores de aeropuertos y sus consecuencias en aspectos económicos, sociales y técnicos.

Los pasos sugeridos en la planeación deberán considerar todo tipo de ventajas y desventajas para poder generar un lineamiento intermedio el cual no llegue a contradecir en un momento dado a ninguna recomendación.

Observando la tendencia del crecimiento demográfico, del tráfico aéreo y de la importancia económica del lugar; se podrá realizar una planeación eficaz y completa del aeropuerto.

Por lo tanto un plan general de aeropuerto indica las actividades de investigación y de determinación de necesidades en materia de instalaciones. El plan maestro considera a estas actividades, además de la programación de éstas y la construcción de instalaciones, así como su financiamiento. El plan general del aeropuerto es la aplicación de la planeación general, y su concepción final es el Plan Maestro.

Ya que el Plan Maestro es el resultado de la planeación, se debe estudiar las bases que indicarán la necesidad de la planeación, pues son distintas las actividades de un plan general de aeropuerto en cada uno de los casos siguientes:

a) Construcción de un aeropuerto nuevo.- En el caso de la construcción de un aeropuerto nuevo, la planeación deberá considerar todos los factores que pudieran indicar la necesidad de la construcción del mismo; se debe prever las variaciones que pudieran efectuarse en estos factores debidas a la construcción del aeropuerto; se preverá el crecimiento futuro de la demanda; y por último, se definirán las instalaciones necesarias, su emplazamiento dentro del aeropuerto, sus características y la fecha aproximada en que se necesitarán.

b) Ampliación de un aeropuerto.- Cuando un aeropuerto ha llegado a su límite de capacidad, se debe comparar la fecha de aparición de este fenómeno con la fecha en que se había previsto la planeación general para comprobar el grado de confiabilidad que el plan merece.

En este caso, la planeación de aeropuertos analizó la tendencia de crecimiento en el pasado de los elementos de tráfico aéreo, las instalaciones actuales, la demanda actual, la demanda futura en relación con sus instalaciones inherentes, la capacidad que se logrará en el futuro y su máximo desarrollo.

c) Ampliación de un aeropuerto que fue construido sin consideración de tendencias de crecimiento del tráfico aéreo.- En este caso, la planeación general de aeropuerto considerará antecedentes socioeconómicos regionales, estadísticas de tráfico aéreo del aeropuerto, instalaciones existentes y sus estado actual, demanda actual y futura con sus instalaciones inherentes, distintas posibilidades de desarrollo y finalmente su desarrollo máximo.

2.2 DESARROLLO

Una planeación eficiente de un aeropuerto, dará una capacidad suficiente para el movimiento de aeronaves, mercancías, vehículos; gran comodidad para los pasajeros y personal, todo esto con la menor inversión de construcción.

A continuación se describen en forma general las características más importantes del proceso de planeación de un aeropuerto.

Consideraciones previas a la planeación.- Sección en la cual se pretende individualizar las consideraciones más importantes previas a la planeación que, si se respetan proporcionarán el marco apropiado para lograr que la planeación general de aeropuertos resulte eficaz y pueda llevarse a la práctica.

Previsiones en cuanto a la planeación.- Las previsiones aeronáuticas proporcionan datos básicos para determinar las necesidades y la capacidad necesarias de todo aeropuerto y sirven de base para hacer la proyección de los ingresos del aeropuerto en cuestión.

Financiamiento y fiscalización.- El análisis económico permite llegar a un programa para determinar los fondos necesarios que requiere un aeropuerto. Evaluación, selección y emplazamiento del aeropuerto.- A fin de que el aeropuerto tenga la mayor vida útil posible y con objeto de aprovechar al máximo la importante inversión de capital que supone debería disponerse de suficiente terreno que permita su ampliación progresiva, de acuerdo con el ritmo de crecimiento de la demanda de tráfico aéreo. La flexibilidad y posibilidades de ampliación de un aeropuerto deben considerarse en la planeación, pero en el caso de que un aeropuerto pudiera ya no tener la posibilidad de ampliaciones, la flexibilidad no deberá pasarse por alto.

Puesto que la plataforma para aeronaves está ligada, con el edificio para pasajeros, y éste está ligado con los accesos de vehículos al aeropuerto, es necesario hacer una planeación en conjunto de todos estos elementos, sin olvidar las instalaciones de apoyo para aeronaves (mantenimiento) y las instalaciones inherentes al funcionamiento administrativo de un aeropuerto, y la posibilidad de ampliación en el futuro.

2.3 FASES DEL DESARROLLO DE PLANEACION

- a) Formulación de un programa de trabajo para elaborar la planeación general.
- b) Inventariar y documentar las condiciones existentes.
- c) Previsión de la demanda futura en materia de tráfico aéreo.
- d) Determinación aproximada de las necesidades en materia de instalaciones y servicios.
- e) Evaluación de los trabajos existentes y de las posibilidades previsible.
- f) Determinación de la importancia en orden de prioridad relativo de los diversos elementos.
 - tipos de aeropuertos
 - consideraciones de orden político y demás
- g) formulación de diversas alternativas conceptuales o de plan general para poder hacer un estudio comparativo.
- h) examen crítico de las alternativas conceptuales, proporcionando a todas las partes interesadas, la oportunidad de poner a prueba cada solución.
- i) selección de la solución más aceptable y apropiada, modificándola, según sea necesario, como consecuencia del trámite de examen y preparación en forma definitiva, de la solución que haya de proponer.

La expansión satisfactoria de los aeropuertos existentes y la construcción de otros nuevos, depende de la orientación fijada en el plan general del aeropuerto. En consecuencia, para que un plan general sea útil en la administración aeroportuaria, es preciso comprender de antemano ciertas condiciones previas a la planeación y ajustarse a ellas.

Dichas condiciones previas son las siguientes:

- a) Coordinación preliminar
- b) Fuentes de información
- c) Metas y programas de fechas
- d) Terrenos necesarios
- e) Consideraciones de orden financiero
- f) Equipo planificador
- g) Organismo encargado de la planeación
- h) Método de la planeación

2.4 PROCEDIMIENTO.

Los procedimientos de planeación de cada una de las funciones de las instalaciones de la totalidad de un aeropuerto, son idénticos a los del plan general y supone las siguientes fases.

2.5 PRONOSTICOS.

Preparación de pronósticos a largo plazo que abarquen los factores aeronáuticos, operaciones económicas y de otra clase, en los cuales pueda basarse la planeación para el futuro. La finalidad de la pronosticación no es predecir el futuro con precisión, sino facilitar la información que pueda ser utilizada para evaluar los efectos de la incertidumbre con respecto al futuro, y debe tomarse en consideración para fines de evaluación financiera.

2.6 EQUIPO PLANIFICADOR

Es recomendable que el equipo que hará la planeación general sea encabezado por un experto en técnicas de administración y de dirección, que tenga amplios conocimientos en aeronáutica y que se encargue de la evolución del plan general más apropiado.

Aún cuando el equipo planificador comprenda todas las especialidades sugeridas por las necesidades en el desarrollo de un aeropuerto, será conveniente contar con el apoyo de asesorías de otros especialistas.

Las especialidades que conviene incluir en un equipo planificador son:

- Estadísticas
- Economía
- Finanzas
- Investigación científica operacional
- Arquitectura
- Ingeniería Civil, electrónica y de tráfico
- Pilotaje
- Control de tránsito aéreo
- Dirección de aeropuertos

El equipo planificador deberá trabajar en coordinación constante con las entidades interesadas y con los organismos nacionales y locales encargados del transporte y de la planeación la comunicación entre las autoridades gubernamentales de control deberá ser llevado a cabo por iniciativa de las autoridades de aviación civil.

2.7 PLAN MAESTRO

Definición.— El plan Maestro de un aeropuerto representa el concepto de planeación de aeropuertos en la etapa final y el tamaño máximo del avión que se va a utilizar, tanto en funcionamiento como en instalaciones; se debe redactar en un reporte completo, escrito y gráfico, para apoyar a la expansión y modernización de aeropuertos existentes o la construcción de uno nuevo.

Un Plan Maestro se hace más laborioso cuanto más grande es la región a la que se va servir, sin olvidar que hay que considerar no sólo a las necesidades de la región en materia de transporte, sino a todo el plan de desarrollo de transporte de toda la nación y su interrelación con la aeronautica comercial, privada, nacional e internacional.

2.8 OBJETIVOS DEL PLAN MAESTRO

El principal objetivo de un Plan Maestro es proveer de lineamientos para un futuro desarrollo que satisfaga la demanda de tráfico aéreo y que sea compatible con el medio ambiente, con el desarrollo de la comunidad, con otros medios de transporte, y con otros aeropuertos.

- a) Prever una representación gráfica del desarrollo final del aeropuerto y anticipar usos del terreno cercano al aeropuerto.
- b) Establecer un orden de prioridades de las fases del plan.
- c) Presentar en orden los antecedentes y conceptos que sirven de base para el desarrollo del Plan Maestro.
- d) Presentar distintas alternativas a seguir en caso de cambios poco prácticos.
- e) Proporcionar información descriptiva a la comunidad afectada, para tener una aceptación conciente.

2.9 FASES Y ELEMENTOS DEL PLAN MAESTRO

Dependiendo del tamaño, tipo, importancia y factibilidad que va a tener un aeropuerto, se va ahondar más en ciertos factores de la planeación, la cual es ordenada en cuatro fases principales, cada fase con un orden de elementos que la forman y que se muestran a continuación:

FASE 1 Requerimientos del aeropuerto

- a) **Inventario.**— Recopilación y análisis de antecedentes, estudio de instalaciones existentes y su estado actual.
- b) **Pronósticos de tráfico aéreo.**— Pronósticos basados en tendencias analizadas en los antecedentes.

c) Análisis demanda-capacidad.- Esto se refiere a la determinación de instalaciones que se requerirán sabiendo su capacidad de cada una de ellas, y sabiendo también que su capacidad debe satisfacer la demandada prevista; sin olvidar que la relación costo/beneficio sea óptima.

d) Determinación de necesidades de instalaciones, conoceremos estas necesidades analizando los antecedentes, los pronósticos y la relación demanda-capacidad.

FASE 2 Selección del Emplazamiento

Esta fase se realiza después de haber establecido la necesidad de la ampliación de un aeropuerto o la necesidad de construir uno nuevo.

FASE 3 Planes de aeropuerto

a) Distribución en planta de las instalaciones del aeropuerto.

b) Plan de uso de tierras, dentro y en la periferia del aeropuerto.

c) Planes del área terminal.

d) Planes de acceso al aeropuerto.

FASE 4 Plan de financiamiento.

a) Programación del desarrollo propuesto, a plazos de 5, 10 y 20 años.

b) Estimación de costos de desarrollo, basada principalmente en los costos de construcción.

c) Factibilidad económica, esto es, que los beneficios superen a los costos de administración, operación y mantenimiento; la factibilidad económica se propone a plazos de 5, 10 y 20 años.

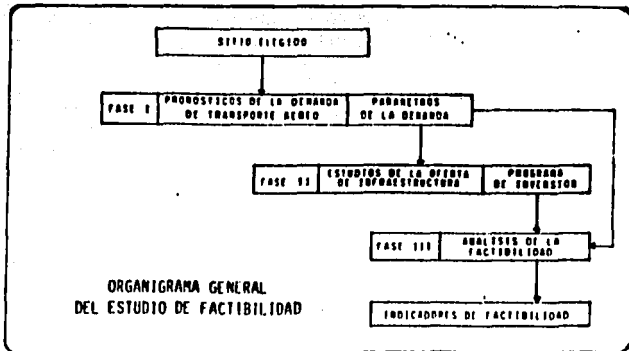
d) Financiamiento, el cual puede ser obtenido por impuestos, ayuda del gobierno, depósitos bancarios o una combinación de ellos.

CAPITULO III

FACTIBILIDAD DE PROYECTO

3.1 ESTUDIOS DE FACTIBILIDAD

El desarrollo que ha tenido la actividad aeroportuaria en los últimos 25 años, reflejó dse la explosión demografica y del desarrollo económico; ha traído como consecuencia un mayor complejidad en la planeación, construcción y operación de los aeropuertos, por lo que se han venido implementando métodos y han realizado investigaciones para prever las necesidades con cierto grado de factibilidad; estudios para la ampliación, remodelación de aeropuertos existentes o la construcción de nuevos, en ciudades que, por necesidad o características lo requieran.



ORGANIGRAMA GENERAL DEL ESTUDIO DE FACTIBILIDAD

El estudio de factibilidad consta de tres fases:

FASE I.

Demanda de transporte aéreo.— Se definen todos los parámetros de la demanda (pasajeros, operaciones, carga), en todas sus modalidades (anual, horaria, hora crítica). Lo que sirve de base para desarrollar la oferta de infraestructura. Esta área cubre el conjunto de las localidades cercanas al aeropuerto, cuyos habitantes haran uso del transporte aéreo basados en datos socio-económicos del área de influencia (población, hoteles, ingresos).

Por consiguiente, las previsiones de tránsito serán esencialmente:

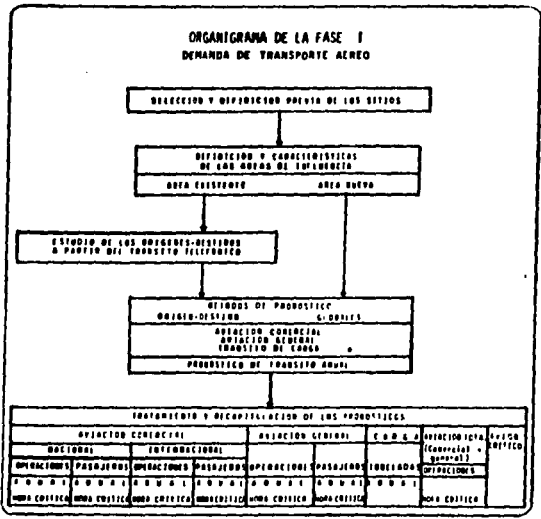
- pasajeros anuales comerciales
- operaciones anuales comerciales
- operaciones anuales de aviación general
- carga anual

En este caso, se utilizan dos métodos; uno para aeropuertos con movimientos de más de 300, 000 pasajeros anuales, en donde es posible, en general, utilizar coeficientes de hora crítica, los que tendrán validez si se trabaja con grandes cantidades, en el segundo caso, con movimientos inferiores a los 300,000 pasajeros anuales, será necesario definir la hora crítica; mediante un enfoque analítico de su composición.

Además, se deberá tener en cuenta el hecho de que las previsiones deben ser suficientemente detalladas o globales. En este último caso, sera posible analizar en forma precisa la composición de la hora crítica.

Por lo tanto cualquier análisis de capacidad de aeropuertos, siempre deberá tener en cuenta y estar referido a los siguientes elementos:

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



ORGANIGRAMA DE LA FASE I (DEMANDA DE TRANSPORTE AEREO)

3.2 VOLUMEN DE LA DEMANDA ESPERADA Y PERIODO DURANTE EL CUAL SE PRETENDE SATISFACERLA.

En este punto no es posible dejar de enfatizar la importancia de contar con una metodología adecuada que permita conocer con certeza los intervalos de variación de la demanda esperada. Sin embargo la predicción de la demanda requiere de mucho trabajo, por lo tanto, mientras más lejano sea el horizonte, mayor será el grado de incertidumbre.

Al evaluar la capacidad de un aeropuerto se deberán utilizar pronósticos a corto o mediano plazo, que permitan tener la certeza de que las consideraciones están solidamente apoyadas en elementos conocidos. Ya determinados los pronósticos, debe llevarse a cabo un análisis para determinar los factores básicos de dimensiones para cada elemento por separado.

El grado de precisión de los pronósticos deben atender al hecho de que algunas instalaciones requieren de periodos largos para ser puestas en operación en tanto que otras puedan desarrollarse con mayor rapidez, de acuerdo con los cambios que la demanda pudiera imponer a las mismas.

3.3 EL NIVEL DE CALIDAD DE SERVICIO QUE SE PRETENDE OFRECER AL USUARIO.

Se debe plantear que si bien existen algunos elementos en el sistema aeroportuario que pueden operar con diversas normas de calidad, otros no aceptan disminución alguna en sus normas, a riesgo de poner en peligro la seguridad del usuario, lo cual es inaceptable. Este grupo de elementos están relacionados principalmente con instalaciones del Área aeronáutica y para su diseño se adoptan normas establecidas por la OACI, independientemente de que algunos países establecen normas más estrictas.

3.4 EL EQUILIBRIO ENTRE LAS CAPACIDADES PROPIAS DE CADA UNO DE LOS SISTEMAS Y SUBSISTEMAS DEL AEROPUERTO.

Este punto es uno de los más importantes en materia de capacidad, ya que mientras algunas instalaciones tienen una capacidad dada, para otras su capacidad dependiera de su adecuado dimensionamiento. Por ejemplo, una pista tendrá las mismas características para el mismo tipo de aeronave, así se presente una operación a la semana o veinte operaciones por hora; en cambio el sistema de rodaje, plataformas, edificios terminales, estacionamientos y las zonas de almacenamiento de combustible, pueden dimensionarse de acuerdo con la demanda esperada en cada uno de ellos.

En México se ha determinado que existen dos tipos básicos de aeropuertos:

FALLA DE ORIGEN

a) Aeropuertos regionales.- Que son utilizados por aeronaves monomotoras o bimotoras, de helice, con una capacidad muy reducida de asientos y que requieren de instalaciones muy sencillas.

b) Aeropuertos de servicio comercial regular.- Estos aeropuertos además de atender vuelos comerciales de aeronave con capacidades de pasajeros más elevados, debe atender por razones de economía, la demanda de aviación general.

3.5 AREA DE INFLUENCIA.

Se le llama área de influencia de un aeropuerto a la zona que abarca a la mayor parte de los usuarios de un aeropuerto, que se ubica necesariamente dentro de cierta zona geográfica situada alrededor del mismo.

Definir la demanda de transporte aéreo supone que se haya precisado previamente la clientela o sea el área de influencia del aeropuerto.

En encuestas realizadas en algunos aeropuertos del país, se ha observado que la distribución geográfica implica límites precisos en cuanto a tiempos de recorrido, por lo general en automovil, desde o hasta el aeropuerto. Por lo cual se dedujo que el 95%, del tránsito del aeropuerto proviene de la población situada a menos de 40 minutos de recorrido y el 5% restante, de la población dispersa más lejos.

Para poder determinar el mercado potencial anual y futuro de un aeropuerto, que nos permita adecuar un proyecto a la demanda y a la evaluación económica que satisfaga dicha demanda, se realizan los estudios de mercado; estos consisten en realizar entrevistas y encuestas en las centrales camioneras, compañías aéreas, agencias de viajes, de turismo, etc., estas encuestas nos servirán para el análisis de los diferentes tránsitos y para:

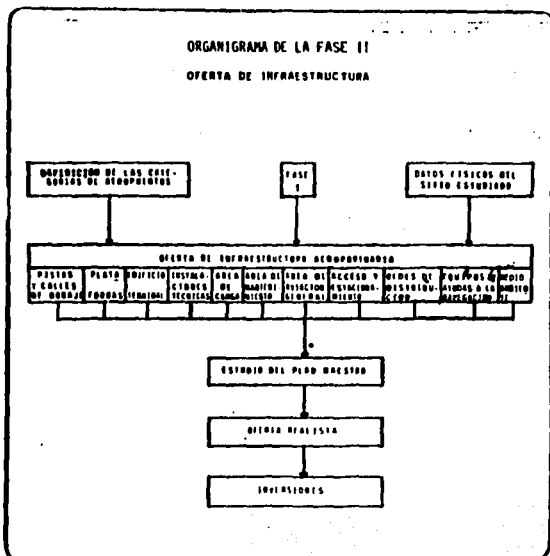
- Actualizar los datos de origen, destino y tarifas.
- Determinar el motivo fundamental por lo que se realizan los viajes (trabajo, esparcimiento, etc.).
- Eliminar las incertidumbres relativas a las posibilidades de correspondencia y a los orígenes-destino, de los viajeros (trayectorias terminales).
- Cuantificar la ocupación de los aviones en los vuelos comerciales.
- Determinar la calidad de servicio de las instalaciones del aeropuerto.
- Determinar el medio de transporte utilizado, y su distribución (automovil, autobús, etc.).
- Obtener información sobre el nivel de ocupación promedio anual de los hoteles en temporadas vacacionales, festividades o eventos especiales y si se presentan problemas de cupo.
- Investigar si existen planes y programas a corto y mediano plazo para desarrollar una mayor infraestructura turística a la zona de influencia de aeropuerto.

FASE II OFERTA DE LA INFRAESTRUCTURA AEROPORTUARIA.- Con base en la demanda del transporte aéreo, se puede describir la evolución de la infraestructura y un calendario de inversiones de manera que se realice el análisis de factibilidad; estos planteamientos no pueden ser realizados sin que se haya definido previamente las condiciones locales (meteorología, topografía, geología, etc.) e incluso, haber descrito la situación actual de un aeropuerto en operación. Una vez definidos los datos físicos básicos, es posible entonces, dimensionar cada elemento del aeropuerto, utilizando métodos sencillos que permiten un enfoque de las inversiones compatibles con el nivel de estudio de factibilidad.

Cada elemento constitutivo del aeropuerto, debe ser agrupado en el desarrollo del aeropuerto a largo plazo (Plan Maestro), que define la organización de la infraestructura aeroportuaria; es posible entonces, describir el programa anual de inversiones, desde la fecha de la toma de decisión, hasta a largo plazo 15-20 años.

El plan Maestro se elabora, para evitar que el crecimiento del aeropuerto se dé en forma anárquica y la infraestructura aeroportuaria se desarrolle con deficiencia e interferencias que ocasionen gastos innecesarios. Los objetivos del Plan Maestro son :

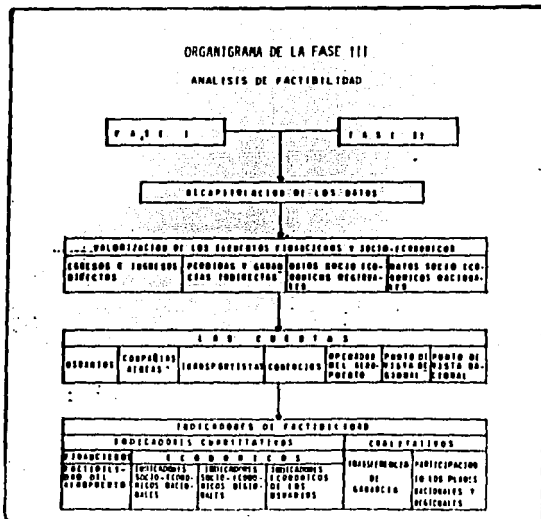
- Planificar oportuna y cuidadosamente las ampliaciones de las instalaciones.
- Garantizar mejores y adecuados servicios que permitan satisfacer la demanda de los usuarios.
- Restringir el crecimiento urbano en las inmediaciones, cuidando las áreas de aproximaciones y despegues con el fin de tener un espacio aéreo libre de obstáculos.
- Prever reservas de terreno para futuras ampliaciones.



ORGANIGRAMA DE LA FASE II (OFERTA DE INFRAESTRUCTURA)

FASE III ANALISIS DE FACTIBILIDAD.- Estudia el impacto regional, nacional, adoptando todos los puntos de vista (transportistas, usuarios, etc.), y tratando de juzgar esos puntos de vista en función de criterios que permitan una comparación de un estudio con otro.

De los puntos antes mencionados, deberán extraerse las indicaciones que presentan en forma sintética el punto de vista de cada uno de ellos; esas indicaciones serán, las tasas internas de retorno económico o financieras, los beneficios totales actualizados acumulados en el periodo de estudio, el número de personas afectadas por la construcción y operación del aeropuerto, la generación de empleo y la participación y crecimiento del producto interno bruto (P.I.B.)



3.6 ELEMENTOS QUE CONSTITUYEN UN AEROPUERTO.

Un aeropuerto, puede contar con las más elementales instalaciones; como pista, calles de rodaje, plataformas, caseta para equipo de radio y oficinas, estacionamientos, camino de acceso y cono de viento. A continuación se presenta en forma desglosada y agrupando sus elementos por zonas, las instalaciones con que cuenta un aeropuerto de largo alcance.

a) Zona de Operaciones.- Esta zona esta dedicada al movimiento de las aeronaves; debe permitir el aterrizaje, despegue y circulación de las mismas en dicha zona. En ella se localizan los siguientes elementos:

- Pistas.
- Calles de Rodaje.
- Ayudas Visuales.
- Señalamientos horizontales y verticales.
- Conos de viento.
- Luces de Pista, Calles de Rodaje y Plataforma.
- Luces de aproximación.
- Faro giratorio.
- Luces indicadoras de extremo de pista (REIL).
- Sistema visual indicador de pendiente de aproximación (VASIS o PAPI).
- Radio ayudas.
- Control de tránsito aéreo (torre de control).
- Radio faro omnidireccional (VOR).
- Equipo de radio telemétrico (DME).
- Sistemas de aterrizaje por instrumentos (ILS).
- Radar.

b) Zona terminal para pasajeros de Aviación General.- Esta zona esta dedicada a la atención de pasajeros de aviación privada y de compañías comerciales regionales con vuelos de corto alcance, y cuenta con los siguientes elementos:

- Plataformas
- Hangares
- Estacionamiento para automoviles.
- Edificio terminal, (dependiendo de la demanda).

c) Zona terminal para pasajeros de Aviación General.- Esta zona esta dedicada a la atención de los usuarios de los vuelos de itinerario y cuando es necesario para vuelos fuera de itinerario (Charter).

- Plataforma.
- Edificio terminal.
- Estacionamiento para automoviles.

d) Zona de servicios de apoyo a las operaciones.- Esta zona consta de los siguientes elementos:

- Torre de control.
- Edificio anexo (maquinas y oficinas).
- Cuerpo de rescate y extinción de incendios (CREI).
- Oficinas de apoyo a las operaciones aéreas.

- Servicio de plataforma.
- Bodegas de las compañías aéreas.
- Antenas para radio comunicación.
- Mantenimiento del equipo de apoyo
- Zona de combustible.

e) Zona de manejo y carga.- En esta zona se procesa y da servicio a la carga de mayor volumen y dependiendo de su origen nacional o internacional, se cuenta con instalaciones para la aduana. Esta zona cuenta con las siguientes instalaciones:

- Plataforma.
- Bodega.
- Patio de maniobras.
- Estacionamiento para automoviles.

f) Zona para base de mantenimiento de aeronaves.- Esta zona esta destinada al mantenimiento de aeronaves de las compañías aéreas que operan en el aeropuerto y en donde la intensa actividad de al aeropuerto justifica concentrar a la mayoría de la flotilla. Esta zona cuenta con las siguientes instalaciones:

- Plataforma.
- Hangares.
- Talleres.
- Oficinas.
- Estacionamiento para automoviles.

CAPITULO IV

NORMATIVIDAD TECNICA

4.1 LOCALIZACION

Cuando se realizan estudios previos, que intervienen en forma directa en la localización y orientación de la pista, se efectúan mediante estudios meteorológicos, de espacios aéreos, que nos indican por medio de gráficas y parámetros, las operaciones y restricciones que debemos tomar en cuenta para la elaboración del proyecto y así determinar en forma clara y específica la posible construcción de un aeropuerto.

La localización se realiza después de haber hecho los estudios de factibilidad y socioeconómicos de la región; todo esto deberá estar integrado en forma completa y veraz, ya que de ello dependerá la elaboración del plan maestro y de las características físicas de algunos elementos operacionales.

(NORMAS DACI)

4.2 UBICACION GENERAL DE LOS ESPACIOS AEREOS

El espacio aéreo debe estar y mantenerse libre de obstáculos alrededor del aeródromo, se han establecido una serie de superficies limitadoras, cuyos límites horizontales y verticales determinan hasta donde puede proyectarse los objetos, para que se lleven a cabo con seguridad las operaciones de aviones, previstas y evitar que los aeropuertos queden inutilizados por la multiplicidad de obstáculos en sus alrededores.

Las dimensiones y forma de estas superficies, depende del tipo de operaciones que se efectúen en el aeropuerto, ya sea visual o por instrumentos que no sean de precisión o por instrumentos de precisión, y por número de clave de referencia del aeropuerto.

Para determinar los espacios aéreos es necesario la utilización de dos elementos; la superficie horizontal interna y la superficie cónica, fig 4.1

Para los despegues es necesario el uso de plantillas que tengan una longitud de 15 Kms., con una pendiente longitudinal de 2% y divergencias a ambos lados, del 15%. ver figura 4.2.

Lo primero que se debe realizar, cuando ya se obtuvo la longitud de la pista, es el trazo de su eje o línea, prolongándola a una distancia de 15 Kms; posteriormente observamos la tabla 4.3 donde nos marcará los datos de la superficie cónica y horizontal interna.

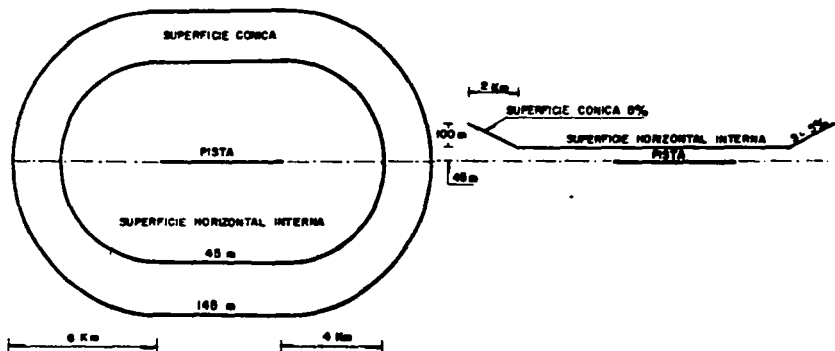
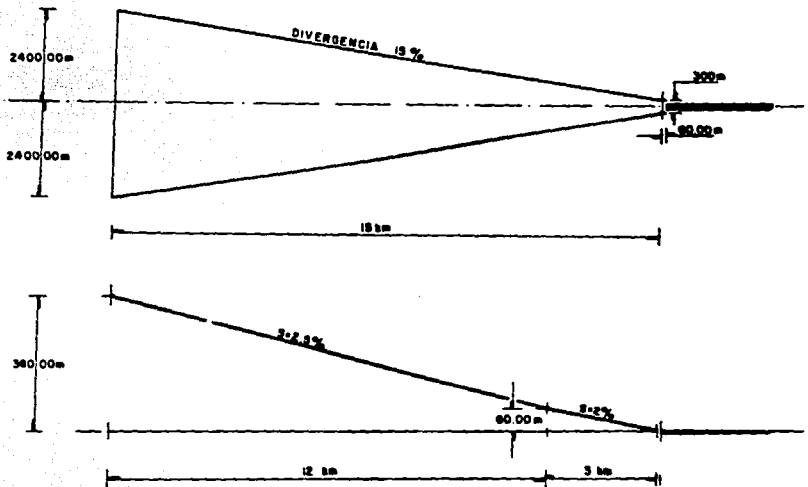


Figura 1.2 Aproximación de Interferencia según Norman
Dati.



- Radio de la horizontal interna 4 kms., que tiene su origen desde el umbral de pista o cabecera y una altura de 45 kms., haciendo centro a cada extremo de las cabeceras, trazamos los radios de 4 kms., que cierran con líneas rectas formando una elipse. De igual forma se hace con la superficie cónica pero con un radio de 6 kms., y una distancia de 4kms., hasta obtener una altura de 100mts., esto es 100mts. más 45 mts., que se tenían anteriores, hacen un total de 145 mts., altura que no debe ser sobrepasada por algún obstáculo.

Si observamos que dentro de estas dos superficies ningún obstáculo es mayor a la altura anteriormente dicha, entonces podemos decir que no estamos incurriendo a ninguna violación, por lo que tenemos que pasar de nuevo a la tabla 4.3 y observamos que nuestra aproximación interna (visual) tendrá un borde inferior de 150 mts., de ancho (75 mts. a cada lado del eje de la pista) y una separación del umbral de 60 mts., de distancia. Su divergencia será del 10% hasta una distancia de 10 kms., y se formará así un trapecio, cuya pendiente será del 3.33% con respecto a la vertical y 10% con relación a la horizontal.

Se conserva la misma longitud anterior para los despegues, sólo que es el 12% para la divergencia de los lados no paralelos y hasta una distancia de 4,080 mts., con un pendiente longitudinal del 2% que se mantiene constante en los 15kms.

Para finalizar, la superficie de aproximación se compone de dos secciones:

1. Se tendrá una pendiente del 2 % , y
2. Una pendiente del 2.5 %.

Con las dimensiones de estas plantillas, todos los obstáculos que aparezcan dentro de ella no deben ser superiores a las alturas que nos marca la gráfica, para que la superficie aérea quede libre de toda violación.

Así, el aeropuerto operará sin ninguna dificultad de obstáculos que impidan el buen funcionamiento de las operaciones dentro de nuestro espacio aéreo.

SUPERFICIES Y DIMENSIONES	CLASIFICACION DE LAS PISTAS									
	APROXIMACION VISUAL				APROXIMACION QUE NO SEA DE PRECISION.			APROXIMACION DE PRECISION		
	NUMERO DE CLAVE				NUMERO DE CLAVE			CATEGORIA I CATEGORIA I 6 II		
(1)	1	2	3	4	1,2	3	4	NUMERO DE CLAVE	MUN. DE CLAVE	DE CLAVE
	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)
CONICA.										
Pendiente.	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%
Altura	35 m.	55 m.	75 m.	100 m.	60 m.	75 m.	100 m.	60 m.	100 m.	100 m.
HORIZONTAL INTERNA										
Altura	45 m.	45 m.	45 m.	45 m.	45 m.	45 m.	45 m.	45 m.	45 m.	45 m.
Radio.	2000m.	2500m.	4000m.	4000 m.	3500 m	4000 m.	4000 m.	3500 m.	4000 m.	4000 m.
APROXIMACION INTERNA.										
Anchura	-	-	-	-	-	-	-	90 m.	120 m.	120 m.
Distancia desde el umbral.	-	-	-	-	-	-	-	60 m.	60 m.	60 m.
Longitud	-	-	-	-	-	-	-	900 m.	900 m.	900 m.
Pendiente.	-	-	-	-	-	-	-	2.5%	2%	2%
APROXIMACION										
Longitud del bordo interior.	60 m.	80 m.	150 m.	150 m.	150 m.	300 m.	300 m.	150 m.	300 m.	300 m.
Distancia desde el umbral.	30 m.	60 m.	60 m.	60 m.	60 m.	60 m.	60 m.	60 m.	60 m.	60 m.
Divergencia (a cada lado)	10%	10%	10%	10%	15%	15%	15%	15%	15%	15%
Primera Sección.										
Longitud.	1600m.	2500m.	3000 m.	3000 m.	2500 m.	3000 m.	3000 m.	3000 m.	3000 m.	3000 m.
Pendiente	5%	4%	3.33%	2.5%	3.33%	2%	2%	2.5%	2%	2%
Segunda Sección.										
Longitud	-	-	-	-	-	3600 m ^b	3600 m ^b	12000 m.	3600 m ^b	3600 m ^b
Pendiente.	-	-	-	-	-	2.5%	2.5%	3%	2.5%	2.5%
Sección Horizontal										
Longitud	-	-	-	-	-	8400 m ^b	8400 m ^b	-	8400 m ^b	8400 m ^b
Longitud Total	-	-	-	-	-	15000 m	15000 m	15000 m.	15000 m	15000 m.

FALLA DE ORIGEN

SUPERFICIES Y DIMENSIONES	CLASIFICACION DE LAS PISTAS									
	APROXIMACION VISUAL				APROXIMACION QUE NO SEA DE PRECISION			APROXIMACION DE PRECISION		
	NUMERO DE CLAVE				NUMERO DE CLAVE			CATEGORIA I		CATEGORIA I 6 II
(1)	1	2	3	4	1.2	3	4	1.2	3.4	3.4
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)
DETRACCION. Pendiente.	20%	20%	14.3%	14.3%	20%	14.3%	14.3%	14.3%	14.3%	14.3%
TRANSICION INTERNA Pendiente.	-	-	-	-	-	-	-	40%	33.3%	33.3%
SUPERFICIE DE ATE- RRIZAJE INTERRUPTO. Longitud del borde interior. Distancia desde el umbral. Divergencia (# -- cada lado).	-	-	-	-	-	-	-	90 m.	120 m.	120 m.
	-	-	-	-	-	-	-	0	1800 m ^c	1800 m ^c
	-	-	-	-	-	-	-	4%	3.33%	3.33%

4.3 NORMAS TERPS (Terminal Instrument Procedures)

El control de los espacios aéreos depende de dos tipos básicos de reglas de vuelo:

- a) Visual (VFR) y
- b) Por instrumentos (IFR)

Estas normas de la FAA, (Administración Federal de Aviación), de superficies limitadoras se realizarán a medida que creció la posibilidad de accidentes debido a la densidad de tráfico en el espacio aéreo y aumento de velocidad de los aviones.

La primera va ser aplicada cuando las condiciones meteorológicas permiten que la separación entre aviones se lleve a cabo por medios visuales. En tanto las condiciones para la operación por instrumentos se aplica cuando la separación entre aviones es responsabilidad de un centro de control de tráfico aéreo.

La mínima separación vertical entre aviones es de 1000 pies hasta una altitud de 29 000 pies. Cuando se esta arriba de esta altitud, la separación mínima es de 2000 pies. Los aviones se desplazan de un lugar a otro, siguen aerovías prestablecidas; en el espacio aéreo inferior (hasta 18 000 pies) o en el espacio aéreo superior (de 18 000 pies hasta 45 000 pies).

4.4 METODO DE LA MARINA

Este método se aplica esencialmente en aeropistas porque en caminos resulta poco práctica. Este método es una aplicación de la teoría de Burmister, y se hace de muchas pruebas de placa para su funcionamiento.

vgr.

1. Se realiza una prueba de placa en la subrasante en una placa de 76.2 cm (30 pulg.) de diámetro, se aplica una presión y se mide, para obtener una deformación de 0.508 cm (0.2 pulg.). Se puede considerar a la subrasante como una capa semi-infinita, aplicamos la teoría Boissinesq donde dice:

$$\triangle = 1.18 \frac{Pr}{E2}$$

\triangle = Deformación de la placa rígida sobre la subrasante, en cms.

P = Presión aplicada a la placa, en Kg/cm²

r = Radio de la placa, en cms.

E2 = Módulo de elasticidad de la subrasante, en kg/cm²

FALLA DE ORIGEN

30

Continuando se hace una plataforma de 5 x 5 mts., de 15 cms. de espesor mínimo, con el material de base que se va a construir el pavimento.

Realizando una prueba de placa en esta placa, donde se aplicará la fórmula:

$$\Delta = 1.18 F P / E C$$

De la prueba de placa, se sacan nueve valores de la deformación, se construye una gráfica con los resultados, esta debe ser análoga a la figura que se muestra a continuación. El espesor promedio será el de la deformación en el valor de 0.508 cms. (0.2 pulg.), que será el proyecto del pavimento y parte del valor es el espesor de la carpeta.

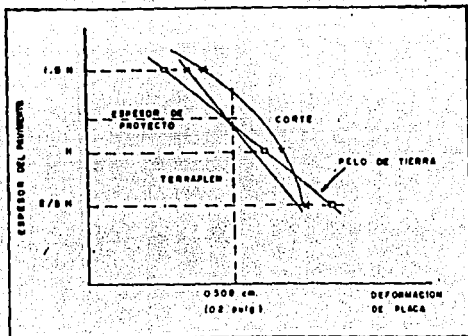


Figura 4.4 Gráfica para encontrar el espesor en un proyecto de un pavimento con el método de la Marina.

Se sugiere corregir las deformaciones gráficas en la figura 4.4 para saber las condiciones más favorables de humedad futuras.

Con la siguiente fórmula se obtendrán:

$$\Delta \text{ cor } \Delta \text{ campo } \frac{q_u \text{ OP}}{q_u \text{ OP} + 2\%}$$

DONDE:

- $\Delta \text{ cor}$ = Deformación corregida.
 $\Delta \text{ campo}$ = Deformación obtenida en la prueba.
 $q_u \text{ OP}$ = Resistencia a la compresión simple de una muestra del material de la subrasante compactada al 95 % con humedad óptima.
 $q_u \text{ OP} + 2\%$ = IDEM. con una compactación al espécimen de 2 % de humedad, arriba del valor óptimo.

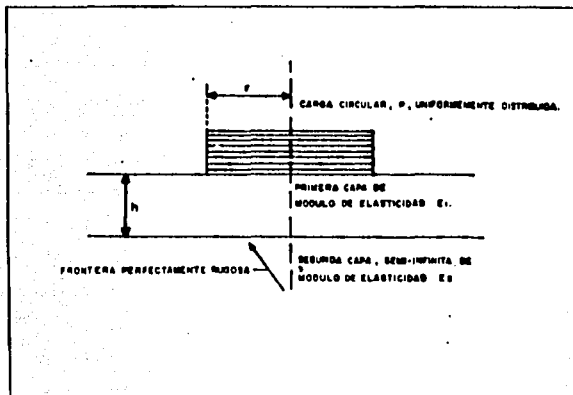


Figura 4.5. Relación de Poisson = 1/2, en ambas capas.

Si F se acota a 0.508 cm. (0.2 pulg.), entramos a la gráfica (figura 4.6), donde se calcula la relación E_2/E_1 , y por consiguiente puede calcularse E_1 , que es el módulo de elasticidad de la base.

Conocidos las carga y presión reales de una llanta de diseño, es posible calcular el área y el radio de la huella de la llanta supuesta, para ello aplicaremos la siguiente fórmula:

$$\Delta = 1.5 F Pr/E$$

Si trabajamos con una deformación de 0.508 cm. (0.2 pulg.), obtenemos un nuevo valor de F , que, correspondo a una placa flexible real. Con este nuevo valor observamos la Figura 4.6 usando la relación E_2/E_1 antes calculada, se obtiene el espesor de la base que necesitamos para las ecuaciones de Burmister, en función del radio de la llanta real, como ya lo conocemos, la altura de un espesor de la base del pavimento es encontrada en forma definitiva.

Como una comprobación de las exigencias prácticas es recomendable hacer una prueba de base con espesor de $2/3 H$, H y $1.5 H$, se dispone de una plataforma de 5×5 mts., la cual debe construirse con materiales de secciones en corte, otra en terraplen y la otra en caso intermedio a pelo de tierra, si hay estos tipos de sección y a cada una se sacarán prueba.

En cada espesor de base se realizarán pruebas, con placas de radio igual a la llanta real de diseño y presión igual a la de inflado.

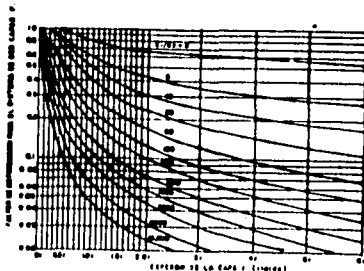


Figura 4.6 Factores de deformación para un sistema de dos capas.

Ejemplo: PARA EL DISEÑO DE AEROPISTAS POR EL METODO DE LA MARINA (PAVIMENTOS FLEXIBLES).

Diseñar, con las siguientes características la sección estructural de un pavimento para aeropistas:

TERRACERIA: El terreno está constituido por arcillas de baja compresibilidad, y limos inorgánicos, el límite determinado en el laboratorio es menor de 50, alta resistencia al choque y un V.S.R., de 16%. El drenaje de la zona es resistente a bajas temperaturas (heladas).

TRANSITO : El estudio realizado dio por resultado equivalente de salidas por año 7500, con un avion de proyecto de boeing 707.

la vida útil del proyecto es de 35 años.

$$\Delta = 1.18 Pr/E^2$$

Donde :

P = Presión de la placa.

r = Radio en cm.

E = Módulo de elasticidad de la subrasante .

Δ = 0.508 cm. para una placa de 76cm. de diametro

Δ = Deformación de la placa rigida sobre la subrasante en cm.

En la prueba de placas rigida se obtuvo de la presión de 7 PSI=99.40kg/cm², para producir una deformación de 0.508cm.

$$0.508 = 1.18(99.4 \times 38.1)/E^2$$

$$E = 1.18 \quad 3787.14/0.508 = 8796.90 \text{ kg/cm}^2 \quad 8797.00$$

De una plataforma con el material de base 5 x 5 mts. de 15cm.(6plg.) y observándose una deformación de 0.508 a una presión de 14 PSI = 198.8Kg/cm².

$$= 1.13 F Pr/E$$

$$= 1.18 F \quad 198.8 \quad (38.1)/8797$$

$$F = 4540.33/8797 = 0.51$$

$$\text{Si } F = 0.51 \text{ y } A/r = 15/38.1 = 0.39$$

$$h = 0.39$$

Se obtienen los valores de F y H y se observa la relación

$$E1 / E2 = 100 \text{ de la figura 4.6}$$

$$\text{Por lo tanto } E1 = 100 \times E2 = 100 \times 8797 = 879700$$

Con la presión de inflado de diseño = 12.70 kg, ya que es la equivalente a un Boeing 707, y una carga por rueda de 38128 Kg, se calcula el radio de la huella de la llanta y su área.

Donde :

$$\text{Presión} = \text{Peso}/\text{Area} \quad 12.7 = 38128/\text{Area}$$

$$\text{Area} = 38128/12.70 = 3001 \quad A = r^2$$

$$r = 3.001/3.1416 = 30.90$$

Aplicando la fórmula:

$$\Delta = 1.5 F Pr/E$$

Donde :

$$\Delta = 0.508$$

$$P = 198.8$$

$$r = 30.90$$

$$E2 = 8797$$

Despejamos F y sustituimos valores en la fórmula anterior:

$$F = 0.508 \times 8798 / 1.5 \times 198.8 \times 30.90 = 0.48$$

Con el valor obtenido de F y la relación $E_1 / E_2 = 100$ se determina el espesor de la base H, de la figura 4.4 .

Se tiene : $0.495 r$

Siendo r = Radio de la llanta real.

$$0.495 \times 30.90 = 15.29 \text{ cms. } \quad 15 \text{ cms.}$$

Suponiendo una carpeta de 2 pulgadas = 5 cms.

Por lo tanto el pavimento será de la siguiente forma:

Base = 15 cms.

Carpeta = 5 cms.

Espesor Total = 20 cms.

4.5 METODO DEL CUERPO DE INGENIEROS (C.B.R.)

Este método fué adoptado por el cuerpo de ingenieros el cual llamó C.B.R. se formó con estudios de varios métodos y lo constituyen una determinación del valor del C.B.R., las ventajas y desventajas, es lo sencillo de las pruebas de proyecto, sin embargo uno de sus inconvenientes es que la prueba es empírica, es por eso que el proyecto se basa únicamente en correlaciones. Este método es expresado como un porcentaje del valor estandar de la resistencia a la penetración del pistón es reducida por el esfuerzo cortante, se considera la prueba válida, si existe reducción en las deformaciones por consolidación, se tiene que corregir los valores.

las fallas mas frecuentes del pavimento son:

- 1) Cuando existen bajo el pavimento asentamientos diferenciales de los materiales.
- 2) Absorción de agua en el pavimento lo que origina desplazamientos laterales de la subrasante.
- 3) Deformación excesiva de los materiales subyacentes al pavimento.

El C.B.R. en materiales para base del 100% obtenido por gran número de pruebas.

Si siguiendo con el procedimiento original, se compactan muestras de material de subrasante estáticamente, sin embargo, en el campo se usaron métodos dinámicos mediante 20 (veinte) golpes de pisón de 10 (diez) lbs., a una altura de 18 (dieciocho) pies sobre capas de una pulgada de espesor.

En la figura 4.7 el valor de C.B.R. es mayor del 12% estas curvas fueron sacadas de las muestras satisfactorias anteriores.

FALLA DE ORIGEN

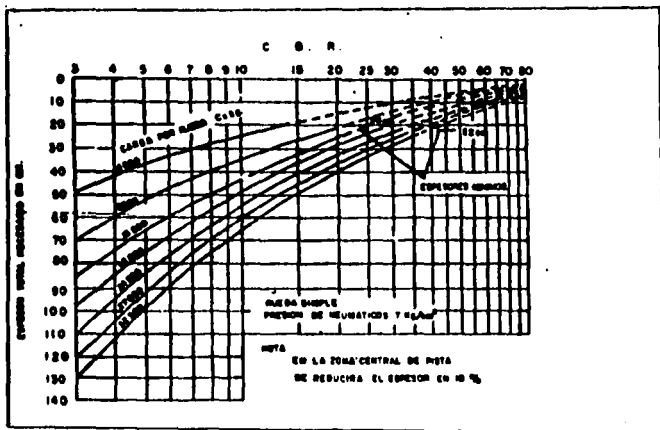


Figura 4.7 Curvas de calculo de espesores de pavimentos flexibles en calles de rodaje, pistas y plateados.

Figura 4.8 Curvas de cálculo de espesores de pavimento flexible en calles de rodaje, pistas y plataforma. Para la carga por rueda y presión de inflado, existe una relación de espesor de pavimento flexible; y que se puede representar por las siguientes ecuaciones :

$$t = \sqrt{P (1/0.1.C.B.R) - 1/P} \text{ -----(1)}$$

Donde :

t= Espesor en pulgadas.
 P= Carga por rueda en lbs.
 p= Presión de inflado en psi.

$$t = \sqrt{P/B.1 C.B.R - A/p} \text{ -----(2)}$$

A= Area de contacto

La ecuación No.2 se aplica a una llanta cuya Area de contacto es constante, las dos ecuaciones se pueden utilizar para valores de C.B.R. menores de 10 o 12% por lo cual podemos sacar curvas de proyecto para varias cargas por rueda y presión de inflado.

En la subrasante, el C.B.R. hace un prototipo el cual en el laboratorio se prueban muestras en condiciones considerables que representan a las del pavimento por hacer.

Para el caso de las capas de base y sub-base, los materiales cambian de tal forma que la subrasante misma pueda satisfacer las especificaciones de una sub-base o pueda ser estabilizada para trabajar como una sub-base.

El método del cuerpo de ingenieros utiliza una mezcla en la subrasante en la cual se obtienen materiales de sub-base este es permitido siempre y cuando el suelo de la subrasante satisficase las especificaciones para sub-base, en cuanto a los límites plásticos y líquidos .

La limitación de penetración de la helada a la subrasante es para evitar hufamientos no uniformes cobidos a cambios bruscos de temperatura que afectan al suelo, por lo tanto es necesario utilizar materiales no afectables por las heladas. En el diseño se toma el índice mas elevado de congelamiento en promedio de tres años para vida util de 30 años, del pavimento.

FALLA DE ORIGEN

47

En las graficas 4.8 y 4.9 podemos observar curvas para el diseño de espesor de pavimentos para aeropiistas, en las que la subrasante tenga un valor de C.B.R. mayor del 10% las ordenadas para el C.B.R. menor o igual del 10% son valores semejantes a los de la formula (1).

La grafica 4.10 nos sirve para calcular el espesor de pavimentos en caminos, fue propuesta por el instituto de asfalto de los Estados Unidos de America.

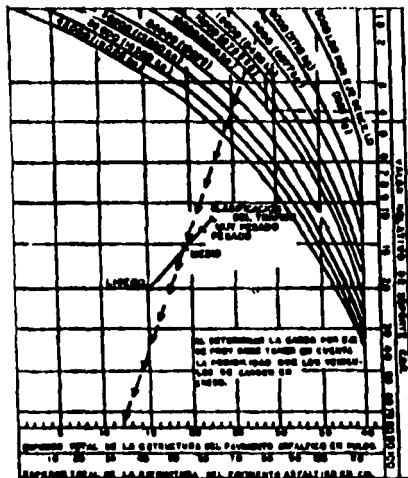


Figura 4.10. Diagrama para determinar el espesor de pavimentos para caminos propuesto por el Instituto del Asfalto de E.U.A.

4.6 METODO DE LA F.A.A.

(PAVIMENTO FLEXIBLE)

En la tabla No. 4.11 se observa una clasificación de los suelos según F.A.A. estableciendo el valor que le corresponde al material de construcción y como sub-base, ya que considera las condiciones de drenaje y la influencia del clima (heladas).

CLASIFICACION DE SUELOS DE LA F.A.A.

Se observa que los suelos son valuados de E1, E2, E3,.....etc, para construcción de pavimentos y su variación es desde la categoría Fa a la F10 en pavimentos flexibles.

En la tabla también existen clasificaciones de Ras a R2e para pavimentos rígidos.

Un ejemplo para pavimentos flexibles pueden ser que el suelo E-1 es considerado perteneciente a la categoría Fa, para todos los casos, esto quiere decir que las condiciones de drenaje y climáticas que sean, no perjudiquen la construcción formada de los suelos E-1 y por lo tanto no necesita de la capa de sub-base.

La desigualdad que hay en un suelo E-3, que tiene una construcción F1, con un sistema de drenaje bueno, su categoría se baja a F2 cuando su sistema de drenaje es deficiente.

En las tablas siguientes se indican los espesores de base, capa de rodamiento y espesor total del pavimento según su categoría Fa, F1, F2, ...etc. la F.A.A., las formuló hasta una capacidad de 100,000.00 libras por carga por rueda.

CLASE DE BARRAS	TOTAL	MATERIAL QUE FORMA EL TERRENO Nº 40			MATERIAL QUE FORMA EL TERRENO Nº 40		CLASE DE TERRENO DE FUNDACION SUBYACENTE.				
		ARETA	ARETA PUNTA	ARETA Y	LINTE	INDICE	OVER		BAL LACIAJE		
		DE EL TERRENO Nº 40	DE EL TERRENO Nº 40	ARELLA COMBINA DA PARA EL TERRENO Nº 40	LIGERO	PLASTICO	SH	SH	SH	COM	
						RELAM	RELAM	RELAM	RELAM	SUBTIOS	
E-1	0-40	400	80-	10-	80-	0-	70 800	70 800	70 800	70 800	70 800
E-2	0-45	100	80-	20-	80-	0-	70 800	70 800	70 800	70 800	70 800
E-3	0-45	-	-	20-	80-	0-	70 800	70 800	70 800	70 800	70 800
E-4	0-40	-	-	30	80-	0-	70 800	70 800	70 800	70 800	70 800
E-5	0-40	-	-	40-	80-	10-	70 800	70 800	70 800	70 800	70 800
E-6	0-40	-	-	400	80-	0-	70 800	70 800	70 800	70 800	70 800
E-7	0-35	-	-	400	80-	10-30	70 800	70 800	70 800	70 800	70 800
E-8	0-30	-	-	400	80-	10-40	70 800	70 800	70 800	70 800	70 800
E-9	0-75	-	-	400	80-	20-	70 800	70 800	70 800	70 800	70 800
E-10	0-50	-	-	400	70-	20-30	70 800	70 800	70 800	70 800	70 800
E-11	0-30	-	-	400	80-	300-	70 800	70 800	70 800	70 800	70 800
E-12	0-40	-	-	400	800	-	70 800	70 800	70 800	70 800	70 800

E-13 MATERIAL QUE FORMA EL TERRENO Nº 40, O BARRAS CON UN ELEVADO CONTENIDO DE MATERIA ORGANICA OUY
 E-14 LU COMO TERRENO DE FUNDACION.

CARGA POR RUEDA SENCILLA (160).

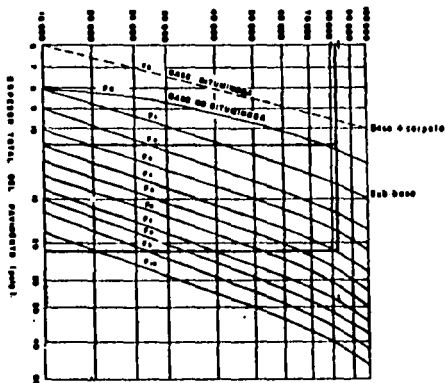


Figura 4.11 B Curvas de la FAA, para el cálculo de Espesores de Pavimentos Flexibles en Áreas destinadas a pistas de Aterrizaje

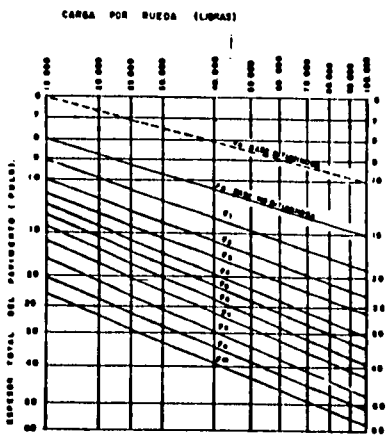


Figura 4.12 Curvas de la FAA, para el calculo de pavimentos flexibles en áreas destinadas a pistas de maniobra delanteras y extremos de pista.

FALLA DE ORIGEN

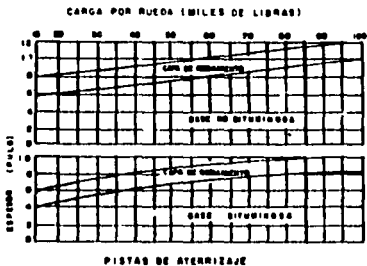
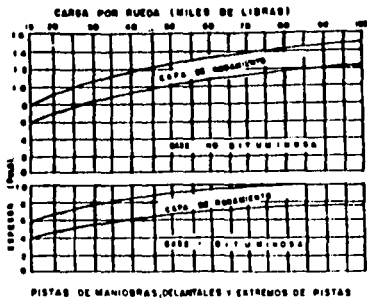


Figure A.10

CAPITULO V

GENERALIDADES PARA EL DISEÑO DE AEROPUERTOS, RODAMIENTOS Y PLATAFORMAS.

5.1 INTRODUCCION

Para hacer una selección del tipo de aeropuerto que se desea construir es necesario tener conocimiento de las demandas que deberán cubrirse, así como la población de trabajadores que laborarán en él. La configuración total de un aeropuerto puede ocupar un total de 8,000.00 hectáreas de superficie, en el caso de aeropuertos ya existente, la expansión de las instalaciones está limitada por la presencia de zonas urbanas en las inmediaciones del aeropuerto. Cuando se ha llegado al límite del desarrollo físico de las instalaciones de un aeropuerto, es conveniente reordenar las actividades de los aeropuertos de la región, aumentar la densidad de operaciones aéreas en determinada aerovía, utilización de nuevos tipos de aviones. Los aviones (vtol-vertical-take-off-and-landing); aterrizaje y despegue verticales, son muy útiles en los aeropuertos antiguos e insuficientes.

5.2 TIPOS DE AEROPUERTOS

Para que exista una buena relación aeropuerto-comunidad se necesita proponer el tipo de aeropuerto correcto y emplazarlo donde mayor utilidad proporcione a la comunidad. Existen tres tipos básicos de aeropuertos los cuales efectúan distintas actividades y cumplen distintas funciones con respecto a la comunidad. Cada tipo de aeropuerto utiliza distintos tipos de aeronaves pero deberá estar capacitado para aceptar aviones de otros tipos. Para cuando existan casos de emergencia.

Los tres tipos básicos de aeropuertos en base a su alcance son:

- aeropuerto intercontinental o de largo alcance.
- aeropuerto metropolitano o de alcance intermedio.
- aeropuerto comunitario o de corto alcance.

Aeropuerto intercontinental o de largo alcance.

Es el aeropuerto que utiliza los aviones más pesados dedicados a viajes largos. Si se requiere de un emplazamiento este debe localizarse en las proximidades de los volúmenes de tráfico generados por los usuarios de tipo comercial, industrial, residencial y con facilidades de acceso.

Aeropuerto metropolitano o de alcance intermedio.

Es el de uso más común ya que presta servicios a las líneas aéreas secundarias, troncales y regionales; Un área metropolitana importante podría necesitar varios aeropuertos de este tipo.

Aeropuerto local o de corto alcance.

La pista de este aeropuerto esta diseñada para aceptar aviones de corto alcance o ligeros, los vuelos se dividen en dos tipos en cuanto a su uso: en públicos, (servicio charter, los taxis aéreos, los de servicio de correos y las escuelas de vuelo) y semi-públicos (de servicio privado, de recreo y de negocios). El problema principal que se presenta en este tipo de aeropuerto es la mayor afectación que el viento tiene sobre los aviones ligeros. Un emplazamiento para este tipo de aeropuerto deberá localizarse cercano al transporte terrestre.

5.2.1 TIPOS DE PISTAS

En relación con los tres tipos básicos de aeropuerto, existen tres tipos elementales de pistas: lineal (paralela), cruzada y concéntrica.

1 Pista lineal:

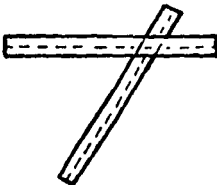
Con esta pista se permite más de una operación simultáneamente debido a que podrían construirse pistas paralelas, con una separación de 1500.00mts., permitiéndose así despegues en una pista de aterrizaje en la otra ahorrándose bastante tiempo y espacio.

- Pistas paralelas : El número de movimientos y tamaño de aeronaves, nos indica el número de pistas que habrán de preverse en cada dirección. Algunas de estas pistas pueden ser de la siguiente manera ver Figura 5.2

A). LINEAL



B). CRUZADA



C). CONCENTRICA

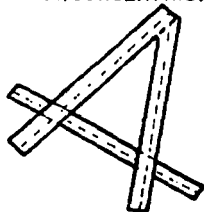


Figure 5.1. Tipos de disposiciones elementales de pinta.

FALLA DE ORIGEN

a) Pistas paralelas proximas figura 5.2(A) (separación de 3500 pies).

- Ninguna calle de rodaje atravieze la pista
- Calle de rodaje que cruzan las pistas activas a más de 1/3 de su umbrales activos.

b) Pistas paralelas distantes (separación de más de 4500.00pies)

figura 5.2 (B). Si se dispone de pistas paralelas para uso simultaneo solamente cuando existen condiciones meteorológicas de vuelo visual, la distancia minima entre sus respectivos ejes deberá ser :

- 120.00mts. Cuando el número de clave más alto sea 1
- 150.00mts. Cuando el número de clave más alto sea 2
- 210.00mts. Cuando el número de clave más alto sea 3 ó 4

Para el caso de aproximaciones simultaneas de precisión por instrumentos la separación minima entre los ejes de las pistas paralelas sera de 1200.00m. Cuando no se cubra el coeficiente de utilización minimo requerido por la O.A.C.I. (Organización de Aviación Civil Internacional) y se requiera más de una pista, estas deberán ser transversales. El 95% de utilización especificado en el anexo 14, en el que se refiere a la velocidad del viento transversal en la superficie, constituye un mínimo en consecuencia, además de las pistas principales, es necesario proveer una o más pistas adicionales para poder aceptar las aeronaves en condiciones del viento transversal fuerte.

Si se realizan trabajos de mantenimiento de la pista que pudieran interrumpir la regularidad del servicio aéreo, pueden proporcionarse pistas secundarias. No obstante, como las pistas para vientos transversales se utilizarán solamente como fuertes componentes de viento frontal, pueden ser considerablemente más cortas que las pistas principales.

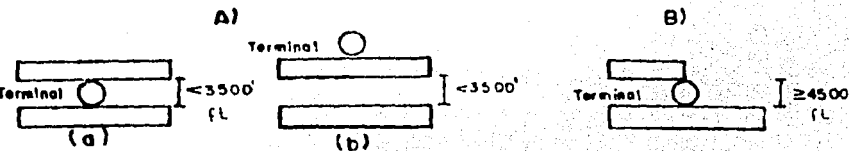


Figura 5.2

I Pista de tipo cruzado :

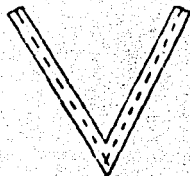
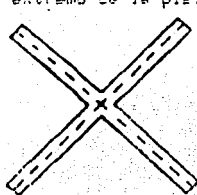
Son aquellas pistas operativas que tienen un punto en común formado entre ellas un ángulo que quedara determinado por las condiciones ambientales, meteorológicas, geológicas, etc. su interacción limite la efectividad de las pistas en las horas punta pero los nuevos tipos de aeronaves son más rápidos y pesados lo que permite que si en una pista una nave despega y en la otra una nave aterriza, las operaciones se pueden alternar con más control.

II Pistas del tipo Concentricas:

Tiene el edificio terminal en medio de ellas y las pistas de acceso van de l. terminal hacia afuera para encontrarse con las pistas. Las pistas de acceso son generalmente de mayor longitud que las pistas de despegue .

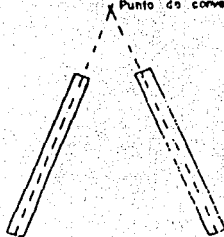
Estas pistas pueden ser como las que se muestran a continuación.

a) Dos pistas secantes con intersección en medio o al extremo de la pista.

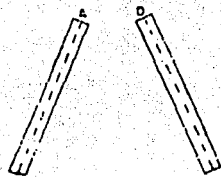


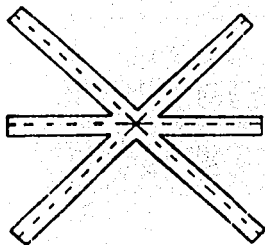
Pistas Convergentes

Punto de convergencia

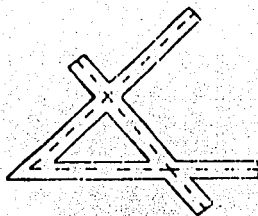


Pistas Divergentes

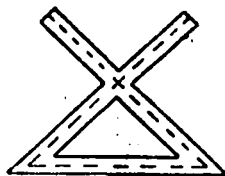




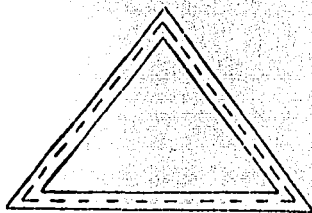
1) Una sola intersección: común en medio de las pistas



2) Un par en los extremos



3) Dos pares que se cruzan en los extremos



4) Todas las pistas se cruzan en los extremos

Actualmente, los jets ocupan pistas de 3000.00 a 4000.00mts. y las molestias causadas por el ruido son también muy grandes. Existen aditamentos especiales llamados toberas, los cuales ayudan a disminuir los niveles de ruido, y el progreso obtenido con estos aditamentos se muestra en la figura 5.5, en donde se observa que el ruido de los chorros de aire será menor que el causado por aviones de ventilador (fan) de la misma capacidad.

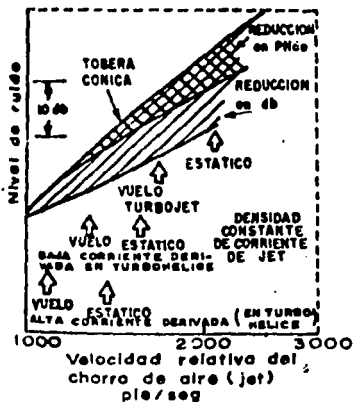
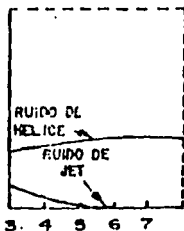


Figura 5.5 a) Producción de ruido según la velocidad relativa del jet.

Comparación entre el ruido producido por los ventiladores (fan) y el chorro de aire (jet). Los mecanismos propulsores con altas proporciones de corriente derivadas (bypass ratio) serán en el futuro los mayores productores de ruido.

Fuerza de aterrizaje



Fuerza de despegue

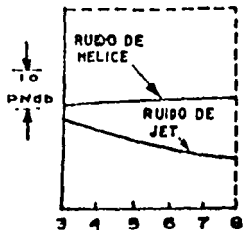


Figura 5.5 a) Producción de ruido en el aterrizaje y despegue.

5.3 DETERMINACION GENERAL DE LA SUPERFICIE DE TERRENO NECESARIA.

Cuando se determina la extensión del terreno que ocupara un aeropuerto no solo se consideran la superficie que ocupara en en sus primeras fases, sino que tambien habra que considerar las futuras ampliaciones. La elección de la superficie de terreno facilitara la realización de modificaciones que ayudaran al aeropuerto a crecer al mismo ritmo con que crece la demanda de tráfico aereo. Sin embargo, una determinación excesiva de terreno puede provocar un gasto innecesario; así como una extensión de terreno muy pequeña provoca una tendencia excesiva de centros urbanos a la zona de mayor ruido del aeropuerto que causen molestias a la población.

La D.G.A. (Dirección General de Aeropuertos) ha reelementado las dimensiones mínimas que un aeropuerto debe observar tomando en cuenta la finalidad a la que este destinado. Las dimensiones mínimas nos dan un margen de terreno que existira entre las instalaciones del aeropuerto y zonas habitacionales próximas.

Para un aeropuerto de categoría internacional, sus dimensiones mínimas se muestran en la figura 5.6.

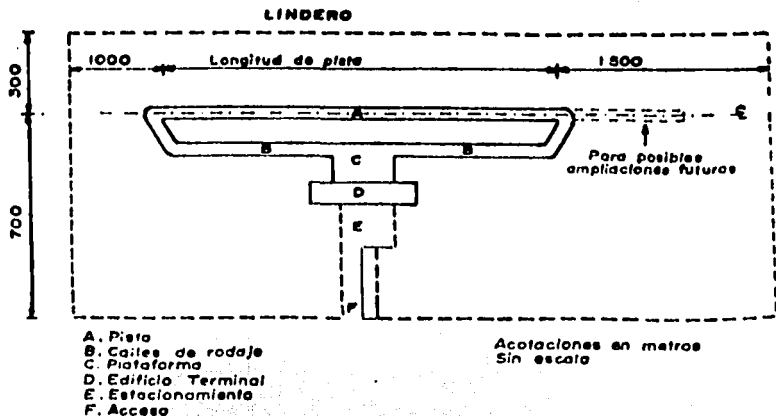
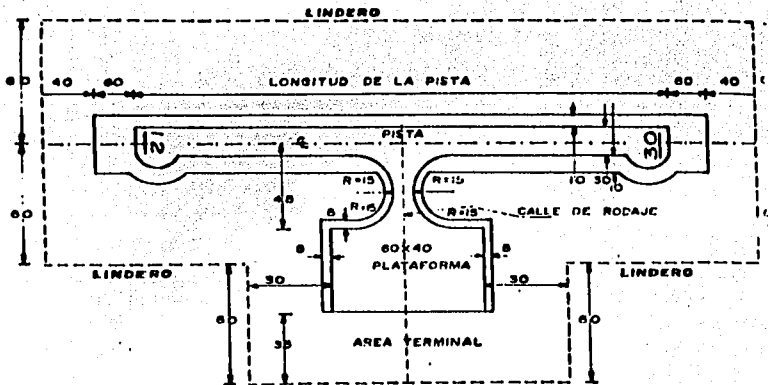


Figura 5.6. Aeropuerto tipo Internacional

FALLA DE ORIGEN

Quando existen pistas paralelas, para vuelos de determinación por instrumentos, la separación entre ejes de pista sera de 1500.00m como mínimo. Las dimensiones mínimas para un aeropuerto tipo rural se observan en la figura siguiente:



NOTAS:

La posición de la plataforma depende de las condiciones topográficas existentes.
 La Calle de Rodaje puede colocarse al centro o en los extremos de la plataforma

Figura 5.7. Aeropuerto tipo Rural o Convencional.

Dimensiones mínimas recomendadas para un aeropuerto tipo alimentador, se muestra en la figura 5.E

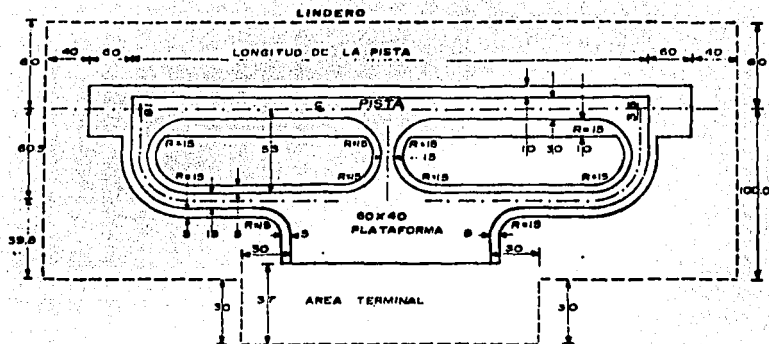


Figura 5.E. Aeropuerto tipo alimentador, con pista y plataforma de acceso intermedio.

Dimensiones mínimas recomendadas para un aeropuerto tipo alimentador, se muestra en la figura 5.6

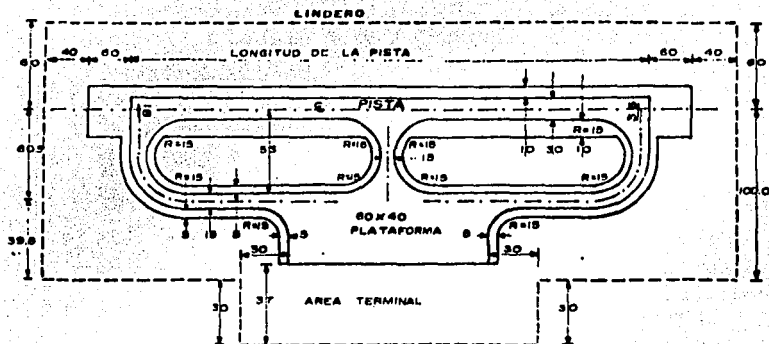


Figura 5.6 Aeropuerto tipo alimentador, matriz latinoamericana de alcance intermedio.

5.31 DETERMINACION PRELIMINAR DE LA EXTENSION DE TERRENO NECESARIA

En un aeropuerto nuevo o para uno ya existente la elección del terreno es muy importante para tomar en cuenta las posibles ampliaciones que se requerirán en un futuro cercano o lejano; las pistas aeroportuarias son elementos que exigen mayor espacio; por lo anterior se deben considerar los siguientes factores:

- Longitud de las pistas
- Orientación de las pistas
- Número de pistas

5.3.2 EMPLAZAMIENTO

Se considera un emplazamiento ideal del aeropuerto aquel que situa al aeropuerto cercano a las rutas de automóviles, camiones y ferrocarriles; a los centros donde se origina la demanda de sus servicios. Para que forme parte activa del sistema de transporte y desarrollo de la región. Pero la cercanía del aeropuerto, vía de comunicación y centros urbanos crea una infinidad de problemas que deben ser previstos en la planificación del aeropuerto.

Quando se selecciona el emplazamiento de un aeropuerto que debe procurar que éste trabaje de acuerdo a un plan de desarrollo regional, recordando que todo plan de desarrollo considera tres importantes medidas.

1. Recopilación de información (datos) y conocimientos importantes.
2. Utilización y manejo de esos datos para acoplar el desarrollo de aeropuerto al plan general de desarrollo de la región.
3. Analizar y relacionar todos los datos obtenidos para prever las necesidades futuras y así poder manejar la planificación del aeropuerto.

Con la previsión de la demanda, el número de personas y la cantidad de mercancías se determina la capacidad del aeropuerto; mientras que el tamaño lo determinan datos como los siguientes: volúmenes de tráfico futuros, longitud de pista requisitos de espacio aéreo, capacidad del aeropuerto, usos del terreno adyacente, espacio para el edificio de pasajeros y mercancías, plataformas, calles de rodamiento, zonas de mantenimientos, hangares, caminos de acceso, estacionamiento etc..

Para iniciar los estudios del emplazamiento de un aeropuerto, primero se necesita establecer la finalidad a la que estará destinado el aeropuerto, de esta manera se podrán conocer las bases que determinan el tipo de aeropuerto que se necesitará, su sistemas operacionales, obteniendo los datos anteriores se pueden determinar las características que deberá reunir el emplazamiento.

La selección y evaluación del emplazamiento de una pista aeroportuaria existente o de una nueva, por lo general contiene las siguientes etapas:

1. Determinación de la extensión del terreno .
2. Recopilación de información acerca de la situación de los emplazamientos.
3. Inspección de los emplazamientos
4. Estudios ecológicos.
5. Comparaciones entre los posibles emplazamientos.
6. Esquemas, cálculos de gastos e ingresos.
7. Evaluación y selección definitiva.
8. Reporte final.

Después de haber determinado el tipo de aeropuerto, sus dimensiones aproximadas y los factores que condicionan el emplazamiento se procede a analizar estos datos y después de trazar en cartas y mapas los posibles emplazamientos del nuevo aeropuerto o el terreno adicional necesario para el aeropuerto existente, lo anterior se realiza para eliminar los emplazamientos inapropiados o determinar la conveniencia de un emplazamiento existente. Los aeropuertos se emplazan donde existan menos problemas operacionales con sus aeronaves, en forma compatible desde el punto de vista social y que mantenga los gastos de construcción a nivel óptimo. Todos los factores que podrían intervenir se pueden agrupar según consideraciones operacionales, sociales y económicas.

5.4 ESPACIO AEREO

Si un aeropuerto se localiza muy alejado de la ciudad a la que presta su servicio, generalmente tiene suficiente espacio aéreo pero poca o quizá nula demanda de servicio, siendo en este caso lo mas recomendable acercar el aeropuerto al centro urbano, aún con la presencia de ciertas restricciones.

El espacio aéreo de un aeropuerto es parte importante de su funcionalidad operacional y es necesario ponerlo especial atención ya que si no hubiera suficiente espacio aéreo habría que determinar la magnitud de cualquier restricción y sus posibles efectos.

Quando 2 aeropuertos se encuentran tan cercanos que tengan que compartir el mismo espacio aéreo, es necesario coordinar las actividades de ambos aeropuertos para que las naves tengan suficiente separación entre ellas para la facilidad de sus maniobras. Tal vez sea necesario limitar el ritmo de movimiento combinado de aeronaves en lugar de poder operar individualmente un aeropuertos de otro; en consecuencia, un emplazamiento debe evaluarse también en función a su afectación, a los actuales espacios aéreos.

5.4.1 Obstáculos

Debido a que los aeropuertos abarcan grandes extensiones de terreno a lo largo de los ejes de las pistas (15 Kms.), a partir de sus límites, es difícil conseguir terrenos que presenten pocos o nulos obstáculos en sus relieves (árboles y estructuras artificiales). La presencia de obstáculos en línea con la ruta de acercamiento o despegue limita la eficiencia de las operaciones, y puede ocasionar la necesidad de establecer nuevas alturas reglamentarias y por lo mismo, modificaciones en los circuitos de espera conexos.

Las estructuras que obtaculizan las operaciones aéreas pueden afectar la flexibilidad de las aproximaciones iniciales dirigidas por radar y pueden incluso obligar a las aeronaves en ascenso de salida a efectuar un viraje en ruta.

5.4.2. Peligros

Los problemas que un emplazamiento podría representar para las aeronaves son los que proporcionar los factores locales. Una zona industrial puede causar en combinación con los vientos, acumulación de humos que reducirían la visibilidad afectando las operaciones VFR.

Las reservas destinadas a la fauna que se encuentren cercanas a un emplazamiento pueden provocar que grandes aves que sobrevuelan la zona choquen con a las aeronaves, las cuales siendo rápidas y gran tonelaje pueden venirse abajo. Igual problema provoca la presencia de rutas de migración de aves.

FALLA DE ORIGEN

5.4.3 Condiciones Meteorológicas

En una misma zona pueden existir distintas condiciones meteorológicas en distintos emplazamientos. La acción de los vientos combinados con la visibilidad y el techo de nubes es lo que nos hace decidir la orientación de las pistas y nos indica si las instalaciones estarán en funcionamiento todo el tiempo o solamente en condiciones visuales. En la zona donde se presentan formaciones de niebla, fenómenos de turbulencia, mayores precipitaciones lluviosas, etc., restan eficiencia y regularidad a las operaciones.

5.4.4 Ayudas para aproximación y aterrizaje

Las ayudas para la navegación, la aproximación y el aterrizaje, son sistemas necesarios del sistema de transporte aéreo. En los casos de techo bajo y escasa visibilidad, las ayudas visuales (electrónicas) para guía de las aeronaves son muy importantes en la selección de un emplazamiento, ya que ciertos factores pueden afectar su funcionamiento (como son líneas de alta tensión, grandes edificios, vehículos en movimiento, etc.)

5.4.5 Consideraciones de carácter social

El emplazamiento de un aeropuerto se debe realizar pensando en no causar problemas ni molestias a las ciudades cercanas; la orientación de las pistas debe ser tal que no apunte sobre centros urbanos, ya que provocaría que aviones sobrevolaran estos centros a baja altura en las operaciones de aterrizaje y despegue, sin embargo debe llegarse a una solución intermedia que presente el mayor número de ventajas al respecto de ambos conceptos.

5.4.6 Facilidad de acceso por tierra.

La eficiencia y funcionalidad de un aeropuerto están ligadas a las comunidades y facilidades que los usuarios obtengan en los caminos de comunicación al aeropuerto. Si el sistema de transporte es ineficiente o inadecuado, los desembolsos que hacen los constructores del aeropuerto serán inútiles. Cuando se planifique un aeropuerto es conveniente consultar e informarse con los organismos encargados de la planificación, construcción de caminos y medios de comunicación del aeropuerto y así asegurar una mejor selección del emplazamiento del aeropuerto y un apoyo futuro de estos organismos.

Si el tiempo considerado de transporte entre los centros de demanda y los distintos emplazamientos es el mismo, el factor determinante será el precio del viaje; otro factor importante es la fluidez en una carretera que pueda dar mayor comodidad a los usuarios. Hay que tomar en consideración los servicios de transporte público de aeronaves de despegue y aterrizaje vertical y/o corto.

5.4.7 Proximidad con respecto a los centros de demanda.

Un aeropuerto debe situarse en la forma más conveniente con respecto a los centros habitacionales, comerciales e industriales presentes y futuros a los que se piensa servir. Esto se realiza comparando factores que relacionen el tiempo y la distancia que los usuarios deben cubrir en su acceso al aeropuerto. Otra forma de medir esta conveniencia es comparar la distancia con los precios de los distintos medios de transporte, considerando la distancia desde los centros de demanda hasta el aeropuerto. Por ejemplo, considerando los límites de velocidad en una carretera que sirve de acceso al aeropuerto desde un centro de demanda, se pueden hacer gráficas de gastos de transporte, tomando en cuenta diferencias de llegadas al aeropuerto en espacios de cinco a diez minutos.

5.5 LONGITUD DE LAS PISTAS

En las pistas aeroportuarias es de suma importancia prever las ampliaciones que se necesitarán a largo plazo ya que esto evitará gastos desmesurados en su construcción, mantenimiento o limitaciones de utilización a las aeronaves. Aún cuando las nuevas naves no exijan mayor longitud de pistas es importante considerar la creación de nuevas rutas aéreas, creación de vuelos directos más largos; lo cual impondría la necesidad de ampliar y renovar las pistas. Por lo cual es importante conocer las características físicas y de funcionamiento de las aeronaves críticas actuales y futuras que se van a utilizar; es decir naves que presentan mayores exigencias entre el grupo de aeronaves que se prevé utilizará el aeropuerto en el futuro.

Cada tipo de aeronave difiere de las otras en sus características, ya que algunas naves requieren de mayor longitud de pista para sus operaciones de aterrizaje y despegue, debido a que su fuerza de levantamiento es relativamente menor a la de otras naves; por lo anterior, es imprescindible conocer la facilidad con que cada aeronave se eleva y los factores de los que depende esta facilidad, para el cálculo de longitud de pista depende de una serie de factores, los cuales se enumeran:

5.5.1 FACTORES QUE INFLUYEN EN LA LONGITUD DE LA PISTA.

- Características físicas y operacionales de los vientos a los que prestará servicio, condiciones que debe cumplir la aeronave desde el punto de vista de su diseño, desempeño característico, y de masas de operación: se encuentran basadas en reglas para que la aeronave pueda hacer ciertos movimientos o maniobras.

- Condiciones del aeropuerto, en este grupo se toman en cuenta las circunstancias reales del aeropuerto, como son: condiciones meteorológicas, clima (viento, temperatura), altitud, pendiente del terreno y estado de la superficie de la pista.

- Factores relacionados con el emplazamiento del aeropuerto, por ejemplo, elevación del aeropuerto (que incide en la presión barométrica) y limitaciones topográficas.

- Factores que determinan los pesos de operación de las aeronaves; se toman en cuenta los pesos de operación en el aeropuerto, diseñado para aeronave crítica por peso, desempeño, longitudes de ruta y frecuencia de operación. En longitud de ruta, la distancia máxima que puede recorrer a peso máximo, reduciendo el peso de la aeronave se reduce a la longitud de la pista; como ya se mencionó las características físicas y operacionales de los aviones están relacionados con las características de las pistas. Dentro de las condiciones propias del aeropuerto se hacen las siguientes consideraciones: a mayor altura, menor densidad del aire, menor potencia en la aeronave y por tanto requerirá mayor longitud de pista; esto quiere decir que cuando mayor sea el viento de frente que sopla en una pista más corta será la longitud de pista que requerirá un avión para aterrizar o despegar y viceversa, un viento de cola provoca la necesidad de aumentar la longitud de pista requerida.

Puede decirse lo mismo de la temperatura, cuando más elevada sea la temperatura, mayor longitud habrá de tener la pista requerida, debido a que las temperaturas elevadas se traducen en densidades menores del aire, factor que reduce el empuje producido, así como la sustentación.

Es evidente que un avión que despegue en una pendiente de pista ascendente requiere una mayor longitud de pista que si esta se encontrase a nivel o tuviese una pendiente descendente; la longitud requerida dependerá de la elevación del aeropuerto y de la temperatura.

En condiciones equivalentes, cuando mayor sea la elevación del aeropuerto, mayor será la longitud que debe tener la pista; pero puede verse limitada por el perímetro del terreno o por factores topográficos tales como montañas, el mar o valles profundos.

La condición más desfavorable es cuando no hay viento o sea en calma y es la condición utilizada para proyectar la longitud básica de pista, además de contar con una atmósfera tipo (atmósfera al nivel del mar).

5.5.2 ORIENTACION DE LAS PISTAS

Son muchos los factores que influyen en la determinación de la orientación y del emplazamiento de la pista, en términos generales cabe señalar lo siguiente:

a) Las condiciones meteorológicas; presencia de niebla localizada y sobre todo por el coeficiente de utilización que viene determinado por la distribución de los vientos, tomando cuenta la dirección del viento predominante (viento transversal).

b) La topografía del emplazamiento del aeropuerto y el terreno circundante de manera que las aeronaves no tengan que pasar (volar directamente) sobre zonas densamente pobladas y que puedan librar obstáculos.

c) Tipo y volumen de tránsito aéreo, el viento máximo, depende del tamaño de la aeronave crítica, de la configuración alar y del estado de la superficie pavimentada.

d) Cuestiones relacionadas con el desempeño de las aeronaves.

e) Cuestiones relacionadas con el medio ambiente, principalmente el ruido y por seguridad de operación, evitando así problemas en el aterrizaje y despegue.

De los factores de mayor importancia, es el coeficiente de utilización, determinado por la distribución de los vientos; otro factor importante es la alineación de la pista que permite obtener la previsión de aproximaciones que se ajusten a las especificaciones sobre superficies de aproximación; el anexo 14 de la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI), recomienda que la orientación y el número de pista debe permitir un coeficiente de utilización del aeródromo en el mayor porcentaje del tiempo que sea posible, pero no menor al 95%, de los días del año, el 5% restante equivale a 18 días por año, lo cual representa grandes pérdidas, por lo anterior es conveniente

FALLA DE ORIGEN

construir pistas secundarias que admitan a las aeronaves en condiciones de viento transversal fuerte. Las pistas secundarias podrian resultar mas cortas que las pistas principales debido a que operarian con los componentes de viento más fuertes en forma frontal: la combinación de la longitud, número y orientación de las pistas nos indica a grandes rasgos el orden de magnitud del terreno necesario que ocupará el emplazamiento; para lo cual la velocidad del viento transversal en la superficie perpendicular o su eje longitudinal no impida el aterrizaje o despegue y que no exceda de 20 nudos (37 Km/h) (23 millas por hora), para las pistas de categorías A y B; cuando se trata de aeronaves cuya longitud de campo de referencia es de 1 500 mts. o más, excepto cuando se presenten con alguna frecuencia condiciones de eficacia de frenado deficiente en la pista, debido a que el coeficiente de fricción longitudinal es insuficiente en cuyo caso debería suponerse una componente transversal del viento que no exceda de 15 nudos (24 Km/h) (15 millas por hora), para pistas de la categoría C; en el caso de aeronaves cuya longitud de campo de referencia es de 1 200 mts. o mayor del 1 200 mts., pero inferior al 1 500mts. y 10 nudos (19 Km/h) (11.5 millas por hora) para las pistas de categorías D y E, en el caso de aeronaves cuya longitud de campo de referencia es inferior a 1 200 mts.

Es conveniente examinar si el aeropuerto se va a utilizar en todas las condiciones meteorológicas o solamente en condiciones meteorológicas de vuelo visual, y si se ha previsto su empleo mediante el día y la noche o solamente durante el día. Durante el aterrizaje y el despegue, las aeronaves pueden maniobrar siempre y cuando en la pista, la componente del viento en ángulos rectos a la dirección del movimiento de las aeronaves (definida como viento transversal) no sea excesiva.

La elección de los datos se han de usar en el cálculo del el coeficiente de utilización deberán hacerse en estadísticas confiables de la distribución de los vientos, que abarquen un periodo tan largo como sea posible, preferiblemente, no menor de cinco años. Las observaciones deberían hacerse por lo menos ocho veces al día, a intervalos iguales; los registros meteorológicos se obtienen en las oficinas meteorológicas gubernamentales, las cuales contienen el porcentaje del tiempo en que se producen determinadas combinaciones de techo de nubes y visibilidad, porcentaje del tiempo en que predominan vientos de determinada velocidad, procedentes de distintas direcciones, etc., las direcciones se indicaran en relación con el norte verdadero; después de haber determinado la componente máxima de viento transversal permisible, se procede a la orientación más conveniente de las pistas y se toma en cuenta lo siguiente:

a) Normalmente las estadísticas sobre los vientos con cualquier visibilidad o techo de nubes, utilizadas para calcular el coeficiente de utilización, vienen clasificadas en grupos según la velocidad y dirección, la precisión de los resultados depende en gran parte de la distribución supuesta de las observaciones dentro de estos grupos; a falta de toda información fiable acerca de la verdadera distribución de los vientos, se suele disponer una distribución uniforme ya que, respecto a la pista mal orientada favorablemente esto suele traducirse en una cifra ligeramente conservadora del coeficiente de utilización.

b) Las componentes transversales máximas del viento de costado medio ya mencionadas, corresponden a circunstancias normales, cuando el techo está entre 61 mts. (200 pies) y 305 mts. (1000 pies), y la visibilidad es de 0.8 Km (1/2 millas) a 4.8 Km (3 millas). Hay algunos factores que pueden exigir que se tome en cuenta una reducción de sus valores máximos en un aeropuerto determinado, entre esos se encuentran:

- Grandes diferencias de manejo y de los valores máximos admisibles de la componente transversal del viento para los distintos tipos de aeronaves (incluidos futuros tipo) dentro de cada uno de los tres grupos ya mencionados.

- La preponderancia y naturaleza de las rafagas.

- La preponderancia y naturaleza de la turbulencia.

- La disponibilidad de una pista secundaria.

- La anchura de las pistas

- Las condiciones de la superficie de las pistas: el agua, la nieve, la nieve fundente o el hielo sobre la pista reducen materialmente el valor admisible de la componente transversal del viento.

- La fuerza del viento correspondiente al valor límite que se haya elegido para la componente transversal del viento.

La primera condición considera toda gama de visibilidad, la segunda condición representa distintos grados de visibilidad deficiente, para lo cual es imprescindible la utilización de instrumentos para el aterriaje. Cuando el techo se aproxima a los 61 mts. y la visibilidad es cercana a 0.8 kms. es probable que la escasez de viento facilite que la niebla, el humo, la neblina, reduzcan la visibilidad.

Para el emplazamiento de un aeropuerto completamente nuevo, se obtienen lecturas meteorológicas del pasado de estaciones meteorológicas cercanas al lugar si el terreno es bastante llano, pero si el terreno es muy accidentado, será necesario estudiar detenidamente la topografía del lugar y tomar mediciones meteorológicas exactamente en el emplazamiento del nuevo.

5.5.3 NUMERO DE PISTAS

Es preciso disponer de un número suficiente de pistas para atender las exigencias del tráfico aéreo, combinaciones de llegadas y salidas de aeronaves en los periodos punta así como los distintos tipos de aviones que deberán ser atendidos simultáneamente, nos indicarán el número de pistas que se necesitarán para cubrir tales necesidades y otras consideraciones de orden económico.

5.5.4 LONGITUD BASICA DE LAS PISTAS

La longitud básica elegida para una pista debe ser suficiente para satisfacer los requisitos operacionales de los aviones para los que la pista está prevista. Es la longitud necesaria a nivel del mar en terreno horizontal en condiciones atmosféricas tipo (estándar) y con aire en calmas para que operen los aviones que se han destinado.

5.5.5 Datos a Usar

La elección de los datos que se emplean en el cálculo del coeficiente de utilización se deben basar en estadísticas confiables de la distribución de los vientos, que abarquen un periodo tan largo como sea posible, de preferencia no menor de cinco años. Las observaciones se tienen que hacer por lo menos ocho veces al día, a intervalos iguales.

5.5.6 LONGITUD EFECTIVA DE LAS PISTAS

Excepto cuando una pista vaya asociada con una zona de parada o con una zona libre de obstáculos, la longitud verdadera de toda pista principal tiene que ser adecuada y que satisfaga los requisitos operacionales de las aeronaves para las que se proyecta la pista y no deberá ser menor que la longitud más larga determinada por la aplicación o las operaciones de las correcciones correspondientes a las condiciones locales y a las características de rendimiento de las aeronaves que tengan que utilizarla.

Al determinar la longitud de pista que ha de proporcionarse, es necesario considerar los requisitos de despegue así como los de aterrizaje y la necesidad de efectuar operaciones en ambos sentidos de la pista. Entre las condiciones locales que puede considerarse figuran: pendiente de la pista, características de la superficie de la pista, elevación temperatura; cuando no se conocen los datos sobre el rendimiento de las aeronaves para las que se destina la pista, cabe determinar la longitud de toda pista principal por medio de la aplicación de los coeficientes de corrección generales.

5.5.7 PISTA SECUNDARIA

Salvo lo dispuesto en pistas con zonas de parada o zonas libres de obstáculos, la longitud verdadera que ha de proporcionarse para cada pista secundaria no debería ser inferior a la longitud que se determine como sigue:

a) Cuando se conocen los datos sobre características de rendimiento y operación de los aviones, para los que se destina la pista, aplicando las correcciones para las condiciones locales y eligiendo la longitud mayor así obtenida.

b) Cuando se desconocen los datos sobre las características de operación y rendimiento de los aviones para los que se destina la pista, aplicando a la longitud básica los factores de corrección, medios especificados en corrección por elevación, temperatura y pendiente, según corresponda, para una longitud de pista que no sea inferior a:

85% de la longitud básica de pista; o

70% de la longitud básica de pista cuando la pista se deba a causa de vientos muy fuertes.

Esto no significa que la longitud de una pista secundaria tenga que ser forzosamente suficiente para todos los aviones que la pista principal está destinada a servir, sino simplemente que sea adecuada para los aviones que necesiten usar dichas pista secundaria, además de la otra pista o pistas, con objeto de obtener un coeficiente de utilización de por lo menos el 95%.

5.6 CLAVE DE REFERENCIA DEL AEROPUERTO

La clave de referencia se utiliza con el fin de proporcionar un método simple, que relacione entre sí las numerosas especificaciones concernientes a las características de los aeropuertos; proveer de una serie de instalaciones aeroportuarias que convengan a los aviones, destinadas a operar en el aeropuerto.

La clave de referencia se compone de dos elementos que relacionan con las dimensiones y características de la aeronave. El elemento 1 es un número basado en la longitud de campo de referencia de la aeronave y el elemento 2 es una letra basada en la envergadura de la aeronave y en la anchura exterior entre la rueda del tren de aterrizaje principal.

Una determinada especificación está relacionada con la más adecuada de los dos elementos de la clave o con una combinación apropiada con los mismos; la letra o número de la clave dentro de un elemento seleccionado para fines de proyecto, están relacionados con las características de la aeronave crítica, para al aplicar las disposiciones pertinentes del anexo 14, se indica en primer lugar las aeronaves para lo que se destine el aeropuerto y continuación los dos elementos de la clave.

La clave de referencia de aeropuertos, número y letra de clave que se seleccione para fines de planificación del aeropuerto se determinará de acuerdo a las características de las aeronaves para las que se destine la instalación del aeropuerto. El número clave para el elemento 1 se determina por medio de la tabla 5.9 columna 1, seleccionando el número clave que corresponda al valor más elevado de las longitudes de campo de referencia de las aeronaves para las que se destine la pista. La longitud de campo de referencia de la aeronave, se define como la longitud de campo de referencia mínima necesaria para el despegue con el peso máximo semejante de despegue al nivel del mar, en atmósfera tipo, sin viento y con pendiente de pista cero, como se indica en el correspondiente manual de vuelo de la aeronave prescrito por la autoridad que otorga el certificado, según los datos equivalentes que proporcione el fabricante de la aeronave; en consecuencia si 2195.00mts., corresponde al valor más elevado de la longitud de campo de referencia de la aeronave el número de clave seleccionado será de "4" la letra de clave para el elemento 2, se determina por medio de la tabla 5.9 columna 2, seleccionando la letra de clave que le corresponda al mayor alcance o a la anchura exterior más elevada entre ruedas del tren de aterrizaje principal, tomando en las dos, la que de el valor más crítico para la letra clave de las aeronaves que se destine la instalación.

Para este caso el alcance es igual a 32.9mts., y la anchura exterior es igual a 6.2mts., y es por esto que la letra de clave seleccionada sera "C".

ELEMENTO 1 DE LA CLAVE		ELEMENTO 2 DE LA CLAVE		
Num. de clave	Longitud de campo de referencia del avión	Letra de clave	Encargadora	Anchura exterior entre ruidos del tipo de aterrizaje principal
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
1	Menos de 800 m	A	Hasta 19 m (exclusiva)	Hasta 4,5 m (exclusiva)
2	Desde 800 m hasta 1200 m (exclusiva)	B	Desde 19 hasta 24 m (exclusiva)	Desde 4,5 hasta 6 m (exclusiva)
3	Desde 1200 hasta 1800 m (exclusiva)	C	Desde 24 hasta 38 m (exclusiva)	Desde 6 hasta 9 m (exclusiva)
4	Desde 1800 m en adelante	D	Desde 38 hasta 52 m (exclusiva)	Desde 9 hasta 14 m (exclusiva)
		E	Desde 52 hasta 60 m (exclusiva)	Desde 9 hasta 14 m (exclusiva)

Tabla 5.9 Clave de Referencia del Aeropuerto.

5.6.1 CALCULO DE LA LONGITUD DE PISTA, PROCEDIMIENTO DE ACUERDO AL MANUAL DEL AVION.

a) Generalidades respecto al aeropuerto

- se escribe el nombre del aeropuerto
- se anota su elevación en pies o en metros;

Nombre y distancia al aeropuerto de destino en Km., o millas nauticas, ésta es la distancia desde una ciudad a otra a la cual se le ha estipulado la ruta.

Nombre y distancia del aeropuerto, éste no debe exceder de 200 MN, ya que el avión solo tiene combustible para 45 minutos de reserva.

b) Características del avión

tipo: modelo del avión critico (727)*
 velocidad: obtenida ya sea del manual de vuelo ya sea kg/h o lb/h.

5.6.2 DESCRIPCION DE LOS AVIONES 727

Los aviones Boeing-727, son aviones utilizados en México para vuelos internos generalmente de corto alcance. Los cálculos que se realizan para determinar el peso máximo de despegue y aterrizaje consideran la capacidad básica de combustible solamente, y no es necesario utilizar la capacidad opcional de combustible ya que la capacidad básica es suficiente para el viaje más largo que pudiera hacerse dentro de la República Mexicana.

El avión B-727, es un avión muy útil debido a su versatilidad de operaciones, ya que en algunas variaciones del modelo, éste puede servir para transportar pasajeros y muy poca carga, o bien aumentar la carga simplemente removiendo algunos asientos de pasajeros.

Actualmente los modelos 727 ya no se fabrican, pero las naves con las que se cuentan se puede considerar un servicio de 30 años. "La Boeing" está construyendo actualmente modelos 757 y 767, los cuales deberán superar las facilidades operacionales que representa el 727.

* ver descripción de los 727

FALLA DE ORIGEN

Los primeros 727 fueron equipados con motores JT8D-1, después con motores JT8D-7. Los motores JT8D-9, dan un impulso de 500 libras, mayor al de los motores JT8D-7. Todos los motores están equipados con empuje de reversa.

El 727, es un avión de transporte diseñado para viajes de corto y mediano alcance, cuenta con tres máquinas de reacción Turbofan (toberas) JT8D Pratt & Whitney. El 727 puede realizar también operaciones de aterrizaje en pistas cortas debido a que pueden realizar un descenso rápido; su cabina vista en sección es igual a la del 707 y del 737.

5.6.3 MODELOS 727-100

El modelo 727-100 tiene instalaciones removibles o pegables internas que permiten llevar varias proporciones de pasajeros y de carga en la cubierta superior. Este modelo es dimensionable el mismo que el modelo de pasajeros básico, aunque tiene un peso vacío de 3 000 libras más alto.

El 727-100 QC, es una configuración de cambio rápido del modelo 727-100C, ya que los asientos de pasajeros de pasajeros están colocados en camillas móviles que permiten hacer un cambio de configuración, de pasajeros a una carga en cuestión de minutos. El 727-100QC, tiene una carga vacía de 3 000 libras más alta que los modelos -100C- básicos.

5.6.4. MODELOS 727-200

El 727-200 es una versión extendida de los 727-100; tiene dos secciones de 10 pies insertados dentro del fuselaje, una delante del mastil de ala frontal y otra a popa de la caja de la rueda principal, lo que permite un incremento de la capacidad de pasajeros y carga en bruto. El peso vacío del 727-200 y su peso total máximo es más alto que las versiones de aviones pequeños.

5.6.5 CARACTERISTICAS DE LOS 727

Las características de los modelos 727-100C y 200 se muestran en tablas, pero antes se dan las definiciones de los términos usados en las páginas siguientes:

Peso de rampa máximo.- también llamado peso máximo de taxeo para diseño, y es el peso máximo autorizado por las normas de las autoridades competentes para maniobras en tierra, incluyendo taxeo y carga de combustible.

Peso máximo de despegue.- Es el peso máximo permisible al quitar el freno en despegue, excluyendo el taxeo y la carga de combustible, regulado por las normas OACI; consiste en tres pasqs fundamentales que la fábrica ha calculado con anterioridad; tripulación, el peso vacío y peso del comanditaje.

Peso básico de operación.- Dato obtenido del manual de avión

Capacidad máxima de asientos.- Número máximo de pasajeros, específicamente certificado o preparado para certificación.

Peso de los pasajeros.- Es el peso de pasajeros para el cual fue diseñado el avión. éste número puede ser variable.

Peso de carga, express y correo.- Es el peso deseable que la compañía quiera en dicho itinerario.

Peso básico de operación mas pasajeros.- Este dato se obtiene de las sumas del peso básico de operación más el peso de los pasajeros y el peso de la carga, express y correo.

Carga estructural máxima.- Peso por carga de diseño máxima de pasajeros, equipaje de pasajeros y/o la carga que pueda considerarse para un modelo específico de aeronaves restando el peso vacío de operación del peso cero combustible.

Volumen de carga máximo.- Espacio máximo disponible para carga de paga.

Peso total de la carga pagable.- Es el total de la suma de pasajeros más carga express y correo.

Peso vacío de operación.- Peso de la estructura, instalaciones de energía, accesorios, sistemas, combustible no aprovechables, agentes de propulsión no aprovechables, artículos de equipo considerados como parte integral de una configuración de aeronaves en particular, artículos convencionales para equipo y personal auxiliares para operación total, excluyendo combustible y carga de paga.

Peso combustible etapa.- Este se obtiene de una regla de tres, o sea; distancia de destino, por velocidad del avión y por el consumo de combustible.

Peso de cero combustibles.- Peso máximo del avión menos el combustible aprovechable y otros agentes de propulsión consumible; puede incluir combustible aprovechable en tanques específicos cuando se cargan en vez de carga de paga, la adición de artículos aprovechables y consumibles al peso de cero combustible no debe exceder a los requerimientos de aeronavegabilidad regulados por las autoridades.

Capacidad de combustible aprovechable.- Volumen de combustible transportado para operación particular menos combustible no aprovechable enterrado y combustible depositado sobrante después de una prueba de escurrimiento de combustible.

5.6.6 TRAYECTORIA DE DESPEGUE.

La trayectoria de despegue nos sirve para calcular la longitud de despegue requerida para las aeronaves y es el recorrido o perfil descrito por una aeronave durante el despegue, con todos los motores o con falla del motor crítico; figura 5.11

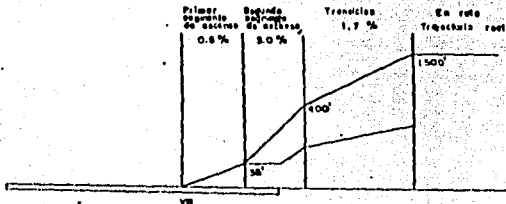


Figura 5.11 Trayectoria de Despegue.

a) Primer segmento.- Empieza en el punto de levantamiento inicial y termina cuando la retracción del tren de aterrizaje es completa con un peso que le permite el ascenso de 0.5%.

b) Segundo segmento.- Empieza cuando la retracción del tren de aterrizaje es completa y termina cuando alcanza una altura de 400 pies sobre la pista, con un peso que le permite el ascenso del 3.0 %.

c) Transición. Empieza a una altura de 400 pies y continúa hasta que se obtiene la configuración del vuelo por ruta, que nunca será menor de 1900 pies sobre la superficie de despegue, con un gradiente de ascenso de 1.7 %.

d) Punto final de despegue.- Sucede cuando se completa la transición a ruta.

5.6.7 CALCULO DE LONGITUD DE PISTA DE DESPEGUE

Si se desea conocer la longitud de pista necesaria para que un avión pueda despegar, existen gráficas de modelos de aeronaves, las cuales se utilizan conociendo la elevación del aeropuerto y el peso de despegue establecido para el avión crítico; en estas gráficas se indica qué posición deben llevar los flaps según la longitud que se haya recorrido de la pista.

En las gráficas de cálculo de longitud de la pista para despegue puede observarse que la condición mas desfavorable que provoca que la longitud de pista necesaria sea mayor, es una mayor elevación, ya que a mayor elevación existe menor densidad de aire, lo que resta eficiencia a la carga alar del avión y provoca que se requiera de mayor longitud de pista; la condición mas favorable es que el aeropuerto se encuentre al nivel del mar.

El procedimiento para el cálculo de longitud de pista para despegue es el siguiente:

1.- Se selecciona el modelo del avión crítico que vaya a utilizarse (puede ser 727-100, 727-100C ó 727-200, con cualquiera de sus variaciones).

2.- Conociendo el modelo de avión a utilizarse, se determina su peso de despegue, que no debe exceder al peso máximo de despegue indicado en las tablas de características de los modelos.

3.- Con el valor de peso de despegue se determina su posición en el eje horizontal inferior de la gráfica y se lleva verticalmente hacia arriba hasta encontrar la línea que indique la elevación del aeropuerto para el cual se va a efectuar el cálculo. En el caso de que ninguna línea indique la altura del aeropuerto, se puede hacer una superposición proporcional, dibujando otra línea en la posición más exacta posible que debe tener entre las líneas de mayor y menor elevación de aeropuerto, que más se le aproximan.

4.- Al trasladar el valor de la abscisa se encuentra la línea que indica la elevación del aeropuerto, se traslada ese punto horizontalmente hacia la izquierda y se obtiene el valor que indica la pista necesaria para realizar el despegue.

EJEMPLO : Cálculo de longitud de pista para un aeropuerto de elevación 5 012 pies y para el modelo de avión 727-100

DATOS :

Modelo de avión : B-727-100

Elevación del aeropuerto : 5 012 pies

CALCULO :

1. Se conoce el modelo de avión, que es el 727-100 y se utiliza la variación 3.1 a, con la cual se selecciona la tabla de características a utilizarse.

2. Se localiza el valor de peso de despegue, siendo éste de 133 000 libras como máximo.

3. Conociendo el valor de peso despegue, se sitúa en las abscisas y se traslada verticalmente hacia arriba hasta encontrar la línea que indica la elevación del aeropuerto de 5 000 pies; este punto se lleva a la izquierda y se obtiene el valor de 3 870 pies o de 2 300 metros, que es la distancia mínima de longitud de pista necesaria para el avión seleccionado con las condiciones originales.

En este ejemplo se utilizó el peso máximo de despegue, pero cuando se diseña para un aeropuerto, el peso de despegue a utilizarse le proporciona la línea aérea que usará la aeronave, y generalmente es menor al peso máximo indicado en el manual para aumentar la seguridad de las operaciones.

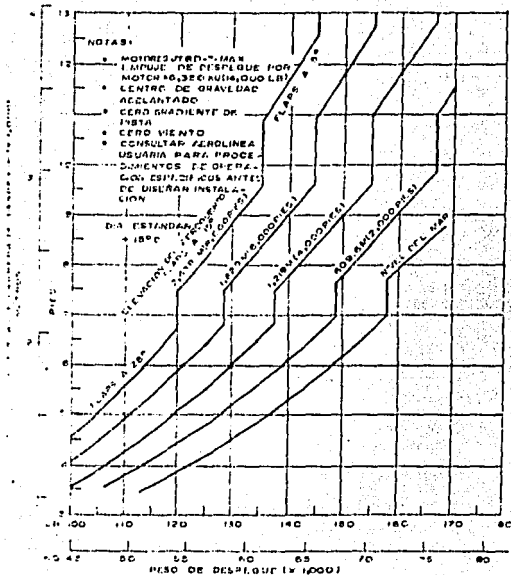
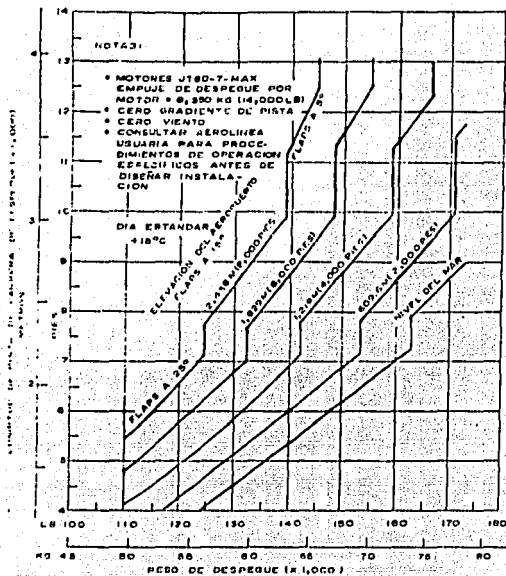


Gráfico 4.11 (a) Relación de densidad de los gases de escape con el peso específico de día estándar + 15°C. Modelos W7-100, W-100.

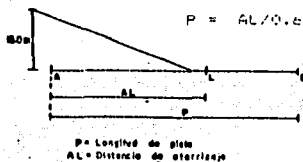


ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

Gráfico 5.12 - Dependencias de longitud de pista para despegue de día estándar +15°C, Modelo 707-300.

5.5.8 TRAYECTORIA DE ATERRIZAJE

La trayectoria de aterrizaje nos sirve para calcular la longitud de aterrizaje requerida por las aeronaves. Normalmente las distancias de aterrizaje no son críticas, pero se debe consultar las gráficas de rendimiento de las aeronaves para comprobar que requisitos de longitud de pista para el despegue garanticen una longitud adecuada para el aterrizaje. Por lo general la distancia para el aterrizaje se determina de modo que la aeronave pueda aterrizar después de haber librado un margen de seguridad, sobre obstáculos situados en la trayectoria de aproximación. Por lo seguridad de que podrán detenerse sin peligro. La longitud de pista determinada a partir de la gráfica de aterrizaje, es la distancia de aterrizaje requerida, dividida por 0.6. Cuando la aeronave va a aterrizar debe de pasar a 15 mts., arriba del punto "A" (Inicio de pista), dar una vuelta y frenar para detenerse en el punto "L". La longitud "AL" es la distancia de aterrizaje, y la longitud de pista será:



5.6.9 CALCULO DE LONGITUD DE PISTA PARA ATERRIZAJE

Si se desea calcular la longitud necesaria de pista para aterrizaje de un determinado modelo de avión consultando su manual, se utilizan las gráficas diseñadas para tal efecto en donde se calcula la longitud de pista requerida para aterrizar tomando en cuenta la velocidad de aproximación de la aeronave a la pista y considerando también si la pista tendrá condiciones húmeda o seca.

Las gráficas para cálculo de longitud de pista de aterrizaje considerando el peso máximo que debe tener la nave al aterrizar, el cual debe estar en función de la velocidad de aproximación ya que a mayor velocidad, el golpe a tierra es de mayor consideración. El peso de aterrizaje también está en función del ángulo de posición que tienen los flaps en la operación de aproximación, por lo que se calculan gráficas para la posición de 30° y 40° de flaps.

EJEMPLO :

Con los datos del aeropuerto anterior, se puede calcular la longitud de pista para aterrizaje, para un determinado tipo de avión.

DATOS :

Modelos de aviónB-727-100

Elevación del aeropuerto.....5012 pies

Velocidad de aproximación de la aeronave con respecto al terreno.....125 millas nauticas

CALCULO :

1. Con el modelo del avión se selecciona la grafica correspondiente para determinar la longitud necesaria de pista para aterrizaje.

2. En la grafica superior se localiza en las ordenadas el valor de 125 millos náuticas; el punto se traslada horizontalmente hacia la derecha hasta encontrarse con la línea inclinada y ahí se cambia de dirección hacia abajo para encontrarse en la grafica inferior con la línea inclinada que representa la altura del aeropuerto para el cual se está diseñando la pista, y se sigue la línea que representa la condición más común de pista húmeda o pista seca.

3. Cuando la línea vertical que proviene de la grafica superior se cruce con la línea inclinada representativa de la altura del aeropuerto, se cambia de dirección en ese punto hacia la izquierda y se encuentra así la longitud en las ordenadas de la grafica inferior; con los datos anteriores se encuentran la longitud de pista para aterrizaje necesaria.

Cuando se quiere en la grafica una línea que represente los 5 000 pies de elevación del aeropuerto, se puede trazar una línea que quede intermedia, separada de la línea de 4 000 pies de elevación con una separación hacia arriba igual a una cuarta parte de la separación entre las líneas de 4 000 y 5 000 pies de elevación, y haciendo lo ultimo, la longitud de pista requerida será de 5 500 pies para la condición de pista húmeda y de 5 400 pies para pista seca.

FALLA DE ORIGEN

NOTAS:

- CERO GRADIENTE DE PISTA Y PENDIENTE DE PLANEO DE 3°
- DIA ESTANDAR, CERO VIENTO
- FLAPS A 30°, FRENOS DE AIRE, SISTEMAS ANTIDERRAPANTES, Y FRENOS DE NARIZ EN USO
- CENTRO DE GRAVEDAD ADELANTADO
- CONSULTAR AEROLINCA USUARIA PARA PROCEDIMIENTO DE OPERACION ESPECIFICO ANTES DE DISEÑAR INSTALACION

SECCION DE AERONAVES
(MIN. 5' - Con viento y tierra)

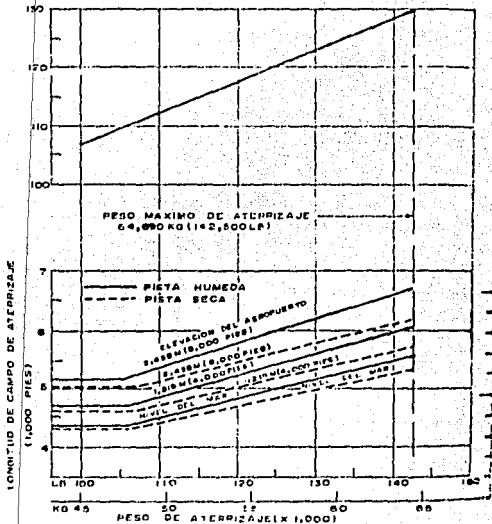


Gráfico de la longitud de pista necesaria por aterrizaje
para: Modelo: 27-1100, -1100C, Flaps a 30°

NOTAS:

- CERO GRADIENTE DE PISTA Y PENDIENTE DE PLANO DE 3°
- DIA ESTANDAR, CERO VIENTO
- FLAPS A 40°, FRENO DE AIRE, SISTEMAS ANTIDERRAPANTES, Y FRENO DE NAZIZ EN USO
- CENTRO DE GRAVEDAD ADELANTADO
- CONSULTAR AEROLINEA USUARIA PARA PROCEDIMIENTO DE OPERACION ESPECIFICO ANTES DE DISEÑAR INSTALACION

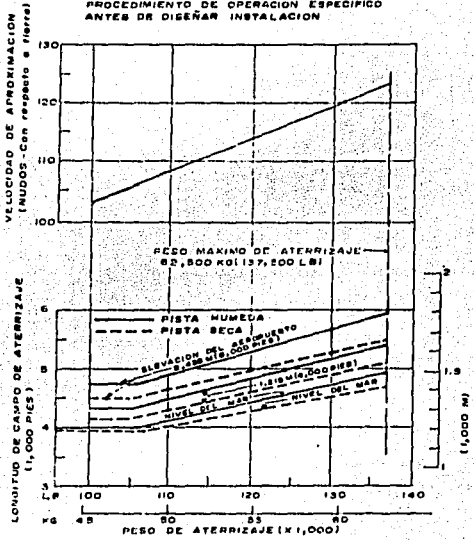


Gráfico 5.15 Longitud de pista requerida para aterrizaje para los modelos 727-100,---1000. Flaps a 40°.

4.- Si la línea que proviene de la gráfica superior dirigiéndose a la gráfica inferior se continúa hasta encontrarse con las abscisas de la gráfica inferior, se halla la fuerza con que la aeronave toma la pista; con lo cual se pesa de aterrizaje.

5.7 ESPECIFICACIONES

PISTAS.

a) Anchura.- Las normas OACI establecieron una reglamentación para el ancho de pista, el cual se pesa por menor de la dimensión apropiada; en la siguiente tabla 5.15 se especifica los anchos para todos los tipos de pistas definidos por el número de clave 1, 2, 3 y 4, así como los diferentes tipos de avión clasificados por A, B, C, D y E. Como podemos observar, el ancho mínimo de pista es de 18 mts., para la condición 1A, el ancho de pista máximo es de 45 mts., para la condición 4C, 4D o 4E.

Num. de clave	Letra de Clave				
	A	B	C	D	E
1 ^a	18 m	18 m	23 m	—	—
2 ^a	23 m	23 m	30 m	—	—
3	30 m	30 m	30 m	45 m	—
4	—	—	45 m	45 m	45 m

a. La anchura de toda pista de aproximación de precisión no debe ser menor de 30m, cuando el número de clave sea 1 ó 2.

b) Pendientes longitudinales.- Es la pendiente que se obtiene al dividir la diferencia entre la elevación máxima y mínima a lo largo del eje de la pista por la longitud de esta; la cual no debe exceder del:

1% cuando el número de clave sea 3 ó 4

2% cuando el número de clave sea 1 ó 2

En ningún lugar de la pista la pendiente longitudinal debe exceder del:

1.25% cuando el número de clave sea 4, excepto en el primero y el último cuarto de la longitud de la pista, los cuales la pendiente no debe exceder del 0.8%. 1.5% cuando el número de clave sea 3, excepto en el primero y el último cuarto de la longitud de una pista para aproximaciones de precisión de categoría II ó III, en los cuales la pendiente no deberá exceder del 0.8% y 2 %, cuando el número de clave sea 1 ó 2.

c) Cambios de pendiente longitudinal.- Cuando no se puede evitar un cambio de pendiente entre dos pendientes consecutivas, éste no debe exceder del:

1.5 % Cuando el número de clave sea 3 ó 4

2 % Cuando el número de clave sea 1 ó 2

El cambio de una pendiente a otra se debe efectuar por medio de una superficie curva con una variación que no exceda de: 0.1 % por cada 30 mts., (radio mínimo de curvatura de 30,000mts.) cuando el número de clave sea 4. 0.2 % por cada 30 mts., (radio mínimo de curvatura de 15,000mts.) cuando el número de clave sea 3. 0.4% por cada 30 mts. (radio mínimo de curvatura de 7,500 mts.) cuando el número de clave sea 1 ó 2.

d) Distancia entre cambios de pendiente.- A lo largo de un pista, se deben evitar ondulaciones o cambios de pendiente apreciables que están muy próximos; la distancia que hay entre los puntos de intersección de dos sucesivas no debe ser menor que:

- La suma de los valores numéricos absolutos de los cambios de pendiente correspondientes, multiplicada por el valor que corresponda entre los siguientes:

30,000 mts. cuando el número de clave sea 4

15,000 mts. cuando el número de clave sea 1 ó 2

- 45mts, tomando la que sea mayor.

e) Pendientes transversales.- Para facilitar la rápida evacuación de agua, en la superficie de la pista, en la medida de lo posible, debe ser convexa, excepto en los casos en que una pendiente transversal única que desciende en la dirección del viento que acompaña a la lluvia con mayor frecuencia, y asegure el rápido drenaje; por lo tanto la pendiente transversal ideal debe ser del:

1.5 % cuando la letra de clave sea C, D o E
 2 % cuando la letra de clave sea A o B; pero en todo caso, no debe exceder del 1.5 % ó 2 %, según corresponda, ni inferior del 1% excepto en las intersecciones de pista o de calles de rodaje en que se requieren pendientes más amplias.

En el caso de superficies convexas, las pendientes transversales deben ser simétricas a ambos lados del eje de la pista. En pistas mojadas con vientos transversales y drenaje defectuoso, se acentúan el problema debido al fenómeno de hidrodinámico. La pendiente transversal debe ser básicamente la misma a lo largo de toda la pista, excepto en una intersección contra pista o calle de rodaje, donde debe proporcionarse un cambio suave teniendo en cuenta la necesidad de que el drenaje tiene que ser adecuado.

f) Resistencia.- La pista debe soportar el tránsito de aeronaves para la que fue diseñada.

g) Superficie.- La superficie de la pista debe construirse sin irregularidades que den como resultado la falta de eficacia en el frenado afectando adversamente el despegue y aterrizaje, causando rebotes, cabeceo, vibraciones excesiva y dificultades en el manejo de la aeronave.

h) Textura superficial.- La superficie de una pista pavimentada se debe construir de modo que proporcione buenas características de frenado, cuando la pista este mojada.

5.7.1 METODO APROXIMADO DE LOS FACTORES A PARTIR DE LA LONGITUD DE CAMPO DE REFERENCIA (LONGITUD BASICA O.A.C.I.)

Cuando no se dispone del manual de vuelo adecuado, la longitud de la pista debe determinarse aplicando factores de corrección generales, como primera medida se debe elegir para para la pista una longitud de referencia que le permita vigilar los requisitos operacionales de las aeronaves para las está diseñada la pista; esta longitud de referencia es la longitud de pista seleccionada a los fines de planificación de de aeropuertos que es necesaria para el despegue o el aterrizaje en condiciones correspondiente a la atmosfera tipo, a la elevación cero con vientos y pendiente de pista nulos.

Una vez dada la longitud de campo de referencia necesaria para la aeronave, deben corregirse los siguientes factores:

- a) Elevación al nivel del mar.
- b) Temperatura de referencia del lugar.
- c) Pendiente longitudinal, según el terreno donde se localiza.

5.7.2 CORRECCION POR ELEVACION SOBRE EL NIVEL DEL MAR

Se debe aumentar la longitud básica de la pista a razón del 7% por cada 300.00m, (1000.00pies) de elevación, sobre el nivel del mar mediante la siguiente formula:

$$L.C.A. = L.B (1 + 0.07 H / 1,000.00)$$

DONDE :

L.C.A. = Longitud de pista corregida por altitud.

L.B. = Longitud básica escogida.

H = Elevación sobre el nivel del mar, en pies.

5.7.3 CORRECCION POR TEMPERATURA

La longitud de pista determinada según corrección por elevación debería aumentarse a su vez a razón del 1%, por cada grado C centigrado en que la temperatura de referencia del aeropuerto exceda a la temperatura de la atmósfera tipo correspondiente a la elevación del aeropuerto; sin embargo, si la corrección total por elevación y temperatura fuera superior al 35%, las correcciones necesarias deberían obtenerse mediante un estudio al efecto.

Las características operacionales de determinados aviones, pueden indicar que las constantes correcciones por elevación y temperatura no son adecuadas y que podrían ser necesario una modificación a base de los resultados que se obtengan en un estudio aeronáutico que tome en consideración las condiciones que existan en el lugar de que se trate y los requisitos operacionales de tales aviones.

La fórmula es la siguiente:

$$L.C.T. = L.C.A. \times (1 + 0.01 \Delta)$$

En donde :

L.C.T. = Longitud corregida por temperatura .

Δ = Diferencia de temperatura en ($^{\circ}C$), entre la temperatura de referencia y la temperatura estándar del lugar.

Se entiende por temperatura estándar del lugar la que tendría una atmósfera convencional a la elevación del lugar, donde la temperatura y presión atmosférica son factores de mucha importancia para el comportamiento de las aeronaves.

La temperatura estándar del lugar está dada por la siguiente fórmula:

$$T. \text{ est.} = 15^{\circ} - 6.5 H / 1,000.00, (^{\circ}C)$$

En donde :

15 $^{\circ}C$ = Temperatura estándar del nivel del mar.

H = Elevación sobre el nivel del mar, en metros.

6.5 = Factor de relación entre la temperatura y la elevación. La temperatura de referencia del lugar, está dada por la siguiente fórmula :

$$T. \text{ ref.} = T_1 + T_2 - T_2 / 3$$

En donde :

T_1 = Temperatura media mensual, del mes más caluroso del año, considerándose como tal, el que haya registrado la temperatura media diaria más alta.

T_2 = Temperatura media mensual de las máximas diarias del mismo mes.

5.7.4. CORRECIÓN POR PENDIENTE LONGITUDINAL

Cuando la letra de la clave de la pista sea A, B ó C y la longitud básica de la pista esté determinada por los requisitos de despegue, dicha longitud ya corregida por temperatura (L.C.T.), debería a su vez aumentar a razón de un veinte por ciento por cada uno por ciento de pendiente de pista determinado como se indica en pendientes longitudinales; mediante la siguiente fórmula:

$$L.C.P. = L.C.T. (1 + 0.20 P)$$

En donde:

L.C.P. = Longitud corregida por pendiente longitudinal
(P) = Pendiente efectiva.

Definiéndose como pendiente efectiva del terreno a la relación que existe entre la diferencia máxima de niveles sobre la longitud total de la pista; a su vez, la pendiente efectiva se obtiene de la siguiente manera:

$$P = H / L$$

En donde :

H = Diferencia máxima de niveles.

L = Longitud de pista.

Una vez efectuada ésta última corrección, se observa el porcentaje de longitud de pista que se ha incrementado en relación con la longitud básica; y si este aumento es mayor del 35% correspondiente al máximo especificado, se desecha este cálculo y se emplea otro método. En estos casos es conveniente calcular por el método basado en el peso máximo de despegue haciendo uso de las gráficas del manual de vuelo de la aeronave.

FALLA DE ORIGEN

EJEMPLO ILUSTRATIVO PARA EL CALCULO DE LA LONGITUD DE PISTA
POR EL METODO DE LA O.A.C.I.

En el método de la O.A.C.I., se calcula la longitud de pista a partir de la longitud básica de pista, haciendo correcciones por elevación, temperatura y pendiente de la manera descrita anteriormente:

DATOS :

$$\text{ASMN} = 250.00\text{mts.} = 820.00\text{pies.}$$

$$\text{LBP} = 1500.00\text{mts.} = 4921.00\text{pies.}$$

$$T_1 = 28.1 \text{ C}$$

$$T_2 = 32.8 \text{ C}$$

$$P = 0.017\%$$

De donde:

ASMN = Altura sobre el nivel del mar.

LBP = longitud básica de pista

T_1 = Temperatura media mensual del mes más caluroso del año en el periodo en el que se haya hecho el estudio.

T_2 = Temperatura media mensual de las máximas diarias obtenidas en el mes del mismo periodo.

Desarrollo :

Corrección por altitud

$$\text{LCA} = \text{LBP} (1 + 0.07 \text{ ASMN} / 1000.00) *$$

$$\text{LCA} = 4921 (1 + 0.07 \times 820/1000)$$

$$\text{LCA} = 1586.00\text{mts} = 5203.00 \text{ pies.}$$

De donde :

LCA = Longitud corregida por altitud.

* : Por cada 1000.00 pies sobre el nivel del mar se aumenta 0.07, la longitud de la pista.

Corrección por temperatura

$$LCT = LCA (1 + 0.01 \Delta)$$

$$\Delta = T_{ref.} - T_{est.}$$

De donde :

$$LCT = \text{Longitud corregida por temperatura}$$

$$= \text{incremento de temperatura}$$

$T_{ref.}$ = Temperatura de referencia del lugar

$T_{est.}$ = Temperatura estándar al nivel del mar

$$T_{ref.} = T_1 + T_2 - T_3 / 3$$

$$T_{ref.} = 28.10 + 32.8 - 28.1 / 3$$

$$T_{ref.} = 29.67 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$T_{est.}$ = $15 \text{ } ^\circ\text{C} - 6.5 \text{ ASNM}/1000$ (altura al nivel del mar)

$$T_{est.} = 15 - 6.5 (250 / 1000)$$

$$T_{est.} = 13.38 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\Delta = 29.67 - 13.38 = 16.29 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$LCT = 1586 (1 + 0.01 (16.29))$$

$$LCT = 1844 \text{ mts.}$$

De donde :

$15 \text{ } ^\circ\text{C}$ = Temperatura estándar al nivel del mar

6.5 = Factor de relación entre la temperatura y la elevación

Corrección por pendiente

$$LCP = LCT (1 + 0.20P)$$

De donde :

$$\begin{aligned} p &= \text{pendiente longitudinal} \\ LCP &= \text{longitud corregida por pendiente} \\ LCP &= 1844(1 + 0.20 (0.017)) \\ LCP &= 1850.00\text{mts.} \end{aligned}$$

Se considera correcta la longitud de pista si su incremento fue menor al 35% de la longitud básica de pista .

$$1500.0\text{mts.} / 100\% = 1850 / X\%$$

por lo tanto :

$$X = 1850.0 \times 100 \text{ (mts. \%)}$$

$$= 1500.00 \text{ (mts.)}$$

$$X = 123.33 \%$$

$$123.33\% - 100\% = 23.35 \%$$

Siendo 23.33% < 35% de incremento, se determina que el método de corrección de longitud básica de pista fué el correcto.

5.8 MARGENES DE DE PISTA

Es la banda de terreno que bordea un pavimento de manera que sirva de cambio entre ese pavimento y el terreno adyacente.

a) Generalidades: Se deben realizar márgenes en toda pista cuya anchura sea inferior a 60.00mts., y la letra de clave sea D ó E. Los márgenes de pista o de una zona de parada deben construirse para reducir al mínimo el peligro que pueda correr una aeronave que salga de la pista o de la zona de parada.

b) Anchura: El margen se debe extender simétricamente a ambos lados de la pista de forma que la anchura total de esta y sus márgenes no sean inferiores a 60.00mts.

c) Pendientes: El área de los márgenes adyacentes a la pista deben estar al mismo nivel y su pendiente transversal no debe exceder del 25%.

d) Resistencia: Los márgenes de pista deben construirse de manera que puedan soportar el peso de un avión que salga de la pista, sin que está sufra daño, y soportar los vehículos terrestre que operan sobre el margen .

5.8.1 FRANJAS DE PISTA

La franja de pista es una superficie determinada que comprende la pista y la zona de parada, si la hay destinada a:

- disminuir el riesgo de daños a las aeronaves que salgan de la pista, y
- proteger a las personas que sobrevuelan la pista durante las operaciones de despegue o aterrizaje.

a) Generalidades : La pista y cualquier zona asociada de parada están comprendidas dentro de una franja.

b) Longitud : La franja de pista debe extenderse antes del umbral y más allá del extremo de la pista o de la zona de parada a una distancia de por lo menos :

60.00 mts. Cuando el número de clave sea 3 ó 4.

60.00 mts. Cuando el número de la clave sea de 1 y la pista sea de vuelo por instrumentos; y

30.00 mts. Cuando el número de clave sea 1 y la pista de vuelo sea visual.

c) Anchura: Toda franja que comprenda una pista para aproximaciones de precisión se debe extender lateralmente hasta una distancia de por lo menos:

150.00 mts. Cuando el número de clave sea de 3 ó 4
75.00 mts. Cuando el número de clave sea de 1 ó 2;

a cada lado del del eje de la pista y de su prolongación a lo largo de la franja .

La franja que comprende una pista de vuelo visual debe extenderse a cada lado del eje de la pista y de su prolongación a lo largo de la franja, hasta una distancia de por lo menos :

75.00 mts. Cuando el número de clave sea de 3 ó 4
40.00 mts. Cuando el número de clave sea de 2, y
30.00 mts. Cuando el número de clave sea 1.

d) Objetos : A excepción de las ayudas visuales, equipo a las instalaciones que se emplean para fines de navegación aérea: todo objeto situado en la franja de una pista y que pueda constituir un peligro para las aeronaves, se considera como obstáculo, y debe eliminarse siempre que sea posible.

No se permitirá la presencia de ningún objeto fijo, en la franja de una pista dentro de una distancia de 60.00mts., del eje de una pista de aproximación de precisión, categorías I, II ó III, cuando el número de clave sea 3 ó 4; dentro de una distancia de 45.00mts., del eje de la pista de aproximación de precisión, categoría I, cuando el número de clave sea de 1 ó 2.

Las ayudas visuales requeridas para la navegación aérea que se encuentran situadas en esta parte de la franja, deben tener la menor masa y altura posible, de diseño y montaje sencillo de tal modo que el peligro para las aeronaves se reduzca al mínimo. No se permitirá ningún objeto móvil en esta parte de la franja de la pista mientras se útilice la pista para aterrizaje o despegue.

e) Nivelación : La parte de una franja que comprenda una pista de vuelo por instrumentos, debe tener una distancia de por lo menos.

75.00 mts. Cuando el número de clave sea 3 ó 4
40.00 mts. Cuando el número de clave sea 1 ó 2; del eje de la pista y su prolongación, un área nivelada destinada a las aeronaves para la cual fue diseñada la pista en el caso que un avión se salga de ella.

En el caso de las pistas para de precisión, es conveniente elegir una anchura mayor si el número de clave es 3 ó 4, en la figura 5.19 se indica la forma y dimensiones de una franja más ancha que pueda considerarse para dichas pistas; esta franja se proyecta utilizando los datos sobre las aeronaves que se salen de la pista.

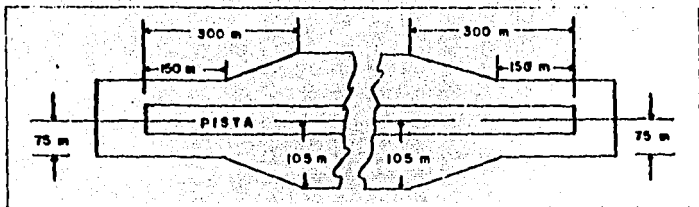


Figura 5.19. Parte nivelada de la franja de una pista para aproximaciones de precisión cuyo número de clave sea 3 ó 4.

La parte que debe nivelarse se extiende lateralmente hasta una distancia de 105.00mts., desde el eje, pero esta distancia se reduce paulatinamente a 75.00mts., en ambos extremos de la franja, a lo largo de una distancia de 150.00mts., contando desde ese extremo de la pista.

La parte de una franja de una pista de vuelo visual, debe tener una distancia de por lo menos:

75.00 mts., cuando el número de clave sea 3 ó 4
 40.00 mts., cuando el número de clave sea de 2, y
 30.00 mts., cuando el número de clave sea 1;

desde el eje de la pista y su prolongación, un área nivelada destinada a las aeronave para las que está diseñada la pista, en el caso de que una aeronave se salga de la misma.

La superficie de la parte de la franja lindante con la pista, margen o zona de parada tiene que estar al mismo nivel que la superficie de la pista, margen o zona de parada. La parte de una franja situada por lo menos a 30.00mts., antes del umbral debe diseñarse contra la erosión producida por el chorro de los motores, a fin de proteger las aeronaves que aterrizan, de los peligros que presentan a los bordes expuestos.

f) Pendientes longitudinales : Las pendientes longitudinales a lo largo de la parte tomada de una franja que ha de nivelarse, no debe exceder del:

1.3 % cuando el número de clave sea 4
 1.75 % cuando el número de clave sea 3 y
 2.00 % cuando el número de clave sea 1 ó 2

g) Cambios de pendiente longitudinales: Los cambios de pendiente en la parte de una franja que sea necesario nivelar, deben ser lo más graduales posibles, evitando los cambios bruscos o inversiones repentinas de pendiente.

h) Pendientes transversales : Las pendientes transversales en la parte de una franja que sea necesario nivelar debe ser adecuada para impedir la acumulación de agua en la superficie pero sin exceder del:

2.5 % cuando el número de clave sea 3 ó 4
 3.0 % cuando el número de clave sea 1 ó 2

excepto que, para facilitar el drenaje, la pendiente de los primeros 3.00mts., hacia fuera del borde de la pista, margen o zona de parada tiene que ser negativa, medida en el sentido de alejamiento de la pista, pudiendo llegar hasta

5.00%; las pendientes transversales en cualquier parte de una franja más allá de la parte que ha de nivelarse, no debe exceder de una pendiente ascendente del 5.00%, medida en sentido de alejamiento de la pista.

i) Resistencia : La parte de una franja que comprende una pista de vuelo por instrumentos, debe diseñarse a una distancia de:

75.00 mts. cuando el número de clave sea 3 ó 4
 40.00 mts. cuando el número de clave sea 1 ó 2, del eje y su prolongación; de manera que se reduzca al mínimo los peligros originados de las diferencias de carga admisible respecto a las aeronaves para las que se ha construido la pista, en el caso de que una aeronave se salga de la misma.

La parte de una franja que contenga una pista de vuelo visual debe construirse a una distancia de :

75.00 mts., cuando el número de la clave sea 3 ó 4,
 40.00 mts., cuando el número de la clave sea 2; y
 30.00 mts., cuando el número de la clave sea 1, del eje y su prolongación; de manera que se reduzca al mínimo los peligros originados de la diferencia de carga admisible, respecto a las aeronaves para la que está diseñada la pista en el caso de que una aeronave se salga de la misma .

5.8.2 AREA DE SEGURIDAD DE EXTREMO DE PISTA

Definición : Area simétrica respecto a la prolongación del eje de la pista y adyacente, al extremo de la franja cuya finalidad consiste en reducir el riesgo de daños a una aeronave que efectúe un aterrizaje demasiado corto o un aterrizaje demasiado largo.

a) Generalidades: Se debe disponer de un área de seguridad de extremo de pista en cada extremo de una franja de pista cuando:

El número de clave sea 3 ó 4;
 El número de clave sea 1 ó 2, y la pista de aterrizaje sea por instrumentos.

b) Longitud : El área de seguridad de extremo de pista debe extenderse desde el extremo de un franja de pista, hasta la mayor distancia posible, y por lo menos a 90.00mts., al determinar la longitud necesaria que debe disponer, se debe considerar el proporcionar un área suficientemente extensa para los casos en que se sobrepasa el extremo de la pista y el aterrizaje sea demasiado largo el cual resulte de una combinación de factores operacionales adversos.

FALLA DE ORIGEN

c) Anchura : La anchura de un área de seguridad de extremo de pista debe ser el doble de la anchura de la pista correspondiente.

d) Objetos : A excepción del equipo de instalaciones requeridas para fines de navegación aérea, todo objeto situado en un área de seguridad de extremo de pista que ponga en peligro a las aeronaves, se considera como obstáculo y debe eliminarse siempre que sea posible. Cualquier equipo o instalación requerido para fines de navegación aérea que tiene que estar situado en el área de seguridad de extremo de pista, debe tener la menor masa y altura posible, ser de diseño o montaje sencillo; de tal modo que el peligro para las aeronaves, se reduzca al mínimo.

e) Eliminación de obstáculos y nivelación : El área de seguridad de extremo de pista debe tener una superficie despejada y nivelada y para las aeronaves, para la cual fue diseñada, en el caso de que una aeronave efectúe un aterrizaje demasiado corto o se salga del extremo de la pista: no es necesario que la calidad de la superficie del terreno en el área de seguridad del extremo de pista sea igual a la de la franja de la pista.

d) Pendiente longitudinales : Las pendientes longitudinales de una área de seguridad de extremo de pista no deben sobrepasar una inclinación descendente de un 5%, los cambios de pendiente longitudinal tiene que ser lo más graduable posible, debiendo evitar los cambios bruscos o las inversiones repentinas de pendiente.

f) Pendiente transversales : Las pendientes transversales de una área de seguridad de extremo de pista, se deben diseñar de modo que se disminuya el riesgo de daño que pueda correr una aeronave que efectúe un aterrizaje demasiado corto, o que salga del extremo de la pista y facilitar el movimiento de los vehículos de salvamento, como son extintores de incendio.

5.2.3 ZONA LIBRE DE OBSTACULOS

Definición

Esta definida como el área rectangular en el terreno o en el agua designada como área adecuada sobre la cual una aeronave puede efectuar una parte del ascenso inicial hasta una altura especificada; si una pista se encuentra asociada con una zona de parada o una zona libre de obstáculos, puede considerarse satisfactoria una longitud verdadera de pista inferior a la que resulta de la aplicación de pista principal o pista secundaria, según corresponda, pero en ese

caso toda combinación de pista, zona de parada y zona libre de obstáculos, debe permitir el cumplimiento de los requisitos de operación para despegue y aterrizaje de los aviones para los que esté diseñada la pista.

a) Anchura : La zona libre de obstáculos debe extenderse lateralmente hasta una distancia de 75.00mt., por lo menos a cada lado de la prolongación del eje de la pista.

b) Ubicación : El origen de la zona libre de obstáculos debe estar en el extremo del recorrido de despegue disponible.

c) Longitud : La longitud de la zona libre de obstáculos, no debe exceder de la mitad de la longitud del recorrido de despegue disponible.

d) Objetos : A excepción del equipo de instalaciones requeridas para fines de navegación aérea, todo objeto situado en una zona libre de obstáculos, que pueda poner en peligro a las aeronaves en vuelo, debe considerarse como obstáculo y eliminarse. Cualquier equipo requerido para fines de instalación de navegación aérea que se ubique en la zona libre de obstáculos, debe tener la menor masa y altura posible, ser de diseño y montaje sencillo, situarse de tal modo que el peligro para las aeronaves se reduzca al mínimo.

e) Pendientes : En el terreno de una zona libre de obstáculos no deberá sobresalir de un plano inclinado con una pendiente ascendente del 1.25%, siendo el límite inferior de este plano una línea horizontal que :

- Pasa por un punto situado en el eje de la pista, al final del recorrido de despegue disponible y
- Es perpendicular al plano vertical que contenga el eje de la pista.

3.8.4 ZONA DE PARADA

a) Anchura : La zona de parada tiene la misma anchura que la pista con la cual esté asociada.

b) Pendientes : Las pendientes y cambios de pendiente en la zona de parada y la transición de una pista a una zona de parada, debe cumplir las especificaciones que se mencionaron anteriormente para la pista con la cual esté asociada la zona de parada, con las siguientes excepciones:

- no es necesario aplicar a la zona de parada las limitaciones que se dan del 0.8%, de la pendiente en el primer y último cuarto de longitud de la pista;

- y en la unión de la pista y la zona de parada, así como a lo largo de dicha zona, el gran máximo de variación de pendiente puede ser de 0.3% por cada 30.00mts. (radio mínimo de curvatura de 10,000.00 mts) cuando el número de clave de la pista sea de 3 ó 4.

c) Resistencia : La zonas de parada son construidas de manera que en el caso de despegue interrumpido, pueda soportar el peso de las aeronaves para las que estén diseñadas sin ocasionar daños estructurales a los mismos.

d) Superficie : La superficie de las zonas de parada deben diseñarse o construirse de modo que proporcione buena capacidad de frenado, cuando la zona de parada esté mojada; la eficacia del frenado de las zonas de parada no debe ser inferior a la de la pista con la que dicha zona de parada esté asociada.

5.6.5 ROSA DE VIENTOS

El análisis del viento se lleva a cabo a través de la ROSA DE VIENTOS, en el cual se observan 4 cuadrantes de 16 direcciones (22.5° cada sector), es una representación gráfica de la forma en que inciden los movimientos en el lugar de estudio; el análisis se compone de ROSA DE VIENTOS DIRECTOS Y ROSA DE VIENTOS CRUZADOS.

Existen aparatos que sirven para determinar a medir las características del viento, como son: la veleta, el anemómetro, el anemógrafo, el anemoscopio y el anemocinémógrafo; con los cuales puede obtener la velocidad y dirección del viento.

La elaboración de los diagramas se efectúan trazando sobre los radios que forman las direcciones de la ROSA DE VIENTOS, longitudes proporcionales al número de observaciones que se han hecho en que el viento ha soplado en la dirección del radio, tomando esta longitud del centro de la ROSA, hacia afuera. Estos diagramas pueden ser mensuales para reducir las anomalías que existen en las diferentes épocas del año o anuales, las que se utilizan para la orientación de las operaciones de acceso aéreo (futura orientación de la pista); las direcciones que que se utilizan comúnmente en la ROSA DE VIENTOS son las siguientes:

N, NNE, NE, ENE, E, ESE, SE, SSE, S, SSW, SW, WSW, W, WNW, NW, NNW.

Los datos de dirección y velocidad de vientos por el solos no muestran una afectación de este elemento en el diseño de la pista, pero al determinar la interacción frecuencia-velocidad del viento, ya nos determina un factor real que puede ser crítico y muy importante para el establecimiento de los elementos constructivos de la pista.

De acuerdo a su velocidad podemos clasificar a los vientos de la siguiente manera:

DENOMINACION	INTENSIDAD DE VIENTOS	
	VELOCIDADES EN m/seg	VELOCIDADES EN km/hr
Calmas	0 a 0.5	0 a 1.8
Vientos ligeros ..	0.5 a 2	1.8 a 7.2
Vientos moderados ..	2 a 5	7.2 a 18
Vientos frescos ..	5 a 10	18 a 36
Vientos fuertes ..	10 a 15	36 a 54
Vientos temporales ..	15 en adelante ..	54 en adelante

Figura 5.20 Clasificación de los vientos según su velocidad

Antes de efectuar un cálculo de Rosa de Vientos, se explicará la manera de dibujarla para lo cual es necesario conocer de antemano la clasificación que se hace de los vientos:

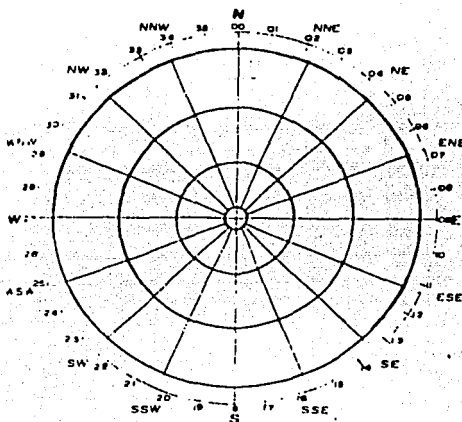
DENOMINACION	VELOCIDAD		
	kilómetros por hora	nudos	millas por hora
Calmas	0 a 4.8 ..	0 a 2.7 ..	0 a 3 ..
Rango I	4.9 a 24.1 ..	2.7 a 13 ..	3 a 15 ..
Rango II	24.1 a 48.3 ..	13 a 26 ..	15 a 30 ..
Rango III	48.3 a más ..	26 a más ..	30 a 40.5 ..

Figura 5.21 Clasificación de vientos.

FALLA DE ORIGEN

Para construir la ROSA DE VIENTOS se dibujan cuatro círculos concéntricos los cuales se ven divididos en 16 partes iguales por radios que representan las 16 direcciones que se van a considerar; el dibujo se hace a escala y el radio de cada círculo es la velocidad del viento que representa, para lo cual el primer círculo tendrá por radio 4.9 unidades, el segundo círculo tendrá por radio 24.1 unidades, el tercer círculo tendrá 74.4 unidades por radio; la cantidad anterior de unidades se tomaron de la velocidad determinada en Km./hr. de la tabla anterior. En el círculo exterior se marcan a cada 10° puntos que servirán de apoyo al círculo ya que la plantilla se girará a cada 10° para lograr mayor precisión.

En continuación se muestra una ROSA DE VIENTOS completa.



CLASIFICACION	VELOCIDAD
CLAS. I	0 A 5 UNIDADES POR HORA
RANGO I	5 A 12 " " "
RANGO II	15 A 30 " " "
RANGO III	30 A 49.5 " " "

ESCALA

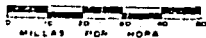


Figura 5.22 Rosa de Vientos de las direcciones (completa)

Para realizar el cálculo de una ROSA DE VIENTOS, hay que considerar y seguir los siguientes pasos:

- las gráficas obtenidas del anemocinémógrafo se traducen, de tal manera que así se pueden anotar los datos en las tablas de las hojas de "direcciones y velocidades de vientos".

- Se seleccionan los datos anteriores de acuerdo a su dirección, clasificándose en: Norte (N), Noreste (NNE), Noreste (NE), Estenoreste (ENE), Este (E), Estesureste (ESE), Sureste (SE), Sursureste (SSE), Sur (S), Sursuroeste (SSW), Suroeste (SW), Oesteuroeste (WSW), Oeste (O), Oesteuroeste (WNN), Noroeste (NW) y Nonoreste (NNW).

- Lo anterior de vacía en la hoja "selección mensual de datos"; los datos se suman en las columnas del extremo derecho de la misma hoja, obteniéndose tantas sumas como se tengan de datos.

- Suma total de lecturas de cada dirección y en cada velocidad de los años disponibles, anotándose los resultados en las columnas del extremo izquierdo de la hoja de "cálculo de porcentajes para vientos directos".

- Se calcula un factor de porcentaje unitario sacando el recíproco del total de lecturas N y multiplicando por cien; este factor se multiplica por cada lectura, obteniéndose el porcentaje correspondiente a cada dirección y a cada rango, que aparecerá anotado en las columnas de la izquierda de la última hoja mencionada, así como en la hoja "cálculo de porcentajes para vientos cruzados".

- Con estos resultados se está en posibilidad de dibujar la gráfica de ROSA DE VIENTOS, tanto directos como cruzados; las tablas que aparecen en dichas gráficas servirán para normar el criterio respecto a la orientación de las pistas.

5.8.6 PLANILLA PARA VIENTOS DIRECTOS

1) Tabla de vientos directos

Para elaborar esta tabla se emplea la POSA DE VIENTOS CRUZADOS y una plantilla en forma de corbata de moño (fig. 5.23) cuya abertura angular es de 45° .

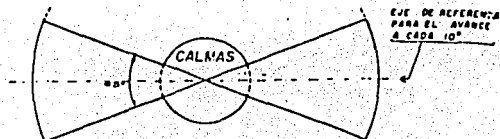


Figura 5.23 Plantilla utilizada para el cálculo de "vientos directos".

Este ángulo se basa en especificaciones de la Agencia Federal de Aviación (F.A.A.), para aeroplanos y en el ángulo máximo que el viento pueda formar con la trayectoria de vuelos y considerarse sin como vientos directos. El análisis se inicia colocando la línea de centro de la plantilla con el eje de rumbo 09-19, se asegura que la plantilla cubra la mitad de los rumbos NW, SW, SE, cubriendo completamente los rumbos N y S; una vez que estas fracciones se han multiplicado por los porcentajes correspondientes de los rumbos afectados, se rotulan girando de la plantilla 10° y encontrándose las fracciones que en cada caso va cubriéndose la plantilla y tabulándose los resultados. Se continúa girando la plantilla cada 10° hasta terminar el rumbo 17-35.

5.2.7 PLANTILLA PARA VIENTOS CRUZADOS

2) Tabla de vientos cruzados

Se elabora a partir de la ROSA DE VIENTOS CRUZADOS y una plantilla rectangular de ancho igual a 30.00 millas /hr., medidas en la misma escala de la ROSA DE VIENTOS CRUZADOS y de longitud igual al diámetro máximo de la rosa (Figura 5.24).

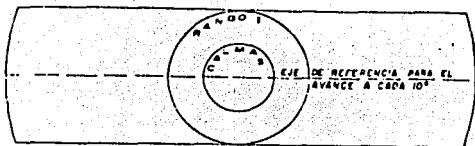


Figura 5.24 Plantilla utilizada para el cálculo de "vientos cruzados".

La razón de las 30 millas/hr., en el ancho de la plantilla es que según la F.A.A., vientos hasta de 15 millas/hr., no afectan la operación de aeronaves aun formando ángulos mayores de 45° respecto a su trayectoria; tanto la plantilla como las áreas de los gajos de la ROSA, se dividen en áreas unitarias para poder determinar con exactitud la parte de la ROSA, que cubre la plantilla.

Esto se coloca en la posición 00-10, se analizan las porciones de tres cubos en cada rumbo y por cada rango, tabulándose el resultado se multiplican dichas porciones por los porcentajes correspondientes. La plantilla se girará a cada 10° la posición de 10-20, tabulándose en cada caso los resultados obtenidos.

3) Cálculo simplificado

En la dirección General de Aeropuertos (D.G.A.) se han elaborado unas tablas en las cuales se encuentran anotado el porcentaje que la plantilla cubre cada dirección de la ROSA DE VIENTOS; tomando en cuenta que estos porcentajes son constantes, se toman como factores, variando únicamente los porcentajes de viento de los rumbos, logrando así una mayor facilidad y rapidez para el cálculo, reduciéndose a una simple multiplicación. Estos factores se calcularon tanto para vientos directos como para vientos cruzados.

Para lograr lo anterior se dibujó la ROSA DE VIENTO, a una escala en la que un centímetro representa una milla por hora, y tanto los gajos de la ROSA como los de la plantilla se dividieron en áreas unitarias de 2×2 mm., logrando así una exactitud adecuada.

Del estudio de la ROSA DE VIENTOS podemos obtener datos muy importantes, como son :

1.- De las velocidades de vientos se deduce la la posibilidad de emplazamiento del aeropuerto, ya que con vientos frecuentes muy fuertes se hace difícil la situación del mismo .

2.- Los vientos reinantes darán la dirección de la pista que se utilizará más frecuentemente, ya que será la de mayores facilidades, aparte de la pista de vuelo instrumental y si sus sectores de entrada lo permiten, se harán coincidir las dos.

Las condiciones de vientos que se exigen en los aeropuertos son las de poder operar en trayectorias de las navas en aterrizaje despegue con una componente de viento normal de 9 Km/hr., como máximo en los pequeños aeropuertos, y de 20-36 Km/hr., en los aeropuertos importantes, durante el 95 % de los días de un año. Mediante el cálculo de la ROSA DE VIENTOS se puede conocer la dirección en que se deberá emplazarse la pista o las opciones que se tengan si la posición ideal no es posible debido a otros factores .

5.8.8 CALCULO DE LAS DISTANCIAS DECLARADAS

La introducción de la zona de parada, zona libre de obstáculos, y la utilización de umbrales desplazados en las pistas, han creado la necesidad de disponer de información precisa que se ha de declarar con respecto a las diferentes distancias físicas disponibles, y adecuadas para el aterrizaje y el despegue de las aeronaves. Para poner de manifiesto de una manera clara, se emplean el término "Distancia Declaradas", con las cuatro distancias siguientes asociadas con una pista determinada.

- a) Recorrido de despegue disponible (TORA), es decir la longitud de la pista que se ha declarado disponible y adecuada para el recorrido en tierra de una aeronave que despegue.
- b) Distancia de despegue disponible (TODA), es decir la longitud del recorrido de despegue disponible más la longitud.
- c) Distancia de aceleración.- Parada disponible (ASDA), es decir la longitud de recorrido de despegue disponible más la longitud de la zona de parada, si la hay.
- d) Distancia de aterrizaje disponible (LDA), es decir, la longitud de la pista que se ha declarado disponible y adecuada para el recorrido en tierra de una aeronave que aterrice.

En el anexo 14 se exige calcular las distancias declaradas para una pista, la cual puede ser utilizada por el transporte aéreo; en el anexo 15 exigen la notificación de las distancias declaradas para cada sentido de la pista.

Si la pista no cuenta con una zona de parada ni de una zona libre de obstáculos y además del umbral está situado en el extremo de la pista, de ordinario, las cuatro distancias declaradas tendrán una longitud igual a la pista, según se indica en la figura 5.25A.

Si la pista está diseñada con una zona libre de obstáculos (CWY), entonces en la (TODA) se incluirá la longitud de la zona libre de obstáculos, según se indica en la figura 5.25B.

Si la pista está diseñada con una zona de parada (SWY), entonces en la zona (ASDA), se incluirá la longitud de la zona de parada, según se indica en la figura 5.25C.

Si la pista tiene el umbral desplazado, entonces en el cálculo de la (LDA) se restará de la longitud de la pista la distancia que se haya desplazado el umbral, según indica la figura 5.b. El umbral desplazado influye en el cálculo de la (LDA), solamente cuando la aproximación tiene lugar hacia

el umbral; no influye ninguna de las distancias declaradas si las operaciones tiene lugar en la dirección opuesta.

Los casos de pistas que cuentan con una zona libre de obstáculos, zona de parada o que tiene el umbral desplazado; se muestran en la figura 5.25E a G. si se presentan más de una de estas características habrá más de una modificación a la distancia declaradas, pero se seguirá el mismo principio.

En las figuras 5.25E y F, se presentan dos ejemplos en los que concurren todas estas características.

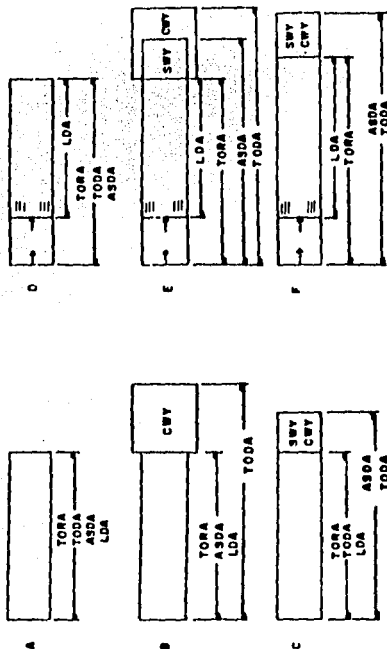


Figura 5.25 Distancias Declaradas.

FALLA DE ORIGEN

5.9 PLATAFORMAS

Definición.-

Una plataforma es un área definida dentro de un aeropuerto, para recibir las aeronaves con fines de embarque y desembarque, tanto de pasajeros como de carga; de estacionamiento y suministro de combustible.

Las dimensiones de la plataforma se hace de acuerdo con el tamaño de las aeronaves que se establecieron en los documentos "Características de las aeronaves", planificación de aeropuertos preparados por los fabricantes de aviones, figura 5.26.

En la parte No. 2, del manual de proyecto de aeropuertos, se estipulan las dimensiones de los puestos de maniobra en que se deben de encontrar las aeronaves entre ejes. En este caso, como las maniobras son de tipo autónomo, la distancia mínima será de 60 mts.

5.9.1 CLASIFICACION DE PLATAFORMAS

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

1. Plataforma Comercial o terminal.- Es un área para maniobras y estacionamiento de las aeronaves comerciales, se encuentra situada frente al edificio terminal de pasajeros. Este tipo de plataforma se utiliza para el suministro de combustible y mantenimiento de aeronaves, embarque y desembarque de pasajeros, carga, correo y equipaje.

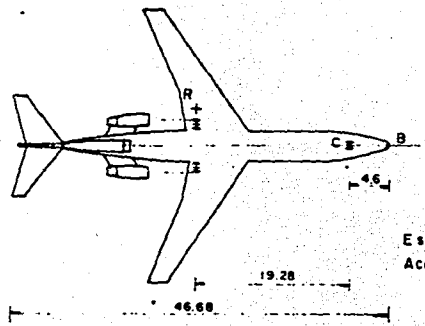
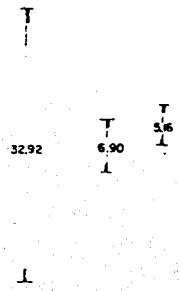
2. Plataforma de Carga.- Es un área para las aeronaves que sólo transportan carga y correo, puede estar separada de las demás plataformas y se sitúa frente o junto al edificio terminal de carga.

3. Plataforma de Estacionamiento.- Esta plataforma se utiliza frecuentemente por separado, para el servicio y mantenimiento ordinario de las aeronaves que temporalmente estén fuera de servicio; la configuración de esta plataforma tiene que ser acondicionada de acuerdo al número y tipo de aviones que la utilizarán, por lo cual las aeronaves pueden permanecer estacionadas durante larga tiempo.

4. Plataforma de Servicios y de Hangares.- Una plataforma de servicio, es una zona próxima al hangar de reparaciones, se emplea para realizar pequeñas operaciones de mantenimiento a las aeronaves, mientras que una plataforma de hangar, es la zona que las aeronaves utilizan para entrar y salir del hangar.

712.5 8 1.5 11

RADIO DE GIRO, en m.
de R a A. 25.00
de R a B. 24.4
de R a C. 20.1



Escola 1 500
Acofones, en m

5. Plataforma de Aviación General.- Las aeronaves de Aviación General, son utilizadas para vuelos de negocios o de carácter personal; para atender las distintas actividades de este tipo de servicio.

a) Plataforma temporal.- Las aeronaves de aviación general que realizan vuelos temporales utilizan este tipo de plataforma como medio de estacionamiento temporal de aeronaves, así como para el acceso a las instalaciones de carga y suministro de combustible, servicio a las aeronaves y transporte terrestre. En la plataforma comercial, se designa por lo general, alguna zona para las aeronaves de Aviación General que realicen vuelos de carácter temporal.

b) Plataforma o puntos de estacionamiento que tienen su base en un aeropuerto.- Las aeronaves de Aviación General que ya tienen su base en un aeropuerto, necesitan espacio para su estacionamiento en un hangar o una zona que quede descubierta. Las aeronaves que se encuentran estacionadas en un hangar, necesitan también una plataforma al frente del edificio para poder efectuar sus maniobras; las zonas que se encuentran al descubierto, pueden ser pavimentadas o no según el tamaño de las aeronaves y las condiciones meteorológicas locales y el estado en que se encuentra el suelo.

6. Otras Plataformas de Servicio en tierra.- Estas plataformas deben instalarse en la medida que sean necesarias, para llevar a cabo algunas operaciones de servicio, como son carga, descarga y suministro de combustible, carga y descarga de mercancías.

5.9.2 PLANEACION DE UNA PLATAFORMA

Objetivos.

Para la planeación general de aeropuertos, los objetivos referentes a las plataformas para aeronaves deben cumplir con los siguientes puntos:

1. Un sistema de vías de circulación para vehículos de servicios en la parte aeronáutica del aeropuerto, instalaciones para el personal y el equipo de servicio de las aeronaves.
2. Espacio para el estacionamiento del equipo de servicio de las aeronaves.
3. Un número suficiente de lugares de estacionamiento para el ritmo previsto de circulación de aeronaves.
4. Trazos con los que se obtenga libertad de movimiento para las aeronaves y posibilidades mínimas de demora.

5. Emplazamientos que impliquen distancias mínimas de rodaje de las aeronaves, entre las pistas y los lugares de estacionamiento.

6. Instalaciones para el ascenso y descenso de pasajeros, suministro de combustible, carga y descarga de mercancías.

5.9.3 CARACTERÍSTICAS DE UNA PLATAFORMA

El proyecto de los diversos tipos de plataforma exige la evaluación de muchas características relacionadas con la configuración geométrica, seguridad, eficacia, tecnología y flexibilidad, que son comunes en todos ellos.

a) Configuración geométrica.- La configuración geométrica de cualquier tipo de plataforma, depende de diversas consideraciones, como pueden ser la longitud y anchura del terreno disponible para el establecimiento de plataformas, de manera que debe proyectarse la determinación más eficaz, basada en la naturaleza y exigencias del tráfico aéreo reservando así una zona de terreno adecuada. La superficie total que se necesita para el establecimiento de una plataforma, no sólo depende del tamaño de las aeronaves, márgenes de separación y métodos de estacionamiento, sino también de la disposición geométrica de las calles de acceso al lugar de estacionamiento de otras calles de rodaje, barreras protectoras contra el chorro de gases de los motores, zonas utilizadas para el estacionamiento de vehículos de mantenimiento y caminos utilizados para el desplazamiento de los mismos.

b) Seguridad.- En la planeación de una plataforma, se deben tener en cuenta los procedimientos de seguridad relativos a las aeronaves que efectúan sus maniobras en las plataformas. La seguridad que la planeación señala, es que las aeronaves mantengan las distancias de separación específicas y sigan los procedimientos para entrar, desplazarse y salir del área de la plataforma; los servicios que se prestan a las aeronaves estacionadas, deberán tener procedimientos de seguridad, especialmente con respecto a las aeronaves que realicen el suministro de combustible. Los pavimentos de las plataformas deben tener una pendiente dese los edificios de la terminal y otras estructuras para impedir la propagación en caso de incendio, por el derrame de combustible; en cada lugar de estacionamiento debe instalarse tomas de agua para regar constantemente la superficie de la plataforma.

c) Eficacia.- Se debe planear un elevado grado de eficacia en la circulación de las aeronaves, como también en lo que respecta a las operaciones de servicio en la plataforma, la libertad de movimientos, la mínima demora en la salida de las aeronaves, las tuberías de combustible, tomas de agua, conexiones de aire y sistemas de energía eléctrica, se

FALLA DE ORIGEN

planearan cuidadosamente por hallarse estos sistemas instalados bajo el pavimento de las plataformas; el elevado costo de estas instalaciones, queda compensado con el rendimiento óptimo de las mismas.

d) Flexibilidad.- La planeación de una plataforma debe tener una evaluación de las siguientes características en cuanto a la flexibilidad.

- Variedad en los tamaños de aeronaves, el número y tamaño de los tipos de aeronaves que se espera que utilicen las plataformas; se tienen dos criterios, que son:

1. Utilizar el lugar de estacionamiento de aeronaves de dimensiones lo suficientemente amplios para atender el modelo de avión más grande.

2. Utilizar tantos tipos de estacionamiento de aeronaves de dimensiones distintas, como modelos de aviones existentes.

El primer criterio ofrece una utilización ineficaz de la superficie, mientras que el segundo ofrece un bajo grado de flexibilidad operativa. Se puede lograr la flexibilidad de apropiada con agrupar las aeronaves en dos o tres clases de tamaño. Puede utilizarse un mayor número de espacios de estacionamiento de la Aviación General, ya que el espacio puede arrendarse y ocuparse por una sola aeronave de dimensiones conocidas.

3. Posibilidad de ampliación.- En la flexibilidad de plataformas, un elemento clave es la ampliación, para poder satisfacer necesidades futuras.

4. Características de proyecto comunes.- Los requisitos técnicos de proyectos en la construcción de plataformas, son comunes en todos los modelos de aviones, algunas de estas características se describen a continuación:

e) Pavimento.- Al elegir la superficie de pavimento, se debe tomar en cuenta la masa de la aeronave, la distribución de carga, el estado del terreno natural y el costo de materiales que se elijan; el concreto reforzado se utiliza en aeropuertos en los que operan aeronaves muy pesadas, ya que este material presenta mayor resistencia y durabilidad.

En la mayoría de los aeropuertos, utilizan carpetas asfálticas para satisfacer los requisitos de resistencia, drenaje y estabilización. Las instalaciones que son pavimentadas con concreto reforzado, suelen ser más caras que las de asfalto, pero su mantenimiento es menos costoso y de mayor duración; además, los efectos producidos por derrames de combustible de los reactores suelen ser relativamente nulos en el concreto, mientras que la

superficie de asfalto sufre mayor daño si el combustible permanece estancado en el pavimento.

La pendiente en el pavimento debe tener la inclinación suficiente que impida la acumulación de agua en la plataforma; las pendientes para drenaje deben diseñarse de modo que el combustible derramado se dirija en sentido contrario a los edificios y zonas de servicio en la plataforma. Con el objeto de ordenar las necesidades relativas a drenaje, maniobrabilidad, suministro de combustible; estas pendientes deben ser del orden de 0.5% al 1.0 % en los lugares de estacionamiento de aeronaves y más de 1.5 % en las demás zonas de la plataforma.

f) Chorro de gases de los reactores y torbellino de las hélices. Se deben tener en cuenta los efectos del calor extremo, velocidad del aire del chorro de los reactores y motores con hélice. En algunos aeropuertos es necesario proporcionar separaciones entre aeronaves o instalar barreras protectoras contra el chorro de gases de los reactores entre los espacios de estacionamiento.

5.9.4 EXISTEN CUATROS TIPOS BASICOS DE TERMINAL

- a) Sistema frontal o lineal
- b) Sistema de muelle de dedo
- c) Sistema de satélite con andenes
- d) Sistema de plataforma móvil o abierta

5.9.4.1 SISTEMA FRONTAL O LINEAL

El sistema lineal es el más antiguo y simple, consistente en un sólo edificio terminal que contiene todos los servicios para pasajeros y estacionamiento de aviones; la configuración de este sistema, es adecuado para cuatro o cinco lugares de estacionamiento o menos, cuando sean necesarios más de cinco, ofrece una relación directa entre la rampa lineal frontal y las aceras. Los accesos y sus actividades quedan integrados al edificio terminal; la desventaja de esta configuración es que existe una gran necesidad de multiplicidad de sus sistemas y funciones en la misma terminal, por lo tanto la circulación de los pasajeros en un sistema lineal se hace más difícil y el costo de la sala anexa a dicho lugares, aumenta; reduciendo su eficiencia al conglomerar distintos tipos de viajeros en las mismas instalaciones.

Una forma de disminuir el problema es utilizar varias terminales pequeñas ordenadas linealmente, conteniendo cada una los sistemas necesarios para su buen funcionamiento; lo cual minimiza las aglomeraciones ya que el manejo de pasajeros y equipaje se realiza en cada segmento del esquema lineal. Su análisis y representación esquemática del sistema lineal es la siguiente:

Superficie total: 212 000 + 4444 x m2

Recorrido medio de pasillos: 25 - 30 mts. (cuando los pasajeros entran al edificio por la puerta más cercana a su puerta de acceso.)

Opciones de acceso: Dirección directa señalada hacia cada avión.

Opciones de ampliación: Se amplía mediante la construcción de unidades terminales adicionales en forma lineal, lo que no obstruye ni interrumpe el funcionamiento del edificio terminal existente.

Posibilidades de maniobra de los aviones: La construcción de dos pistas de rodamiento paralelas a una adicional para maniobras facilitan un tráfico fluido.

Costo de construcción: El edificio requiere de menos superficie que otros sistemas, pero su funcionamiento depende de la disposición de los distintos servicios contenidos en el edificio. Relación con las terminales o satélites vecinos: Cada unidad terminal es independiente de las otras ya que tiene su propia área de explanada (una posición de avión y tiene salida directa a las pistas de rodamiento, de despegue y aterrizaje, así como a los estacionamientos. Sala de espera conjuntas: Las salas de espera conjuntas en el sistema lineal sirven sólo para dos posiciones de avión, pero si se comunica por medio de pasillos subterráneos a cuatro posiciones de avión, se amplían las posibilidades de servicio, pero este sistema de pasillos ya está contemplado en sistema muelle.

En la figura 5.27 se muestra la representación esquemática del sistema lineal, y en la figura 5.27A se muestra la fluidez de tráfico en un sistema lineal.

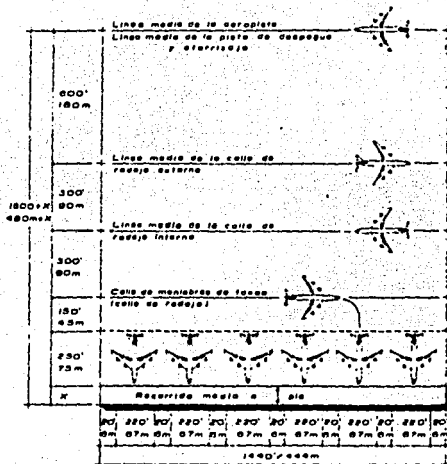
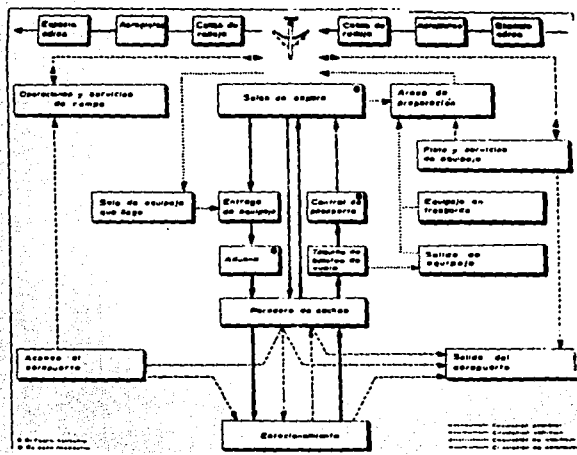


Figura 6.27 Representación acústica del sistema lineal.

FALLA DE ORIGEN

FIGURA 5.174. FLUJOGRAMA DE TRÁFICO EN UN BARRIO URBANO.



5.9.4.2 SISTEMA DE MUELLE O DEDO

Este tipo de terminal apareció a mediados de los años cincuentas cuando se utilizaron salas de espera para cada vuelo en vez de las salas de espera comunes. Este sistema consiste en la atención de los pasajeros a los lados del avión y en sus inicios se utilizaba el sistema para aumentar puertas y así también el número de aviones atendidos.

Cuando el sistema se ve ampliado al utilizar dos pisos, se evitan los congestionamientos peligrosos de las rampas ya que las operaciones de embarque y desembarque pueden hacerse independientes: cuando la planta baja se encarga de las mercancías y la planta alta atiende a los pasajeros. El método de usar dos pisos puede utilizarse también en los sistemas lineal, satélite y móvil.

La recomendación que se hace es de que las distancias que hay que recorrer a pie, desde el mostrador de presentación de documentos hasta la aeronave, no sobrepase los 300 mts. Utilizando sólo muelle o dedo, la distancia que ha de recorrerse a pie aumenta proporcionalmente al número de lugares de estacionamiento.

Cuando el número de lugares exceda de 12, con el sistema de dos muelles la distancia media que habrá que recorrer a pie, será menor que cuando sólo hay un muelle. Por ejemplo, cuando el número de lugares de estacionamiento se ha estimado que no excedera de unos 12, bastara con un sólo muelle o dedo. En el caso de que las necesidades se hayan previsto que sean de uno 20, sería más conveniente un sistema de dos muelles. Cuando las necesidades con respecto al número de lugares exceda de 30 aproximadamente, resultará más eficaz un sistema de muelles múltiples.

La principal desventaja de la configuración tipo muelle es su escasa flexibilidad: tiene un límite máximo de crecimiento, en términos de las distancias que tienen que andar los pasajeros, a no ser que se mecanice el transporte de pasajeros. Otra limitante son las áreas de pistas y las pistas de acceso entre los embarcaderos ya que al ser fijas, no pueden ampliarse para permitir el paso de aviones de mayor tamaño, tampoco las aceras de ascenso y descenso pueden ampliarse más allá de la terminal con la que están relacionadas.

A continuación se muestra una análisis y la representación esquemática del sistema muelle.

Superficie total: 186 000 + 345 mts².

Recorrido medio de pasillos: 140 - 150 mts., (según la anchura del edificio).

Posibilidades de acceso: No existe comunicación directa lineal con el avión. La longitud de los accesos está en relación con la longitud del edificio terminal; la automatización en el transporte de pasajeros y despacho de mercancía le dan grandes posibilidades de desarrollo.

Posibilidades de ampliación: Si existe espacio suficiente la solución para ampliación es el alargamiento del edificio terminal y la construcción de nuevos muelles.

Posibilidades de maniobra de avión: Entre cada par de muelles están emplazadas dos pistas de rodamiento, con más de seis posiciones de avión. El número de posiciones se ve disminuido con el uso de aviones grandes, los cuales también disminuyen las facilidades de las maniobras: cuando existen aviones en espera y quieren hacerlo en posición libre, tienen que hacerlo en el paso a la explanada, la cual debe coordinarse bien para evitar congestionamientos.

Costos de construcción: Debido a que las instalaciones de la configuración tipo muelle necesitan menos espacios que otros tipos de plataformas, su costo es menor, considerando también que el servicio de tierra es más compacto: sus instalaciones y personal sólo deben diseñarse una vez. Lo anterior explica su bajo costo, la investigación y servicio; pero la contraparte aparece en los elevados gastos de ampliación y posibles pérdidas por congestionamiento de aviones y otros gastos indirectos. Relación con las terminales o satélites vecinos: Los satélites o terminales vecinos deben estar colocados de tal manera que su tráfico de aviones y cargados no se estorben entre sí.

Salas de espera comunes: En el sistema muelle, las salas de espera comunes son muy útiles ya que pueden servir hasta para cuatro aviones simultáneamente.

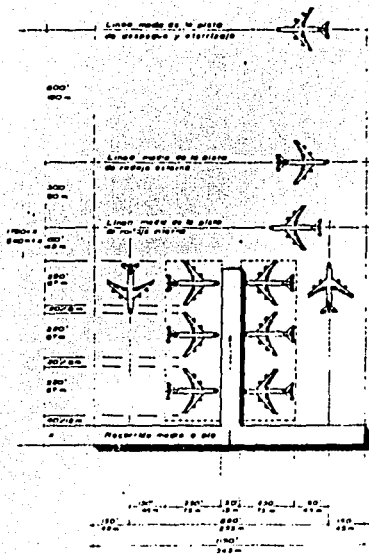
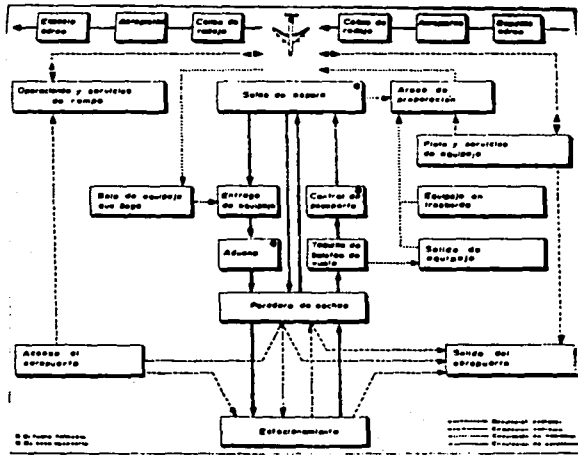


Figura 5.22 Representación esquemática del sistema de cola.

FIGURA 5.26A ESTRUCTURA DE FUNCIONES DE LA ESTACION AEREA



5.9.4.3 SISTEMA DE SATELITE CON ANDENES

Esta configuración esta formada basicamente por un edificio terminal principal que conecta con las formas de entrada/salida, y que se conecta por los pasillos bajos las pistas a pequeños edificios terminales en los cuales se desarrollan algunas funciones del edificio terminal principal.

Los sistemas de satélite con andenes, fueron con la idea de liberar la plataforma de obstrucciones y permitir configuraciones de estacionamiento mas compactas. Sin embargo, este sistema supone largas caminatas entre el transporte de superficie y las aeronaves. El sistema de satélite es, así mismo, menos conveniente con respecto al número de lugares de estacionamiento de aeronaves que puede conseguirse a base de una distancia recorrida a pie.

Si existen sistemas mecanizados para trasladar a la gente, las distancias que tendrían que andar se reducirían al mínimo. Como se concentran varios aviones en un mismo punto en este tipo de configuración; se pueden compartir el material y las instalaciones de servicio pero se puede limitar la capacidad de expansión tanto para las funciones que se realizan en el interior del edificio como para la flexibilidad requerida del espacio dedicado al estacionamiento de aviones.

A continuación se muestra un análisis y la representación esquemática del sistema de satélites:

Superficie total : 227 000 + 315 :: mts.²

Recorrido medio de pasillo : 60-70 mts. (dependiendo del tamaño del edificio terminal y del satélite, suponiendo un sistema de transporte de pasajeros a través del pasillo).

Posibilidades de acceso : No existe comunicación lineal directa con el avión. La longitud de los accesos aumenta con la longitud de la terminal; en los accesos pueden aparecer sobrecargadas si los pasajeros se detienen en un punto de la terminal o del acceso.

Posibilidades de ampliación : Como los satélites se encuentran rodeados por la superficie de las explanadas, es difícil su expansión. Si no se habría previsto de antemano. Un satélite de forma rectangular es más fácilmente ampliable que uno en forma circular o de cinco o seis lados, su forma de ampliación más sencilla es la construcción de más satélites si existe el espacio requerido.

Posibilidades de maniobras de los aviones : Las superficies destinadas a las maniobras son muy importantes ya que los aviones en posición libre que esperan ser estacionados podrían estorbar las pistas de rodamiento; las pistas dobles de rodamiento alrededor de los satélites garantizan la fluidez de tráfico.

Costos de construcción : Las comunicaciones subterráneas, si se hace por túneles o por cortes y rellenos, son más caras de construcción, mantenimiento y servicio . Si existe un nivel freático muy alto, las obras de drenaje limitan las maniobras de los aviones. Un sistema satélite se debe emplazar de tal manera que su funcionamiento no interrumpa el tráfico de los aviones de los satélite vecinos.

Sala de espera conjuntas : Cada satélite ofrece un área de espera total para todos los aviones y esto permite un aumento de capacidad de una menor extensión, ya que varios satélites suman una superficie de salas de espera mayor a la que ofrece un sólo edificio terminal que sirva al mismo número de aviones. En la Figura 5.29 se muestra una representación esquemática de la configuración tipo satélite; en la figura 5.29A, se muestra el tipo de fluidez de tráfico en un aeropuerto tipo satélite.

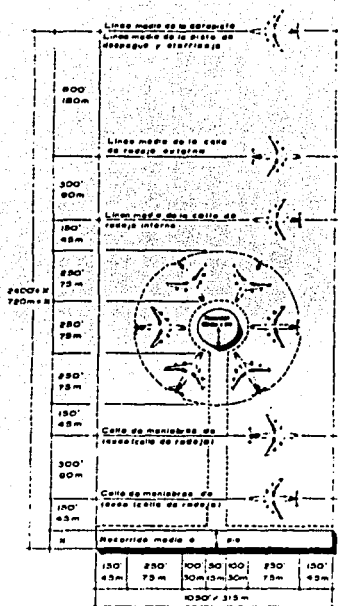
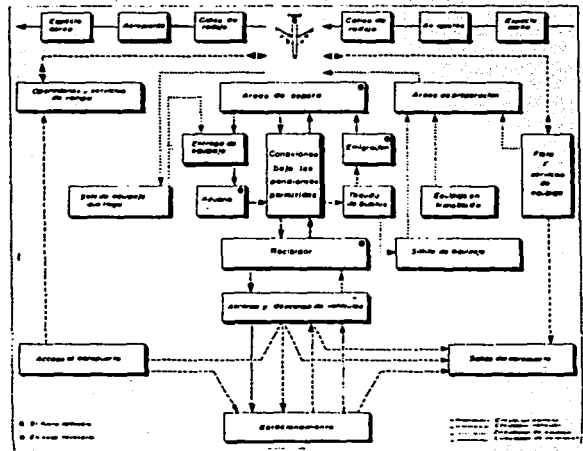


Figura 5.29 Representación esquemática de la configuración tipo satélite.

FALLA DE ORIGEN



5.9.4.4 SISTEMA MOVIL O DE PLATAFORMA ABIERTA

En el sistema de plataforma abierta, las aeronaves se estacionan separadas del edificio terminal en fila, cuando se utilizan este sistema, el acceso a las aeronaves se hace mediante salas móviles. El traslado de los pasajeros a pie hasta las aeronaves que espera, no se considera seguro, puesto que los pasajeros se ven obligados a atravesar avenidas por las que circulan aeronaves; de esta manera, las aeronaves pueden estacionarse en las forma más conveniente para la operación de mantenimiento y el edificio terminal puede ser relativamente pequeño; utilizando este sistema también puede reducirse los tramos de rodaje de aeronaves.

Este sistema surge a causa de las diferencias existentes entre distintos tipos de aviones, en su tamaño y altura de los umbrales de puerta, lo que causa dificultades al tratar de emparejar los aviones con los autobuses de nivel fijo y con los edificios.

El sistema móvil consiste básicamente en vestíbulos móviles y autobuses que sustituyen a los embarcaderos, a las salas de espera fijas y al sistema de pasillos; no obstante, en la terminal principal se necesitan salas de espera adicionales.

Su ventaja estriba en que se puede estacionar el avión lejos de la terminal, ahorrándose el remolque que es una actividad lenta y costosa. Al estacionar lejos el avión, obliga a transportar a los pasajeros, lo cual al hacerlo vestíbulos móviles que se adaptan a la altura del umbral del edificio se evitan retrasos por aglomeraciones en las terminales. Si aumenta la capacidad de aviones, se añaden más vestíbulos móviles o transportadores que tienen menor costo inicial y ahorrar más tiempo y espacio que una ampliación del edificio terminal.

Su desventaja es que el tiempo requerido entre la salida del autobús de la terminal y la salida del avión es mayor que el tiempo que necesita un pasajero con retraso para abordar un avión desde una cerca de embarque.

El análisis del sistema móvil es el siguiente :

Superficie total : $163\ 000 + 300 (x + y) m^2$

(para $y = 600$ mts., resultan $343\ 000 + 300 x m^2$).

Recorrido medio de pasillos : 25 a 30 mts., (dependiendo del ancho del edificio). Es conveniente analizar el factor tiempo/distancia, de vehículos de transporte en comparación con el recorrido a pie de los pasajeros.

Posibilidades de acceso: Comunicación indirecta entre el acceso y la posición del avión; la longitud del acceso aumenta con la de la terminal.

Posibilidades de ampliación: Teóricamente, el edificio de tierra y superficie de la explanada puede ampliarse sin disminución del servicio aéreo, ya que la ampliación de los elementos anteriores puede apoyarse con aumento de vehículos, que son fácilmente adaptables y más baratos que una construcción de acceso al edificio terminal.

Entre el número de vehículos de transporte y su estacionamiento en el edificio terminal, el número de posición de avión y el tamaño de la terminal existen una relación inmediata que depende en su eficiencia del tiempo de circulación, capacidad de transporte, etc., y que depende también de la utilización que se haga de los vehículos de transporte.

Posibilidades de maniobra de los aviones: Si los aviones se estacionan eventualmente cerca de las pistas de rodamiento en una forma ordenada, es posible disminuir el tiempo de rodamiento. Los vehículos, puede adaptarse a las diferentes alturas del umbral de la puerta de los aviones.

Costos de construcción: Ya que en los edificios de expedición y servicio de tierra se concentran las funciones básicas, el edificio principal requiere menos superficie que los sistemas muelle o lineal.

Relación con las terminales o satélites vecinos: El sistema móvil se enlaza perfectamente con las partes de la terminal porque no tiene que atravesarse la superficie de la explanada.

Salas de espera conjuntas: El edificio terminal puede considerarse como una sala comunitaria separada, ya que los vehículos, representan la división de salas de espera, pudiendo haber hasta tres de estos vehículos sirviendo a cada avión. En la figura S.30 y S.30A se ve la representación esquemática del sistema móvil y su fluidez de tráfico.

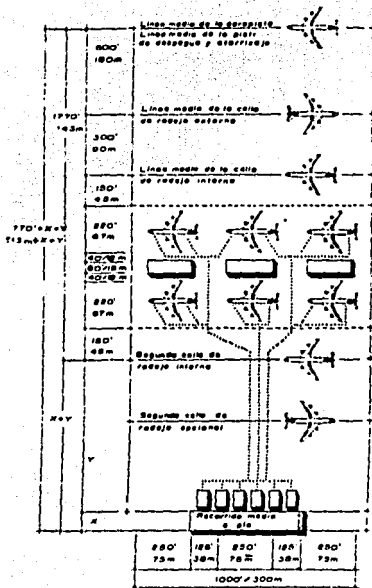


Figura 3.20 Representación esquemática de un sistema móvil.

FALLA DE ORIGEN

5.9.5 CONFIGURACIONES DE ESTACIONAMIENTO

Si los pasajeros no están protegidos contra los elementos existentes en el estacionamiento y contra el aeronave, ya que emplea sus propios medios para llegar hasta el lugar de estacionamiento o apartarse de él. Los siguientes puntos con respecto a las configuraciones de estacionamiento, deberán tenerse presentes:

a) Estacionamiento con la proa hacia dentro, en perpendicular o inclinada a la fachada del edificio.

Ventajas : El ruido es menor al acercarse, por no ser necesario ningún viraje; el chorro de gases no está dirigido hacia el edificio, cuando la aeronave se acerca al mismo: la puerta delantera de la aeronave queda más cerca del edificio.

Desventajas : Se requiere potencia considerable para girar, ya que la aeronave está totalmente cargada; ello supone dirigir un chorro más potente hacia el edificio; el ruido de alta frecuencia de las turbinas quedan dirigidos hacia el edificio, la puerta trasera de embarque de la aeronave queda apartada del edificio.

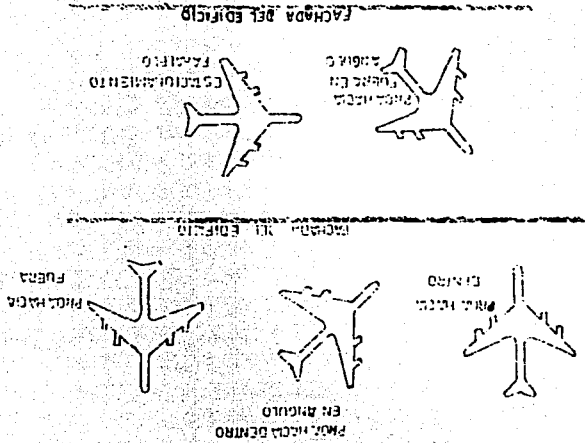
b) Estacionamiento con la proa hacia afuera, en perpendicular o inclinada a la fachada del edificio.

Ventajas: El impulso y peso inferior de la aeronave le permiten virar con poca potencia, lo que reduce al mínimo el ruido y el chorro de gases; el ruido de alta frecuencia de las turbinas no se dirige hacia el edificio; la puerta trasera de pasajeros queda cerca del edificio.

Desventajas: La principal desventaja es que el chorro de gases, al apartarse la aeronave del edificio, va dirigido contra éste.

c) Estacionamiento paralelo.- La mejor configuración de estacionamiento para la circulación de los pasajeros es el sistema paralelo, ya que las puertas delanteras y traseras quedan a igual distancia del edificio. Este tipo de estacionamiento requiere más espacio que las demás configuraciones y tanto el chorro de gases como el ruido de alta frecuencia, apuntan hacia los lugares de estacionamientos contiguos.

Figura 5.3: Configuraciones de Estacionamiento.



5.9.6 DIMENSIONES DE LAS PLATAFORMAS

Para el trazo de una plataforma, se necesita un espacio el cual depende de los siguientes factores:

- a) La dimensión y características de maniobrabilidad de la aeronave que utilice la plataforma.
- b) El volumen de tránsito que utilice la plataforma.
- c) Requisitos en cuanto al margen de separación.
- d) Modalidad de entrada y salida de la plataforma de estacionamiento de aeronaves.
- e) El trazo básico de terminal u otra utilización de aeropuerto.
- f) Requisitos con respecto a las actividades en tierra de las aeronaves.

g) Calles de rodaje, los factores que intervienen para llegar a cabo este proyecto, son los siguientes:

1. Dimensiones y maniobrabilidad de la aeronaves.- antes de emprender un proyecto de plataforma, convendría saber la dimensión y maniobrabilidad de la combinación de aeronaves que se preve, habrán de utilizar dicha plataforma.

2. Volumen de tránsito.- El número de los lugares de estacionamiento necesarios para cualquier tipo de plataforma, puede determinarse a partir de los pronósticos realizados durante planeación de un aeropuerto dado, para cada una de las etapas del plan maestro.

3. Margenes de separación en plataformas.- Un lugar de estacionamiento de aeronaves deberá proporcionar los siguientes márgenes de mínimos de separación entre aeronaves y el edificio terminal:

LETRA DE CLAVE	MARGENES EN MTS.
A	3.0
B	3.0
C	4.5
D	7.5
E	7.5

Cuando las letras de clave sean D y E, estos márgenes pueden reducirse (únicamente en el caso de aeronaves que ejecuten las maniobras de salida empujadas con tractor).

4. Modalidad de entrada y salida de la plataforma de estacionamiento de aeronaves.- Los diversos métodos de entrada y salida del lugar de estacionamiento de aeronaves, se puede clasificar ya sea como de maniobras autónomas o con ayuda de un tractor para considerarse en cuanto a las dimensiones de la plataforma.

a) Maniobra autónoma.- Esta expresión indica que una aeronave entra y sale del lugar de estacionamiento, sirviéndose de su propio impulso, necesitando una superficie para realizar la maniobra y formando un ángulo con el edificio terminal. La dimensión absoluta de esta zona depende del máximo ángulo de deflexión que puede alcanzar durante las maniobras de entrada y salida. La maniobra normal de entrada y salida rodando de un lugar de estacionamiento de aeronaves junto al edificio terminal, supone la ejecución de un viraje de 180°.

b) Remolque con tractor.- Es un método de entrada que requiere la utilización de un tractor con barra de arrastre; en el empleo de tractores permite un espacio más compacto en los lugares de estacionamiento de aeronaves con lo que se reduce tanto el espacio para la plataforma, como el de la terminal que se necesita para atender un elevado volumen de estacionamiento de aeronaves en la terminal.

c) Espaciado entre lugares de estacionamiento.- Para calcular la distancia entre lugares de estacionamiento de aeronaves requerida, se han preparado fórmulas en varios casos. El caso más sencillo es el de la aeronave que llega a estacionarse perpendicularmente al edificio terminal y sale directamente empujada hacia atrás, como se muestra en la figura 5.21 la separación mínima entre lugares (D) es simplemente igual a la envergadura (s) más la distancia de separación requerida (c), teniéndose entonces:

$$D = s + c$$

Respecto a otros procedimientos de entrada y salida, en otros ángulos de estacionamiento, la configuración geométrica es más compleja y exige un análisis detallado para determinar la separación entre lugares para un lugar de estacionamiento de maniobra autónoma, que depende del ángulo a que la aeronave pueda fácilmente maniobrar mientras hay otras aeronaves estacionadas en lugares contiguos.

5. Trazo básico de terminal.- La determinación del tipo de trazo de plataforma de estacionamiento en la terminal más adecuada para satisfacer las necesidades de un determinado aeropuerto, depende de muchos criterios relacionados entre sí. El proyecto de la plataforma de la terminal, con el objeto de comparar por separado las ventajas y desventajas

4. Modalidad de entrada y salida de la plataforma de estacionamiento de aeronaves.- Los diversos métodos de entrada y salida del lugar de estacionamiento de aeronaves, se puede clasificar ya sea como de maniobras autónomas o con ayuda de un tractor para considerarse en cuanto a las dimensiones de la plataforma.

a) Maniobra autónoma.- Esta expresión indica que una aeronave entra y sale del lugar de estacionamiento, sirviéndose de su propio impulso, necesitando una superficie para realizar la maniobra y formando un ángulo con el edificio terminal. La dimensión absoluta de esta zona depende del máximo ángulo de deflexión que puede alcanzar durante las maniobras de entrada y salida. La maniobra normal de entrada y salida rodando de un lugar de estacionamiento de aeronaves junto al edificio terminal, supone la ejecución de un viraje de 180°.

b) Remolque con tractor.- Es un método de entrada que requiere la utilización de un tractor con barra de arrastre; en el empleo de tractores permite un espacio más compacto en los lugares de estacionamiento de aeronaves con lo que se reduce tanto el espacio para la plataforma, como el de la terminal que se necesita para atender un elevado volumen de estacionamiento de aeronaves en la terminal.

c) Espaciado entre lugares de estacionamiento.- Para calcular la distancia entre lugares de estacionamiento de aeronaves requerida, se han preparado fórmulas en varios casos. El caso más sencillo es el de la aeronave que llega a estacionarse perpendicularmente al edificio terminal y sale directamente empujada hacia atrás, como se muestra en la figura 5.31 la separación mínima entre lugares (D) es simplemente igual a la envergadura (s) más la distancia de separación requerida (c), teniendo entonces:

$$D = S + C$$

Respecto a otros procedimientos de entrada y salida, en otros ángulos de estacionamiento, la configuración geométrica es más compleja y exige un análisis detallado para determinar la separación entre lugares para un lugar de estacionamiento de maniobra autónoma, que depende del ángulo a que la aeronave pueda fácilmente maniobrar mientras hay otras aeronaves estacionadas en lugares contiguos.

5. Trazo básico determinantal.- La determinación del tipo de trazo de plataforma de estacionamiento en la terminal más adecuada para satisfacer las necesidades de un determinado aeropuerto, depende de muchos criterios relacionados entre sí. El proyecto de la plataforma de la terminal, con el objeto de comparar por separado las ventajas y desventajas

de cada sistema analizado; el volumen de tránsito de aeronaves que utiliza la terminal, es un factor importante para decidir el trazo de la plataforma que sea más eficaz para satisfacer las exigencias de proyecto para una determinada terminal.

6. Operaciones de servicio a las aeronaves en tierra.- Las operaciones de servicio a las aeronaves que se lleva a cabo durante el tiempo en que una aeronave se encuentra estacionada en un lugar de estacionamiento, comprenden: los servicios de inodoro, cocina, manejo de equipajes, abastecimiento de agua potable, sustrato de combustible, aire acondicionado, oxígeno, remplazo de aeronaves, suministro de energía eléctrica y aire para el arranque. La mayoría de estos servicios se realizan utilizando un vehículo o bien, valiéndose de algún tipo de instalación fija destinada a estos servicios.

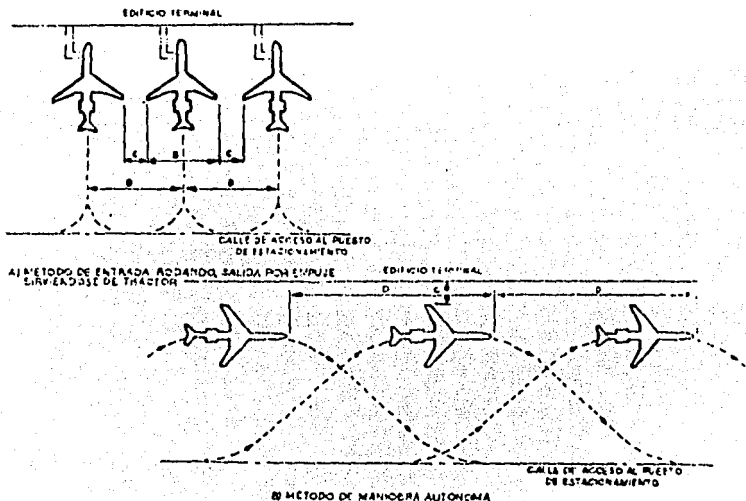


Figura 5.22 Dependencia entre lugares de estacionamiento.

FALLA DE ORIGEN

5.10 CALLES DE RODAJE

Definición.- Vía definida en un aeropuerto para el rodaje de aeronaves y destinada a proporcionar enlace entre una y otra parte de éste.

PRINCIPIO SOBRE PLANIFICACION

Para que en una pista y calle de rodaje haya facilidad en las maniobras y tenga mayor capacidad de operación es necesario que se realice una planeación de la determinación general del sistema y el trazo de las calles de rodaje, permitiendo así la circulación ordenada de las aeronaves a una velocidad máxima posible de maniobra; diseñada de tal manera que las aeronaves puedan abandonar lo más pronto posible la pista después del aterrizaje. Para lograr estos fines, es necesario tomar en cuenta los siguientes criterios de proyecto:

a) Los itinerarios de conexión de los elementos del aeropuerto deben cumplir con las siguientes características:

- lo más corto posible
- sencillos
- tener el máximo posible de tramos unidireccionales
- las calles de rodaje deberán estar proyectadas hacia las plataformas.
- establecidas, en una sola dirección; preferentemente en línea recta.
- los trazos de las calles de rodaje se planifican en forma que se evite el acceso al público a las aeronaves.
- evitar el cruce de pistas u otras calles de rodaje cuando sea posible.
- se tomara en cuenta, la posibilidad de facilitar calles de salida a gran velocidad cuando el volumen de tráfico sea alto.
- como se menciona deberá tratarse que los recorridos sean siempre en línea recta y los cambios de dirección en calles de rodaje, lo más pequeños y en el menos número posible.

b) Deben trazarse del tal forma que no interfieran en las ayudas a la navegación.

c) Deben ser visibles desde la torre de control.

5.10.1 CALLES DE RODAJE EN PLATAFORMA

Las calles de rodaje situadas en las plataformas, se dividen en dos tipos:

- a) Calle de rodaje en plataforma.- Es aquella que esta destinada a proporcionar una vía para el rodaje a través de la plataforma.
- b) Calle de acceso al puesto de estacionamiento de aeronaves.- Es la parte de una plataforma designada como calle de rodaje y destinada a proporcionar exclusivamente acceso a los lugares de estacionamiento.

Los requisitos relativos a este tipo de calles en lo que respecta a anchura de franja, distancias de separación, etc., son iguales a los de cualquier tipo de calles de rodaje a excepción de las siguientes modificaciones:

- la pendiente transversal es igual a la de la plataforma
- los requisitos relativos a las distancias de separación entre el eje de esta y un objeto son menores: ver figura 5.34

5.10.2 CRITERIOS PARA CALCULAR LAS DIMENSIONES DE LAS CALLES DE RODAJE.

Los criterios para el cálculo de las calles de rodaje son menos estrictos en relación a las pistas, debido a que las velocidades que se desarrollan son menores; las anchuras mínimas de las calles de rodaje se obtienen en base a la tabla 5.35 A

5.10.3 ANCHURAS DE LAS CALLES DE RODAJE.

En la tabla 5.35A, se muestran las anchuras mínimas de las calles de rodaje; los valores seleccionados se basan en la suma de la distancia de separación entre las ruedas y el borde del pavimento, más la separación entre ruedas del tren principal de la aeronave.

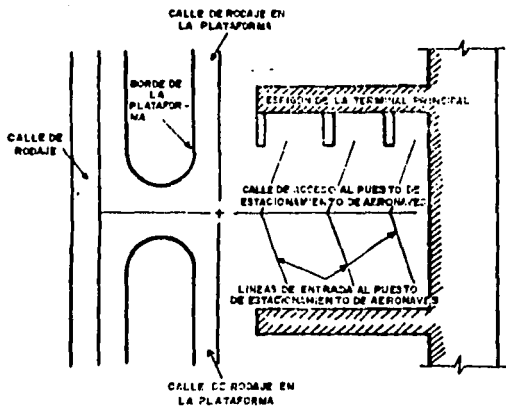


Figura 5.34 Calles de Rodaje en las Plataformas

5.10.4 CONFIGURACION GEOMETRICA DE CALLES DE RODAJE PARALELAS

Las distancias de separación entre este tipo de calles, son las seleccionadas en la tabla 5.35A, en base a los márgenes de separación del extremo del ala. Existen factores que deben tomarse en consideración para cuando las aeronaves efectúen un viraje de 180 normal de una calle a otra paralela; estos son los siguientes:

a) Maniobras a un ángulo de guía que no exceda de la capacidad de la aeronave y que no exponga a los neumáticos a un desgaste inadmisibles.

b) Disposición para mantener una velocidad de rodaje razonable, a fin de no disminuir la utilización de las calles.

c) Mantenimiento de las distancias de separación específicas entre la rueda exterior del tren principal y el borde de la calle.

5.10.5 CALLES DE SALIDA RAPIDA.

DEFINICION.-

Son aquellas que se unen a una pista en un ángulo agudo, están proyectadas de modo que permitan a las aeronaves que aterrizan y giran a velocidades mayores que las que se logran en otras calles de salida, teniendo como resultado que la pista esté ocupada el mínimo de tiempo posible.

La decisión de proyectar y construir este tipo de calles, se basa en los análisis de tránsito existentes y previsto; su finalidad es disminuir el tiempo de estancia del avión en la pista, y de esta forma, aumentar la capacidad del aeropuerto. Cuando la densidad del tránsito calculada para la hora pico es menor de 25 operaciones aproximadamente (aterrizajes y despegues), la calle de salida en ángulo recto, es suficiente y puede ser construida con menos gastos; cuando esta emplazada en forma adecuada a lo largo de la pista, se logra una afluencia eficiente del tránsito.

5.10.6 DISTANCIA DE CRUCE DE LA CALLE DE RODAJE A LA PISTA Y NUMERO DE CALLES DE SALIDA.

Método de la OACI.

Para conocer la intersección de la pista con la calle de rodaje se necesita saber las características del avión, en este caso (B-727-200), y su velocidad máxima de cruce del umbral, ver tabla (5.35B).

Si tomamos en cuenta esta consideración el proceso de aterrizaje se describe de la siguiente manera.-

Quando el avión cruza el umbral, disminuye la velocidad en el aire, hasta que el tren de aterrizaje principal hace contacto con el pavimento, desde ese momento el tren de nariz tardara cuando mucho tres segundos para establecer el mismo contacto. Para determinar la distancia D, desde el umbral a una calle de salida se utiliza la siguiente formula:

$$D = V^2TD - V^2E/2a + d$$

$$\begin{aligned} \text{IMN} &= 1,852 \text{ mts.} / 0.3048 \text{ mts / pies} = \\ &6076.12 \text{ pies/h} = 1.6878 \text{ pies/s} \end{aligned}$$

Donde:

VTD = Velocidad de cruce sobre el umbral dependiendo del tipo de avión.

VE = Velocidad de salida de la pista (30-50 nudos).

a = Coeficiente de desaceleración igual a 5 pies/s²

d = Distancia adicional (para aviación comercial igual a 1 500 pies).

Sustituyendo valores tenemos que:

$$\begin{aligned} D &= (140 \times 1.6878^2 - (40 \times 1.6878)^2 / 2 :: 5 + 1500 \\ &= 6627.6 \\ &= 2021 \text{ mts.} \end{aligned}$$

GRUPO "A"	GRUPO "B"
Convair 240	Convair 600
DC-3	DC-6.
DC-7	Fokker F 27
	Viscount 800
GRUPO "C"	GRUPO "D"
B-707 (300 y 400)	B-747
B-727	DC-8 (62 y 63)
DC-8 (43 y 45)	DC-10
Trident (1 y 2)	IL 62M.
	L-1011
	TU-154

- Grupo A : Menos de 169 Km/H (91 nudos).
- Grupo B : Entre 169 Km/H (91 nudos) y 222 Km/H (120 nudos).
- Grupo C : Entre 224 Km/H (121 nudos) y 259 Km/H (140 nudos).
- Grupo D : Entre 261 Km/H (141 nudos) y 306 Km/H (165 nudos).

5.10.7 DISTANCIA DE CRUCE DE LA CALLE DE RODAJE A LA PISTA Y NÚMERO DE CALLES DE SALIDA (MÉTODO DE LA FAA)

Está determinado por el régimen de desaceleración de las aeronaves luego de cruzar el umbral; para determinar la distancia desde el umbral, se deben tomar en cuenta las siguientes consideraciones:

- a) Distancia de umbral a la zona de contacto.
- b) Velocidad de contacto.
- c) Relación de desaceleración.

- la distancia del umbral a la zona de contacto es, en promedio, alrededor de 456.5 mts., (150 ft), para aviones a reacción (categorías C y D) y 305 mts., (1 000 ft) para aeronaves (categorías A y B).

- las velocidades típicas de contacto son: 50.02, 61.6 y 72.3 m/s (164, 202 y 237 ft/s) para categorías B, C y D respectivamente. La velocidad inicial a la salida, se toma generalmente de 40 mph (59 ft/s ó 18 m/s), para aviones pequeños y de 60 mph (88 ft/s ó 26.8m m/s) para aeronaves grandes. En el anexo número 11 de la OACI, se recomienda una relación de desaceleración de 1.25 m/s² y la FAA., en la FAR 12 recomienda que sea de 1.52 m/s².

La distancia de la zona de contacto a la localización de la salida, puede ser determinada por la siguiente ecuación:

$$D = V_0^2 - V^2 / 2a$$

Donde:

V_0 = Velocidad de contacto

V = Velocidad al inicio de la calle

a = Desaceleración

FALLA DE ORIGEN

5.10.8 CURVAS DE LAS CALLES DE RODAJE.

Si la existencia de curvas es inevitable, los radios de las mismas deben ser compatibles con la capacidad de maniobras y las velocidades de rodaje normales de las aeronaves para las que dicha calle esté diseñada; la tabla 5.36 muestra los valores de los radios de curvatura apropiados para determinadas velocidades de los radios de curvatura apropiadas para determinadas velocidades de aeronaves. Cuando se trazan curvas muy pronunciadas, es necesario ampliar la calle de rodaje a tal grado de que se cumplan las especificaciones de la tabla 5.35A,B debe tenerse en cuenta que las curvas compuestas pueden reducir o eliminar la necesidad de una anchura suplementaria en la calle de rodaje.

VELOCIDAD Km/h	RADIO DE LA CURVA m
16	15
32	60
48	135
64	240
80	375
96	540

tabla 5.36 Valores de Radio de Curvatura.

5.10.9 RADIO DE GIRO DE LA CALLE DE RODAJE Y ANCHURA SUPLEMENTARIA.

Después de haber encontrado la distancia en la intersección de la pista con la calle de salida, procedemos a encontrar los radios de giro, anchura suplementaria de la calle de rodaje, distancia entre ejes de pista y calles.

Se ha observado a través del tiempo y por experiencia que el diseño de la pista con la curva se tiene que hacer con el avión más crítico, en este caso DC-10; cuyo radio de giro es de 30 mts., y con distancia entre los ejes de calle de rodaje y apartadero de espera de 75 mts., como indica la tabla 5.37 del anexo 14 normas OACI (aeródromos).

Para obtener la anchura suplementaria utilizaremos las normas OACI, que se muestran en la tabla 5.35 según la clave del avión o por el siguiente procedimiento, teniéndose como datos:

- Anchura de la calle de rodaje (X) 60 pies
- Cambios de dirección de la calle de rodaje (A) 90°
- Radio de señalamiento de la calle de rodaje (R) 150 pies
- Margen de seguridad (S) 20 pies

La distancia obtenida según recomendación de la FAA., debe ser corregida incrementando 3 % por cada 305 mts. (1 000 ft) de altitud arriba del nivel del mar y 1.5 % por cada 10° F (15°C). Para efectos del trazo de las calles de salida, se supone que las aeronaves cruzan el umbral a un promedio de 1.3 veces la velocidad de desplome en la configuración de aterrizaje, con una masa bruta de aproximadamente el 85% del valor máximo.

Se pueden agrupar las aeronaves basándose en su velocidad al cruzar el umbral en un aeropuerto ubicado al nivel del mar; estos grupos son los siguientes:

Grupo A.- menos de 169 Km/h (91 kt)

Grupo B.- entre 169 Km/h (91 kt) y 222 Km/h (120 kt)

Grupo C.- entre 224 km/h (121 Kt) y 259 Km/h (140 kt)

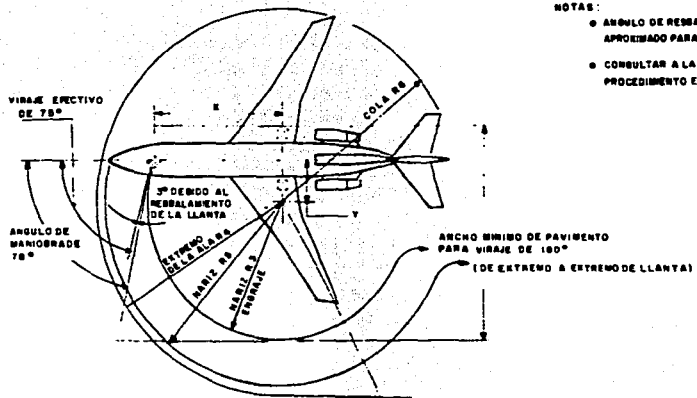
Grupo D.- entre 291 Km/h (141 Kt) y 306 Km/h (165 kts), aunque la velocidad máxima de cruce de umbral de las aeronaves actuales es de 282 Km/h (152 kt).

DISTANCIAS MINIMAS ENTRE EL EJE DE LA PISTA Y UN APARTADERO DE ESPERA
O PUNTO DE ESPERA EN RODAJE.

TIPO DE OPERACION A QUE ESTA DESTINADA LA PISTA	NUMERO DE CLAVE			
	1	2	3	4
Aproximación Visual	30 m.	40 m.	75 m.	75 m.
Aproximación que no es de precisión.	40 m.	40 m.	75 m.	75 m.
Aproximación de precisión de Categoría I.	60 m ^b	60 m ^b	90 m ^{a,b}	90 m ^{a,b}
Aproximación de precisión de Categorías II y III	—	—	90 m ^{a,b}	90 m ^{a,b}

- a: Si la elevación del apartadero de espera o del punto de espera en rodaje es inferior a la del umbral de la pista, la distancia puede disminuirse 5m. por cada metro de diferencia entre el apartadero o punto de espera y el umbral, a condición de no penetrar la superficie de transición interna.
- b: Esta distancia quizá tenga que incrementarse para evitar interferencias con las radioayudas en pistas de aproximaciones de precisión de Categoría III, el incremento puede ser del orden de 50 m.

E-1110
 17
 14
 10



- NOTAS:
- ANGULO DE REBALAMIENTO DE LA LLANTA DE 3° APROXIMADO PARA ANGULO DE VIRAJE (GIRO) DE 75°
 - CONSULTAR A LA AEROLINEA USUARIA PARA EL PROCEDIMIENTO ESPECIFICO DE OPERACIONES

CENTRO TEORICO DE VIRAJE PARA RADIO MINIMO DE 600 VIRAJE LENTO CONTINUO A TRACCION MINIMA DE TODOS LOS MOTORES NINGUN FRENADO ADICIONAL

		PARA UN ANGULO EFECTIVO DE VIRAJE DE 75°						
MODELO		R	V	A	B-3	B-4	B-5	R-6
727-100 -100C	PES-PULS	55-3	14-4	82-5	99-0	72-0	70-0	72-0
	M	1623	437	2515	188	219	213	219
727-200	PES-PULS	65-3	18-11	95-8	98-0	74-0	80-0	82-0
	M	1928	516	2816	201	228	244	25

FALLA DE ORIGEN

- Distancia entre el centro de viraje y el puesto de pilotaje . (D) 92 pies
- Anchura exterior entre las ruedas del tren de aterrizaje principal (a) 23 pies.

Estos datos se obtuvieron del apéndice I del manual del proyecto de aeródromos. Como también de los resultados ya obtenidos de la anchura de las calles de rodaje:

Solución:

$$\text{Relación } R/D = 150/92 = 1.63$$

Desviación máxima : de acuerdo nomograma 5.40*

$$27.3\% \text{ de } D \quad D = 0.273 \times 92 = 25 \text{ pies.}$$

Radio del filete (r)

$$R - (Y + 3/2 + 5) =$$

$$= 150 - (25 + 11.5 + 20) = 93.5 \text{ pies.}$$

Desviación máxima : En el tramo recto de la calle de rodaje.

$$X/2 (S + a/2) = 60/2 - (20 + 11.5) = 1.5 \text{ pies.}$$

En el nomograma siguiente figura 5.41 la desviación máxima "Y", equivale a un ángulo de esviaje de : 1.5° ; con el nomograma 5.42 obtenemos el ángulo de esviaje al final de la curva (utilizar A y R/D), igual a : 33° .

Los ángulos de esviaje "Y" se convierten a distancia recorrida a lo largo del eje recto de rodaje, por medio de la tabla y el nomograma 5.43* 1.5° equivale a una distancia L1 de 360 pies y 33° a una distancia L2 de 60 pies.

La diferencia L3 entre L1 y L2, es la distancia que debe recorrer el puesto de pilotaje para reducir el ángulo de esviaje de 33° a 1.5° ; por lo tanto: $L3 = 300$ pies.

La distancia a la que se encuentra el centro del tren de aterrizaje principal más allá del final de la curva (Pt), se obtiene restando de L3 la distancia entre el centro del esviaje y el puesto de pilotaje (D): $300 - 90 = 210$ pies.

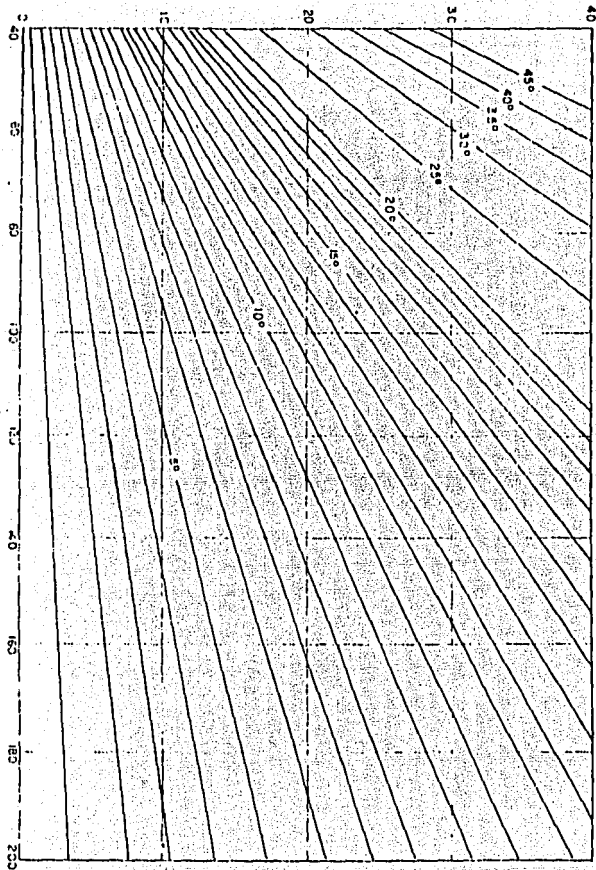


Figura 5.41 Distancia entre trenes de aterrizaje

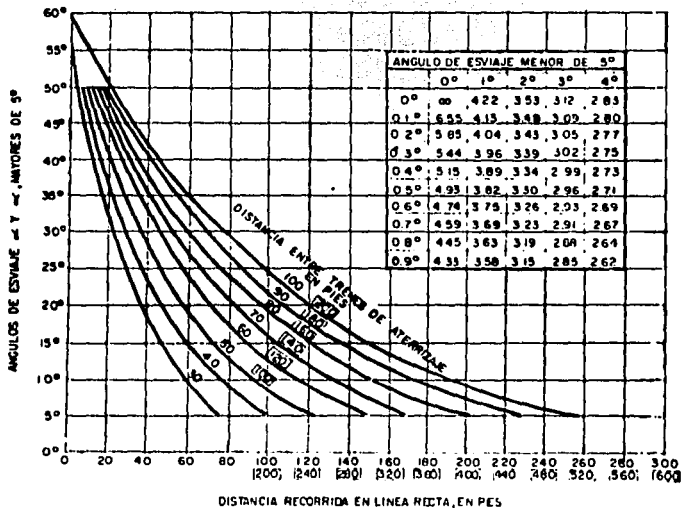


Figura 5.42. Transformación de los trapezoides en desviación a distancia recta.

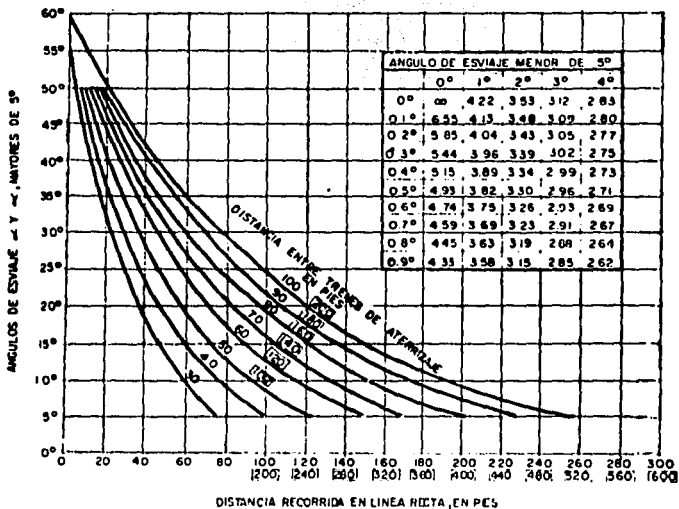


Figura 5.42 Transformación de los ángulos de esvaje a distancia recta.

5.11 EMLAZAMIENTO

La selección del o de los emplazamientos más prácticos para las calles de salida rápida, deben ajustarse a los requisitos generales de planificación, teniendo en cuenta otros factores. Como por ejemplo:

- Ubicación de la terminal o del área de plataforma.
- Ubicación de las pistas o de sus salidas.
- Optimización de la afluencia de tráfico dentro del sistema de calles de rodaje con respecto a los procedimientos de control de tráfico.
- Evitar desvíos innecesarios para el rodaje de aeronaves.

En las figuras 5.44 y 5.45 se muestran algunos trazos que se utilizan en las calles de salida rápida; para pistas de número de clave 3 ó 4, el señalamiento del eje de la calle de rodaje comienza a 60 mts., del punto de tangencia de la curva central (de salida) y se desvía 0.9 mts., para facilitar al piloto que reconozca el comienzo de la curva. Para pistas de número de clave 1 ó 2, el señalamiento del eje de la calle de rodaje comienza a 30 mts., desde el punto de tangencia de la curva central de salida.

La calle de salida rápida debe diseñarse con un radio de curva de viraje de por lo menos:

550 mts., cuando el número de clave sea 3 ó 4.

275 mts., cuando el número de clave sea 1 ó 2.

Para permitir velocidades de salida con pistas mojadas de:

93 Km/h (50 Kt) cuando el número de clave sea 3 ó 4.

65 Km/h (30 Kt) cuando el número de clave sea 1 ó 2.

Este tipo de calles debe incluir una recta después de la curva de viraje suficiente para que las aeronaves que salgan puedan detenerse totalmente, fuera de la intersección de la calle de rodaje y no debe ser inferior a las distancias siguientes cuando el ángulo de intersección es de 30°

NUMERO DE CLAVE 1 6 2

NUMERO DE CLAVE 3 6 4

35 mts.

75 mts.

Las distancias anteriores se basan en el régimen de desaceleración que es de 0.76 m/s^2 a lo largo de la curva de viraje y de 1.52 m/s^2 , a lo largo de la calle. El ángulo de intersección de una calle de salida rápida con la pista, no debe ser mayor a 45° ni menor de 25° , preferentemente debe ser de 30° .

5.12 SUPERFICIE DE ENLACE

En base a las distancias mínimas especificadas en la tabla 5.35 en algunos casos es necesario proporcionar pavimento complementario en las curvas de las calles de rodaje y en las intersecciones de éstas, para evitar que el tren principal de la aeronave salga de la calle al momento de efectuar el viraje. A esta área suplementaria se le denomina "anchura suplementaria de la calle de rodaje" y a la unión o intersección de una calle de rodaje con una pista, plataforma u otra calle de rodaje, se le denomina "superficie de enlace", en ambos casos la resistencia del pavimento debe ser la misma que en la calle de rodaje.

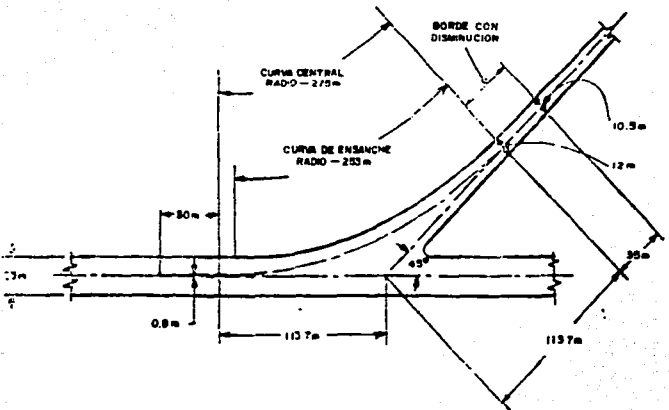
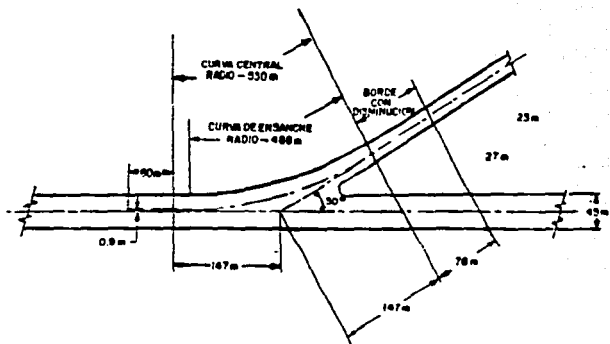


Figura 5.4d. Trazado de las calles de salida hacia el sur de la zona de origen.

FALLA DE ORIGEN



5.12.1 METODO PARA EL CALCULO DE SUPERFICIE DE ENLACE

Algunos metodos para el cálculo de la superficie de enlace son:

- a) Simulación de los movimientos de las aeronaves, empleando una maqueta.
- b) Cálculo matemático de la superficie de enlace.
- c) Empleo de gráficos establecidos que proporcionan satisfactoriamente una aproximación de la trayectoria seguida por el centro del tren de aterrizaje.

Estos métodos están destinados principalmente a determinar la trayectoria del tren de aterrizaje; Cualquiera que sea el método que se utilice, servirá para proyectar la superficie de enlace, es necesario que en primer término; establecer la trayectoria del centro del tren de aterrizaje.

- a) Simulación con maqueta.- Es necesario emplear una escala razonablemente grande (por ejemplo 1/250) y debe estar bien construida para impedir errores excesivos cuando se transfieren las trayectorias logradas a un tamaño mayor.
- b) Cálculo matemático.- El proceso es bastante complicado y el grado de precisión que se obtiene excede del requerido para los trabajos reales de construcción de las superficies de enlace.
- c) Empleo de gráficos.- Como alternativa práctica del cálculo matemático, puede obtenerse con facilidad un resultado muy aproximado con el empleo de gráficos establecidos. Este método requiere un cálculo mínimo para una aplicación específica; dependiendo de su forma, estos gráficos pueden emplearse para todo tipo de aeronave y adaptarse en particular.

5.13 MARGENES Y FRANJAS DE LAS CALLES DE RODAJE

Un margen es una zona cerrada al borde de la superficie pavimentada, diseñada de tal forma que proporciona una transición entre el pavimento y esa superficie, los fines principales por lo que se realiza un margen en la calle de rodaje es el de prevenir que los motores de reacción sobresaliendo en un voladizo mas allá del borde de la pista, absorban piedras u otros objetos que puedan producir daños al motor y el prevenir la erosión del area cercana a la calle de rodaje.

Una franja de la calle de rodaje es una zona que incluye a una calle de rodaje destinada a proteger a una

aeronave que esté operando en ella y a reducir el riesgo de daño en caso de que accidentalmente se salga de esta. La tabla 5.35, indica las anchuras que deben tener los márgenes y franjas de calles de rodaje. La superficie del margen del pavimento en la calle de rodaje, debe estar nivelada con la superficie de ésta, en tanto que la superficie de la franja debe estar nivelada con el borde de la calle de rodaje o el margen si existe.

5.13.1 TRATAMIENTO

El tipo de superficie de márgenes laterales de las calles de rodaje, depende de las condiciones locales tomando en cuenta los métodos y costos de mantenimiento, en tanto que una superficie natural (por ejemplo pasto): puede ser suficiente en ciertos casos, en otros, puede que se necesite un superficie artificial.

En los casos en que el terreno sea fino y sin resistencia es recomendable adherir a la superficie un tipo de material estable cohesivo, para así protegerlo de la erosión natural y la ocasionada por el chorro de gases; se recomienda que dicho material tenga un índice de plasticidad de dos o más, pero si el área es usada con frecuencia por vehículos terrestres, será necesario un índice de plasticidad más elevados, siendo adecuado para estas condiciones, un valor de 6 ó más.

Debe existir un buen drenaje superficial en estas áreas si el equipo se mueve sobre ellas, ya que este tipo de superficie se ablandará cuando existan charcos; debe dedicarse especial atención a los suelos cohesivos y de gran plasticidad que experimenten más de un 5% de retracción. En estos suelos, es importante que existan un buen drenaje pues se vuelven extremadamente blandos cuando están húmedos, cuando están secos se agrietan y están sujetos a mayores fuerzas asconcionales.

5.14 APARTADERO DE ESPERA Y OTRAS CALLES DE DESVIACION

En los aeropuertos en que sea reducida la actividad (menos de 50,000.00 operaciones al año aproximadamente), normalmente es escasa la necesidad de alterar el orden de salida. Sin embargo cuando sea elevada la actividad, los aeropuertos con calles de rodaje simples y sin apartaderos de espera ni otras calles de desviación, no se proporcionan a las dependencias de control de tránsito, oportunidad de modificar el orden de salida una vez de las aeronaves de que se trate han abandonado la plataforma.

En particular, en aeropuerto con grandes zonas de plataformas con frecuencia suele ser difícil, conseguir que las aeronaves abandonen las plataformas de la forma que lleguen al final de la pista en la secuencia requerida por las dependencias de servicio de tránsito aéreo.

Los apartaderos de espera u otras calles de desviación, permiten:

- a) Demorar la salida de ciertas aeronaves debido a circunstancias imprevistas sin imponer retrasos a las aeronaves que lo siguen.
- b) Que las aeronaves realicen verificaciones del altímetro antes del vuelo, el ajuste y programación de los sistemas de navegación inercial cuando eso no sea posible en plataformas.
- c) Efectuar pruebas de los motores en los casos de aeronaves de motor de émbolo o utilización como punto de verificación del VOR.

5.14.1 TIPOS DE CALLES DE DESVIACION

En general, las características de las calles de rodaje permiten que una aeronave adelante a otra que la precede. Estas calles pueden dividirse en tres tipos:

- a) Apartaderos de espera.- Área definida en la que puede detenerse una aeronave para esperar o dejar pasar a otras; en la figura 5.46, muestra algunos ejemplos de configuraciones de apartadero de espera y la figura 5.47, muestra un ejemplo detallado de apartadero de espera, situado en el punto de espera.
- b) Calle de rodaje doble.- Una segunda calle de rodaje paralela normal; la figura 5.48, muestra algunos ejemplos de este tipo de calle.
- c) Entrada doble de pista.- Una duplicación de la entrada a la calle de rodaje la figura 5.49 presenta algunos ejemplos.

Si se hace uso de un apartadero de espera, las aeronaves pueden despegar basándose en sus prioridades para el despegue, en cualquier orden. La disponibilidad de un apartadero de espera, permite que salga y vuelva a entrar independientemente en la corriente de tránsito de salida.

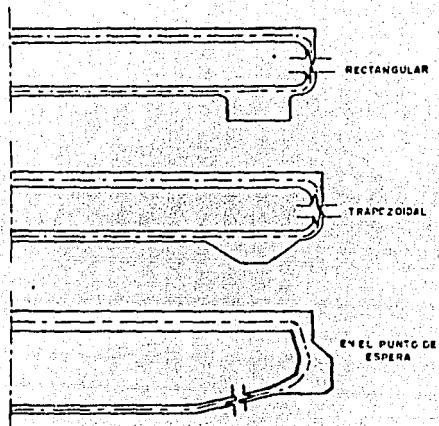


Figura 5.4. Ejemplo de configuraciones de Apertaderos de espera.

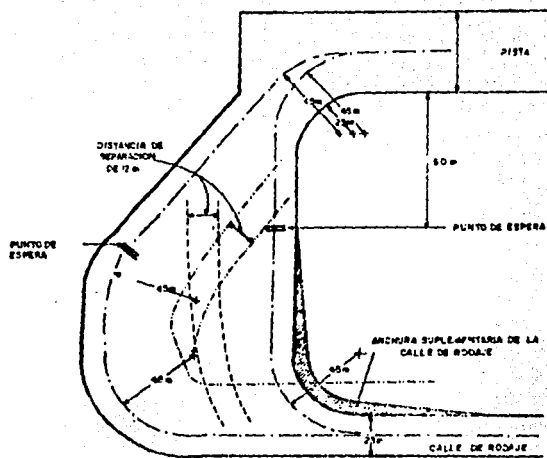


Figura 5.47 Esquema detallado de apartaderos de espera.

En la figura 5.47 se muestra un ejemplo detallado de la superficie de pavimento para un apartadero de espera. Este trazo corresponde a una pista de aproximación de precisión en que el número de clave es de 3 ó 4 e incluye un margen de separación de 12.00mt., entre los extremos de las alas. Las calles de rodaje o calles de desviación, solo pueden alcanzar prioridad de salida relativa dividiendo la corriente de tránsito de salida en dos partes. Las calles de desviación pueden construirse a un costo relativamente bajo, pero sólo ofrecen escasa flexibilidad para alterar el orden de salida.

Una calle de rodaje doble de longitud completa, es la variante más costosa y solo puede estimarse en aeropuertos de mucha actividad, donde es clara la necesidad del movimiento bidireccional del tránsito paralelo a la pista.

Esta necesidad surge cuando el terreno a lo largo de la calle de rodaje se destina a la construcción de plataformas de la terminal de pasajeros o a otras funciones que originan movimientos de aeronaves en el sentido opuesto a la corriente de salida.

La utilización de entradas dobles combinadas con calles de rodaje dobles, ofrecen también un grado de flexibilidad equiparable al obtenido con un apartadero de espera bien proyectado; las entradas sesgadas permiten la entrada a cierta velocidad, pero hace que sea más difícil para la tripulación ver las aeronaves que se aproximan a aterrizar y debido a la superficie pavimentada de mayor dimensión que se necesita resulta más costosa.

FALLA DE ORIGEN

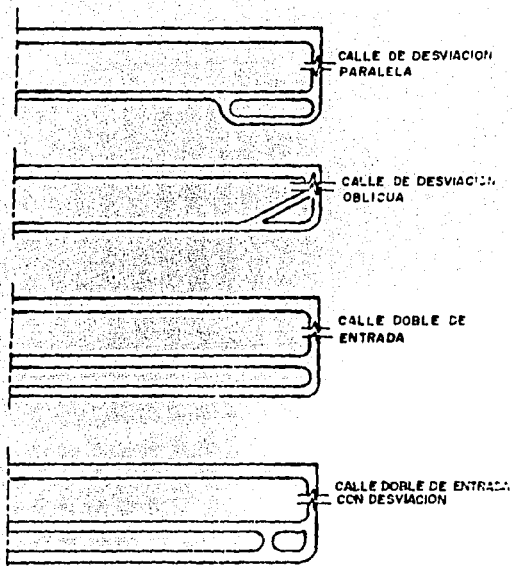


Figura 5.42 Ejemplos de calle de racaje oblicuas.

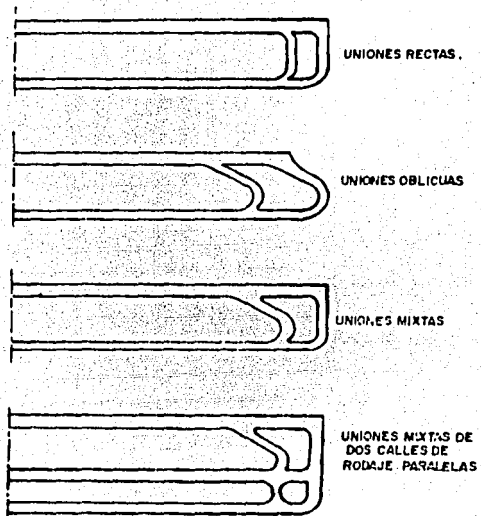


Figura 5.49 Ejemplos de entradas dobles a la pista.

5.14.2 REQUISITOS Y CARACTERISTICAS COMUNES DE TRAZO

Independientemente del tipo de calles de desviación utilizado, debe mantenerse la separación mínima de eje a eje entre calles de rodaje de pistas, según se precisa para el tipo de pista que se utiliza. El costo de construcción de cualquier calle de desviación, está directamente relacionado con la superficie de pavimento nuevo según sea necesario; además puede originarse costos indirectos resultantes de las interrupciones del tránsito aéreo durante el periodo de construcción.

El trazo elegido debe suministrar, por lo menos una entrada al comienzo de la pista utilizada para el despegue, de manera que aquellas aeronaves que necesitan todo el recorrido del despegue disponible puedan entrar fácilmente en posición para el despegue sin perder parte de la longitud de pista.

5.14.3 DIMENSIONES Y EMPLAZAMIENTO DE LOS APARTADEROS DE ESPERA.

El espacio necesario para un apartadero de espera, depende de la cantidad de lugares para aeronaves que se han de proporcionar, del tamaño de aeronaves a ubicar y de la frecuencia de su utilización. Las dimensiones deben permitir suficiente espacio entre las aeronaves para permitirles la maniobra independientemente; la distancia mínima de separación entre los extremos de las alas de una aeronave estacionada y otra que se desplace a lo largo de la calle de rodaje, no debe ser inferior a las siguientes:

LETRA CLAVE	DISTANCIA DE SEPARACION ENTRE LOS EXTREMOS DE LAS ALAS.
A	4.50 mts.
B	5.25 mts.
C	7.50 mts.
D o E	12.00 mts.

Cuando se utilice de manera que permita una secuencia de salida flexible, la ubicación más ventajosa para un apartadero de espera es un punto que se encuentre cercano a la calle de rodaje que se utilice al extremo de la pista; son satisfactorios otros emplazamientos a lo largo de la calle de rodaje para las aeronaves que efectúen verificaciones previas al vuelo; de los motores, o bien como punto de espera para aeronaves que aguardan el permiso de salida.

5.14.4 CRITERIOS RELATIVOS A LA UBICACION DE APARTADEROS DE ESPERA EN RELACION CON LA PISTA.

La distancia entre un apartadero de espera y el eje de un pista, debe estar a corde con la tabla 5.50 y en el caso de una pista de aproximación de precisión, será suficiente para que una aeronave en espera no perturbe el funcionamiento de las radioayudas; a elevaciones superiores a 700 mts, (2 300 ft.), la distancia se especifica en la tabla 5.50 para una pista de aproximación de precisión de número de clave 4, deberá de aumentarse del modo que se indica a continuación:

- a) Hasta una elevación de 2 000 mts., un metro por cada 100 en exceso de 700 mts.
- b) Una elevación en exceso de 2 000 mts., y hasta 4 000 mts., 13 mts, más 1.5 mts., por cada 100 mts., en exceso de 2000 mts.
- c) Una elevación en exceso de 4 000 mts., hasta 5 000 mts., 43 mts., más 2 mts., por cada 100 mts., en exceso de 4 000 mts.

Si la elevación de un apartadero de espera para pista de aproximación de precisión de número de clave 4, es superior a la del umbral de la pista, la distancia de 90 mts., que se indica en la tabla 5.50 debe aumentarse otros 5 mts., por cada metro de diferencia de elevación entre el apartadero y el umbral.

Tipo de maniobra a que está destinado el P.I.C.	NUMERO DE CLAVE			
	1	2	3	4
Aproximación visual	30 m.	40 m.	75 m.	75 m.
Aproximación por instrumentos	40 m.	40 m.	75 m.	75 m.
Aproximación por instrumentos categoría I	60 m.	60 m.
Aproximación por instrumentos categoría II y III	90 m.	90 m.

Tabla 5.50 Distancias mínimas entre el eje de la pista y un apartadero de espera.

CAPITULO VI

RECOMENDACIONES

6.1 CONSIDERACIONES BASICAS

Se ha observado que no existe un método rápido o abreviado para analizar la resistencia de los pavimentos; el espesor de éste y sus componentes sólo constituyen uno de los factores que se analizaran, así como también las características locales, climáticas, topográficas, cimentación, la calidad de los materiales y los métodos de construcción. Estos elementos son esenciales para hacer una correcta evaluación, que además debe comprender las siguientes investigaciones:

a) Se debe hacer un examen detallado del estado de los pavimentos existentes en el cual se encuentre la forma en que éstos se comportan bajo el tránsito. Representar exactamente en un plano todas las zonas de falla e indagar cuales son sus causas; es muy importante distinguir el tipo de falla, ya sea debida al tránsito, carga, al clima, drenaje, o deficiencia de los materiales, así como la mano de obra defectuosa.

b) Realizar una investigación del suelo completa, a fin de observar las variaciones importantes en su estructura, cambios de contenido de humedad, capas que retengan el agua, nivel de aguas freáticas, y otros datos similares.

c) Deben efectuarse pruebas de laboratorio adecuadas tanto en el terreno como de laboratorio, para evaluar los cimientos, así como los componentes del pavimento.

d) Se debe hacer un estudio de las características de drenaje del terreno, para comprobar si han de tomarse medidas correctivas antes de emprender el trabajo de reparación.

e) Realizar un análisis de todos los antecedentes del tránsito en el aeropuerto, tanto para lo referente al peso de las aeronaves, como para el número de operaciones asociadas con la densidad del tránsito en la zona que se estudia, relacionándolo debidamente con la actuación del pavimento.

f) Evaluar la calidad de los materiales del pavimento y la honddad de los métodos y procedimientos de construcción, para determinar el grado de conformidad con las normas y especificaciones.

FALLA DE ORIGEN

El estudio del suelo no se limita a los terrenos descubiertos por los trabajos de nivelación, ni forzosamente a la zona del aeropuerto; se debe investigar los lugares de origen de los materiales disponibles en la zona, tales como las canteras de préstamo.

Puede ser necesario hacer perforaciones y cortes a cielo abierto para efectuar ensayos de resistencia in situ, obteniendo así, muestras no perturbadas de los diferentes estratos del terreno; teniendo cuidado de tomar muestras representativas y no una mezcla descuidada.

6.2 ENSAYOS DE LA ZONA DE TRABAJO

Deben hacerse ensayos de suelo en el lugar y en el laboratorio. La American Society for Testing of Materials, ha preparado métodos completos y detallados para realizar ensayos del terreno.

Los ensayos de las muestras se identifican generalmente mediante términos que nos indican las características del suelo, que las pruebas han de revelar.

A continuación se indican los terminos que identifican los ensayos que se consideran como requisito mínimo o básico para el pavimento de los aeropuertos, con sus asignaciones ASTM y una breve explicación:

a) Preparación en seco de muestras del terreno para análisis granulométrico y determinación de las constantes del terreno (ASTM-D-421) o preparación en húmedo de muestras de suelo para análisis granulométrico y determinación de las constantes del terreno (ASTM-D-2217).

b) Análisis granulométrico de las muestras (ASTM-C-422), proporciona una determinación cuantitativa de la distribución de los tamaños de las partículas en el terreno.

c) Límite de plasticidad del terreno (ASTM-D-424), se define como el contenido mínimo de humedad al cual una muestra pasará del estado semisólido al estado plástico. Cuando el contenido de humedad es superior al límite plástico, se presenta una caída brusca en la estabilidad del suelo.

d) Límite líquido del terreno (ASTM-D-423), es el límite líquido de un terreno, se define como el contenido mínimo de humedad al cual una muestra pasa del estado plástico al estado líquido; estado líquido se define como el estado en el cual la resistencia al cizallamiento. La muestra es tan escasa que una pequeña fuerza la hará fluir.

e) Índice de plasticidad del terreno (ASTM-D-424), diferencia numérica entre el límite de plasticidad y el límite líquido; indica la gama de contenido de humedad sobre la cual un suelo queda en estado plástico antes de pasar al estado líquido.

f) Relaciones de humedad-densidad del terreno (ASTM-D-698, D-1557) para fines de control de compactación durante la construcción; se debe llevar a cabo ensayos para determinar las relaciones humedad-densidad, de los diferentes tipos de terrenos.

1. Los pavimentos diseñados para aeronaves cuyo peso es de 30 000 lb (13 000 kg.) o más, utilícese el método ASTM-D-1557.

2. Para los pavimentos diseñados para servir a las aeronaves con un peso inferior a 30 000 lb. (13 000 KG), utilizar, ASTM-D-698.

6.2.1 ENSAYOS COMPLEMENTARIOS

A continuación se presentan algunos de estos ensayos.

a) Factores de contracción de los terrenos (ASTM-D-427), puede requerirse este ensayo en las zonas en que pudiera encontrarse suelos sometidos a hinchamiento.

b) Permeabilidad de los terrenos granulares (ASTM-D-2434), puede ser necesario efectuar este ensayo para contribuir al cálculo de avenamiento subterráneo.

c) Determinación del material orgánico en los terrenos por combustión en húmedo (AASHTO-194). Puede ser necesario efectuar este ensayo en las zonas en que se encuentren o se sospeche la existencia de bolsones profundos de material orgánico.

d) Índice de resistencia de suelos compactados en laboratorio (ASTM-D-1883). Se utiliza este ensayo para asignar un valor al índice de resistencia California (CBR), a los terrenos de construcción que han de utilizar en el cálculo de los pavimentos flexibles.

e) Módulo de reacción del terreno (AASHTO-222). Este ensayo se utiliza para determinar el módulo de reacción K del terreno, para utilizar en el cálculo de los pavimentos rígidos.

6.3 SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACION DE LOS SUELOS.

El método normalizado de clasificación de terrenos para fines técnicos es la norma ASTM-D-2487 y se le designa comúnmente como sistema unificado. El propósito principal en la determinación de la clasificación de los suelos es que se pueda predecir el posible comportamiento del terreno. El sistema unificado clasifica los terrenos primeramente a base del tamaño del grano, y establece posteriormente subgrupos de terreno sobre las constantes de plasticidad.

La división inicial de terrenos se basa en la separación de terrenos de grano grueso y grano fino en terrenos de alto contenido orgánico. La distinción entre terrenos de grano grueso y de grano fino se determinará según la cantidad de material retenido en la criba número 200. Los terrenos de grano grueso se subdividen en grava y en arena, a base de la cantidad de material retenido en la criba número 4. La grava y la arena se clasifican entonces de acuerdo con la presencia o ausencia de material fino. Los suelos de grano fino se subdividen en dos grupos, a base del límite líquido; se establece una división a parte de suelos de alto contenido orgánico, para los materiales que generalmente no son adecuados para fines de construcción. En la clasificación final de los suelos el material se subdivide en 15 grupos diferentes.

A continuación se indican los símbolos de estos grupos y una breve explicación de cada uno de ellos:

- a) GM.- gravas homogéneas y mezclas gravas-arena, con poco o ningún fino.
- b) GP.- grava no homogénea y mezclas grava-arena, con poco o ningún fino.
- c) GM.- arcillas limosa, mezclas grava-arena-limo.
- d) GC.- grava arcillosa, mezclas grava-arena-arcilla.
- e) SW.- arenas homogéneas y arenas con grava, poco o ningún fino.
- f) SP.- arena no homogénea y arena con grava, poco o ningún fino.
- g) SM.- arena limosa, mezclas arena-limo.
- h) SC.- arena arcillosa, mezclas arena-arcilla.
- i) ML.- limo inorgánico, arena muy fina, polvo de roca, arena fina limosa o arcillosa.

j) CL.- arcilla inorgánica de plasticidad baja o mediana, arcilla con grava, arcilla limosa, arcilla pobre.

k) OL.- limo orgánico y arcilla limosa orgánica de baja plasticidad.

l) MH.- limo inorgánico, arena fina micacea o diatomácea o limo, limo plástico.

m) CH.- arcilla inorgánica de alta plasticidad, arcilla grasa.

n) OH.- arcilla orgánica de plasticidad media alta.

o) PT.- turba, barro y otros suelos muy orgánicos.

El criterio para la clasificación final se basa en la tabla 6.1. como en la figura 6.2 y son aplicables tanto a los suelos de grano grueso como de grano fino.

En el organigrama número 6.3 se detalla el proceso de clasificación de los suelos, que incluyen los pasos necesarios para clasificar los suelos de acuerdo con la ASTM-D-2487.

Ejemplo.- Supongamos una muestra de suelo que tenga las características siguientes que se clasifiquen de acuerdo con el sistema unificado.

Porcentaje que pasa la criba número 200	98%
Límite líquido en el material menos 40	30%
Límite plástico en el material menos 40	10%

Solución

Sobre la línea "A", ver figura 6.2, el suelo se clasifica como CL, arcilla pobre o de plasticidad baja o mediana. La tabla 6.4* indica que el material sería de valor aceptable o insuficiente, como cimiento sin estar sujeto al efecto de las heladas. La posibilidad del efecto de la helada es de mediana o alta.

DIVISIONES PRINCIPALES		SIMBOLOS DE GRUPOS	
Suelos de grano grueso: más del 50% retenido en la criba Núm. 200 ✓	Grava 50% o más de la fracción gruesa retenida en la criba Núm. 4	Grava limpia	GW GP
		Grava con finos	GM GC
	Arena menos del 50% de la fracción gruesa retenida en la criba Núm. 4	Arenas limpias	SW SP
		Arena con finos	SM SC
Suelos de grano fino: 50% o menos retenido en la criba Núm. 200 ✓	Limas y arcillas Límite líquido 50% o menos	ML	
		CL	
		OL	
	Limas y arcillas Límite líquido superior al 50%	MH	
		CH	
		OH	
Suelos muy orgánicos		PT	

✓ A base del material que pasa por la criba de 3 pulg. (75 mm).

Figura 3.1 Clasificación de terrenos para aplicaciones de pavimentos de aeropuertos.

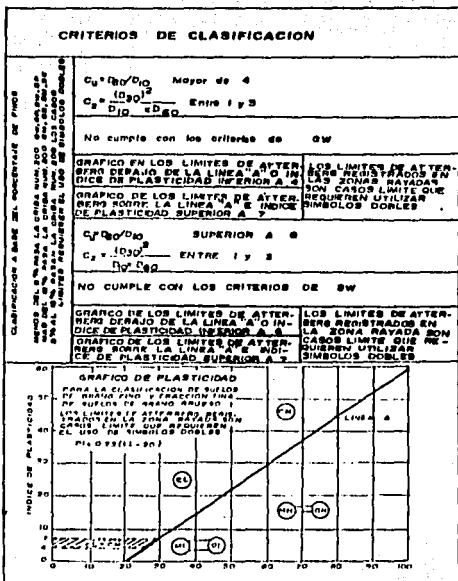


Figura 5.2 Criterios de clasificación de los suelos.

6.3.1 ENSAYOS DE RESISTENCIA DEL TERRENO

La clasificación de terrenos para fines técnicos proporciona un indicio del comportamiento probable del terreno como construcción para el pavimento; sin embargo esta indicación del comportamiento puede ser diferente del previsto debido a varias razones, tales como grado de compactación, de saturación, altura del terreno de recubrimiento, etc. La posibilidad de predecir incorrectamente el comportamiento del terreno puede eliminarse ampliamente midiendo la resistencia del terreno. La resistencia de los materiales que se utilizan en las estructuras de pavimentos flexibles se mide según el índice de penetración California (CBR). Los materiales que se utilizan en las estructuras de pavimentos rígidos se ensayan según el método de placa de carga. Cada uno de estos ensayos se explican con mayor detalle a continuación.

6.3.2 INDICE DE PENETRACION CALIFORNIA

El ensayo CBR consiste en medir la fuerza necesaria para producir una penetración dada en el material que se ensaya para compararla con la fuerza requerida para producir la misma penetración en una caliza machacada normalizada. El resultado se expresa como relación de las dos fuerzas. Por lo tanto, un material con valor CBR de 11 significa que el material en cuestión ofrece un 11% de la resistencia a la penetración, comparada con la que ofrece la piedra machacada normalizada. Los ensayos CBR en el laboratorio deberán llevarse a cabo de acuerdo con la norma ASTM D-1557, Bearing Ratio of Laboratory-Compacted Soils; los ensayos CBR realizados en el terreno deberán llevarse a cabo de acuerdo con los procedimientos del Manual Series No. 10 (MS-10), por The Asphalt Institute.

a) Los ensayos CBR en laboratorio se lleva a cabo con materiales extraídos del lugar y remoldados a la densidad que se obtendrá durante la construcción. Las muestras se impregnan durante cuatro días para permitir que el material alcance la saturación. Se utiliza un ensayo CBR saturado para simular las condiciones que es probable que ocurra en un pavimento que ha estado en servicio durante cierto tiempo. Los dimientos del pavimento tienden a alcanzar una saturación prácticamente completa después de unos tres años. Los cambios estacionales en la humedad también determinan el uso de un valor de cálculo CBR saturado, ya que debe soportarse el tráfico durante períodos de alta humedad, tales como en la estación primaveral.

b) Los ensayos CBR realizados en el campo pueden proporcionar información sobre los cimientos que se encuentran tendidos de hace varios años. Los materiales deberían estar en el lugar durante un tiempo suficiente para permitir que la humedad alcance un estado de equilibrio. Un ejemplo de este estado es un terraplén que se haya construido y sobrecargado durante un periodo prolongado de tiempo antes de la construcción del pavimento.

c) Los ensayos CBR sobre materiales de grava son difíciles de interpretar; estos ensayos en el laboratorio, con frecuencia producen resultados CBR que son demasiado altos, debido a los efectos limitadores del molde. La asignación de valores CBR a los materiales de grava para el terreno pueden basarse en el criterio y la experiencia. La información que se da en la tabla 6.4* puede proporcionar una guía útil para seleccionar un valor CBR para el cálculo, en el caso de un suelo de grava. Sin embargo, la tabla 6.4* no debería utilizarse como la única fuente de datos. Se recomienda que el CBR máximo para el terreno de grava no estabilizada sea de 50.

d) El número de ensayos CBR necesario para establecer correctamente un valor de cálculo, no puede determinarse sencillamente. La variabilidad de las condiciones del terreno encontrados en el lugar ejercerán la mayor influencia sobre el número de pruebas necesarias. Como regla práctica aproximada, debe considerarse la realización de tres ensayos CBR en cada tipo principal de terreno. El estudio preliminar del terreno revelará los diferentes tipos de terrenos que se han de encontrar. El valor CBR de cálculo debe seleccionarse con un criterio prudente. La práctica, técnica usual para pavimentos consiste en seleccionar un valor que sea un diferencial normal.

6.3.3 ENSAYOS CON PLACA DE CARGA

Sirve para medir la capacidad de resistencia del cimiento. El resultado de este ensayo se expresa con un valor de K con las unidades de presión sobre la longitud. El valor K puede considerarse como la presión requerida para producir una deformación unitaria de una placa de carga en el cimiento del pavimento. Los ensayos con placa de carga deben llevarse a cabo de acuerdo con los procedimientos establecidos en la norma AASHTO-T-22.

a) El cálculo de pavimentos rígidos no es demasiado sensible al valor K . Un error en el establecimiento del valor K no tiene ninguna repercusión seria sobre el espesor normal del pavimento rígido. Los ensayos con placa de carga deben llevarse a cabo en el terreno mismo y lo más adecuado es realizarlos sobre secciones que se hayan construido según las condiciones de compactación y de humedad de cálculo. Se requiere una corrección del valor K para tener en cuenta la saturación, con el propósito de simular las condiciones de humedad que es probable encontrar en el pavimento en uso.

b) Los ensayos con placa de carga son relativamente costosos y, en consecuencia, es limitado el número de ensayos que puede llevarse a cabo para establecer un valor de cálculo. Por lo general, sólo puede llevarse a cabo dos o tres ensayos por cada característica del pavimento. El valor K de cálculo debe seleccionarse con un criterio prudente.

c) Las curvas de cálculo y evaluación de una pavimento rígido que se presentan, se basan en un valor K determinado por un ensayo con carga de placa estática, utilizando una placa de 30 pulgadas (762 mm.) de diámetro. La utilización de una placa de diámetro menor tendrá como consecuencia un valor K superior, que se representa en las curvas de cálculo y de evaluación.

d) Es recomendable llevar a cabo los ensayos con placa de carga en el terreno de construcción y ajustar los resultados para tener en cuenta el efecto de la capa de cimentación. La gráfica del anexo 5, muestra el aumento del valor K para diferentes espesores de la capa de cimentación, sobre un terreno de construcción dado. Los ensayos con placa de carga llevados a cabo en la parte superior de las capas de cimentación, pueden a veces producir resultados erróneos ya que la profundidad de influencia, debajo de una placa de carga de 30 pulg. (762 mm.), no es tan grande como la profundidad de influencia debajo de una losa cargada por el tren de aterrizaje de una aeronave, en este caso, una capa de fundación puede influir la respuesta de una placa de carga más que la respuesta de un pavimento cargado.

e) La determinación del valor K para las capas estabilizadas es un problema dificultoso; normalmente, hay que estimar el valor K. Se recomienda que el valor K se estime del modo siguiente; el espesor de la capa estabilizada debe multiplicarse por un factor que vaya desde 1.2 a 1.6 para determinar el espesor equivalente del agregado árido machacado homogéneo. El valor se encuentra en la gama de 1.2 y 1.6 y debe basarse en la calidad de la capa estabilizada, y en el espesor de la losa con relación al espesor de la capa estabilizada. A los materiales de alta calidad que se estabilizan con altos porcentajes de estabilizantes, se les debe asignar un factor equivalente que es mayor que en el caso de un material estabilizado de baja calidad. Para un espesor dado de pavimento rígido, una capa estabilizada de mayor espesor ejercerá una mayor influencia sobre el comportamiento del pavimento que una capa estabilizada delgada y en consecuencia se le deberá asignar un factor de equivalencia mayor.

f) Se recomienda no exceder en ningún cimiento el valor K de cálculo de 500 lb/pulg.³ (136 NM/m³.), la información que se presenta en la tabla 6.4* ofrece una orientación general en cuanto a los valores de K probables para varios tipos de terreno.

6.3.4 PRINCIPIO DE CALCULO DE PAVIMENTOS

El cálculo de pavimentos de aeropuertos es un problema técnico complejo que abarca un gran número de variables interdependientes. Las curvas de cálculo de pavimentos flexibles y un análisis de tensiones en los bordes de las juntas para los pavimentos rígidos. Estos procedimientos representan una modificación de los métodos de cálculo anteriores de la FAA y tendrán como consecuencia un pavimento de espesor ligeramente diferente. Debido a las variaciones de espesor, la evaluación de los pavimentos actuales deben llevarse a cabo empleando el mismo método que en el cálculo.

6.3.5 PAVIMENTOS FLEXIBLES

Las curvas de cálculo del pavimento flexible que se presentan, se basan en el índice de penetración California (CBR). El método de cálculo CBR es básicamente empírico; con todo el método ha sido objeto de numerosas investigaciones y se han preparado correlaciones fiables. Las configuraciones de los trenes se relacionan utilizando conceptos teóricos e igualmente datos preparados empíricamente. Las curvas de cálculo proporcionan el espesor total requerido de los pavimentos flexibles (superficie, firme y capa de cimentación) necesarios para soportar un peso dado de aeronaves sobre un terreno de construcción dado.

Las curvas muestran así mismo los espesores de superficie requeridos. Los espesores mínimos de la capa del firme se indican en una curva separada.

6.4 PRINCIPALES FALLAS QUE SE PRESENTAN EN PISTAS, PLATAFORMAS Y CALLES DE RODAJE EN PAVIMENTOS FLEXIBLES Y RIGIDOS.

La S.C.T. establece en sus especificaciones generales de construcción, normas de calidad las cuales, deben cumplirse estrictamente durante la elaboración y construcción de Pavimentos Flexibles. Con el mantenimiento que se le da a dichos pavimentos se pretende que mejore o se mantenga constante el servicio de los mismos, con el fin de brindar seguridad y confort en las operaciones de las aeronaves y la preservación del costo que se efectuó en la construcción del aeropuerto y sus instalaciones. En los pavimentos flexibles de aeropuertos se debe evitar la existencia de: baches, erosiones, oxidación de asfalto, corrimientos de la carpeta, corrimientos circulares, corrugaciones, disgregación o desmoronamiento, hundimientos o depresiones, canalizaciones, agujeros (loquedades), sangrado o afloramiento de asfalto, grietas transversales, grietas transversales, grietas longitudinales de orilla o de junta, grietas de reflexión, grietas de contracción, crecimiento de hierba, afloramiento de agua, agrietamientos tipo piel de cocodrilo, agrietamientos tipo mape, acumulación de caucho en la superficie.

Se debe corregir también el exceso de impregnación del caucho de los neumáticos en las zonas de contacto de las pistas.

Los índices de perfil (1) en pistas, deberán cumplir con lo siguiente:

Promedio General de la Pista30

Máximo Índice de perfil en un tramo de 160 mts.....30

En lo que se refiere a la resistencia del pavimento, el número de clasificación de cargas L.C.N (2), resistente, debe ser superior al L.C.N provocado por las aeronaves que operan en él.

(1) Valores que representan las ondulaciones e irregularidades del pavimento por medio del perfilógrafo tipo HVEEM.

(2) Valores para representar las diversas cargas con las que se diseñan las aeropistas de acuerdo al tipo de aeronave que se espera opere sobre estas.

FALLA DE ORIGEN

Quando se ha determinado el tipo de falla que presenta el pavimento es necesario que se elabore un análisis a consciencia para seleccionar adecuadamente los materiales y el método a seguir para la reparación de un pavimento flexible en aeropuerto, estos dos factores deben considerarse de acuerdo con las condiciones locales, aunque los trabajos de mantenimiento de pavimentos flexibles deben seguir siempre la misma secuencia.

Los defectos que se presentan en los pavimentos flexibles son el resultado de fallas estructurales por consolidación o corte desarrollados en la subrasante, sub-base, base o en la carpeta; por un drenaje defectuoso que vuelve críticas las condiciones de un trabajo de pavimento. La revisión visual de un pavimento deteriorado no es suficiente para determinar la causa de la falla, que éste presenta, por lo que es necesario hacer sondeos y efectuar las pruebas de los materiales, de las capas del pavimento y de la subrasante para obtener información cabal para que pueda ser utilizada en el análisis.

Es recomendable utilizar la viga Benkelmar que sirve para localizar las áreas del pavimento débiles, es decir, las que muestran una excesiva deflexión durante la prueba. Las áreas que presentan una deflexión excesiva pueden ser estimadas comparándolas con la deflexión promedio de las áreas con buen comportamiento.

Las principales fallas en pavimentos flexibles son las siguientes:

Los baches, depresiones o grietas son el resultado de una inadecuada compactación bajo el tráfico. Cuando hay una completa ausencia de grietas en y alrededor de las depresiones generalmente es una evidencia de que las depresiones son resultado de la compactación; en estos casos la estructura básica no ha sido dañada, de hecho ha sido mejorada y la única reparación necesaria es un reencarpetao de renivelación. Las grietas en las líneas de tráfico y depresiones son causadas por una deformación cortante (movimientos plásticos) en la base o en la subrasante.

En los pavimentos que presentan grietas formando espacios estrechos en una falla de piel de cocodrilo, ésta se debe a posibles deformaciones cortantes en la subrasante.

Si se presentan deformaciones cortantes, el material fallado tiene que ser removido y en algunas ocasiones reemplazado; cuando las áreas son muy grandes, entonces se podrá aumentar el espesor para prevenir sobre esfuerzos.

Cuando se presentan grietas longitudinales o transversales regularmente espaciadas y más o menos alineadas, la mayoría de las veces son el resultado de contracciones en éstos casos se requiere realizar sondeos exploratorios para determinar la naturaleza y la magnitud de la reparación requerida.

En los pavimentos flexibles es necesario llevar a cabo un programa de mantenimiento más intenso que para los pavimentos rígidos, esto se debe a que presente una mayor cantidad de fallas cuando están sujetos a un tráfico pesado. Por lo tanto es necesario un mayor cuidado para obtener los beneficios que este tipo de pavimentos puede aportar a un aeropuerto.

6.4.1 DESCRIPCIÓN DE PRINCIPALES FALLAS DE PAVIMENTOS FLEXIBLES.

EROSIÓN DEL PAVIMENTO.

El paso de los aviones a gran velocidad, el chorro de las turbinas son algunas de las causas que provocan en los pavimentos de concreto asfáltico erosiones, las cuales se manifiestan por el desprendimiento del material pétreo más superficial. Es determinante, para el desarrollo de esta falla, las condiciones de adherencia existentes entre el material pétreo y el asfalto.

Si se realiza una elaboración defectuosa del concreto asfáltico durante la construcción del pavimento, si se utilizan agregados pétreos hidrófilos o de poca afinidad con el asfalto; y efectos circundantes como derrames de combustible y lubricantes, son causas principales de que exista una pobre adherencia entre el material pétreo y el asfalto.

OXIDACIÓN DEL ASFALTO.

La característica principal de esta falla es la de un excesivo intemperismo del asfalto, ya sea por agentes meteorológicos o por el efecto del escape de los motores de turbina a altas velocidades y temperaturas. Cuando se presenta la oxidación del asfalto, ocasiona una falla de adherencia del producto asfáltico.

CORRIMIENTOS DE LA CARPETA.

Generalmente esta falla presenta un agrietamiento en forma de media luna, es provocada por la falta de adherencia entre la carpeta o capa superficial y la base o capa adyacente. La falta de adhesión es debida a impurezas tales como caucho, aceite, polvo agua y materiales no adhesivos, situados entre las 2 capas; o también puede deberse a falta de riego de liga durante la construcción del pavimento o a un exceso del contenido de arena en la mezcla, o bien a una compactación inadecuada durante su construcción.

CORRIMIENTOS CIRCULARES.

Frecuentemente se presentan en forma de una o varias grietas semicirculares, en aeropuertos donde el ancho de las pistas es insuficiente para poder realizar un viraje normal, por lo que el piloto tiene que hacer girar el avión sobre una de las piernas del tren de aterrizaje. Los aviones al realizar estos giros muy cerrados en la pista o plataformas en pavimentos que presentan poca capacidad para resistir estos esfuerzos de tensión provocan este tipo de corrimientos.

CORRUGACIONES

Se presentan en forma de movimiento o desplazamiento plástico de la carpeta asfáltica. Este tipo de falla se identifica por depresiones, ondulaciones y montículos de diámetro pequeño, sobre la superficie del pavimento. Las principales causas por las cuales se generan estas fallas son las cargas del tráfico que actúan sobre un concreto asfáltico de poca estabilidad; esta poca o nula estabilidad, se debe a un exceso de agregados finos, un exceso de asfalto en la mezcla, que las esquinas de esos agregados pétreos son lisos y redondos; es decir que no presentan trabazón mecánica, a un cemento asfáltico demasiado blando, a una excesiva humedad, o a la contaminación por aceites derramados en la superficie del pavimento, a la poca aereación al colocar la mezcla asfáltica elaborada con asfalto rebajado.

DISGREGACION O DESMORONAMIENTO.

Consiste en la separación de los agregados pétreos o de pequeños trozos de carpeta, se considera una falla de desintegración progresiva. Las causas que la originan son:

- 1) Sobrecalentamiento de la mezcla asfáltica.
- 2) Compactación insuficiente durante su construcción.
- 3) Colocación de la carpeta con climas adversos (épocas de heladas).
- 4) Utilización de agregados contaminados (sucios o desintegrables).
- 5) Falta de asfalto en la mezcla.

HUNDIMIENTOS O DEPRESIONES

Son pequeñas áreas de dimensiones limitadas: que en ocasiones presentan grietas en el perímetro que las delimita. En épocas de lluvia, se presenta el acumulamiento de agua en dichas depresiones, formando charcos que originan el acuaplaneo, poniendo en peligro las operaciones de los aviones. Este tipo de fallas al igual que las corrugaciones son ocasionadas por un sobre peso mayor para el que fue diseñado este tipo de pista; otra de las causas es la falta de compactación de las capas inferiores del pavimento o al asentamiento del terreno de cimentación.

Esto se presenta cuando los suelos se encuentran constituidos por arcillas con muy baja capacidad de soporte, la falla se puede presentar por el fluido del suelo de cimentación o abultamiento hacia los lados de la pista en cuestión.

Cuando existen asentamientos causados por fallas de alcantarillas o tuberías, éstas tienen que ser reparadas previamente a la rehabilitación de la pista lo cual requiere la completa remoción del pavimento. Si existen hundimientos acompañados de grietas, se deben realizar estudios, para determinar las causas y suprimir esas fallas; en estos casos es conveniente aplicar las remodelaciones.

CANALIZACIONES.

Se caracterizan principalmente por depresiones, que forman canales; se presentan generalmente en las huellas de las cargas. Este tipo de fallas son el resultado de la fijación o movimiento lateral de una o varias de las capas subyacentes provocado por el tráfico, suelen presentarse en pavimentos nuevos, dando a la carpeta asfáltica no se le ha realizado una buena compactación, o debido al movimiento plástico de concreto asfáltico que no tiene suficiente estabilidad para soportar el tráfico de los aviones.

AGUGEROS (OQUEDADES)

Falla de desintegración, presenta la figura de una cazoleta o cazuela de dimensión variable, la causa que provoca esta falla es que la carpeta tiene poca resistencia debido a la falta de asfalto en la mezcla, falta de espesor de la capa superficial de la carpeta, drenaje deficiente, exceso o falta de finos en la mezcla.

SANGRADO O AFLORAMIENTO DE ASFALTO.

Este tipo de falla se presenta generalmente en época de calor, consiste en la aparición de asfalto sobre la superficie del pavimento, la cual forma una película extremadamente lisa, en época de lluvia produce serios problemas, al reducirse el coeficiente de fricción. Las causas que producen este tipo de falla son:

- a) Una inadecuada construcción del sello.
- b) Un riego de liga o de impregnación excesivos.
- c) Excesos de asfalto en la mezcla asfáltica.
- d) Solventes que acarrear el asfalto a la superficie.
- e) Paso de las cargas del tráfico pesado, ocasionando compresiones en un pavimento con exceso de asfalto, forzándolo a que aflore a la superficie.

GRIETAS LONGITUDINALES DE ORILLA Y DE JUNTA.

Este tipo de falla se localiza generalmente a medio metro de la orilla del pavimento, entre dos franjas de carpeta o en las uniones entre la carpeta y el acotamiento. Las principales causas que originan este tipo de falla de soporte lateral, son un drenaje defectuoso en el acotamiento que ocasiona proceso de saturado, asentamientos del material cercano a la grieta, al clima frío, a contracciones por secado del suelo de cimentación, o a la vegetación cercana a la orilla del pavimento, a una débil unión entre dos franjas de construcción de la carpeta.

FALLA DE ORIGEN

GRIETAS TRANSVERSALES

Este tipo de grietas se presentan en la mayoría de los casos en pavimentos que son cruzados por tuberías y/o ductos, ya que provocan asentamientos aislados de la subrasante, base o sub-base. Grietas por secado de suelos arcillosos, se originan por movimientos generales y amplios del suelo de cimentación; quedan incluidas las que son originadas por movimientos tectónicos y las ocasionadas por fallas geológicas activas.

GRIETAS DE REFLEXION.

Este tipo de grietas se presentan en sobrecarpetas colocadas sobre pavimentos de concreto hidráulico, sobre bases estabilizadas con cemento o bien sobre carpetas de pavimento asfáltico; pueden ser transversales, longitudinales, poligonales o diagonales son reflejo de las grietas en la estructura del pavimento subyacente, ya que éstas no fueron reparadas debidamente y por tanto se reflejan en la nueva carpeta, son causadas por movimientos de tierra horizontales y/o verticales en el pavimento, por el cambio de temperatura, exceso de humedad que provoca contracciones y expansiones o pérdida de la misma en la subrasante con alto contenido de arcillas.

GRIETAS DE CONTRACCION.

Estas grietas son causadas por los cambios de volumen en las capas inferiores del pavimento o en la mezcla asfáltica, por un alto contenido de asfalto de baja penetración que afecta al agregado fino; se ha observado que la ausencia de tráfico apresura la aparición de estas grietas que se presentan generalmente en forma de grandes polígonos entrelazados, otro ejemplo de grietas de contracción son las ocasionadas por las marcas de pintura, ya que provocan diferentes absorciones térmicas en zonas pintadas con respecto a las no pintadas, este tipo de reacción se presenta solamente en ciertos pavimentos.

CRECIMIENTO DE YERBA Y AFLORAMIENTO DE AGUA.

En algunas pistas de aterrizaje, generalmente se presentan dos fallas muy particulares debido a ciertas condiciones, entre las que predominan el clima; afloramiento de agua através de la carpeta, esto debido a que la capa base se encuentra en exceso saturada de agua y cuando una carpeta tiene textura abierta, el agua aflora al paso del tráfico de aviones. Se presenta el caso de que la carpeta durante el proceso de construcción se le permita atrapar agua, la cual cuando se da el terminado final de impermeabilización no tendrá una salida facil.

Otras de las causas por las cuales se presenta este tipo de falla es el crecimiento de yerba dentro o a través de la carpeta ya que ésta puede tener textura muy abierta que permite la acumulación de humedad en oquedades interiores y por lo tanto favorece el crecimiento de yerba cuyas raíces provocan la desintegración de la carpeta y el afloramiento de las capas inferiores; en ambos casos el exceso de humedad dentro de la carpeta de rodamiento impide una correcta adherencia entre el asfalto y el agregado pétreo que sirve también de lubricante para el movimiento interno, el cual provoca la disgregación acelerada de toda la superficie de rodamiento.

AGRIETAMIENTOS TIPO PIEL DE COCODRILO.

Este tipo de grietas están interconectadas y presentan un espaciamiento entre una y otra, de aproximadamente 5 a 25 cm., aunque puede variar; cuando esta falla se hace presente con pequeños hundimientos nos indica que fue desde el punto de vista estructural inadecuado el pavimento para soportar ese tipo de cargas, es causado por deflexiones excesivas de la carpeta colocada sobre una subrasante, sub-base y/o base inestable, su atención debe ser inmediata ya que es considerada una falla progresiva que, de no ser atendida puede acabar a la carpeta disgregándola totalmente. La presencia de esta falla es en áreas limitadas, pero cuando se extiende en grandes áreas (mayores de 20 mts.) lo más probable es que la repetición de cargas que circulan por el pavimento haya excedido la capacidad del mismo.

AGRIETAMIENTOS TIPO MAPA

La causa que originan este tipo de fallas es idéntica a las grietas tipo piel de cocodrilo, con la única diferencia que la capa problema está mucho más profunda (subrasante). Se encuentran interconectados y forman polígonos de tamaños variados, desde 30 cm. hasta más de 1.0 mts.

ACUMULACION DE CAUCHO EN LA SUPERFICIE

La acumulación de caucho no es precisamente una falla pero es de suma importancia tratarlo, ya que entre otras muchas causas disminuye el coeficiente de fricción.

IRREGULARIDADES DE LA SUPERFICIE DEL PAVIMENTO QUE PROVOCA VIBRACIONES A LOS AVIONES.

Si la superficie de los pavimentos de una pista de aterrizaje no es uniforme, se provocan vibraciones en los aviones, durante el despegue o aterrizaje, ocasionando sobre-esfuerzos en la estructura del avión y en el pavimento, alteraciones en las lecturas de los instrumentos de abordaje e incomodidades para los pasajeros.

6.4.2 PRINCIPALES FALLAS EN PAVIMENTOS RIGIDOS.

Los pavimentos rígidos deben satisfacer durante su construcción las normas de calidad establecidas, también se prevé que el nivel de servicio de dichos pavimentos se mantenga constante y aún en ocasiones se mejore; todo esto para lograr un fin, ofrecer seguridad y confort en las operaciones de las aeronaves.

Es importante señalar que de ser posible se evite la desintegración del concreto, superficies con escamas o costras, astillamientos o desconchamientos, defectos en la superficie, grietas, hundimientos, y otras fallas más.

Los índices de perfil(1) en pistas tendrán los siguientes valores:

Promedio general de la pista..... 30

Máximo índice de perfil en un tramo de 150 mts..... 30

En lo referente a resistencia del pavimento, el número de clasificación de cargas (LCN)² resistente, debe ser superior al LCN provocado por las aeronaves que operan en él.

Las causas que originan las fallas de los pavimentos se pueden clasificar en 2 grupos básicos:

1. Deterioro o deficiencia del pavimento en sí, el cual es provocado por congelamiento y deshielo, uso de materiales poco curables, reacciones alcalinas de los agregados, escamas ocasionadas por el uso de sales cuando hay que remover hielo; la aleación impropia de las juntas, alabeados, movimientos rotatorios y esfuerzos de contracción y expansión.

2. Deficiencia en las estructuras de la base, subrasante o ambas; en éstos casos una sobrecarga puede ocasionar bombeo en el pavimento y flujo del material que forma la base, así como fallas en las esquinas y juntas de las losas que componen la pista.

6.4.3 DESCRIPCIÓN DE FALLAS, TRABAJOS CORRECTIVOS Y PREVENTIVOS.

DESINTEGRACIÓN DEL CONCRETO.

Este tipo de fallas se puede presentar debido al uso de materiales poco durables, aunado también a severas condiciones climáticas como deshielo y heladas frecuentes; además del poco o nulo aire incluido en el concreto.

Esta falla es progresiva y va cubriendo cada vez mayor superficie; si no se detiene en sus etapas iniciales, puede llegar al momento que el pavimento requiera la completa sustitución y por lo tanto demoler y reponer concreto hidráulico en el tramo fallado.

La presencia de ésta falla se manifiesta en sus inicios por grietas semicirculares del ancho de un cabello, que nacen en las juntas o en las orillas del pavimento; además se distingue de una falla estructural por lo antes dicho.

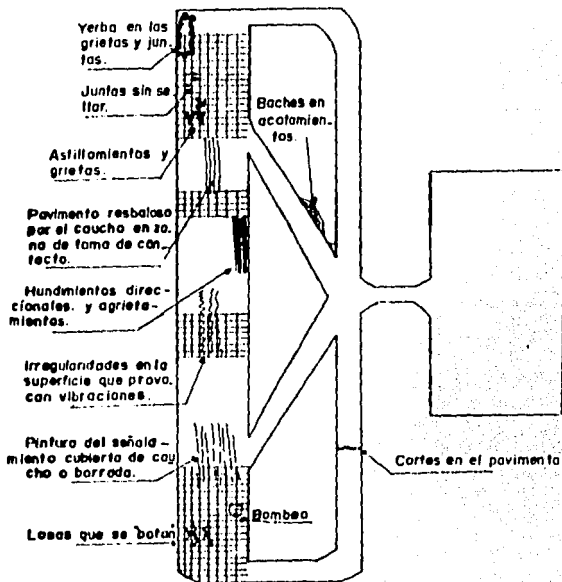
Para rehabilitar este tipo de fallas, se puede utilizar productos especiales como aditivos o adhesivos. Como solución provisional se acostumbra utilizar concreto asfáltico en el parche; en éste caso se requiere una capa de base perfectamente consolidada, que proporcione un espesor equivalente con igual capacidad para soportar las cargas del pavimento que la rodea; dichos parches pueden ser abiertos al tráfico en pocas horas, si se utilizan materiales apropiados y las capas que lo constituyen han sido construidas adecuadamente.

ESCAMAS Y DESCASCARAMIENTO

Las escamas en el pavimento rígido, pueden presentarse por varias causas; como la elaboración de mezclas con exceso de agua, impurezas y elementos contaminados en los agregados, sedimentos y arcillas que flotan en la superficie de la mezcla durante el colado y sales usadas para el control de la nieve (cuando esta se presente).

Las escamas se reconocen fácilmente y pueden indicar un deterioro general del concreto, sin embargo, desde el punto de vista estructural se ha encontrado que no causa graves problemas.

El uso de productos químicos para el control de hielo y nieve puede interferir en la capacidad estructural del pavimento después de algunos años de uso. Los pavimentos que tienen grandes superficies con escamas o contras, pueden ser reparados utilizando parches de concreto asfáltico o de mortero de cemento; generalmente se prefiere utilizar el primero. Cuando se utilizan materiales asfálticos para la reparación de las áreas con escamas o contras, si éstas son poco profundas, el procedimiento consiste en limpiar y eliminar todo material suelto y extraño de la superficie, sellar con una o más aplicaciones de mortero asfáltico. Si por el contrario ha ocurrido una excesiva formación de contras o escamas, con profundidades de 4 a 7.5 cm., puede ser necesario colocar una capa de base de mezcla asfáltica, además puede agregarse un tratamiento superficial de mortero asfáltico sobre el área requerida.



ASTILLAMIENTOS O DESCONCHAMIENTOS CERCANOS A LAS JUNTAS.

Estas fallas se deben a la infiltración del material petreo en las juntas, a una instalación inadecuada de los elementos encargados de la transferencia de carga entre losa y losa (pasajuntas), a un concreto poco resistente, al manejo poco preciso de colocación de cimbras durante la construcción.

Cuando se presente la infiltración del material petreo en las juntas de arriba, con frecuencia se tiene un sellado defectuoso. Esta falla es común en lugares donde los materiales existentes son en su mayoría arenosos y es el resultado de las grandes concentraciones de esfuerzos que ocasiona el material que ha invadido la junta y que por lo tanto impide los movimientos de expansión de la losa, haciendo más críticos los esfuerzos en el concreto debidos al paso de cargas entre losa y losa.

Los astillamientos debidos a la fijación de los pasajuntas generalmente se originan cuando éstos tienen un alineamiento o lubricación inadecuado, lo cual no permite la libre expansión y contracción de la losa. Desde el momento en que la barra de pasajuntas no tiene libertad de movimiento, aparece el astillamiento, debido a los esfuerzos cortantes resultantes de los ciclos de expansión-contracción.

Para proceder a la reaparición de los astillamientos o desconchamientos por medio de concreto hidráulico, es necesario eliminar previamente la causa que lo provocó; cuando la causa es la infiltración de material en las juntas es necesario limpiarlas, retirando el material de sellado defectuoso, y colocando el parche de concreto hidráulico; una vez que éste ha fraguado, se procede al sellado de la junta. Cuando la causa es la fijación de un pasajuntas, es necesario corregir previamente su mal funcionamiento, ya sea descubriendo y demoliendo el concreto necesario. En el área del astillamiento se debe remover el concreto cercano para formar un cajón con las orillas escuadradas y las paredes de éste lo más verticalmente posible; todo el concreto débil o fallado debe ser removido.

En seguida se limpia perfectamente el área con aire a presión y se impregna la superficie por reparar, de adhesivos a base de resinas epóxicas o polímeros; esto se hace con el fin de asegurar la unión entre el concreto viejo y el nuevo. Por otra parte, puede utilizarse un aditivo acelerante cuando se requiera poner el pavimento en servicio lo antes posible. Debe tenerse cuidado en respetar las dimensiones de la junta y de evitar que el concreto se adhiera a la losa contigua. Para terminar, debe darse a la superficie del parche un acabado similar al del pavimento viejo, cuidando de que su superficie quede al mismo nivel de la losa.

FALLA DE ORIGEN

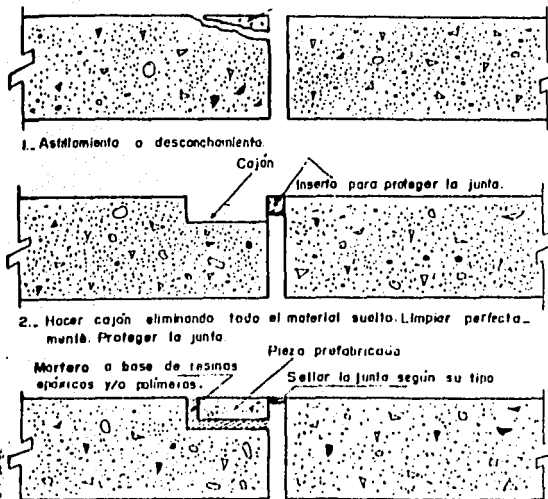
FALLA DE ORIGEN

Cuando la reparación de los astillamientos se efectúa con mezcla asfáltica, se requiere retirar el concreto fallado y abrir cajón; se limpia con aire a presión y se efectúa con un riego de impregnación de asfalto reblandido y fraguado rápido, luego se rellena con concreto asfáltico y se compacta debidamente, de preferencia con un compactador vibratorio. Debe asegurarse al terminar la compactación que el parche tenga el mismo nivel que el de la losa.

Otra manera de reparar los astillamientos o desconchamientos, consiste en utilizar una pieza prefabricada de concreto hidráulico de un tamaño ligeramente superior al de la superficie dañada, para lo cual es necesario formar un cajón para alojar la pieza prefabricada; en seguida se limpia perfectamente el área con aire comprimido y se cubre la pieza prefabricada, la que se fijará por medio de mortero de cemento con adhesivo a base de resinas epóxicas. Este procedimiento tiene la ventaja de que se puede poner en operación el área reparada, más rápidamente que cuando se usa mezcla de concreto hidráulico para el parchado.

En la figura siguiente (6.7) se ilustra la reparación de astillamientos con insertos prefabricados.

Astillamiento



DEFECTOS EN LA SUPERFICIE

Los defectos en la superficie pueden consistir en ondulaciones, surcos, lavaderos, ranura, y son debidos a un control pobre durante la colocación del concreto. Cuando éstos defectos se localizan en áreas pequeñas, su reparación puede consistir en un parchado individual; pero cuando el área defectuosa es muy extensa, será necesario proceder a una repavimentación. Si se utiliza mortero de cemento, se recomienda observar los lineamientos indicados; así mismo, se recomienda emplear un adhesivo a base de resinas epóxicas, polímeros u otro producto similar, para asegurar la perfecta unión del parche con el concreto viejo.

GRIETAS LONGITUDINALES Y TRANSVERSALES.

Este tipo de fallas puede ser el resultado de esfuerzos debidos a concentración por cambios de temperatura, contracción durante el fraguado, alabeos por cambios de temperatura en ciclos cortos o por cambios de humedad, movimientos en la cimentación y a fallas estructurales.

a) Grietas debidas a contracción por cambios de temperatura.- generalmente son transversales y aparecen cuando se construyen losas de gran longitud. Esta grietas se forman principalmente por excesiva contracción de la losa, aunque tambien puede contribuir los efectos de alabeo y tránsito. La ausencia del refuerzo de temperatura permite el desarrollo de grietas anchas en cuyo caso la transferencia de cargas llega a ser nula, causándole un deterioro progresivo debido a las cargas.

b) Grietas debidas a contracción de fraguado.- Puede presentarse longitudinal o transversalmente y se distinguen fácilmente, ya que son cortas y espaciadas al azar. Aparecen durante el período de curado que es cuando el concreto se contrae más por sí mismo. Las grietas son más o menos independientes de la carga, aunque las condiciones de ésta pueden causar un esfuerzo adicional dependiendo de su posición.

c) Grietas debidas a alabeos.- Se manifiesta generalmente en forma longitudinal; aparecen cuando no existe o no funciona adecuadamente la junta longitudinal de articulación. Estas grietas se deben principalmente a un alabeo que produce un alto esfuerzo en el centro de la losa, aunque las condiciones de la carga cooperan a que la falla ocurra. En la grieta longitudinal se presentan astilladuras, lo cual indica que han ocurrido movimientos diferenciales en la grieta, con el subsecuente deterioro del concreto.

Generalmente las grietas longitudinales por alabeos no son serias, especialmente si se ha utilizado acero de refuerzo por temperatura (Ast). La principal observación para este tipo de falla, es que presenta una apariencia desagradable y la posible confusión del piloto para encontrar y ubicar la verdadera posición de la línea de eje.

Este tipo de grietas puede presentarse también transversalmente cuando se construyen losas muy grandes, se tiene pasajuntas o cuando la junta transversal no funciona adecuadamente; en éstos casos puede también contribuir los esfuerzos de contracción. Estas grietas pueden no ser muy críticas si hay transferencia de carga por el esfuerzo de temperatura y/o por la unión de los granos en las superficies de falla.

d) Grietas debidas a movimientos de la cimentación.- Pueden presentarse longitudinal o transversalmente cuando existen fuertes asentamientos diferenciales debidos a consolidaciones o a fallas de corte de los materiales bajo la subrasante. Si los movimientos de la cimentación ocasionan pendientes suaves y el área defectuosa tiene longitud relativamente grande, pueden o no aparecer grietas, ya que el pavimento de concreto hidráulico es lo suficientemente flexible para seguir el contorno de la cimentación.

e) Grietas debidas a fallas estructurales.- Se manifiestan generalmente en forma longitudinal o transversal, aunque también pueden manifestarse en forma de una ruptura de esquina. Estas grietas son el resultado de una sobrecarga o de una falla por fatiga y son quizá las más difíciles de evaluar, particularmente se presentan escamado o astillado, pues confunden el análisis.

f) Grietas cercanas a las juntas.- Como una regla general, estas grietas son probablemente fallas estructurales, pero cuando esto ocurre en el centro de la losa, se deben a alabeos y/o contracciones. Sin embargo ésto puede ser modificado de acuerdo con las condiciones de la subrasante, del tipo de concreto y sus agregados.

Los trabajos correctivos para las grietas longitudinales y transversales se pueden catalogar en 3 grupos:

- a) Sellado de grietas con material flexible.
- b) Reparación de grietas con adhesivos.
- c) Demolición y sustitución de la grieta por una junta.

Cuando la aparición de la grieta se ha debido a los requerimientos del concreto con que se cuenta en ese lugar, con una junta de contracción o con una junta longitudinal de articulación, para trabajar como dos losas en lugar de una sola, y cuando no existen asentamientos, la solución más sencilla es dejar que el pavimento de concreto trabaje como lo ha requerido, si está trabajando en forma satisfactoria, y sólo será necesario sellar la grieta con material flexible para evitar la penetración del agua a la subrasante y de materiales arenosos que impiden el libre movimiento del concreto. El sellado se efectúa en la misma forma que para las grietas.

Previamente a la colocación del sello, la grieta debe ser achafianada a 45 aproximadamente, y a una profundidad de 30 mm., para después limpiarla perfectamente.

Cuando la causa de la aparición de una grieta, no ha sido eliminada, por ejemplo cuando la junta de contracción cercana que no trabaja ha sido abierta por medios mecánicos, con cuñas, para ponerla a funcionar o cuando la falta de apoyo de la cimentación ha sido corregida por medio de inyectado, entonces se puede utilizar pegamentos de la losa, haciendo de ésta manera que la losa de concreto trabaje como una sola. Cuando el producto a base de resinas epóxicas no es demasiado viscoso, o si es a base de polímeros, se puede eliminar el taladro para formar las perforaciones. El procedimiento consistirá pues, en limpiar la superficie y cubrir la parte superior de la grieta como una mezcla de cera y azufre previamente fundida y aplicada con brocha, dejando a cada 25 ó 30 cm., un pequeño espacio libre para permitir la aplicación del inyectado. Para el inyectado se utiliza una bomba doble para evitar por separado, a una presión del orden de 7 a 8 kg/cm² (100 a 115 lbs/pulg.²), a los dos componentes de la resina, los que se mezclan en el inyector inmediatamente antes de salir por la boquilla.

Cuando existe una grieta activa con movimientos superiores a 0.5 mm. para diferencias de temperatura de 10° C, y que la causa de su aparición no haya sido eliminada, puede procederse a la sustitución de la grieta por una junta; en este caso, se debe demoler el concreto de la losa hasta una distancia mínima de 1.0 mts., a cada lado de la grieta y volver a colocarse, dejando una junta en lugar de la grieta. Se recomienda la utilización a base de pegamentos, resinas epóxicas o polímeros, para asegurar la unión entre el concreto viejo y el nuevo.

GRIETAS EN ESQUINA

Se presentan formando pequeños triángulos en las esquinas de la losa o bien en forma sensiblemente paralela a la diagonal de la losa. Estas grietas en las losas pueden ser ocasionadas por las cargas de tráfico que pasan sobre esquinas no apoyadas. Esta falta de apoyo puede ser debida a que existen zonas poco resistentes en la cimentación de la losa.

Cuando se formen grietas en esquina haciendo un triángulo, se deberá remover dicha esquina, levantando la sub-base si se requiere, limpiar la zona afectada, dar un riego de impregnación y colocar concreto asfáltico en capas no mayores de 7 cm. compactado debidamente, de preferencia con un compactador vibratorio. Debe tenerse cuidado en no invadir la junta, para lo cual podrá colocarse un inserto que pueda removerse posteriormente para aplicar el material de sello. La superficie del parche terminado debe quedar al mismo nivel que la superficie de la losa. Si se desea efectuar el parchado con concreto hidráulico, debe asegurarse que la causa de la falla ha sido corregida.

HUNDIMIENTOS DIFERENCIALES Y AGRIETAMIENTOS CON HUNDIMIENTOS

Los hundimientos diferenciales consiste en una diferencia de nivel entre dos losas, en una junta o una grieta, y pueden ser debidos a una inadecuada transferencia de cargas, combinada con una consolidación o contracción de las capas de cimentación de la losa. Los agrietamientos con hundimientos pueden ser el resultado de la falla estructural del pavimento combinada con una resistencia inadecuada de la subrasante o un compactación insuficiente de la misma. Dicha falla puede ser el resultado de la progresión de una o varias de las fallas indicadas anteriormente.

Los hundimientos diferenciales y las presiones que fueron causadas por un asentamiento, pueden ser corregidos ya sea levantando la o las losas a su posición original y llenando el espacio libre entre la subrasante original y la losa, o bien, recubriendo la porción baja de la losa.

Para levantar la o las losas a su posición original, se procede como sigue, se remueve el material de sello viejo (en caso de que exista) hasta una profundidad de 25 mm.

En caso de ser necesario se limpian las caras verticales de la junta o grieta con una máquina limpiadora de juntas y con chorro de arena, removiéndose todo el material extraño de la superficie del pavimento al menos hasta una distancia de 25 mm. a cada lado de la junta o grieta; a continuación se aplica aire a presión a la junta o grieta y se rellena hasta la mitad con material de sello, en seguida se eleva la losa a su nivel original mediante el inyectado de una mezcla de asfalto y de arena o de mortero de cemento; finalmente se completa el relleno de la junta o grieta con el material de sello.

Cuando se desea nivelar un pavimento con hundimientos diferenciales aplicando material adicional a su superficie, puede utilizarse una capa de concreto hidráulico si su espesor es superior a 7 cm., para espesores menores se debe utilizar concreto asfálticos. Sin embargo los parches de asfalto en un pavimento de concreto hidráulico generalmente se desgastan más rápidamente que el concreto adyacente y además dan un mal aspecto.

Con objeto de obtener la mejor liga posible entre la superficie vieja y un parche de concreto hidráulico, se recomienda que la superficie del pavimento viejo sea picada y hacer las orillas lo más verticalmente posible formando un cajón de 7 cm., de profundidad; se limpia perfectamente la superficie expuesta con cepillos y agua para después cubrirla con una pasta delgada de cemento puro.

El concreto nuevo se prepara y se coloca; si se dispone de un pegamento a base de resinas epóxicas y/o polímeros, es conveniente su uso ya que garantiza una mejor unión entre la superficie existente y el concreto nuevo.

Si se utilizan recubrimientos de concreto asfáltico la superficie vieja se pica y las orillas de la depresión se hacen lo más vertical posible, se remueve el material extraño de la superficie limpiándose con aire a presión.

La superficie debe estar seca antes de aplicar un riego de impregnación, para lo cual se utiliza asfalto rebajado de fraguado rápido. La cavidad se llena de concreto asfáltico fino y se compacta con un mecanismo vibratorio.

Cuando se presentan fallas de agrietamiento con hundimientos, primeramente se remueve y se retira el concreto dañado así como el material que se encuentre abajo. Si éste también presenta fallas. Si la profundidad de subrasante removida es mayor de 20 cm., los primeros 20 cm, a partir del fondo se rellenan con materiales de sub-base perfectamente compactado, el espacio restante se llena de concreto hidráulico, que se extendiera por debajo de las orillas del pavimento viejo. Ver figura 6.7

Se recomienda reforzar éste concreto con una parrilla de acero a razón de 4 kg/m² colocada aproximadamente 5 cm., arriba de la superficie inferior de la losa original y de preferencia con una segunda parrilla localizada arriba de la superficie inferior del parche de concreto.

Si la falla del pavimento ha sido causada por un drenaje defectuoso de la subrasante, deberán construirse subdrenos laterales.

Algunas veces se presenta el caso de que las áreas dañadas son muy extensas, en éstos casos es conveniente construir un pavimento nuevo, utilizando el pavimento viejo como base; este nuevo pavimento puede ser de concreto asfáltico o hidráulico.

Uno de los procedimientos constructivos para evitar que los agrietamientos de la losa vieja sean transmitidos al pavimento nuevo; es que ambas capas estén perfectamente separadas con una capa de aislamiento de concreto asfáltico denso de 3 cm., de espesor como mínimo. Es conveniente además, hacer coincidir las juntas del pavimento nuevo con las del pavimento viejo.

Otra técnica para evitar que los agrietamientos de la losa vieja se transmitan al pavimento nuevo, consiste en demoler el pavimento viejo con la ayuda de un compactador pesado y colocar el pavimento nuevo sobre la cimentación así constituida.

BOMBEO

El bombeo consiste en el movimiento de la losa causado por las cargas del tráfico y que ocasionan la explosión de mezclas de agua, arena o arcilla; a través de las juntas longitudinales o transversales, de las grietas y/o de las orillas del pavimento. El bombeo de los materiales fino es debido a la presencia de agua libre en la subrasante o sub-base, combinado con las cargas pesadas que transitan sobre la superficie del pavimento y que flexionan la losa.

ZANJAS Y CANALES EN LA SUPERFICIE

En algunas ocasiones, éstas fallas se localizan por donde circular los neumáticos de aviones en pistas que tienen aterrizajes y despegues frecuentes. Dichas fallas son generalmente estructurales y son debidas a una sobrecarga; a las repeticiones de las mismas que actúan directamente sobre la superficie de la losa. Se señala también que al reparar éstas fallas, deberá corregirse el exceso de caucho de los neumáticos con impregnado en las zonas de toma de contacto de las pistas.

FALLA DE ORIGEN

LOSAS QUE SE BOTAN

Las losas que se botan, se deben principalmente a una excesiva expansión de las mismas durante el tiempo de calor. La presión aumenta hasta que las losas no resisten más, entonces se pandean o se fracturan desmoronándose a lo largo de la junta transversal o de la grieta. Para corregir ésta falla es necesario remover la parte dañada, puede utilizarse discos diamantados para el aserradero y de ser necesario se removerá la sub-base. Posteriormente se aplica un riego de impregnación, colocando concreto asfáltico para después compactarlo.

Si se desea efectuar el parche con concreto hidráulico, se debe construir una junta de expansión; las caras expuestas del pavimento viejo deben limpiarse perfectamente.

En seguida se coloca la mezcla de concreto nuevo el cual pueda contener algún aditivo acelerante que facilite su puesta rápida en servicio. Una vez endurecido el concreto del parche se sella la junta de expansión.

CORTES EN EL PAVIMENTO

Cuando se realiza un corte a través de toda la profundidad del pavimento y ha sido excavada la cama de cimentación, por ejemplo, para colocar tubería o alguna otra instalación; al relleno de la zanja debe dársele especial atención. El pavimento reparado puede seguir cumpliendo su objetivo, el de transmitir y distribuir las cargas a la cimentación pero no de efectuar la función de un puente, dejando camino a una zanja. Cuando una zanja en tierra suave o desmoronable ha permanecido a la intemperie por algún tiempo, es probable que se haya formado cavidades en sus paredes, lo que provoca que el pavimento en la superficie se cuelgue en la zona excavada; es por esto que el corte en la losa debe extenderse por lo menos 15 cm., más allá de cada orilla de la zanja cuando se haga su reparación. Cuando la subrasante así expuesta tiene una estabilidad adecuada, no debe ser modificada por ningún motivo; en caso de que se requiera agregar material de relleno, éste debe ser depositado en capas de 10 cm., de espesor compactado al mismo grado que las capas adyacentes.

La orilla expuesta de la losa original contra la cual va a colindar el nuevo concreto no debe estar vertical en todo su espesor, sino que como se observa en la figura 6.8 debe estar a plomo en una profundidad máxima de 3 cm., a partir de la parte superior, con objeto de proporcionar un respaldo firme para el nuevo parche. El resto del espesor de la losa, una orilla aspera y dispereja mejora materialmente la adherencia entre el pavimento viejo y el nuevo.

Exactamente antes de poner el nuevo concreto, las orillas de la losa original deben ser lavadas perfectamente con agua y raspadas con cepillos de alambre, después humedecidas con mortero compuesto de partes iguales de cemento y arena. El concreto debe ser colocado inmediatamente después de la imprimación y humedecimiento de dicho mortero.

Se recomienda utilizar un adhesivo de resinas epóxicas o polímeros para tener una mejor unión entre el concreto viejo y el nuevo; debe procurarse que el concreto nuevo tenga la misma composición y calidad que el concreto viejo. Sin embargo, con objeto de evitar un período largo de curado, que se dejó en el pavimento original, deben usarse no más de 15 lts. de agua para cada bulto de cemento, mezclando el concreto sin aditivos de 2 1/2 a 5 minutos en máquina mezcladora. Como esta mezcla es demasiado seca para ser de fácil manejo, se debe ir colocando en capas de 5 cm., de espesor y cada capa debe ser perfectamente apisonada. Cuando el parche es colocado, la superficie debe quedar ligeramente arriba del nivel original.

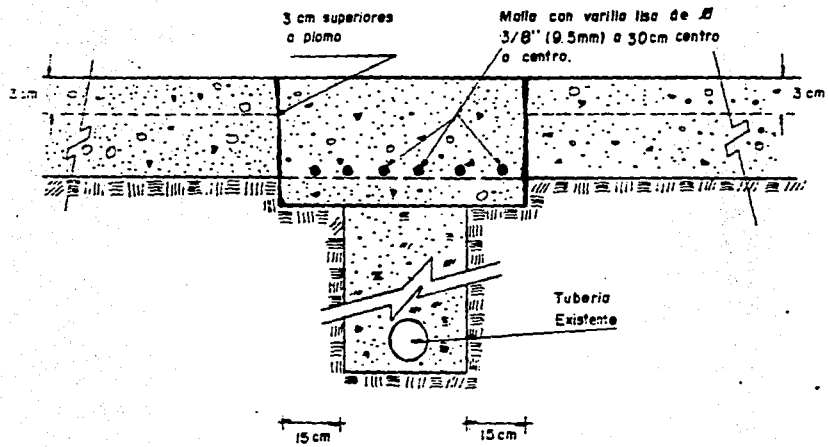
Precisamente antes de que el concreto haya tenido su fraguado inicial, o después de que se haya contraído lo máximo posible sin perder completamente su plasticidad, debe apisonarse perfectamente y aplanarse hasta llegar al nivel original, para después darle un buen acabado.

A menos de que toda la contracción se haya efectuado antes de este trabajo final, la adherencia entre el concreto viejo y nuevo será débil.

Los parches de este tipo generalmente necesitan un período de curado entre 18 y 24 horas y aún en condiciones adversas extraordinarias, 72 horas serán suficientes. Cuando se ha empleado en el concreto un aditivo acelerante como el cloruro de calcio, el tiempo de mezclado no debe exceder de 2 1/2 minutos, ya que de lo contrario el fraguado inicial puede ocurrir prematuramente.

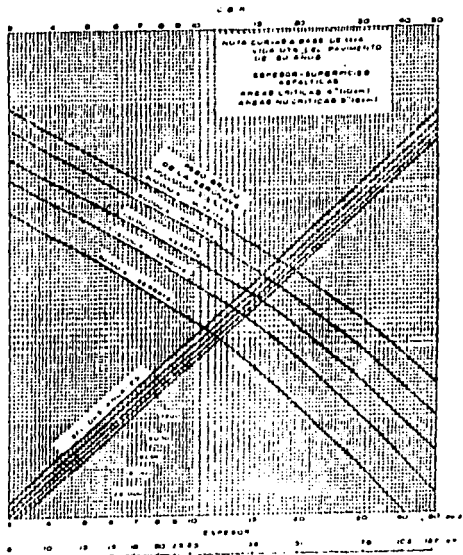
Se recomienda que invariablemente se coloque en el concreto del parche una malla de refuerzo formada por varilla de $3/8$ de diámetro con espaciamientos no mayores de 30 cm. centro a centro, colocada a 5 cm. arriba del fondo del concreto en el parche como se observa en la figura 6.8

En el caso de pavimentos reforzados, el refuerzo original en el área por reparar no debe ser cortado, sino que debe ser doblado temporalmente hacia arriba y posteriormente regresarlo a su posición original.



FALLA DE ORIGEN

203



Pista Existen 6 tipos de Aduite semejantes,
pero los diferentes tipos de Fran de
resistencia y conductividad especificas

Fig. 13. Curvas de cálculo de tensiones flexibles para áreas críticas, tres de ruedas gemelas.

JUNTAS O GRIETAS SIN SELLAR

Los pavimentos de concreto hidráulico deben ser inspeccionados periódicamente, en busca de juntas y grietas abiertas que se deben limpiar y sellar para evitar la penetración de agua a la subrasante y que materiales sólidos se acumulen en las aberturas.

El sello de juntas y grietas es especialmente propicio efectuarlo en época de calor, cuando el pavimento está ligeramente contraído y las condiciones atmosféricas son favorables para permitir dichos trabajos. El producto utilizado para sellar; debe adherirse al concreto y permanecer plástico con todas las temperaturas. Se debe evitar que esté quebradizo y duro en temperaturas bajas así como suave y que se derrita en tiempo de calor.

a) Reparación.- Se limpia la junta perfectamente de material sobrante de sello y de partículas sueltas de concreto; la limpieza se hace más satisfactoria cuando se tienen temperaturas abajo de 10° C y las juntas están abiertas por la contracción del pavimento. Se recomienda no retirar el sello existente si está en buenas condiciones.

Es necesario asegurarse que las caras de la junta y de las grietas estén secas. Cuando se utilice un soplete u otro aparato, para secar las superficies, es necesario efectuar la operación con cuidado para evitar quemar cualquier sello que se encuentre en buenas condiciones; si el material de sello sobresale de la superficie del pavimento se recomienda rebajar la parte excedente de dicho material. En esta operación debe evitarse arrojarse el material de sello hacia arriba, y posteriormente hacer un chaflán en las orillas de las grietas para remover las partículas que sobresalgan.

b) Imprimación.- Antes de sellar la junta de expansión debe aplicarse una imprimación de una mezcla de 3 ó 4 partes de gasolina por una parte de asfalto seleccionado para sellar. Si se emplea alquitran para el sellado se debe usar benzol en lugar de la gasolina; todos estos materiales son inflamables por lo que deben manejarse con las debidas precauciones.

La imprimación puede ser aplicada con más éxito si se utiliza una escobilla en lugar de rociador; sin embargo, el uso de la escobilla no es indispensable si las juntas o grietas han sido secadas con calor.

FALLA DE ORIGEN

c) Equipo.- Cuando se limpie una junta o grieta, se deben utilizar barras rectas o en gancho, operadas a mano, con los extremos afilados como cinceles, para que se ajuste dentro de la junta o grieta; se utiliza una placa con la orilla del frente afilada o un azadón con la punta recta y afilada, para cortar el sobrante del sello de la junta. También puede emplearse un diente alargado de un escarificador.

Para cortar grandes cantidades de material sobrante de sello, puede utilizarse una motoconformadora; se utiliza n escobas de alambre o de fibra gruesa para limpiar juntas o grietas. En operaciones extensas, una barredora mecánica ahorrará tiempo, puede utilizarse también un compresor de aire para soplar las grietas o juntas, con un rendimiento mínimo de 2.2 m³/min. y a una presión de 7.0 kg/cm².

Para colocar cantidades pequeñas de material sellante, se puede emplear cubetas o conos operados manualmente, pero para grandes trabajos se requerirán uno o varios distribuidores equipados con boquillas por donde se vertirá el material de sello.

ACUMULACION DE CAUCHO EN LA SUPERFICIE

La acumulación de caucho en las zonas de toma de contacto de las pistas no es precisamente una falla del pavimento, sino el resultado de las operaciones de aterrizaje y despegue, en las que una capa de caucho de las llantas de los aviones se funde, quedando impregnado y adherido en la superficie del pavimento.

Cuando se ha realizado un considerable número de aterrizajes en una pista, el caucho acumulado hace que se pierdan las características originales de la superficie del pavimento, particularmente en lo que respecta al "coeficiente de fricción". Esta condición resulta de vital importancia en el caso de los aviones de reacción ya que debido a sus altas velocidades de despegue y aterrizaje, su comportamiento en el frenado depende en un alto grado de la fricción existente entre las llantas y la pista. La situación se puede tornar crítica si la superficie cubierta con caucho está mojada; el caucho impregnado en grandes cantidades en pistas con mucho tráfico, impide el drenaje de las lluvias proporcionando de esta manera las condiciones para que se produzca el peligroso fenómeno de hidroplaneo, incrementando las distancias de frenado de los aviones durante el aterrizaje.

La tecnología actual disponible para resolver este problema, se resume en los siguientes métodos:

a) Solventes químicos.

b) Chorro de agua a alta presión.

c) Ranurado y rayado mecánico.

La remoción de caucho, tiene como objetivo devolver a las pistas un adecuado coeficiente de fricción, especialmente cuando están mojadas, de tal manera que todos los aviones tengan condiciones seguras de operación.

Un cambio en el color de la superficie, por ejemplo, de negro a gris en un pavimento de concreto hidráulico, puede ser muy engañoso, ya que incluso una pequeña cantidad de residuo de caucho en los poros del pavimento puede ocasionar bajos valores de fricción aunque la pista tenga una apariencia limpia; es por tanto esencial para juzgar la efectividad de cualquier técnica de remoción de caucho, el cuantificar las mejoras obtenidas en la fricción por medio de aparatos adecuados.

4.3 IRREGULARIDADES DE LA SUPERFICIE DEL PAVIMENTO QUE PROVOCAN VIBRACIONES A LOS AVIONES.

Las superficies de los pavimentos rígidos de las pistas de aeropuertos que muestran valores de Índice de Perfil*, superior a 30, pueden ocasionar un exceso de vibraciones en los aviones durante su carrera de despegue o aterrizaje, pudiendo provocarse sobre-esfuerzos en la estructura del avión y del pavimento, alteraciones en las lecturas de los instrumentos del avión e incomodidad para los pasajeros.

Para disminuir el "índice de perfil" de un pavimento, es decir, para eliminar las irregularidades de su superficie que provocan exceso de vibraciones en los aviones, existen dos posibles soluciones; el reencarpetado y el rebajado longitudinal.

En general se recomienda la solución basada en el rebajado longitudinal, por su economía y porque mejora considerablemente el coeficiente de fricción de la superficie del pavimento, aumentando de ésta manera la eficiencia durante el frenado y una mayor tracción durante el despegue de los aviones.

Los trabajos de rebajado consisten esencialmente en la utilización de una máquina rebajadora a base de un rodillo de discos diamantados, alimentada con agua por medio de una pipa que consta de 2 bombas, una para la alimentación a la máquina durante la operación del rebajado y otra para lavar la superficie una vez que se ha rebajado; estos trabajos son convenientes de noche para no interrumpir el tráfico aéreo, auxiliándose de una planta de luz de por lo menos 3.5 Kw. de capacidad.

6.6 PRINCIPIO DE CALCULO DE PAVIMENTOS

El cálculo de pavimentos de aeropuertos es un problema técnico completo que abarca un gran número de variables interdependientes. Las curvas de cálculo que se presentarán a continuación se basan en el método CBR de cálculo de pavimentos flexibles y un análisis de tensiones en los bordes de las juntas para los pavimentos rígidos. Estos procedimientos representan una modificación de los métodos de cálculo anteriores de la FAA y tendrán como consecuencia un pavimento de espesor ligeramente diferente; debido a las variaciones de espesor, la evaluación de los pavimentos actuales debe llevarse a cabo empleando el mismo método que en el cálculo.

6.6.1 PAVIMENTOS FLEXIBLES-CALCULO.

Las curvas de cálculo del pavimento flexible que se presentan, se basan en el índice de penetración de California (CBR). El método de cálculo CBR, es básicamente empírico; y ha sido objeto de numerosas investigaciones y se han preparado correlaciones fiables. Las configuraciones de los trenes se relacionan utilizando conceptos teóricos e igualmente datos preparados empíricamente; las curvas de cálculo proporcionan el espesor total requerido de los pavimentos flexibles (superficie, firme y capa de cimentación) necesarios para soportar un peso dado de aeronaves sobre un terreno de fundación dado. Las curvas muestran así mismo los espesores de superficie requeridos. Los espesores mínimos de la capa del firme se indican en una curva separada.

Los pavimentos flexibles consisten en una capa de rodadura asfáltica colocada sobre una capa de firme y, cuando lo requieren las condiciones del terreno de fundación, una capa de cimentación. Toda la estructura del pavimento flexible en último término está soportada por el terreno de fundación. Las definiciones de la fundación de los diferentes componentes se indican más adelante; en algunas aeronaves, tanto el firme como el cemento tienen que construirse con materiales estabilizados. La utilización de las curvas para los pavimentos flexibles requiere un valor para el material del terreno de fundación, un valor CBR para el material de cemento, el peso bruto de la aeronave de cálculo y el número de salidas anuales de la misma aeronave. La curva de cálculo que se representa en la gráfica 6.9 indica el espesor total del pavimento requerido y el espesor del revestimiento asfáltico. En la gráfica 6.10 se indica el espesor mínimo de la capa de firme para los espesores totales dados del pavimento y los valores CBR. Para un total de salidas anuales superiores a 25 000, el espesor total del pavimento debe aumentarse de acuerdo con el volumen de tráfico y el revestimiento asfáltico en 1 pulg. (3 ca.).

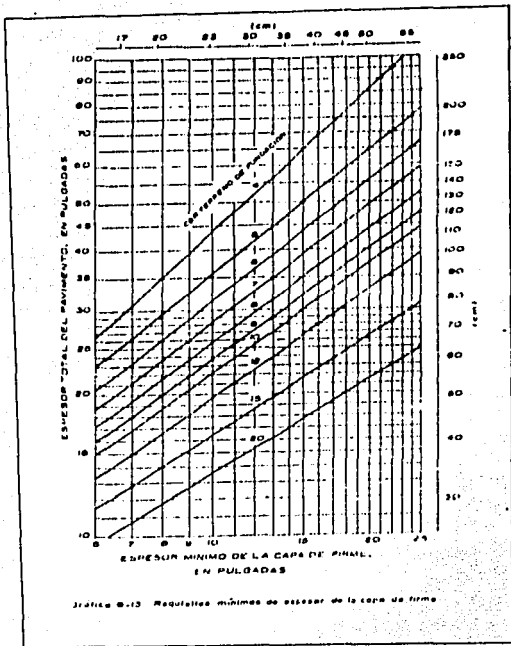


Gráfico 8-13 Requisitos mínimos de espesor de la capa de firme.

6.6.2 PAVIMENTOS RIGIDOS-CALCULO.

Las curvas de cálculo de pavimentos rígidos se basan en el análisis Westegaard de cargas en los bordes; el análisis de cargas en los bordes se ha modificado para simular una condición de borde de juntas. Las curvas de cálculo se proporcionan para las zonas en las cuales el tráfico sigue una dirección predominante paralela a las juntas y para las áreas en las cuales es probable que el tráfico cruce las juntas con un ángulo aproximadamente agudo. Los criterios anteriores sobre pavimentos rígidos de la FAA, se basaban en una hipótesis de carga interior; las tensiones de los pavimentos son mayores en los bordes de juntas que en el interior de las losas. Las convalidaciones del ensayo y el comportamiento en el campo indican que prácticamente todas las grietas producidas por la carga se producen en el borde de la junta y se propagan hacia el interior de la losa; por estas razones, la base del diseño se modificó desde el interior, hasta el borde de la junta. En las curvas de cálculo se encuentran líneas para cinco volúmenes diferentes de tráfico anual. El espesor del pavimento determinado a partir de estas curvas se refiere únicamente al espesor de la losa. El espesor de la capa de cimentación se determina por separado.

Se han preparado curvas de cálculo para pavimentos rígidos, similares a las de los pavimentos flexibles; curvas separadas para trenes de aterrizaje simple, de ruedas gemelas y de bogies, curvas de cálculo separadas para aeronaves de reacción de fuselaje ancho. Ver grafica 6.11. Estas curvas se basan en una hipótesis de carga en bordes de junta en que la carga es tangente a la junta. El uso de las curvas de cálculo requiere 4 parámetros de entrada; resistencia del hormigón a la flexión, módulo del terreno de fundación, peso bruto de la aeronave de cálculo y salidas anuales de la misma aeronave. Las curvas de cálculo del pavimento rígido indican únicamente el espesor del hormigón. Los espesores de los demás componentes de la estructura del pavimento rígido deben determinarse por separado.

Resistencia del hormigón a la flexión: el espesor requerido del pavimento de hormigón está relacionado con la resistencia del hormigón utilizado en el pavimento. La resistencia del hormigón se evalúa por el método de resistencia a la flexión, ya que el trabajo primario de una losa de pavimento de hormigón es a la flexión. La resistencia del hormigón a la flexión debe determinarse por el método de ensayo de la norma ASTM- C-78. Normalmente se utiliza para el cálculo una resistencia a la flexión de 90 días. Se puede suponer con seguridad que una resistencia a la flexión del hormigón de 90 días será un 100 % mayor que la resistencia de 28 días.

FALLA DE ORIGEN

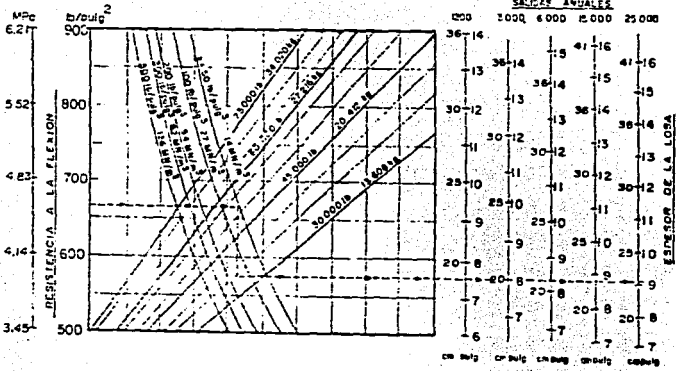
Valor k .— El valor k es, en efecto, una constante elástica del material que soporta el pavimento rígido y una indicación del valor de resistencia del material de apoyo.

Peso bruto de la aeronave.— El peso bruto de la aeronave de cálculo se indica en cada curva de cálculo; las curvas de cálculo se agrupan de acuerdo con el tipo de tren de aterrizaje principal, excepto para las aeronaves de fuselaje ancho, que se indican en curvas separadas. En todas las curvas se indica una amplia gama de pesos brutos, para ayudar a efectuar las interpolaciones necesarias. En todos los casos, la gama de pesos brutos que indica es suficiente para abarcar los pesos de las aeronaves actuales.

Salidas anuales de la aeronave de cálculo.— El cuarto parámetro de entrada es el de salidas anuales de la aeronave de cálculo. Las salidas deben calcularse utilizando el procedimiento que se explica en

Utilización de las curvas de cálculo.— Las curvas de cálculo del pavimento rígido se trazan de manera que se registren los datos de cálculo en el mismo orden que se trató anteriormente. El primer dato se refiere a la resistencia del hormigón a la flexión. La ordenada izquierda de la curva del cálculo se registra con la resistencia del hormigón a la flexión. Se traza una proyección horizontal hasta intersectar la línea del módulo de fundación pertinente. Se traza una proyección vertical a partir del punto de intersección hasta el peso bruto pertinente de la aeronave de cálculo. Se traza una proyección horizontal hasta la ordenada derecha que indica las salidas anuales. Se lee el espesor del pavimento a partir de la línea de salida anual pertinente. El espesor del pavimento indicado se refiere únicamente al espesor del pavimento de hormigón, sin tener en cuenta el de la capa de cimentación.

1941-1942: 4.11 Curvas de Cálculo de Esfuerzos y Deflexiones.



AERONAVES

El pavimento de un aeropuerto y las aeronaves que en él operan representan un sistema interrelacionado que puede reconocerse en el proceso de cálculo del pavimento. Con el fin de producir un diseño satisfactorio, hay que cumplir con las consideraciones de cálculo relacionadas tanto con la aeronave como con el pavimento. Se requiere de un control esmerado de la construcción y cierto grado de mantenimiento, para producir un pavimento se calculan para proporcionar una vida útil finita y se prevén las fallas por fatiga.

Una construcción deficiente y una ausencia de mantenimiento preventivo con frecuencia, tiene como consecuencia que aún el pavimento mejor calculado presenta un comportamiento deficiente.

La determinación de los requisitos de espesor del pavimento es un problema técnico complejo. Los pavimentos se encuentran sometidos a una amplia variedad de cargas y defectos climáticos. El proceso de cálculo comprende un gran número de variables interrelacionadas que con frecuencia resulta difícil cuantificar. Aunque se han llevado a cabo numerosas investigaciones y algunas otras se realizan actualmente ha sido imposible llegar a una solución matemática directa de los requisitos relativos al espesor. Por esta razón, la determinación del espesor del pavimento debe basarse en el análisis teórico de distribución de las cargas por los pavimentos y los terrenos, en el análisis de los datos experimentales relativos al pavimento y en un estudio del comportamiento de los pavimentos en condiciones de servicio real. Las curvas de espesores de pavimentos que se presentan se ha realizado mediante correlación de los datos obtenidos de estas fuentes. Los pavimentos calculados de acuerdo con estas normas están previstos para proporcionar una vida útil estructural de 20 años, libres de grandes obras de mantenimiento, salvo que ocurran modificaciones de magnitud en el tráfico previsto. Es probable que el reacondicionamiento de la superficie y la renovación de las propiedades de resistencia al resbalamiento sean necesarios antes de los 20 años, debido a los efectos climáticos destructivos y a los efectos del deterioro causado por el uso normal.

El cálculo estructural de los pavimentos de los aeropuertos consiste en determinar tanto el espesor general del pavimento como el espesor de las partes componentes del mismo. Hay varios factores que ejercen influencia sobre el espesor del pavimento requerido para proporcionar un servicio satisfactorio. Estos factores son, la magnitud y el carácter de las cargas de la aeronave que han de soportarse, el volumen de tráfico, la concentración del tráfico en ciertas zonas y la calidad del terreno de fundación, de los materiales que constituyen la estructura del pavimento.

CARGA

El método de cálculo del pavimento se basa en el peso bruto de la aeronave; para fines de cálculo del pavimento, debe preverse el peso máximo de despegue de la aeronave. El procedimiento de cálculo supone que el 75 % del peso bruto es soportado por los trenes de aterrizaje principales y el 5 % por el tren de nariz.

El peso máximo de despegue debe utilizarse en el cálculo del espesor del pavimento requerido. Se recomienda utilizar el peso máximo de despegue para proporcionar cierto grado de prudencia en el cálculo, justificado por el hecho de que pueden presentarse cambios en el uso operacional y reconociendo el hecho de que el tráfico previsto es a lo sumo aproximado.

6.8 ILUMINACION

AYUDAS VISUALES NOCTURNAS PARA LA NAVEGACION

Quando un aeropuerto está destinado a servir de noche o cuando aparecen condiciones adversas de visibilidad, es conveniente instalar señales luminosas que puedan apoyar la aeronavegación, permitiendo una comunicación visual por medio de señales entre el piloto y el aeropuerto. Los medios de comunicación por iluminación más comunes son:

- Lámpara de señales
- Faro de aeropuerto
- Faro de identificación

Lámpara de señales.— La lámpara de señales se sitúa en el la torre de control del aeropuerto, y debe poder producir señales en colores rojo, verde y blanco, siendo la abertura del haz sea mayor a 3 grados. la luminosidad deberá ser despreciable en la parte que sobresalga de estos tres grados.

Con la lámpara de señales se debe poder producir señales en un color cualquiera, seguidas de señales en otro color cualquiera de los dos restantes.

- La lámpara de señales debe poderse dirigir manualmente al objeto deseado.
- Con las señales se podrán transmitir en cualquier color mensajes en clave Morse, con un mínimo de cuatro palabras por minuto.

FARO DE AEROPUERTO.— Este faro se sitúa dentro del aeropuerto o en sus proximidades, de modo que no queda oculto por ningún objeto en las direcciones importantes y que no deslumbré al piloto durante la aproximación para aterrizar.

La luz del faro se debe ver en todos los ángulos del azimut. La distribución vertical de la luz se extenderá hacia arriba a partir de una elevación mayor a un grado hasta donde se considere que pueda ser útil. En la tabla se muestra la intensidad de los destellos que corresponden a cada ángulo de elevación determinándose que el faro debe verse a 5 millas marinas, a una altitud de 300 hasta 1 500 mts., con visibilidad reducida (4.8 km.); y desde una distancia tan grande como sea posible a altitudes mayores a 1 500 mts.

FALLA DE ORIGEN

El faro dará destellos de color alternados, con destellos blancos o destellos blancos únicamente; la frecuencia del total de destellos, será de 12 a 30 por minuto y preferentemente no menor de 20 por minuto.

Cuando se usen destellos de color, serán verdes en los faros instalados en aeropuertos terrestres y cuando se trate de un aeropuerto mixto (terrestre o hidroaeródromo), el color de los destellos de los faros es de color amarillo.

Angulo de elevación (grados)	Intensidad efectiva mínima de los destellos blancos (candelas)
de 1 a 2	25 000
de 2 a 8	50 000
de 8 a 10	25 000
de 10 a 15	5 000
de 15 a 20	1 000

Tabla 6.13 Distribución vertical de la intensidad luminosa de los faros del aeropuerto.

FARO DE IDENTIFICACION.- Existe en los aeropuertos donde las luces cercanas al lugar hacen difícil su identificación, y su emplazamiento es dentro del aeropuerto.

En los aeropuertos terrestres, el faro de identificación es de color verde y emitirá luces con una intensidad máxima no menor de 2 000 candelas de luz verde. En los hidroaeródromos el faro de identificación es de color amarillo.

Es recomendable que los faros de identificación emitan luz en todos los ángulos del azimut, y hasta por lo menos a 45 grados sobre el horizonte.

Los caracteres de identificación se transmiten en el código Morse internacional con una velocidad de emisión de seis a ocho palabras por minuto, con una duración correspondiente para los puntos Morse de 0.15 a 0.20 segundos por cada punto.

SEÑALIZACION E ILUMINACION DE OBSTACULOS

Objetos que hay que Señalar e iluminar.

Los objetos que pueden representar problemas o peligros para las aeronaves que utilizan un aeropuerto deben tener señales que indiquen su presencia, y si el aeropuerto se utiliza de noche, es necesario iluminar el objeto.

Si un objeto sobresale de una superficie de ascenso dentro de una distancia de 3 000 mts., o queda cerca de esta superficie, debe tenerse en cuenta.

Si un obstáculo sobresale de una superficie de aproximación o de transición, dentro de una distancia de 3 000 mts., debe ser señalado e iluminado. Un obstáculo sobresaliendo de una superficie horizontal interna también se tomará en cuenta en la señalización.

Todos los vehículos que se desplacen cerca de las pistas serán iluminados, excepto aquellos vehículos de servicio que trabajen en las plataformas. También las luces elevadas serán señalizadas para que sean bastante visibles durante el día.

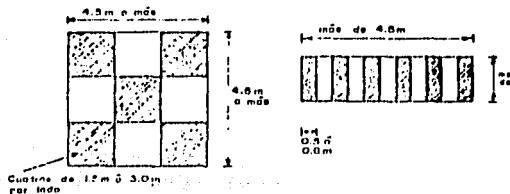
SEÑALAMIENTO DE OBJETOS

Todos los objetos que deban señalarse, lo serán con colores, balizas o con banderas, a menos que su forma, tamaño o color los hagan lo suficientemente visibles.

Señalización por colores.- Los colores que servirán para señalar los obstáculos serán el blanco y el anaranjado, o el rojo y el blanco. Los objetos móviles son señalados por un sólo color (amarillo o rojo, como los vehículos de servicios y de emergencia). Cuando un objeto mide más de 4.5 mts., en dos de sus dimensiones, se señalarán con cuadrados de 1.5 mts., hasta 2 mts. de colores alternados; los objetos que tengan una dimensión mayor a 4.5 mts., en una dirección menor a 1.5 mts. serán señalados por bandas con anchos de 0.5 mts., hasta 0.6 mts. con colores alternados, siendo los extremos de la banda los colores más oscuros. Si un objeto tiene sus dimensiones menores de 4.5 mts., su señalización se hará con un sólo color.

Señalización con balizas.- Las balizas se colocarán alrededor del objeto o sobre él con colores alternos de blanco y anaranjado o rojo y blanco, siempre y cuando no se confundan con el fondo, para que sean visibles a 300 mts. en atmósfera despejada. La forma de las balizas se elige de tal manera que no pueda confundirse con otro tipo de balizas diseñadas para señalar otro fin; las balizas que indiquen líneas eléctricas no deben ser de menor altura que la línea más alta de las líneas de corriente señaladas. Las balizas para señalar objetos móviles serán formadas por dos discos circulares que se cortan entre sí en ángulo recto.

Señalización con banderas.- Se colocarán banderas alrededor y sobre los objetos que haya que señalarse, con dimensiones de 0.6 mts., por lado para objetos fijos y de 0.9 mts. por lado para objetos móviles, uno blanco y uno rojo, o uno blanco y uno anaranjado. En los objetos móviles las banderas serán cuadradas por cuadros de 0.3 mts., por lado. Cuando es un grupo de objetos lo que se va a señalar, las banderas se colocan a cada 15 mts., siempre y cuando éstas no representen un peligro adicional.



Señalamiento de obstáculos

ILUMINACION DE OBJETOS

Comúnmente, los objetos se señalan con luces de obstáculos o con faros de peligro, siendo usados éstos últimos casos de advertencia especial, o como aviso de objetos extensos, buscando siempre que no se provoque deslumbramiento. En las figuras 6.15, 6.16, se puede observar el orden de las luces en los objetos por señalar considerando sus dimensiones y forma.

Las luces de obstáculos en objetos fijos serán luces fijas de color rojo, con una intensidad no menor a 10 candelas de luz roja. Las luces de obstáculos en objetos móviles serán luces de destellos de color rojo o amarillo, con una intensidad no menor de 40 candelas.

Los faros de peligro se colocan en la parte más alta y prominente del objeto con respecto a la superficie limitadora de obstáculos más próxima, y si lo que se señala es un objeto extenso (como un grupo de árboles o edificios), se colocan faros de peligro suplementarios a intervalos no mayores a 900 mts.

Los faros de peligro emiten destellos de luz color rojo con una intensidad no menor a 2 000 candelas, a una frecuencia de 20 hasta 60 candelas por minuto.

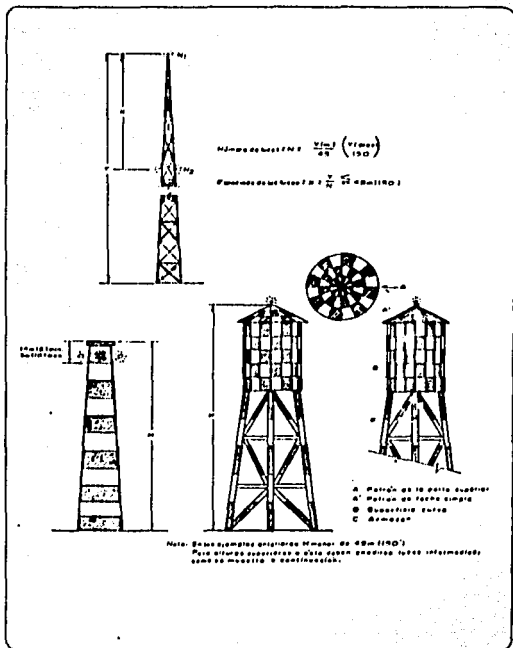
LUCES DE OBSTACULOS DE BAJA INTENSIDAD

Las luces de obstáculos de baja intensidad dispuestas en objetos fijos, serán luces de color rojo, con una intensidad suficiente para que sean bien visibles, tomando en consideración la intensidad de las luces cercanas. En ningún caso tendrán una intensidad menor de 10 cd. (candela) de luz roja.

Las luces de obstáculo de baja intensidad dispuesta en objetos móviles, serán luces de destellos, de color rojo o preferentemente amarillo. La frecuencia de los destellos, será de 60 a 90 por minuto.

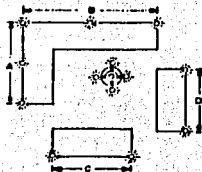
LUCES DE OBSTACULOS DE MEDIANA INTENSIDAD

Las luces de obstáculos de mediana intensidad serán luces de destellos de color rojo, salvo cuando se utilicen en combinación con luces de obstáculos de alta intensidad, en cuyo caso serán luces blancas de destellos. La frecuencia de los destellos estará comprendida entre 20 y 60 por minuto.

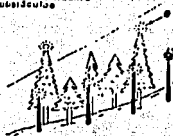


Ejemplo de aplicación a un ejemplo de construcción de un ejemplo de un
 caso de construcción de un ejemplo.

FALLA DE ORIGEN

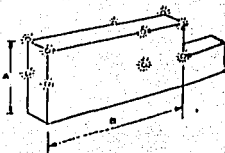
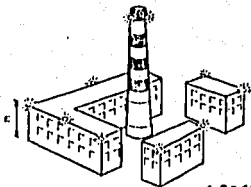


Superfície limitadora
de arborização



4,5m 0 metro

• Se diminuir por ser o município o mesmo no sobreluço e a superfície limitadora de arborização.



A, B = 40m(150') e 60m(200')
C, D, E < 40m(150')

LUCES DE OBSTACULOS DE ALTA INTENSIDAD

Las luces de obstáculos de alta intensidad, deben ser luces blancas de destellos.

La intensidad efectiva de toda luz de obstáculos de alta intensidad instalada en un objeto que no sea una torre de soporte de líneas eléctricas elevadas o cables suspendidos, debe ser variable y los destellos de todas estas luces, deben ser simultáneas con una frecuencia de 40 a 60 por minuto.

6.9 SEÑALAMIENTO DIURNO

El señalamiento diurno en un aeropuerto, sirve para facilitar las operaciones de aproximación y aterrizaje de las aeronaves; consistirá en señales visibles durante el día en las condiciones más desfavorables de visibilidad. Un segundo grupo de señales para los pilotos es el de las que sirven para facilitar el movimiento de aeronaves en tierra.

El señalamiento diurno para facilitación de la aproximación y el aterrizaje es comúnmente el siguiente:

- a) Señal de identificación del aeropuerto.
- b) Indicador de la dirección del viento.
- c) Indicador de la dirección de aterrizaje.
- d) Señal designadora de pista.
- e) Señal de eje de pista.
- f) Señal de umbral.
- g) Señal de distancia fija.
- h) Señal de zona de toma de contacto.
- i) Señal de faja lateral de pista.
- j) Señal de eje de calle de rodaje.
- k) Señal de punto de espera en rodaje.

Al grupo anterior podemos agregar, las señales diurnas que servirán para ayudar a los pilotos que desplazan las aeronaves en tierra.

- a) Señal de punto de verificación del VOR en el aeropuerto.
- b) Letreros.

b) Letreros.

Cuando en un aeropuerto existan varios tipos de pistas su orden de importancia para conservar sus señales será:

1. Pista para aproximaciones de precisión
2. Pista para aproximaciones por instrumentos
3. Pista de vuelo visual.

Cuando exista una intersección de dos o más pistas, se conservarán las señales de la pista más importante, con excepción de la faja lateral de pista. En la intersección de una pista y de un calle de rodaje se conservarán las señales de la pista, pero la señal de faja lateral de pista puede interrumpirse.

Las señales de pista serán de color blanco, utilizando una pintura especial que no reduzca la eficacia de frenado. Si la pista es de color claro, es recomendable bordear las letras blancas con color negro para hacerlas más visibles. Las señales de calles de rodaje serán de color amarillo.

SEÑAL DE IDENTIFICACION DEL AEROPUERTO

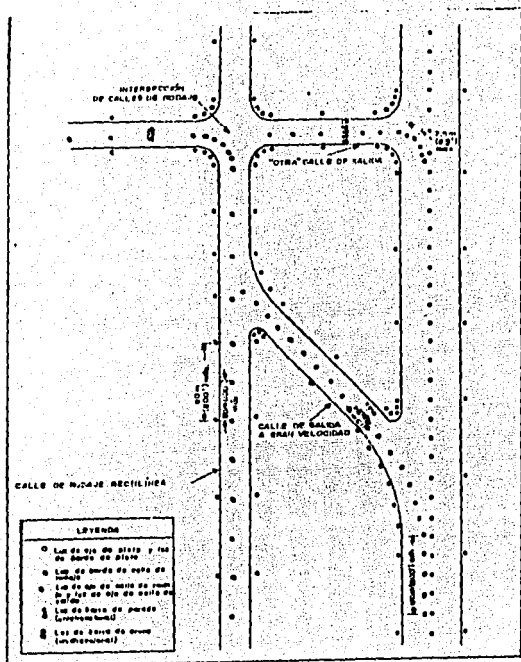
La señal de identificación del aeropuerto consiste en el nombre mismo del aeropuerto en caracteres de 3 mts., o más de dimensión. Se colocará de tal manera que pueda distinguirse, si es posible, desde todos los ángulos sobre la horizontal. Las letras serán de un color que resalte de fondo. Las letras serán mayúsculas y su disposición permitirá que al polo norte, el nombre se lea de izquierda a derecha.

INDICADOR DE LA DIRECCION DEL VIENTO

El indicador de dirección del viento, tiene forma de cono truncado y está hecho de tela, su longitud debe ser de por lo menos de 3.6 mts. y su diámetro en la base mayor de 0.9 mts. como mínimo. Está construido de tal modo que indique claramente la dirección del viento en la superficie y dé idea general de su velocidad.

Los colores deben elegirse para que el indicador de dirección del viento pueda verse e interpretarse claramente desde una altura de por lo menos 300 mts., teniendo en cuenta el fondo sobre el cual se destaque. Así mismo, debe estar colocado del lado izquierdo de la pista a una distancia de 300 mts. del umbral de la misma. De ser posible, debe usarse un solo color preferentemente el blanco o el anaranjado. Si hay que usar una combinación de dos colores para que el cono se distinga bien sobre fondos cambiantes, deben elegirse los colores rojo y blanco, anaranjado y blanco, o negro y blanco; dispuestos en cinco

deberá ser del color más oscuro. En un aeropuerto destinado al uso nocturno, debe disponerse por lo menos la iluminación de un indicador de la dirección del viento.



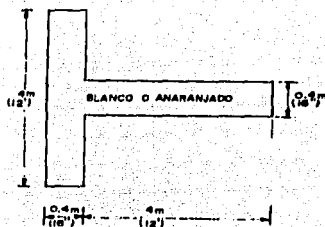
FALLA DE ORIGEN

111

INDICADOR DE LA DIRECCION DE ATERRIZAJE

El indicador de la direccion de aterrizaje se coloca en un lugar destacado del aeropuerto, tendo la forma de "T" con las dimensiones indicadas en la figura 2.12. El color de la señal sera blanco o anaranjado, según sea el que destaque más contra el fondo.

Un aeropuerto que también tenga una nocturna dispone de iluminación para el indicador de direccion de aterrizaje, o bien, delinea el contorno de la "T" con luces blancas.



Tiene una longitud de 4m (12') y una altura de 0.4m (14'). El texto "BLANCO O ANARANJADO" está inscrito en el brazo horizontal.

FALLA DE ORIGEN

6.10 SEÑAL HORIZONTAL

SEÑAL DESIGNADORA DE PISTA

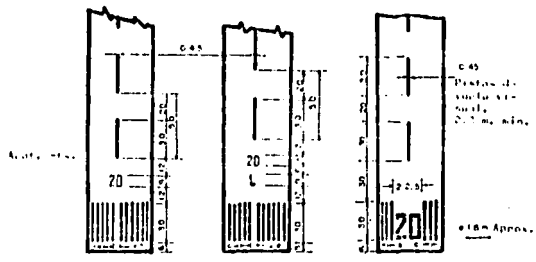
La señal designadora de pista se coloca en el umbral de la pista con una disposición mostrada en la figura 6.19. En una pista no pavimentada se hará lo posible por colocar la señal designadora de pista, y si el umbral está desplazado, se colocará una señal designadora de pista para los aviones que despegan.

La señal designadora de pista consiste en un número de dos cifras que representan al entero más próximo a la décima parte del azimut magnético con el cual está orientada la pista con respecto al norte magnético medido en el sentido de las manecillas del reloj. En el caso de cuarto o más pistas paralelas, un grupo de ellas se designarán con el número entero más próximo por defecto a la décima parte del azimut magnético, y el otro grupo se designará por el entero más próximo por exceso a la décima parte del azimut magnético. Cuando la décima parte del azimut magnético aproximada a un entero de una sola cifra, éte irá precedido de un cero.

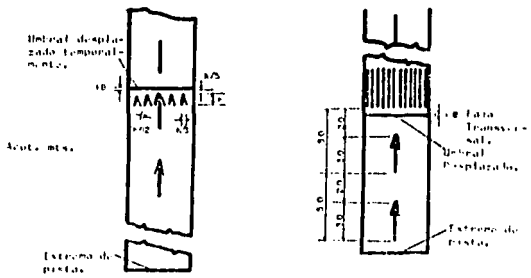
En el caso de pistas paralelas, cada número designador de pista irá acompañado de una letra, como sigue, en el orden que aparece de izquierda a derecha al verse en la dirección de aproximación:

- Dos pistas paralelas "L" "R".
- Tres pistas paralelas "L" "C" "R".
- Cuatro pistas paralelas "L" "R" "L" "R".
- Cinco pistas paralelas "L" "C" "R" "L" "R".
- Seis pistas paralelas "L" "C" "R" "L" "C" "R".

Los números tendrá la forma y proporciones indicadas en el plano de señalamiento horizontal. Sus dimensiones no serán menores de las indicadas en dicho plano, pero cuando se incorporen números a las señales de umbral, las dimensiones serán mayores, con el fin de llenar satisfactoriamente los espacios entre las franjas de señal de umbral.



Señales de identificación de postales que se destralan.



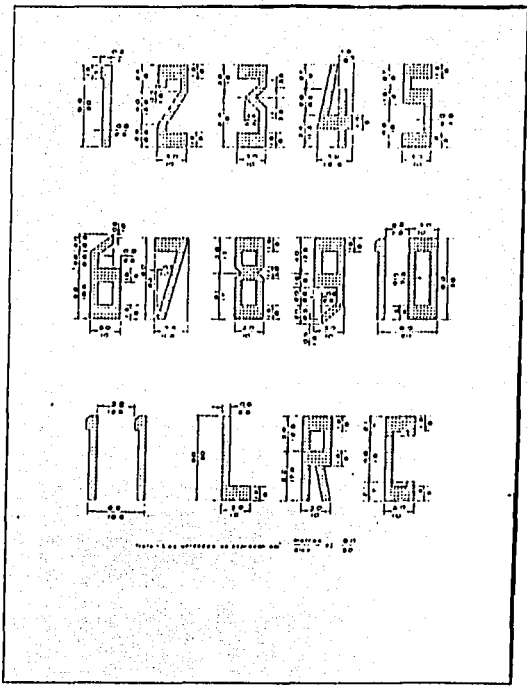


FIGURE 1. CONSTRUCTION OF NUMBERS AND LETTERS

Forma y modo de hacer de los numeros y letras de los señales correspondientes de siete.

SEÑAL DE EJE DE PISTA

La señal de eje de pista va situada a lo largo de eje de la pista y pasa entre las señales designadoras de pista, como se observa en la figura 6.19 pero se interrumpe en la intersección con otra pista o una calle de rodaje.

La señal de eje de pista consiste en una serie de trazos colineales uniformemente espaciados, en donde la suma del trazo más la del espaciado será una longitud que va desde 50 hasta 75 mts. La longitud de trazo será por lo menos igual a la longitud del espaciado, o de 30 mts., tomándose la que sea mayor.

El ancho de las líneas será de:

- 0.90 mts. para las pistas de aproximaciones de precisión de categorías II y III
- 0.45 mts. para pistas de aproximación de precisión de categoría I
- 0.30 mts. para otras pistas.

SEÑAL DE UMBRAL

Se exige la señal de umbral para pistas destinadas al transporte aéreo comercial internacional, pero se recomienda el uso de esta señal en pistas que tengan otros usos.

Una señal de umbral consiste en una serie de líneas paralelas que comienza a 6 mts. del umbral y se distribuirán simétricamente respecto al eje de la pista hasta llegar a un máximo de 3 mts. del borde de la pista o hasta una distancia de 28 mts. a cada lado del eje de la pista, buscándose la opción que dé la menor distancia lateral. En la figura 6.19, se observa la disposición de la señal de umbral dependiendo del tipo de pista. Cuando la señal designadora de pista se encuentre situada dentro de la señal de umbral debe haber tres líneas como mínimo a cada lado para indicar la señal de umbral. Las líneas tendrán una longitud de por lo menos 30 mts. con un ancho de 1.00 mts., y una separación de 1.00 mts. entre ellas. La separación entre las líneas de la señal de umbral más próximas al eje de la pista será el doble que entre las otras líneas, y esta separación será de 22.5 mts., cuando la señal designadora esté situada dentro de la señal de umbral.

En el caso de que el umbral se encuentre desplazado o el umbral de pista no forme un ángulo rectos con el eje de la pista, se coloca una línea transversal a la señal de umbral.

SEÑAL DE DISTANCIA FIJA

La señal de distancia fija se coloca en ambos extremos de una pista cuya letra de clave es A o B, y comienza a una distancia de 300 mts. del umbral.

La señal de distancia fija consiste en dos señales rectangulares bastante visibles, de 45 mts. a 60 mts. de longitud y 6 mts. a 10 mts. de ancho, colocadas simétricamente a cada lado del eje de la pista. La separación de los lados internos de las señales es de 18 mts. a 22.5 mts., recomendándose 18 mts.

SEÑALES DE ZONA DE TOMA DE CONTACTO

La señal de zona de toma de contacto consiste en pares de señales rectangulares, dispuestas simétricamente con respecto al eje de la pista; estas señales se emplazan en la zona de toma de contacto para auxilio al piloto en el aterrizaje, se dispondrá de una señal de zona de toma de contacto en pistas de aproximaciones de precisión, excepto cuando las condiciones meteorológicas y el tránsito aéreo que utilice el aeropuerto, considere innecesarias tales señales; el número de los pares de señales, guardará una relación con la longitud de la pista, conforme a la relación siguiente:

LONGITUD DE PISTA	PAR(ES) DE SEÑAL
menos de 900 mts.	1
de 900 a 1200 mts. Únicamente	2
de 1200 a 1500 mts. Únicamente	3
de 1500 a 2100 mts. Únicamente	4
más de 2100 mts.	6

Los datos citados no son apropiados para pistas con una anchura de 23 mts. o menos.

FALLA DE ORIGEN

SEÑAL DE FAJA LATERAL DE PISTA

Esta señal es utilizada para delimitar los bordes de la pista y el terreno circundante; esta señal consiste de dos fajas dispuestas una a cada lado a lo largo del borde de la pista, de manera que el borde exterior de cada faja coincida con el borde de la pista, excepto cuando la pista tenga más de 60 mts., de ancho, en cuyo caso deberá estar dispuesta a 30 mts. del eje de la pista.

Una señal de faja lateral de pista debe tener una anchura total de 0.90 mts. como mínimo en las pistas de anchura de 30 mts. o más y por lo menos de 0.45 mts. en las pistas estrechas.

SEÑAL DE EJE DE CALLE DE RODAJE

Se utiliza comúnmente en las calles de rodaje que sirven a pistas cuya letra de clave es A o B, pero es conveniente que se utilice también en calles de rodaje que sirvan a pistas cuya letra de clave se C, D o E.

En una intersección de una pista con una calle de rodaje que le sirva como salida, la señal de eje de calle de rodaje forma una curva para unirse con la señal de eje de pista, pero no se une totalmente, sino que continúa paralela a la señal de eje de pista hasta una distancia de por lo menos 60 mts. La señal de eje de calle de rodaje tiene un ancho de trazo de 0.15 mts., y es una línea continua, excepto donde corte a una señal de punto de espera en rodaje, en las figuras 6.21 y 6.22 se observan las características de las señales en la calle de rodaje.

SEÑAL DE PUNTO DE ESPERA EN RODAJE.

La señal de punto de espera en rodaje se coloca en la intersección de una calle de rodaje con una pista, y su emplazamiento, depende de la clasificación y clave de la pista a la cual se sirva entonces su emplazamiento el que se muestra en la tabla 6.23.

La señal de punto de espera en rodaje de categorías II o III se instalan en pistas para aproximaciones de precisión de la categoría II o III cuando las barras de parada bajo control de los servicios de tránsito aéreo y donde la señal normal de punto de espera en rodaje no aseguren la protección y el funcionamiento adecuados.

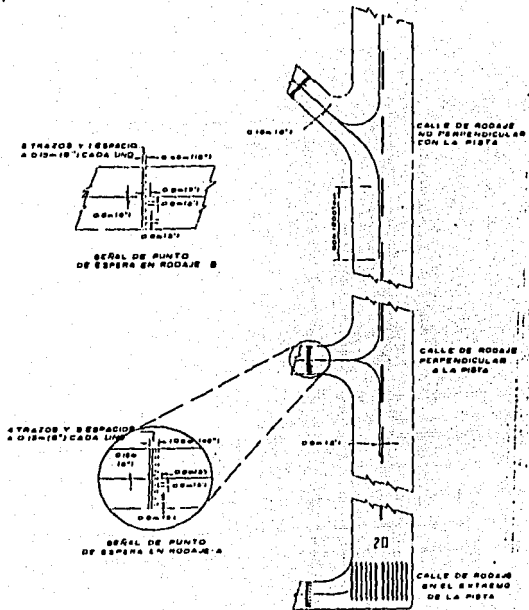
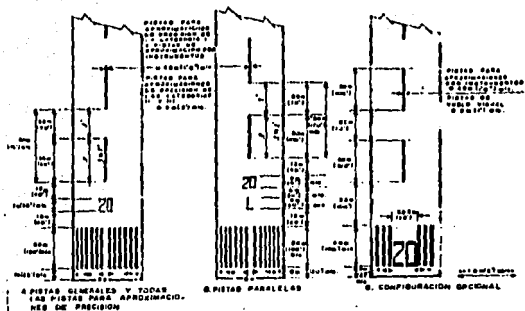
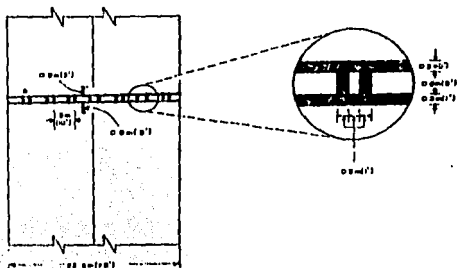


Figura 6.2. Señales de tráfico de ferrocarril (no perpendicular) con las señales variadas de espera.



Señales de designación de pista, de eje y de umbral.



FALLA DE ORIGEN

225

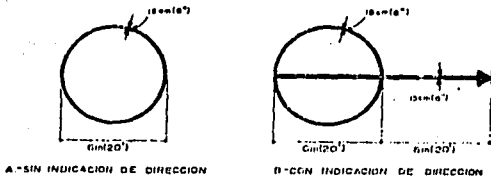
Es conveniente colocar el término CAT II o CAT III sobre la superficie en los extremos de la señal de punto de espera cuando esta señal se encuentre en un tramo que exceda a 60 mts. las indicaciones se colocan a cada 45 mts. por los lados de un tamaño mínimo de 1.8 mts. a una distancia de 0.90 mts. de la señal de punto de espera.

CLASIFICACION DE PISTA	CLAVE	EMPLAZAMIENTO
Pistas de aproximación visual	A	a 75 m, o más, respecto al eje de la pista
	B	a 75 m, o más, " " " " " "
	C	a 60 m, o más, " " " " " "
	D	a 40 m, o más, " " " " " "
	E	a 30 m, o más, " " " " " "
Pistas de aproximación por instrumentos	A	a 75 m, o más, " " " " " "
	B	a 75 m, o más, " " " " " "
	C	a 75 m, o más, " " " " " "
	D	a 40 m, o más, " " " " " "
	E	a 30 m, o más, " " " " " "
Pistas para aproximaciones de precisión	CAT II CAT III	<ul style="list-style-type: none"> - donde ninguna parte de una aeronave se desalga de una superficie limitadora de obstáculos - donde la aeronave en espera no perturbe las radioayudas - nunca a menos de 120 m del eje de la pista

SEÑAL DE PUNTO DE VERIFICACION DEL VOR EN EL AERODROMO

La señal de punto de verificación del VOR se coloca donde en un aeropuerto debe situarse la aeronave para recibir la señal VOR correcta. El punto de verificación del VOR debe indicarse mediante una señal y un letrero, hechos para este fin.

La señal de punto de verificación del VOR consiste en un círculo de 6 mts. de diámetro marcado con una línea de 0.15 mts. de ancho. Si es preferible que la nave estacionada sobre el punto de verificación de VOR esté orientada en una dirección determinada, se traza una línea que pase por el centro del círculo con el azimut deseado, sobresaliendo 6 mts. del círculo y con un ancho de trazo de 0.15 mts.



Nota: Sólo se precisa proporcionar una indicación de la dirección cuando la aeronave debe orientarse en un sentido determinado.

Figura 6.24 Señal de punto de verificación del VOR en el aeropuerto.

6.11 SEÑALAMIENTO VERTICAL

LETRERO

Los letreros proporcionan diferentes tipos de información a los pilotos. Estos letreros pueden clasificarse como obligatorios e informativos.

Los letreros son de forma rectangular con el lado más largo horizontal. Las inscripciones deben tener las dimensiones y grueso de trazo necesarias suficientes para ser comprensibles desde el puesto de pilotaje del avión situado en el área comprendida en el terreno.

LETREROS DE INFORMACION

Los letreros de información tienen sus inscripciones en color amarillo sobre fondo negro, o a la inversa. Se emplazarán antes de una intersección, antes de la entrada de un área indicada en el letrero, y lo más cerca posible cuando el letrero indique un punto de verificación del VOR.

Los letreros que indiquen dirección o destino de movimiento deben quedar cargados hacia el lado de destino, y si el movimiento es hacia adelante, el letrero puede emplazarse a la izquierda o a la derecha del camino.

Si el letrero es usado en un aeropuerto que tenga uso nocturno el letrero se iluminara interna o externamente. Un letrero que indique un punto de verificación del VOR debe tener las siguientes indicaciones:

- a) La indicación VOR, abreviatura que indica el punto de verificación del radiofaro Omnidireccional VHF.
- b) La radiofrecuencia en que se recibe la señal del VOR.
- c) Azimut en el que es recibida la señal del VOR, en grados enteros.
- d) La distancia, en millas marinas, a la cual se encuentra un equipo de medición de distancia (DME), común al VOR.

LETREROS CON INSTRUCCIONES OBLIGATORIAS

Los letreros con instrucciones obligatorias indicarán instrucciones que sólo serán pasadas por alto cuando los servicios de Tránsito Aéreo así lo indiquen. Sus inscripciones son en color blanco sobre fondo rojo, y se iluminarán interna o externamente cuando sea necesario.

Los letreros de parada se colocan a la izquierda del lugar donde se desea detener la aeronave, y se colocarán a ambos lados de la calle de rodaje cuando indiquen punto de espera de categoría II o III.

Los letreros con instrucciones obligatorias más comunes son:

- a) STOP Para indicar la detención total
- b) NO ENTRY Para indicar la prohibición de entrada a un área.
- c) CAT II Para indicar un punto de espera de categoría II
- d) CAT III Para indicar un punto de espera de categoría III.

GENERALIDADES

La iluminación de los aeropuertos va adquiriendo mayor importancia a medida que el uso nocturno de los aeropuertos va incrementándose, por lo que es indispensable determinar los sistemas de iluminación que se emplearán en un aeropuerto determinado, así como sus características, para dar mayor efectividad a las operaciones aeronáuticas que se efectúen en el lugar.

Los sistemas de iluminación sirven también para apoyar el funcionamiento del aeropuerto en días de escasa visibilidad. Los sistemas de iluminación de un aeropuerto pueden agruparse dependiendo de su función que cumplen, en los siguientes grupos:

a) Luces de identificación de elementos del aeropuerto. Estas luces son usadas en pistas, calles de rodaje y plataformas, siendo su función principal la de permitir el reconocimiento nocturno y lejano del trazo y dimensiones de los elementos del aeropuerto.

b) Luces de aproximación. Los sistemas de luces de aproximación permiten a las aeronaves en trayectoria de aproximación obtener una mayor precisión en sus operaciones de alineación con la pista y la obtener una pendiente de aproximación para el descenso.

c) Luces de seguridad. Las luces de seguridad más usadas en los aeropuertos son las siguientes:

- Iluminación de emergencia.- Usadas en casos de falla de energía eléctrica, para delinear calles de rodaje, obstáculos y plataformas.

- Faro de identificación.- Para comunicarse visualmente por medio de luces con aeronaves.

- Faro de aeropuerto.-Luces intermitentes que permiten al piloto reconocer el aeropuerto .

- Luces de parada .-Siendo estas de uso común en las calles de rodaje y plataformas, indicado zonas donde la aeronave debe detenerse parcial o totalmente.

-Luces de obstáculos.- Luces que indican la cercanía o presencia de obstáculos que pueden ser peligrosos para las operaciones aeronáuticas; usándose fero de peligro si las circunstancias lo ameritan.

6.12 PISTAS

Los sistemas de iluminación usados en los aeropuertos para pistas son:

- Indicador de alineación de pista.
- Luces de identificación de umbral de pista.
- Luces de borde de pista.
- Luces de umbral de pista y de barra de ala.
- Luces de extremo de pista.
- Luces de eje de pista.
- Luces de zona de toma de contacto.
- Luces de zona de parada.

Los sistemas de iluminación anteriores sirven para identificar las dimensiones y límites de los elementos de la pista para facilitar las operaciones de aproximación y aterrizaje de las aeronaves.

INDICADOR DE ALINEACION DE PISTA

Es un sistema de luces que se colocaran tan cerca como sea posible de la prolongación del eje de la pista a una distancia del umbral de la pista de 1 250 a 3 000 mts., y consiste en luces colocadas longitudinal y transversalmente para dar orientación direccional y de inclinación lateral; con una intensidad de iluminación suficientemente alta para poder emplearse durante el día. El color de las luces es blanco o amarillo. Las luces indicadoras de alineación de pista es un sistema que ya no se exige en la enmienda 32 al Anexo 14 de la OACI, pero si fuera necesario, podría ser utilizado si la situación lo requiriera.

LUCES DE IDENTIFICACION DE UMBRAL DE PISTA

Las luces de identificación de umbral de pista se emplazan perpendicularmente al eje de la pista, alineándose con el umbral y a 10 mts., al exterior de las últimas luces de borde de pista. Las luces darán destellos de color blanco y con una frecuencia de destellos de 60 a 120 por minuto.

Las luces de identificación de umbral de pista se usan en las pistas de vuelo visual, pero pueden ser de utilidad en pistas de vuelo visual, en pistas de aproximación por instrumentos. Las luces de umbral de pista son visibles únicamente en la dirección de aproximación a la pista.

LUCES DE BORDE DE PISTA

Las luces de borde de pista se utilizan para las pistas destinadas a uso nocturno o diurno, pero son también útiles si se usan en pistas para aproximaciones que en uso diurno tengan mínimos de utilización inferiores a un alcance visual en la pista del orden de 800 mts.

Las luces de borde de pista se colocan a lo largo del área destinada a servir como pista, en dos filas equidistantes del eje de la pista, o alejadas de esta área una distancia no mayor de 3 mts.

Si el ancho de la pista es mayor a 60 mts., es conveniente tomar en cuenta el carácter de las operaciones y las características de las ayudas visuales de la pista para determinar la separación entre filas de luces de borde de pista.

En una fila de luces de borde de pista, la separación entre luces es de 60 mts. como máximo en pistas de vuelo por instrumentos, y a 100 mts., como máximo en pistas de vuelo visual. Las dos filas de luces tendrán la misma altura en sus luces con respecto al eje de la pista y pueden tener una disposición irregular en las cercanías de una calle de rodaje.

Las luces de borde de pista son visibles en los ángulos de azimut requeridos por las operaciones, o en todos los ángulos del azimut si sirven para guía de vuelo en circuito, siendo visibles hasta 15° sobre la horizontal, con una intensidad suficiente para ser utilizadas con las condiciones de visibilidad de lugar. La intensidad de las luces es de 50 candelas generalmente, pero cuando no existan luces aeronáuticas, la intensidad es de 25 candelas para no deslumbrar al piloto.

Las luces de borde de pista son de color blanco variable, pero en el caso de umbral deslizado, las luces

Las luces de borde de pista son de color blanco variable, pero en el caso de umbral desplazado, las luces entre el comienzo de pista y el umbral desplazado son de color rojo en la dirección de la aproximación, y son de color amarillo en el extremo de la pista opuesto al sentido de despegue en una longitud de 600 mts., o la mitad de la pista, si es menor.

LUCES DE UMBRAL DE PISTA Y DE BARRA DE ALA

Las luces de umbral de pista se utilizan en pistas que tengan luces de borde de pista, pero si es una pista de vuelo visual o para aproximaciones y tiene el umbral desplazado, se disponen luces de barra de ala.

Las luces de umbral se colocan en el extremo de la pista o a 3 mts., máximo al exterior del mismo. Cuando el umbral está desplazado, las luces se colocan perpendicularmente a la prolongación del eje de la pista y coincidiendo con el umbral desplazado. Ver figura 6.26.

Las luces de barra de ala se utilizan en pistas de vuelo visual o de aproximación por instrumentos cuando el umbral está desplazado y no se han colocado las luces de umbral de pista, aunque también es conveniente usar estas luces en pistas de aproximación de precisión.

Las luces de barra de ala se colocan en dos grupos o barras de cinco luces por lo menos con una longitud en cada barra de 10 mts., y con una separación interior entre barras igual a la separación de las filas de borde de pista. Las luces de umbral de pista y de barra de ala son luces omnidireccionales de color verde y visibles en la dirección de la aproximación de la pista.

LUCES DE EXTREMO DE PISTA

Las luces de extremo de pista se utilizan en pistas que tengan luces de borde de pista, y pueden ser las mismas que designen al umbral cuando éste se encuentre en el extremo de la pista. Las luces de extremo de pista son seis luces colocadas en línea perpendicular al eje de la pista lo más cerca del extremo de la pista o a 3 mts., como máximo al exterior de la pista.

Las luces de extremo de pista son luces fijas de color rojo, unidireccionales y visibles en la dirección de la pista. Su disposición se observa en la figura 6.17

LUCES DE EJE DE PISTA

Las luces de eje de pista se utilizan en pistas para aproximaciones de precisión de categoría II o III, pero son útiles también en las de categoría I o cuando la separación de luces de borde de pista supera los 50 mts. Las luces de eje de pista se utilizan también cuando existen mínimos de utilización inferiores a un alcance visual en la pista del orden de 400 mts.

Las luces de extremo de pista son convenientes cuando la pista es utilizada por aviones con una velocidad de despegue o aterrizaje muy elevada.

Las luces de eje de pista se colocan con un espaciado uniforme de:

- 7.5 mts. ó 15 mts. en una pista para aproximaciones de categoría III.

- 7.5 mts., 15 mts. ó 30 mts., en una pista para aproximaciones de categoría II, o en una pista cualquiera que utilice este sistema.

Las luces de eje de pista se colocan a lo largo del eje de la pista, desde el umbral hasta el extremo de la pista. Las luces de eje de pista son luces fijas de color blanco variable desde el umbral hasta un punto situado a 900 mts., antes de llegar al extremo de pista, desde donde serán rojas y blancas variables hasta una distancia de 300 mts., antes del extremo de pista, siendo luces de color rojo los últimos 300 mts., del eje de la pista. En el caso de que el espaciamiento entre las luces de eje de pista sea de 7.5 mts., el tramo comprendido entre los 900 mts. y 300 mts. antes del extremo de pista, los colores se harán por pares de luces color rojo y blanco alternativamente; si la pista es de una longitud menor a 1 800 mts., las luces rojas y blancas alternadas se usan desde la mitad de la pista hasta 300 mts., antes de llegar al extremo de pista.

LUCES DE ZONA DE TOMA DE CONTACTO

Las luces que indican la zona de toma de contacto se usan en pistas para aproximaciones de precisión de categoría II ó III, colocándose desde el umbral hasta una distancia de 900 mts., dentro de la pista, excepto en las pistas que tengan una longitud menor a 1 800 mts., en cuyo caso las luces sólo llegarán a la mitad de la longitud de la pista como máximo.

Las luces de zona de toma de contacto se colocan en forma de pares de barretas dispuestas simétricamente con respecto al eje de la pista. La separación interior entre dos barretas se colocan igual que la de la señal de zona de toma de contacto, y la separación longitudinal entre barretas es de 20 mts., a 60 mts. En una barreta la separación entre luces (tres como mínimo) es de 1.5 mts. como máximo dando a la barreta una longitud total de 3 mts., a 4.5 mts. como máximo. El color de las luces de zona de toma de contacto es blanco variable, y las luces deben ser fijas omnidireccionales.

LUCE DE ZONA DE PARADA

Las luces de zona de parada indican esta zona en el uso nocturno del aeropuerto, y se colocan en toda la longitud de la zona de parada en dos filas paralelas equidistantes del eje, coincidiendo como las luces de borde de pista. En el extremo de la zona de parada se coloca una fila de luces en forma perpendicular al eje de la pista, sin poner estas luces a más de 3 mts. del exterior del extremo de dicha zona. Las luces de zona de paro son luces fijas unidireccionales de color rojo, visibles en la dirección de la pista.

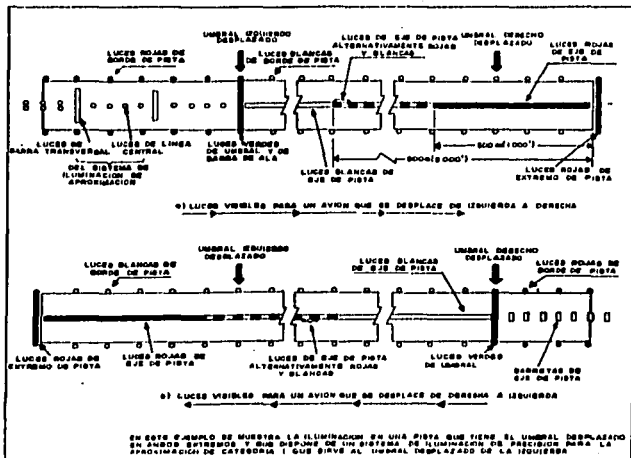


FIGURA 6.11. UMBRAL DE ILUMINACION DE APROXIMACION DE PRECISION EN UN SISTEMA DE LAS CATEGORIAS DE OPERACIONES DE DESPLAZAMIENTO.

Los sistemas de luces de identificación de elementos usados en las calles de rodaje, según sean las necesidades, son:

- 1) Luces de eje de calle de rodaje
 - en calles de rodaje
 - en calles de salida a gran velocidad
 - en otras calles de salida
- 2) Luces de borde de calle de rodaje
- 3) Barras de parada
- 4) Barras de cruce

LUCES DE EJE DE CALLES DE RODAJE

Las luces de eje de calle de rodaje se usan en calles de rodaje, salidas de pistas y plataformas, en las situaciones en que la pista tenga un alcance visual inferior a 400 mts., permitiendo que las aeronaves tengan guía desde el eje de pista hasta donde comiencen las maniobras de estacionamiento, pudiéndose prescindir de estas luces cuando el volumen de tránsito sea reducido o las luces de borde y las señales de eje de pista provean de guía suficiente.

Las luces de eje de calle de rodaje son luces fijas de color verde, con haces luminosos visibles sólo desde los aviones que están en la calle de rodaje o en sus proximidades, cuidando que las luces de eje de calle de rodaje que queden cercanas a las pistas no se confundan con las luces de umbral, y procurando que las luces de eje de pista tengan un dispositivo que permita apagarlas cuando no se utilicen.

LUCES DE EJE DE CALLE DE RODAJE EN CALLES DE RODAJE

Las luces de eje de calle de rodaje se colocan con un espaciado longitudinal máximo de 30 mts., en los tramos rectos, o hasta un máximo de 60 mts. si las condiciones meteorológicas lo permiten. La separación longitudinal entre luces puede ser menor a 30 mts., si el tramo rectilíneo es corto, pudiendo ser hasta de 15 mts., el espaciado si el alcance visual en la pista es menor a 400 mts.

Si las calles de rodaje sirven a una pista con alcance visual igual o mayor a 400 mts., las separaciones entre luces de eje de calle de rodaje en las curvas de las calles de rodaje son:

Radio de la curva	Espaciado de las luces
hasta 400 m (1 300 pies)	7.5 m (25 pies)
de 401 m (1 301 pies) a 899 m (3 000 pies)	15 m (50 pies)
900 m (3 000 pies) o más	30 m (100 pies)

Nota. Las cantidades dadas en pies se obtuvieron de la conversión de cantidades en metros, pero redondeadas a valores prácticos.

Tabla 6.27 Separación entre luces de eje de calle de rodaje en las curvas de las calles de rodaje.

LUCES DE EJE DE CALLE DE RODAJE EN CALLES DE SALIDA A GRAN VELOCIDAD

Es conveniente que las luces de eje de calle de rodaje instaladas en calles de salida a gran velocidad, estén emplazadas desde 60 mts. antes de que comience la curva de la calle de rodaje. Las luces que quedan paralelas al eje de la pista pueden ir sobre el eje, excepto en el caso en que existan luces de eje de pista, caso en el cual las luces de eje de calle de rodaje puedan ir desplazadas de 60 a 90 cms. del eje de la pista.

Las luces de eje de calle de rodaje espaciarse hasta 15 mts, máximo, pero si no existen luces de eje de pista, el espaciado puede ser hasta un máximo de 30 mts.

LUCES DE EJE DE CALLE DE RODAJE EN OTRAS CALLES DE SALIDA

Las luces de eje de calle de rodaje en calles que no son salidas de gran velocidad de una pista pueden comenzar su curva en el mismo punto en que las señales de eje de calle de rodaje ingresan la curva para iniciarse del eje de la pista. Terminándose de colocar las luces por lo menos hasta un punto que quede fuera de la pista. La primera luz queda muy cerca de eje de la pista. El espaciado de las luces es como máximo de 7.5 mts.

LUCES DE BORDE DE CALLE DE RODAJE

Estas luces se utilizan cuando las plataformas, pistas, calles de rodaje, etc., tengan uso nocturno. Las luces de borde de calle de rodaje pueden ser muy necesarias si existe un sistema de luces de eje de calle de rodaje.

En el borde rectilíneo de una calle de rodaje, las luces se colocan con un espaciado máximo de 60 mts., y en tramos en curva, el espaciado es menor de 60 mts., para una mejor indicación de la curva.

En donde se coloquen luces de borde de calle de rodaje, se tratará de colocarlas lo más cerca posible del borde, o a 3 mts., máximo al exterior de éste.

Las luces de borde de calle de rodaje son luces fijas de color azul visibles sólo en la dirección en que sea necesario, por lo menos hasta 30 por encima de la horizontal, buscando que no puedan confundirse con otras luces o que puedan deslumbrar al piloto.

BARRAS DE PARADA

Las barras de parada se usan en puntos de espera en rodaje que sirvan a una pista para aproximaciones de precisión de categoría III, colocando una o más barras en la calle de rodaje en el punto que se desea detener el tránsito.

Las barras de parada son luces unidireccionales de color rojo visibles en el sentido de aproximación al punto de espera, colocadas transversalmente en la calle de rodaje con intervalos de 3 mts.

El circuito que controla las luces de las barras de parada es eficaz si enciende las luces para indicar detención y las apaga para permitir el paso, control a cargo de los servicios de tránsito aéreo del aeropuerto. La intensidad de las luces no debe ser menor a la de las luces verdes de eje de calle de rodaje, si existen.

BARRAS DE CRUCE

Las luces utilizadas en las intersecciones de las calles de rodaje en forma de barreta se colocan en un punto que quede a 30 mts ó 60 mts., como máximo antes de llegar a la intersección. Las barras consisten en tres luces como mínimo y colocadas simétricamente a ambos lados del eje de calle de rodaje, en formación perpendicular al eje con una separación entre luces de 1.5 mts. Las luces son fijas unidireccionales de color amarillo, visibles en el sentido de la aproximación hacia la intersección.

6.14 PLATAFORMAS

Los sistemas de iluminación comunes utilizados en plataformas que realicen actividades nocturnas son:

- a) Sistemas de iluminación de plataforma
- b) Sistema visual de guía de atraque

- Unidad de guía de azimut
- Indicador de posición de parada

SISTEMA DE ILUMINACION DE PLATAFORMA

La iluminación de plataforma debe hacerse con proyectores colocados de tal modo, que ilumine adecuadamente toda el área de servicio de plataforma, iluminando desde varios ángulos para evitar que se produzcan sombras y evitando al máximo deslumbrar a los pilotos que maniobran las aeronaves dentro del área de plataforma.

Es recomendable utilizar iluminación con proyectores en todos los puestos previstos para estacionamiento de las aeronaves realizandos en operaciones nocturnas.

SISTEMA VISUAL DE GUIA DE ATRAQUE

Este sistema se utiliza cuando se requiere un mejor aprovechamiento de las áreas de estacionamiento de aeronaves; lo anterior sucede cuando aumenta la demanda de tráfico aéreo, por lo que hay que analizar las condiciones meteorológicas, espacio disponible en la plataforma, y la precisión necesaria en la posición de estacionamiento, después de lo cual se decidirá si el sistema es necesario.

Un sistema de guía de atraque se completa con unidades que den guía de azimut y guía de parada, las cuales deben proyectarse debidamente para que sus intensidades de luminosidad permitan su uso durante el día pero que en la noche no deslumbran al piloto.

UNIDAD DE GUIA DE AZIMUT

La unidad de guía de azimut ayuda a los pilotos en las maniobras de estacionamiento, indicando al piloto la posición de la aeronave con respecto a su alineación que debe conservar, dando guía de izquierda/derecha para facilidad de comprensión. Si las señales se hacen con ayudas de colores, el verde indica que puede continuar y el rojo indica que está en una trayectoria equivocada.

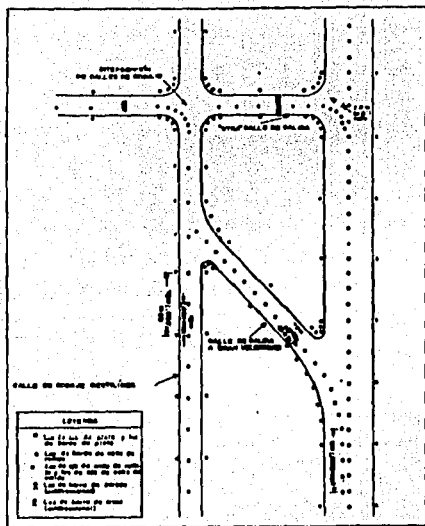


Figura 8.22 Iluminación de calles de tráfico.

FALLA DE ORIGEN

250

INDICADOR DE POSICION DE PARADA

La luz que indica la posición de parada debe colocarse cerca de la unidad guía de arriute, y su señal luminosa debe verse desde el puesto de pilotaje del avión que se estacione. Disponiéndose correctamente del indicador de posición de parada, el piloto está informado de su proximidad de la posición de parada o sabe que ya está en la posición correcta. Cuando se auxilia con colores, el color verde indica que la nave puede continuar, el color rojo indica que la nave está en punto incorrecto para detenerse.

SISTEMA DE LUZES DE APROXIMACION

Las luces de aproximación son sistemas que facilitan a las aeronaves en aproximación la operación de aproximación final aterrizaje, dándoles idea de la alineación de la pista, haciendo tres sistemas distintos de luces de aproximación, utilizándose el sistema correspondiente a la clasificación de pista que se está empleando, lo cual se muestra en la tabla siguiente:

Sistemas de iluminación de aproximación	Aplicación
Sistema sencillo de iluminación de aproximación	Pista de vuelo visual Pista para aproximaciones por instrumentos
Sistema de iluminación de aproximación de precisión de categoría I	Pistas para aproximaciones de precisión categoría I
Sistema de iluminación de aproximación de precisión de categorías II y III	Pistas para aproximaciones de precisión de categorías II y III

Tabla 4.29 Sistemas de iluminación de aproximación aplicados según tipo de pista servida

SISTEMA SENCILLO DE ILUMINACION DE APROXIMACION

El sistema sencillo de iluminación de aproximación consiste en una fila de luces colocadas en la prolongación del eje de la pista hasta una longitud no menor a 420 mts., cuando sea posible, a partir de una distancia de 60 ó 30 mts. del umbral de la pista. A una distancia de 300 mts. del umbral, en un punto situado sobre estas luces se coloca una barra transversal de 18 ó 30 mts., formado por luces, se alinean en forma perpendicular a la fila central de luces de aproximación; las luces de la barra transversal se espacian con intervalos de 1 a 4 mts., buscando no exceder a 6 mts. en cada espacio.

Si no puede extenderse el sistema hasta 420 mts., entonces se trata de extenderlo hasta 300 mts. para poder contar con la barra transversal. Teniendo una barra transversal puede colocar opcionalmente otra barra a los 150 mts.

Las luces del sistema de iluminación de aproximación son luces fijas de un color que evite confundirlas con otras cercanas. Cada una de las luces de la línea central puede ser una sola luz o una barreta de por lo menos 3 mts., formada por luces espaciadas 1.5 mts., o bien por una barreta completa. Si se requiere mayor seguridad en la guía, se pueden colocar luces de destello en secuencia lineal en la parte externa del sistema.

SISTEMA DE ILUMINACION DE APROXIMACION DE PRECISION DE CATEGORIA I.

Este sistema de luces de aproximación consiste en una fila de luces situada sobre la prolongación del eje de la pista hasta una distancia de 90 mts., comenzando esta fila a 30 mts., del umbral. Las luces se sitúan a intervalos regulares de 30 mts., y llegando a un punto situado a 300 mts del umbral, sobre el sistema, se coloca una barra transversal de luces que forman un ángulo de 90 con respecto a la línea central de luces. Las luces de la barra se espacian con intervalos de 1 ó 4 mts.

Las luces de la línea central y de la barra son luces fijas de color blanco variable. La línea central del sistema es formada por luces consistentes en :

- a) una sola luz en los 300 mts., del primer tramo de la línea central que es el más cercano al umbral; dos luces en los siguientes 300 mts., tres en los últimos 300 mts., o bien,
- b) una barreta de una longitud de 4 mts., como mínimo.

Cuando la línea central del sistema esta formado por barretas, cada una de ellas puede suplementarse con luces de descarga de condensador, produciéndose en cada luza dos destellos por segundo, comenzando por la luz más alejada del sistema en dirección hacia el umbral hasta llegar a la última luz.

Si las luces de la línea central del sistema son cada un formadas como se describe en el inciso (a), pueden añadirse al sistema, además de la barra transversal a 300 mts., otras barras transversales a 150 mts., 450 mts., 600 mts. y 750 mts., del umbral. Las luces de las barras trasversales deben alinearse, en la medida de lo posible, en forma perpendicular a la línea central del sistema. Si existen barras transversales adicionales, puede trazarse una línea imaginaria que una los extremos de las barras, la cual debe ser paralela a la línea central, o bien, las dos líneas imaginarias que unen los extremos de las barras puede converger para cortar la línea central a 300 mts., del umbral.

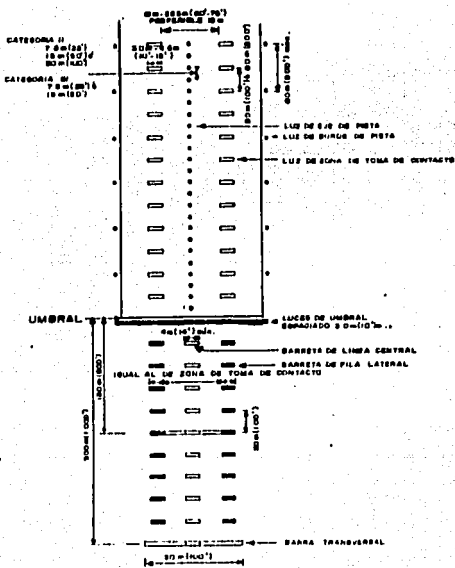


Figura 4.11. Iluminación de pista y de las 100 mm.
 El diagrama ilustra el diseño de la iluminación de pista y de las 100 mm.
 correspondiente a las categorías II y III.

SISTEMAS INDICADORES DE PENDIENTE DE APROXIMACION

UTILIZACION

Los sistemas indicadores de pendiente de aproximación se utilizan en pistas que cuenten o no con otras ayudas de aproximación, visuales o no, cuando exista una o más de las siguientes condiciones:

- 1) la pista se utilice por turboreactores o aviones con necesidades semejantes de guía de aproximación;
- 2) dificultades de aproximación por aproximación por orientación visual insuficiente por falta de puntos de referencia, o por configuración peculiar del terreno adyacente.
- 3) presencia de objetos situados bajo el área de aproximación que ponga en peligro vuelos de baja altura;
- 4) presencia de obstáculos antes y después de la pista que haga peligrar despegues y aterrizajes cortos;
- 5) condiciones meteorológicas locales que puedan provocar turbulencias anormales durante la aproximación.

Los sistemas indicadores de pendiente de aproximación se agrupan en las tres siguientes clasificaciones:

- 1) VASIS y AVASIS
- 2) VASIS de 3 BARRAS y AVASIS de 3 BARRAS
- 3) T-VASIS y AT-VASIS.

Cuando el avión está en posición de enderezamiento, la distancia vertical entre la vista del piloto y las ruedas (llamándola aquí V-R) sirve para determinar el sistema visual indicador de pendientes de aproximación.

Se instalan VASIS, VASIS de 3 BARRAS o T-VASIS, si existe al menos una de las cinco condiciones mencionadas inicialmente y si los aviones que utilizan la pista realizan servicios aéreos internacionales. Cuando la distancia V-R no excede los 16 mts., se utilizan los VASIS de 3 BARRAS o el T-VASIS; y si la distancia V-R no excede de 4.5 mts., el VASIS será el sistema apropiado.

FALLA DE ORIGEN

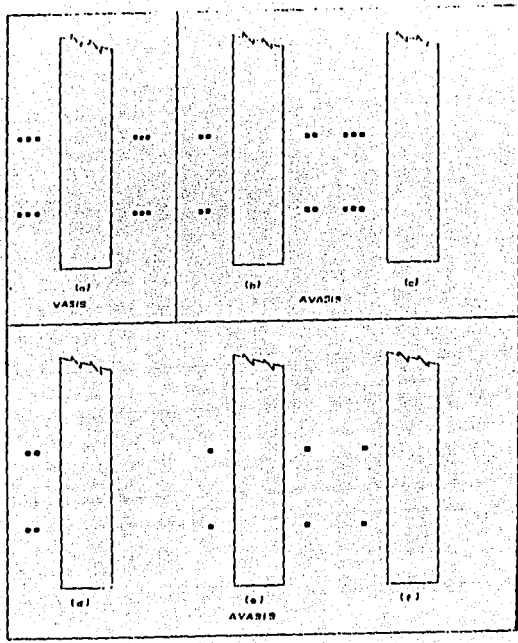


Figura 3.11 Indicadores visuales de cambios de velocidad, VASIS y AVASIS.

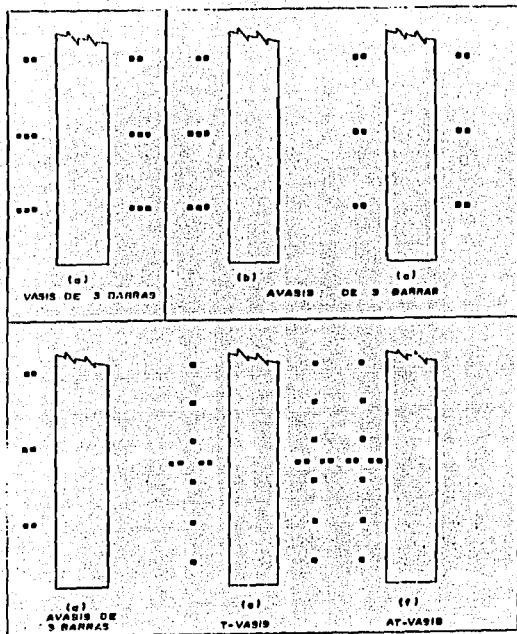


Figura 5.32 Indicadores visuales de consistencia de aproximación: VASIS de 3 BARRAS, AVASIS de 3 BARRAS, T-VASIS, AT-VASIS.

VASIS Y AVASIS

El VASIS consiste en doce elementos luminosos colocados en dos posiciones, una anterior y un posterior, vistas así en el sentido de la aproximación, formando cada posición con dos barras de ala colocadas simétricamente con respecto al eje de la pista, constando cada barra de ala por 3 elementos luminosos, como se indica en la figura (6.31a.).

El número de elementos luminosos que forman al AVASIS depende del tipo de pista a la que sirve, siendo este número de cuatro, seis u ocho elementos luminosos para pistas cuya clave sea A, B o C (figura 6.31 b, c, d, e) y dos, cuatro seis u ocho elementos luminosos para pistas de clave D o E (figura 6.31 b, c, d, e, f). Si no existe otro sistema luminosos de aproximación, se usa el mostrado en la figura (6.3 (b)).

Cada elemento luminoso proyecta un haz de luz cuya parte superior es de color blanco y la parte inferior es de color rojo figura 6.33.

Con el haz de los elementos luminosos dispuesto como se indica en la figura 6.33, se logra que cuando el piloto vuela sobre de la pendiente de aproximación, vea todas las luces de color blanco; cuando vuela con la pendiente correcta, vea de color blanco las luces anteriores y de color rojo las luces posteriores; y cuando vuela por debajo de la pendiente correcta, vea de color rojo todas las luces.

En la figura 6.34, se observa la disposición de los elementos luminosos y de las barras de ala, que no deben construir un peligro para los aviones situándose a baja altura.

El haz luminoso tiene la forma de abanico en un arco de azimut visible en la dirección de aproximación. El haz de transición de rojo a blanco se verá aproximadamente con un ángulo vertical de 15°.

La intensidad del haz luminosos debe permitir que el sistema se vea a 7.4 km. (4 millas marinas) en un tiempo despejado, sobre un ángulo de elevación de 1° 30' sobre y debajo de la bisectriz del sector de transición tanto de día como de noche y en azimut, en un ángulo de más de 10° de día y de 30° de noche.

Debe cuidarse de que los elementos luminosos no se obstruyan por la condensación, el polvo, la nieve o el hielo, diseñándolos previendo estos factores.

La pendiente de aproximación indica en la figura 4.33 sirve para aviones que utilicen la aproximación, y ésta se ajustará lo más posible a la trayectoria de planeo que indique el sistema de ILS cuando éste exista, siempre cuidando que la pendiente de aproximación mas baja salve con seguridad, cualquier obstáculo que existiera.

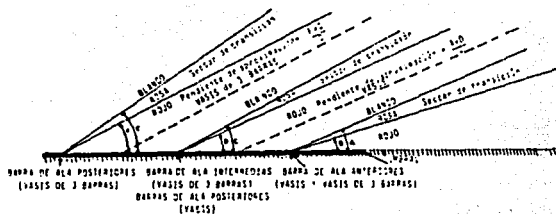
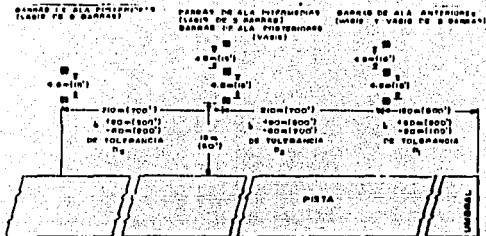


Figura 4.33 Hazes luminosas, ángulo de elevación de los elementos luminosos del VARIS, AVARIS, VASIS de 3 BARRAS y AVASIS de 3 BARRAS (vistas en el espacio).



Nota: D_1 , D_2 , D_3 y D_4 se ajustarán, según sea apropiado, para compensar las diferencias de alineación, ya sea entre barras de ala o entre las barras de ala y la pista.

Ajuste de la alineación de las barras de ala. VARIÉ.
 UMBRAL. VARIÉ DE O BARRAS Y ANTES DE O BARRAS.

VASIS DE 3 BARRAS Y AVASIS DE 3 BARRAS

Un sistema VASIS de 3 BARRAS consiste en un VASIS más un par de barras de ala posteriores, con dos elementos luminosos en cada barra de ala adicional (figura 6.32 a).

El AVASIS de 3 BARRAS es un AVASIS con dos o tres elementos luminosos en cada barra de ala y con dos barras de ala adicional con dos elementos luminosos en cada barra de ala adicional figura 6.32 b,c,d.

Cada elemento luminoso produce un haz de luz cuya parte superior es de color blanco y sus parte superior es de color blanco y sus parte inferior de color rojo figura 6.33, durante la aproximación el piloto puede utilizar la pendiente de aproximación indicada por las barras de ala anteriores y las barras de ala intermedias, o bien, utilizar la pendiente de aproximación indicada por las barras de ala intermedias y las barras de ala posteriores, dependiendo de la distancia vertical que exista entre la vista del piloto y las ruedas del avión cuando esté en posición de enderezamiento.

En la figura 6.34, se observa la disposición de los elementos luminosos y de las barras de ala. Las características de los elementos luminosos en ángulo vertical y azimut, así como su alcance en tiempo despejado es igual a como se indicó en los elementos del AVASIS.

En la figura 6.33, se define la pendiente de aproximación útil para los aviones que la utilicen como guía principal, excepto cuando existe una instalación ILS, a cuya trayectoria de planeo se ajustaran lo más posible las pendientes de aproximación del VASIS de 3 BARRAS. Aunque en el inicio de la aproximación no coincidan las indicaciones de la antena del ILS y las del mismo sistema visual de aproximación, si el avión se basa en las indicaciones del ILS, al aproximarse más se llega a una trayectoria coincidente.

Usando la pendiente de aproximación más baja recomendada, debe existir un margen suficiente de seguridad por sobre cualquier objeto peligroso en la trayectoria de aproximación.

El reglaje del ángulo de elevación debe de ser lo más bajo posible siguiendo las formulas de la figura 6.33, en las barras de ala anteriores, y se recomienda de tres grados en las barras de ala posteriores.

Entre los haces luminosos formados por las barras de ala posteriores y por las barras de ala intermedias, así como entre los haces luminosos formados por las barras de ala intermedia y por las barras de ala anteriores, debe haber un ángulo que los separe 15' o más, para lo cual puede aumentarse el reglaje de elevación de las barras de ala posteriores por encima de 3, aunque esto no es muy recomendable, pudiendo evitarse emplazando las barras de ala más lejos hacia la pista.

T-VASIS Y AT-VASIS

El T-VASIS consiste de 20 elementos luminosos colocados simétricamente a ambos lados del eje de la pista en dos grupos de diez elementos luminosos cada uno, habiendo en cada grupo una barra de ala de cuatro elementos luminosos y cortada en su punto medio por una fila de seis elementos luminosos. figura 6.

El AT-VASIS consiste en un grupo de diez elementos luminosos, dispuestos a un lado de la pista en formación como la utilizada por un grupo de elementos luminosos de T-VASIS.

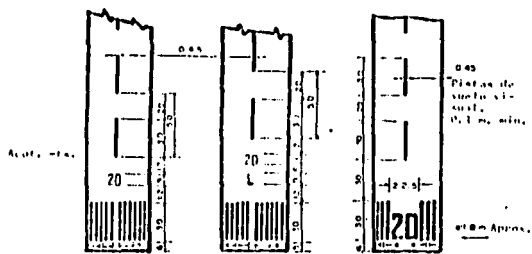
Los elementos luminosos se colocan de tal manera que cuando el piloto en la operación de aproximación vuelve, con respecto a la pendiente de aproximación:

- a) por encima, vea de color blanco las luces de la (s) barra (s) de ala y uno, dos o tres elementos luminosos de indicación "descenso";
- b) en trayectoria correcta, vea de color blanco las luces de la (s) barra (s) de ala; y
- c) por debajo, vea de color blanco las luces de la (s) barra(s) de ala, y uno, dos o tres elementos luminosos de indicación "ascenso", y si vuela muy por debajo de la trayectoria correcta, el piloto verá de color rojo las luces de la (s) barra(s) de ala y los tres elementos luminosos de indicación "ascenso".

Los elementos luminosos se emplazan como se indica en la figura 6.35. El sistema puede utilizarse para operaciones diurnas y nocturnas.

Los elementos luminosos de las barras de ala producen un haz de luz roja en un ángulo de 0° hasta un ángulo vertical de $1^\circ 54'$ y un haz de luz blanca desde un ángulo vertical de $1^\circ 54'$ hasta un ángulo vertical de 6° . Los elementos luminosos de indicación "descenso" (volando por encima de la trayectoria correcta) produce un haz de luz blanca desde un ángulo vertical de 6° descendiendo hasta aproximadamente la pendiente de aproximación, punto donde se ocultan bruscamente. Los elementos luminosos de indicación "ascenso" (volando debajo de la trayectoria correcta) producen un haz de luz blanca desde la trayectoria de aproximación hasta un ángulo vertical de $1^\circ 54'$, y un haz de luz roja debajo del ángulo vertical de $1^\circ 54'$.

Los elementos luminosos se deben colocar muy abajo para no representar peligro para las aeronaves y se diseñan de manera que no se obstruyan parcialmente por el polvo y la condensación, y que no se obstruyan totalmente por fenómenos como el hielo o la nieve.



Señales de destrucción de pista, de eje y de anillo.

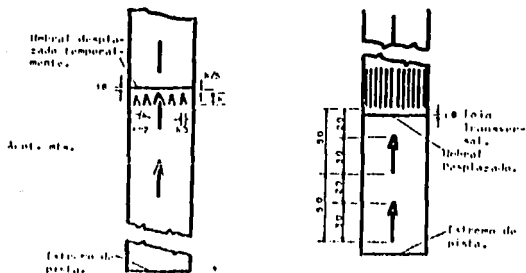


Figura 1.10. Desplazamiento de los elementos luminosos del pistón.

FALLA DE ORIGEN

6.15 DRENAJE.

En el proyecto geométrico de un aeropuerto, el drenaje es uno de los puntos más importantes, pues de este depende en gran parte el buen funcionamiento de las instalaciones del aeropuerto en su totalidad. Un mal drenaje destruye las terracerías y los pavimentos, llegando a hacer difícil la operación de aterrizaje y despegue.

En el drenaje de un aeropuerto se pueden presentar los siguientes casos:

a) En superficies apreciablemente planas con pendientes muy reducida, lluvias normales y terrenos con cierta permeabilidad.

Este tipo de drenaje se resuelve comunmente con canales abiertos, ductos, tuberías, alcantarillas, losas de concreto armado sobre estribos de mampostería, o cajones de concreto.

b) En terreno ondulado que presenta una o varias corrientes que aportan sus aguas hacia la zona del aeropuerto.

Este tipo de drenaje viene a agregar dificultades a la solución anterior, se impone la necesidad de un sistema para interceptar estos aportes laterales de agua, por medio de canales o desvios a lugares más bajos para evitar daños en las instalaciones del aeropuerto.

El sistema de drenaje interior de un aeropuerto tiene como objetivo principal, captar tanto, los escurrimientos superficiales aportados por las lluvias, como el agua del subsuelo proveniente de los subrenes; dándoles salida hacia el exterior del aeropuerto. Para el drenaje de las pistas es común utilizar zanjas o canales de intercepción paralelos a ambos lados de ellas, fuera de las franjas de seguridad y con sus ejes localizados a una distancia no menor de 150 mts. del eje de pista cuando su clave es de 3 ó 4 (anchos de la pista de 30 a 45 mts), y de 75 mts. cuando su clave es de 1 ó 2 (anchos de pista de 18 a 30 mts.).

Estas zanjas conducen los canales fuera del área de aeropuerto, con pendientes longitudinales que se adaptan al terreno natural y avances interceptado calles de rodamiento o las propias pistas, donde se hace necesario el uso de alcantarillas; la sección transversales de la zanja o canal puede ser triangular, conformada con la pendiente transversal de la franja de seguridad que no puede exceder del 5 % medida en el sentido de alejamiento de la pista o bien de sección trapecial. Ambas pueden ser o no revestidas, según la resistencia a la erosión que tenga el suelo en la excavación.

NIVELACION DEL AEROPUERTO

La superficie de un aeropuerto debe ser relativamente plana, pero bien drenada; pocos sitios naturales proporcionan lo anterior de manera ideal, por ello, es importante una nivelación adecuada. Los planes de nivelación y drenaje deben coordinarse con precaución.

Los planos de nivelación consisten en los perfiles de las pistas y rodajes en sus ejes, secciones transversales que muestren las áreas de corte y relleno, mapa topográfico que contenga las curvas de nivel iniciales y finales. Este mapa se convierte en la base del plano del diseño del drenaje.

Las secciones transversales de las pistas y rodajes deben tener pendientes transversales a cada lado del eje, para proporcionar el drenaje de la superficie. Las superficies pavimentadas deben tener una pendiente del 1.5 % y las áreas niveladas de la franja de aterrizaje una pendiente de 1.5 a 2 %. Las pendientes hacia los lados de cortes y rellenos deben ser planas como sea posible; en los cortes, los lados no deben rebasar en la lateral de 7:1, medida en forma perpendicular al borde de la franja de aterrizaje. Las pendientes diseñadas en forma adecuada pueden propiciar áreas bajas que se utilizan para retener temporalmente el escurrimiento de las tormentas, con objeto de tener un sistema de drenaje de tormentas que sea más económico.

DRENAJE GENERAL

El sistema de drenaje debe planearse a partir del proyecto geométrico del aeropuerto sobre planos a escala; trazadas a las zanjas de intercepción para concentrar el escurrimiento en canales o tubos emisores hacia el exterior del aeropuerto y hacia los cursos de agua naturales o ramales existentes.

Debe cuidarse que el emisor que descarga hacia el exterior del aeropuerto no interfiera con los escurrimientos del cauce natural, pero también que éste último tenga la suficiente capacidad para admitir la concentración de descargas provenientes del aeropuerto; el problema de conexión entre el sistema de drenaje interior y exterior puede llegar a ser dificultoso cuando haya condiciones meteorológicas extremas, al grado que puede ser necesario construir obras costosas antes de la conexión. En el caso de construir grandes cárcamos dentro del aeropuerto, con el fin de almacenar el agua proveniente del drenaje interior y descargar gradualmente hacia el exterior, una vez que este deja de ser conflictivo.

En otros casos, el aeropuerto ocupa una zona baja y puede estar expuesto a inundaciones provenientes del exterior haciendo necesario bordos perimetrales de protección. Puede decirse que la planeación del drenaje de un aeropuerto debe estudiarse de modo integral contemplado las condiciones para un sistema de drenaje interior y un sistema de drenaje exterior; que ambos deben tener la misma importancia. Las obras deben tener la misma importancia. Las obras se deben proyectar para servir eficientemente en el desalojo tanto de las aguas pluviales aportadas por la cuencas naturales y pavimentadas del interior, como de las naturales del exterior.

CALCULO DE LOS ESCURRIMIENTOS SUPERFICIALES

Para encontrar el gasto que ocurra en el Área necesitamos definir los estudios que se tienen para efectura un buen proyecto de drenaje.

a) Estudios topograficos.- Con éstos estudios conoceremos las cuencas de la zona dentro de éstas los arroyos que pudieran provocar problemas hidráulicos dentro de la zona elegida para la construcción del aeropuerto.

b) Estudios pluviométricos.- Los cuales sirven para conocer el régimen de lluvias de la región, con intensidad máxima de una hora en periodos 5, 10, 20 y 50 años.

Las intensidades máximas en periodos de 5 años son las recomendables para el proyecto de un sistema de drenaje, ya que en el costo de construcción para un sistema con intensidad máxima que se presenta cada 5 años, será menor que para uno que se presenta cada 25 años.

Un aspecto interesante, es determinar que clase de intensidad se va a elegir, ya que la duración de la lluvia varía considerablemente; generalmente se toman duraciones de 10, 15 ó 20 minutos, que son los que originan mayores problemas. Intensidad específica es la correspondencia a una tormenta de una hora de duración.

El tipo de suelo y vegetación es determinante para elegir el sistema de drenaje que sea necesario proyectar, pues un terreno densamente arbolado necesitarán un sistema diferente a otro sin vegetación y suelos impremeables, ya que los tiempos de lluvia son totalmente diferentes y de ésto depende en gran magnitud de las obras que tengan que construir.

Tratándose del proyecto de un sistema de drenaje para un aeropuerto, será suficiente observar un plano topográfico bien realizado y completo de las cuencas que cubren el aeropuerto; para poder determinar rápidamente que tipo de drenaje se empleará en la zona elegida.

Lo más importante en un aeropuerto, es eliminar rápidamente el agua de lluvia, tanto en las áreas pavimentadas como de las franjas de seguridad, lo anterior se logra dando pendientes transversales, que permitan el escurrimiento rápido, pero sin que la velocidad del agua erosione las terracerías de la franja de seguridad.

Las aguas eliminadas de pavimentos y franjas de seguridad se canalizan o entuban hacia zonas más bajas, pero procurando que no causen daño a las zonas agrícolas, si es que las hay. En el proyecto de drenaje entran canales y alcantarillas, pudiéndose éstas, tubulares, cajones de concreto, bóvedas, etc., para proyectar cualquiera de las estructuras que se emplean, es indispensable ante todo el gasto que depende de varios factores como son:

- a) Intensidad de la precipitación.
- b) Vegetación existente.
- c) Tiempo de concentración.

Para determinar los gastos, se pueden utilizar el método racional.

METODO RACIONAL

Este método se basa en datos de precipitación y en la constitución del área por drenar, la fórmula en que se basa es la siguiente:

$$Q = FCA h (S/A)^{1/4}$$

Donde

Q = Gasto en m³/seg.

h = Intensidad de precipitación correspondiente a la lluvia más intensa de 10 min. de duración.

F = Constante

C = Coeficiente de escurrimiento que depende de la naturaleza del terreno.

A = Área tributaria en hectáreas.

S = Pendiente del terreno en m²/m.

FALLA DE ORIGEN

6.16 DEFINICIONES

Aeronave.- Toda máquina que puede sustentarse en la atmósfera por reacciones del aire que no sean las reacciones del mismo contra la superficie de la tierra.

Aeronotificación.- Informe de una aeronave en vuelo preparado de conformidad con los requisitos de información de posición y de información operacional y/o meteorológica.

Aeropuerto de alternativa.- Aeropuerto, especificado en el plan de vuelo al cual puede dirigirse una aeronave cuando no es aconsejable aterrizar en el aeropuerto de aterrizaje previsto. (el aeropuerto de alternativa puede ser el aeropuerto de salida).

Aeropuerto controlado.- Aeropuerto en el que se facilita servicio de Control de Tránsito Aéreo para el tránsito de aeropuerto. (Aeropuerto Controlado, indica que se facilita el servicio de control de tránsito; para el tránsito del aeropuerto, pero no implica que tenga que existir necesariamente una zona de control, puesto que ésta se exige en los aeropuertos en que se facilita el servicio de control de tránsito aéreo para los vuelos IFR, pero no en los aeropuertos en que sólo se facilita para los vuelos VFR.)

Aerovia.- Area de control o parte de ella dispuesta en forma de corredor y equipada con radioayudas para la navegación.

Alcance visual en la pista.- Distancia hasta la cual el piloto de una aeronave que se encuentra sobre el eje de una pista, puede ver las señales de superficie de la pista o las luces que la delimitan o que identifican su eje.

Altitud.- Distancia vertical entre un nivel, punto u objeto considerado como punto, y el nivel medio del mar.

Altitud de transición.- Altitud a la cual, o por debajo de la cual, se controlan la posición vertical de una aeronave por referencia a altitudes.

Altitud/altura de decisión (DA/H).- Altitud o altura (A/H), especificada en la aproximación de precisión a la cual debe iniciarse una maniobra de aproximación frustrada si no se ha establecido la referencia visual requerida para continuar la aproximación.

Elevación.- Distancia vertical entre un punto o un nivel de la superficie de tierra o unido a ella, y el nivel medio del mar.

Nivel.- Término genérico referente a la posición vertical de una aeronave en vuelo, y que significa indistintamente altura, altitud o nivel de vuelo.

Nivel de crucero.- Nivel que mantiene durante una parte considerable de vuelo.

Nivel de transición.- Nivel más bajo de vuelo disponible para usarlo por encima de la altitud de transición.

Nivel de vuelo.- Superficie de presión atmosférica constante relacionada con una determinada referencia de presión, que esta separada de otras superficies análogas por determinados intervalos de presión.

Oficina de control de aproximación.- Dependencia establecida para suministrar servicio de control de tránsito aéreo a los vuelos controlados que lleguen a uno o más aeropuertos o salgan de ellos.

Oficina de notificación de los servicios de tránsito aéreo.- Oficina creada con objeto de recibir los informes referentes a los servicios de tránsito aéreo y los planes de vuelo que se presentan antes de la salida.

Oficina meteorológica.- Oficina designada para suministrar servicio meteorológico para la navegación aérea internacional.

Permiso de control de tránsito aéreo.- Autorización para que una aeronave proceda en condiciones especificadas por una dependencia de control de transitos aéreos.

Pista.- Area rectangular definida en un aeropuerto terrestre preparada para el aterrizaje y el despegue de las aeronaves.

Pista principal.- Pista que se utiliza con preferencia a otras, siempre que las condiciones lo permitan.

Pista secundaria.- Pista que se utiliza cuando la dirección del viento no permite la utilización de la pista principal o cuando por circunstancias particulares; por ejemplo reparación de la pista principal, por excesiva demanda de tránsito aéreo, esta no se encuentra disponible.

Pista de vuelo visual (VFR).- Pista destinada a las operaciones de aeronaves que utilicen procedimientos visuales para la aproximación.

Pista de vuelo por instrumentos (IFR).- Uno de los siguientes tipos de pista destinada a la operación de aeronaves que utilizan procedimientos de aproximación por instrumentos:

- Pista para aproximaciones que no sean de precisión.- Pista de vuelo por instrumentos servida por ayudas visuales y una ayuda no visual que proporciona por lo menos guía direccional adecuada para la aproximación directa.

- Pista para aproximaciones de precisión de categoría.- I. Pista de vuelo por instrumentos ILS (sistema de aterrizaje por instrumentos) y por ayudas visuales, destinadas a operaciones hasta una altura de decisión de 60 mts., (200 pies) y un alcance visual en la pista del orden de 800 mts.

II. Pista de vuelo por instrumentos servida por ILS (sistema de aterrizaje por instrumentos) y ayudas visuales destinadas a operaciones hasta un altura de decisión de 50 mts. (100 pies) y un alcance visual en la pista del orden de 400 mts.

III. Pista de vuelo por instrumentos, ILS (sistema de aterrizaje por instrumentos), hasta la superficie de la pista y a lo largo de la misma.

a) Destinada a operaciones hasta un RVR (alcance visual en la pista) del orden de 200 mts. (sin altura de decisión aplicable), utilizando ayudas visuales durante la fase final del aterrizaje.

b) Destinada a operaciones hasta un RVR (alcance visual en la pista) del orden de 50 mts. (sin altura de decisión aplicable), utilizando ayudas visuales para el rodaje.

c) Destinada a operaciones en la pista y calles de rodaje sin depender de referencias visuales.
Pistas para aproximaciones de precisión.- Véase pista de vuelo por instrumentos.

Pista para aproximaciones de precisión.- Véase pista de vuelo por instrumentos.

Plan de vuelo.- Información específica que, respecto a un vuelo proyectado o parte de un vuelo de una aeronave, se somete a las dependencias de los servicios de tránsito aéreo.

Punto de espera.- Lugar especificado, que se identifiquen visualmente o por otros medios, en las inmediaciones del cual mantiene su posición una aeronave, de acuerdo con los permisos de tránsito aéreo.

Punto de toma de contacto.- Punto en el que la trayectoria nominal de planeo intercepta la pista.

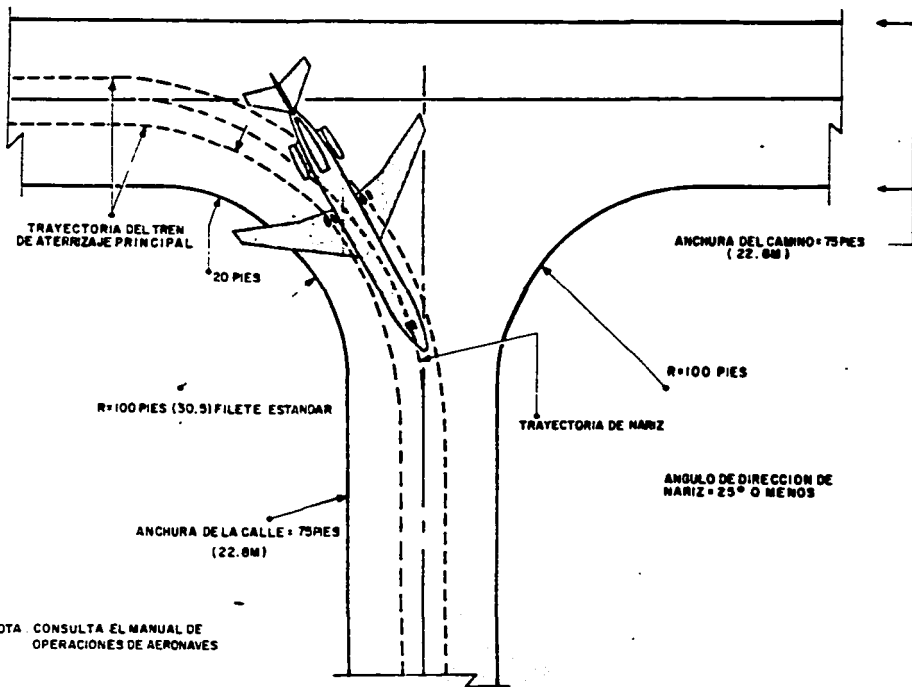
Radar de precisión para la aproximación (PAR).- Equipo de radar primario usado para determinar la posición de una aeronave durante la aproximación final; en azimut y elevación en relación con una trayectoria nominal de aproximación, y en distancia en relación con punto de contacto.

Radar de vigilancia.- Equipo de radar utilizado para determinar la posición de distancias y azimut, de las aeronaves.

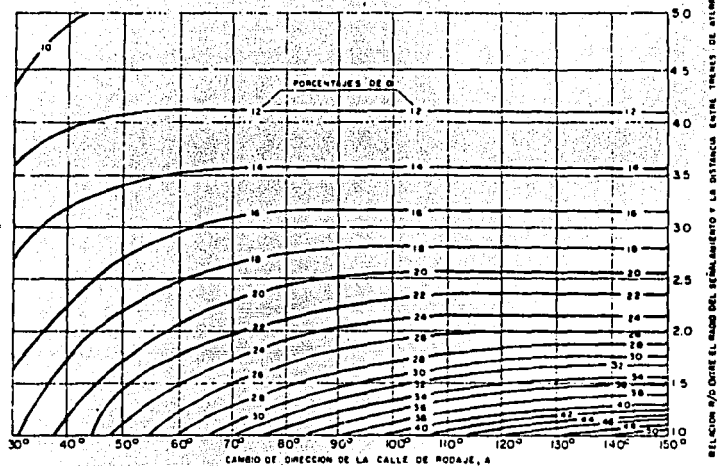
Viento.- Para medir el viento se utilizan algunos aparatos o dispositivos los cuales miden las características de velocidad y dirección; con estos datos se puede calcular la frecuencia e intensidad y clasificar el viento como reinante o dominante, para lo cual usaremos la representación gráfica llamada Rosa de Vientos.

Viento Reinante.- Es el viento que se presenta en una zona de medición con mayor frecuencia, sin importar su intensidad.

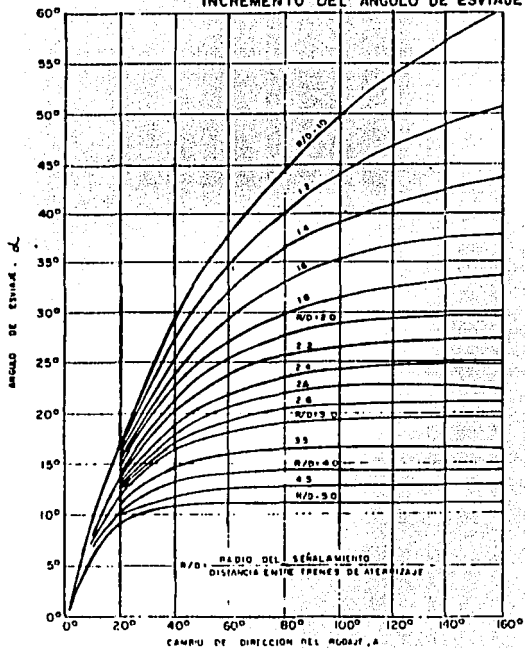
Viento Dominante.- Es aquel viento que se presenta con mayor intensidad y en una dirección determinada.



DESVIACION MAXIMA DEL CENTRO DEL TREN DE ATERRIZAJE



INCREMENTO DEL ANGULO DE ESIVIAJE DURANTE EL VIRAJE



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

Es importante mencionar que la elaboración de un proyecto aeroportuario, implica una labor multidisciplinaria como ya se comprobó, ya que se tienen que realizar estudios de meteorología, ingeniería, administración, etc. Esto nos lleva a una serie de dificultades tanto técnicas, económicas, administrativas y políticas. El crecimiento tecnológico en la creación de aeronaves en el mundo, como es el caso del Boeing 777, de 66 mts., de longitud y capacidad para 300 pasajeros, como también aviones de menor capacidad de pasaje y carga en la República mexicana, es conveniente diseñar pistas en las ciudades con crecimiento industrial y turístico; puesto que todo indica que, en México el tipo de avión comercial, será de pequeñas envergaduras, en un futuro próximo y serán necesarias pistas acorde a las necesidades del país en cuestión, así como una mejor ubicación para no caer en el caso del Aeropuerto Internacional de México, que no permite la creación de otras pistas, por la mancha urbana a los alrededores del aeropuerto, y prever de una manera más eficiente el control de uso del suelo.

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

- Manual de Proyecto de Aeródromos Parte 1 Pistas.- Organización de Aviación Civil Internacional (OACI).
- Manual de Proyecto de Aeródromos Parte 2 Calles de Rodaje, Plataformas y Apartaderos de Espera.- Organización Civil Internacional (OACI).
- Normas y Métodos Recomendados Internacionales Aeródromos Anexo 14. Organización de Aviación Civil Internacional (OACI).
- Informe de Actividades 1976-1982 ASA.
- Manual del Avión 727 (BOEING).
- Meteorología para el curso de Administración Aeroportuaria. Catalogo General de Meteorología.
- Airport Master Plans FEB. 71 (FAA). A.C. 150/5070-6.
- Manual de Planeación de Aeropuertos. Parte 1 Planeación General, 1a Ed. 1977.
- Aeronaves y Motores, Generalidades.
- Manual de Drenaje para Aeropuertos, Secretaria de Asentamientos Humanos y Obras Públicas.
- Señales Internacionales para la orientación de los viajeros, que utilicen el Edificio Terminal. Aeropuertos y Servicios Auxiliares.

FALLA DE ORIGEN