Doc 9157
AN/901

Manual de diseño de aeródromos

Parte 1
Pistas

Aprobado por el Secretario General
y publicado bajo su responsabilidad

Tercera edición — 2006

Organización de Aviación Civil Internacional

Publicado por separado en español, francés, inglés y ruso, por la Organización de Aviación Civil Internacional. Toda la correspondencia, con excepción de los pedidos y suscripciones, debe dirigirse al Secretario General.

Los pedidos deben dirigirse a las direcciones siguientes junto con la correspondiente remesa en dólares estadounidenses o en la moneda del país de compra. Se recomienda el pago con tarjeta de crédito (American Express, MasterCard o Visa) a fin de evitar demoras en las entregas. En la sección de Información para efectuar pedidos del *Catálogo de publicaciones y ayudas audiovisuales de la OACI* se presenta información sobre el pago con tarjeta de crédito y otros medios.

International Civil Aviation Organization. Attention: Document Sales Unit, 999 University Street, Montréal, Quebec, Canada H3C 5H7
Teléfono: +1 514-954-8022; Facsímile: +1 514-954-6769; Sitatex: YULCAYA; Correo-e: sales@icao.int; World Wide Web: http://www.icao.int

Alemania. UNO-Verlag GmbH, August-Bebel-Allee 6, 53175 Bonn
Teléfono: +49 0 228-94 90 2-0; Facsímile: +49 0 228-94 90 2-22; Correo-e: info@uno-verlag.de; World Wide Web: http://www.uno-verlag.de

Camerún. KnowHow, 1, Rue de la Chambre de Commerce-Bonanjo, B.P. 4676, Douala / Teléfono: +237 343 98 42; Facsímile: + 237 343 89 25;
Correo-e: knowhow_doc@yahoo.fr

China. Glory Master International Limited, Room 434B, Hongshen Trade Centre, 428 Dong Fang Road, Pudong, Shangai 200120
Teléfono: +86 137 0177 4638; Facsímile: +86 21 5888 1629; Correo-e: glorymaster@online.sh.cn

Egipto. ICAO Regional Director, Middle East Office, Egyptian Civil Aviation Complex, Cairo Airport Road, Heliopolis, Cairo 11776
Teléfono: +20 2 267 4840; Facsímile: +20 2 267 4843; Sitatex: CAICAYA; Correo-e: icaomid@cairo.icao.int

Eslovaquia. Air Traffic Services of the Slovak Republic, Letové prevádzkové služby Slovenskej Republiky, State Enterprise, Letisko M.R. Štefánika,
823 07 Bratislava 21 / Teléfono: +421 2 4857 1111; Facsímile: +421 2 4857 2105; Correo-e: sa.icao@lps.sk

España. A.E.N.A. — Aeropuertos Españoles y Navegación Aérea, Calle Juan Ignacio Luca de Tena, 14, Planta Tercera, Despacho 3. 11,
28027 Madrid / Teléfono: +34 91 321-3148; Facsímile: +34 91 321-3157; Correo-e: sscc.ventasoaci@aena.es

Federación de Rusia. Aviaizdat, 48, Ivan Franko Street, Moscow 121351 / Teléfono: +7 095 417-0405; Facsímile: +7 095 417-0254

India. Oxford Book and Stationery Co., 57, Medha Apartments, Mayur Vihar, Phase-1, New Delhi – 110 091
Teléfono: +91 11 65659897; Facsímile: +91 11 22743532

India. Sterling Book House — SBH, 181, Dr. D. N. Road, Fort, Bombay 400001
Teléfono: +91 22 2261 2521, 2265 9599; Facsímile: +91 22 2262 3551; Correo-e: sbh@vsnl.com

India. The English Book Store, 17-L Connaught Circus, New Delhi – 110001
Teléfono: +91 11 2341-7936, 2341-7126; Facsímile: +91 11 2341-7731; Correo-e: ebs@vsnl.com

Japón. Japan Civil Aviation Promotion Foundation, 15-12, 1-chome, Toranomon, Minato-Ku, Tokyo
Teléfono: +81 3 3503-2686; Facsímile: +81 3 3503-2689

Kenya. ICAO Regional Director, Eastern and Southern African Office, United Nations Accommodation, P.O. Box 46294, Nairobi
Teléfono: +254 20 7622 395; Facsímile: +254 20 7623 028; Sitatex: NBOCAYA; Correo-e: icao@icao.unon.org

México. Director Regional de la OACI, Oficina Norteamérica, Centroamérica y Caribe, Av. Presidente Masaryk No. 29, 3er. Piso,
Col. Chapultepec Morales, C.P. 11570, México, D.F.
Teléfono: +52 55 52 50 32 11; Facsímile: +52 55 52 03 27 57; Correo-e: icao_nacc@mexico.icao.int

Nigeria. Landover Company, P.O. Box 3165, Ikeja, Lagos
Teléfono: +234 1 4979780; Facsímile: +234 1 4979788; Sitatex: LOSLORK; Correo-e: aviation@landovercompany.com

Perú. Director Regional de la OACI, Oficina Sudamérica, Av. Víctor Andrés Belaúnde No. 147, San Isidro, Lima (Centro Empresarial Real,
Vía Principal No. 102, Edificio Real 4, 4º piso)
Teléfono: +51 1 611 8686; Facsímile: +51 1 611 8689; Correo-e: mail@lima.icao.int

Reino Unido. Airplan Flight Equipment Ltd. (AFE), 1a Ringway Trading Estate, Shadowmoss Road, Manchester M22 5LH
Teléfono: +44 161 499 0023; Facsímile: +44 161 499 0298 Correo-e: enquiries@afeonline.com; World Wide Web: http://www.afeonline.com

Senegal. Directeur régional de l'OACI, Bureau Afrique occidentale et centrale, Boîte postale 2356, Dakar
Teléfono: +221 839 9393; Facsímile: +221 823 6926; Sitatex: DKRCAYA; Correo-e: icaodkr@icao.sn

Sudáfrica. Avex Air Training (Pty) Ltd., Private Bag X102, Halfway House, 1685, Johannesburg
Teléfono: +27 11 315-0003/4; Facsímile: +27 11 805-3649; Correo-e: avex@iafrica.com

Suiza. Adeco-Editions van Diermen, Attn: Mr. Martin Richard Van Diermen, Chemin du Lacuez 41, CH-1807 Blonay
Teléfono: +41 021 943 2673; Facsímile: +41 021 943 3605; Correo-e: mvandiermen@adeco.org

Tailandia. ICAO Regional Director, Asia and Pacific Office, P.O. Box 11, Samyaek Ladprao, Bangkok 10901
Teléfono: +66 2 537 8189; Facsímile: +66 2 537 8199; Sitatex: BKKCAYA; Correo-e: icao_apac@bangkok.icao.int

5/07

Catálogo de publicaciones y ayudas audiovisuales de la OACI

Este catálogo anual comprende los títulos de todas las publicaciones y ayudas audiovisuales disponibles. En los suplementos al catálogo se anuncian las nuevas publicaciones y ayudas audiovisuales, enmiendas, suplementos, reimpresiones, etc.

Puede obtenerse gratuitamente pidiéndolo a la Subsección de venta de documentos, OACI.

Doc 9157
AN/901

Manual de diseño de aeródromos

Parte 1
Pistas

Aprobado por el Secretario General
y publicado bajo su responsabilidad

Tercera edición — 2006

Organización de Aviación Civil Internacional

ENMIENDAS

La publicación de enmiendas se anuncia periódicamente en la *Revista de la OACI* y en los suplementos del *Catálogo de publicaciones y ayudas audiovisuales de la OACI*, documentos que deberían consultar quienes utilizan esta publicación. Las casillas en blanco facilitan la anotación.

REGISTRO DE ENMIENDAS Y CORRIGENDOS

ENMIENDAS		
Núm.	Fecha	Anotada por

CORRIGENDOS		
Núm.	Fecha	Anotado por

PREÁMBULO

El Departamento de aeródromos, rutas aéreas y ayudas terrestres (AGA), de la OACI, reconoció en su Sexta Conferencia celebrada en 1957, la necesidad de disponer de un manual de orientación acerca del diseño de aeródromos. La Comisión de Aeronavegación, después de examinar las recomendaciones de esa conferencia y demás información dimanante del Grupo “Requisitos operación reactores”, de la Tercera Conferencia de navegación aérea y de las reuniones regionales de navegación aérea, acordó que se publicara un manual de aeródromos que fuera objeto de revisiones y adiciones periódicas. El Manual de aeródromos se revisó posteriormente, y ahora su contenido se ha dividido en tres documentos separados: el *Manual de servicios de aeropuertos* (Doc 9137), el *Manual de diseño de aeródromos* (Doc 9157) y el *Manual de planificación de aeropuertos* (Doc 9184).

Esta parte del Manual de diseño de aeródromos satisface la necesidad de textos de orientación sobre el diseño geométrico de las pistas y otros elementos conexos de los aeródromos, a saber, márgenes de pista, franjas de pista, áreas de seguridad de extremo de pista, zonas libres de obstáculos y zonas de parada.

Gran parte de los textos aquí incluidos reproducen y guardan estrecha relación con las especificaciones contenidas en el Anexo 14, *Aeródromos*, Volumen I — *Diseño y operaciones de aeródromos*. El presente documento tiene por principal objetivo facilitar la aplicación uniforme de las especificaciones del Anexo 14, Volumen I.

El manual se ha ampliado para incluir los textos de orientación relativos al diseño de pistas, que se han trasladado del *Manual de diseño de aeródromos* (Doc 9157), Parte 2 — *Calles de rodaje, plataformas y apartaderos de espera.* Se han incluido orientaciones adicionales sobre el diseño de plataformas de viraje en la pista y los requisitos de resistencia de las franjas de pista.

Se tiene previsto mantener al día este manual. Las futuras ediciones constituirán una versión mejorada de la presente en base a la experiencia adquirida y a los comentarios y sugerencias que envíen los usuarios del manual. Al efecto, se invita a los lectores a que dirijan por escrito sus opiniones, comentarios y sugerencias sobre esta edición al Secretario General de la OACI.

ÍNDICE

Página

Capítulo 1. Generalidades 1-1
1.1 Introducción 1-1
1.2 Explicación de los términos 1-1
1.3 Clave de referencia de aeródromo 1-3

Capítulo 2. Configuración **2-1**
2.1 Factores relacionados con el emplazamiento, orientación y número de pistas 2-1
2.2 Emplazamiento del umbral 2-5

Capítulo 3. Criterios relativos a la longitud de pista **3-1**
3.1 Factores que influyen en la longitud de las pistas 3-1
3.2 Longitud efectiva de las pistas 3-1
3.3 Pistas con zonas de parada y/o zonas libres de obstáculos 3-2
3.4 Cálculo de las distancias declaradas 3-2
3.5 Corrección de la longitud de la pista por elevación, temperatura y pendiente 3-3

Capítulo 4. Parámetros de performance de los aviones que inciden en la longitud de pista **4-1**
4.1 Términos operacionales 4-1
4.2 Longitud de despegue requerida por los aviones 4-1
4.3 Requisitos de distancia para el aterrizaje 4-8

Capítulo 5. Características físicas **5-1**
5.1 Pistas 5-1
5.2 Márgenes de pista 5-7
5.3 Franjas de pista 5-9
5.4 Áreas de seguridad de extremo de pista 5-13
5.5 Zonas libres de obstáculos 5-15
5.6 Zonas de parada 5-16

Capítulo 6. Planificación teniendo en cuenta la futura evolución de las aeronaves **6-1**
6.1 Generalidades 6-1
6.2 Tendencias de las aeronaves futuras 6-1
6.3 Datos de aeródromo 6-1

Apéndice 1. Clasificación de aviones por número y letra de clave **A1-1**
Apéndice 2. Efecto de las pendientes de pista variables en las longitudes de pista para el despegue **A2-1**
Apéndice 3. Curvas y tablas de performance de los aviones a efectos de planificación de las pistas **A3-1**
Apéndice 4. Plataforma de viraje en la pista **A4-1**

Capítulo 1

GENERALIDADES

1.1 INTRODUCCIÓN

1.1.1 En vista de la función vital que desempeñan las pistas en lo que respecta a la seguridad y eficiencia del aterrizaje y despegue de las aeronaves, al proyectar esas instalaciones y servicios es imprescindible tener en cuenta las características operacionales y físicas de los aviones que habrán de utilizar las pistas, así como consideraciones de ingeniería y de orden económico.

1.1.2 Los elementos de los aeródromos conexos a las pistas y que guardan relación directa con el aterrizaje y el despegue de los aviones son los siguientes: franjas de pista, márgenes de pista, zonas de parada, zonas libres de obstáculos y áreas de seguridad de extremo de pista. En este manual se describe la instalación de pistas y de sus elementos conexos, y se resumen las especificaciones y los textos de orientación relacionados con su diseño geométrico. Los aspectos relativos a la resistencia del pavimento se tratan en el *Manual de diseño de aeródromos* (Doc 9157), Parte 3 — *Pavimentos*.

1.2 EXPLICACIÓN DE LOS TÉRMINOS

Aeródromo. Área definida de tierra o de agua (que incluye todas sus edificaciones, instalaciones y equipos) destinada total o parcialmente a la llegada, salida y movimiento en superficie de aeronaves.

Área de aterrizaje. Parte del área de movimiento destinada al aterrizaje o despegue de aeronaves.

Área de maniobras. Parte del aeródromo que ha de utilizarse para el despegue, aterrizaje y rodaje de aeronaves, excluyendo las plataformas.

Área de movimiento. Parte del aeródromo que ha de utilizarse para el despegue, aterrizaje y rodaje de aeronaves, integrada por el área de maniobras y las plataformas.

Área de seguridad de extremo de pista (RESA). Área simétrica respecto a la prolongación del eje de la pista y adyacente al extremo de la franja, cuyo objeto principal consiste en reducir el riesgo de daños a un avión que efectúe un aterrizaje demasiado corto o un aterrizaje demasiado largo.

Elevación de aeródromo. La elevación del punto más alto del área de aterrizaje.

Franja de pista. Superficie definida que comprende la pista y la zona de parada, si la hubiese, destinada a:

a) reducir el riesgo de daños a las aeronaves que se salgan de la pista; y

b) proteger a las aeronaves que la sobrevuelan durante las operaciones de despegue o aterrizaje.

Margen. Banda de terreno que bordea un pavimento, tratada de forma que sirva de transición entre ese pavimento y el terreno adyacente.

Objeto frangible. Objeto de poca masa diseñado para quebrarse, deformarse, o ceder al impacto, de manera que represente un peligro mínimo para las aeronaves.

Obstáculo. Todo objeto fijo (ya sea temporal o permanente) o móvil, o parte del mismo, que esté situado en un área destinada al movimiento de las aeronaves en la superficie o que sobresalga de una superficie definida destinada a proteger a las aeronaves en vuelo.

Pista. Área rectangular definida en un aeródromo terrestre preparada para el aterrizaje y el despegue de las aeronaves.

Pista de vuelo por instrumentos. Uno de los siguientes tipos de pista destinados a la operación de aeronaves que utilizan procedimientos de aproximación por instrumentos:

a) 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.

b) Pista para aproximaciones de precisión de Categoría I. Pista de vuelo por instrumentos servida por ILS y/o MLS y por ayudas visuales destinadas a operaciones con una altura de decisión no inferior a 60 m (200 ft) y con una visibilidad de no menos de 800 m o con un alcance visual en la pista no inferior a 550 m.

c) Pista para aproximaciones de precisión de Categoría II. Pista de vuelo por instrumentos servida por ILS y/o MLS y por ayudas visuales destinadas a operaciones con una altura de decisión inferior a 60 m (200 ft) pero no inferior a 30 m (100 ft) y un alcance visual en la pista no inferior a 350 m.

d) Pista para aproximaciones de precisión de Categoría III. Pista de vuelo por instrumentos servida por ILS y/o MLS hasta la superficie de la pista y a lo largo de la misma; y

A — destinada a operaciones con una altura de decisión inferior a 30 m (100 ft), o sin altura de decisión y un alcance visual en la pista no inferior a 200 m.

B — destinada a operaciones con una altura de decisión inferior a 15 m (50 ft), o sin altura de decisión y un alcance visual en la pista inferior a 200 m pero no inferior a 50 m.

C — destinada a operaciones sin altura de decisión y sin restricciones de alcance visual en la pista.

Pista de vuelo visual. Pista destinada a las operaciones de aeronaves que utilicen procedimientos visuales para la aproximación.

Pista(s) principal(es). Pista(s) que se utiliza(n) con preferencia a otras siempre que las condiciones lo permitan.

Umbral. Comienzo de la parte de pista utilizable para el aterrizaje.

Umbral desplazado. Umbral que no está situado en el extremo de la pista.

Zona libre de obstáculos. Área rectangular definida en el terreno o en el agua y bajo control de la autoridad competente, designada o preparada como área adecuada sobre la cual un avión puede efectuar una parte del ascenso inicial hasta una altura especificada.

1.3 CLAVE DE REFERENCIA DE AERÓDROMO

1.3.1 El propósito de la clave de referencia es proporcionar un método simple para relacionar entre sí las numerosas especificaciones concernientes a las características de los aeródromos, a fin de suministrar una serie de instalaciones aeroportuarias que convengan a los aviones destinados a operar en el aeródromo. La clave está compuesta de dos elementos que se relacionan con las características de funcionamiento y dimensiones del avión. El elemento 1 es un número basado en la longitud de campo de referencia del avión y el elemento 2 es una letra basada en la envergadura del avión y en la anchura exterior entre las ruedas del tren de aterrizaje principal.

1.3.2 Una determinada especificación está relacionada con el más adecuado de los dos elementos de la clave o con una combinación apropiada de los mismos. La letra o número de la clave dentro de un elemento seleccionado para fines de diseño, están relacionados con las características del avión crítico para el que se proporcione la instalación. Al aplicar las disposiciones pertinentes del Anexo 14, Volumen I, se indican en primer lugar los aviones para los que se destine el aeródromo y a continuación los dos elementos de la clave.

1.3.3 La clave de referencia de aeródromo (número y letra de clave) que se seleccione para fines de planificación del aeródromo se determinará de acuerdo con las características de los aviones para los que se destine la instalación del aeródromo. Además, los números y letras de referencia de aeródromo tendrán los significados que se les asigna en la Tabla 1-1. El Apéndice 1 contiene una clasificación por número y letra de clave de aviones representativos.

1.3.4 El número de clave para el elemento 1 se determinará por medio de la Tabla 1-1, columna 1, seleccionando el número de clave que corresponda al valor más elevado de las longitudes de campo de referencia de los aviones para los que se destine la pista. La longitud de campo de referencia del avión se define como la longitud de campo mínima necesaria para el despegue con la masa máxima certificada 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 del avión, prescrito por la autoridad que otorga el certificado, o los datos equivalentes que proporcione el fabricante del avión. En consecuencia, si 1 650 m corresponde al valor más elevado de la longitud de campo de referencia del avión, el número de clave seleccionado sería ‘3’.

1.3.5 La letra de clave para el elemento 2 se determinará por medio de la Tabla 1-1, columna 3, seleccionando la letra de clave que corresponda a la envergadura mayor, o a la anchura exterior mayor entre ruedas del tren de aterrizaje principal, tomando de las dos la que dé el valor más crítico para la letra de clave de los aviones para los que se destine la instalación. Por ejemplo, si la letra de clave C corresponde al avión que tenga la mayor envergadura y la letra de clave D corresponde al avión que tenga la mayor anchura exterior entre ruedas del tren de aterrizaje principal, la letra de clave seleccionada sería ‘D’.

Tabla 1-1. Clave de referencia de aeródromo

ELEMENTO 1 DE LA CLAVE		ELEMENTO 2 DE LA CLAVE		
Núm. de clave	Longitud de campo de referencia del avión	Letra de clave	Envergadura	Anchura exterior entre ruedas del tren de aterrizaje principal[a]
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
1	Menos de 800 m	A	Hasta 15 m (exclusive)	Hasta 4,5 m (exclusive)
2	Desde 800 m hasta 1 200 m (exclusive)	B	Desde 15 m hasta 24 m (exclusive)	Desde 4,5 m hasta 6 m (exclusive)
3	Desde 1 200 m hasta 1 800 m (exclusive)	C	Desde 24 m hasta 36 m (exclusive)	Desde 6 m hasta 9 m (exclusive)
4	Desde 1 800 m en adelante	D	Desde 36 m hasta 52 m (exclusive)	Desde 9 m hasta 14 m (exclusive)
		E	Desde 52 m hasta 65 m (exclusive)	Desde 9 m hasta 14 m (exclusive)
		F	Desde 65 m hasta 80 m (exclusive)	Desde 14 m hasta 16 m (exclusive)

a. Distancia entre los bordes exteriores de las ruedas del tren de aterrizaje principal.

Capítulo 2

CONFIGURACIÓN

2.1 FACTORES RELACIONADOS CON EL EMPLAZAMIENTO, ORIENTACIÓN Y NÚMERO DE PISTAS

Generalidades

Nota.— Es fundamental que en la planificación y diseño de aeropuertos se incorpore la flexibilidad necesaria para incluir toda ampliación futura de la infraestructura de la pista.

2.1.1 Muchos factores intervienen en la determinación del emplazamiento, orientación y número de pistas. Los principales factores son los siguientes:

a) las condiciones meteorológicas, sobre todo el coeficiente de utilización de la pista/aeródromo, determinado por la distribución de los vientos, y por la presencia de nieblas localizadas;

b) la topografía del emplazamiento del aeródromo y del terreno circundante;

c) el tipo y volumen del tránsito aéreo al que se habrá de prestar servicio, incluso los aspectos de control del tránsito aéreo;

d) cuestiones relacionadas con la performance de los aviones; y

e) cuestiones relacionadas con el medio ambiente, principalmente el ruido.

2.1.2 Hasta donde lo permitan los demás factores, la pista principal debe estar orientada en la dirección del viento predominante. Todas las pistas deberían orientarse de modo que las zonas de aproximación y de despegue se encuentren libres de obstáculos y, preferentemente, de manera que las aeronaves no vuelen directamente sobre zonas pobladas.

2.1.3 El número de pistas debe ser suficiente para atender las necesidades del tránsito aéreo, a saber, número de llegadas y de salidas de aviones y mezcla de tipos de avión que habrán de atenderse por hora en las horas punta. La decisión acerca del número total de pistas que habrán de suministrarse debería tener también en cuenta el coeficiente de utilización del aeródromo y otras consideraciones de orden económico.

Tipo de operación

2.1.4 Convendrá examinar especialmente si el aeródromo se va a utilizar en todas las condiciones meteorológicas o solamente en condiciones meteorológicas de vuelo visual, y si se ha previsto para uso diurno y nocturno, o solamente diurno.

2.1.5 Cuando se elija el emplazamiento de una nueva pista de vuelo por instrumentos, es necesario prestar especial atención a las áreas sobre las cuales deben volar los aviones cuando sigan procedimientos de aproximación por instrumentos y de aproximación frustrada, a fin de asegurarse de que la presencia de obstáculos situados en estas áreas u otros factores no restrinjan la operación de los aviones a cuyo uso se destine la pista.

Viento

2.1.6 El número y orientación de las pistas de un aeródromo deberían ser tales que el coeficiente de utilización del aeródromo no sea inferior al 95% para los aviones que el aeródromo esté destinado a servir.

2.1.7 Al aplicar el coeficiente de utilización del 95%, debería suponerse que en circunstancias normales, impide el aterrizaje o despegue de un avión una componente transversal del viento que exceda de:

— 37 km/h (20 kt), cuando se trata de aviones cuya longitud de campo de referencia es de 1 500 m 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 24 km/h (13 kt);

— 24 km/h (13 kt) en el caso de aviones cuya longitud de campo de referencia es de 1 200 m o mayor de 1 200 pero inferior a 1 500 m; y

— 19 km/h (10 kt) en el caso de aviones cuya longitud de campo de referencia es inferior a 1 200 m.

2.1.8 La elección de los datos que se han de usar en el cálculo del coeficiente de utilización debería basarse en estadísticas confiables de la distribución de los vientos, que abarquen un período 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, y tener en cuenta lo siguiente:

a) normalmente, las estadísticas sobre los vientos utilizadas para calcular el coeficiente de utilización vienen clasificadas por grupos según la velocidad y dirección, y la precisión de los resultados obtenidos depende en gran parte de la distribución supuesta de las observaciones dentro de esos grupos. A falta de toda información fiable acerca de la verdadera distribución de los vientos, se suele suponer una distribución uniforme, ya que, respecto a la pista orientada más favorablemente, esto suele traducirse en una cifra ligeramente conservadora del coeficiente de utilización;

b) las componentes transversales máximas del viento de costado medio que figuran en 2.1.7 corresponden a circunstancias normales. Hay algunos factores que pueden exigir que se tome en cuenta una reducción de sus valores máximos en un aeródromo determinado. Entre éstos se encuentran:

   1) las grandes diferencias de manejo y de los valores máximos admisibles de la componente transversal del viento para los distintos tipos de aviones (incluidos futuros tipos) dentro de cada uno de los tres grupos designados en 2.1.7;

   2) la preponderancia y naturaleza de las ráfagas;

   3) la preponderancia y naturaleza de la turbulencia;

   4) la disponibilidad de una pista secundaria;

5) la anchura de las pistas;

6) 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; y

7) la fuerza del viento correspondiente al valor límite de la componente transversal del viento.

2.1.9 El criterio del 95% recomendado en el Anexo 14, Volumen I, se aplica a todas las condiciones meteorológicas. No obstante, es conveniente examinar la velocidad y dirección del viento para diversas condiciones de visibilidad. Los registros meteorológicos pueden obtenerse normalmente de las oficinas meteorológicas estatales. Las velocidades se dividen generalmente en incrementos de 22,5 grados (16 puntos de la brújula). Dichos registros contienen el porcentaje del tiempo en que se producen determinadas combinaciones de techo de nubes y visibilidad (por ejemplo, techo: de 500 a 274 m; visibilidad: de 4,8 a 9,7 km), y el porcentaje del tiempo en que predominan vientos de determinada velocidad, procedentes de distintas direcciones (por ejemplo, NNE: de 2,6 a 4,6 kt). Las direcciones se indican en relación con el norte verdadero. A menudo, no se han registrado los datos relativos a los vientos en un nuevo emplazamiento. En este caso, deberían consultarse los registros de las estaciones meteorológicas cercanas. Si el terreno circundante es bastante llano, los registros de dichas estaciones deberían indicar las características de los vientos predominantes en el emplazamiento del aeródromo propuesto. No obstante, si el terreno es accidentado, la configuración de los vientos viene dada por la topografía y es peligroso utilizar los registros de las estaciones situadas a cierta distancia. En este caso, puede ser útil estudiar la topografía de la región y consultar a sus habitantes, pero, de todos modos, será preciso iniciar un estudio de los vientos en el emplazamiento elegido. Tal estudio requerirá la instalación de anemómetros y llevar registros del viento. El *Manual de planificación de aeropuertos* (Doc 9184), Parte1 — *Planificación general* contiene textos de orientación sobre la preparación y análisis de los datos relativos al viento a efectos de la planificación de aeródromos.

Condiciones de visibilidad

2.1.10 A menudo, las características del viento en condiciones de escasa visibilidad difieren bastante de las que se dan en condiciones de buena visibilidad. Por tal razón, debería emprenderse un estudio sobre las condiciones del viento con escasa visibilidad y/o baja base de nubes en el aeródromo, incluida la frecuencia con que se manifiestan los fenómenos así como la dirección y velocidad del viento que los acompaña.

Topografía del emplazamiento del aeródromo, sus vías de acceso e inmediaciones

2.1.11 Deberían examinarse las características topográficas del aeródromo y de sus inmediaciones. En especial los factores siguientes:

a) el cumplimiento de las disposiciones relativas a las superficies limitadoras de obstáculos;

b) la utilización de los terrenos en la actualidad y en el futuro. Su orientación y trazado deberían elegirse de forma que, en la medida de lo posible, se protejan las zonas especialmente sensibles, tales como las residenciales, escuelas y hospitales contra las molestias causadas por el ruido de las aeronaves;

c) las longitudes de pistas en la actualidad y en el futuro;

d) los costos de construcción; y

e) la posibilidad de instalar ayudas adecuadas, visuales y no visuales, para la aproximación.

Tránsito aéreo en las inmediaciones del aeródromo

2.1.12 Al estudiar el emplazamiento de las pistas deberían tenerse en cuenta los factores siguientes:

a) proximidad de otros aeródromos o rutas ATS;

b) la densidad del tránsito; y

c) los procedimientos de control de tránsito aéreo de aproximación frustrada.

Factores del medio ambiente

2.1.13 Debería considerarse el efecto de una determinada orientación de la pista en la fauna, la ecología general de la zona y los sectores de las poblaciones sensibles a los efectos del ruido.

2.1.14 El nivel de ruido producido por las aeronaves en el aeropuerto y en sus inmediaciones se considera generalmente una partida principal del costo adscrita al medio ambiente y relacionada con la instalación. El terreno más expuesto al ruido se encuentra directamente debajo y a ambos lados de las trayectorias de aproximación y despegue. En general, los niveles de ruido se miden aplicando una fórmula en la que intervengan el número de decibeles, las veces en que se perciben, y su duración. Existen numerosas técnicas para medir el ruido [véanse el Anexo 16 — *Protección del medio ambiente* y el *Método recomendado para calcular las curvas de nivel de ruido en la vecindad de los aeropuertos* (Cir 205)]. La adecuada elección del emplazamiento y planificación de la utilización del terreno circundante pueden contribuir enormemente a reducir, y posiblemente eliminar, el problema del ruido inherente al aeródromo.

Pistas paralelas

2.1.15 El número de pistas que habrán de proveerse en cada dirección dependerá del número de movimientos de aeronaves previsto [véase el *Manual de planificación de aeropuertos* (Doc 9184), Parte1].

2.1.16 *Operaciones VMC*. Donde se disponga de pistas paralelas para uso simultáneo solamente cuando existan condiciones meteorológicas de vuelo visual, la distancia mínima entre sus respectivos ejes debería ser:

— 210 m cuando el número de clave más alto sea 3 ó 4;

— 150 m cuando el número de clave más alto sea 2; y

— 120 m cuando el número de clave más alto sea 1.

2.1.17 *Operaciones IMC*. Cuando se proporcionen pistas paralelas para operaciones simultáneas en condiciones meteorológicas de vuelo por instrumentos, la distancia mínima de separación entre sus ejes debería ser:

— 1 035 m en aproximaciones paralelas independientes;

— 915 m en aproximaciones paralelas dependientes;

— 760 m en salidas paralelas independientes;

— 760 m en operaciones paralelas segregadas;

salvo que:

a) en operaciones paralelas segregadas, la distancia de separación indicada:

   1) podría reducirse 30 m por cada 150 m en que la pista de llegada está adelantada respecto a la aeronave que llega, hasta una separación mínima de 300 m; y

   2) debería aumentarse 30 m por cada 150 m en que la pista de llegada esté retrasada respecto a la aeronave que llega;

b) pueden aplicarse distancias de separación inferiores a las indicadas si un estudio aeronáutico determinara que esas distancias menores de separación no afectarían la seguridad de las operaciones de las aeronaves.

2.1.18 En el *Manual sobre operaciones simultáneas en pistas de vuelo por instrumentos paralelas o casi paralelas (SOIR)* (Doc 9643) figuran directrices sobre la planificación y la realización de operaciones simultáneas en pistas de vuelo por instrumentos paralelas o casi paralelas.

Área terminal entre pistas paralelas

2.1.19 A fin de limitar al mínimo las operaciones de rodaje que requieran el cruce de pistas en servicio y de utilizar mejor el área entre las pistas paralelas, el área terminal y las demás áreas operacionales podrán emplazarse entre pistas paralelas. A fin de alojar esas áreas, es posible que se requieran distancias de separación mayores que las recomendadas en el párrafo anterior.

2.2 EMPLAZAMIENTO DEL UMBRAL

2.2.1 El umbral está situado normalmente en el extremo de la pista, si no hay obstáculos que sobresalgan por encima de la superficie de aproximación. En algunos casos, sin embargo, debido a condiciones locales, podría ser conveniente desplazar permanentemente el umbral (véase 2.2.3). Al estudiar el emplazamiento del umbral, debería considerarse también la altura de la referencia ILS y determinarse el límite de franqueamiento de obstáculos. (En el Anexo 10, Volumen I, se dan las especificaciones concernientes a la altura de la referencia ILS).

2.2.2 Al determinar que no hay obstáculos que penetren por encima de la superficie de aproximación, debería tomarse en cuenta la presencia de objetos móviles (vehículos en las carreteras, trenes, etc.), por lo menos dentro de la porción del área de aproximación comprendida en una distancia de 1 200 m medida longitudinalmente desde el umbral, y con una anchura total de por lo menos 150 m.

2.2.3 Si un objeto sobresale por encima de la superficie de aproximación y no puede eliminarse dicho objeto, debería considerarse la conveniencia de desplazar el umbral permanentemente.

2.2.4 Para lograr los objetivos del Anexo 14, Volumen I, Capítulo 4, en cuanto a la limitación de obstáculos, lo mejor sería desplazar el umbral a lo largo de la pista, la distancia suficiente para asegurarse de que la superficie de aproximación esté libre de obstáculos.

2.2.5 Sin embargo, el desplazamiento del umbral con respecto al extremo de la pista causa inevitablemente una reducción de la distancia disponible para el aterrizaje, y esto puede tener más importancia, desde el punto de vista de las operaciones, que la penetración de la superficie de aproximación por obstáculos señalados e iluminados. Por consiguiente, la decisión con respecto al desplazamiento del umbral y la extensión del desplazamiento debería hacerse tratando de obtener el equilibrio óptimo entre una superficie de aproximación libre de obstáculos y una distancia adecuada para el aterrizaje. Al decidir esta cuestión, se deben tener en cuenta los tipos de aviones para los que la pista esté destinada, las condiciones de límite de visibilidad y base de nubes en que se haya de utilizar la pista, la situación de los obstáculos en relación con el umbral y con la prolongación del eje de pista, y, en el caso de pistas para aproximaciones de precisión, la importancia de los obstáculos para la determinación del límite de franqueamiento de obstáculos.

2.2.6 No obstante la consideración de la distancia disponible para el aterrizaje, el emplazamiento que se elija para el umbral debería ser tal que la superficie libre de obstáculos hasta el umbral no tenga una pendiente mayor del 3,3% cuando el número de clave de la pista sea 4, ni mayor del 5% cuando el número de clave de la pista sea 3.

Capítulo 3

CRITERIOS RELATIVOS A LA LONGITUD DE PISTA

3.1 FACTORES QUE INFLUYEN EN LA LONGITUD DE LAS PISTAS

3.1.1 Los factores que influyen en la longitud de pista que habrá de facilitarse son los siguientes:

a) características de performance y masas de operación de los aviones a los que se prestará servicio;

b) condiciones meteorológicas, principalmente viento y temperatura en la superficie;

c) características de la pista tales como pendiente y estado de la superficie; y

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

3.1.2 La relación entre la longitud de la pista y las características de performance del avión se describe en el Capítulo 4. Cuanto mayor sea el viento de frente que sopla en una pista, más corta será la longitud de pista que requerirá un avión para despegar o aterrizar. Por el contrario, el viento de cola aumenta la longitud de pista requerida. Cuanto más elevada sea la temperatura, mayor longitud habrá de tener la pista requerida porque las temperaturas elevadas se traducen en densidades menores del aire, factor que reduce el empuje producido así como la sustentación. En el Apéndice 2 se detalla el efecto de las pendientes de la pista en sus requisitos de longitud; con todo, es evidente que un avión que despegue en una pendiente ascendente requiere una mayor longitud de pista que si ésta 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, cuanto mayor sea la elevación del aeropuerto (con una presión barométrica en consecuencia menor), mayor longitud habrá de tener la pista requerida. La longitud que tendrá la pista de un aeropuerto puede verse limitada por el perímetro del terreno o por factores topográficos tales como montañas, el mar o valles profundos.

3.2 LONGITUD EFECTIVA DE LAS PISTAS

Pistas principales

3.2.1 Salvo cuando una pista vaya asociada con una zona de parada y/o con una zona libre de obstáculos, la longitud verdadera de toda pista principal debería ser adecuada para satisfacer los requisitos operacionales de los aviones para los que se proyecte la pista y no debería ser menor que la longitud más larga determinada por la aplicación a las operaciones de las correcciones correspondientes a las condiciones locales y a las características de performance de los aviones que tengan que utilizarla.

3.2.2 Al determinar la longitud de pista que ha de proporcionarse, es necesario considerar tanto los requisitos de despegue como de aterrizaje, así como la necesidad de efectuar operaciones en ambos sentidos de la pista. Entre las condiciones locales que pueden considerarse figuran la elevación, temperatura, pendiente de la pista, humedad y características de la superficie de la pista.

3.2.3 Cuando no se conocen los datos sobre la performance de los aviones para los que se destine la pista, la longitud de toda pista principal podría determinarse por medio de la aplicación de los coeficientes de corrección generales descritos en 3.5. Sin embargo, es aconsejable consultar el documento preparado por los fabricantes de aeronaves “Características de las aeronaves para la planificación de aeropuertos” (NAS 3601) a fin de obtener la información más actualizada.

Pistas secundarias

3.2.4 La longitud de toda pista secundaria debería determinarse de manera similar a la de las pistas principales, excepto que necesita ser apropiada únicamente para los aviones que requieran usar dicha pista secundaria además de la otra pista o pistas, con objeto de obtener un coeficiente de utilización de por lo menos el 95%.

3.2.5 Se dispone de manuales de vuelo con datos sobre las características de performance y operaciones de la mayoría de los aviones modernos. También se han preparado curvas y tablas de performance para las operaciones de aterrizaje y despegue de los aviones para fines básicos de la planificación de la longitud de las pistas. El Apéndice 3 contiene información sobre las curvas y tablas de performance de los aviones.

3.3 PISTAS CON ZONAS DE PARADA Y/O ZONAS LIBRES DE OBSTÁCULOS

3.3.1 Cuando una pista esté 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 3.2.2 ó 3.2.3, según corresponda; pero en ese caso toda combinación de pista, zona de parada y/o zona libre de obstáculos, debería permitir el cumplimiento de los requisitos de operación para despegue y aterrizaje de los aviones para los que esté prevista la pista.

3.3.2 La decisión de proporcionar una zona de parada, o una zona libre de obstáculos, como otra solución al problema de prolongar la longitud de la pista dependerá de las características físicas de la zona situada más allá del extremo de la pista y de los requisitos de performance de los aviones que utilicen la pista. La longitud de la pista, de la zona de parada y de la zona libre de obstáculos, se determinan en función de la performance de despegue de los aviones, pero debería comprobarse también la distancia de aterrizaje requerida por los aviones que utilicen la pista, a fin de asegurarse de que la pista tenga la longitud adecuada para el aterrizaje. No obstante, la longitud de una zona libre de obstáculos no puede exceder de la mitad de la longitud del recorrido de despegue disponible.

3.4 CÁLCULO DE LAS DISTANCIAS DECLARADAS

3.4.1 La introducción de zonas de parada y de zonas libres de obstáculos, y la utilización de umbrales desplazados en las pistas, han creado la necesidad de disponer de información precisa con respecto a las diferentes distancias físicas disponibles y adecuadas para el aterrizaje y el despegue de los aviones. Para este propósito se emplea el término “distancias 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 un avión que despegue.

b) Distancia de despegue disponible (TODA), es decir, la longitud del recorrido de despegue disponible más la longitud de la zona libre de obstáculos, si la hubiera.

c) Distancia de aceleración-parada disponible (ASDA), es decir, la longitud del recorrido de despegue disponible más la longitud de zona de parada, si la hubiera.

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 un avión que aterrice.

3.4.2 En el Anexo 14, Volumen I, se exige calcular las distancias declaradas de una pista prevista para ser utilizada por el transporte aéreo comercial internacional, y en el Anexo 15 se exige la notificación de las distancias declaradas para cada sentido de la pista en la publicación de información aeronáutica (AIP) del Estado. En la Figura 3-1 se ilustran casos típicos y en la Figura 3-2 se ofrece una tabla de las distancias declaradas.

3.4.3 Si la pista no está provista de una zona de parada ni de una zona libre de obstáculos y además el umbral está situado en el extremo de la pista, de ordinario, las cuatro distancias declaradas tendrán una longitud igual a la de la pista, según se indica en la Figura 3-1A.

3.4.4 Si la pista está provista de 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 3-1B.

3.4.5 Si la pista está provista de una zona de parada (SWY), entonces en la ASDA se incluirá la longitud de la zona de parada, según se indica en la Figura 3-1C.

3.4.6 Si la pista tiene el umbral desplazado, entonces en el cálculo de la LDA se restará de la longitud de la pista la distancia a que se haya desplazado el umbral, según se indica en la Figura 3-1D. El umbral desplazado influye en el cálculo de la LDA solamente cuando la aproximación tiene lugar hacia el umbral; no influye en ninguna de las distancias declaradas si las operaciones tienen lugar en la dirección opuesta.

3.4.7 Los casos de pistas provistas de zona libre de obstáculos, de zona de parada, o que tienen el umbral desplazado, se esbozan en las Figuras 3-1B a 3-1D. Si concurren más de una de estas características habrá más de una modificación de las distancias declaradas, pero se seguirá el mismo principio esbozado. En las Figuras 3-1E y 3-1F se presentan dos ejemplos en los que concurren todas estas características.

3.4.8 Se sugiere el formato de la Figura 3-2 para presentar la información concerniente a las distancias declaradas. Si determinada dirección de la pista no puede utilizarse para despegar o aterrizar, o para ninguna de estas operaciones, por estar prohibido operacionalmente, ello debería indicarse mediante las palabras “no utilizable” o con la abreviatura “NU”.

3.4.9 Cuando el procurar áreas de seguridad de extremo de pista requiera atravesar áreas en las que esté particularmente prohibido el implantarlas, la autoridad competente podría reducir las distancias declaradas, si considera que se requieren áreas de seguridad de extremo de pista.

3.5 CORRECCIÓN DE LA LONGITUD DE LA PISTA POR ELEVACIÓN, TEMPERATURA Y PENDIENTE

3.5.1 Tal como se afirma en 3.2.3, cuando no se dispone del manual de vuelo adecuado, la longitud de la pista debe determinarse aplicando factores de corrección generales. Como primera medida debería elegirse para la pista una longitud básica que le permita atender los requisitos operacionales de los aviones para los que esté prevista la pista. Esta longitud básica es la longitud de pista seleccionada a los fines de planificación de aeródromos, que es necesaria para el despegue o el aterrizaje en condiciones correspondientes a la atmósfera tipo, a la elevación cero, con viento y pendiente de pista nulos.

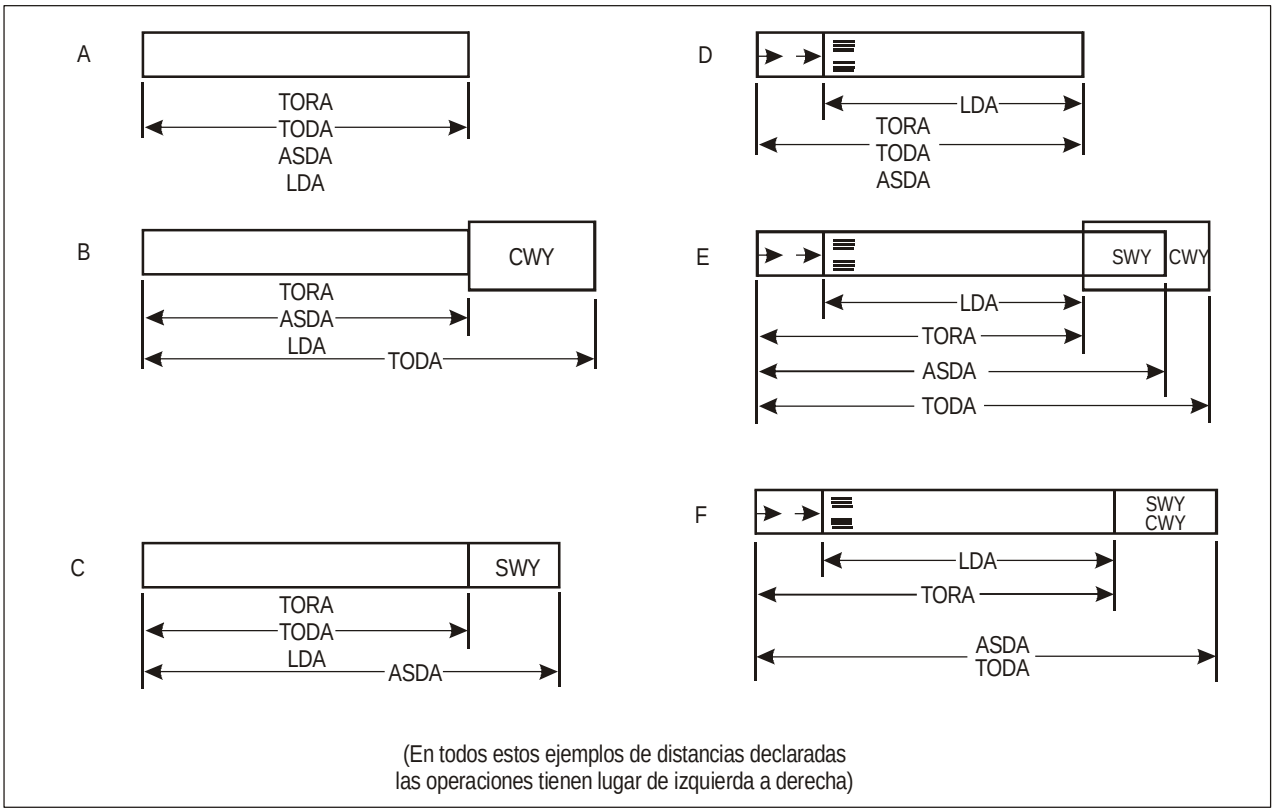
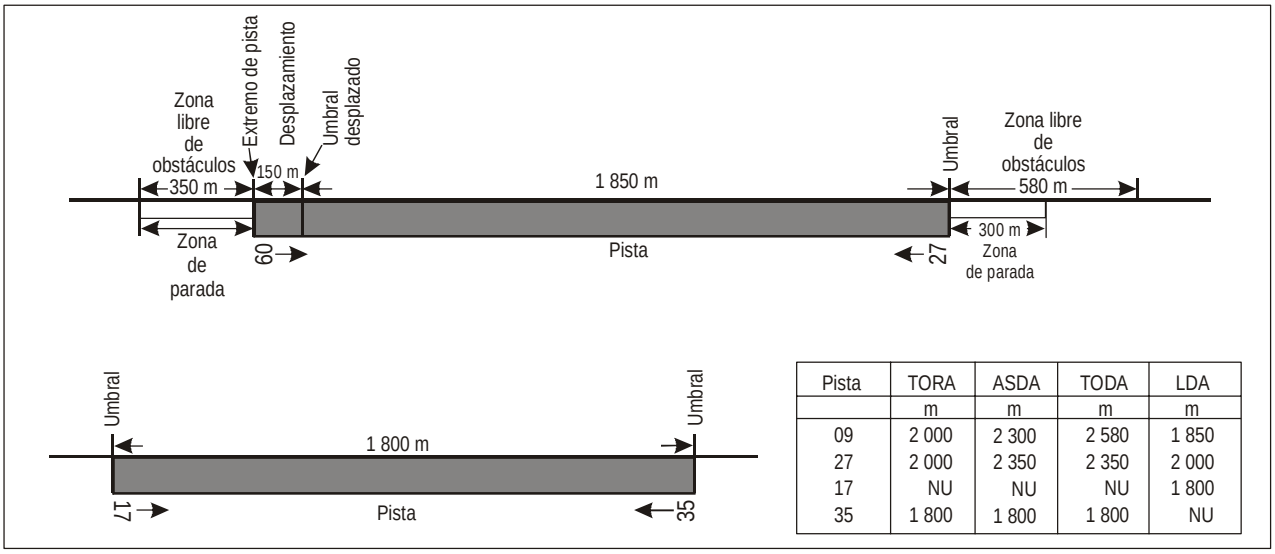


Figura 3-1. Ilustración de las distancias declaradas



Pista	TORA	ASDA	TODA	LDA
	m	m	m	m
09	2 000	2 300	2 580	1 850
27	2 000	2 350	2 350	2 000
17	NU	NU	NU	1 800
35	1 800	1 800	1 800	NU

Figura 3-2. Determinación de las distancias declaradas

3.5.2 La longitud básica seleccionada para la pista debería aumentarse a razón del 7% por cada 300 m de elevación.

3.5.3 La longitud de la pista determinada a tenor de 3.5.2 debería aumentarse a su vez a razón del 1% por cada 1°C en que la temperatura de referencia del aeródromo exceda a la temperatura de la atmósfera tipo correspondiente a la elevación del aeródromo (véase la Tabla 3-1). 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 estas constantes de corrección, por elevación y temperatura, no son adecuadas, y que podría ser necesario modificarlas en base a los resultados que se obtengan en un estudio aeronáutico que tome en consideración las condiciones que existan en el lugar en cuestión y los requisitos operacionales de tales aviones.

3.5.4 Cuando la longitud básica determinada por los requisitos del despegue sea de 900 m o más, dicha longitud debería a su vez aumentarse a razón de un 10% por cada 1% de pendiente de pista determinada como se indica en 5.1.4.

3.5.5 En los aeródromos donde tanto la humedad como la temperatura son elevadas, acaso sea necesario aumentar la longitud de pista determinada en 3.5.4, aunque no se pueden dar cifras exactas acerca de las mayores longitudes requeridas.

Tabla 3-1. Valores atmosféricos tipo

Altitud (m)	Temperatura (° Centígrados)	Presión (Kg/m^3)
0	15,00	1,23
500	11,75	1,17
1 000	8,50	1,11
1 500	5,25	1,06
2 000	2,00	1,01
2 500	–1,25	0,96
3 000	–4,50	0,91
3 500	–7,75	0,86
4 000	–10,98	0,82
4 500	–14,23	0,78
5 000	–17,47	0,74
5 500	–20,72	0,70
6 000	–23,96	0,66

Ejemplos de aplicación de correcciones de longitud de pista

3.5.6 Los ejemplos siguientes ilustran la aplicación de las correcciones de la longitud de la pista.

Ejemplo 1:

a) Datos:

1)	longitud de pista requerida para aterrizar a nivel del mar en condiciones de atmósfera tipo	2 100 m
2)	longitud de pista requerida para despegar en un emplazamiento plano situado al nivel del mar en condiciones de atmósfera tipo	1 700 m
3)	elevación del aeródromo	150 m
4)	temperatura de referencia del aeródromo	24°C
5)	temperatura a 150 m en la atmósfera tipo	14,025°C
6)	pendiente de pista	0,5%

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

1) longitud de pista para el despegue corregida por elevación =

$$\left[1\ 700 \text{ x } 0{,}07 \text{ x } \frac{150}{300}\right] + 1\,700 =$$ 1 760 m

2) longitud de pista para el despegue corregida por elevación y temperatura =

$$\left[1\ 760 \text{ x } (24 - 14{,}025) \text{ x } 0{,}01\right] + 1\,760 =$$ 1 936 m

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

$$\left[1\ 936 \text{ x } 0{,}5 \text{ x } 0{,}10\right] + 1\,936 =$$ 2 033 m

c) Corrección de la longitud de pista para el aterrizaje: longitud de pista para el aterrizaje corregida por elevación =

$$\left[2\ 100 \text{ x } 0{,}07 \text{ x } \frac{150}{300}\right] + 2\,100 =$$ 2 174 m

d) Longitud efectiva de la pista = 2 175 m

Ejemplo 2:

a) Datos:

1)	longitud de pista requerida para el aterrizaje al nivel del mar en condiciones de atmósfera tipo	2 100 m
2)	longitud de pista requerida para el despegue en un emplazamiento plano al nivel del mar en condiciones de atmósfera tipo	2 500 m
3)	elevación del aeródromo	150 m
4)	temperatura de referencia del aeródromo	24°C
5)	temperatura a 150 m en la atmósfera tipo	14,025°C
6)	pendiente de pista	0,5%

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

1) longitud de pista para el despegue corregida por elevación =

$$\left[2\,500 \text{ x } 0{,}07 \text{ x } \frac{150}{300}\right] + 2\,500 =$$ 2 588 m

2) longitud de pista para el despegue corregida por elevación y temperatura =

$$\left[2\,588 \text{ x } (24 - 14{,}025) \text{ x } 0{,}01\right] + 2\,588 =$$ 2 846 m

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

$$\left[2\,846 \text{ x } 0{,}5 \text{ x } 0{,}10\right] + 2\,846 =$$ 2 988 m

c) Corrección de la longitud de pista para el aterrizaje:
longitud de pista para el aterrizaje corregida por elevación =

$$\left[2\,100 \text{ x } 0{,}07 \text{ x } \frac{150}{300}\right] + 2\,100 =$$ 2 174 m

d) Longitud efectiva de la pista = 2 988 m

Capítulo 4

PARÁMETROS DE PERFORMANCE DE LOS AVIONES QUE INCIDEN EN LA LONGITUD DE PISTA

4.1 TÉRMINOS OPERACIONALES

4.1 Antes de examinar la relación entre los parámetros de performance de los aviones y los requisitos de longitud de pista es necesario explicar los términos operacionales siguientes:

a) *La velocidad de decisión* (V_1) es la velocidad escogida por el explotador en la cual se supone que el piloto, al percatarse del fallo del motor crítico, decide proseguir el vuelo o iniciar la aplicación del primer dispositivo retardador. Si el fallo de los motores ocurre antes de alcanzarse la velocidad de decisión, el piloto debería parar; si el fallo ocurre después, el piloto no debería detenerse sino proseguir el despegue. Como regla general, se selecciona una velocidad de decisión que es inferior o casi equivalente a la velocidad segura de despegue (V_2). No obstante, debería ser superior a la velocidad menor en la cual el avión todavía puede ser controlado en tierra o cerca de ella en caso de fallo del motor más crítico; esta velocidad debería recogerse en el manual del avión.

b) *La velocidad segura de despegue* (V_2) es la velocidad mínima a la que se permite ascender al piloto después de alcanzar la altura de 10,7 m (35 ft) para mantener por lo menos la pendiente ascensional mínima requerida sobre la superficie de despegue durante el despegue con un motor inactivo.

c) *La velocidad de rotación* (V_R) es la velocidad en la que el piloto inicia la rotación del avión a fin de levantar el tren de aterrizaje.

d) *La velocidad en el punto de despegue* (V_{LOF}) expresada como velocidad aérea calibrada, es la velocidad en que el avión entra en sustentación en el aire.

4.2 LONGITUD DE DESPEGUE REQUERIDA POR LOS AVIONES

4.2.1 Las limitaciones de utilización de la performance del avión requieren que se disponga de una longitud lo suficientemente grande como para asegurar que, después de iniciar el despegue, pueda detenerse con seguridad el avión o concluir el despegue sin peligro. Para fines de cálculo, se supone que la longitud de la pista, de la zona de parada o de la zona libre de obstáculos que se disponen en el aeródromo son apenas suficientes para el avión que requiera las mayores distancias de despegue y de aceleración-parada, teniendo en cuenta su masa de despegue, las características de la pista y las condiciones atmosféricas reinantes. En esas circunstancias, para cada despegue hay una velocidad llamada velocidad de decisión (V_1); por debajo de esta velocidad debe interrumpirse el despegue si falla un motor, mientras que por encima de esa velocidad debe continuarse el despegue. Se necesitarían un recorrido y una distancia de despegue muy grandes para concluir el despegue, cuando falla un motor antes de alcanzar la velocidad de decisión, debido a la velocidad insuficiente y a la reducción de potencia disponible. No habría ninguna dificultad para detener la aeronave en la distancia de aceleración-parada disponible restante, siempre que se actúe de inmediato. En estas condiciones, la decisión correcta sería interrumpir el despegue.

4.2.2 Por otro lado, si un motor fallara después de haberse alcanzado la velocidad de decisión, el avión tendría la velocidad y potencia suficientes para concluir el despegue con seguridad en la distancia de despegue disponible restante. No obstante, debido a la gran velocidad, sería difícil detener el avión en la distancia de aceleración-parada disponible restante.

4.2.3 La velocidad de decisión no es una velocidad fija para un avión, pero el piloto puede elegirla, dentro de los límites compatibles con los valores utilizables de la distancia disponible de aceleración-parada, la masa de despegue del avión, las características de la pista y las condiciones atmosféricas reinantes en el aeródromo. Normalmente, se elige una velocidad de decisión más alta cuando la distancia disponible de la aceración-parada es más grande.

4.2.4 Pueden obtenerse diversas combinaciones de la distancia de aceleración-parada requerida y de distancia de despegue requerida que se acomoden a un determinado avión, teniendo en cuenta la masa de despegue del avión, las características de la pista y las condiciones atmosféricas reinantes. Cada combinación requiere su correspondiente longitud de recorrido de despegue.

4.2.5 El caso más corriente es aquél en que la velocidad de decisión es tal que la distancia de despegue requerida es igual a la distancia de aceleración-parada requerida; este valor se conoce como longitud de campo compensado. Cuando no se dispone de zona de parada ni de zona libre de obstáculos, esas distancias son ambas iguales a la longitud de la pista. Sin embargo, si por el momento se prescinde de la distancia de aterrizaje, la pista no debe constituir esencialmente la totalidad de la longitud de campo compensado, ya que el recorrido de despegue requerido es menor, por supuesto, que la longitud de campo compensado. Por lo tanto, la longitud de campo compensado puede proveerse mediante una pista suplementada por una zona libre de obstáculos y una zona de parada de igual longitud, en lugar de estar constituida en su totalidad por la pista. Si la pista se utiliza para el despegue en ambos sentidos, ha de proveerse en caca extremo de la pista una longitud igual de zona libre de obstáculos y de zona de parada. Por lo tanto, el ahorro de longitud de pista se hace a expensas de una longitud total mayor.

4.2.6 En los casos en que por consideraciones de orden económico no pueda disponerse de una zona de parada y, como resultado sólo se disponga de una pista y una zona libre de obstáculos, la longitud de la pista (prescindiendo de los requisitos de aterrizaje) debería ser igual a la distancia de aceleración-parada requerida o al recorrido de despegue requerido, eligiéndose de los dos el que resulte mayor. La distancia de despegue disponible será la longitud de la pista más la longitud de la zona libre de obstáculos.

4.2.7 La longitud mínima de pista y la longitud máxima de zona de parada o de zona libre de obstáculos que han de proveerse, pueden determinarse como sigue, a base de los valores contenidos en el Manual de vuelo del avión que se considere más crítico desde el punto de vista de los requisitos de longitud de pista:

a) si la zona de parada es económicamente posible, las longitudes que han de proveerse son las correspondientes a la longitud de campo compensado. La longitud de pista es igual a la del recorrido de despegue requerido, o a la distancia de aterrizaje requerida, si es mayor. Si la distancia de aceleración-parada requerida es mayor que la longitud de pista determinada de este modo, el exceso pueden disponerse como zona de parada, situada generalmente en cada extremo de la pista. Además, debe proveerse también una zona libre de obstáculos de la misma longitud que la zona de parada;

b) si no ha de proveerse zona de parada, la longitud de pista es igual a la distancia de aterrizaje requerida, o, si es mayor, a la distancia de aceleración-parada requerida que corresponda al valor más bajo posible de la velocidad de decisión. El exceso de la distancia de despegue requerida respecto a la longitud de pista, puede proveerse como zona libre de obstáculos, situada generalmente en cada extremo de la pista.

4.2.8 Además de la consideración anterior, el concepto de zonas libres de obstáculos puede aplicarse en ciertas circunstancias a una situación en que la distancia de despegue requerida con todos los motores en funcionamiento exceda de la requerida para el caso de falla de motor.

4.2.9 Puede perderse por completo la economía de las zonas de parada, si cada vez que se utilizan tengan que nivelarse y compactarse de nuevo. Por consiguiente, deberían construirse de manera que puedan resistir un número mínimo de cargas del avión para el cual están destinadas, sin ocasionar daños estructurales al mismo.

4.2.10 Tomando como ilustración el diagrama de la Figura 4-1 a), que muestra el caso de un avión parado en el extremo A de entrada de una pista, el piloto inicia el despegue, el avión acelera y se aproxima a la velocidad de decisión (V_1) en el punto B. Se supone que sobreviene un fallo repentino y completo de un motor, del que se percata el piloto en el momento de alcanzar la velocidad de decisión (V_1). El piloto puede:

— frenar hasta que el avión se detenga en el punto Y (la distancia de aceleración-parada); o bien

— seguir acelerando hasta alcanzar la velocidad rotatoria (V_R), en el punto C, empuje con el cual cobra altura a la velocidad del punto de despegue (V_{LOF}), en el punto D, tras lo cual el avión llega al extremo del recorrido de despegue en el punto X y prosigue hasta la altura de 10,7 m (35 ft) al final de la distancia de despegue, en el punto Z.

4.2.11 En la Figura 4-1 b) se ilustra un caso normal con todos los motores en marcha en el que d'_1 y d'_3, son análogos a d_1 y d_3, respectivamente, en la Figura 4-1 a).

4.2.12 Las distancias de despegue y de aceleración-parada con un motor inactivo variarán según la velocidad de decisión seleccionada (V_1). Si se reduce la velocidad de decisión, también se reduce la distancia al punto B [Figura 4-1 a)], y lo mismo sucede con la distancia de aceleración-parada; pero las distancias del recorrido de despegue y de despegue propiamente dicho se ven aumentadas puesto que gran parte de la maniobra de despegue se realiza con un motor inactivo. En la Figura 4-2 se ilustran las relaciones que pueden darse entre la distancia de aceleración-parada, la distancia de despegue y los recorridos de despegue con respecto a las variaciones de la velocidad de decisión, (V_1), dentro de los límites señalados en 4.1.1.

4.2.13 Las características de la performance de despegue de un determinado avión no reunirán necesariamente la gama de velocidades de decisión consignadas en la Figura 4-2. Más bien, en ciertas condiciones, puede suceder que un avión determinado se vea restringido dentro de una de las áreas indicadas en sentido horizontal, a, b o c. En el caso que se ilustra con la letra a, la distancia de despegue con un motor inactivo es crítica. La selección lógica de V_1, punto 1), debería ser tal que fuese equivalente a V_2 o V_R según las características de despegue del avión. En el caso ilustrado por la letra b, la distancia de aceleración-parada es crítica a partir de la velocidad V_2 hasta un punto en que la posibilidad de mantener el control en tierra pasa a ser crítica. La selección lógica de V_1 sería mantenerla lo más reducida posible, en el punto 2). En el caso ilustrado por la letra c, que es el más corriente, la distancia de aceleración-parada es crítica a velocidades V_1 cercanas a la velocidad V_2 y la distancia de despegue es crítica a velocidades próximas a la velocidad mínima de controlabilidad. En este caso, la velocidad V_1 seleccionada puede ser óptima, a saber, la V_1 en la que las dos distancias son iguales en el punto 3). Si la distancia de despegue con todos los motores en marcha es crítica en uno o varios de los casos mencionados, la gama de velocidades V_1 posibles se ve un tanto ampliada porque esa distancia no guarda relación con la velocidad V_1.

4.2.14 Se advertirá que la distancia total requerida es la mínima en el caso de la velocidad óptima de decisión (V_1), lo cual sucede siempre. Normalmente, por tanto, la pista debería tener dicha longitud. Sin embargo, la parte de la distancia de aceleración-parada que no se requiere para el recorrido de despegue

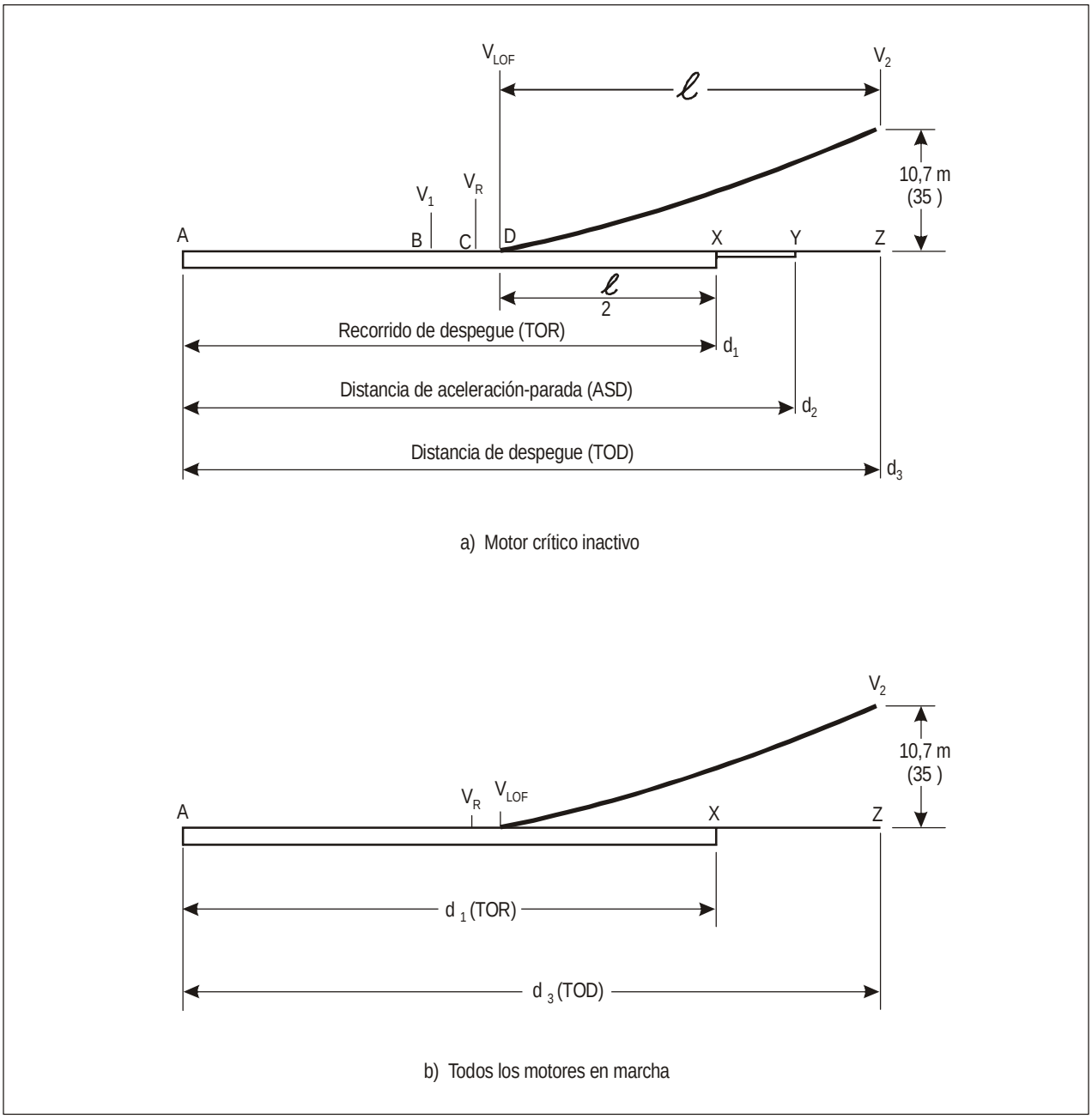

V LOF
V 2
ℓ
10,7 m
(35)
V 1
V R
A
B
C
D
X
Y
Z
ℓ
2
Recorrido de despegue (TOR)
d 1
Distancia de aceleración-parada (ASD)
d 2
Distancia de despegue (TOD)
d 3
a) Motor crítico inactivo
V 2
10,7 m
(35)
V R
V LOF
A
X
Z
d 1 (TOR)
d 3 (TOD)
b) Todos los motores en marcha

Figura 4-1.

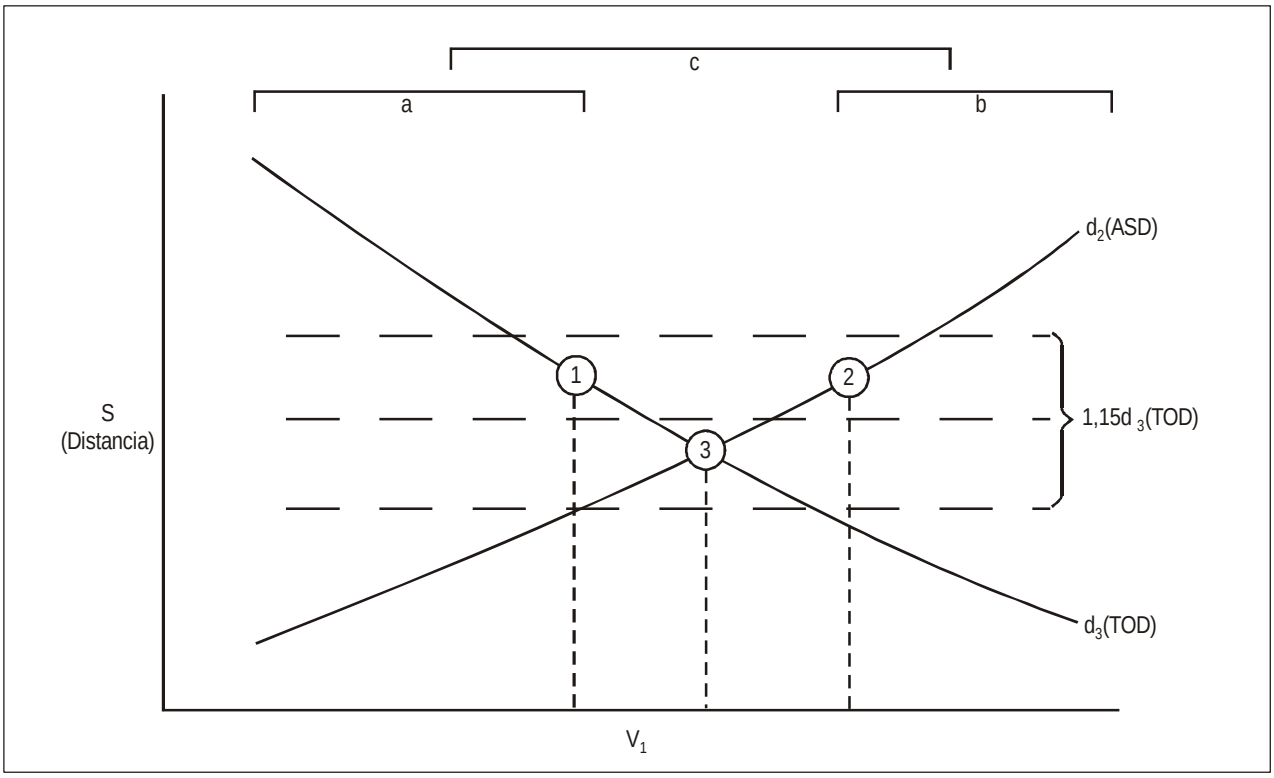


Figura 4-2.

(la distancia B en la Figura 4-3) apenas se utilizará por lo que podrá construirse de forma más económica que la parte A requerida para el recorrido de despegue, a saber, la propia pista. Además, durante el despegue, la distancia B + C sólo será sobrevolada durante el ascenso inicial a la altura especificada en el Anexo 6 y no se espera que soporte la masa de la aeronave; sólo es preciso que se halle libre de obstáculos.

4.2.15 En determinadas circunstancias, la construcción de pistas con superficies tales como zonas de parada y zonas libres de obstáculos puede resultar más ventajosa que la construcción de pistas convencionales. La elección entre una pista convencional y otra en la que se utiliza una combinación de tales superficies, dependerá de las condiciones económicas y materiales locales: tamaño y franqueamiento de obstáculos del emplazamiento, características del suelo, posibilidad de adquirir terrenos, planes de desarrollo futuro, naturaleza y coste de los materiales disponibles, intervalo de tiempo requerido para realizar las obras, nivel aceptable de costos de mantenimiento, etc. En especial, la construcción de zonas de parada a cada extremo de la pista (ya que el despegue puede realizarse normalmente en dos sentidos) puede resultar con frecuencia una primera etapa económica de la prolongación de una pista existente. Las zonas de parada, que no se utilicen para los aterrizajes y que los aviones utilizan únicamente en casos excepcionales durante el despegue, pueden proveerse con frecuencia sin grandes gastos y, desde el punto de vista de las operaciones, su instalación equivale para los aviones a una prolongación de la pista.

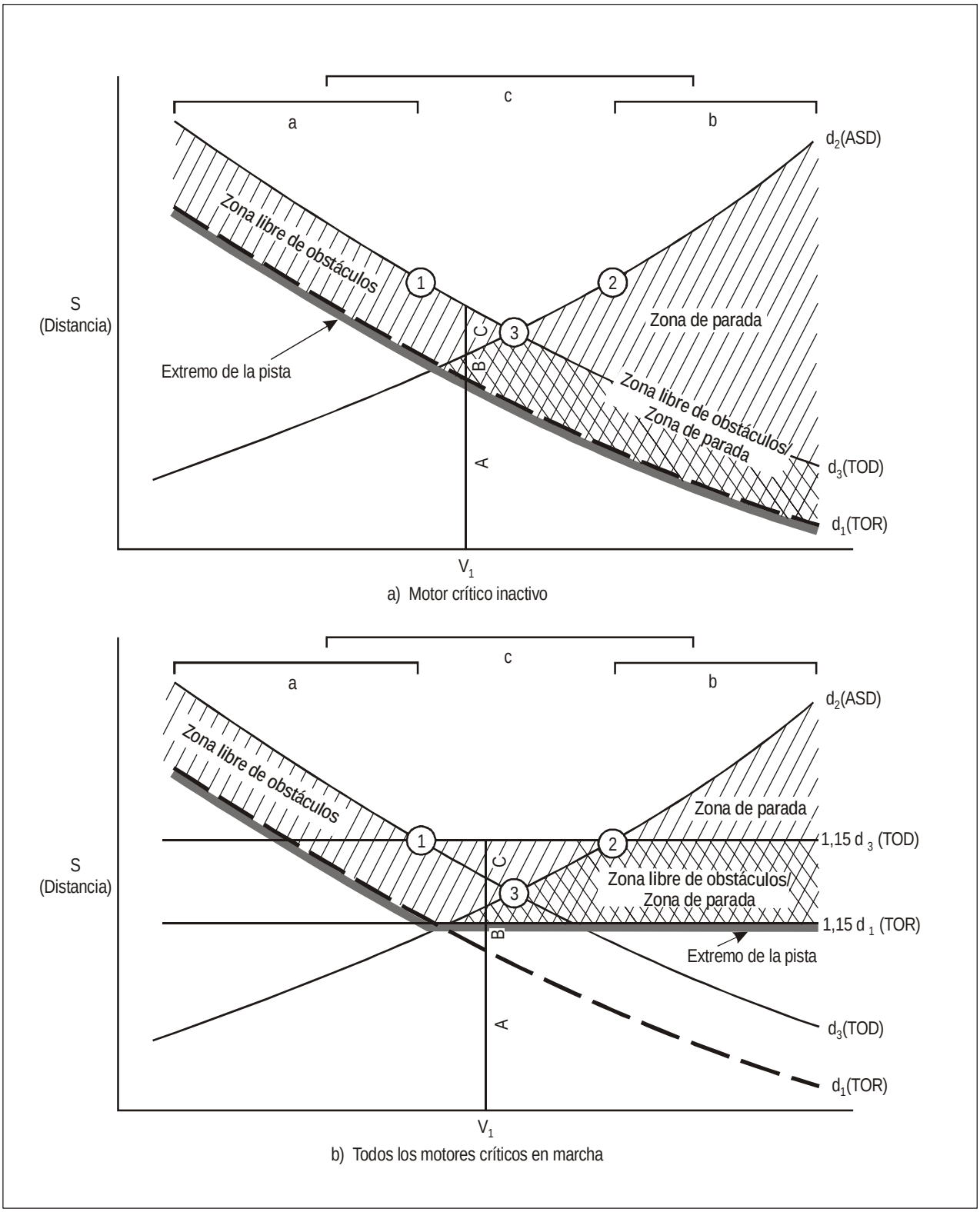

c
a
b
d2(ASD)
Zona libre de obstáculos
1
2
3
S
(Distancia)
Zona de parada
Extremo de la pista
B
C
Zona libre de obstáculos/
Zona de parada
A
d3(TOD)
d1(TOR)
V1
a) Motor crítico inactivo
c
a
b
d2(ASD)
Zona libre de obstáculos
Zona de parada
1
2
1,15 d 3 (TOD)
S
(Distancia)
C
3
Zona libre de obstáculos/
Zona de parada
1,15 d 1 (TOR)
B
Extremo de la pista
A
d3(TOD)
d1(TOR)
V1
b) Todos los motores críticos en marcha

Figura 4-3.

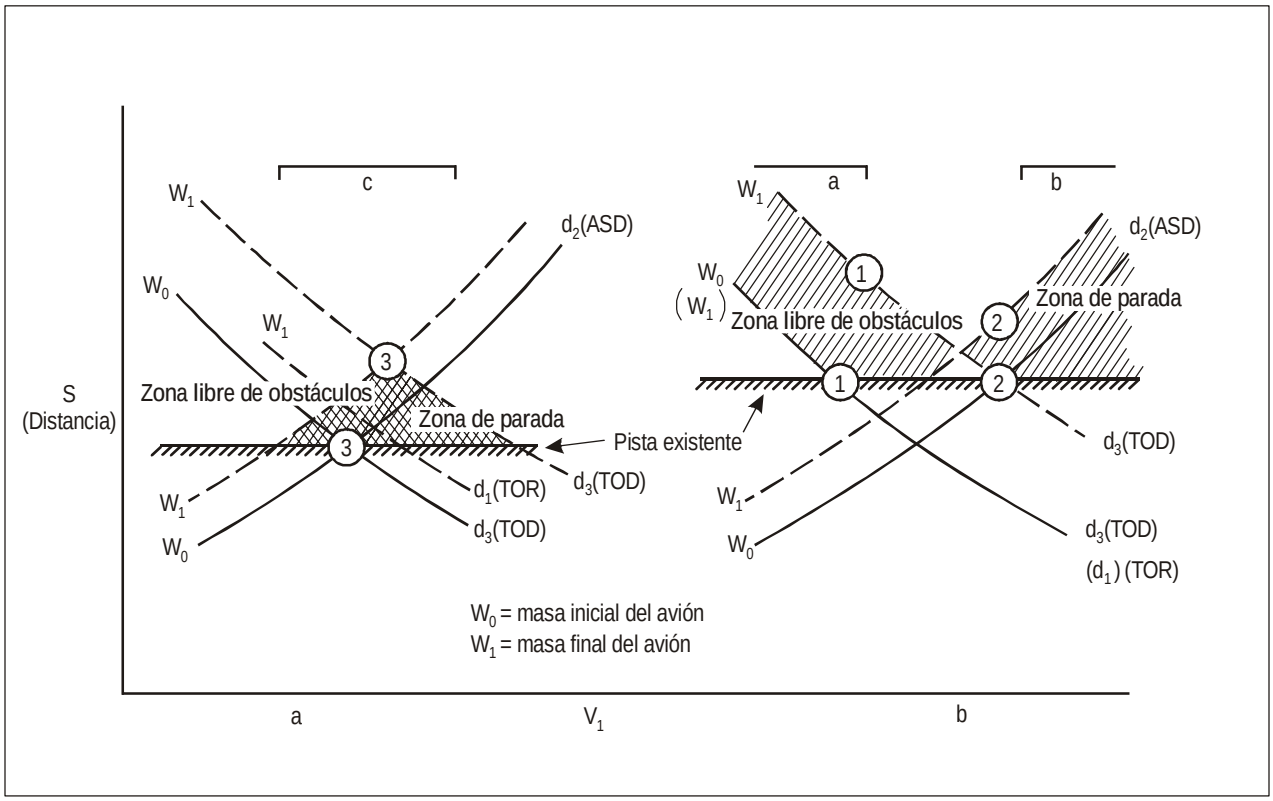


Figura 4-4.

4.2.16 A fin de escoger entre una pista no convencional y la pista convencional que goza de preferencia, es necesario determinar las proporciones de la zona libre de obstáculos o de la zona libre de obstáculos/zona de parada que habrá de habilitarse. En la Figura 4-3 se ilustra cómo hacerlo en el caso de un determinado avión y dadas ciertas condiciones de altitud, temperatura, despegue, masa, etc. Como se indicó anteriormente, la distancia del recorrido de despegue, la distancia de despegue y la distancia de aceleración-parada de un determinado avión durante el despegue dependerán de la velocidad de decisión V_1 elegida. Dentro de una cierta gama (como se indica en 4.1.1) puede elegirse cualquier valor V_1 y, por consiguiente, serían viables muchas combinaciones de pista, zona de parada y zona libre de obstáculos. Los requisitos mínimos para proyectar una pista no convencional normalmente incluirán una pista y una zona libre de obstáculos o bien una pista y una combinación de zona libre de obstáculos/zona de parada, según las velocidades de V_1. Esto se ilustra en la Figura 4-3.

4.2.17 La ampliación de una pista convencional para que pase a ser una pista no convencional y resista al aumento de masa del avión crítico se ilustra en el Figura 4-4. En la Figura 4-4 a), la aeronave crítica utiliza la velocidad óptima V_1, punto 3 con la masa W_o sobre la pista existente. Cuando la masa se aumenta a W_1, la velocidad óptima V_1 se aumenta ligeramente al punto 3'. El aumento de masa se limita al que se traduce en un recorrido de despegue (d_1) equivalente a la longitud de la pista. La distancia adicional de despegue y la distancia de aceleración-parada pueden tener cabida en una combinación de zona libre de obstáculos/zona de parada. En la Figura 4-4 b), se ilustran dos casos. En el primero, la velocidad V_1 del avión se encuentra en el punto 1. La nueva velocidad, V_1 en el punto 1', aumentaría si la velocidad inicial de ascenso (V_2) se aumentase en vista del cambio de masa. El aumento de masa se limita al que resultaría en un recorrido de despegue (d_1) con el peso W_1 equivalente a la distancia de despegue (d_3) con la masa W_o.

El aumento de la distancia de despegue puede ser absorbido si existe una zona libre de obstáculos. En el segundo caso, la velocidad V_1 del avión incide en el punto 2. La velocidad V_1 en el punto 2', se mantendría probablemente constante. El aumento de masa quedaría limitado por la mayor distancia posible de despegue d_3 con la masa W_1 si no fuera a proporcionarse una zona libre de obstáculos. El aumento de la distancia de aceleración-parada puede absorberse dentro de una zona de parada. Nótese que todo incremento ulterior de masa requerirá la utilización de una combinación de zona libre de obstáculos/zona de parada. El efecto ocasionado en el caso en que todos los motores se encuentren en marcha puede percibirse inmediatamente comparando las Figuras 4-3 a) y b). Los valores inferiores de V_1 carecen de interés puesto que se traducen tanto en un mayor recorrido de despegue como en una mayor distancia de despegue.

4.2.18 La longitud de pista, que se determinará a partir de los diagramas de performance de despegue, será la mayor de las siguientes:

a) la longitud de campo compensado, es decir, la longitud de pista requerida cuando la distancia de despegue con un motor inactivo y la distancia de aceleración-parada sean equivalentes; o bien

b) el 115% de la distancia de despegue con todos los motores en funcionamiento.

4.3 REQUISITOS DE DISTANCIA PARA EL ATERRIZAJE

Aunque normalmente las distancias de aterrizaje no son críticas, deberían consultarse los diagramas de performance de aterrizaje de los aviones para comprobar qué requisitos de longitud de pista para el despegue garantizan una longitud adecuada para el aterrizaje. Por lo general, la distancia para el aterrizaje se determina de modo que el avión pueda aterrizar después de haber salvado, con un margen de seguridad, todos los obstáculos situados en la trayectoria de aproximación con la seguridad de que podrá detenerse sin peligro. Se tendrán en cuenta las variaciones previstas en las técnicas de aproximación y aterrizaje de determinadas aeronaves si no se tuvieron ya al indicar los datos relativos a la performance. La longitud de pista determinada a partir de un diagrama de performance de aterrizaje es la distancia de aterrizaje requerida dividida por 0,6. Cuando la longitud de la pista requerida para el aterrizaje es superior a la requerida para el recorrido de despegue, este factor determinará la longitud mínima de pista requerida.

CAPÍTULO 5

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

5.1 PISTAS

Anchura

5.1.1 La anchura de toda pista no debería ser menor de la dimensión apropiada especificada en la Tabla 5-1.

5.1.2 En la Tabla 5-1 figuran las anchuras mínimas de pista consideradas necesarias para garantizar la seguridad operacional. Los factores que influyen en la anchura de la pista son:

a) desviación de la aeronave fuera del eje al momento de tomar contacto;

b) condición de viento de costado;

c) contaminación de la superficie de la pista (p. ej., lluvia, nieve, nieve fundente o hielo);

d) depósitos de caucho;

e) aproximaciones en vuelo diagonal para aterrizaje con condiciones de viento transversal;

f) velocidades de aproximación empleadas;

g) visibilidad; y

h) factores humanos.

Tabla 5-1. Anchuras de pista

Núm. de clave	Letra de clave					
	A	B	C	D	E	F
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	60 m

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

5.1.3 Los estudios en simulador de despegues interrumpidos en pistas contaminadas, con falla de un motor y condiciones de viento transversal, así como las observaciones reales efectuadas en muchos aeropuertos, indican que las anchuras de pista especificadas para cada clave de referencia de aeródromo son necesarias desde el punto de vista operacional. En caso de planificarse operaciones de aeronaves en pistas con anchuras inferiores a las especificadas anteriormente, será necesario estudiar las repercusiones de ello en la seguridad, eficiencia y regularidad de las operaciones, así como en la capacidad de los aeropuertos.

Pendientes longitudinales

5.1.4 La pendiente obtenida al dividir la diferencia entre la elevación máxima y la mínima a lo largo del eje de la pista, por la longitud de ésta:, no debería exceder del:

— 1%, cuando el número de clave sea 3 ó 4; y

— 2%, cuando el número de clave sea 1 ó 2.

5.1.5 En ninguna parte de la pista la pendiente longitudinal debería exceder del:

— 1,25%, cuando el número de clave sea 4, excepto en el primero y el último cuartos de la longitud de la pista, en los cuales la pendiente longitudinal no debería exceder del 0,8%;

— 1,5%, cuando el número de clave sea 3, excepto en el primero y el último cuartos de la longitud de una pista para aproximaciones de precisión de Categoría II o III, en los cuales la pendiente no debería exceder del 0,8%; y

— 2%, cuando el número de clave sea 1 ó 2.

Cambios de pendiente longitudinal

5.1.6 Cuando no se pueda evitar un cambio de pendiente entre dos pendientes consecutivas, éste no debería exceder del:

— 1,5%, cuando el número de clave sea 3 ó 4; y

— 2%, cuando el número de clave sea 1 ó 2.

5.1.7 La transición de una pendiente a otra debería efectuarse por medio de una superficie curva con un grado de variación que no exceda de:

— 0,1% por cada 30 m (radio mínimo de curvatura de 30 000 m) cuando el número de clave sea 4;

— 0,2% por cada 30 m (radio mínimo de curvatura de 15 000 m) cuando el número de clave sea 3; y

— 0,4% por cada 30 m (radio mínimo de curvatura de 7 500 m) cuando el número de clave sea 1 ó 2.

Distancia visible

5.1.8 Cuando no se pueda evitar un cambio de pendiente, el cambio debería ser tal que desde cualquier punto situado a:

— 3 m por encima de una pista sea visible todo otro punto situado también a 3 m por encima de la pista, dentro de una distancia igual, por lo menos a la mitad de la longitud de la pista cuando la letra de clave sea C, D o E;

— 2 m por encima de una pista sea visible otro punto situado también a 2 m por encima de la pista, dentro de una distancia igual, por lo menos, a la mitad de la longitud de la pista, cuando la letra de clave sea B; y

— 1,5 m por encima de una pista sea visible otro punto situado también a 1,5 m por encima de la pista, dentro de una distancia igual, por lo menos, a la mitad de la longitud de la pista, cuando la letra de clave sea A.

5.1.9 Habrá de tenerse en cuenta que en las pistas únicas que no disponen de calle de rodaje paralela a todo lo largo debe proporcionarse una línea de mira sin obstrucciones en toda su longitud. En los aeródromos con pistas que se intersecan, habría que considerar otros criterios relativos a la línea de mira en función de la seguridad operacional. Es aconsejable tener una línea de mira despejada entre los extremos de las pistas intersecantes. Será necesario nivelar el terreno y ubicar los objetos permanentes de forma que exista una línea de mira sin obstrucciones, de conformidad con lo estipulado en el Anexo 14, Volumen I, 3.1.17, desde cualquier punto hasta todo otro punto correspondiente por encima del eje de la pista intersecante dentro de la zona de visibilidad de la pista. La zona de visibilidad de la pista es el área formada por las líneas imaginarias que conectan los dos puntos de visibilidad de las pistas como se indica en la Figura 5-1. La ubicación del punto de visibilidad de las pistas se determina de la manera siguiente:

a) si la distancia desde la intersección de dos ejes de pistas al extremo de una pista es de 250 m o menor, el punto de visibilidad se encuentra en el eje del extremo de la pista;

b) si la distancia desde la intersección de dos ejes de pistas al extremo de una pista es superior a 250 m pero menor de 500 m, el punto de visibilidad se encuentra en el eje a 250 m de la intersección de los dos ejes de las pistas;

c) si la distancia desde la intersección de los dos ejes de las pistas al extremo de una pista es igual o superior a 500 m, el punto de visibilidad se encuentra sobre el eje en el punto medio entre el extremo de la pista y la intersección de los ejes.

Distancia entre cambios de pendiente

5.1.10 A lo largo de una pista deberían evitarse ondulaciones o cambios de pendiente apreciables que estén muy próximos. La distancia entre los puntos de intersección de dos curvas sucesivas no debería ser menor que:

a) la suma de los valores numéricos absolutos de los cambios de pendiente correspondientes, multiplicada por el valor que corresponda entre los siguientes:

— 30 000 m cuando el número clave sea 4;

— 15 000 m cuando el número clave sea 3; y

— 5 000 m cuando el número clave sea 1 ó 2; o

b) 45 m;

tomando la que sea mayor.

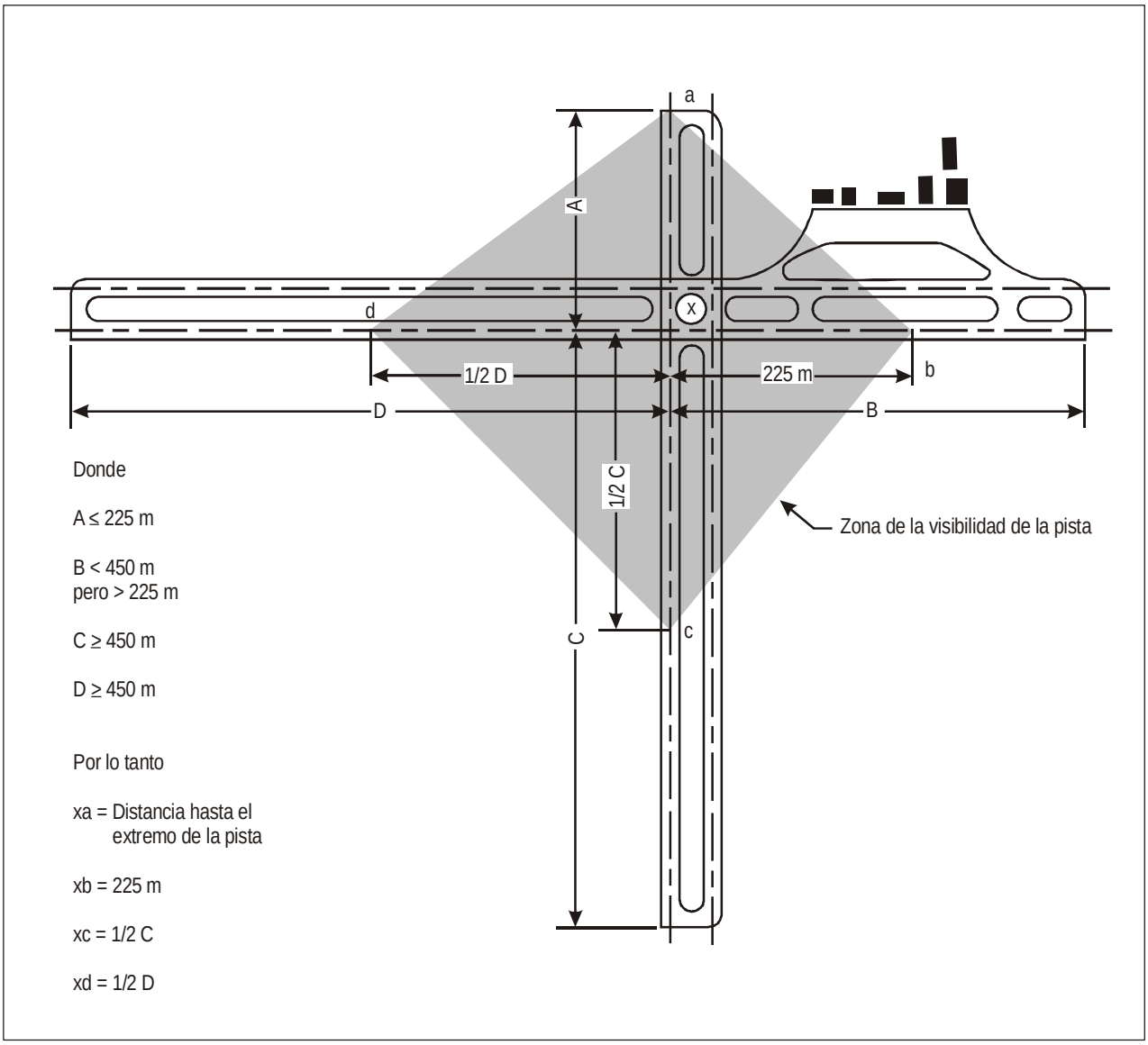


Figura 5-1. Zona de visibilidad de la pista

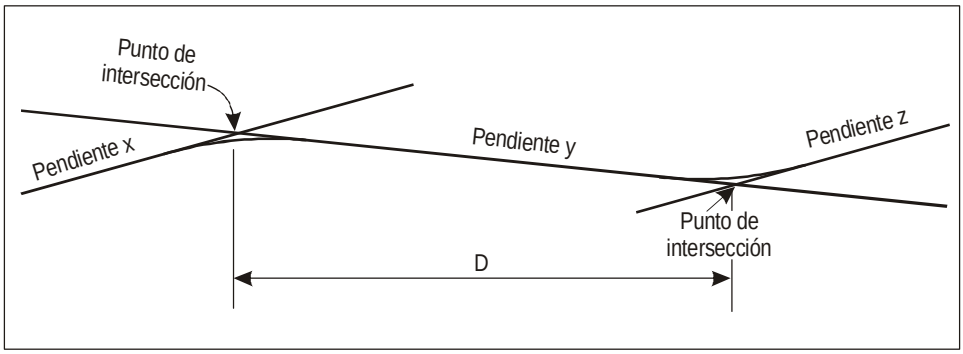


Figura 5-2. Perfil del eje de la pista

5.1.11 El siguiente ejemplo ilustra cómo debe determinarse la distancia entre cambios de pendiente (véase la Figura 5-2):

D para una pista de número de clave 3 debería ser por lo menos igual a:
15 000 [|x-y| + |y-z|] m

|x-y| siendo el valor numérico absoluto de x-y

|y-z| siendo el valor numérico absoluto de y-z

donde	x	=	+0,01
	y	=	-0,005
	z	=	+0,005
resultará	|x-y|	=	0,015
	|y-z|	=	0,01

Para cumplir con la especificación, D no debería ser inferior a:

15 000 (0,015 + 0,01) m,
es decir, 15 000 × 0,025 = 375 m

Pendientes transversales

5.1.12 Para facilitar la rápida evacuación del agua, la superficie de la pista, en la medida de lo posible, debería ser convexa, excepto en los casos en que exista una pendiente transversal única que descienda en la dirección del viento que acompaña a la lluvia con mayor frecuencia, que asegure el rápido drenaje de aquélla. La pendiente transversal ideal debería ser de:

— 1,5%, cuando la letra de clave sea C, D, E o F;

— 2%, cuando la letra de clave sea A o B;

pero, en todo caso, no debería exceder del 1,5 ó 2%, según corresponda, ni ser inferior al 1%, salvo en las intersecciones de pistas o de calles de rodaje en que se requieran pendientes más aplanadas. En el caso de superficies convexas, las pendientes transversales a ambos lados del eje de la pista deberían

ser simétricas. En pistas mojadas con viento transversal, es probable que se acentúe el problema de hidroplaneo debido al drenaje defectuoso.

5.1.13 La pendiente transversal debería ser básicamente la misma a lo largo de toda la pista, salvo en una intersección con otra pista o calle de rodaje, donde debería proporcionarse una transición suave teniendo en cuenta la necesidad de que el drenaje sea adecuado. En el *Manual de diseño de aeródromos*, (Doc 9157) Parte 3 — *Pavimentos,* se da orientación sobre las pendientes transversales.

Pendientes combinadas

5.1.14 Cuando se proyecte una pista que combine los valores extremos para las pendientes longitudinales y cambios de pendiente con pendientes transversales extremas, debería hacerse un estudio para asegurar que el perfil de la superficie resultante no dificulte las operaciones de los aviones.

Resistencia

5.1.15 La pista debería poder soportar el tránsito de los aviones para los que esté prevista. En el *Manual de diseño de aeródromos*, Parte 3 — *Pavimentos*, se dan detalles sobre los métodos de diseño del pavimento.

Superficie

5.1.16 La superficie de la pista debería construirse sin irregularidades que den como resultado la pérdida de la eficacia del frenado, o afectar adversamente de cualquier otra forma el despegue y el aterrizaje de un avión. Las irregularidades de superficie pueden afectar adversamente el despegue o el aterrizaje de un avión por causar rebotes, cabeceo o vibración excesivos, u otras dificultades en el manejo del avión. En el *Manual de diseño de aeródromos*, Parte 3 — *Pavimentos*, figura orientación adicional.

5.1.17 Al adoptar tolerancias para las irregularidades de la superficie de la pista, la siguiente norma de construcción es aplicable a distancias cortas del orden de 3 m y se ajusta a los buenos métodos de ingeniería:

El acabado de la superficie de la capa de rodadura deber ser de tal regularidad que, cuando se verifique con una regla de 3 m colocada en cualquier parte y en cualquier dirección de la superficie no haya en ningún punto, excepto a través de la cresta del bombeo o de los canales de drenaje, una separación de 3 mm a todo lo largo entre el borde de la regla y la superficie del pavimento.

5.1.18 Debería tenerse también cuidado al instalar luces empotradas de pista o rejillas de drenaje en la superficie de la pista, a fin de mantener la lisura satisfactoria.

5.1.19 Los movimientos de las aeronaves y las diferencias de asentamiento de los cimientos con el tiempo tienden a aumentar las irregularidades de la superficie. Las pequeñas desviaciones respecto a las tolerancias anteriormente mencionadas no deben afectar mayormente el funcionamiento de las aeronaves. En general, son tolerables las irregularidades del orden de 2,5 a 3 cm en una distancia de 45 m. No se puede dar una guía exacta sobre la irregularidad máxima aceptable, ya que ésta varía con la aeronave, y en ciertos tipos de aeronaves depende incluso de su masa, de la distribución de ésta, de las características del tren de aterrizaje y de la velocidad. Una secuencia de ondulaciones superficiales en la pista, cada una de las cuales se considere aisladamente como aceptable, podría inducir cargas dinámicas importantes en el tren de aterrizaje de la aeronave, o vibraciones intensas que podrían afectar la lectura de los instrumentos del puesto de pilotaje.

5.1.20 Las cargas dinámicas en una aeronave durante el aterrizaje o el recorrido de despegue en una pista de superficie irregular se pueden determinar midiendo la respuesta real de una aeronave que ruede sobre esa superficie. Los ensayos realizados por un Estado indican que la utilización de un modelo de simulación de recorrido en tierra para determinar las fuerzas que actúan sobre el tren de aterrizaje de la aeronave que rueda sobre un perfil de superficie medido o planificado, representa un elemento sumamente útil para juzgar objetivamente la calidad de una superficie de pista o de calle de rodaje. Con este método pueden analizarse, antes de efectuar ninguna modificación, los efectos de las modificaciones de la superficie en la respuesta de la aeronave, eliminando, en consecuencia, muchas incertidumbres sobre los resultados, y las modificaciones que se han de proponer pueden evaluarse, en el modelo de simulación, desde el punto de vista costo-beneficio. La aceptabilidad de la irregularidad de la superficie está relacionada con las cargas que actúan sobre el tren de aterrizaje de la aeronave que se consideran críticas para estos efectos.

5.1.21 La deformación de la pista con el tiempo puede también aumentar la posibilidad de la formación de charcos. Los charcos cuya profundidad sólo sea de unos 3 mm — especialmente si están situados en lugares de la pista donde los aviones que aterrizan tienen gran velocidad — pueden inducir el hidroplaneo, fenómeno que puede mantenerse en una pista cubierta con una capa mucho más delgada de agua. Por supuesto que es especialmente necesario prevenir la formación de charcos cuando exista la posibilidad de que éstos se congelen.

Textura superficial

5.1.22 La superficie de una pista pavimentada se construirá de modo que proporcione buenas características de rozamiento cuando la pista esté mojada. Los análisis y la experiencia en operaciones han demostrado que en las superficies debidamente diseñadas y mantenidas de hormigón asfáltico o de hormigón de cemento portland, se dan esas condiciones. Esto no excluye el uso de otros materiales que satisfagan los mismos criterios.

5.1.23 Las mediciones de las características de rozamiento de una pista nueva o recubierta deberían hacerse con un dispositivo que mida ininterrumpidamente el rozamiento y que se autohumedezca, a fin de poder asegurarse de que se han logrado los objetivos del diseño respecto a las características de rozamiento. En el Adjunto A, Sección 7, del Anexo 14, Volumen I, se dan orientaciones respecto a las características de rozamiento de las superficies de pista nuevas. En el *Manual de servicios de aeropuerto* (Doc 9137), Parte 2, — *Estado de la superficie de los pavimentos*, se proporcionan otras orientaciones.

5.1.24 El espesor de la textura superficial media de una superficie nueva no debería ser inferior a 1,0 mm. Esto requiere, por lo general, alguna forma especial de tratamiento de la superficie. Los métodos de la mancha de grasa y del parche de arena, que se describen en el Manual de servicios de aeropuertos, Parte 2, se utilizan actualmente para medir la textura de la superficie.

5.1.25 Cuando la superficie sea estriada o escarificada, las estrías o escarificaciones deberían ser bien perpendiculares al eje de la pista o paralelas a las uniones transversales no perpendiculares, cuando proceda. En el *Manual de diseño de aeródromos,* Parte 3*, Pavimentos*, se da orientación relativa a los métodos para mejorar la textura de la superficie de la pista.

5.2 MÁRGENES DE PISTA

Generalidades

5.2.1 Se deben proporcionar márgenes de pista para asegurar una transición del pavimento de resistencia total a la franja de pista no pavimentada. Los márgenes pavimentados protegen el borde del

pavimento de la pista, contribuyen a la prevención de erosión del suelo causada por el chorro de reactor y mitigan los daños de los reactores producidos por objetos extraños. Donde el suelo sea susceptible de erosión, la anchura de las márgenes puede ser mayor de los valores mínimos recomendados en 5.2.8 después de tener en cuenta los perfiles de velocidad del chorro de los reactores de las aeronaves más grandes.

5.2.2 Deberían proveerse márgenes en toda pista cuya letra de clave sea D o E, y de anchura inferior a 60 m. Deberían proveerse márgenes de pista cuando la letra de clave sea F.

5.2.3 Los márgenes de una pista o de una zona de parada deberían prepararse o construirse de manera que se reduzca al mínimo el peligro que pueda correr un avión que se salga de la pista o de la zona parada. En los párrafos siguientes se da alguna orientación sobre ciertos problemas especiales que pueden presentarse y sobre la cuestión de las medidas para evitar la ingestión de piedras sueltas u otros objetos por los motores de turbina.

5.2.4 En algunos casos, el terreno natural de la franja puede tener una resistencia suficiente que le permita satisfacer, sin preparación especial alguna, los requisitos aplicables a los márgenes. Cuando se necesite una preparación especial, el método empleado dependerá de las condiciones locales del terreno y del peso de los aviones que la pista esté destinada a servir. Las pruebas de suelo ayudan a determinar el método óptimo de mejoramiento (por ejemplo, drenaje, estabilización, capa de sellado, ligera pavimentación). Sin embargo, resultaría prudente proveer márgenes con la resistencia apropiada que satisfaga los requisitos que figuran en 5.2.1 y evitar así posibles daños estructurales de las aeronaves que pudieran salirse del pavimento de la pista principal.

5.2.5 Una consideración importante al diseñar los márgenes es impedir la ingestión de piedras o de otros objetos por los motores de turbina. El índice de daños causados a las turbinas por la ingestión de objetos extraños es considerable y, por lo tanto, objeto de preocupación continua. Es probable que el problema aumente con los nuevos aviones de mayor tamaño dotados de turbinas más potentes. Por lo tanto, se necesita proteger los márgenes. Asimismo, debería confirmarse si el tipo previsto de superficie para los márgenes será adecuado para resistir la erosión causada por los chorros de las turbinas.

5.2.6 Cuando se han preparado en forma especial los márgenes, ya sea para obtener la resistencia requerida o bien para evitar la presencia de piedras o materiales sueltos, pueden presentarse dificultades debido a la falta de contraste visual entre la superficie de la pista y la franja contigua. Esta dificultad puede eliminarse proporcionando un buen contraste visual de la superficie de la pista o de la franja, o empleando una señal de faja lateral de pista.

5.2.7 En los aeropuertos en que se presentan condiciones de nieve y hielo, el problema de daños causados por objetos extraños es especialmente crítico en toda el área de movimiento. El grado de eficiencia con que se efectúan las operaciones de despeje de nieve/hielo determinará el nivel de riesgo no sólo de daños producidos por objetos extraños sino también de salidas del pavimento.

5.2.8 Los márgenes deberían extenderse simétricamente a ambos lados de la pista de forma que la anchura total de ésta y sus márgenes no sea inferior a 60 m para la letra de clave E y 75 m para la letra de clave F.

Pendientes

5.2.9 La superficie de los márgenes adyacentes a la pista debería estar al mismo nivel que la de ésta, y su pendiente transversal descendente no debería exceder del 2,5%.

Resistencia

5.2.10 Los márgenes de la pista deberían prepararse o construirse de manera que puedan soportar el peso de un avión que se salga de la pista, sin que éste sufra daños estructurales, y soportar los vehículos terrestres que puedan circular sobre el margen.

5.3 FRANJAS DE PISTA

Propósito de la franja de pista

5.3.1 La franja de pista se extiende lateralmente hasta una distancia específica desde el eje de la pista, longitudinalmente hasta antes del umbral, y más allá del extremo de la pista. Provee un área libre de objetos que pudieran poner en peligro a las aeronaves. La franja incluye una porción nivelada que debe prepararse de forma tal que no cause el desplome del tren de proa al salirse la aeronave de la pista. Existen ciertas limitaciones respecto de las pendientes permisibles en la zona nivelada de la franja. La franja de pista también es necesaria para proteger las áreas sensibles y críticas del ILS/MLS. La franja tiene una zona despejada de obstáculos. Todo equipo o instalación requeridos para propósitos de navegación aérea ubicados en esta zona despejada de obstáculos, debe ser frangible y estar montado lo más bajo posible. La franja abarca la pista y cualquier zona asociada de parada.

Longitud

5.3.2 Toda franja debería extenderse, antes del umbral y más allá del extremo de la pista o de la zona de parada, hasta una distancia de por lo menos:

— 60 m cuando el número de clave sea 2, 3 ó 4;

— 60 m cuando el número de clave sea 1 y la pista sea de vuelo por instrumentos; y

— 30 m cuando el número de la clave sea 1 y la pista sea de vuelo visual.

Anchura

5.3.3 Siempre que sea posible, toda franja que comprenda una pista para aproximaciones de precisión se extenderá lateralmente en una distancia de por lo menos:

— 150 m cuando el número de clave sea 3 ó 4; y

— 75 m cuando el número de clave sea 1 ó 2;

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

5.3.4 Toda franja que comprenda una pista para aproximaciones que no sean de precisión debería extenderse lateralmente en una distancia de por lo menos:

— 150 m cuando el número de clave sea 3 ó 4; y

— 75 m cuando el número de clave sea 1 ó 2;

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

5.3.5 Toda franja que comprenda una pista de vuelo visual debería extenderse a cada lado del eje de la pista y de su prolongación a lo largo de la franja, en una distancia de por lo menos:

— 75 m cuando el número de clave sea 3 ó 4;

— 40 m cuando el número de clave sea 2; y

— 30 m cuando el número de clave sea 1.

Objetos

5.3.6 Con excepción del equipo o las instalaciones requeridas para fines de navegación aérea, todo objeto situado en la franja de una pista y que pueda constituir un peligro para los aviones, debería considerarse como un obstáculo, y eliminarse siempre que sea posible. Cualquier equipo o instalación requerido para fines de navegación aérea que deba estar emplazado en la franja de pista, debería tener la menor masa y altura posibles, ser de diseño y montaje frangibles y situarse de tal modo que el peligro para las aeronaves se reduzca al mínimo.

5.3.7 Con excepción de las ayudas visuales requeridas para fines de navegación aérea, no se permitirá ningún objeto fijo en la franja de una pista:

a) dentro de una distancia de 77,5 m del eje de una pista de aproximación de precisión de las Categorías I, II o III, cuando el número clave sea 3 ó 4 y la letra de código sea F; o

b) dentro de una distancia de 60 m del eje de una pista de aproximación de precisión de las Categorías I, II o III, cuando el número de clave sea 3 ó 4; o

c) dentro de una distancia de 45 m del eje de una pista de aproximación de precisión de Categoría I, cuando el número de clave sea 1 ó 2.

5.3.8 Las ayudas visuales requeridas para la navegación aérea que deban estar emplazadas en esta parte de la franja tendrán la menor masa y altura posibles, ser de diseño y montaje frangibles y situarse 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 utilice la pista para aterrizar o despegar.

5.3.9 Deberían tomarse medidas para que cuando la rueda de un avión se hunda en el terreno de la franja contigua a la pista no se encuentre con una superficie vertical dura que pueda causar daños considerables al tren de aterrizaje. A este respecto, el montaje de las luces de pista u otros accesorios dispuestos en la franja o en la intersección con una calle de rodaje u otra pista puede presentar problemas especiales. Tratándose de construcciones como las pistas o calles de rodaje, en las que la superficie también debe estar enrasada con la superficie de la franja, puede eliminarse el lado vertical achaflanando a partir de la parte superior de la construcción hasta no menos de 30 cm por debajo del nivel de la superficie de la franja. Los demás objetos cuyas funciones no les exija estar al nivel del la superficie deberían enterrarse a una profundidad no inferior de 30 cm.

Nivelación

5.3.10 La parte de una franja que comprenda una pista de vuelo por instrumentos, debería proveer, hasta una distancia de por lo menos:

— 75 m cuando el número de clave sea 3 ó 4; y

— 40 m cuando el número de clave sea 1 ó 2;

del eje de la pista y de su prolongación, un área nivelada para atender a los aviones a que está destinada la pista, en el caso de que alguno se salga de ella.

5.3.11 En el caso de las pistas para aproximaciones de precisión, sería conveniente adoptar una anchura mayor si el número de clave es 3 ó 4. En la Figura 5-3 se indican la forma y dimensiones de una franja más ancha que podría considerarse para dichas pistas. Esta franja se ha proyectado utilizando los datos sobre las aeronaves que se salen de la pista. La parte que debe nivelarse se extiende lateralmente hasta una distancia de 105 m desde el eje, pero esta distancia se reduce paulatinamente desde el eje a 75 m en ambos extremos de la franja, a lo largo de una distancia de 150 m a partir del extremo de la pista.

5.3.12 La parte de una franja de una pista de vuelo visual debería proveer, hasta una distancia de por lo menos:

— 75 m cuando el número de clave sea 3 ó 4;

— 40 m cuando el número de clave sea 2; y

— 30 m cuando el número de clave sea 1;

desde el eje de la pista y de su prolongación, un área nivelada destinada a los aviones para los que está prevista la pista, en el caso de que alguno se salga de ella.

5.3.13 La superficie de la parte de la franja lindante con la pista, margen o zona de parada estará al mismo nivel que la superficie de la pista, margen o zona de parada.

5.3.14 La parte de la franja situada por lo menos 30 m antes del umbral debería prepararse contra la erosión producida por el chorro de los motores, a fin de proteger los aviones que aterrizan de los peligros que ofrecen los bordes expuestos.

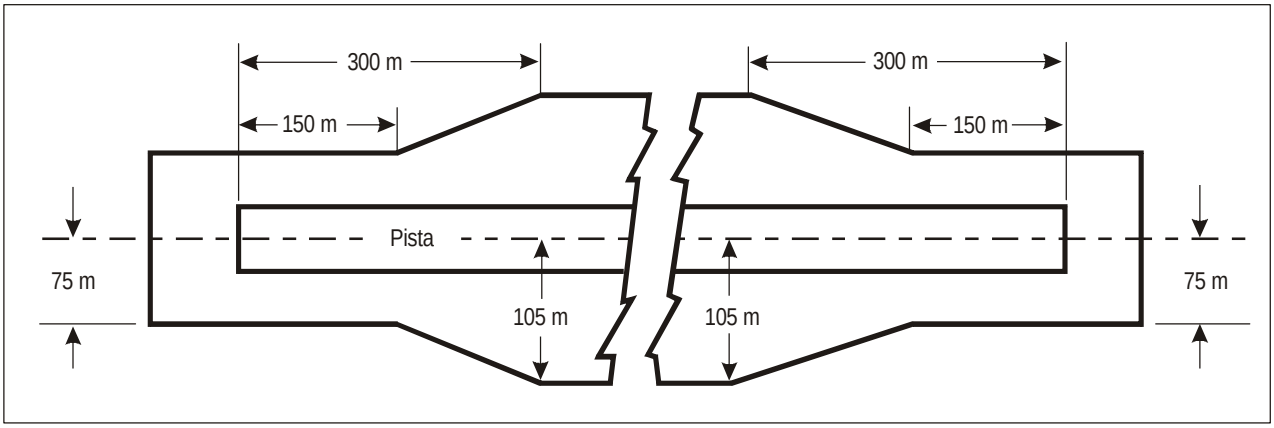


Figura 5-3. Parte nivelada de la franja de una pista para aproximaciones de precisión cuyo número de clave sea 3 ó 4

Pendientes longitudinales

5.3.15 La pendiente longitudinal a lo largo de la porción de una franja que ha de nivelarse, no debería exceder de:

— 1,5%, cuando el número de clave sea 4;

— 1,75%, cuando el número de clave sea 3; y

— 2%, cuando el número de clave sea 1 ó 2.

Cambios de pendiente longitudinal

5.3.16 Los cambios de pendiente en la parte de una franja que haya de nivelarse, deberían ser lo más graduales posible, debiendo evitar los cambios bruscos o las inversiones repentinas de pendiente.

5.3.17 Con el fin de que puedan servirse del aeropuerto los aviones que efectúan aproximaciones y aterrizajes con el piloto automático acoplado (independientemente de las condiciones meteorológicas), es conveniente que los cambios de pendiente se eviten o reduzcan al mínimo en el área anterior al umbral de una pista de aproximación de precisión en la parte de la franja situada dentro de una distancia de por lo menos 30 m a cada lado de la prolongación del eje de la pista. Esto es conveniente porque estos aviones están equipados con un radioaltímetro para la guía final de altura y enderezamiento, y cuando el avión está sobre el terreno inmediatamente anterior al umbral el radioaltímetro empieza a proporcionar al piloto automático información para el enderezamiento. Cuando no puedan evitarse los cambios de pendientes en esta parte, el régimen de cambio entre dos pendientes consecutivas no debería exceder del 2% en 30 m.

Pendientes transversales

5.3.18 Las pendientes transversales en la parte de una franja que haya de nivelarse, deberían ser adecuadas para impedir la acumulación de agua en la superficie, pero no deberían exceder del:

— 2,5%, cuando el número de clave sea 3 ó 4; y

— 3%, cuando el número de clave sea 1 ó 2;

excepto que, para facilitar el drenaje, la pendiente de los primeros 3 m hacia afuera del borde la pista, margen o zona de parada debería ser negativa, medida en el sentido de alejamiento de la pista, pudiendo llegar hasta el 5%.

5.3.19 Las pendientes transversales en cualquier parte de una franja más allá de la parte que ha de nivelarse no deberían exceder de una pendiente ascendente o descendente del 5% medida en el sentido de alejamiento de la pista.

Resistencia

5.3.20 La parte de una franja que comprenda una pista de vuelo por instrumentos, debería prepararse o construirse, hasta una distancia de por lo menos:

— 75 m cuando el número de clave sea 3 ó 4; y

— 40 m cuando el número de clave sea 1 ó 2;

del eje de la pista y de su prolongación, de manera que se reduzcan al mínimo los riesgos para los aviones a los que se ha destinado la pista, por las diferencias de carga admisible en el caso de que un avión se salga de la misma.

5.3.21 La parte de una franja que contenga una pista de vuelo visual debería prepararse o construirse hasta una distancia de por lo menos:

— 75 m cuando el número de clave sea 3 ó 4;

— 40 m cuando el número de clave sea 2; y

— 30 m cuando el número de clave sea 1;

del eje y de su prolongación, de manera que se reduzcan al mínimo los riesgos para los aviones a los que está destinada la pista, por la diferencia de las cargas admisibles, en el caso de que un avión se salga de la misma.

5.3.22 Dado que la zona nivelada de la franja tiene por objeto minimizar el riesgo para las aeronaves que se salen de la pista, ésta debería nivelarse de forma que se evite el colapso del tren de aterrizaje de proa de la aeronave. La superficie debería prepararse de forma que ofrezca resistencia a la aeronave y, por debajo de la superficie, debería tener suficiente resistencia para evitar causar daños a la aeronave. A fin de satisfacer estos requisitos divergentes, se proporcionan las siguientes orientaciones para la preparación de la franja. Los fabricantes de aeronaves consideran que la profundidad máxima a la cual podría hundirse el tren de proa sin desplomarse es de 15 cm. Por lo tanto, se recomienda que el suelo a una profundidad de 15 cm por debajo de la superficie terminada de la franja se prepare con una resistencia equivalente a un índice de penetración California (CBR) de 15 a 20. El objetivo de la preparación de la superficie subyacente es evitar que el tren de proa se hunda más de 15 cm. Los 15 cm superiores deben tener menor resistencia para facilitar la desaceleración de la aeronave.

5.4 ÁREAS DE SEGURIDAD DE EXTREMO DE PISTA

Propósito de las RESA

5.4.1 Los informes del sistema de notificación de datos sobre accidentes/incidentes (ADREP) de la OACI han indicado que las aeronaves que realizan aterrizajes y despegues demasiado cortos o largos sufren daños significativos. Para minimizar dicho daño se estima necesario proveer una zona adicional que se extienda más allá de los extremos de la franja de la pista. Estas zonas conocidas como áreas de seguridad de extremo de pista deben tener la capacidad suficiente para resistir aeronaves que realicen aterrizajes demasiado cortos o largos y deberán estar libres de equipos e instalaciones no frangibles.

5.4.2 Debe proveerse 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; y

— el número de clave sea 1 ó 2 y la pista sea de aterrizaje por instrumentos.

Longitud

5.4.3 El área de seguridad de extremo de pista debe extenderse desde el extremo de una franja de pista hasta la mayor distancia posible, y por lo menos hasta 90 m.

5.4.4 Las áreas de seguridad de extremo de pista deberían, en la medida de lo posible, extenderse desde el extremo de la franja de la pista hasta una distancia de por lo menos:

— 240 m cuando el número de clave sea 3 ó 4;

— 120 m cuando el número de clave sea 1 ó 2.

5.4.5 Al decidir la longitud que debe proveerse, debería considerarse el proporcionar un área suficientemente larga como para contener los aterrizajes largos y cortos que resulten de una combinación, razonablemente probable, de factores operacionales adversos. En una pista para aproximaciones de precisión, el localizador del ILS es normalmente el primer obstáculo y las áreas de seguridad de extremo de pista deberían llegar hasta esa instalación. En otras circunstancias y en una pista para aproximaciones que no sean de precisión o de vuelo visual, el primer obstáculo puede ser una carretera, una vía férrea u otra característica artificial o natural. En tales circunstancias, las áreas de seguridad de extremo de pista deberían extenderse tan lejos como el obstáculo.

Anchura

5.4.6 La anchura de un área de seguridad de extremo de pista debe ser por lo menos el doble de la anchura de la pista correspondiente.

Objetos

5.4.7 Con excepción del equipo o las instalaciones requeridas para fines de navegación aérea, todo objeto situado en un área de seguridad de extremo de pista, que pueda poner en peligro a los aviones, debería considerarse como obstáculo y eliminarse, siempre que sea posible. Cualquier equipo o instalación requerido para fines de navegación aérea que deba estar emplazado en el área de seguridad de extremo de pista debería ser frangible e instalarse a la menor altura posible y situarse de tal modo que el peligro para las aeronaves se reduzca al mínimo.

Eliminación de obstáculos y nivelación

5.4.8 La superficie de las áreas de seguridad de extremo de pista debería estar despejada y nivelada para recibir los aviones para los que está destinada la pista en caso de que un avión efectúe un aterrizaje demasiado corto o se salga del extremo de la pista. No es preciso que la calidad de la superficie del terreno en el área de seguridad de extremo de pista sea igual a la de la franja de pista.

Pendientes combinadas

5.4.9 Las pendientes de un área de seguridad de extremo de pista deberían ser tales que ninguna parte de dicha área penetre en las superficies de aproximación o de ascenso en el despegue.

Pendientes longitudinales

5.4.10 Las pendientes longitudinales de un área de seguridad de extremo de pista no deberían sobrepasar una inclinación descendente del 5%. Los cambios de pendiente longitudinal deberían ser lo más graduales posible, debiendo evitar los cambios bruscos o las inversiones repentinas de pendiente.

5.4.11 Con el fin de que puedan servirse del aeropuerto los aviones que efectúan aproximaciones y aterrizajes con el piloto automático acoplado (independientemente de las condiciones meteorológicas), es conveniente que los cambios de pendiente se eviten o reduzcan a un mínimo en un área simétrica con respecto a la prolongación del eje de la pista de aproximadamente 60 m de anchura y 300 m de longitud antes del umbral de una pista de vuelo por instrumentos. Esto es conveniente porque estos aviones están equipados con un radioaltímetro para la guía final de altura y enderezamiento, y cuando el avión está sobre el terreno inmediatamente anterior al umbral el radioaltímetro empieza a proporcionar al piloto automático información para el enderezamiento. Cuando no puedan evitarse cambios de pendiente, el régimen de cambio entre dos pendientes consecutivas no debería exceder del 2% en 30 m.

Pendientes transversales

5.4.12 Las pendientes transversales de un área de seguridad de extremo de pista no deberían sobrepasar una inclinación, ascendente o descendente, del 5%. Las transiciones entre pendientes diferentes deberían ser lo más graduales posible.

Resistencia

5.4.13 Un área de seguridad de extremo de pista debería estar preparada o construida de modo que reduzca el riesgo de daño que pueda correr un avión que efectúe un aterrizaje demasiado corto o que se salga del extremo de la pista, aumente la desaceleración del avión y facilite el movimiento de los vehículos de salvamento y extinción de incendios. En 5.3.22 se proporciona información sobre la resistencia mínima de las áreas de seguridad de extremo de la pista.

5.5 ZONAS LIBRES DE OBSTÁCULOS

Emplazamiento

5.5.1 El origen de la zona libre de obstáculos debería estar en el extremo del recorrido de despegue disponible.

Longitud

5.5.2 La longitud de la zona libre de obstáculos no debería exceder de la mitad de la longitud del recorrido de despegue disponible.

Anchura

5.5.3 La zona libre de obstáculos debería extenderse lateralmente hasta una distancia mínima de 75 m a cada lado de la prolongación del eje de la pista.

Pendientes

5.5.4 El terreno de una zona libre de obstáculos no debería sobresalir de un plano inclinado con una pendiente ascendente del 1,25%, siendo el límite inferior de este plano una línea horizontal que:

a) esté perpendicular al plano vertical que contenga el eje de la pista; y

b) pase por un punto situado en el eje de la pista, al final del recorrido de despegue disponible.

5.5.5 En ciertos casos, cuando una pista, un margen o una franja, presenten una pendiente transversal o longitudinal, el límite inferior de la zona libre de obstáculos, especificada precedentemente, podría tener un nivel inferior al de la pista, del margen o de la franja. No se pretende que dichas superficies tengan un nivel igual a la altura del límite inferior del plano de la zona libre de obstáculos ni que se eliminen del terreno los accidentes o los objetos que sobresalgan por encima de esta superficie, más allá del extremo de la franja pero por debajo del nivel de la misma, a menos que se consideren peligrosos para los aviones.

5.5.6 Deberían evitarse los cambios bruscos ascendentes de pendientes cuando la pendiente de una zona libre de obstáculos sea relativamente pequeña o cuando la pendiente media sea ascendente. Cuando existan estas condiciones, en la parte de la zona libre de obstáculos comprendida en la distancia de 22,5 m a cada lado de la prolongación del eje, las pendientes, los cambios de pendiente y la transición de la pista a la zona libre de obstáculos generalmente deberían ajustarse a los de la pista con la cual esté relacionada dicha zona.

Objetos

5.5.7 Todo objeto situado en una zona libre de obstáculos, que pueda poner en peligro a los aviones en vuelo, debería considerarse como obstáculo y eliminarse. Cualquier equipo o instalación requerido para fines de navegación aérea que deba estar emplazado en la zona libre de obstáculos, debería tener la menor masa y altura posibles, ser de diseño y montaje frangibles y situarse de tal modo que el peligro para las aeronaves se reduzca al mínimo.

5.6 ZONAS DE PARADA

Anchura

5.6.1 La zona de parada tendrá la misma anchura que la pista con la cual esté asociada.

Pendientes

5.6.2 Las pendientes y cambios de pendientes en las zonas de parada y la transición de una pista a una zona de parada, deberían cumplir las especificaciones que figuran en 5.1.2 a 5.1.9 para la pista con la cual esté asociada la zona de parada, con las siguientes excepciones:

a) no es necesario aplicar a la zona de parada las limitaciones que se dan en 5.1.3 del 0,8% de pendiente en el primero y el último cuartos de la longitud de la pista; y

b) en la unión de la zona de parada y la pista, así como a lo largo de dicha zona, el grado máximo de variación de pendiente puede ser de 0,3% por cada 30 m (radio mínimo de curvatura de 10 000 m) cuando el número de clave de la pista sea 3 ó 4.

Resistencia

5.6.3 Las zonas de parada deberían prepararse o construirse de manera que, en el caso de un despegue interrumpido, puedan soportar el peso de los aviones para los que estén previstas, sin ocasionar daños estructurales a los mismos.

Superficie

5.6.4 La superficie de las zonas de parada pavimentadas debería construirse de modo que proporcione un buen coeficiente de rozamiento compatible con el de la pista asociada cuando la zona de parada esté mojada.

5.6.5 Las características de rozamiento de una zona de parada no pavimentada no deberían ser considerablemente inferiores a las de la pista con la que dicha zona de parada esté asociada.

Capítulo 6

PLANIFICACIÓN TENIENDO EN CUENTA LA FUTURA EVOLUCIÓN DE LAS AERONAVES

6.1 GENERALIDADES

6.1.1 En el Anexo 14, Volumen I, se establecen las especificaciones mínimas de aeródromo para aeronaves con las características de las que están actualmente en servicio o para otras semejantes que estén en proyecto. Por lo tanto, las especificaciones vigentes se han formulado considerando aviones hasta del tamaño del Airbus A380-800. Por consiguiente, no se tienen en cuenta en el Anexo las demás medidas de protección que podrían considerarse adecuadas en el caso de aeronaves con mayores exigencias. Estos aspectos se dejan en manos de las autoridades competentes para que los analicen y tengan en cuenta en función de las necesidades de cada aeródromo.

6.1.2 Los siguientes párrafos pueden ayudar a que las citadas autoridades y los planificadores de aeropuertos conozcan mejor el modo en que algunas de las especificaciones pudieran variar con la puesta en servicio de aeronaves de mayor tamaño. A este respecto cabe observar que quizá pueda aumentarse el tamaño máximo permitido de las aeronaves, sin modificaciones importantes en los aeródromos. Sin embargo, el tamaño máximo de las aeronaves que se examina a continuación queda, según toda probabilidad, al margen de esta consideración a no ser que se modifiquen los procedimientos de los aeródromos, con la consiguiente disminución de su capacidad.

6.2 TENDENCIAS DE LAS AERONAVES FUTURAS

6.2.1 Las tendencias en los diseños de futuras aeronaves pueden conocerse consultando diversas fuentes. Por ejemplo, los fabricantes de aeronaves y el Consejo Coordinador Internacional de Asociaciones de Industrias Aeroespaciales. Para efectos de la planificación de futuros desarrollos de aeropuertos, se podrán emplear las siguientes dimensiones de aeronaves:

envergadura	hasta 84 m
anchura exterior entre ruedas del tren de aterrizaje principal	hasta 20 m
longitud total	80 m o más
altura de cola	hasta 24 m
masa bruta máxima	583 000 kg o más.

6.3 DATOS DE AERÓDROMO

6.3.1 Se considera que la tendencia hacia mayores distancias de despegue para aeronaves de mayor masa de despegue se ha estabilizado y que no serán necesarias longitudes mayores de pista que las de los actuales aeródromos importantes.

6.3.2 Aplicando el criterio desarrollado para la implantación de la clave de referencia de aeródromo del Anexo 14, Volumen I, es posible que las aeronaves con mayor anchura exterior entre ruedas del tren de aterrizaje principal puedan influir en el sistema de pistas de la manera descrita a continuación.

6.3.3 La anchura de las pistas puede representarse por la expresión:

$$W_R = T_M + 2C$$

donde T_M = anchura exterior entre ruedas del tren de aterrizaje principal
y C = margen entre la rueda exterior y el borde de la pista.

Esto se muestra geométricamente en la Figura 6-1.

6.3.4 Usando el valor actual de C para el caso de un B747 en una pista de 45 m de anchura y la anchura exterior entre ruedas del tren de aterrizaje principal aumentada de 20 m, se seguiría una anchura de pista de 52 m. Sin embargo, otros factores que no se incluyen en este criterio indican que podría ser aconsejable, para fines de planificación, considerar una anchura de hasta 60 m. Para aviones de letra de clave F se recomienda que la pista tenga una anchura de 60 m y un margen de 7,5 m (véase la Tabla 1-1).

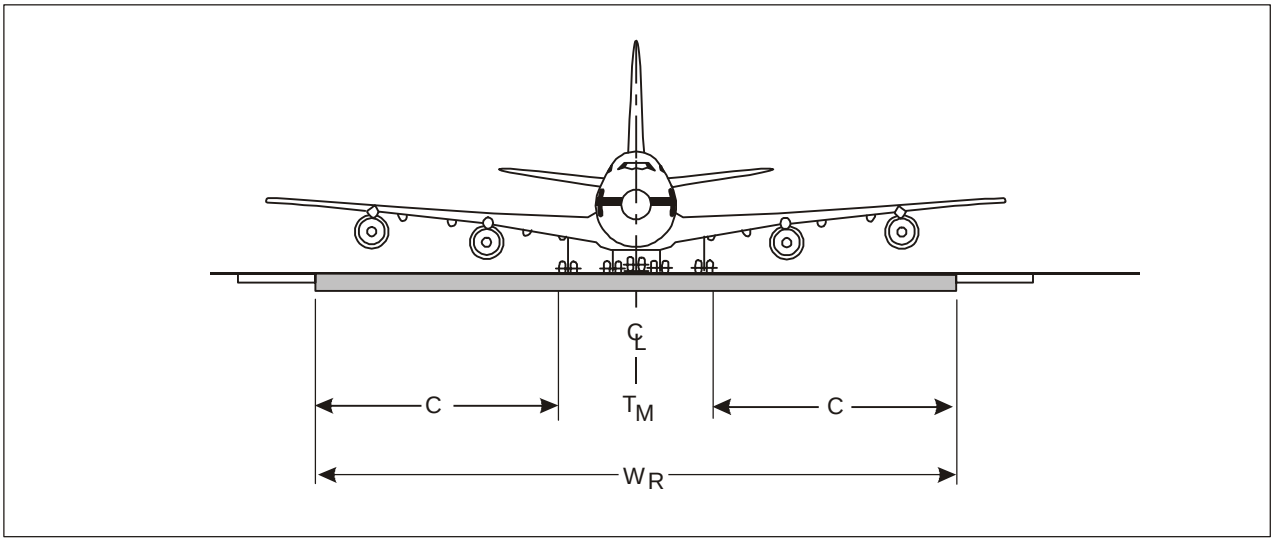


Figura 6-1. Geometría de la anchura de pista

Apéndice 1

CLASIFICACIÓN DE AVIONES POR NÚMERO Y LETRA DE CLAVE

Fabricante	*Modelo*	*Clave*	*Longitud de campo de referencia del avión (m)*	*Envergadura (m)*	*Anchura exterior entre ruedas del tren de aterrizaje principal (m)*
DeHavilland Canada	DHC2	1A	381	14,6	3,3
	DHC2T	1A	427	14,6	3,3
Britten Norman	BN2A	1A	353	14,9	4,0
Cessna	152	1A	408	10,0	—
	172 S	1A	381	11,0	2,7
	180	1A	367	10,9	—
	182 S	1A	462	11,0	2,9
	Stationair 6	1A	543	11,0	2,9
	Turbo 6	1A	500	11,0	2,9
	Stationair 7	1A	600	10,9	—
	Turbo 7	1A	567	10,9	—
	Skylane	1A	479	10,9	—
	Turbo Skylane	1A	470	10,9	—
	310	1A	518	11,3	—
	310 Turbo	1A	507	11,3	—
	Golden Eagle 421 C	1A	708	12,5	—
	Titan 404	1A	721	14,1	—
Piper	PA28-161	1A	494[2]	10,7	3,2
	PA28-181	1A	490[2]	10,8	3,2
	PA28R-201	1A	487[2]	10,8	3,4
	PA32R-301	1A	539[2]	11,0	3,5
	PA32R-301T	1A	756[2]	11,0	3,5
	PA34-220T	1A	520[2]	11,9	3,5
	PA44-180	1A	671[2]	11,8	3,2
	PA46-350P	1A	637[2]	13,1	3,9
Raytheon/Beechcraft	A24R	1A	603	10,0	3,9
	A36	1A	670	10,2	2,9

Fabricante	*Modelo*	*Clave*	*Longitud de campo de referencia del avión (m)*	*Envergadura (m)*	*Anchura exterior entre ruedas del tren de aterrizaje principal (m)*
	76	1A	430	11,6	3,3
	B55	1A	457	11,5	2,9
	B60	1A	793	12,0	3,4
	B100	1A	579	14,0	4,3
Cessna	525	1B	939	14,3	4,1
DeHavilland Canada	DHC3	1B	497	17,7	3,7
	DHC6	1B	695	19,8	4,1
LET	L410 UPV	1B	740	19,5	4,0
Pilatus	PC-12	1B	452	16,2	4,5
Raytheon/Beechcraft	E18S	1B	753	15,0	3,9
	B80	1B	427	15,3	4,3
	C90	1B	488	15,3	4,3
	200	1B	579	16,6	5,6
Short	SC7-3/SC7-3A	1B	616	19,8	4,6
DeHavilland Canada	DHC7	1C	689	28,4	7,8
Lear Jet	24F	2A	1 005	10,9	2,5
	28/29	2A	912	13,4	2,5
LET	L410 UPV-E	2B	920	20,0[1]	4,0
	L410 UPV-E9	2B	952	20,0[1]	4,0
	L410 UPV-E20	2B	1 050	20,0[1]	4,0
	L420	2B	920	20,0[1]	4,0
Shorts	SD3-30	2B	1 106	22,8	4,6
Dassault Aviation	Falcon 10	3A	1 615	13,1	3,0
Hawker Siddley	HS 125-400	3A	1 646	14,3	3,3
	HS 125-600	3A	1 646	14,3	3,3
	HS 125-700	3A	1 768	14,3	3,3
Lear Jet	24D	3A	1 200	10,9	2,5
	35A/36A	3A	1 287/1 458	12,0	2,5
	54	3A	1 217	13,4	2,5
	55	3A	1 292	13,4	2,5

Fabricante	*Modelo*	*Clave*	*Longitud de campo de referencia del avión (m)*	*Envergadura (m)*	*Anchura exterior entre ruedas del tren de aterrizaje principal (m)*
Bombardier Aero.	CRJ 100	3B	1 470	21,2	4,0
	CRJ 100ER	3B	1 720	21,2	4,0
	CRJ 200	3B	1 440	21,2	4,0
	CRJ 200ER	3B	1 700	21,2	4,0
Dassault Aviation	Falcon 20	3B	1 463	16,3	3,7
	Falcon 200	3B	1 700	16,3	3,5
	F50/F50EX	3B	1 586	18,9	4,5
	Falcon 900	3B	1 504	19,3	4,6
	Falcon 900EX	3B	1 590	19,3	4,6
	F2000	3B	1 658	19,3	5,0
Embraer	EMB-135 LR	3B	1 745	20,0	4,1
Fokker	F28-1000	3B	1 646	23,6	5,8
	F28-2000	3B	1 646	23,6	5,8
I.A.I.	SPX	3B	1 644	16,6	—
	Galaxy	3B	1 798	17,7	—
Gulfstream Aero.	G IV-SP	3B	1 661	23,7	4,8
Nord	262	3B	1 260	21,9	3,4
Antonov	AN24	3C	1 600	29,2	8,8
Boeing	B717-200	3C	1 670	28,4	5,4
	B737-600	3C	1 690	34,3	7,0
	B737-700	3C	1 598	34,3	7,0
Convair	240	3C	1 301	28,0	8,4
	440	3C	1 564	32,1	8,6
	580	3C	1 341	32,1	8,6
	600	3C	1 378	28,0	8,4
	640	3C	1 570	32,1	8,6
Douglas	DC3	3C	1 204	28,8	5,8
	DC4	3C	1 542	35,8	8,5
	DC6A/6B	3C	1 375	35,8	8,5
	DC9-20	3C	1 551	28,5	6,0
Embraer	EMB-120 ER	3C	1 481	19,8	6,6
Fokker	F27-500	3C	1 670	29,0	7,9
	F27-600	3C	1 670	29,0	7,9

Fabricante	*Modelo*	*Clave*	*Longitud de campo de referencia del avión (m)*	*Envergadura (m)*	*Anchura exterior entre ruedas del tren de aterrizaje principal (m)*
	F28-3000	3C	1 640	25,1	5,8
	F28-4000	3C	1 640	25,1	5,8
	F28-6000	3C	1 400	25,1	5,8
	F50	3C	1 355	29,0	8,0
McDonnell Douglas	MD90	3C	1 798	32,9	6,2
SAAB	340A	3C	1 220	21,4	7,3
	340B	3C	1 220	22,8[3]	7,3
	SAAB 2000	3C	1 340	24,8	8,9
BAe	ATP	3D	1 540	30,6	9,3
DeHavilland Canada	DHC5D	3D	1 471	29,3	10,2
Airbus	A300 B2	3D	1 676	44,8	10,9
Bombardier Aero.	CRJ 100LR	4B	1 880	21,2	4,0
	CRJ 200LR	4B	1 850	21,2	4,0
Dassault Aviation	Falcon 20-5 (Retrofit)	4B	1 859	16,3	3,7
Embraer	EMB-145 LR	4B	2 269	20,0	4,1
Airbus	A320-200	4C	2 480	33,9	8,7
BAC	1-11-200	4C	1 884	27,0	5,2
	1-11-300	4C	2 484	27,0	5,2
	1-11-400	4C	2 420	27,0	5,2
	1-11-475	4C	2 286	28,5	5,4
	1-11-500	4C	2 408	28,5	5,2
Boeing	B727-100	4C	2 502	32,9	6,9
	B727-200	4C	3 176	32,9	6,9
	B737-100	4C	2 499	28,4	6,4
	B737-200	4C	2 295	28,4	6,4
	B737-300	4C	2 160	28,9	6,4
	B737-400	4C	2 550	28,9	6,4
	B737-500	4C	2 470	28,9	6,4
	B737-800	4C	2 090	34,3	7,0
	B737-900	4C	2 240	34,3	7,0
Fokker	F100	4C	1 840	28,1	6,0
Gulfstream Aero	G V	4C	1 863	28,5	5,1

Fabricante	*Modelo*	*Clave*	*Longitud de campo de referencia del avión (m)*	*Envergadura (m)*	*Anchura exterior entre ruedas del tren de aterrizaje principal (m)*
Douglas	DC9-10	4C	1 975	27,2	5,9
	DC9-15	4C	1 990	27,3	6,0
	DC9-20	4C	1 560	28,4	6,0
	DC9-30	4C	2 134	28,5	5,9
	DC9-40	4C	2 091	28,5	5,9
	DC9-50	4C	2 451	28,5	5,9
McDonnell Douglas	MD81	4C	2 290	32,9	6,2
	MD82	4C	2 280	32,9	6,2
	MD83	4C	2 470	32,9	6,2
	MD87	4C	2 260	32,9	6,2
	MD88	4C	2 470	32,9	6,2
Airbus	A300 B4	4D	2 605	44,8	10,9
	A300-600	4D	2 332	44,8	10,9
	A310	4D	1 845	44,8	10,9
Boeing	B707-300	4D	3 088	44,4	7,9
	B707-400	4D	3 277	44,4	7,9
	B720	4D	1 981	39,9	7,5
	B757-200	4D	1 980	38,1	8,6
	B757-300	4D	2 400	38,1	8,6
	B767-200	4D	1 981	47,6	10,8
	B767-300ER	4D	2 540	47,6	10,9
	B767-400ER	4D	3 130	51,9	10,8
Canadair	CL44D-4	4D	2 240	43,4	10,5
Ilyushin	18V	4D	1 980	37,4	9,9
	62M	4D	3 280	43,2	8,0
Lockheed	L100-20	4D	1 829	40,8	4,9
	L100-30	4D	1 829	40,4	4,9
	L188	4D	2 066	30,2	10,5
	L1011-1	4D	2 426	47,3	12,8
	L1011-100/200	4D	2 469	47,3	12,8
	L1011-500	4D	2 844	47,3	12,8
Douglas	DC8-61	4D	3 048	43,4	7,5
	DC8-62	4D	3 100	45,2	7,6

Fabricante	*Modelo*	*Clave*	*Longitud de campo de referencia del avión (m)*	*Envergadura (m)*	*Anchura exterior entre ruedas del tren de aterrizaje principal (m)*
	DC8-63	4D	3 179	45,2	7,6
	DC8-71	4D	2 770	43,4	7,5
	DC8-72	4D	2 980	45,2	7,6
	DC8-73	4D	3 050	45,2	7,6
McDonnell Douglas	DC10-10	4D	3 200	47,4	12,6
	DC10-30	4D	3 170	50,4	12,6
	DC10-40	4D	3 124	50,4	12,6
Tupolev	TU134A	4D	2 400	29,0	10,3
	TU154	4D	2 160	37,6	12,4
Boeing	B747-100	4E	3 060	59,6	12,4
	B747-200	4E	3 150	59,6	12,4
	B747-300	4E	3 292	59,6	12,4
	B747-400	4E	2 890	64,9[4]	12,6
	B747-SR	4E	1 860	59,6	12,4
	B747-SP	4E	2 710	59,6	12,4
	B777-200	4E	2 390	61,0	12,9
	B777-200ER	4E	3 110	61,0	12,9
	B777-300	4E	3 140	60,9	12,9
	B777-300ER	4E	3 120	64,8	12,9
McDonnell Douglas	MD11	4E	3 130	52,0[4]	12,6
Airbus	A380	4F	3 350	79,8	14,3

1. Con los tanques de extremo de ala instalados.
2. Sobre un obstáculo de 15 m.
3. Con los extremos de ala extendidos.
4. Con planos verticales en los extremos de ala.

Apéndice 2

EFECTO DE LAS PENDIENTES DE PISTA VARIABLES EN LAS LONGITUDES DE PISTA PARA EL DESPEGUE

1. INTRODUCCIÓN

1.1 La Universidad de California realizó un estudio auspiciado por la OACI, sobre el efecto de pendientes de pista variables en las longitudes de pista para el despegue. En este Apéndice se recoge un breve resumen del ámbito y de las conclusiones de dicho estudio.

1.2 La finalidad del estudio consistía en:

a) la determinación del efecto de pendientes no uniformes sobre la longitud de pista para un grupo representativo de aviones de transporte, tanto de motores de émbolo como de reacción;

b) el examen de los métodos utilizados actualmente para hacer la corrección por pendiente; y

c) la elaboración de un método de corrección que refleje adecuadamente los efectos de las pendientes no uniformes.

2. AVIONES SELECCIONADOS PARA EL ESTUDIO

2.1 Los siguientes aviones se seleccionaron para el análisis por considerárselos representativos de los tipos de aviones de transporte que actualmente se utilizan en la aviación civil: DC-6B, Vanguard, DC-8 y DC-9. Estas aeronaves son ejemplos de aviones de hélice y motor de émbolo, aviones de turbohélice, aviones con turborreactores y aviones con reactores tipo turbofán, respectivamente.

3. SUPOSICIONES A LOS EFECTOS DEL ESTUDIO

Elevación del aeródromo

3.1 Los manuales de vuelo de los aviones relacionan la longitud de pista con la altitud de presión en lugar de hacerlo con la elevación geográfica. En el presente informe se ha supuesto que los dos términos son equivalentes.

Temperatura del aeródromo

3.2 Las temperaturas utilizadas en el estudio fueron temperaturas en la atmósfera tipo, a las elevaciones seleccionadas de nivel del mar y 300 m, y a la temperatura de 32°C de un día caluroso en ambas elevaciones.

Viento

3.3 Se supusieron condiciones de calma en la superficie de la pista.

Estado de la superficie de la pista

3.4 En este estudio no se tienen en cuenta irregularidades en la superficie de la pista ni coeficientes de rozamiento bajos. Se supusieron condiciones de superficies de pista seca.

Pendiente longitudinal de pista

3.5 Al examinar los perfiles longitudinales de pista objeto del análisis, se consideraron las limitaciones especificadas en el Anexo 14, entonces en vigor, es decir, en la cuarta edición, a saber:

a) la pendiente obtenida al dividir la diferencia entre la elevación máxima y la mínima a lo largo del eje de la pista por la longitud de ésta, no debería exceder del 1%;

b) en ninguna parte de la pista la pendiente longitudinal debería exceder del 1,25%, cuando la longitud básica de la pista* sea de 1 800 m o más; 1,5 %, cuando la longitud básica de la pista sea hasta de 1 800 m, exclusive;

c) un cambio de pendiente entre dos pendientes consecutivas no debería exceder del 1,5%;

d) para pistas de 1 800 m o más, en la primera y última cuartas partes de la longitud de la pista la pendiente no debería exceder del 0,8%;

e) cuando no puedan evitarse los cambios de pendiente, éstos deberían ser tales que no se obstruya la visibilidad desde cualquier punto situado a 3 m, sobre la pista, respecto a todos los demás puntos situados a 3 m, sobre la pista, dentro de una distancia igual, por lo menos, a la mitad de la longitud de la pista;

f) la transición de una pendiente a otra debería efectuarse mediante una superficie curva con un grado de cambio no superior a:

— 0,1%, por cada 30 m cuando la longitud básica de pista sea de 1 800 m o más;

— 0,2% por cada 30 m cuando la longitud básica de pista sea hasta de 1 800 m, no incluyendo dicho valor.

No se utilizaron curvas verticales en los estudios de perfiles dado que su efecto sobre la longitud de pista es insignificante.

3.6 Con estas limitaciones, se prepararon varios estudios de perfiles según se indican en la Figura A2-1. Los perfiles se agruparon en cuatro tipos generales designados como “A”, “B”, “C” y “D”. Los perfiles del Tipo “A” consisten en pendientes ascendentes; los del Tipo “B”, en pendientes descendentes; los del Tipo “C”, en pendientes con perfiles convexos (ascendente-descendente); y los del Tipo “D”, con perfiles cóncavos (descendente-ascendente). La mayoría de los perfiles indicados en la Figura A2-1 son del Tipo “A” (ascendente) con las pendientes en la primera y última cuarta parte limitadas al 0,8%.

* La anterior clave de referencia de aeródromo del Anexo 14 estaba basada en la longitud básica de pista, que se definía como la longitud de pista, seleccionada a los fines de planificación de aeródromos, que es necesaria para el despegue o el aterrizaje en condiciones correspondientes a la atmósfera tipo, a la elevación cero, con viento y pendiente de pista nulos.

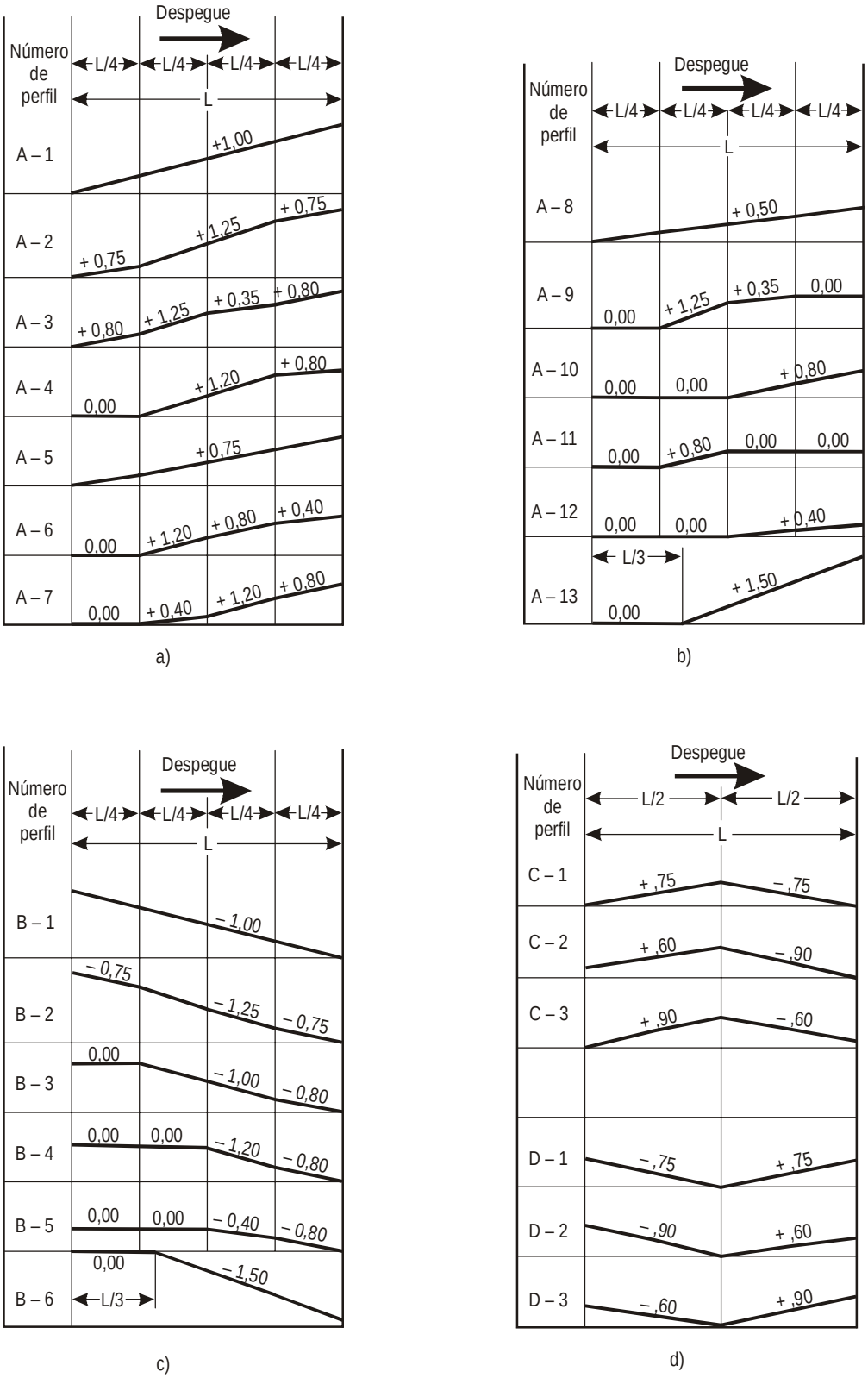


Figura A2-1. Perfiles de estudio seleccionados

4. DEFINICIÓN DE PENDIENTE ÚNICA EQUIVALENTE

4.1 Se eligieron varios índices de pendiente única para definir perfiles no uniformes a manera de comparación para describir una pendiente variable a partir de una pendiente única equivalente. Se comparan cuatro índices que se definen como sigue:

Índice núm. 1 La pendiente media, definida como la diferencia de elevación entre los extremos de la pista dividida por la longitud de la pista (designada como índice núm. 1 de pendiente de pista).

Índice núm. 2 La definición de los Estados Unidos de América de pendiente efectiva, que es la distancia entre los puntos más alto y más bajo de la pista, dividida por la longitud de la pista (designada como índice núm. 2 de pendiente de pista).

Índice núm. 3 Pendiente efectiva para despegue, que divide la pista en cuatro segmentos iguales, determina la pendiente media en cada uno y las pendientes se obtienen como sigue:

$$Ge = \frac{G_1 + G_2 + 2G_3 + 4G_4}{8}$$ (designada como índice núm. 3 de pendiente de pista)

donde G es la pendiente media de los segmentos.

Índice núm. 4 La modificación del índice núm. 3 del modo siguiente:

$$Ge = \frac{G_1 + 1\ 1/3\ (G_2) + 2\ 1/3\ (G_3) + 3\ 1/3\ (G_4)}{8}$$ (designada como índice núm. 4 de pendiente de pista)

Se observará que los índices núms. 3 y 4 reflejan la mayor influencia de la pendiente de pista sobre la zona de gran velocidad del recorrido de despegue.

5. CONCLUSIONES

5.1 Del estudio se concluyó que:

a) con base en los datos disponibles, los índices núms. 1 y 4 describen la influencia de los perfiles variables de pista mejor que los índices núms. 2 y 3;

b) para aviones de reacción, el índice núm. 1 resulta adecuado para describir el efecto de una pendiente variable en la longitud de pista. Para aviones con motores de émbolo, el índice núm. 4 de pendiente es superior a los demás índices ensayados;

c) la magnitud de la corrección es mayor para aviones con motores de émbolo que para aviones de reacción;

d) la magnitud de las correcciones positivas es mayor que la de las correcciones negativas;

e) se vio que el efecto de una diferencia de elevación de 300 m en la corrección de pista, era despreciable para todos los aviones incluidos en este estudio; y

f) el estudio sugiere que un mayor perfeccionamiento de los métodos utilizados en 4.1 para calcular los índices de pendiente de pista no se justifica para fines de planificación de longitudes de pista.

6. RECOMENDACIONES

6.1 Si la longitud de la pista se rige por los aviones de reacción, se recomienda utilizar el índice núm. 1 de pendiente, con la siguiente corrección aplicada a la longitud necesaria de pista horizontal:

Porcentaje de corrección de pista = 1,0 + 6,0 (Índice núm. 1 de pendiente)

en que el índice de pendiente puede tener un valor positivo o negativo. Esto se aplicaría únicamente a pistas no horizontales.

6.2 Si la longitud de pista se rige por aeronaves con motores de émbolo, se recomienda utilizar el índice núm. 4 de pendiente, con las siguientes correcciones aplicadas a la longitud necesaria de pista horizontal:

Para valores positivos del índice:

Porcentaje de corrección de pista = 12,0 (Índice núm. 4 de pendiente)

Para valores negativos del índice:

Porcentajes de corrección de pista = 8,0 (Índice núm. 4 de pendiente)

6.3 Si se desea utilizar un solo índice para todos los tipos de aeronaves, se recomienda utilizar el índice núm. 4 de pendiente, aplicando las siguientes correcciones:

Para índices de valores positivos:

Porcentaje de corrección de pista (aviones de reacción) = 7,0 (Índice núm. 4 de pendiente)
Porcentaje de corrección de pista (aviones con motores de émbolo) = 12,0 (Índice núm. 4 de pendiente)

Para índices de valores negativos:

Porcentaje de corrección de pista (aviones de reacción) = 4,0 (Índice núm. 4 de pendiente)
Porcentaje de corrección de pista (aviones con motores de émbolo) = 8,0 (Índice núm. 4 de pendiente)

Apéndice 3

CURVAS Y TABLAS DE PERFORMANCE DE LOS AVIONES A EFECTOS DE PLANIFICACIÓN DE LAS PISTAS

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Los criterios en materia de longitud de la pista a efectos de información general para la planificación de aeropuertos, se han elaborado en forma de curvas y tablas de performance de los aviones en sus operaciones de aterrizaje y despegue. Una curva de performance de aterrizaje de avión es un diagrama correspondiente a un avión determinado, basado en sus capacidades de performance, donde se establece la relación entre la masa de aterrizaje del avión y la elevación del aeródromo, y la longitud de pista requerida para el aterrizaje. Una curva de performance de despegue de avión es un diagrama correspondiente a un avión determinado, basado en sus capacidades de performance, donde se establece la relación entre la masa o distancia de vuelo de despegue del avión, la elevación y la temperatura del aeródromo, y la longitud de pista requerida para el despegue.

1.2 La tabla de performance del avión tiene una finalidad similar a la de la curva de performance del avión. En tanto que en las curvas de performance la relación entre los factores operacionales y la longitud de pista requerida se expresa en forma gráfica, en las tablas de performance dicha relación se expresa en forma tabular.

1.3 En la Circular de Asesoramiento AC 150/5325-4B, Requisitos en materia de longitud de pista para el proyecto de aeródromos (Runway Lenght Requirements for Airport Design) preparada por la Administración Federal de Aviación (FAA) de los Estados Unidos, figuran datos de planificación sobre los requisitos para el aterrizaje y el despegue de los aviones de uso corriente. Los datos se presentan en forma de curvas y tablas de performance. En la Circular se incluyen ejemplos con instrucciones sobre la utilización de las curvas y tablas de performance, y se examinan los factores tomados en cuenta para su preparación. La relación entre elevación, temperatura, masa de la aeronave y longitud de pista que se presentan en las curvas y tablas de performance, se basa en datos sobre ensayos en vuelo y operacionales, excepto en aquellos casos en que se han elaborado datos preliminares de performance, basados en datos operacionales calculados.

1.4 Las curvas de performance de avión a efectos de planificación de las pistas figuran también en los documentos sobre características de las aeronaves destinados a los planificadores de aeropuertos. Estos documentos contienen información básica de planificación sobre las aeronaves, que los fabricantes de aeronaves publican en formato uniforme con la ayuda de las líneas aéreas y de las autoridades aeroportuarias. En los documentos se incluyen los datos sobre aquellos tipos de aviones actuales que se prevé representarán la mayor parte de la flota internacional durante los próximos años.

2. PARÁMETROS CONSIDERADOS EN LAS CURVAS Y TABLAS DE PERFORMANCE

Generalidades

2.1 Además de las consideraciones básicas de diseño, incluyendo las características aerodinámicas y del sistema motopropulsor de las aeronaves, los factores que inciden en la longitud requerida de pista comprenden la configuración y la masa del avión, la atmósfera (presión, temperatura y humedad relativa ambientes), la pendiente y el estado de la pista, y el viento. Sin embargo, en la elaboración de curvas y tablas de performance de despegue y de aterrizaje, lo corriente es relacionar tales factores con una humedad relativa fija normalizada y suponer pistas sin pendiente.

Tipos de avión

2.2 Las diferencias en cuanto a los requisitos en materia de certificación y utilización existentes entre los diversos tipos de aviones actuales, exigen que se estudie por separado la longitud de pista que necesita cada aeronave en cada aeródromo. Deben considerarse las longitudes de pista que se requieren, tanto para el despegue como para el aterrizaje, con objeto de determinar la mayor de las dos.

Configuración del avión

2.3 La configuración del avión se refiere a la posición de los diversos elementos que afectan a sus características aerodinámicas. En la performance del avión influyen los elementos siguientes:

a) *Flaps y otros dispositivos hipersustentadores.* En la elaboración de las curvas de performance de avión de la FAA (con relación a la distancia de despegue y de aterrizaje) se ha escogido la posición de los flaps (y de otros dispositivos hipersustentadores como son las aletas de ranura de ala, los bordes de ataque abatibles, etc., cuando vengan al caso) empleada normalmente en la combinación de masa del avión, temperatura y altitud.

b) *Frenos aerodinámicos y otros dispositivos para aumentar la resistencia al avance.* Para realizar las curvas y tablas de performance de aterrizaje de avión de la FAA se ha elegido la posición de los frenos aerodinámicos, y de otros dispositivos destinados a aumentar la resistencia al avance, si es que se emplean, corrientemente utilizada para la combinación escogida de masa de la aeronave y altitud.

c) *Otras instalaciones.* El empleo de instalaciones antihielo y de limpiaparabrisas, la posición de las aletas de capó, etc., pueden igualmente influir en la longitud de pista necesaria. Al elaborar las curvas y tablas de performance de avión de la FAA, se ha supuesto que estos sistemas se encuentran en la posición en que requieran la menor distancia de pista.

Atmósfera

2.4 La atmósfera es un elemento muy importante en la determinación de la longitud de pista requerida. Es la combinación de presión, temperatura y densidad.

a) *Altitud.* Generalmente, a medida que aumenta la altura sobre el nivel del mar, la presión y la densidad del aire disminuyen. La consecuencia de estos factores en la performance de las aeronaves se

traduce en una disminución de la sustentación correspondiente a una determinada velocidad verdadera, y en la reducción de potencia y de la eficacia de la hélice, si es el caso. El resultado de la combinación de estas reducciones es que se necesita más tiempo para alcanzar la velocidad de avance necesaria para producir la sustentación requerida, con lo que la longitud de pista necesaria para el despegue de una aeronave determinada aumenta progresivamente a medida que se eleva la altitud del aeródromo en que opera. De igual manera, a altitudes superiores, las velocidades verdaderas de aterrizaje son mayores, y el aire menos denso reduce la resistencia al avance con que cuenta la aeronave para contribuir a la deceleración durante el recorrido de aterrizaje. En las curvas y tablas de performance de avión se da la longitud de pista requerida en función de la altitud de presión (definida en la atmósfera tipo de la OACI), al igual que se hace en los manuales de vuelo de los aviones, pero las líneas de altitud de presión vienen designadas como elevación de aeródromo. Se justifica esta sustitución por el grado de semejanza que existe entre la altitud de presión media y la elevación de un lugar. Además, dado que es muy remota la probabilidad de que se presenten simultáneamente la altitud de presión máxima (presión mínima) y la temperatura máxima media (temperatura de referencia del aeródromo), el empleo de la altitud y temperatura máximas podría resultar en una longitud de pista poco económica.

b) *Temperatura.* La performance de una aeronave depende de varios factores, entre los que cabe destacar la temperatura. A una presión dada, el aumento de la temperatura resulta en una reducción de la densidad del aire, lo que tiene un efecto adverso sobre las aeronaves, tanto las de motores de émbolo como las de reacción. Este efecto es generalmente más intenso durante el despegue, especialmente en el caso de los aviones equipados con turborreactores. La eficacia de un turborreactor depende en parte de la diferencia entre la temperatura del aire exterior y la máxima temperatura que pueda obtenerse en la cámara de combustión. A medida que la temperatura exterior aumenta por encima de cierto valor dependiendo de la altitud, la eficacia del motor disminuye y, por lo tanto, se reduce la performance de la aeronave. Debería emplearse una temperatura no inferior a la temperatura de referencia del aeródromo, tal como se define en el Anexo 14, Capítulo 2. El efecto de la temperatura es considerablemente mayor en la distancia de despegue (y en el recorrido de despegue) que en la de aterrizaje. Además, la distancia de aterrizaje que figura en el manual de vuelo está generalmente multiplicada por un coeficiente de índole operativa, del orden del 1,67. Dado que la influencia de la temperatura por sí sola en la distancia de aterrizaje es considerablemente menor, usualmente sólo se tiene en cuenta la influencia de la presión atmosférica ambiente (con temperaturas que correspondan a la atmósfera tipo) en la distancia de aterrizaje. Sin embargo, las distancias (y los recorridos) de despegue se determinan teniendo en cuenta la influencia de la temperatura ambiente.

Viento

2.5 Se debe concebir el aeródromo de manera que permita las operaciones de aeronaves, la mayor parte del tiempo, en condiciones normales de viento. Al viento de cola en una pista corresponde el viento de proa en otra inversamente orientada. La longitud de pista aumenta con el viento de cola, de manera que cuando se aplique el concepto de pistas bidireccionales (es decir, la utilización teórica del viento de proa en todas las condiciones para establecer la longitud de las pistas), la condición de viento cero resulta crítica, tanto para los despegues como para los aterrizajes. Ello requiere, no obstante, cambiar el sentido de utilización de la pista cada vez que el viento cambie de dirección, y no proporciona longitudes adecuadas cuando deban realizarse operaciones con viento de cola, debido a la utilización preferencial de las pistas. El problema se complica más todavía por el hecho de que los vientos de hasta 9,2 km/h (5 kt) se consideran como “calma”. Las curvas y tablas de performance de aterrizaje de la FAA se basan, por lo general, en un viento de cola de 9,2 km/h (5 kt), a fin de reconocer la flexibilidad que se requiere en las operaciones de aterrizaje de las aeronaves. Con todo, las curvas y tablas de performance de despegue de la FAA están preparadas sobre la base de viento cero. Las curvas de performance de despegue que figuran en los

documentos sobre características de los aviones, destinados a los planificadores de aeropuertos, están preparadas sobre la base de viento cero y las curvas de performance de aterrizaje están preparadas también sobre la base de viento cero, 15 m (50 ft) de altura.

Masa del avión

2.6 Cuanto mayor sea la masa de la aeronave, mayor será la longitud de pista que necesitará, tanto para el aterrizaje como para el despegue. La masa de un avión se compone de tres elementos principales:

a) masa del avión preparado para el servicio (APS) (o masa de operación en vacío) que generalmente incluye:

   1) masa del avión en vacío;

   2) masa de la tripulación, masa del equipaje de la tripulación, del aceite del motor y del equipo de emergencia amovible;

   3) masa del combustible no utilizable;

b) carga de pago; y

c) carga de combustible.

Los elementos b) y c) se explican por sí mismos.

El total de la masa APS y la carga de pago variarán, y quizá haya que considerarlas localmente en cada caso. Es frecuente, para fines operativos, aludir a esta masa como la “masa sin combustible”, y su valor máximo figura como una limitación estructural en el manual de vuelo.

2.7 En las tablas de performance de avión de la FAA, las longitudes de pista requeridas guardan relación directa con la masa de operación de los aviones. Ahora bien, en las curvas de performance de avión de la FAA, las longitudes de pista requeridas pueden guardar relación con las longitudes de las etapas de vuelo. En las curvas se ha supuesto que los aviones despegan con la máxima carga de pago permisible según las circunstancias. Si la masa de despegue no está limitada por ninguna de las condiciones enumeradas en 2.11 b) más adelante, la carga de pago puede ser toda la que permita la estructura del avión, a saber, la masa máxima sin combustible, menos la APS. Si por otra parte se limita la masa de despegue por obra de cualquiera de las condiciones, será preciso reducir la carga de pago. Las curvas prevén este factor.

2.8 En el Anexo 6, Parte I, Capítulo 4, se especifica la cantidad de combustible que ha de llevarse a bordo de las aeronaves en los dos casos siguientes:

a) cuando se requiera aeródromo de alternativa de destino; y

b) cuando no se requiera un aeródromo de alternativa de destino.

En la performance de avión de la FAA se ha tenido en cuenta sólo el caso b). De conformidad con el Anexo, en este caso no se iniciará ningún vuelo si, teniendo en cuenta las condiciones meteorológicas y todo retraso que se prevea en vuelo, el avión no lleva suficiente combustible ni aceite para poder completar el vuelo sin peligro. Además, se llevará una reserva para prever contingencias y para que la aeronave pueda llegar a un aeródromo de alternativa. A fin de satisfacer estos requisitos, la cantidad de combustible será por lo menos la suficiente para que el avión pueda:

a) en el caso de *aviones propulsados por hélice,* volar hasta el aeródromo proyectado para el vuelo, de ahí al aeródromo de alternativa que resulte más crítico (en términos de consumo de combustible) especificado en el plan operacional de vuelo y después durante un período de 45 minutos;

b) en el caso de *aviones equipados con turborreactores,* volar hasta el aeródromo al cual se proyectó el vuelo, efectuar una aproximación y una aproximación frustrada y desde allí:

1) volar hasta el aeródromo de alternativa especificado en el plan de vuelo; y luego

2) volar durante 30 minutos a la velocidad de espera a 450 m (1 500 ft) por encima del aeródromo de alternativa, en condiciones normales de temperatura, efectuar la aproximación y aterrizar; y

3) disponer de una cantidad adicional de combustible suficiente para compensar el aumento de consumo que se produciría si surgiera alguna de las contingencias especificadas por el explotador a satisfacción del Estado del explotador:

a) las condiciones meteorológicas pronosticadas;

b) los encaminamientos del control de tránsito aéreo y las demoras de tránsito que se esperan;

c) una aproximación por instrumentos en el aeródromo de destino, incluso una aproximación frustrada;

d) los procedimientos prescritos en el manual de operaciones respecto a pérdidas de presión en la cabina o paradas de uno de los motores mientras vuele en ruta; y

e) cualesquier otras condiciones que puedan demorar el aterrizaje del avión o aumentar el consumo de combustible y/o aceite.

En el Anexo 6 se especifica igualmente la cantidad de combustible necesaria en caso de que el avión vuele directamente al aeródromo de alternativa sin sobrevolar el aeródromo al cual se proyecta el vuelo. Este caso no es de primordial importancia para los ingenieros de aeródromo, y no se tuvo en cuenta al preparar las curvas de performance de avión de la FAA.

2.9 A fin de determinar la cantidad necesaria de combustible, en las curvas de performance de avión de la FAA se obtuvo estadísticamente la media representativa del régimen de consumo de combustible para cada tipo de avión, estableciendo al efecto el promedio del combustible consumido por unidad de distancia y por unidad de tiempo de vuelo. El empleo de este promedio, se justifica a los fines de diseño de aeródromos, teniendo en cuenta que el régimen de consumo es casi constante para cada tipo de avión y que no hay grandes divergencias en toda una amplia gama de diferentes distancias de etapa. La escala de distancias de las curvas de performance de despegue se ha establecido sobre la base de la media representativa del régimen de consumo de combustible.

2.10 En las curvas de performance de avión de la FAA, la distancia desde el aeródromo de destino hasta un aeródromo de alternativa se ha supuesto uniformemente como equivalente a 30 minutos de vuelo. Además, se ha tomado en cuenta la cantidad de combustible necesaria para 45 minutos de vuelo a una altitud media. La cantidad de combustible requerida para que un avión de reacción vuele durante 45 minutos a la altitud y velocidad medias se considera que es casi equivalente a la que se necesita para 30 minutos de vuelo a la velocidad de espera, a 450 m (1 500 ft) por encima de un aeródromo. Por otra parte, la media representativa del régimen de consumo de combustible se ha obtenido dividiendo el consumo real de combustible por la distancia volada y por el tiempo de vuelo entre calzos, por lo que ésta comprende, en promedio, los factores enumerados en 2.8 3) b) precedente.

2.11 Las masas de aterrizaje y de despegue del avión así calculados no deberían exceder de los límites siguientes:

a) *Masa de aterrizaje.* Los aviones aterrizan con una masa que puede llegar hasta la masa de aterrizaje máxima, la cual está incluida en una de las dos categorías siguientes:

   1) *Limitación estructural.* La masa máxima de aterrizaje basada en limitaciones estructurales es constante y no guarda relación con los parámetros operacionales, como son la temperatura y el viento.

   2) *Performance de subida.* La masa máxima de aterrizaje basada en las limitaciones de subida varía con la altitud de presión y la temperatura. El aumento de la altitud de presión y/o la temperatura hace disminuir la masa máxima permisible de aterrizaje.

b) *Masa de despegue.* Los aviones despegan con una masa que puede llegar hasta la masa máxima de despegue, que puede estar incluida en una de las cinco categorías siguientes:

   1) *Limitaciones estructurales.* La masa de despegue basada en las limitaciones estructurales en el ascenso es constante y no guarda relación con la altitud de presión, la temperatura, el viento ni la pendiente de la pista.

   2) *Performance de ascenso.* La masa máxima de despegue basada en las limitaciones de ascenso varía con la altitud de presión y la temperatura del aeródromo. El aumento de la altitud de presión y/o la temperatura hace disminuir la masa de despegue permisible.

   3) *Velocidad por razón de los neumáticos.* La masa máxima de despegue basada en las limitaciones de velocidad a causa de los neumáticos varía con la altitud de presión, la temperatura y el viento de cola. El aumento de cualquiera de estos factores, aisladamente o en combinación, disminuye la masa máxima de despegue permisible.

   4) *Masa máxima de aterrizaje.* La masa de despegue menos la masa del combustible consumido para volar hasta el aeródromo al cual se proyecta el vuelo no debería exceder de la masa máxima de aterrizaje en dicho aeródromo, a fin de garantizar un aterrizaje en condiciones de seguridad, tras su vuelo normal. (Véase el Anexo 6, Parte I, 5.2).

   5) *Franqueamiento de obstáculos.* La masa máxima de despegue basada en la limitación relativa al franqueamiento de obstáculos depende del emplazamiento y altura de los obstáculos situados en la vecindad del extremo de la pista. En la preparación de las curvas de performance de avión de la FAA se ha supuesto que no existen obstáculos que puedan afectar adversamente a las operaciones de aeronaves.

Estado de la superficie de la pista

2.12 Una superficie de pista cubierta de nieve, nieve fundente, hielo o agua requerirá una mayor longitud de pista para el despegue y para el aterrizaje. En las curvas de performance de avión de la FAA, a menos que se indique lo contrario, se ha supuesto una superficie de pista dura y seca; sin embargo, en las tablas, las longitudes de aterrizaje suponen una pista húmeda no requiriéndose otra corrección en cuanto a longitud para las pistas húmedas. Las curvas de performance de aterrizaje que figuran en los documentos sobre características de los aviones, destinados a los planificadores de aeropuertos, se han establecido para condiciones de superficie de pista seca y húmeda.

Apéndice 4

PLATAFORMAS DE VIRAJE EN LA PISTA

1. INTRODUCCIÓN

En el Anexo 14, Volumen I se exige proporcionar plataformas de viraje en las pistas de los aeropuertos que no disponen de un sistema de calles de rodaje para facilitar el despeje rápido de la pista a las aeronaves que aterrizan. Una plataforma de viraje en la pista se define como una superficie definida en el terreno de un aeródromo adyacente a una pista con la finalidad de completar un viraje de 180º sobre una pista no provista de calle de rodaje. El pavimento adicional de la plataforma de viraje está destinado a facilitar el viraje seguro y fácil de las aeronaves aumentando a la vez la capacidad de tales aeropuertos. Con una planificación cuidadosa se pueden ir agregando componentes de calle de rodaje al sistema por etapas a medida que vaya aumentando el tráfico. Véase la Figura A4-1.

2. EMPLAZAMIENTO

La plataforma de viraje en la pista debería estar ubicada en cualquiera de los lados de la pista adyacente al pavimento en ambos extremos de la pista. En los casos en que se considere necesario, también podrían, ubicarse plataformas de viraje en algunos emplazamientos intermedios a lo largo de la pista.

3. CONSIDERACIONES DE DISEÑO

3.1 A fin de facilitar la entrada de la aeronave a la plataforma de viraje desde la pista, el ángulo de intersección de la plataforma de viraje en la pista con la pista no debería ser superior a 30 grados. La anchura total de la plataforma de viraje y la pista debería ser tal que el ángulo de guía del tren de proa de la aeronave para la cual está destinada la plataforma de viraje no sea superior a 45 grados. El trazado de una plataforma de viraje en la pista será tal que, cuando el puesto de pilotaje de un avión se encuentre sobre las señales de la plataforma de viraje, la distancia libre entre las ruedas y el borde del pavimento no sea inferior a la especificada en el Anexo 14, Volumen I. En la Figura A4-2 se incluye un ejemplo del pavimento requerido para que una aeronave de letra de clave A realice un viraje de 180 grados en una pista de 30 m de anchura. En las Figuras A4-3 a A4-10 se incluyen ejemplos de plataformas de viraje en la pista.

3.2 Cuando existen condiciones meteorológicas severas (lluvia y/o nieve) con la consiguiente disminución del rozamiento en la superficie, debería proporcionarse una mayor distancia libre desde la rueda al borde del pavimento de 7 m para los aviones de letra de clave E y F. Sin embargo, la superficie de una plataforma de viraje en la pista debería construirse de forma tal que proporcione buenas características de rozamiento para los aviones que utilicen las instalaciones cuando la superficie esté mojada y debería tener pendiente para evitar la acumulación de agua y promover el drenaje. Deberían proveerse pendientes longitudinales y transversales adecuadas contiguas a las pendientes de las pistas correspondientes y que no excedan del 1%.

3.3 La resistencia del pavimento de las plataformas de viraje en la pista debería ser por lo menos igual a la de la pista adyacente a la cual presta servicio y tener la capacidad de soportar esfuerzos más intensos causados por aviones en movimiento lento realizando virajes de mayor intensidad. En el caso de pavimentos flexibles, la superficie debería tener la capacidad de soportar las fuerzas de deformación horizontal ejercidas por los neumáticos del tren de aterrizaje principal durante las maniobras de viraje.

4. MÁRGENES

4.1 Las plataformas de viraje en la pista deberían estar provistas de márgenes de la anchura necesaria para prevenir la erosión de la superficie producida por el chorro de los reactores de los aviones que realizan virajes y todo daño que puedan producir los objetos extraños a los motores del avión. Como mínimo, la anchura de los márgenes tendría que abarcar el motor exterior del avión más grande, por lo que los márgenes podrían ser más anchos que los de las pistas adyacentes.

4.2 Los márgenes de las plataformas de viraje en la pista deberían tener una resistencia adecuada para soportar el tránsito ocasional de los aviones para los que están previstas sin inducir daños estructurales al avión o a los vehículos de apoyo en tierra que puedan operar en el margen de la pista.

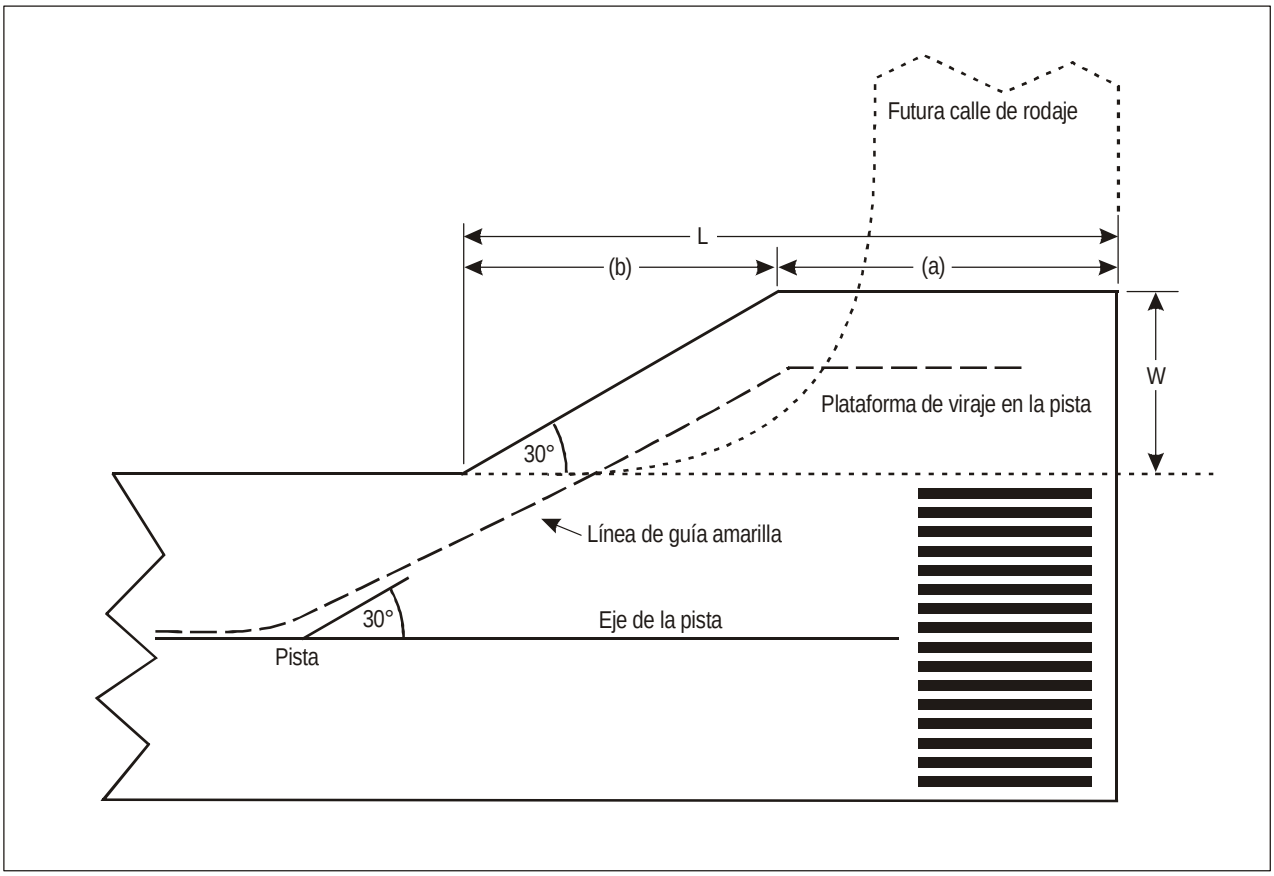


Figura A4-1. Plataforma de viraje en la pista. Diseño típico

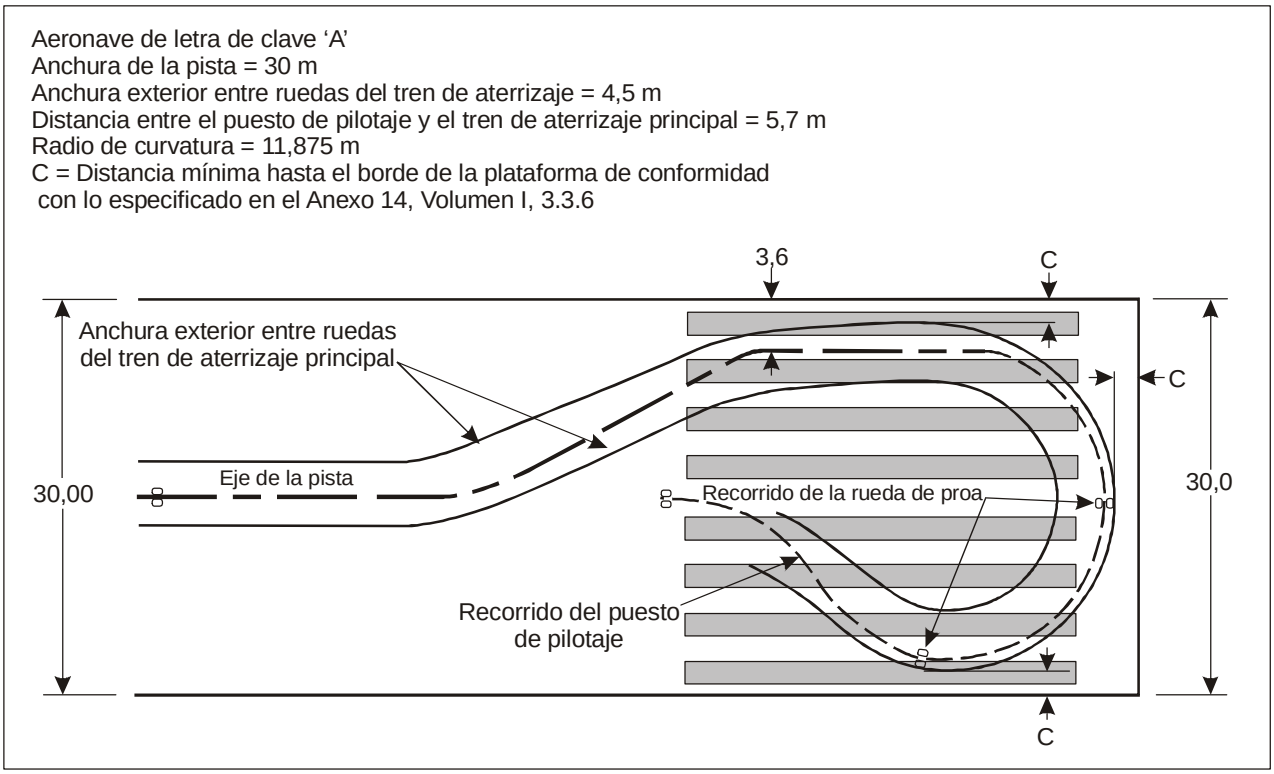


Figura A4-2. Pavimento requerido para completar un viraje de 180 grados — Aeronaves de letra de clave "A"

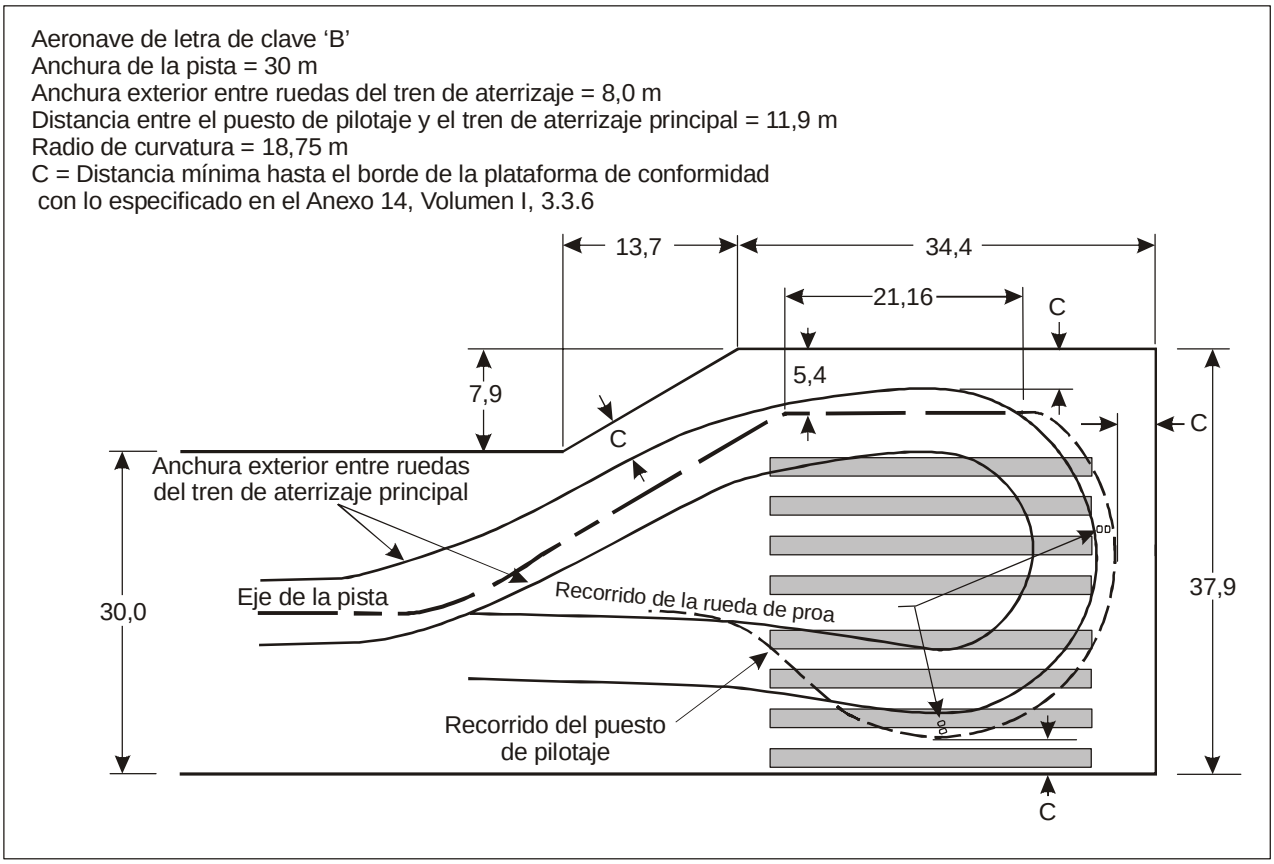


Figura A4-3. Diseño de plataforma de viraje para aeronaves de letra de clave "B"

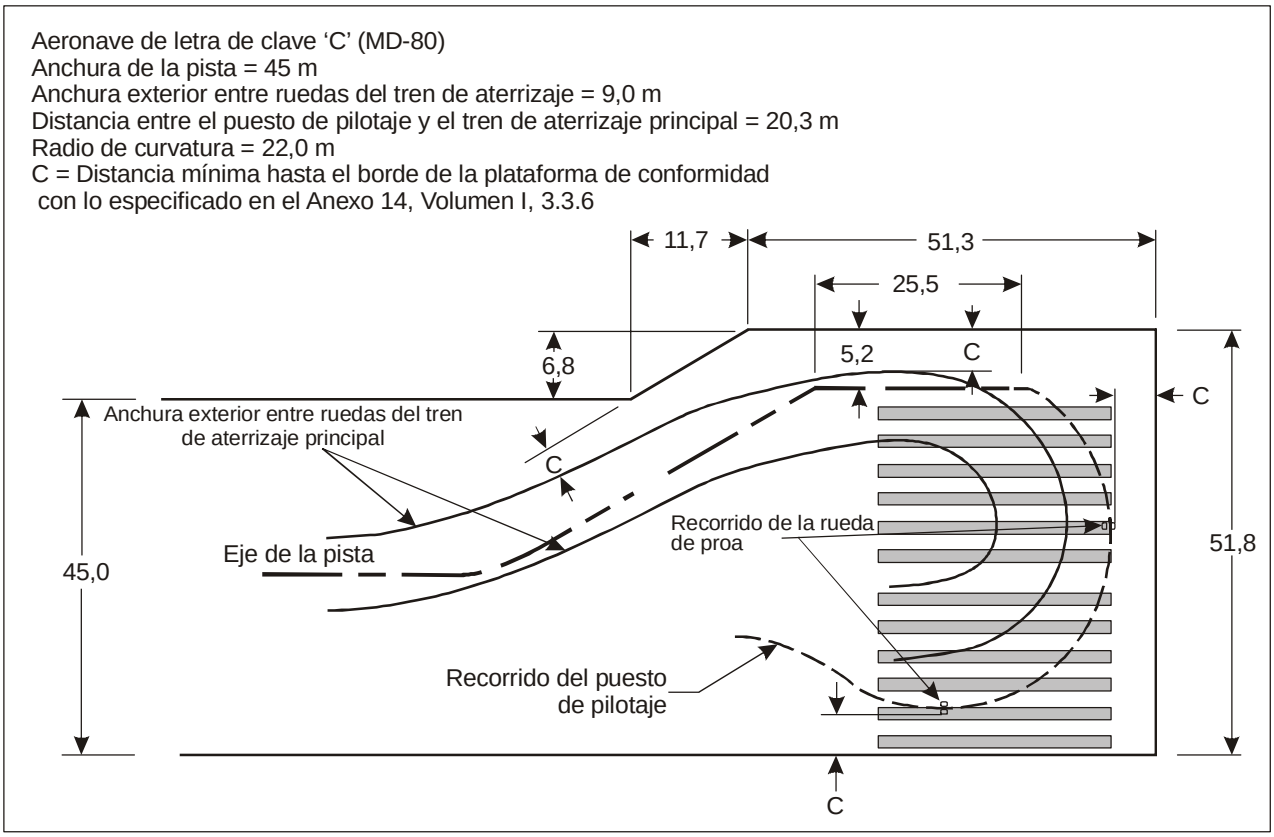


Figura A4-4. Diseño de plataforma de viraje para aeronaves de letra de clave "C"

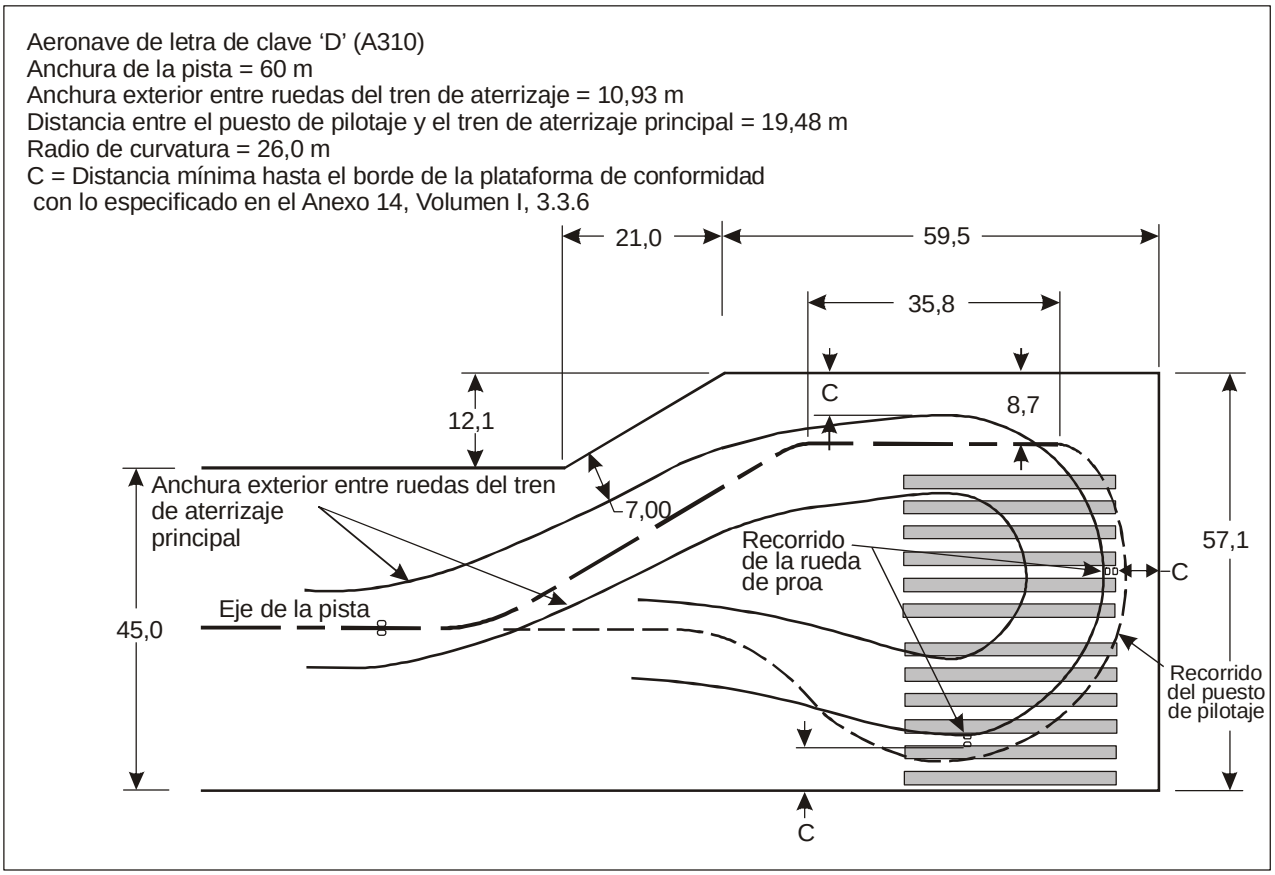


Figura A4-5. Diseño de plataforma de viraje para aeronaves de letra de clave "D" (A310)

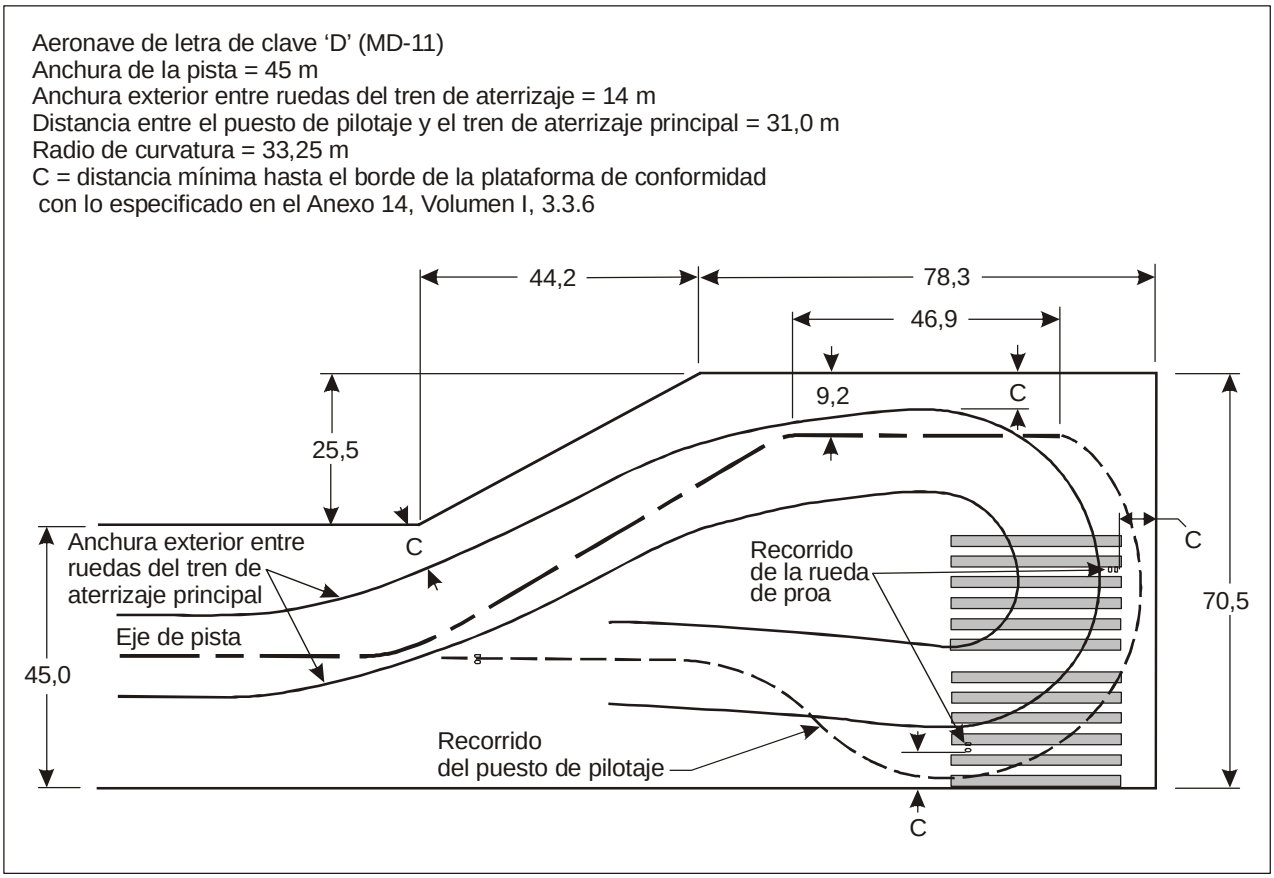


Figura A4-6. Diseño de plataforma de viraje para aeronaves de letra de clave "D" (MD-11)

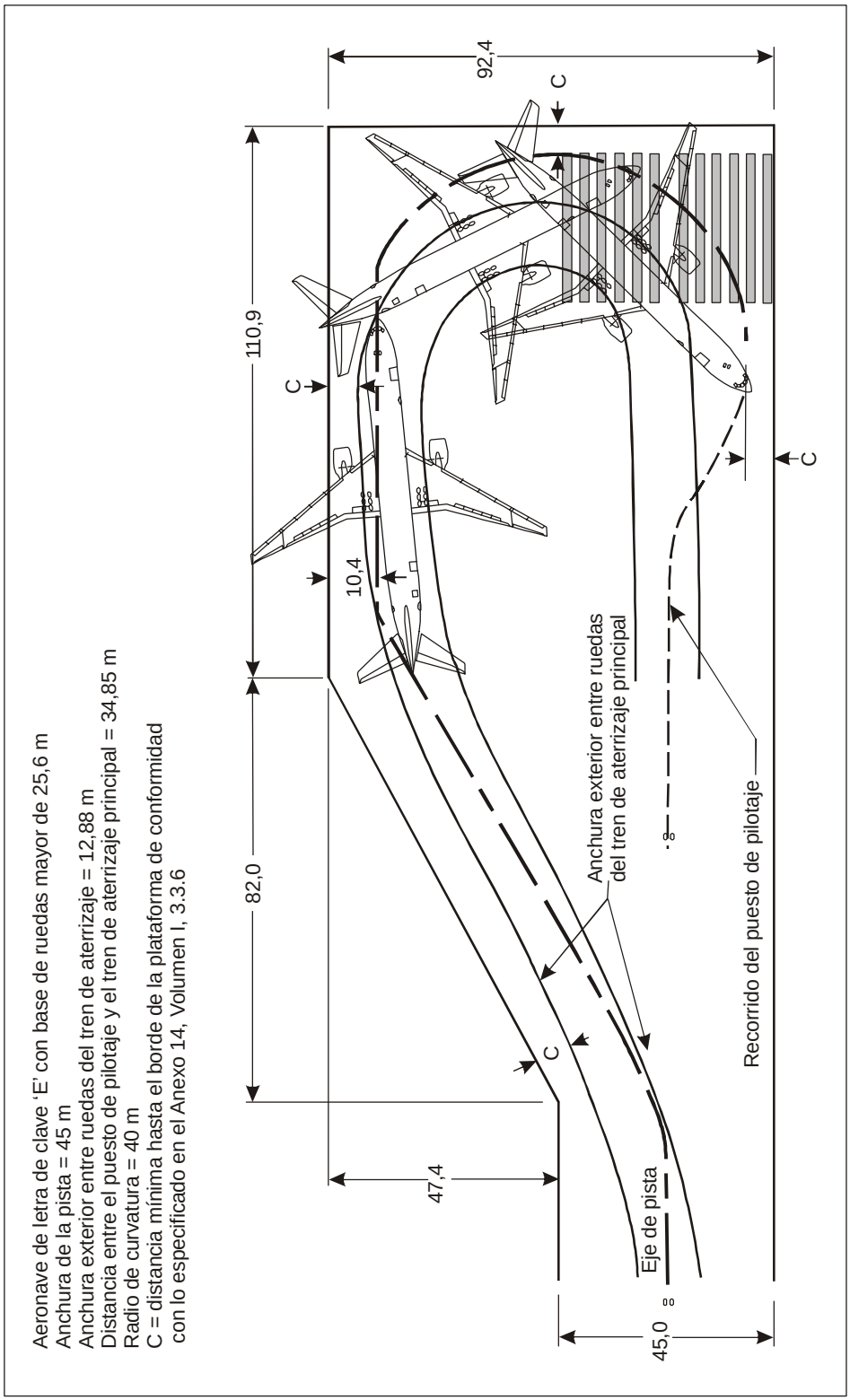


Figura A4-7. Diseño de plataforma de viraje para aeronaves de letra de clave "E" (base de ruedas myor de 25,6 m — Anchura de pista = 45 m)

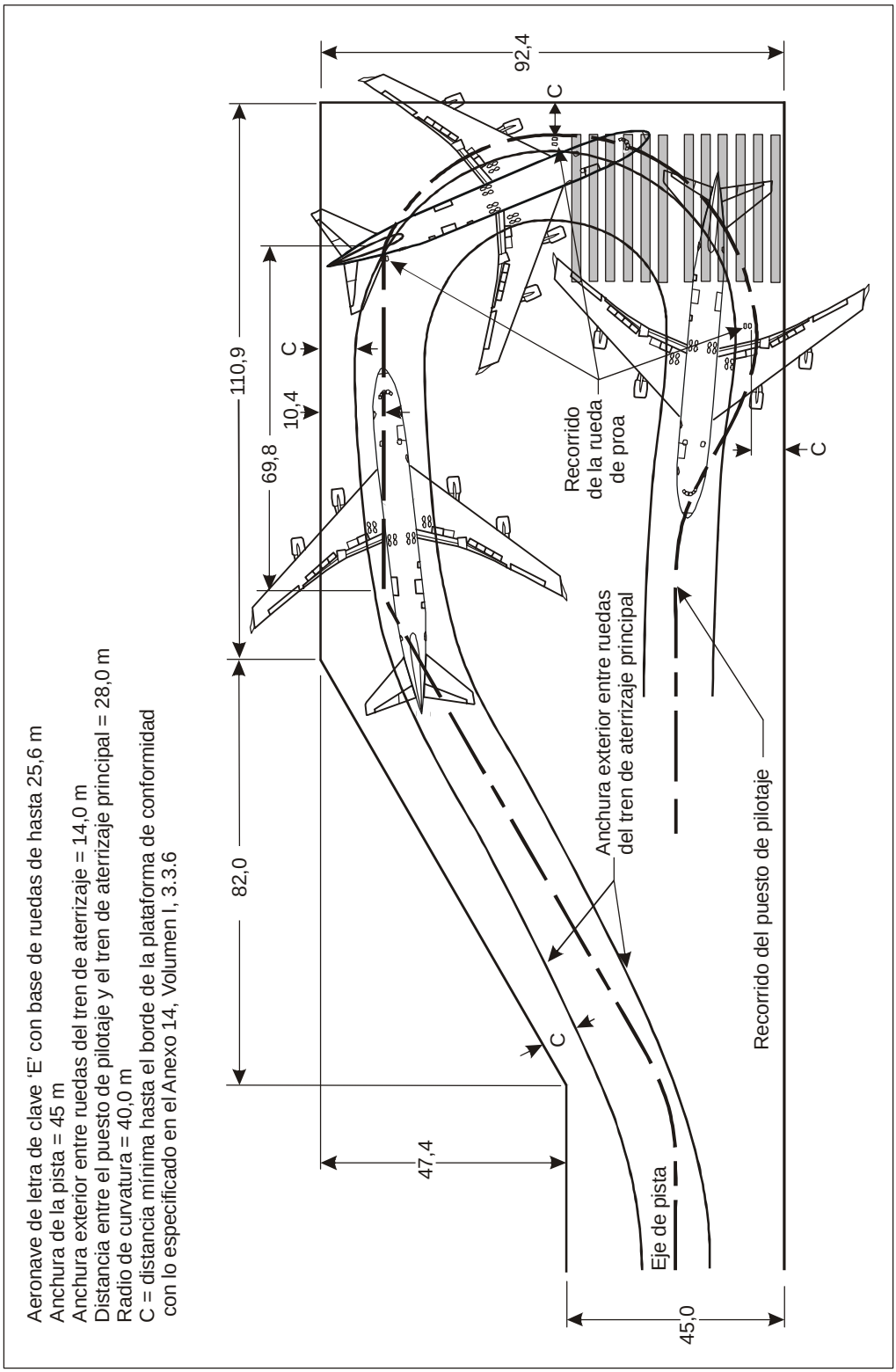


Figura A4-8. Diseño de plataforma de viraje para aeronaves de letra de clave "E" (base de ruedas de hasta 25,6 m — Anchura de pista = 45 m)

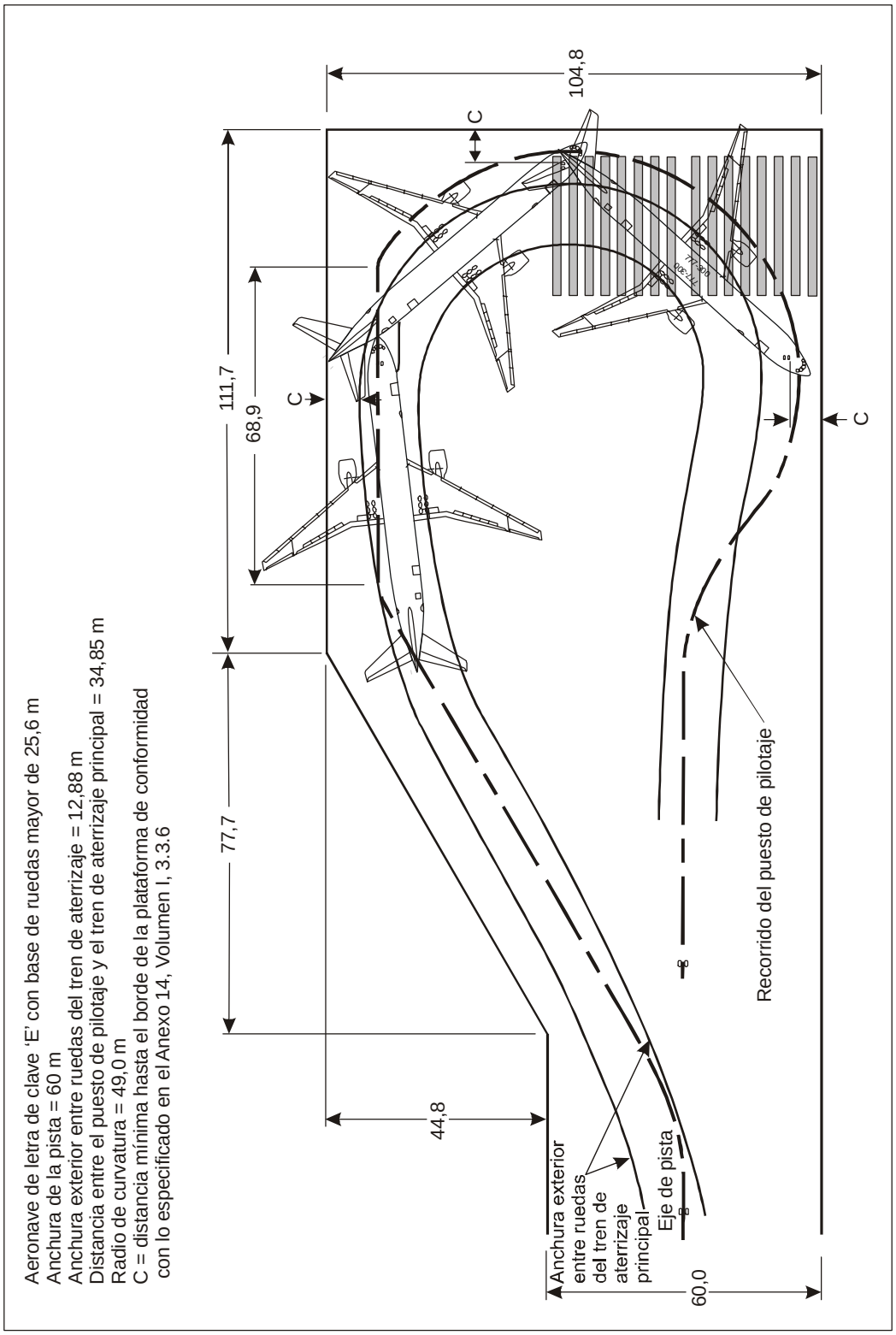


Figura A4-9. Diseño de plataforma de viraje para aeronaves de letra de clave "E" (base de ruedas superior de 25,6 m — Anchura de pista = 60 m)

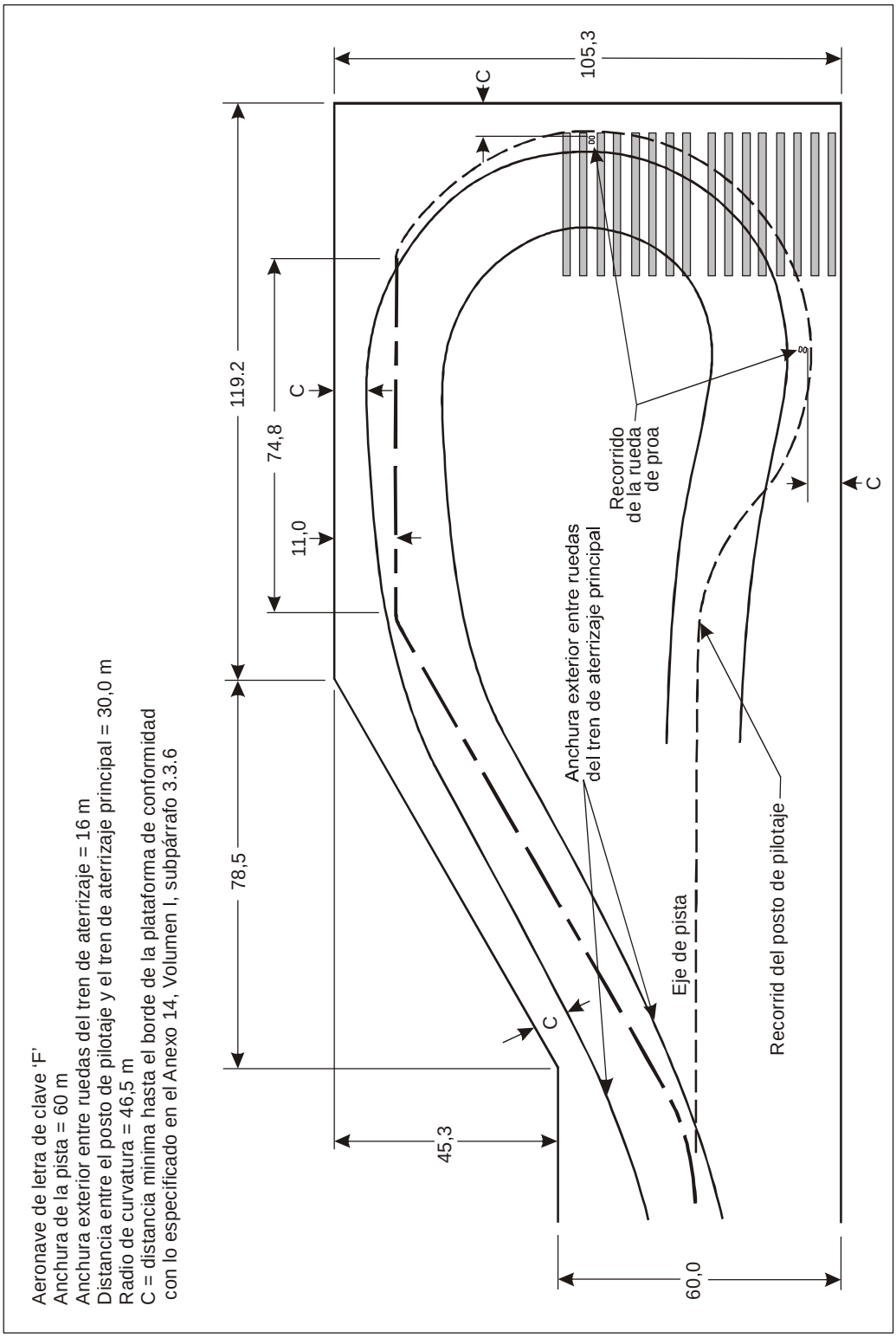


Figura A4-10. Diseño de plataforma de viraje para aeronaves de letra de clave "F"

— FIN —

PUBLICACIONES TÉCNICAS DE LA OACI

Este resumen explica el carácter, a la vez que describe, en términos generales, el contenido de las distintas series de publicaciones técnicas editadas por la Organización de Aviación Civil Internacional. No incluye las publicaciones especializadas que no encajan específicamente en una de las series, como por ejemplo el Catálogo de cartas aeronáuticas, *o las* Tablas meteorológicas para la navegación aérea internacional.

Normas y métodos recomendados internacionales. El Consejo los adopta de conformidad con los Artículos 54, 37 y 90 del Convenio sobre Aviación Civil Internacional, y por conveniencia se han designado como Anexos al citado Convenio. Para conseguir la seguridad o regularidad de la navegación aérea internacional, se considera que los Estados contratantes deben aplicar uniformemente las especificaciones de las normas internacionales. Para conseguir la seguridad, regularidad o eficiencia, también se considera conveniente que los propios Estados se ajusten a los métodos recomendados internacionales. Si se desea lograr la seguridad y regularidad de la navegación aérea internacional es esencial tener conocimiento de cualesquier diferencias que puedan existir entre los reglamentos y métodos nacionales de cada uno de los Estados y las normas internacionales. Si, por algún motivo, un Estado no puede ajustarse, en todo o en parte, a determinada norma internacional, tiene de hecho la obligación, según el Artículo 38 del Convenio, de notificar al Consejo toda diferencia o discrepancia. Las diferencias que puedan existir con un método recomendado internacional también pueden ser significativas para la seguridad de la navegación aérea, y si bien el Convenio no impone obligación alguna al respecto, el Consejo ha invitado a los Estados contratantes a que notifiquen toda diferencia además de aquéllas que atañan directamente, como se deja apuntado, a las normas internacionales.

Procedimientos para los servicios de navegación aérea (PANS). El Consejo los aprueba para su aplicación mundial. Comprenden, en su mayor parte, procedimientos de operación cuyo grado de desarrollo no se estima suficiente para su adopción como normas o métodos recomendados internacionales, así como también materias de un carácter más permanente que se consideran demasiado detalladas para su inclusión en un Anexo, o que son susceptibles de frecuentes enmiendas, por lo que los procedimientos previstos en el Convenio resultarían demasiado complejos.

Procedimientos suplementarios regionales (SUPPS). Tienen carácter similar al de los procedimientos para los servicios de navegación aérea ya que han de ser aprobados por el Consejo, pero únicamente para su aplicación en las respectivas regiones. Se publican englobados en un mismo volumen, puesto que algunos de estos procedimientos afectan a regiones con áreas comunes, o se siguen en dos o más regiones.

Las publicaciones que se indican a continuación se preparan bajo la responsabilidad del Secretario General, de acuerdo con los principios y criterios previamente aprobados por el Consejo.

Manuales técnicos. Proporcionan orientación e información más detallada sobre las normas, métodos recomendados y procedimientos internacionales para los servicios de navegación aérea, para facilitar su aplicación.

Planes de navegación aérea. Detallan las instalaciones y servicios que se requieren para los vuelos internacionales en las distintas regiones de navegación aérea establecidas por la OACI. Se preparan por decisión del Secretario General, a base de las recomendaciones formuladas por las conferencias regionales de navegación aérea y de las decisiones tomadas por el Consejo acerca de dichas recomendaciones. Los planes se enmiendan periódicamente para que reflejen todo cambio en cuanto a los requisitos, así como al estado de ejecución de las instalaciones y servicios recomendados.

Circulares de la OACI. Facilitan información especializada de interés para los Estados contratantes. Comprenden estudios de carácter técnico.

© OACI 2007
10/07, S/P1/350

Núm. de pedido 9157P1
Impreso en la OACI

ISBN 978-92-9231-006-6