

Doc 9137
AN/898



Manual de servicios de aeropuertos

Parte 2 **Estado de la superficie de los pavimentos**

Aprobado por el Secretario General
y publicado bajo su responsabilidad

Cuarta edición — 2002

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 (mediante giro bancario, cheque u orden de pago) en dólares estadounidenses o en la moneda del país de compra. En la Sede de la OACI también se aceptan pedidos pagaderos con tarjetas de crédito (American Express, MasterCard o Visa).

International Civil Aviation Organization. Attention: Document Sales Unit
999 University Street, Montreal, Quebec, Canada H3C 5H7
Teléfono: +1 (514) 954-8022; Facsímile: +1 (514) 954-6769; Sitatex: YULADYA;
Correo-e: sales_unit@icao.int

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

Eslovaquia. Air Traffic Services of the Slovak Republic, Letové prevádzkové služby Slovenskej Republiky,
State Enterprise, Letisko M.R. Štefánika, 823 07 Bratislava 21, Slovak Republic
Teléfono: +421 (7) 4857 1111; Facsímile: +421 (7) 4857 2105

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: sccc.ventasoci@aena.es

Federación de Rusia. Aviaizdat, 48, 1. Franko Street, Moscow 121351
Teléfono: +7 (095) 417-0405; Facsímile: +7 (095) 417-0254

Francia. Directeur régional de l'OACI, Bureau Europe et Atlantique Nord, 3 bis, villa Émile-Bergerat,
92522 Neuilly-sur-Seine (Cedex)
Teléfono: +33 (1) 46 41 85 85; Facsímile: +33 (1) 46 41 85 00; Sitatex: PAREUYA

India. Oxford Book and Stationery Co., Scindia House, New Delhi 110001 o 17 Park Street, Calcutta 700016
Teléfono: +91 (11) 331-5896; Facsímile: +91 (11) 332-2639

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 (2) 622-395; Facsímile: +254 (2) 226-706; Sitatex: NBOCAYA

México. Director Regional de la OACI, Oficina Norteamérica, Centroamérica y Caribe
Masaryk No. 29-3er. piso, Col. Chapultepec Morales, México, D.F., 11570
Teléfono: +52 (55) 52 50 32 11; Facsímile: +52 (55) 52 03 27 57; Sitatex: MEXCAYA

Perú. Director Regional de la OACI, Oficina Sudamérica, Apartado 4127, Lima 100
Teléfono: +51 (1) 302260; Facsímile: +51 (1) 640393; Sitatex: LIMCAYA

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 8-23-54-52; Facsímile: +221 8-23-69-26; Sitatex: DKRCAYA

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

Tailandia. ICAO Regional Director, Asia and Pacific Office, P.O. Box 11, Samyack Ladprao, Bangkok 10901
Teléfono: +66 (2) 537-8189; Facsímile: +66 (2) 537-8199; Sitatex: BKKCAYA

1/02

Catálogo de publicaciones y ayudas audiovisuales de la OACI

Este catálogo anual comprende los títulos de todas las publicaciones y ayudas audiovisuales disponibles.

En suplementos mensuales se anuncian las nuevas publicaciones y ayudas audiovisuales, enmiendas, suplementos, reimpressiones, etc.

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

Doc 9137
AN/898



Manual de servicios de aeropuertos

Parte 2 **Estado de la superficie de los pavimentos**

**Aprobado por el Secretario General
y publicado bajo su responsabilidad**

Cuarta edición — 2002

Organización de Aviación Civil Internacional

ENMIENDAS

La publicación de enmiendas y corrigendos se anuncia periódicamente en la *Revista de la OACI* y en los suplementos mensuales 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

[illegible][illegible]

Preámbulo

Las disposiciones del Anexo 14, Volumen I, requieren que los Estados tomen las medidas necesarias para eliminar los llamados "contaminantes" del área de movimiento tan rápida y completamente como sea posible, a fin de que no se acumulen y para proporcionar buenas características de rozamiento y una baja resistencia de rodadura. Además, el Anexo pide que la superficie de los pavimentos se mantenga libre de piedras u otras materias sueltas denominadas "detritos" que puedan causar daños a la estructura o a los motores de los aviones, o perjudicar el funcionamiento de los sistemas de avión. Existe el requisito de evaluar las condiciones de los pavimentos siempre que no sea posible eliminar completamente los contaminantes y poner esta información a disposición de las dependencias apropiadas del aeropuerto. Existe también el requisito de medir periódicamente las características de rozamiento de la pista y de tomar las medidas oportunas siempre que dichas características estén por debajo de los niveles especificados por el Estado. La finalidad de este manual es la de ofrecer asesoramiento a los Estados con el fin de asegurar que se adopten las medidas adecuadas para resolver los problemas originados por contaminantes, detritos o inclemencias del tiempo en el área de movimiento.

Nunca se insistirá demasiado en que la meta de las autoridades de los aeropuertos debería ser la de mantener el área de movimiento libre de todos los contaminantes y detritos que pudieran afectar adversamente la performance de los aviones. A este respecto se ha tratado, mediante la investigación continua, de mejorar la economía y eficiencia de los métodos mecánicos y químicos para eliminar contaminantes del área de movimiento. Sin embargo, hay circunstancias que requieren una medición de los valores de rozamiento y que hacen necesario, por lo tanto, que se desarrollen métodos aceptables para obtener dichas mediciones.

Durante algún tiempo se ha discutido y se han hecho pruebas en cuanto a la posibilidad de lograr un grado útil de

correlación entre los diversos dispositivos utilizados para medir el rozamiento. En 1972, la OACI aprobó un programa para determinar la correlación del equipo utilizado para medir las características de rozamiento en las pistas. Como resultado de ello se preparó un gráfico que muestra la correlación entre varios dispositivos de medición del rozamiento, al utilizarlos en superficies cubiertas de nieve o de hielo. Se comprobó que era inaceptable la correlación entre los dispositivos de medición del rozamiento al utilizarlos en superficies mojadas. Los ensayos realizados en los Estados Unidos el decenio de 1990 indicaron una correlación algo distinta entre dispositivos de medición del rozamiento en superficies pavimentadas cubiertas de hielo o de nieve compactada, lo cual se atribuyó a modificaciones de los parámetros de los neumáticos de ensayo. Abundantes ensayos con neumáticos nuevos en condiciones de autohumectación han servido para verificar estadísticamente que hay una correlación aceptable entre los diversos dispositivos de medición continua del rozamiento.

Este manual incluye, entre otras cosas, textos acerca de los factores básicos que afectan al rozamiento, la correlación entre los dispositivos de medición del rozamiento en superficies pavimentadas cubiertas de nieve o hielo, la descripción de los dispositivos, las prácticas relativas a la medición y a la notificación de los valores del rozamiento en superficies cubiertas de nieve, de hielo y de agua, la recopilación y difusión de información sobre el estado de la superficie de los pavimentos y la limpieza y eliminación de contaminantes y detritos del área de movimiento.

Se desea mantener al día este manual. Lo más probable es que las próximas ediciones se perfeccionen a base de la experiencia adquirida y de los comentarios y sugerencias que se reciban de los usuarios de este manual. Por lo tanto, se invita a los lectores a presentar sus puntos de vista, comentarios y sugerencias, dirigiéndose al Secretario General de la OACI.

Índice

	<i>Página</i>		<i>Página</i>
Capítulo 1. Generalidades.....	1-1	Capítulo 5. Dispositivos de medición del rozamiento en la pista.....	5-1
1.1 Introducción.....	1-1	5.1 Posibilidad de normalización.....	5-1
1.2 Importancia de las características de rozamiento de la superficie de las pistas y de la eficacia de frenado del avión.....	1-1	5.2 Criterios aplicables a los nuevos dispositivos de medición del rozamiento.....	5-1
1.3 Necesidad de evaluar las condiciones de la superficie de las pistas.....	1-2	5.3 Correlación entre los dispositivos de medición del rozamiento.....	5-4
1.4 Resistencia al avance debida a contaminantes.....	1-3	5.4 Correlación con la eficacia de detención del avión.....	5-6
1.5 Explicación de términos y expresiones.....	1-4	5.5 Análisis general de los dispositivos de medición del rozamiento.....	5-7
Capítulo 2. Evaluación de los factores básicos que afectan el rozamiento.....	2-1	5.6 Medidor del valor Mu.....	5-7
2.1 Espesor de la capa de agua y su influencia en el hidroplaneo dinámico.....	2-1	5.7 Medidor del rozamiento en la pista.....	5-8
2.2 Sustancias perjudiciales sobre el pavimento.....	2-4	5.8 Deslizómetro.....	5-8
2.3 Textura de la superficie.....	2-4	5.9 Medidor del rozamiento en la superficie.....	5-9
2.4 Desigualdades de la superficie.....	2-7	5.10 Medidor del asimiento.....	5-9
Capítulo 3. Determinación y expresión de las características de rozamiento en superficies pavimentadas mojadas.....	3-1	5.11 Medidor del rozamiento Tatra.....	5-9
3.1 Generalidades.....	3-1	5.12 Analizador y registrador de pistas (RUNAR).....	5-14
3.2 Mediciones.....	3-2	5.13 Decelerómetros.....	5-15
3.3 Notificación.....	3-4	Capítulo 6. Recopilación y difusión de información sobre el estado de la superficie de los pavimentos.....	6-1
3.4 Interpretación de las características de rozamiento deficiente.....	3-4	6.1 Generalidades.....	6-1
Capítulo 4. Medición de las características de rozamiento en superficies pavimentadas cubiertas de nieve compactada o de hielo.....	4-1	6.2 Información sobre el estado de superficies mojadas.....	6-1
4.1 Generalidades.....	4-1	6.3 Información sobre el estado de las superficies cubiertas de nieve, nieve fundente o hielo.....	6-3
4.2 El problema de los cambios de las condiciones del aeropuerto.....	4-1	6.4 Formato de SNOWTAM.....	6-4
4.3 Precisión requerida de la información relativa a las características de rozamiento.....	4-2	Capítulo 7. Remoción de la nieve y control del hielo.....	7-1
4.4 Mediciones.....	4-3	7.1 Generalidades.....	7-1
4.5 Notificación.....	4-3	7.2 Comité para la nieve.....	7-2
		7.3 Procedimientos del plan para la nieve.....	7-2
		7.4 Métodos mecánicos.....	7-4
		7.5 Equipos para la remoción de la nieve y el control del hielo.....	7-4

	<i>Página</i>		<i>Página</i>
7.6 Métodos térmicos	7-23	Apéndice 2. Procedimientos para realizar inspecciones visuales del mantenimiento de las pistas en los aeropuertos que prestan servicio a operaciones de aviones de turborreacción en los que no se dispone de equipo de medición del rozamiento	A2-1
7.7 Métodos químicos	7-23	Apéndice 3. Procedimientos de ensayo de certificación de la NASA para los nuevos equipos de medición continua del rozamiento utilizados en instalaciones aeroportuarias	A3-1
7.8 Materiales para limpiar el hielo de áreas distintas a las de movimiento	7-26	Apéndice 4. Método de ensayo normalizado para medir la resistencia al derrape en superficies pavimentadas utilizando una técnica de medición continua con relación fija de resbalamiento a frenado	A4-1
7.9 Limpieza de la nieve fundente	7-26	Apéndice 5. Ejemplo de un programa de evaluación del rozamiento en la pista	A5-1
Capítulo 8. Eliminación de los residuos de caucho.....	8-1	Apéndice 6. Métodos para medir o evaluar la eficacia de frenado cuando no se dispone de dispositivos de ensayo del rozamiento.....	A6-1
8.1 Generalidades.....	8-1	Apéndice 7. Tipos de quitanieves y accesorios	A7-1
8.2 Remoción por medios químicos	8-1	Apéndice 8. Textos afines de lectura	A8-1
8.3 Remoción por medios mecánicos	8-2		
Capítulo 9. Eliminación de los residuos de aceite y de grasa.....	9-1		
9.1 Generalidades.....	9-1		
Capítulo 10. Eliminación de detritos.....	10-1		
10.1 Generalidades.....	10-1		
10.2 Equipo para la remoción de detritos.....	10-2		
10.3 Pruebas de barredoras	10-3		
Apéndice 1. Método para determinar el nivel mínimo de rozamiento	A1-1		

Capítulo 1

Generalidades

Nota.— Los términos contaminantes y detritos se utilizan en este manual con los siguientes significados. Contaminantes son las sustancias que se depositan sobre el pavimento de un aeropuerto (p. ej., nieve, nieve fundente, hielo, agua estancada, barro, polvo, arena, aceite y caucho) y que afectan desfavorablemente las características de rozamiento de la superficie del pavimento. Detritos son los fragmentos de materiales sueltos (p. ej., arena, piedras, papeles, madera, metal y fragmentos de pavimento) cuyo efecto es dañino para la estructura o los motores de los aviones o que pudieran perjudicar el funcionamiento de los sistemas de avión si golpean la estructura o son absorbidos por los motores. El daño causado por los detritos se conoce también como FOD (foreign object damage — daños por causa de objetos extraños).

1.1 INTRODUCCIÓN

1.1.1 Existe una preocupación generalizada en cuanto a la efectividad del rozamiento que puede obtenerse entre los neumáticos de los aviones y la superficie de la pista en determinadas condiciones de utilización, como son las que existen cuando hay nieve, nieve fundente, hielo o agua sobre la pista y, particularmente, cuando las velocidades de despegue o aterrizaje de los aviones son grandes. Esta preocupación se ha agudizado con los nuevos aviones de reacción, pues la eficacia en detener estos aviones depende en mayor medida del rozamiento entre los neumáticos y la superficie de la pista, ya que las velocidades de despegue y aterrizaje son elevadas y en algunos casos la longitud de pista requerida para el aterrizaje o el despegue tiende a ser crítica en relación con la longitud de pista disponible. Además, si a estas condiciones de utilización se suma el viento de costado puede ser difícil controlar el mando de dirección del avión.

1.1.2 Como indicación de la gravedad de la situación pueden considerarse las medidas tomadas por las autoridades nacionales de aeronavegabilidad al recomendar que la distancia de aterrizaje requerida en una pista mojada sea mayor que la requerida en dicha pista seca. Otros problemas relacionados con el despegue de los aviones de reacción en pistas cubiertas de nieve fundente o agua son el deterioro de la performance debido a la resistencia al avance producida por contaminantes, así como daños a la célula y problemas de ingestión en los motores. En el *Manual técnico de*

aeronavegabilidad (Doc 9051) puede obtenerse información respecto a las medidas que hayan de adoptarse para despegar de pistas cubiertas de nieve fundente o agua.

1.1.3 Además, es esencial que los pilotos y el personal de operaciones dispongan de información adecuada sobre las características de rozamiento de la superficie de las pistas y sobre la eficacia de frenado del avión, a fin de que puedan ajustar los procedimientos operacionales y aplicar correcciones a la performance del avión. Cuando en la pista exista nieve o hielo, deberían evaluarse las condiciones de la pista, medirse el coeficiente de rozamiento y proporcionarse los resultados al piloto. Cuando exista agua y la pista se vuelva resbaladiza debe informarse al piloto sobre el riesgo posible.

1.1.4 Antes de entrar en una consideración detallada de la necesidad de evaluar las características de rozamiento de la superficie de la pista y de los métodos de realizarlo, o del efecto de resistencia al avance por la presencia de nieve, de nieve fundente, de hielo o de agua, cabe reiterar una vez más que las autoridades del aeropuerto deben establecer como meta retirar de la pista, tan rápida y completamente como sea posible, todos los contaminantes y eliminar cualquier otra condición de la superficie de la pista que tenga un efecto adverso en la performance de los aviones.

1.2 IMPORTANCIA DE LAS CARACTERÍSTICAS DE ROZAMIENTO DE LA SUPERFICIE DE LAS PISTAS Y DE LA EFICACIA DE FRENADO DEL AVIÓN

1.2.1 Los datos de incidentes y accidentes de aviones relacionados con salirse de la pista por el extremo o por un costado, indican que en muchos casos la causa principal, o por lo menos un factor concomitante, fueron las características de rozamiento de las pistas y la eficacia de frenado del avión. Al margen de este aspecto relativo a la seguridad, las características de rozamiento deficientes pueden afectar de manera importante a la regularidad y eficacia de las operaciones de aviones. Es esencial que la construcción de la superficie de pistas pavimentadas sea tal que proporcione buenas características de rozamiento cuando está mojada. Para lograr este objetivo es conveniente que el espesor de recubrimiento de superficies nuevas no sea inferior a 1 mm. Esto exige normalmente alguna forma especial de tratamiento de la superficie.

1.2.2 Se requieren características adecuadas de rozamiento en las pistas para tres objetivos obvios:

- a) decelerar el avión después del aterrizaje o de un despegue interrumpido;
- b) mantener el mando de dirección durante el recorrido en tierra antes del despegue o después del aterrizaje, sobre todo en caso de viento de costado, potencia asimétrica de los motores o averías de índole técnica; y
- c) permitir el rodamiento en el punto de toma de contacto.

1.2.3 Con respecto a la eficacia de frenado de los aviones o al mando de dirección, cabe destacar que, incluso en tierra el avión está expuesto a considerables fuerzas aerodinámicas y de otra índole que pueden influir en la eficacia de frenado o bien crear momentos angulares en torno al eje de guiñada. Estos pueden producirse debido a la potencia asimétrica de los motores (p. ej., por falla de un motor en el despegue), por aplicación asimétrica de los frenos de las ruedas o por el viento de costado. El resultado puede afectar críticamente la estabilidad de la dirección. En todos los casos, el rozamiento en la superficie de la pista desempeña un papel fundamental para contrarrestar esas fuerzas o momentos angulares. En el caso del mando de dirección, todos los aviones están sujetos a límites específicos respecto a los valores aceptables de la componente transversal del viento. Dichos límites disminuyen a medida que disminuye el rozamiento en la superficie de la pista.

1.2.4 Una disminución del rozamiento en la superficie de la pista no tiene la misma importancia en el aterrizaje que en el caso del despegue interrumpido, debido a diferentes criterios según las operaciones.

1.2.5 En el aterrizaje, el rozamiento en la superficie de la pista es especialmente importante en el punto de toma de contacto, para hacer girar a las ruedas hasta que alcancen la plena velocidad de rotación. Esto es sumamente importante para el funcionamiento óptimo de los sistemas de frenado antideslizante que se controlan por medios electrónicos y mecánicos (instalados en la mayoría de los aviones actuales) y para obtener el mejor dominio posible del mando de dirección. Además, los autoexpoliadores aerodinámicos que destruyen la sustentación residual y aumentan la resistencia aerodinámica al avance, así como los sistemas de frenado automático, sólo se activan cuando se ha alcanzado el debido rodamiento de las ruedas. Ocurre con relativa frecuencia en las operaciones que el rodamiento se retrasa como consecuencia de un insuficiente rozamiento con la superficie de la pista, lo que generalmente proviene de depósitos excesivos de caucho. En casos extremos puede ocurrir que alguna de las ruedas no gire en absoluto, creando de ese modo una situación de peligro que puede llevar al fallo de los neumáticos.

1.2.6 Generalmente, los requisitos de certificación de aviones con respecto a su performance y operaciones se basan en las características de rozamiento de una superficie de pista

limpia y seca, es decir, cuando se logra la máxima eficacia de frenado del avión en esa superficie. Cuando la pista está mojada se requiere a menudo aumentar la distancia de aterrizaje.

1.2.7 Para compensar la capacidad reducida de detención debido a condiciones adversas de la pista (tales como pista mojada o resbaladiza), se aplican correcciones a la performance, en forma de aumento de la longitud de pista requerida o reducción de la masa admisible de despegue o de aterrizaje. Para compensar la disminución del mando de dirección se reduce el valor admisible de la componente transversal del viento.

1.2.8 A fin de contrarrestar posibles problemas causados por un rozamiento inadecuado en la superficie de la pista existen básicamente dos enfoques posibles:

- a) proporcionar datos fidedignos de performance de los aviones para el despegue y el aterrizaje en relación con las actuales características de rozamiento en la superficie de la pista y de eficacia de frenado del avión; y
- b) proporcionar características adecuadas de rozamiento en la superficie de la pista en todo momento y en toda clase de condiciones ambientales.

1.2.9 El primer enfoque, que sólo mejoraría la seguridad, pero no la eficiencia ni la regularidad de las operaciones, ha resultado difícil debido principalmente:

- a) al problema de determinar las características de rozamiento en la pista en términos válidos desde el punto de vista operacional; y
- b) al problema de la correlación entre los dispositivos de medición del rozamiento utilizados en tierra y la eficacia de frenado del avión. Esto se aplica particularmente al caso de pistas mojadas.

1.2.10 El segundo es un enfoque ideal que se aplica en concreto a las pistas mojadas, y consiste fundamentalmente en especificar los niveles mínimos de las características de rozamiento para fines de diseño y mantenimiento del pavimento. Es evidente que las pistas construidas según normas adecuadas y debidamente mantenidas proporcionan condiciones óptimas para las operaciones y satisfacen este objetivo. En consecuencia, los esfuerzos deberían concentrarse en la formulación y aplicación de normas adecuadas de diseño y mantenimiento de las pistas.

1.3 NECESIDAD DE EVALUAR LAS CONDICIONES DE LA SUPERFICIE DE LAS PISTAS

1.3.1 Es necesario evaluar las características de rozamiento en la superficie de las pistas en función de la velocidad en las siguientes circunstancias:

- a) pista seca, en la que solamente puede ser necesario efectuar mediciones poco frecuentes para evaluar la textura de la superficie, su desgaste y la necesidad de restaurarla;
 - b) pista mojada, en la que solamente puede ser necesario efectuar mediciones periódicas de las características de rozamiento en la superficie para determinar si están por encima del nivel de planificación de mantenimiento o del nivel mínimo aceptable. En este contexto cabe destacar que una disminución importante del coeficiente de rozamiento con el consiguiente hidroplaneo ("aquaplaning") viscoso puede ser resultado de la presencia de contaminantes de caucho en pistas mojadas;
 - c) pista con capas de agua de un espesor apreciable, en cuyo caso habrá que tener en cuenta la necesidad de determinar si existe la tendencia a que se produzca el fenómeno de hidroplaneo;
 - d) pista resbaladiza en condiciones desacostumbradas, en la que deban hacerse mediciones suplementarias siempre que existan dichas condiciones;
 - e) pista cubierta de nieve, nieve fundente o hielo, en la cual se requieren evaluaciones actualizadas y adecuadas de las condiciones de rozamiento en la superficie; y
 - f) pista cubierta de nieve fundente o nieve mojada (e incluso de nieve seca) de gran extensión y espesor apreciable, en cuyo caso habrá que tener en cuenta la necesidad de determinar la resistencia al avance debida a los contaminantes.
- b) en el caso de pistas cubiertas de nieve o hielo la solución puede variar según el tráfico del aeropuerto, la frecuencia de condiciones de rozamiento insuficiente y la disponibilidad de equipo de limpieza y de dispositivos de medición. Por ejemplo:
 - 1) en los aeropuertos de intenso tráfico o en aeropuertos en los que se presenten con frecuencia condiciones de rozamiento insuficiente, hay que utilizar equipo adecuado de limpieza de pistas y dispositivos de medición del rozamiento para comprobar los resultados;
 - 2) en los aeropuertos de bastante tráfico en los que las condiciones de rozamiento insuficiente se presenten con poca frecuencia, pero en los que las operaciones deben continuar a pesar del tipo inadecuado de limpieza de pista, hay que medir el coeficiente de rozamiento en la pista, evaluar la posible resistencia al avance debida a los depósitos de nieve fundente, y determinar la posición y altura de los bancos de nieve importantes; y
 - 3) en los aeropuertos en los que las operaciones pueden suspenderse en condiciones desfavorables de pista, pero en los que se requiere una advertencia del inicio de tales condiciones, hay que medir el coeficiente de rozamiento en la pista, evaluar la posible resistencia al avance debida a los depósitos de nieve fundente y determinar la posición y altura de los bancos de nieve importantes.

Nota.— Puede requerirse la evaluación de las condiciones de la superficie si los bancos de nieve cerca de una pista o de una calle de rodaje son de tal altura que constituyen un peligro para los aviones a las que el aeropuerto está destinado a servir. También deben evaluarse las condiciones de las pistas al construirlas o después de un recubrimiento de la superficie, a fin de determinar sus características de rozamiento cuando están mojadas.

1.3.2 Las situaciones mencionadas pueden exigir de las autoridades del aeropuerto lo siguiente:

- a) en los casos de pista seca o mojada deberían tomarse medidas correctivas de mantenimiento siempre que las características de rozamiento en la superficie se encuentren por debajo del nivel de planificación de mantenimiento. Si las características de rozamiento en la superficie de la pista no llegan a un nivel mínimo aceptable deben adoptarse medidas correctivas de mantenimiento y además, debe suministrarse información sobre la posibilidad de que la pista se vuelva resbaladiza cuando esté mojada (véase el Apéndice 5 para un ejemplo de un programa de evaluación del rozamiento en la pista);

1.4 RESISTENCIA AL AVANCE DEBIDA A CONTAMINANTES

1.4.1 Existe el requisito de notificar la presencia de nieve, nieve fundente, hielo o agua en una pista, así como de hacer una evaluación del espesor, y ubicación de la nieve, nieve fundente o agua. Los informes de evaluación del espesor de contaminantes en una pista se interpretarán de manera diferente por los explotadores de aviones, según se trate del despegue o del aterrizaje. Para los despegues, los explotadores tendrán que tener en cuenta el efecto de la resistencia al avance debido a los contaminantes y, dado el caso, del hidroplaneo en los requisitos relativos a la distancia de despegue y a la distancia de aceleración-parada, valiéndose de la información disponible. En el caso de los aterrizajes, el peligro principal deriva de la falta de rozamiento debida al fenómeno de hidroplaneo, a nieve compactada, o a hielo, mientras que la resistencia al avance debida a los contaminantes puede ayudar a la deceleración del avión.

1.4.2 Sin embargo, además de cualquier efecto adverso, por la resistencia al avance en el despegue debida a los contaminantes o por la pérdida de eficacia de frenado en el aterrizaje, la nieve fundente y el agua proyectadas por las ruedas del avión pueden extinguir los motores y causar daños

de importancia a la célula y a los motores. Ello constituye una razón más para subrayar la necesidad fundamental de limpiar la pista en lugar de dedicar esfuerzos especiales, por ejemplo, a mejorar la precisión de las mediciones y a notificar las características de rozamiento en pistas contaminadas.

1.5 EXPLICACIÓN DE TÉRMINOS Y EXPRESIONES

1.5.1 Es imposible analizar los métodos para medir el rozamiento y el espesor de contaminantes sin haber considerado primeramente los fenómenos básicos que se producen tanto debajo como a los lados de los neumáticos en rotación. Para simplificar la explicación, esos fenómenos pueden presentarse en forma cualitativa.

Porcentaje de resbalamiento

1.5.2 Los frenos en los antiguos modelos de aviones no estaban equipados con dispositivos antideslizantes, es decir cuanto mayor era la presión que el piloto aplicaba a los frenos, tanto mayor era el par de frenado que podía obtenerse. Al aplicar la presión a los frenos, disminuía la velocidad de rotación de la rueda, y con tal que se aplicase un par suficiente, podía llegarse a bloquear la rueda. Suponiendo que la velocidad del avión fuera de 185 km/h (100 kt) y la velocidad del neumático en el punto de contacto con el suelo fuera de 148 km/h (80 kt), el neumático resbalaría sobre la superficie a una velocidad de 37 km/h (20 kt). Esto se denomina un resbalamiento del 20%. Del mismo modo, cuando el resbalamiento es del 100%, la rueda está bloqueada. La importancia de este término reside en el hecho de que, a medida que varía el porcentaje de resbalamiento, varía igualmente la magnitud de la fuerza de rozamiento producida por la rueda, como lo indica el diagrama de la Figura 1-1 para una pista mojada. Por lo tanto, el valor máximo de la fuerza de rozamiento se produce en un punto correspondiente a un resbalamiento comprendido entre el 10% y el 20%, principio que aprovechan los sistemas modernos para aumentar la eficacia de frenado. Se logra esta finalidad permitiendo que las ruedas resbalen en esta gama de porcentajes.

1.5.3 La importancia que tiene esta curva desde el punto de vista de la medición del coeficiente de rozamiento en la pista es que el valor en el punto máximo de la curva (llamado μ máx.), trazada en función de la velocidad, representa una característica de la superficie de la pista, de los contaminantes, o del dispositivo de medición del rozamiento y, por lo tanto, es un valor estándar reproducible. Ese tipo de dispositivo puede utilizarse, en consecuencia, para medir el coeficiente de rozamiento en la pista. El valor medido en pistas cubiertas de nieve o de hielo puede suministrarse al piloto en una forma que le resulte significativa. El valor medido en una pista mojada puede utilizarse para evaluar las características de rozamiento en la pista cuando está mojada.

Rueda bloqueada

1.5.4 El término "rueda bloqueada" tiene el significado exacto que implica y el coeficiente de rozamiento μ desliz. producido en esta condición corresponde al 100% de resbalamiento indicado en la Figura 1-1. Cabe observar que este valor es inferior al μ máx. logrado con un deslizamiento óptimo. Ensayos realizados han demostrado que en el caso de un neumático de avión el μ desliz. varía entre un 40% y un 90% del valor del μ máx., en función de las condiciones de la pista. A pesar de ello, se han empleado también vehículos que utilizan una rueda bloqueada para medir el coeficiente de rozamiento en la pista. En este caso, el valor medido representaría la posibilidad de rodamiento en el punto de toma de contacto.

Coefficiente de rozamiento lateral

1.5.5 Cuando se aplica una guiñada a una rueda en rotación, tal como ocurre cuando un vehículo cambia de dirección, la fuerza en la rueda puede descomponerse en dos direcciones, una en el plano de la rueda y la otra a lo largo de su eje. El coeficiente de rozamiento lateral es la relación de la fuerza a lo largo del eje dividida por la carga vertical. Esta relación, representada en un gráfico en función del ángulo de guiñada para diferentes superficies, permite establecer una relación similar a la indicada en la Figura 1-2.

1.5.6 Cuando el ángulo de guiñada de la rueda sea superior a 20°, el coeficiente de rozamiento lateral no puede utilizarse para obtener un número que represente el coeficiente de rozamiento de la pista. Admitiendo algunas otras consideraciones, puede hacerse trabajar efectivamente la rueda con el valor μ máx. La relación entre la fuerza lateral y el ángulo de guiñada variará en función de la presión, de la firmeza (construcción) y de la velocidad.

Rozamiento "normal" en pista mojada e hidroplaneo

1.5.7 Cuando se considera una pista mojada o cubierta de agua, hay ciertos aspectos del problema global del frenado que, aunque son distintos, están relacionados entre sí. En primer lugar, el rozamiento "normal" en pista mojada es una condición por la que la presencia de agua en una pista hace que el coeficiente de rozamiento sea inferior al de la pista seca. Esto obedece a que no puede expulsarse completamente el agua que se encuentra entre el neumático y la pista, lo que da como resultado un contacto sólo parcial entre estas dos superficies. Existe, en consecuencia, una acusada reducción de la fuerza que se opone al movimiento del neumático relativo a la pista, a causa de que el resto del contacto se hace entre el neumático y el agua. Para obtener un elevado coeficiente de rozamiento en una pista mojada o cubierta de agua es, por lo tanto, necesario que se desplace o rompa la película acuosa que se interpone durante el tiempo en que cada elemento del neumático está en contacto con la pista. A medida que la velocidad aumenta, se reduce el tiempo de contacto y queda

menos tiempo para que el proceso se complete; de esta forma, los coeficientes de rozamiento de las superficies mojadas tienden a disminuir a medida que aumenta la velocidad, es decir, que efectivamente la pista resulta más resbaladiza. En segundo lugar, uno de los factores que es objeto de mayor preocupación en estas condiciones es el fenómeno denominado hidroplaneo, por el que los neumáticos del avión están separados de la superficie de la pista por una delgada película acuosa. En estas condiciones el coeficiente de rozamiento se hace casi despreciable y resultan prácticamente ineficaces el frenado y el mando de dirección de las ruedas. A continuación, se ofrece una descripción de los tres tipos principales de hidroplaneo que se conocen. En 2.1 se proporciona más orientación en cuanto al espesor del agua y a su influencia en el hidroplaneo.

1.5.8 La reducción del rozamiento que ordinariamente ocurre cuando una superficie está mojada y la reducción del rozamiento cuando aumenta la velocidad de un avión, se explican por el efecto combinado de las presiones viscosa y dinámica del agua a que está sujeto el conjunto neumático/superficie. Esta presión causa una pérdida parcial del contacto "seco" en una magnitud que tiende a aumentar con la velocidad. Hay casos en que la pérdida es prácticamente total y el rozamiento disminuye hasta valores despreciables. Esto se conoce como hidroplaneo viscoso, dinámico o de desvulcanización. La forma en que estos fenómenos afectan distintas zonas de la interfaz neumático/superficie y en la medida en que varían en magnitud según la velocidad se ilustran en la Figura 1-3, que se basa en la noción de tres zonas sugeridas por Gough. En la zona 1, donde hay presión dinámica, y en la zona 2, donde hay presión viscosa, el rozamiento es prácticamente cero, mientras que se puede suponer que en la zona 3 hay rozamiento seco. Dado que la extensión de esta zona disminuirá gradualmente a medida que aumente la velocidad, el valor del coeficiente de rozamiento μ se reducirá en la misma proporción a que se reduzca la extensión de la zona 3. Cabe suponer que la proporción entre las zonas será la misma si dos ruedas están girando a la misma proporción de su velocidad de hidroplaneo.

1.5.9 Cuando se trata del hidroplaneo viscoso, la pérdida de tracción puede producirse a velocidades relativamente bajas, debido al efecto de la viscosidad, que se opone a que el agua escape por debajo del área de contacto del neumático. Ello exige, sin embargo, que la superficie de la pista sea sumamente lisa y esa superficie puede encontrarse en partes en las que hay una espesa capa de depósitos de caucho de los neumáticos por ser la zona de inicio del rodamiento durante la toma de contacto, o en partes que han quedado alisadas por efecto del tráfico. El hidroplaneo viscoso se relaciona con las pistas húmedas/mojadas y, una vez que se presenta, persiste hasta velocidades muy reducidas. Este hidroplaneo se experimenta durante la parte del frenado, ya sea en un despegue interrumpido o durante el recorrido de aterrizaje.

1.5.10 El hidroplaneo dinámico se produce cuando se excede una velocidad crítica que es función de la presión del

neumático. La condición resulta del efecto inercial del agua por el cual la presión que ejerce hacia abajo el neumático (presión de inflado) no basta para expulsar el agua que se encuentra por debajo del área de contacto en este breve espacio de tiempo. Se puede producir el hidroplaneo dinámico en una pista que tenga una macrotextura inadecuada y a velocidades mayores de la velocidad crítica de hidroplaneo, siempre que la capa de hielo tenga suficiente espesor. El fenómeno está relacionado con la condición de pista cubierta de líquido de un espesor mensurable y se presenta a una velocidad crítica, que es función directa de la presión de inflado. Cuanto más elevada sea la presión de inflado, tanto mayor será la velocidad a la que se producirá el hidroplaneo (dinámico). Sin embargo, se compensa este efecto por el hecho de que al aumentar la presión de los neumáticos disminuye generalmente el rozamiento en mojado que se puede lograr en la gama de velocidades anteriores a la de hidroplaneo. El hidroplaneo dinámico se produce a las velocidades más elevadas de los recorridos tanto de aterrizaje como de despegue. Se ha descubierto que basta con que el agua estancada sobre la pista tenga un espesor de 0,5 mm para que tenga lugar el hidroplaneo dinámico. Este espesor relativamente pequeño puede producirse en un chaparrón fuerte de lluvia, o por los charcos que se forman debido a irregularidades de la superficie de la pista.

1.5.11 Queda mucho por investigar en lo que se refiere a la desvulcanización, aunque las teorías actuales indican que entre el área de contacto del neumático y la superficie de la pista se genera vapor sobrecalentado a una temperatura de aproximadamente 200°C, que hace fundir la parte afectada de la banda de rodadura del neumático. Según una hipótesis la goma fundida actúa como un sello hermético que impide escapar al vapor contenido a gran presión. En caso de incidentes en los que era sabido que se había producido el fenómeno de desvulcanización, se observaron posteriormente manchas blancas en la superficie de la pista, características de la enérgica acción detergente del "lavado al vapor". El hidroplaneo producido por desvulcanización puede producirse en cualquier situación y a cualquier velocidad cuando un neumático no esté rodando (bajo la acción del freno o no) por un período prolongado de tiempo. En consecuencia, el mejor remedio en este caso sería evitar el bloqueo de la rueda. En el Apéndice 1 se presentan otros textos sobre la teoría del fenómeno de hidroplaneo viscoso y dinámico.

Coefficiente de rozamiento

1.5.12 El coeficiente de rozamiento se define como la relación entre la fuerza tangencial necesaria para mantener un movimiento relativo uniforme entre las dos superficies en contacto (neumáticos del avión y superficie del pavimento) y la fuerza perpendicular que las mantiene en contacto (peso distribuido del avión sobre el área del neumático del avión). El coeficiente de rozamiento se denota frecuentemente mediante la letra griega μ . Es un procedimiento sencillo para cuantificar el resbalamiento relativo de las superficies de pavimento.

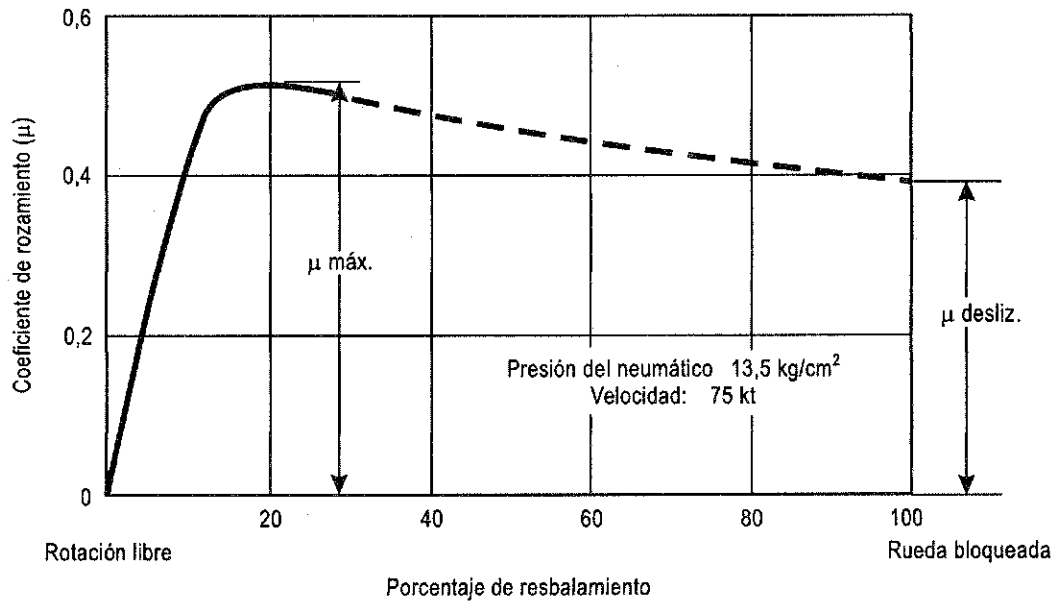


Figura 1-1. Relación entre el porcentaje de resbalamiento y el coeficiente de rozamiento en una pista mojada

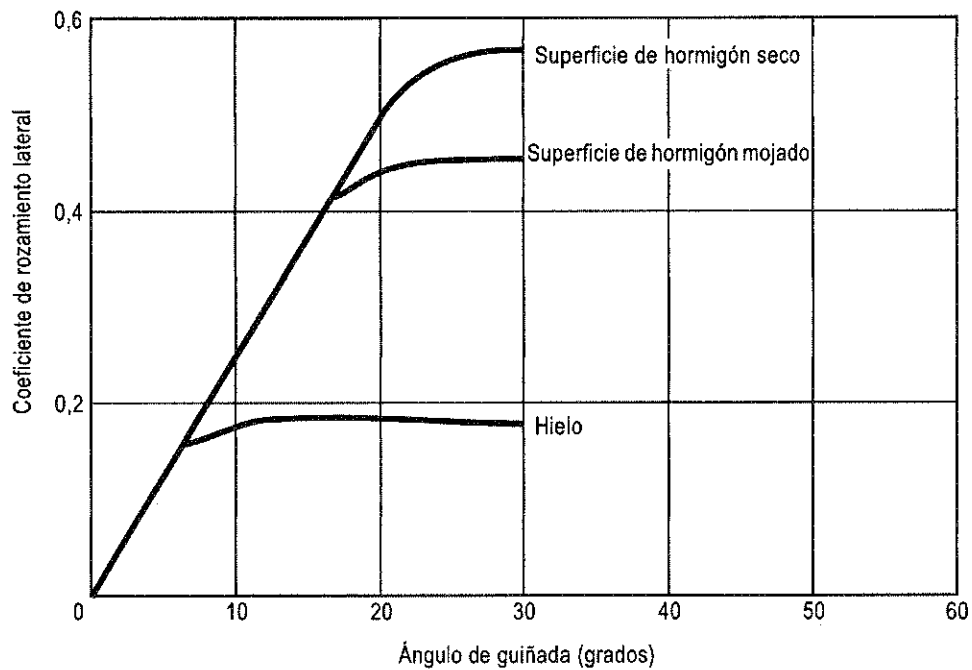


Figura 1-2. Variación ordinaria del coeficiente de rozamiento lateral en función del ángulo de guiñada

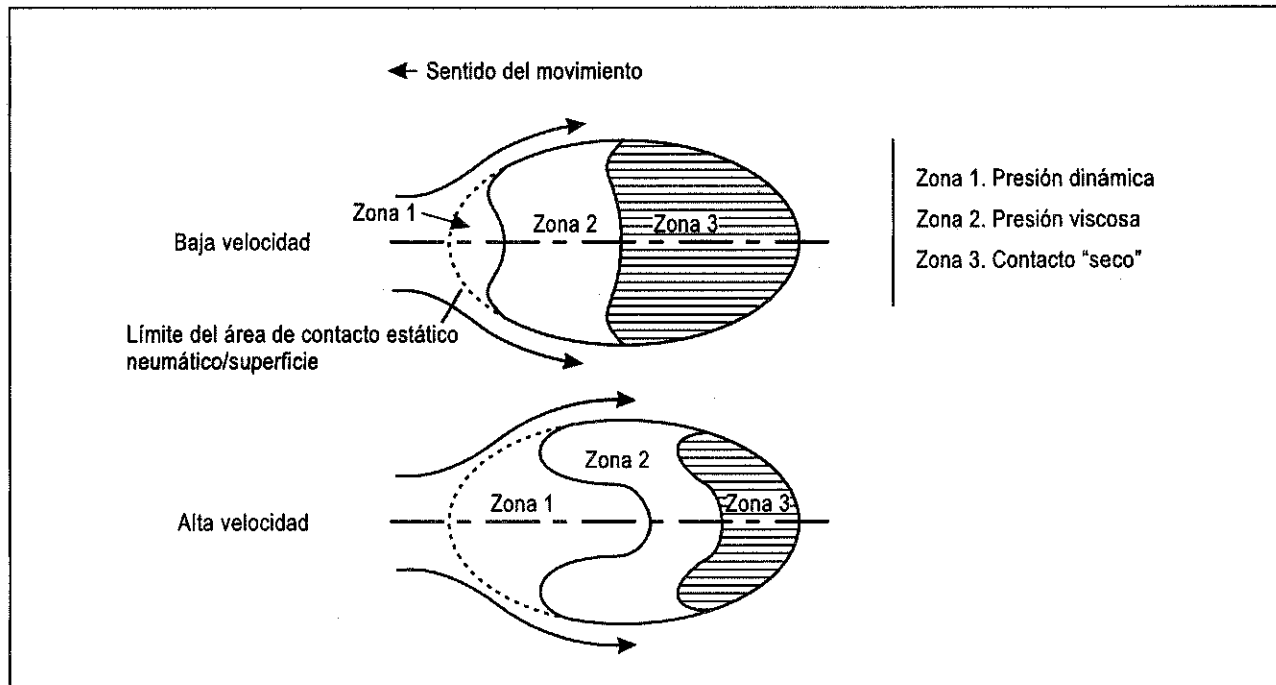


Figura 1-3. Zonas de interfaz neumático/superficie

Eficacia del sistema de frenos

1.5.13 Los sistemas modernos de frenos antideslizantes se han diseñado para que funcionen tan cerca como sea posible del valor máximo de rozamiento (μ máx.). Por lo general la eficacia del sistema de frenado es sólo un porcentaje de este valor máximo. Esta eficacia tiende a aumentar con la velocidad, habiéndose obtenido, en un ensayo realizado sobre una superficie mojada utilizando un sistema de modelo antiguo, valores del 70% a 56 km/h (30 kt) y de hasta casi el 80% a 222 km/h (120 kt). Con sistemas modernos se han notificado valores todavía más elevados. Para los sistemas antideslizantes en uso en muchos aviones de transporte, el coeficiente de eficacia de frenado, μ_{eff} , se ha determinado empíricamente como sigue:

$$\mu_{\text{eff}} = 0,2 \mu_{\text{máx.}} + 0,7 \mu_{\text{máx.}}^2, \text{ para } \mu_{\text{máx.}} \text{ inferior a } 0,7$$

$$\text{y } \mu_{\text{eff}} = 0,7 \mu_{\text{máx.}}, \text{ para } \mu_{\text{máx.}} = 0,7 \text{ o superior}$$

Resistencia de rodadura

1.5.14 La resistencia de rodadura es la resistencia al avance causada por la deformación elástica del neumático y por la superficie que lo soporta. Para un neumático ordinario de avión, de pliegues sesgados ("bias-ply"), es aproximadamente igual al producto de 0,02 por la carga vertical que soporta el neumático. Para que el neumático

gire, el coeficiente de rozamiento de rodadura debe ser inferior al coeficiente de rozamiento entre el neumático y la pista.

Curvas de rozamiento en función de la velocidad

1.5.15 El agua es uno de los mejores lubricantes para el caucho y el desplazamiento del agua y la penetración de finas películas en el área de contacto del neumático exige cierto tiempo. Existen varios parámetros de la superficie de la pista que aceptan la posibilidad de expulsar el agua del área de contacto del neumático. Si la pista tiene una buena macrotextura que deje escapar el agua por debajo del neumático, el coeficiente de rozamiento resultará menos afectado por la velocidad. A la inversa, una superficie de inferior macrotextura experimentará una disminución mayor de rozamiento al aumentar la velocidad. Otro parámetro es la angulosidad de la textura (microtextura) que determina básicamente el nivel de rozamiento de una superficie, tal como se ilustra en la Figura 1-4.

1.5.16 A medida que aumenta la velocidad, los coeficientes de rozamiento de las dos superficies de textura abierta A y D disminuyen levemente, en tanto que los coeficientes de rozamiento de las superficies B y C tienen una disminución más apreciable. Esto sugiere que la pendiente de la curva de rozamiento en función de la velocidad se ve afectada principalmente por la macrotextura.

La magnitud del coeficiente de rozamiento se ve afectada predominantemente por la aspereza de las rugosidades, ya que A y B tienen una microtextura angulosa y C y D son lisas. En consecuencia, desde el punto de vista del rozamiento las superficies de las pistas deberían tener siempre una combinación de texturas angulosa y abierta. En consecuencia, una curva de rozamiento en función de la velocidad indica el efecto de la velocidad en el coeficiente de rozamiento en una superficie mojada, especialmente si se incluyen velocidades más elevadas, es decir, de aproximadamente 130 km/h (70 kt) o superiores.

Textura de la superficie

1.5.17 La textura de la superficie entre el neumático y la pista depende de cierto número de factores tales como la

velocidad, la textura de la superficie, el tipo de contaminantes en la pista, el espesor de los mismos, el compuesto de caucho del neumático, la estructura del neumático, el tipo de banda de rodadura, la temperatura de la banda de rodadura, el grado de desgaste del neumático, la presión de inflado, la eficacia del sistema de frenos, el par de frenado, el porcentaje de resbalamiento de la rueda y la estación del año. Algunos de estos factores tienen efecto recíproco, y su efecto independiente sobre la magnitud del coeficiente de rozamiento varía en importancia. Sin embargo, el parámetro que determina en forma más significativa la magnitud del rozamiento que se puede lograr en superficie húmeda y la relación velocidad/rozamiento es el correspondiente a la micro/macrotextura de la superficie de la pista. En el Apéndice 2 se presentan otros datos sobre el influjo de las características de micro/macrotextura de la superficie en la eficacia del rozamiento de los neumáticos.

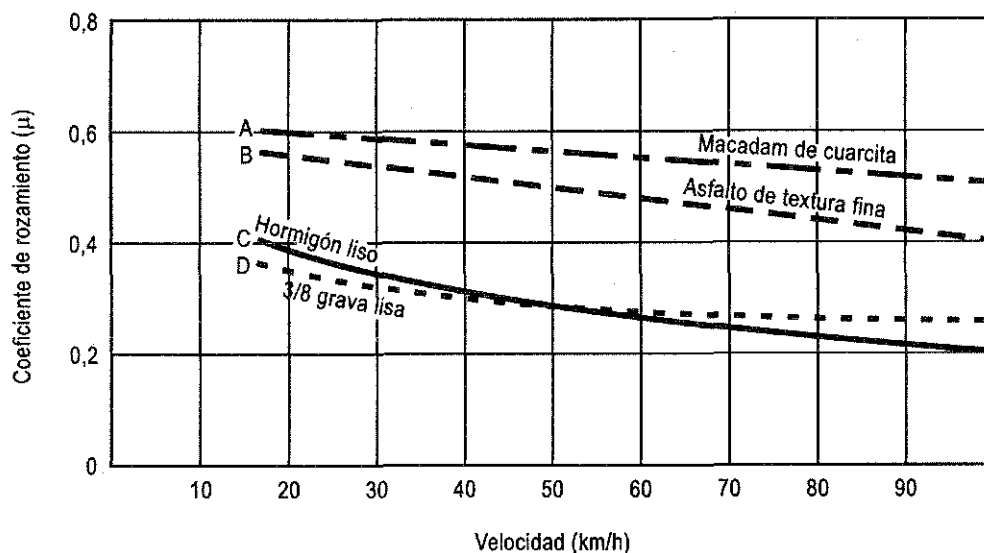


Figura 1-4. Relación entre el coeficiente de rozamiento de frenado logrado con frenos antideslizantes en superficies de diferentes texturas y en determinadas condiciones operacionales

Capítulo 2

Evaluación de los factores básicos que afectan al rozamiento

2.1 ESPESOR DE LA CAPA DE AGUA Y SU INFLUENCIA EN EL HIDROPLANEODINÁMICO

2.1.1 La velocidad crítica a la que ocurre el hidroplaneo (véanse 1.5.7 a 1.5.11) depende de cómo se define éste según se ilustra en la Figura 2-1. Si la velocidad a la que se produce el hidroplaneo se define como el punto en el cual llega a su máximo la curva de la resistencia al avance en función de la velocidad, no corresponderá con la velocidad a la cual la rueda cesa de girar. Al piloto le importa poco lo primero, pero sí le interesa conocer cuándo existe insuficiente rozamiento entre el neumático y el suelo para hacer que gire la rueda, es decir, para superar la resistencia de rodadura, dado que a partir de ese punto no puede aplicar un frenado efectivo. Es probable que a esta velocidad exista todavía cierto contacto con el suelo, aunque insuficiente para provocar la rotación de la rueda. Cuando ninguna parte del neumático se encuentre en contacto con la superficie, esta velocidad será probablemente más próxima a la del punto a partir del cual deja de aumentar la resistencia al avance de la rueda (es decir, en el máximo de la línea continua de la Figura 2-1).

2.1.2 El fenómeno de hidroplaneo dinámico se iniciará a una velocidad, expresada en kilómetros por hora (o en nudos), que corresponde aproximadamente a 624 veces (356 veces) el valor de la raíz cuadrada de la presión de inflado del neumático en kPa. No se conoce bien la naturaleza del fenómeno, pese a que se produjo inesperadamente el mismo durante ensayos del valor de rozamiento con un avión equipado con instrumentos especiales, midiéndose un valor del coeficiente de rozamiento de $\mu = 0,05$ con los frenos aplicados. El registro de la velocidad de la rueda indicaba que no había suficiente resistencia de rodadura para hacer girar de nuevo la rueda cada vez que actuaba el freno automático.

2.1.3 Otro aspecto importante es que, una vez iniciado el fenómeno de hidroplaneo, la velocidad con relación al suelo debe reducirse a un valor muy inferior al de la velocidad de hidroplaneo antes de que las ruedas vuelvan a girar. Este fenómeno se indica claramente en ensayos realizados por la Universidad de Bristol con una rueda de 23 cm tal como aparece en la Figura 2-2.

2.1.4 Se observará que, con un neumático inflado a una presión de 206,8 kPa y con una carga de 90 kg, se inicia el hidroplaneo a unos 23 m/s pero el neumático no vuelve a tener contacto con el suelo hasta que la velocidad no se reduzca a 9 m/s. Cualquier cambio que se introduzca en la carga aplicada al neumático cambia igualmente la velocidad de hidroplaneo, suponiendo que ésta es la velocidad a la cual la rueda disminuye su velocidad de giro. El aspecto práctico demostrado por esta experiencia es que un neumático de avión no volverá a tener suficiente contacto con la superficie para obtener un frenado efectivo, en tanto no haya llegado a una velocidad bien inferior a la necesaria para iniciar el hidroplaneo.

2.1.5 Está claro que el hidroplaneo dinámico y viscoso sólo ocurrirá si existe sobre la pista una altura de agua suficiente para que el neumático no pueda desalojar el líquido de la huella de contacto del neumático con bastante rapidez para permitir el contacto con una superficie casi seca. El problema pasa a ser entonces una cuestión de drenaje y, principalmente, de micro/macrotextura de la pista, aunque el dibujo de la banda de rodadura tiene una pequeña influencia. Una banda de rodadura con ranuras apropiadas producirá canales de drenaje adicionales cuya eficacia disminuirá, no obstante, a medida que las ranuras se desgastan por debajo de límites admisibles. Actualmente se acepta, en general, que el riesgo de hidroplaneo puede minimizarse considerablemente si se utiliza una adecuada micro/macrotextura de superficie de pista. Este aspecto se trata en el *Manual de diseño de aeródromos*, (Doc 9157), Parte 3 — *Pavimentos*.

2.1.6 Con objeto de determinar cómo varía el espesor de agua necesario para sustentar el hidroplaneo según la textura de la superficie, el United Kingdom College of Aeronautics efectuó pruebas para determinar sus características de hidroplaneo, en superficies de hormigón tratadas con cepillos (pero no con rastrillos de alambre) y de hormigón escarificado. Creando charcos en cada una de las superficies que corresponden a la vía prevista y utilizando un dispositivo medidor instalado en la pista, se ha podido determinar la altura del neumático, sobre la pista, durante el fenómeno de hidroplaneo. La Figura 2-3 se obtuvo llevando gráficamente la altura de la capa de agua por encima del marcador en función de la altura del neumático por encima de la pista.

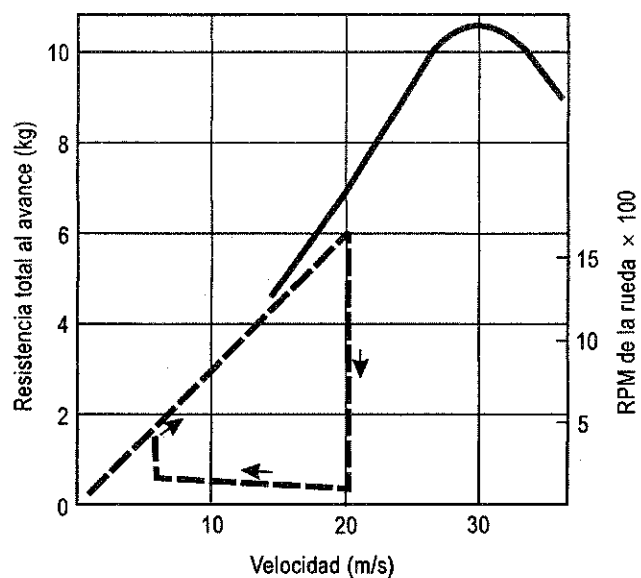


Figura 2-1. Variación de la resistencia total al avance de un neumático pequeño, en función de las revoluciones por minuto de la rueda y de la velocidad

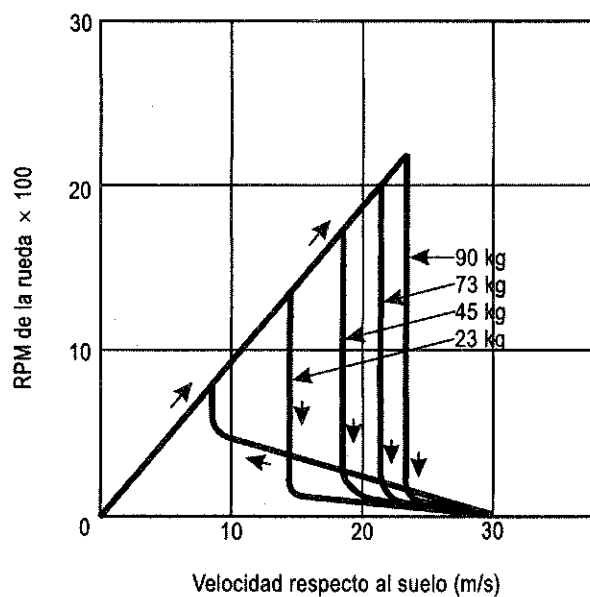


Figura 2-2. Variación de la rotación de la rueda en función de la velocidad respecto al suelo y la carga

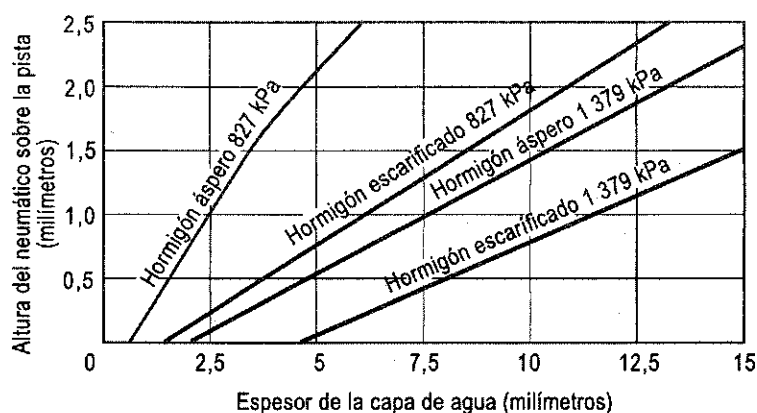


Figura 2-3. Altura del neumático por encima de la pista correspondiente a diferentes alturas de agua, texturas de superficie y presión de inflado del neumático a velocidades superiores a las del hidroplaneo

2.1.7 Se ha observado que, una vez iniciado el fenómeno de hidroplaneo (que puede ocurrir en un charco de agua), el neumático no volverá a tomar contacto con la pista cuando la capa de agua tenga más de 0,6 mm si la superficie es de hormigón tratado con cepillo y la presión de inflado del neumático de 827 kPa. Cuanto mayor sea la presión de inflado tanto mayor tendrá que ser el espesor de la capa de agua necesario para sustentar el hidroplaneo. Igualmente, cuanto más áspera sea la textura de la superficie, tanto mayor será el espesor necesario de la capa de agua. Estos ensayos revelaron también que el fenómeno de hidroplaneo puede iniciarse en milisegundos, una vez que se ha encontrado el espesor crítico de la capa de agua. Se estima que el proporcionar a las superficies de pista una textura conveniente, un buen drenaje de la superficie y los medios de medir y notificar el espesor de toda agua que quede estancada, son los requisitos indispensables para reducir al mínimo el peligro del hidroplaneo y mejorar en general las características de rozamiento en condiciones de pista mojada.

2.1.8 Considerando que la altura inicial de la capa de agua depende de la textura de la superficie, es vital traducir esta información en términos prácticos. Deberá aplicarse algún método o dispositivo para definir la textura, de cuyo un difícil problema, ya que el tamaño, forma y angulosidad de los áridos son elementos que tienen todos ellos importancia. El párrafo 2.3 contiene información sobre los diversos métodos y técnicas de medición.

2.1.9 Al parecer pocos Estados, si es que hay alguno, suministran actualmente información acerca de la altura de la capa de agua en la pista, aunque en ciertos Estados que utilizan el sistema de pistas preferente, en condiciones de pista mojada, se practica el método de cambiar la pista de aterrizaje para utilizar la más larga o una que tenga menos viento de costado.

2.1.10 Se ha creído que la medición del espesor de la capa líquida podría reemplazar la medición del rozamiento de la pista. Se emprendió un estudio a tal efecto con objeto de determinar la lista de requisitos que deben reunir los dispositivos para medir el espesor de la capa líquida. El estudio mostró que entre otros requisitos los dispositivos deberían ser precisos, de utilización fácil y rápida y poder medir el espesor de una capa de líquido de hasta 10 mm. Además, el tiempo de operación en pista debería ser mínimo y las lecturas no deberían estar afectadas por la concentración de sal en la superficie de la capa líquida. Ninguno de los dispositivos que vienen utilizando los Estados parece responder a estos requisitos, aunque se considera que por lo menos uno de ellos reúne los requisitos para efectuar trabajos de investigación. Si bien podría proyectarse un dispositivo que respondiese a todos los requisitos mencionados, su realización no sería factible; es preferible emprender programas destinados a mejorar la textura de la superficie de las pistas y el drenaje de las mismas, en lugar de medir el espesor de la capa líquida. Los dispositivos sólo podrían tener alguna importancia en los casos raros de chaparrones muy fuertes. Aun suponiendo que se proyecte un dispositivo que responda a los requisitos especificados, otra gran dificultad parece ser el número y emplazamientos de dispositivos requeridos para una pista. Se ha llegado, por ende, a la conclusión de que no es práctico normalizar los dispositivos para medir el espesor de la capa de líquido y determinar así el coeficiente de rozamiento de la pista.

2.1.11 *Otras consideraciones.* El espesor de la capa líquida es, evidentemente, sólo una de las consideraciones. Es sumamente importante conocer la densidad y la viscosidad que existen para determinada profundidad. Para cada espesor mensurable de la capa de agua, es preciso considerar la densidad y viscosidad del líquido, la textura de la pista, el dibujo y el estado de desgaste de la banda de rodadura y los residuos acumulados en la pista, antes de que pueda determinarse cualquier aplicación de carácter operacional.

2.2 SUSTANCIAS PERJUDICIALES SOBRE EL PAVIMENTO

2.2.1 La presencia de sustancias en estado fluido (nieve fundente, nieve mojada o agua estancada) en las pistas puede tener un efecto sumamente adverso para la operación de las aeronaves. Las variaciones de la clase de sustancia y el efecto crítico de su espesor han creado dificultades para determinar satisfactoriamente el efecto de la resistencia al avance causada por tales depósitos. Las disposiciones operacionales que tratan el problema del despegue en pistas cubiertas de nieve fundente o de agua, figuran en el *Manual de aeronavegabilidad* (Doc 9760).¹

2.2.2 En la utilización de pistas cubiertas con depósitos líquidos de espesor mensurable existen, además de la presencia de niveles críticamente bajos de rozamiento y de efectos adversos de hidroplaneo, los efectos retardadores denominados “resistencia al avance de los residuos de precipitación”. Más concretamente, esa resistencia al avance puede dividirse para que comprenda:

- a) la resistencia al avance debida al desplazamiento del líquido;
- b) las características de deslizamiento de la rueda;
- c) la resistencia al avance debida al choque contra el avión de las salpicaduras que proyectan las ruedas. Basándose en ensayos reales efectuados con aviones y pruebas de recorrido en tierra, se ha deducido que los niveles de la resistencia al avance debida a la precipitación, son registrados, en función directa de las siguientes variables y de su aplicación combinada, a saber: el cuadrado de la velocidad con respecto al suelo, la carga vertical, la presión de inflado de los neumáticos, la densidad del líquido, el espesor del líquido y el emplazamiento de la rueda.

2.2.3 Al rodar libremente sobre una pista cubierta de líquido el neumático en movimiento tiene contacto con el líquido estacionario acumulado sobre la pista y lo desplaza. Los cambios resultantes en la cantidad de movimiento del líquido crean presiones hidrodinámicas que influyen en las superficies del neumático y de la pista. La componente horizontal de la presión hidrodinámica resultante se denomina “resistencia al avance debida al desplazamiento del líquido” o fuerza retardadora del movimiento de avance. La componente vertical de esta reacción se denomina “sustentación debida al desplazamiento del líquido” o la fuerza de reacción que introduce la posibilidad de que se produzca el hidroplaneo dinámico y de la tendencia a retardar la rotación de la rueda. Otras fuerzas del líquido que se oponen al movimiento de avance son “la resistencia al avance” y la “sustentación” debida a las salpicaduras, cuando parte del líquido que cubre la pista es proyectado en forma de salpicaduras que chocan

con diversas partes del avión, como son los neumáticos, el tren de aterrizaje, los dispositivos hipersustentadores y los motores empleados a popa.

2.2.4 La resistencia al avance debida al desplazamiento del líquido reviste tremenda importancia para las características de aceleración de la aeronave en el despegue. Los efectos de la resistencia al avance debida al desplazamiento del líquido se experimentan también durante la deceleración; no obstante, las ventajas que presenta el retardo durante la deceleración resultan considerablemente afectadas por la disminución general del coeficiente de rozamiento y la posible ocurrencia de hidroplaneo.

2.2.5 El problema de la resistencia al avance debida a los residuos de precipitación depositados en la pista está relacionado con el despegue, teniendo presente que el empuje del motor disminuye al aumentar la velocidad y que la resistencia al avance debida a la precipitación aumenta proporcionalmente al cuadrado de la velocidad, puede llegarse a un punto en que la resistencia al avance debida a la precipitación iguale al empuje. Si la velocidad del avión se encuentra entonces por debajo de la velocidad de despegue, nunca llegará a levantar vuelo. Además de la velocidad, la resistencia al avance debida a la precipitación variará de acuerdo al espesor y densidad de la materia depositada. Considerando que ambos, especialmente el primero, pueden variar a lo largo de la pista, puede apreciarse la complejidad del problema. Por otra parte, el hecho de que la resistencia al avance debida a los residuos de precipitación ejercida sobre la aeronave se divide en dos componentes principales, a saber, la que producen las ruedas al desplazar los residuos depositados y la debida al choque contra la aeronave de las salpicaduras proyectadas por las ruedas, significa que la resistencia total al avance debida a la precipitación variará según los diferentes tipos de aeronaves.

2.2.6 Un método de medir el espesor de la capa líquida consiste en tomar un gran número de puntos, con una regla u otro instrumento de medición, y calcular el valor medio. Este método resultaría satisfactorio si el espesor fuera relativamente uniforme, pero en la práctica esto no sucede con frecuencia.

2.2.7 El piloto deberá conocer el espesor máximo de la sustancia líquida determinada en cuya presencia se le permite despegar, y necesitará contar con informes sobre el estado de la pista para cada tercio de pista, siendo el segundo tercio o el último tercio los que revisten mayor importancia.

2.3 TEXTURA DE LA SUPERFICIE

2.3.1 Se estima que la textura de la superficie es la causa principal de diferencias del coeficiente de rozamiento de frenado de una pista mojada. Las superficies de las pistas contienen tanto macrotexturas como microtexturas. Una macrotextura es la textura gruesa que corresponde a los áridos o una textura aplicada artificialmente como la constituida por ranuras o surcos. La macrotextura puede medirse mediante varios métodos y es la responsable principal del drenaje

1. Español en preparación.

masivo de agua de la superficie. Por otra parte, la microtextura es la textura representada por las partículas individuales de áridos que pueden sentirse al tacto pero que no pueden medirse directamente. La microtextura resulta importante en las películas de agua muy delgadas que penetran en la superficie. Así pues, la macrotextura se utiliza fundamentalmente para aumentar el drenaje masivo del agua, lo que reduce la tendencia de los neumáticos de las aeronaves a experimentar hidroplaneo dinámico, mientras que la microtextura tiene gran importancia en la reducción de la incidencia del fenómeno de hidroplaneo viscoso asociado a las películas de agua muy delgadas. Dado que tanto las macrotexturas como la microtexturas inciden considerablemente en los coeficientes de rozamiento en condiciones de pista mojada puede aducirse, que sólo pueden establecerse tendencias generales utilizando mediciones de la macrotextura únicamente. Los datos disponibles en la actualidad muestran una tendencia general a favorecer la utilización de macrotexturas grandes para aumentar los coeficientes de rozamiento en condiciones de pista mojada.

2.3.2 En el Anexo 14, Volumen I, se recomienda que la profundidad media de la macrotextura de superficie de una nueva superficie no sea inferior a 1 mm, para proporcionar buenas características de rozamiento cuando la pista está mojada. Si bien profundidades inferiores a 1 mm pueden proporcionar todavía un buen drenaje, al construir una nueva superficie debe elegirse una profundidad mayor que el valor mínimo, dado que el uso normal del pavimento producirá deterioro de la superficie. Si no se proporciona una cierta profundidad adicional de textura de superficie, por encima del valor mínimo, al construir una superficie de pavimento, entonces será necesario desarrollar labores de mantenimiento al poco tiempo.

2.3.3 Por lo tanto, es lógico aplicar una técnica que establezca el gradiente de la curva de la relación velocidad/rozamiento de una superficie, partiendo de mediciones de la macrotextura de dicha superficie. Para obtener la profundidad mínima de la textura, deberían tomarse muestras que sean representativas de toda la superficie. El número de muestras requerido dependerá de las variaciones en la textura de la superficie. Con este fin, es conveniente que antes de medir la textura de la superficie se efectúe una inspección ocular de ésta para determinar los cambios importantes en la superficie del pavimento.

2.3.4 Se reconoce, por lo general, que las técnicas más adecuadas de que se dispone para medir la profundidad de la macrotextura de superficie son el método de manchas de arena y el método de manchas de grasa. A continuación se proporciona la descripción de estos dos métodos, así como de otros que pueden utilizarse para medir la profundidad media de la textura de la superficie.

Métodos de manchas de arena y de manchas de grasa

2.3.5 Se esparce sobre la superficie un volumen conocido de grasa o de partículas de arena de tamaño conocido hasta

que se colmen todas las cavidades. Si el volumen conocido se divide entonces por el área cubierta, puede encontrarse la profundidad media de las cavidades. Este tipo de medición puede indicar únicamente el efecto de la velocidad en la curva de la relación velocidad/rozamiento y ello se ha confirmado con experimentos prácticos (véase 1.5.15).

2.3.6 A continuación se ofrecen ejemplos de los métodos de medición por manchas de arena y por manchas de grasa.

Ejemplo 1 — MÉTODO DE MANCHA DE GRASA

A. Equipo necesario

1. Un cilindro metálico abierto en ambos extremos, con un volumen interno de unos 16 000 mm³. El volumen real no es crítico siempre que se conozca exactamente. Podrían considerarse como dimensiones apropiadas las siguientes: diámetro interno del tubo, 25,4 mm; longitud 32,3 mm.
2. Una espátula para enmasillar.
3. Un pistón ajustado con vástago impulsor para expeler la grasa del cilindro.
4. Una barredera de madera o aluminio recubierta de caucho, de unos 30 a 40 mm de ancho.
5. Cinta adhesiva protectora.

B. Procedimiento para la prueba

1. Primero se rellena el cilindro de prueba con cualquier grasa de uso general, utilizando la espátula con el fin de evitar que quede aire atrapado, y a continuación se alisan los extremos con la misma espátula. Se pegan dos líneas paralelas de la cinta adhesiva sobre la superficie de la pista con una separación de unos 10 cm y se coloca una tercera línea de cinta en ángulo recto con las dos cintas paralelas en uno de los extremos de las mismas. Se hace salir la grasa del cilindro por medio del pistón y se extiende en el área de prueba, esparciéndola para que penetre en los huecos de la superficie hasta el nivel de las partes salientes y dándole una forma rectangular entre las líneas paralelas de cinta protectora. Debe tenerse cuidado de que no quede ninguna grasa sobre las cintas adhesivas o en la barredera.
2. Se mide el volumen del cilindro de prueba y las dimensiones de la mancha de grasa. Se calcula el promedio de la superficie de los huecos mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Índice de la textura de la superficie} = \frac{\text{Volumen de grasa (mm}^3\text{)}}{\text{Área cubierta (mm}^2\text{)}}$$

Después de terminar las pruebas, debe quitarse la grasa de la superficie de la pista.

Ejemplo 2 — MÉTODO DE MANCHA DE ARENA

A. Equipo necesario

1. Un cilindro metálico de 86 mm de profundidad interior y 19 mm de diámetro interno.
2. Un disco plano de madera de 64 mm de diámetro, con un disco de caucho endurecido de 1,5 mm de espesor adherido a uno de sus lados, mientras que la otra cara está provista de una agarradera.
3. Arena natural seca, con partículas de forma redondeada que pasen a través de un tamiz de 300 micrones pero que no atraviesen un tamiz de 150 micrones.

B. Procedimiento para la prueba

1. Séquese la superficie que ha de medirse y bárrase con un cepillo suave para que quede limpia. Llénese el cilindro con arena, golpeando tres veces la base contra la superficie para que la arena quede compacta y alísese la misma para que quede al nivel del tope del cilindro. Viértase la arena haciendo un montón sobre la superficie que ha de probarse. Extiéndase la arena sobre la superficie moviendo el disco sobre su cara plana con un movimiento circular de modo que la arena se extienda en una trayectoria circular, de tal manera que las depresiones de la superficie queden rellenas con arena hasta el nivel de las partes salientes.
2. Mídase el diámetro de la mancha de arena con una aproximación de 5 mm. La profundidad de la textura es $31\,000/D^2$, siendo D el diámetro de la mancha expresado en milímetros.

2.3.7 Los siguientes métodos pueden utilizarse también para medir la macrotextura de la superficie:

- a) *Medición directa en el pavimento.* Se mide la longitud real de la línea que se extiende sobre esta superficie.
- b) *Método estereofotográfico.* Se fotografía la parte de esta área con una cámara estereográfica especialmente construida. De las curvas de nivel resultantes, se traza el perfil, cuya longitud se mide.
- c) *Método de la regla de copiar perfiles.* Se coloca sobre el pavimento una regla de copiar perfiles, instrumento compuesto de dos reglas solidarias de 0,30 m de largo, que sostienen una serie de finas barras verticales (agujas). Al aflojarse la presión de los soportes horizontales, desciende cada una de las agujas hasta tocar el pavimento, indicando la parte superior de las mismas el perfil de la superficie, cuya longitud puede entonces medirse.

d) *Método de "molde".* Con un material que endurece (como la plasticina) se hace un molde de la superficie. Después de haberlo cortado con la sierra, se mide en el molde el perfil obtenido.

e) *Método de papel carbón.* Por medio de papel carbón, se imprime en un papel una copia de la superficie. Se mide seguidamente la longitud del perfil calculado sobre la base de la reproducción.

f) *Medición por escorrentía del agua.* La determinación se basa en la cantidad de agua que fluye durante cierto tiempo del fondo de un cilindro chato colocado sobre el pavimento (pérdida de altura).

2.3.8 Con cualquiera de estos métodos se obtiene una indicación aproximada de la aspereza de la superficie. Cuando se utiliza la medición a partir de un volumen conocido, el área cubierta por la arena o la grasa esparcidas da la indicación. El cociente del volumen del material esparcido y el área que cubre da el valor medio de la profundidad de la textura. Se llama "relación del perfil" (profile-metalling) al cociente de la longitud de una línea medida a lo largo del perfil de una sección diagonal trazada en el pavimento y la longitud de una línea de base. Se han hecho investigaciones para determinar si es posible que exista una correlación entre la "relación del perfil" y la reducción de la rugosidad, pero todavía no se ha llegado a una conclusión respecto a esta correlación. Es ya un hecho que para las superficies ásperas esta relación será superior a 1,05.

2.3.9 También es importante que se ensayen en laboratorio los áridos minerales que han de utilizarse para los pavimentos, para determinar su grado de resistencia al pulimento antes de que se empleen en la construcción de pistas. Por otra parte, tendrían que analizarse para verificar su resistencia al aplastamiento y resquebramiento de las superficies por la acción del tránsito. La cuestión de la textura de la superficie de las pistas se estudia detenidamente en el *Manual de diseño de aeródromos* (Doc 9157), Parte 3 — Pavimentos.

Medición de la microtextura de la superficie

2.3.10 Según se mencionó anteriormente, no se dispone actualmente de mediciones directas para definir la aspereza de grano fino requerida de los áridos, en términos de ingeniería. No obstante, debería hacerse hincapié en la importancia de proporcionar una buena microtextura, dado que una microtextura inadecuada resultará en una reducción de las características de rozamiento de la superficie de la pista. Es probable que el deterioro de la microtextura provocado por los efectos del tránsito y los fenómenos meteorológicos ocurra en un tiempo comparativamente menor que el correspondiente a las macrotexturas de superficie.

2.4 DESIGUALDADES DE LA SUPERFICIE

Aunque los constructores de pistas se esfuercen por producir una pista bien regular con adecuadas pendientes laterales, la subsecuente consolidación de la estructura de la pista puede causar cambios del perfil y dar lugar a la formación de ciertas depresiones, en las que se embalsa el agua. Estas zonas son claramente visibles después de una lluvia, cuando se seca la parte drenada de la pista, dejando charcos a la vista. La situación exige remedio si los charcos tienen una profundidad superior al espesor mínimo crítico que da lugar al fenómeno de hidroplaneo (aproximadamente 3 mm) dado que en una pista mojada el hidroplaneo, una vez iniciado, puede mantenerse con un espesor de agua mucho menor. Por otra parte, si la temperatura desciende por debajo del punto de congelación, los charcos formarán parches de hielo que pueden dar lugar a considerables dificultades desde el punto de vista de la operación de aeronaves. Asimismo, el exceso de agua estancada en los charcos podría ser ingerido por los reactores y ocasionar una extinción del motor. Las medidas paliativas para estas situaciones requerirán, normalmente, la reconstrucción de la superficie para eliminar de forma eficaz el problema provocado por la formación de charcos.

Capítulo 3

Determinación y expresión de las características de rozamiento en superficies pavimentadas mojadas

3.1 GENERALIDADES

3.1.1 Para las operaciones es necesario contar con información sobre aquellas pistas pavimentadas que pueden tornarse resbaladizas cuando están mojadas. A estos efectos hay que medir periódicamente las características de rozamiento de las superficies pavimentadas de las pistas para comprobar que dichas características no descienden por debajo de un nivel convenido. La indicación sobre las características de rozamiento de las pistas pavimentadas y mojadas puede obtenerse utilizando dispositivos de medición del rozamiento; no obstante, es necesario ganar más experiencia en este dominio para correlacionar los resultados obtenidos mediante dichos equipos con la eficacia de frenado de los aviones, debido a las numerosas variables que intervienen, tales como la temperatura de la pista, la presión de inflado de los neumáticos, la velocidad de ensayo, el modo de operación de los neumáticos (rueda bloqueada, resbalamiento frenado), la eficacia del sistema antideslizamiento, la velocidad durante la medición y el espesor de agua.

3.1.2 La medición del coeficiente de rozamiento proporciona el mejor medio para determinar las condiciones de rozamiento en la superficie. El valor del coeficiente de rozamiento en la superficie debería ser el valor máximo que aparece cuando se frena una rueda a un determinado porcentaje de deslizamiento pero sin dejar de rodar. Para medir el coeficiente de rozamiento pueden utilizarse varios métodos. Las consideraciones de orden operacional determinan generalmente el método más adecuado que debe utilizarse en determinado aeropuerto. Debido a que las operaciones exigen uniformidad en el método de evaluar las características de rozamiento de las pistas, las mediciones deberían hacerse preferiblemente mediante dispositivos que permitan la medición continua del rozamiento máximo (en la gama de 10% a 20% de resbalamiento) a lo largo de toda la pista.

3.1.3 La tecnología actual no establece una correlación directa e inmediata entre las mediciones del rozamiento en la superficie de la pista, tomadas con un dispositivo de medición del rozamiento y la eficacia de frenado de los aviones en pistas mojadas. Se ha encontrado, no obstante, que las características de rozamiento en una pista mojada son relativamente constantes y se deterioran lentamente, en lapsos prolongados, según la

frecuencia de utilización de la pista. Esta conclusión es de importancia, ya que elimina la necesidad de efectuar mediciones continuas de las características de rozamiento en pistas mojadas. Los resultados de los ensayos han demostrado que no puede obtenerse una correlación directa, pero sí una relación indirecta entre las mediciones efectuadas con dispositivos de medición del rozamiento y la eficacia real de frenado de los aviones en condiciones similares de contaminantes en la superficie de la pista. La realización de muchos ensayos a diversas velocidades sobre pavimentos de diversos tipos de microtextura y de macrotextura en la superficie, demostró también que los dispositivos de medición del rozamiento proporcionan a la autoridad del aeropuerto la posibilidad de distinguir entre las superficies de pista que poseen buenas características de rozamiento y las deficientes. Por lo tanto, se ha llegado a la conclusión de que en lugar de notificar con un criterio operacional las características de rozamiento en una pista mojada, puede medirse periódicamente el coeficiente de rozamiento de las pistas para asegurarse que sus características de rozamiento se mantienen a un nivel aceptable.

3.1.4 Las mediciones periódicas sirven para dos fines. En primer lugar, identifican las pistas que se encuentran a un nivel de eficacia inferior al normal y estos emplazamientos deberían comunicarse a los pilotos. En segundo lugar, suministran una información cualitativa a las autoridades del aeropuerto acerca del estado de la superficie de las pistas, permitiendo de este modo la elaboración de programas de mantenimiento más objetivos y la justificación de los presupuestos correspondientes.

3.1.5 Idealmente, la distinción entre las características de rozamiento buenas y deficientes en pistas mojadas debería relacionarse con los criterios de aeronavegabilidad para la certificación de los aviones. Sin embargo, no existe por ahora ningún acuerdo internacional sobre certificación de aviones en pistas mojadas. Con todo, algunos Estados poseen experiencia operacional en el uso de determinados dispositivos de medición del rozamiento, que les permite establecer programas para determinar las pistas cuyas características de rozamiento son deficientes cuando están mojadas. Esta experiencia puede aprovecharse para que otros Estados establezcan sus propios programas. Aunque teóricamente la relación de los valores de rozamiento con la performance del avión no sea muy precisa,

dichos programas se consideran adecuados para distinguir entre características buenas y características deficientes de rozamiento en la superficie de la pista.

3.1.6 Los criterios aplicados por un Estado para evaluar las superficies de las pistas deberían difundirse en su publicación de información aeronáutica (AIP). Cuando se encuentre que una superficie de pista no cumple con las condiciones requeridas, debería expedirse un NOTAM hasta que se tomen las medidas correctivas necesarias.

3.1.7 Además, es conveniente medir las características de rozamiento en función de la velocidad, en pistas nuevas o de nuevo recubrimiento para ver si se ha logrado o no el objetivo de diseño. Las mediciones deberían efectuarse a dos o más velocidades con un dispositivo de medición del rozamiento de características autohumectantes. Debería obtenerse el valor promedio para cada velocidad de ensayo de toda la pista, en condiciones de pista mojada pero limpia. Con esta finalidad, son preferibles los dispositivos de medición del rozamiento que proporcionan valores continuos de las características de rozamiento de la pista, en lugar de aquellos dispositivos que proporcionan solamente valores en determinados puntos, puesto que estos últimos pueden ser fuente de información errónea. Esta información se considera valiosa desde el punto de vista de las operaciones puesto que representa una indicación general de los valores de rozamiento en la superficie, en la parte central relativamente larga de la pista en la que no se acumulan depósitos de caucho.

3.2 MEDICIONES

3.2.1 Las razones que hacen necesario medir las características de rozamiento de las pistas mojadas y pavimentadas son:

- a) verificar las características de rozamiento de pistas pavimentadas nuevas o de nuevo recubrimiento cuando están mojadas;
- b) evaluar las características de resbalamiento de las pistas pavimentadas;
- c) determinar el efecto en el rozamiento cuando las características de drenaje son deficientes; y
- d) determinar el rozamiento de las pistas pavimentadas que se ponen resbaladizas en condiciones inusitadas.

3.2.2 Las características de las pistas deberían evaluarse cuando se construyen por primera vez, o después del recubrimiento de la superficie, para determinar las características de rozamiento en la superficie con la pista mojada. Aunque se admite que el rozamiento disminuye con el uso, el valor obtenido representará el rozamiento en la parte central, relativamente prolongada, de la pista en la que no se han acumulado depósitos de caucho procedentes de las operaciones de aviones, y por lo tanto, tiene validez operacional. Los ensayos de evaluación deberían hacerse sobre superficies limpias. Si no

puede limpiarse la superficie antes del ensayo, podría hacerse un ensayo sobre parte de la superficie limpia en la parte central de la pista, a fin de preparar un informe preliminar.

3.2.3 El valor del rozamiento debería obtenerse promediando los resultados de las mediciones efectuadas con el dispositivo de ensayo. Si las características de rozamiento difieren considerablemente a lo largo de partes importantes de la pista, debería obtenerse el valor del rozamiento para cada parte de la pista. Una parte de la pista de aproximadamente 100 m de longitud puede considerarse suficiente para la determinación del valor del rozamiento.

3.2.4 Periódicamente deberían hacerse ensayos del rozamiento en las condiciones actuales de la superficie, con el fin de determinar las pistas con rozamiento deficiente cuando están mojadas. Antes de clasificar una pista como resbaladiza cuando está mojada, los Estados deberían determinar cuál es el nivel de rozamiento mínimo que consideran aceptable y publicar ese valor en su AIP. Cuando se compruebe que el rozamiento en una pista es inferior a ese valor notificado, la información debería publicarse mediante un NOTAM. Los Estados deberían también fijar un nivel para planificación de mantenimiento por debajo del cual deberían estudiarse las medidas correctivas de mantenimiento que fueran adecuadas para mejorar el rozamiento. Sin embargo, si las características de rozamiento de toda la pista o de una parte de ella están por debajo del nivel mínimo de rozamiento dichas medidas correctivas de mantenimiento habrán de aplicarse sin demora. Deberían efectuarse mediciones del rozamiento a intervalos que garanticen señalar las pistas que requieran mantenimiento o un tratamiento especial de la superficie antes de que su estado se agrave. El intervalo de tiempo entre las mediciones dependerá de factores tales como el tipo de aviones y la frecuencia del uso, las condiciones climáticas, el tipo de pavimento y las necesidades de reparación y mantenimiento.

3.2.5 Por razones de uniformidad y para poder establecer una comparación con otras pistas, los ensayos de rozamiento en pistas ya en servicio, en pistas nuevas o en pistas con nuevo recubrimiento deberían efectuarse con dispositivos de medición continua del rozamiento que estén provistos de neumáticos con banda de rodadura suave. Los dispositivos deberían ser aptos para servir de características de auto-humectación que permitan establecer mediciones de las características de rozamiento de la superficie con espesor de agua por lo menos de 1 mm.

3.2.6 Cuando se sospeche que las características de rozamiento de una pista pueden reducirse en razón de un drenaje deficiente, debido a lo escaso de las pendientes o a la existencia de depresiones, debería efectuarse otro ensayo, esta vez en circunstancias normales representativas de la lluvia en la localidad. Este ensayo difiere del anterior por el hecho de que, en general, el espesor de la capa de agua en las zonas de drenaje deficiente es mayor en el caso de la lluvia local. Por lo tanto, es más factible en este caso que en el caso del ensayo anterior con la característica de autohumectación que puedan determinarse las zonas en las que probablemente ocurrirían

valores deficientes del rozamiento que podrían inducir hidroplaneo. Si las circunstancias no permiten ensayos de rozamiento en condiciones normales representativas de la lluvia, puede simularse esta situación.

3.2.7 Aunque se haya comprobado que el rozamiento es superior al nivel establecido por el Estado para definir una pista resbaladiza, quizá se sepa que en condiciones excepcionales la pista puede volverse resbaladiza. Se sabe que estas condiciones se producen en ciertos lugares cuando, tras un prolongado período de tiempo seco, la lluvia que empieza a caer en la pista produce una condición sumamente resbaladiza, que no es representativa de las características generales de rozamiento en condiciones de pista resbaladiza cuando está mojada. Esta situación tiene carácter transitorio y desaparece por sí misma, ya que al prolongarse la lluvia se lava la superficie de la pista. Se supone que el fenómeno se debe al emulsionamiento del polvo y de otras materias que se depositan en la pista, provenientes tal vez de los complejos industriales próximos. Un fenómeno similar se ha observado, sin embargo, en pistas situadas en regiones desérticas o de suelo arenoso, y también en climas tropicales húmedos, donde la causa se atribuye al crecimiento de un hongo microscópico. Cuando se sepa que estas condiciones existen, deberían realizarse mediciones del rozamiento tan pronto como se sospeche que la pista puede haberse tornado resbaladiza y deben continuarse hasta que se corrija la situación.

3.2.8 Cuando los resultados de cualesquiera de las mediciones mencionadas indiquen que sólo se encuentra resbaladizo determinado sector de la pista, es importante difundir esta información, al igual que tomar las medidas correctivas pertinentes.

3.2.9 Cuando se efectúen ensayos del rozamiento en pistas mojadas, es importante observar que, a diferencia de las condiciones que se presentan con nieve compactada o hielo, en las cuales se produce una variación muy limitada del coeficiente de rozamiento en función de la velocidad, en una pista mojada generalmente se produce un marcado descenso del rozamiento a medida que aumenta la velocidad. Sin embargo, al aumentar la velocidad disminuye el régimen de reducción del rozamiento. Entre los factores que afectan el coeficiente de rozamiento entre el neumático y la superficie de la pista, la textura tiene particular importancia. Si la pista tiene una buena macrotextura que permite que el agua escape por la banda de rodadura del neumático o por debajo del neumático, el valor del rozamiento se ve entonces menos afectado por la velocidad. En cambio, en una superficie de escasa macrotextura el rozamiento disminuye mucho más rápidamente al aumentar la velocidad. Por lo tanto, al someter las pistas a ensayo para determinar sus características de rozamiento y si es o no necesario tomar medidas de mantenimiento para mejorarlas, debería utilizarse una velocidad distinta, suficiente para que se observen estas variaciones de rozamiento en función de la velocidad.

3.2.10 La medición precisa de las características de rozamiento de una pista mojada sólo puede obtenerse si los

factores pertinentes se miden tan exactamente como sea posible. Detalles tales como la calibración del dispositivo de medición del rozamiento, su fiabilidad, el tipo, diseño, condición, presión, relación de resbalamiento de los neumáticos y la cantidad de agua sobre la superficie, tienen un efecto importante en el valor definitivo del rozamiento para una superficie en particular. De esto se deduce que debe ejercerse el control más estricto de las técnicas de medición.

3.2.11 Los Estados deberían especificar los tres niveles de rozamiento siguientes:

- a) un *nivel de diseño* por el que se establece el mínimo nivel de rozamiento para una superficie de pista de nueva construcción o de nueva pavimentación;
- b) un *nivel de rozamiento* para mantenimiento por debajo del cual deberían estudiarse las medidas correctivas de mantenimiento que habrían de aplicarse;
- c) un *nivel mínimo de rozamiento* por debajo del cual debe proporcionarse información indicando que la pista puede ser resbaladiza y deben adoptarse medidas correctivas.

La experiencia con diversos dispositivos de medición del rozamiento indica que en algunos Estados se han aplicado los siguientes criterios presentados en la Tabla 3-1 para especificar las características de rozamiento de superficies nuevas de pista o nuevamente pavimentadas y, para establecer niveles de planificación de mantenimiento y fijar niveles mínimos de rozamiento.

3.2.12 Se considera también muy conveniente ensayar las características de rozamiento de pistas pavimentadas a más de una velocidad, para poder obtener información adecuada de las características de rozamiento de las pistas cuando están mojadas. A este respecto, debe señalarse que cuando la pista está mojada es posible que no queden reflejados los efectos de una macrotextura y/o de una microtextura insatisfactorias si los ensayos se realizaran a una sola velocidad. En el Apéndice 4 figura un método normalizado de ensayo para determinar la resistencia al derrape en superficies pavimentadas, utilizando una técnica de medición continua con relación fija de resbalamiento a frenado.

3.2.13 Como el valor del coeficiente de rozamiento depende tanto de la textura de la superficie, podría variar en función del origen del material empleado y del método de construcción. Asimismo, unas partes de la pista se utilizan más frecuentemente que otras o se depositan en ellas restos de caucho, todo lo cual modificará el valor básico del coeficiente de rozamiento. Puede deducirse, en consecuencia, que es preciso efectuar mediciones a todo lo largo de la pista. Para cubrir la anchura requerida, deberían efectuarse las mediciones a lo largo de dos vías paralelas; concretamente, a lo largo de una línea a cada lado del eje de la pista, aproximadamente a 3 m o a aquella distancia del eje que corresponde a la mayoría de las operaciones. En pistas utilizadas para aviones de fuselaje ancho y para aviones de fuselaje estrecho, las mediciones deben realizarse a lo largo de dos líneas a 5 m del eje de la pista.

Tabla 3-1. Niveles correspondientes a las condiciones de superficie de la pista

Test equipment	Neumático de ensayo		Velocidad en ensayo (km/h)	Profundidad del agua en ensayo (mm)	Objetivo de diseño de nuevas superficies de pista	Nivel previsto de mantenimiento	Nivel mínimo de rozamiento
	Tipo	Presión (kPa)					
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	
Remolque medidor del valor Mu	A	70	65	1,0	0,72	0,52	0,42
	A	70	95	1,0	0,66	0,38	0,26
Deslizómetro	B	210	65	1,0	0,82	0,60	0,50
	B	210	95	1,0	0,74	0,47	0,34
Vehículo medidor del rozamiento en la superficie	B	210	65	1,0	0,82	0,60	0,50
	B	210	95	1,0	0,74	0,47	0,34
Vehículo medidor del rozamiento en la pista	B	210	65	1,0	0,82	0,60	0,50
	B	210	95	1,0	0,74	0,54	0,41
Vehículo medidor del rozamiento TATRA	B	210	65	1,0	0,76	0,57	0,48
	B	210	95	1,0	0,67	0,52	0,42
Remolque medidor TRUNAR	B	210	65	1,0	0,69	0,52	0,45
	B	210	95	1,0	0,63	0,42	0,32
Remolque medidor de asimiento GRIPTESTER	C	140	65	1,0	0,74	0,53	0,43
	C	140	95	1,0	0,64	0,36	0,24

3.2.14 Para reducir al mínimo las variaciones en las mediciones del rozamiento causadas por las técnicas utilizadas en la aplicación del acabado de la textura de las superficies, los recorridos deberían hacerse en ambos sentidos y tomarse un valor medio. Deberían investigarse las variaciones importantes entre las lecturas obtenidas en cada sentido. Además, si se hace una medición del rozamiento a lo largo de una senda situada a 5 m del borde de la pista, ello proporcionará un punto de referencia respecto a la superficie no gastada y no contaminada, para fines de comparación con las sendas centrales sometidas al tráfico.

3.2.15 Para medir los valores del rozamiento en pistas mojadas pueden utilizarse dispositivos de medición continua del rozamiento, tales como los que se describen en el Capítulo 5. Pueden también utilizarse otros dispositivos de medición del rozamiento a condición de que satisfagan los criterios indicados en 5.2 y de que se haya establecido la correlación, por lo menos, con uno de los dispositivos mencionados en el Capítulo 5. En el Apéndice 6 se describe un método de evaluación del rozamiento cuando el aeropuerto no cuenta con dispositivos de medición del rozamiento.

3.3 NOTIFICACIÓN

Es necesario notificar la presencia de agua en la franja central de anchura igual a la mitad de la pista y efectuar una evaluación del espesor de agua cuando sea posible. Para poder notificar con cierta precisión las condiciones de la pista deberían utilizarse los siguientes términos y descripciones correspondientes:

Húmeda — la superficie acusa un cambio de color debido a la humedad.

Mojada — la superficie está empapada pero no hay agua estancada.

Encharcada — hay charcos visibles de agua estancada.

Inundada — hay una extensa superficie visible de agua estancada.

3.4 INTERPRETACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DE ROZAMIENTO DEFICIENTE

3.4.1 Es necesario proporcionar información en el sentido de que, debido a características de rozamiento deficientes, una pista o parte de la misma puede tornarse resbaladiza si está mojada, pues en ese caso podría existir un deterioro importante tanto de la eficacia del frenado del avión como del mando de dirección.

3.4.2 Es aconsejable asegurarse de que la distancia de aterrizaje necesaria en condiciones de pavimento de la pista resbaladizo, especificada en el Manual de vuelo del avión, no exceda de la distancia de aterrizaje disponible para la pista. Al examinar la posibilidad de un despegue interrumpido deberían efectuarse investigaciones periódicas, a fin de asegurarse de que las características de rozamiento en la superficie son adecuadas para frenar en la parte de la pista que se utilizaría para una parada de emergencia. Tal vez no resulte posible detener el avión sin peligro a partir de la velocidad V_1 (velocidad de decisión) y según la distancia disponible y otras condiciones limitadoras, quizá haya de reducirse la masa requerida de despegue del avión o haya de demorarse el despegue hasta que mejoren las condiciones de la pista.

Capítulo 4

Medición de las características de rozamiento en superficies pavimentadas cubiertas de nieve compactada o de hielo

4.1 GENERALIDADES

4.1.1 En las operaciones se necesita información fiable y uniforme sobre las características de rozamiento en pistas pavimentadas cubiertas de nieve o de hielo. Pueden obtenerse indicaciones precisas y fiables de las características de rozamiento en la superficie mediante la utilización de dispositivos de medición del rozamiento. No obstante, es necesario ganar más experiencia para asegurarse de la validez de la correlación de los resultados obtenidos mediante dichos dispositivos con la performance de los aviones, debido a las numerosas variables que intervienen tales como la masa del avión, su velocidad, el mecanismo de frenado y las características de los neumáticos del tren de aterrizaje.

4.1.2 La medición del coeficiente de rozamiento en la superficie proporciona el mejor medio para determinar las condiciones de rozamiento de la misma. Este valor del rozamiento en la superficie debería ser el valor máximo en una rueda cuando resbala pero sigue rodando. Para medir las condiciones de rozamiento pueden utilizarse varios dispositivos. Debido a que en las operaciones se requiere uniformidad en el método de evaluar y notificar el rozamiento en la pista, la medición debería hacerse preferiblemente mediante dispositivos que proporcionen una medición continua del rozamiento máximo a lo largo de toda la pista. En el Capítulo 5 se presenta una descripción de los diversos dispositivos de medición del rozamiento en tierra que satisfacen estos requisitos. Se analiza la posibilidad de normalización junto con la correlación entre los diversos vehículos terrestres y entre los vehículos terrestres y la eficacia de frenado de los neumáticos del avión.

4.2 EL PROBLEMA DE LOS CAMBIOS DE LAS CONDICIONES DEL AEROPUERTO

4.2.1 La autoridad que tenga a su cargo la responsabilidad de decidir si las condiciones actuales de la superficie de la pista permiten las operaciones seguras de los aviones determinará cotidianamente si las condiciones invernales exigen medir el coeficiente de rozamiento en la pista. Si esta autoridad es la dependencia de los servicios de tránsito aéreo y si el servicio

meteorológico pronostica condiciones de hielo o de nieve, probablemente se requerirán como mínimo informes horarios y, ciertamente, cada vez que haya motivos para suponer que se ha producido un cambio importante en las condiciones de la superficie de la pista. Si el aeropuerto permanece abierto las 24 horas del día, será necesario actualizar continuamente la información sobre el estado de la superficie de la pista durante todo el período de condiciones meteorológicas adversas. Si el aeropuerto se cierra durante la noche, antes de abrirlo al tránsito de aviones habrán de realizarse mediciones del rozamiento para verificar el estado de la superficie de la pista.

4.2.2 Existen circunstancias especiales que exigen particular atención, tales como el caso en que la temperatura en la pista fluctúa alrededor del punto de congelación o en condiciones meteorológicas cambiantes, tales como una corriente de aire caliente y húmedo que afecta a una pista sumamente fría. Se ha encontrado que, en esas circunstancias, los valores de rozamiento pueden también presentar grandes diferencias, según los materiales de que esté recubierta la pista. Por lo tanto, deberían efectuarse mediciones del rozamiento en la pista que está realmente en servicio y no en una pista adyacente o en una calle de rodaje, que pueden estar construidas con material diferente.

4.2.3 Puede comprometerse, debido a la falta de uniformidad, la fiabilidad de los ensayos que se hagan con dispositivos de medición en condiciones distintas a las presentadas por la existencia de nieve compactada o hielo. Esto se aplicará particularmente cuando exista una fina capa de nieve fundente, de agua sobre hielo, o de nieve seca o mojada, no compactada, en la pista. En tales circunstancias las ruedas del dispositivo de medición del rozamiento o del avión, pueden penetrar la capa de contaminantes de la pista de forma distinta, lo que daría una diferencia notable en la indicación de la eficacia de frenado. Los resultados de los ensayos de rozamiento obtenidos mediante diversos dispositivos de medición del rozamiento podrían, en tales casos, presentar grandes variaciones debido a las diferencias en los distintos métodos de ensayo aplicados y, para cada método particular, debido a las distintas características del vehículo y a las distintas técnicas aplicadas en la realización del ensayo. Deberá tenerse también mucho cuidado de informar a los pilotos acerca de las condiciones de

rozamiento en la pista cuando se observe una película de agua sobre el hielo.

4.2.4 La utilidad de facilitar información sobre el rozamiento en la pista dependerá del grado de correlación que pueda lograrse con la eficacia real de detención del avión. La autoridad del aeropuerto necesita indudablemente esta información para tomar decisiones de índole operacional, pero en el caso de pistas cubiertas de hielo, la medición y notificación de los coeficientes de rozamiento deberían considerarse sólo como un procedimiento provisional, mientras que se concluyen las operaciones de limpieza y otras medidas destinadas a restablecer por completo las condiciones de utilización de la pista. Aunque el coeficiente de rozamiento de una superficie mojada decrece al aumentar la velocidad, los ensayos realizados sobre hielo o nieve compactada indican que los valores del coeficiente de rozamiento a las velocidades relativamente bajas de los dispositivos de medición del rozamiento no difieren apreciablemente de los valores correspondientes a las velocidades de los aviones. Sin embargo, la eficacia de frenado que observa el piloto puede que no corresponda al valor medido del coeficiente de rozamiento, si la pista está cubierta de parches de hielo a intervalos cortos, más o menos regulares, debido al tiempo de reacción del sistema de antideslizamiento del avión.

4.2.5 Al considerar las ventajas relativas que ofrece la medición del coeficiente de rozamiento de una pista cubierta de nieve compactada o de hielo, en comparación con las medidas efectivas para mantener la superficie limpia de contaminantes en todo momento, debe señalarse que la limpieza inmediata de la nieve y del hielo debería tener la máxima prioridad. Sin embargo, existen circunstancias que justifican la necesidad de medir el coeficiente de rozamiento y, por lo tanto, la preparación de métodos aceptables. Por ejemplo, se han producido incidentes que implicaban pérdida de la eficacia del frenado en pistas que aparentemente estaban limpias y secas. La merma del coeficiente de rozamiento se hubiera detectado con la medición, a pesar de que no era aparente. Se pueden producir incidentes de esta índole en un aeropuerto en el que el movimiento nocturno es raro o nulo, al reanudarse las operaciones de vuelo durante las primeras horas de la mañana, cuando se observa escarcha o cuando existen condiciones de engelamiento y la temperatura de la superficie de la pista desciende por debajo del punto de rocío (p. ej., por radiación). Debe señalarse que la temperatura notificada del aeropuerto podría ser superior a la de engelamiento, aunque la de la superficie de la pista fuera inferior a este valor y tal superficie puede tener valores extremadamente bajos de rozamiento, durante un período muy breve, como consecuencia de una formación repentina de hielo.

4.2.6 Cuando la pista está helada el valor del coeficiente de rozamiento está más propenso a cambios. En estas circunstancias, es fundamental realizar mediciones más frecuentes del coeficiente de rozamiento en la pista y es imprescindible la cooperación entre las dependencias de control de tránsito aéreo correspondientes, las autoridades del aeropuerto y el personal que maneja los dispositivos de medición del rozamiento, así como el establecimiento de procedimientos adecuados.

4.2.7 En un aeropuerto en el que regularmente se producen fuertes tempestades de nieve, es a veces necesario interrumpir las operaciones de limpieza de nieve durante un corto período, para permitir que continúen las operaciones de vuelo. En estas circunstancias, es poco probable que la pista haya quedado completamente limpia y se necesitarán mediciones para informar a los pilotos de los aviones de esta condición. Además, a pesar de las medidas que se hayan tomado para conservar limpia la pista, puede ocurrir que queden partes resbaladizas. Por consiguiente, conviene efectuar mediciones para detectar las zonas que requieren repetir el tratamiento y para transmitir información a los pilotos acerca de las características de rozamiento en la pista.

4.2.8 Es preferible utilizar un dispositivo de medición que proporcione información continua de los valores de rozamiento. Para operaciones cotidianas en pistas cubiertas de nieve compactada o de hielo, es indispensable que el vehículo empleado pueda suministrar la información necesaria con rapidez y en una forma que resulte práctica desde el punto de vista de las operaciones.

4.2.9 Se ha puesto en tela de juicio la utilidad práctica de medir el espesor de la capa de nieve seca, nieve mojada o nieve fundente depositada en la pista, dado que se trata de un proceso largo y que el tiempo que exige podría emplearse más útilmente en retirar los contaminantes del pavimento, especialmente teniendo en cuenta que la operación de eliminación de la nieve fundente es relativamente rápida y simple. Además, los procedimientos para medir el espesor de los contaminantes se basan generalmente en la hipótesis de que existe una capa uniforme en la pista lo cual es raro en la práctica. A pesar de las razones aducidas, siempre que se haya acumulado en la pista nieve seca, mojada o fundente, debería evaluarse el espesor medio en cada tercio de la pista.

4.3 PRECISIÓN REQUERIDA DE LA INFORMACIÓN RELATIVA A LAS CARACTERÍSTICAS DE ROZAMIENTO

4.3.1 En el caso de turborreactores modernos de transporte, la diferencia entre la distancia de parada en una pista seca y en una pista cubierta de hielo puede llegar, en casos extremos de eficacia de frenado deficiente, a un valor del orden de 900 m. No todos están de acuerdo en que sea posible prever con precisión las variaciones de la distancia de parada causadas por condiciones de bajo valor μ . Es necesario que continúen las investigaciones para determinar la correlación que existe entre los valores medidos del coeficiente de rozamiento de los dispositivos de medición y la eficacia de frenado de los aviones.

4.3.2 Se ha obtenido una correlación aceptable entre la eficacia de frenado de los aviones y los dispositivos de medición del rozamiento en pistas cubiertas de nieve compactada y/o de hielo (véase también 5.3). Las tripulaciones de los

aviones, como fruto de su experiencia en las operaciones han llegado a obtener valores de correlación de algunos dispositivos de medición del rozamiento que pueden aplicarse hasta cierto punto en la práctica. Por tal razón, las tripulaciones de los aviones han solicitado desde hace mucho tiempo que las autoridades de los aeropuertos suministren información de las mediciones del rozamiento en la pista utilizando alguno de los dispositivos de medición del rozamiento reconocidos para tal fin. Se ha demostrado que cuanto más resbaladiza se encuentra la pista tanto más confianza, desde el punto de vista operacional, puede tenerse en las mediciones del rozamiento que actualmente se suministran; esto contribuye a justificar el requisito operacional. En consecuencia, la medida práctica más útil que pueda tomarse en este momento es la de normalizar los resultados de las mediciones efectuadas en la pista en condiciones invernales y dejar que las tripulaciones de los aviones con la experiencia acumulada apliquen esta información a sus propios aviones y operaciones en el aeropuerto.

4.4 MEDICIONES

4.4.1 Debería medirse el coeficiente de rozamiento si la pista está cubierta, total o parcialmente, de nieve o de hielo, y debe repetirse la medición cuando las condiciones cambien. Deberían efectuarse mediciones del rozamiento y evaluaciones de la eficacia de frenado en otras superficies del aeropuerto, además de las pistas, cuando se prevea que las características de rozamiento en tales superficies podrían ser deficientes.

4.4.2 Para medir los valores del rozamiento en pistas cubiertas de nieve compactada o de hielo, puede utilizarse un dispositivo de medición continua del rozamiento (p. ej., el medidor del valor μ , el dispositivo de ensayo de rozamiento en la pista, el deslizador, el dispositivo de ensayo del rozamiento en la superficie o el dispositivo de ensayo del asimiento). Puede utilizarse un decelerómetro (p. ej., frenómetro-dinómetro o medidor Tapley) sólo en superficies cubiertas con nieve compactada o de hielo, con la posible adición de capas muy delgadas de nieve seca. Pueden utilizarse otros dispositivos de medición, siempre que se conozca su correlación con uno por lo menos de los tipos mencionados anteriormente. No deberían utilizarse en nieve suelta o nieve fundente o en hielo cubierto por una película de agua, decelerómetros ya que pueden dar valores de rozamiento que induzcan a error. Otros dispositivos de medición del rozamiento pueden también dar valores que induzcan a error en ciertas combinaciones de contaminantes y cuando varía la temperatura del aire/pavimento. En el Apéndice 2 se describen algunos métodos de evaluación de la eficacia de frenado para el caso de que en el aeropuerto no haya dispositivos de medición del rozamiento.

4.5 NOTIFICACIÓN

4.5.1 Existe el requisito de notificar la presencia de nieve, nieve fundente o hielo en pistas o calles de rodaje. Para estar

en condiciones de notificar con cierto nivel de fiabilidad y de uniformidad los contaminantes meteorológicos, es necesario establecer un método uniforme para describirlos. Por lo tanto, se han incluido en el Anexo 14, Volumen I, las siguientes definiciones de nieve fundente y de nieve en tierra.

Nieve fundente. Nieve saturada de agua que, cuando se le da un golpe contra el suelo con la suela del zapato, se proyecta en forma de salpicaduras. Densidad relativa: de 0,5 a 0,8.

Nota.— Las mezclas de hielo, nieve o de agua estancada pueden, especialmente cuando hay precipitación de lluvia, de lluvia y nieve o de nieve, tener densidades relativas superiores a 0,8. Estas mezclas, por su gran contenido de agua o de hielo, tienen un aspecto transparente y no traslúcido, lo cual, cuando la mezcla tiene una densidad relativa bastante alta, las distingue fácilmente de la nieve fundente.

Nieve (en tierra)

- a) *Nieve seca.* Nieve que, si está suelta, se desprende al soplar o, si se compacta a mano, se disgrega inmediatamente al soltarla. Densidad relativa: hasta 0,35 exclusive.
- b) *Nieve mojada.* Nieve que, si se compacta a mano, se adhiere y muestra tendencia a formar bolas, o se hace realmente una bola de nieve. Densidad relativa: de 0,35 a 0,5 exclusive.
- c) *Nieve compactada.* Nieve que se ha comprimido hasta formar una masa sólida que no admite más compresión y que mantiene su cohesión o se rompe a pedazos si se levanta. Densidad relativa: 0,5 o más.

4.5.2 También existe el requisito de notificar las características de rozamiento en pistas cubiertas de nieve compactada y/o de hielo. Las condiciones de rozamiento en una pista deberían expresarse como "información sobre la eficacia de frenado" en términos del coeficiente de rozamiento μ medio/ calculado o de la eficacia de frenado estimada.

4.5.3 Determinados valores numéricos de μ están forzadamente relacionados con el diseño y construcción de cada dispositivo de medición del rozamiento, así como con las condiciones de la superficie que es objeto de la medición y, en cierta medida, con la velocidad del dispositivo de medición.

4.5.4 La Tabla 4-1 y los términos descriptivos conexos que se dan a continuación se prepararon basándose solamente en los datos sobre el rozamiento recopilados en condiciones de nieve compactada y de hielo y, por lo tanto, no deberían aceptarse como valores absolutos μ aplicables en todas las condiciones de contaminantes. Si la superficie está afectada por nieve o hielo y la eficacia de frenado se notifica como "buena", los pilotos deberían esperar condiciones no tan buenas como las de una superficie del pavimento de la pista

Tabla 4-1. Coeficientes de rozamiento para pistas cubiertas de nieve compactada o de hielo

Coeficiente medido	Eficacia de frenado estimada	Clave
0,40 y superior	Buena	5
de 0,39 a 0,36	Mediana a buena	4
de 0,35 a 0,30	Mediana	3
de 0,29 a 0,26	Mediana a deficiente	2
0,25 e inferior	Deficiente	1

limpia y seca (en la que el rozamiento disponible puede muy bien ser superior al necesario en cualquier caso). La indicación “buena” tiene, pues, un valor relativo, e implica que los aviones no deberían experimentar dificultades de mando de dirección ni de frenado durante el aterrizaje.

4.5.5 Se ha comprobado que resulta necesario proporcionar información sobre el rozamiento en la superficie para cada tercio de la pista. Estos tercios de la pista se denominan respectivamente tramos A, B y C. Para los fines de notificar la información a las dependencias del servicio de información aeronáutica, el tramo A se encuentra siempre del lado de la pista que tiene el número de designación más bajo. Al proporcionar a un piloto información antes del aterrizaje, los tramos citados se denominan, sin embargo, primera, segunda o tercera parte de la pista. Se entiende siempre por “primera parte” el primer tercio de la pista, en el que el avión aterrizará.

4.5.6 Las mediciones del rozamiento se realizan siguiendo dos líneas paralelas a la pista, es decir, a lo largo de una línea a cada lado del eje de la pista, separadas de éste unos 3 m desde el eje de la pista o por aquella distancia del eje de pista a la que se realizan la mayoría de las operaciones de los aviones.

El objeto de los ensayos es determinar el valor medio del aviones. El objeto de los ensayos es determinar el valor medio del rozamiento (μ) para los tramos A, B y C. En los casos en que se utilice un dispositivo de medición continua del rozamiento, los valores medios de rozamiento μ se obtienen a partir de los valores de rozamiento registrados para cada tramo. Si se utilizan dispositivos de medición del rozamiento en puntos determinados la distancia entre sucesivos puntos de ensayo no debería ser superior al 10% aproximadamente de la longitud utilizable de la pista. Si se decide que una sola línea de ensayo a uno de los dos lados del eje de la pista puede dar una indicación adecuada de toda la pista, se entiende que en cada tercio de la pista deberían efectuarse tres ensayos. Los resultados de los ensayos y los valores medios de rozamiento calculados se registran en un formulario similar al indicado en la Figura 5-1. Donde sea aplicable, también deberían proporcionarse, a solicitud, las cifras correspondientes al valor del coeficiente de rozamiento en la zona de parada.

4.5.7 Al notificar la presencia de nieve seca, nieve mojada o nieve fundente en una pista, debería efectuarse una evaluación del espesor medio en cada tercio de la pista, con una precisión de aproximadamente 2 cm para la nieve seca, 1 cm para la nieve mojada y 0,3 cm para la nieve fundente.

Capítulo 5

Dispositivos de medición del rozamiento en la pista

5.1 POSIBILIDAD DE NORMALIZACIÓN

Actualmente funcionan en aeropuertos de diversos Estados varios tipos de equipo de medición del rozamiento. Se incorporan a ellos diversos principios y difieren en cuanto a las características básicas de índole técnica y operacional. Los resultados de varios programas de investigación para obtener la correlación de los diversos equipos de medición del rozamiento han demostrado que puede lograrse una correlación aceptable entre los valores del rozamiento obtenidos a base de los mencionados dispositivos sobre superficies mojadas artificialmente (véase 5.3). Sin embargo, no ha podido lograrse una correlación uniforme y fiable en superficies mojadas entre estos dispositivos y la eficacia de detención de los aviones. En superficies cubiertas de nieve y/o de hielo, la correlación entre los diversos dispositivos de medición del rozamiento, sin ser perfecta, es mucho mejor que la lograda en superficies mojadas. Solamente pueden utilizarse las mediciones obtenidas con dispositivos de medición del rozamiento en superficies artificialmente mojadas, a título de información de asesoramiento, para fines de mantenimiento y no debe confiarse en estos valores para predecir la eficacia de detención de los aviones.

5.2 CRITERIOS APLICABLES A LOS NUEVOS DISPOSITIVOS DE MEDICIÓN DEL ROZAMIENTO

La Octava Conferencia de navegación aérea (1974) recomendó que la OACI elaborara criterios relativos a las características básicas de índole técnica y operacional del equipo utilizado para medir las características de rozamiento en la pista. En respuesta a esta recomendación se prepararon y remitieron a los Estados algunos criterios pertinentes. Se estimaba que los textos servirían de ayuda a los Estados que estuvieran en vías de planificar el desarrollo de nuevos dispositivos de medición del rozamiento. Sin embargo, se informó a los Estados que no había ninguna garantía de que el nuevo equipo de medición que se preparara, según los criterios propuestos, llevara a lograr una correlación más aceptable, en condiciones de pista mojada, entre los dispositivos de medición del rozamiento y la eficacia de frenado de los

aviones. A continuación se resumen estos criterios que en 1991 fueron objeto de una revisión y actualización. Los criterios están destinados a normalizar los parámetros de diseño de los nuevos dispositivos de medición del rozamiento; su objetivo consiste en permitir bastante flexibilidad y el desarrollo de futuros dispositivos sin oponerse a los adelantos técnicos en esta esfera. Además, en el Apéndice 3 se incluye el Procedimiento para ensayos de certificación de la NASA para dispositivos de medición del rozamiento.

Especificaciones técnicas básicas de los dispositivos de medición del rozamiento

1. *Modo de medición.* Debe realizarse una medición continua en movimiento, a lo largo de la parte del pavimento que haya de ensayarse.
2. *Posibilidad de que se mantenga la calibración.* El equipo debe diseñarse de forma que se mantengan los valores de calibración a pesar del uso en condiciones bruscas, de forma que pueda asegurarse que los resultados son fiables y uniformes.
3. *Modo de frenado.* Durante las operaciones de medición del rozamiento:
 - a) con un dispositivo de resbalamiento fijo, la rueda de medición del rozamiento debería estar continuamente frenada a una relación de resbalamiento constante en una gama del 10 al 20%; y
 - b) con un dispositivo de fuerza lateral, el ángulo incluido (una sola rueda) debería estar en la gama de 5° a 10°.
4. *Vibraciones excesivas.* El equipo debería diseñarse de forma que quede excluida cualquier posibilidad de vibraciones sostenidas en el plano vertical de la masa, con amortiguamiento y sin amortiguamiento, que ocurran en cualquier gama de velocidades de desplazamiento durante las operaciones de medición, particularmente respecto a la rueda de medición.

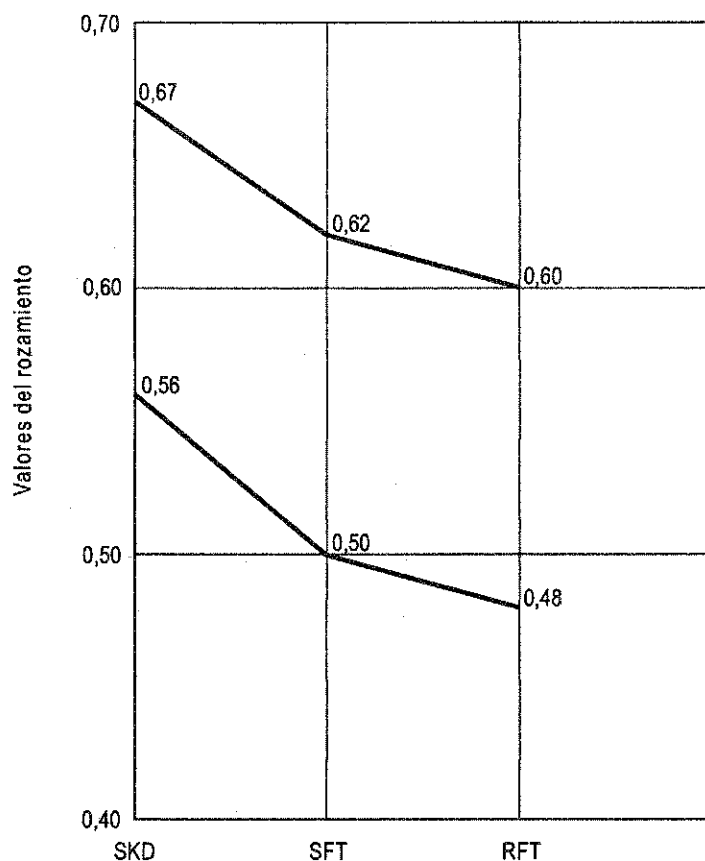
5. *Estabilidad.* El equipo debería tener claramente estabilidad direccional durante todas las fases de la operación, incluso durante los virajes a alta velocidad que a veces son necesarios para dejar la pista libre.
6. *Gama de valores del coeficiente de rozamiento.* La gama de registro del coeficiente de rozamiento debería ser de 0 a 1 por lo menos.
7. *Presentación de los resultados de las mediciones.* El equipo debería estar en condiciones de proporcionar un registro permanente de la traza gráfica continua de los valores del rozamiento para la pista y debería ser tal que la persona que lleva a cabo el estudio registre cualquier observación, así como la fecha y hora del registro (véase la Figura 5-1).
8. *Error aceptable.* El equipo debería estar en condiciones de proporcionar promedios uniformes y repetitivos del rozamiento en toda la gama de valores del rozamiento con un nivel de confianza del 95,5% $\pm 6 \mu$ (o dos desviaciones características).
9. *Parámetros medidos y registrados.*
 - a) En los dispositivos de resbalamiento fijo, el valor del rozamiento registrado debería ser proporcional a la relación de la fuerza longitudinal de rozamiento y a la carga vertical de las ruedas.
 - b) En el caso de un dispositivo de fuerza lateral, el valor registrado del rozamiento debería ser proporcional a la relación de la fuerza lateral a la carga en la rueda.
10. *Gama de velocidades.* Cuando se realizan las mediciones del rozamiento, la gama de velocidades de los dispositivos de medición debería estar comprendida entre 40 km/h y, por lo menos, hasta 130 km/h.
11. *Promedio de incrementos de μ .* El equipo debería estar en condiciones de proporcionar automáticamente los promedios de μ por lo menos en las siguientes condiciones:
 - a) los primeros 100 m de la pista;
 - b) cada incremento de 150 m; y
 - c) cada tercio de la pista.
12. *Escala horizontal.* Para reducir a un mínimo las variaciones importantes de escala entre los diversos dispositivos de medición del rozamiento, el fabricante puede proporcionar, como opción, una escala de 25 mm que sea equivalente a 100 m. Esto puede simplificar las comparaciones de datos cuando se utilicen dos o más dispositivos de medición del rozamiento en un aeropuerto.
13. *Especificaciones normalizadas de los neumáticos.* Para ensayos en superficies mojadas por la lluvia o en forma artificial, la banda de rodadura debería ser lisa con una presión de 70 kPa para dispositivos de medición del rozamiento de tipo guiñada y los neumáticos deben cumplir con la especificación que figura en el Anexo A2 de la American Society for Testing Materials (ASTM) E670. Con la excepción del dispositivo de ensayo del asimiento, los dispositivos de medición del rozamiento por relación de frenado a resbalamiento deben utilizar neumáticos de banda de rodadura lisa fabricados de acuerdo con la especificación ASTM E1551 y deben inflarse con una presión de 210 kPa. El dispositivo de ensayo del asimiento utiliza un neumático fabricado de acuerdo con la especificación ASTM E1844. En superficies cubiertas de nieve suelta, mojada o seca, de nieve compactada o de hielo, deben utilizarse neumáticos con configuración de banda de rodadura que cumpla con la especificación ASTM E1551-9, con una presión de 700 kPa para todos los dispositivos de relación fija de frenado a resbalamiento, salvo el dispositivo de ensayo del asimiento, que debería utilizar ya sea la serie D (Slushcutter) o la serie S (Disctyre) del fabricante.
14. *Variaciones admisibles de los neumáticos.* Para reducir a un mínimo las variaciones de las dimensiones físicas de los neumáticos de medición del rozamiento, y las características físicas de los compuestos de la banda de rodadura, los fabricantes de neumáticos deben cumplir con los requisitos enumerados en la especificación de neumático ASTM correspondiente. El neumático es un componente muy importante de los dispositivos de medición del rozamiento y es esencial asegurar que siempre es confiable y que proporciona resultados uniformes fiables. En 5.3 se proporcionan los procedimientos de evaluación de la eficacia y de la fiabilidad del equipo y de los neumáticos para medición del rozamiento.
15. *Operaciones todo tiempo.* El dispositivo de medición del rozamiento debería diseñarse de forma que esté asegurado su funcionamiento normal a cualquier hora y en cualesquiera condiciones meteorológicas.
16. *Mantenimiento del equipo.* El mantenimiento técnico del dispositivo de medición del rozamiento debería ser tal que se asegure la realización de los trabajos sin riesgo durante las operaciones de medición y de transporte.
17. *Humectación artificial.* Los dispositivos de medición del rozamiento deberían contar con características de autohumectación que permitan realizar mediciones de las características del rozamiento en la superficie con un espesor controlado de agua, por lo menos de 1 mm.

Nota.— En el Apéndice 3, figura un Procedimiento de certificación de ensayos elaborado por la NASA para equipos de medición continua del rozamiento utilizados en los aeropuertos.

Tipo de equipo	Hora	Lugar	Programa núm.			
Fecha de ensayo	Viento	Dirección				
Condiciones meteorológicas	Condiciones antes del ensayo					
Pista						
Descripción de la superficie						
Ensayos de textura de superficie	Grasa (mm)			Agua (segundos)		
Posición 1						
Posición 2						
Posición 3						
Ensayo de desgaste de neumáticos	Caucho perdido (gramos)					
Izquierdo						
Derecho						
Total						
Ensayos efectuados por	Vehículo de remolque (si corresponde)					
Método de humectación	Espesor del agua (mm)					
Longitud cubierta por la traza	Velocidad de ensayo					
Al empezar	Al terminar					
Distancia del recorrido desde el eje de la pista						
Resultados del rozamiento						
Velocidad km/h	32	65	95	130	145	160
1er tercio						
Tercio medio						
3er tercio						
Número de referencia en el gráfico del registrador y medio de identificación de los recorridos y velocidades individuales:						
Velocidad km/h	32	65	95	130	145	160
Sección de pista a 45 m del eje de la pista que da el coeficiente de rozamiento más bajo (excluyendo las señales pintadas)						

Nota.— Debe unirse a este formulario el gráfico original del registrador o una reproducción del mismo.

Figura 5-1 Formulario para informe de ensayos de rozamiento

**Notas:**

1. Velocidad de ensayo 65 km/h; espesor de agua 1 mm.
2. La base para la correlación es 0,50 del medidor del valor μ . La gama de valores indicada es ± 2 desviaciones normales.

Figura 5-2. Gráfico de correlación de los dispositivos de medición del rozamiento en superficies mojadas artificialmente

5.3 CORRELACIÓN ENTRE LOS DISPOSITIVOS DE MEDICIÓN DEL ROZAMIENTO

5.3.1 La posibilidad de obtener un grado útil de correlación entre los dispositivos de medición del rozamiento ha sido objeto de muchos ensayos realizados durante muchos años en diversos Estados. En 1989, Estados Unidos desarrolló un programa para elaborar normas que aseguraran la eficiencia y fiabilidad de los neumáticos en superficies de pista artificialmente mojadas. Subsiguientemente, se llevaron a cabo ensayos de correlación con varios dispositivos de medición continua del rozamiento (véase la Figura 5-2).

5.3.2 Originalmente, se incluyeron en los ensayos cuatro dispositivos de medición del rozamiento. Se evaluaron tres dispositivos de resbalamiento fijo, el medidor del rozamiento

en la pista, el medidor del rozamiento en la superficie, el deslizómetro, y un dispositivo de ensayo del rozamiento a base de fuerza lateral, el medidor del valor μ . Posteriormente, se ha sometido a los mismos ensayos a tres dispositivos de resbalamiento fijo (el dispositivo de medición de asimiento, el dispositivo de medición del rozamiento TRATA y el dispositivo de análisis y registro de pista RUNAR). En la Tabla 3-1 se establece la correlación entre los siete dispositivos utilizados en el programa.

5.3.3 En la Naval Air Station de Brunswick, Maine, se realizaron en los meses de invierno de 1985 a 1986 los ensayos correspondientes a un programa destinado a establecer la correlación entre la eficacia de los neumáticos y el equipo de rozamiento en superficies cubiertas de nieve compactada o de hielo como parte de un programa conjunto de la FAA/NASA para medición del rozamiento en las pistas.

Además de un avión B-737 con instrumentos de la NASA y de aviones B-727 de la FAA, se incluyeron en el programa los siguientes tipos de dispositivos de ensayo en tierra: el medidor del valor μ , el medidor del rozamiento en la pista, el deslizómetro BV-11, el medidor del valor Tapley, el frenómetro-dinómetro y el medidor del rozamiento en la superficie. No se obtuvo un suficiente número de datos del rozamiento de los vehículos en tierra para determinar una razonable correlación en condiciones de nieve fundente y de nieve suelta. En la Figura 5-3 se muestra solamente la correlación entre los dispositivos de medición del rozamiento en tierra para superficies cubiertas de nieve compactada o de hielo. La temperatura ambiente en estas condiciones invernales de las pistas variaba en la gama de -15° a 0°C . Es de desear que se efectúen otras mediciones del rozamiento a temperaturas inferiores que confirmen la correlación actual de los datos.

5.3.4 Los datos sugieren que para condiciones de pista cubierta de nieve compactada o de hielo, la temperatura de la superficie de la pista, la temperatura del aire y el tipo de acumulación y de contaminantes en la superficie influyen en las lecturas del rozamiento. A temperaturas por debajo del punto de congelación, el rozamiento en la pista depende de la intensidad de la fuerza tangencial de la nieve compactada y del

hielo que tienden a aumentar a medida que disminuye la temperatura. Por consiguiente, cuanto más baja sea la temperatura de la nieve o del hielo, mayor será el nivel de rozamiento en la pista. Cuando las temperaturas se acercan al punto de fusión, en el caso de nieve compactada y de hielo, se produce una película fina de agua que puede inducir a una disminución notable de los niveles de rozamiento en la pista por efectos de lubricación o de hidroplaneo viscoso. Aunque se recopilan las mediciones del rozamiento utilizando dispositivos en vehículos de tierra que se mueven a velocidades entre 32 km/h y 95 km/h, los datos indican que el valor del rozamiento es aproximadamente constante en esta gama de velocidades (el efecto de la velocidad es insignificante).

5.3.5 Aunque en algunos dispositivos de medición continua del rozamiento se utilizan distintos neumáticos, o aunque algunos funcionan a una relación fija de resbalamiento a frenado o en el modo de ensayo de rodamiento con guiñada, los ensayos han demostrado que sus lecturas son fiables y que están correlacionadas entre sí, cuando se aplican sistemas de autohumectación o una descarga controlada de agua por delante del neumático de medición del rozamiento, ya sea a velocidad constante o dentro de una gama determinada de velocidades. Sin embargo, cuando se utilizan los mismos

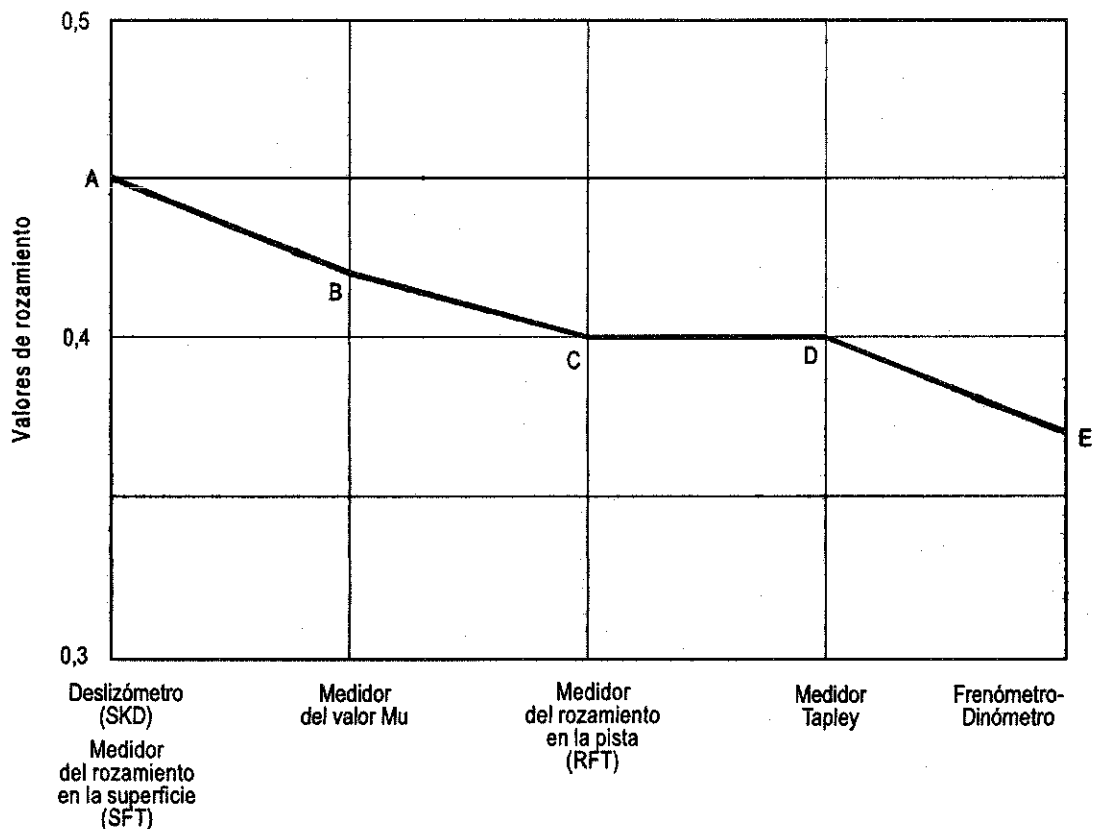


Figura 5-3. Gráfico de correlación de los dispositivos de medición del rozamiento en superficies cubiertas por nieve compactada o hielo

dispositivos en superficies de pista mojada por la lluvia, puede ocurrir que la correlación sea menos fiable. Esto se atribuye a cambios diferenciales en el espesor de agua que tienen su origen en variaciones de la superficie del pavimento. Por este motivo es muy importante controlar el espesor de agua al clasificar los pavimentos para fines de mantenimiento. En las superficies cubiertas de nieve compactada o de hielo, hay menos variables de interacción que influyan en los valores del rozamiento, puesto que la eficacia de frenado en estas superficies no depende de la velocidad.

5.3.6 En la Figura 5-3 se presenta la correlación entre los diversos dispositivos de medición del rozamiento cuando las superficies del pavimento están cubiertas de nieve compactada o de hielo. En los ensayos deberían seguirse los siguientes procedimientos:

A. *Dispositivos de medición continua del rozamiento* (p. ej., medidor del valor μ , medidor del rozamiento en la superficie, medidor del rozamiento en la pista, o deslizómetro).

Velocidades de ensayo: 65 km/h, excepto cuando haya hielo, en cuyo caso puede ser necesario utilizar velocidades inferiores.

B. *Decelerómetro* (p. ej., medidor Tapley, frenómetro-dinómetro)

1. Especificaciones del vehículo:

- a) El vehículo debe tener una masa del orden de 1 a 2 toneladas.
 - b) Debe estar equipado con neumáticos de invierno sin clavos. Presión de los neumáticos al valor recomendado por el fabricante. El desgaste de los neumáticos no debería exceder del 75%.
 - c) Debe tener cuatro frenos adecuadamente ajustados para asegurar que el efecto sea equilibrado.
 - d) El vehículo debe tener una mínima tendencia al cabeceo y mantener una estabilidad de dirección satisfactoria durante el frenado.
- 2) El decelerómetro debería instalarse en el vehículo de conformidad con las instrucciones del fabricante. Debería situarse y colocarse en el vehículo de forma que los valores no puedan perturbarse o que no pueda desplazarse por intervención del personal del aeropuerto o por los movimientos del vehículo. El decelerómetro debería mantenerse y calibrarse de conformidad con las recomendaciones del fabricante.
- 3) La velocidad al aplicarse los frenos debe ser de aproximadamente 40 km/h.

4) Procedimientos de análisis del rozamiento

- a) los frenos deberían aplicarse con suficiente fuerza para que las cuatro ruedas del vehículo queden bloqueadas y luego deben liberarse inmediatamente. El tiempo en que las ruedas permanezcan bloqueadas no debería exceder de un segundo;
- b) el decelerómetro que se utilice debería registrar o conservar el máximo retardo de la fuerza de frenado que ocurra durante el ensayo;
- c) cuando se calculen los valores medios puede hacerse caso omiso de las cifras aleatorias que sean muy altas o muy bajas.

5.3.7 Debido a que los decelerómetros requieren que el vehículo de ensayo se acelere hasta llegar a determinadas velocidades, con lo cual se recorre una determinada distancia, los intervalos a que pueden tomarse las lecturas de ensayo son necesariamente mayores que con los dispositivos de medición continua del rozamiento. Por lo tanto, puede considerarse que se trata en realidad de dispositivos de medición del rozamiento en puntos esporádicos.

5.3.8 A continuación se muestra un ejemplo de la forma en que debe aplicarse el diagrama de la Figura 5-3:

Una lectura de 0,45 (punto A) con el deslizómetro BV-11, o con el medidor del rozamiento en la superficie es equivalente a una lectura de:

0,42 con un medidor del valor μ (punto B)

0,40 con un medidor del rozamiento en la pista (punto C)

0,40 con un medidor Tapley (punto D)

0,37 con un frenómetro-dinómetro (punto E).

5.4 CORRELACIÓN CON LA EFICACIA DE DETENCIÓN DEL AVIÓN

5.4.1 Para que los valores puedan interpretarse adecuadamente en las operaciones, es necesario determinar en primer lugar la correlación entre los datos de rozamiento obtenidos con los dispositivos de medición y la eficacia real de frenado de los diversos tipos de aviones. Una vez establecida esta relación, en la gama de valores de la velocidad para operaciones en tierra, respecto a un determinado avión, la tripulación de vuelo de tal avión tendría los medios para determinar la eficacia de detención en una determinada operación de aterrizaje en la pista, considerando otros factores, tales como la velocidad en el punto de toma de contacto, el viento, la altitud de presión y la masa del avión, todos los cuales intervienen notablemente en la eficacia de detención. En la actualidad, se ha llegado en general a la convicción de que el éxito es mayor cuando la superficie está cubierta de nieve compactada o de hielo, puesto que es menor el número de parámetros que influyen en las características de rozamiento

de los neumáticos, por contraposición a las condiciones de pista mojada que son más complejas y variables.

5.4.2 En 1984 Estados Unidos llevó a la práctica un programa de cinco años para estudiar la relación entre la eficacia de frenado de los neumáticos de los aviones y las mediciones del rozamiento con vehículos terrestres. Se evaluaron diversos tipos de condiciones de la superficie: seca, mojada con camiones, mojada por lluvia y cubierta de nieve, nieve fundente y hielo. Los dispositivos de medición del rozamiento terrestres que se utilizaron en el estudio fueron el vehículo de frenado en diagonal, el medidor del rozamiento en la pista, el medidor del valor Mu, el deslizómetro BV-11, el medidor del rozamiento en la superficie y dos decelerómetros (Tapley y frenómetro-dinómetro). Los resultados de esta investigación demostraron que las mediciones del rozamiento con los vehículos terrestres no estaban directamente correlacionadas con la eficacia de frenado de los neumáticos del avión en superficies mojadas. Sin embargo, se llegó a un acuerdo utilizando la teoría combinada de hidrodinámico viscoso y dinámico (véase el Apéndice 1).

5.5 ANÁLISIS GENERAL DE LOS DISPOSITIVOS DE MEDICIÓN DEL ROZAMIENTO

5.5.1 Se utilizan hoy día en el mundo diversos dispositivos de medición del rozamiento. Dos decelerómetros, el medidor de Tapley y el frenómetro-dinómetro proporcionan una verificación en puntos determinados de las condiciones de rozamiento en las superficies de pistas cubiertas de nieve compactada y/o de hielo. Los siete dispositivos descritos en este capítulo (5.6 a 5.12) proporcionan una traza permanente y continua de valores del rozamiento sobre un gráfico en forma de cinta respecto a la longitud total de pista que ha sido examinada.

5.5.2 Aunque los modos de actuación de los diversos dispositivos de medición continua del rozamiento son diferentes, algunos componentes funcionan de forma similar. Cuando se analizan los valores del rozamiento para programar el mantenimiento de la pista, se emplea en todos los dispositivos la misma clase de neumáticos de rodadura lisa para medición del rozamiento: neumáticos de ensayo de tamaño 4 - 8 (16 × 4,0, 6 pliegues, RL2) fabricados conforme a la especificación ASTM E1551, con excepción del medidor del asimiento en el que se utiliza un neumático de rodadura lisa de tamaño 10 × 4,5-5 fabricado conforme a la especificación ASTM E1844. Los neumáticos de medición del rozamiento montados en el medidor del valor Mu fabricados conforme a ASTM E670, Anexo A2, funcionan a una presión de neumático de 70 kPa mientras que los neumáticos montados en el medidor del asimiento tienen una presión de inflado de 140 kPa. En los restantes cinco dispositivos se aplica una presión de inflado de 210 kPa. La escala de valores del rozamiento es la misma en todos los dispositivos y varía de 0,00 a 1,00. En todos los dispositivos se proporciona un

promedio del valor del rozamiento en una longitud de 150 m de la pista en estudio. Es necesario proporcionar información sobre el promedio del valor del rozamiento en cada uno de los tramos que constituyen la tercera parte de la longitud de la pista (véase 4.5.5). Excepto en el medidor del valor Mu y en el medidor del asimiento, los otros cinco dispositivos de medición continua del rozamiento proporcionan, como opción, un neumático de medición del rozamiento de alta presión de inflado igual a 700 kPa, tamaño de 4,00 - 8, (16 × 4,0 6 pliegues, RL2) con una banda de rodadura especial con estrías en circunferencia. Este neumático se aplica para fines operacionales solamente sobre superficies de pavimento cubiertas de hielo o de nieve compactada. En el medidor del valor Mu, en el medidor del rozamiento en la pista y en el medidor del rozamiento en la superficie se tiene también la opción de un teclado para que el operador del equipo tenga la flexibilidad de registrar órdenes, mensajes y notas sobre las observaciones realizadas durante el examen del rozamiento. Todos estos dispositivos de medición continua del rozamiento cuentan con un sistema autohumectante que proporciona un espesor determinado de agua por delante del neumático de medición del rozamiento. Los estudios del rozamiento pueden llevarse a cabo a velocidades de hasta 130 km/h.

5.5.3 El éxito de las mediciones del rozamiento dependen en gran parte del personal responsable del funcionamiento de los dispositivos. Para garantizar que los datos del rozamiento sean fiables es esencial instruir adecuada y profesionalmente al personal acerca del funcionamiento y el mantenimiento del dispositivo, así como sobre los procedimientos para llevar a cabo las mediciones del rozamiento. También es necesario establecer un sistema de instrucción periódica para supervisar, actualizar y certificar que los operadores mantienen un elevado grado de pericia. De no ser así, el personal que deja de mantener su nivel de experiencia se aparta de los nuevos adelantos en técnicas de calibración, de mantenimiento y de operaciones. Debe verificarse periódicamente que todos los dispositivos de medición del rozamiento estén calibrados, para asegurar que se mantienen con el margen de tolerancia proporcionado por el fabricante. Deben calibrarse periódicamente los dispositivos de medición del rozamiento dotados de sistemas de autohumectación para asegurarse de que se mantiene, dentro de los límites de tolerancia proporcionados por los fabricantes, el régimen de flujo de agua y la cantidad de agua liberada para que el espesor requerido de agua sea siempre uniforme y para que se aplique equilibradamente por delante del neumático de medición del rozamiento en toda la gama de velocidades del vehículo.

5.6 MEDIDOR DEL VALOR MU

5.6.1 El medidor del valor Mu es un remolque de 245 kg diseñado para medir el rozamiento de fuerza lateral generado entre los neumáticos de medición del rozamiento que pasan por encima del pavimento de la pista con un ángulo de inclinación de 15°. Los neumáticos de medición del rozamiento del medidor del valor Mu se fabrican conforme a ASTM E670,

Anexo A2. El remolque está construido con un bastidor triangular en el que están montadas dos ruedas de medición del rozamiento y una rueda posterior. La rueda posterior proporciona estabilidad al remolque durante su funcionamiento. En la Figura 5-4 se representa la configuración general del remolque. Se genera una carga vertical de 78 kg mediante un lastre que absorbe el choque de cada rueda de medición del rozamiento. Las ruedas de medición del rozamiento funcionan a una relación efectiva de resbalamiento de 13,5%. El medidor del valor μ también tiene una rueda posterior con banda de rodadura especial, de tamaño 4,00 - 8 (16 x 4,0, 6 pliegues, RL2). El neumático funciona a una presión de inflado de 70 kPa. El medidor del valor μ por ser de tipo remolque necesita ser remolcado por un vehículo y si se requiere el sistema de autohumectación, debe proporcionarse un tanque de agua que la suministre a las toberas instaladas en el vehículo de remolque.

5.6.2 El telesensor es un registrador fotoeléctrico de eje sellado, montado en la rueda posterior del remolque. El telesensor lee impulsos digitales en incrementos de mil por cada revolución de la rueda, y los transmite al acondicionador de señales para realizar los cálculos cada vez que el remolque recorre un metro. La célula de carga es un transductor electrónico montado entre los elementos fijo y móvil del bastidor triangular. La célula de carga lee diminutas modificaciones de la tensión en las ruedas de medición del rozamiento. El acondicionador de señales está montado en el bastidor y amplifica los datos μ analógicos recibidos de la célula de carga y los datos digitales procedentes del telesensor. Las señales del telesensor de la rueda posterior proporcionan la medición de la distancia y, combinadas con incrementos de tiempo real, la medición de la velocidad. La computadora situada en el vehículo de remolque se denomina procesador y utiliza dos microprocesadoras que presentan en pantalla, calculan, almacenan y procesan los datos μ recibidos de la célula de carga y del telesensor (véase la Figura 5-5). También se muestra en la figura el teclado con teclas de funciones para seleccionar los menús. El procesador proporciona un gráfico continuo de los valores del rozamiento en toda la longitud objeto de investigación. El operador cuenta con cinco escalas de gráficos: 25 mm equivalen aproximadamente a 20 m, 40 m, 85 m, 170 m y 340 m. Pueden utilizarse escalas ampliadas para llevar a cabo una microinvestigación de las zonas en las que se sospecha que pueden presentarse problemas.

5.7 MEDIDOR DEL ROZAMIENTO EN LA PISTA

5.7.1 El medidor del rozamiento en la pista es un vehículo dotado de un neumático fabricado conforme a la especificación ASTM E1551 montado en una quinta rueda que está conectada con el eje posterior mediante un transmisor de engranaje de cadenas. En la Figura 5-6 se indica la configuración del vehículo. El vehículo tiene tracción en las ruedas delanteras y un motor potente. El diseño de la rueda de medición del rozamiento permite funcionar a una relación fija

de resbalamiento del 13%. En modo de prueba se utiliza un transductor de fuerza de dos ejes que mide la fuerza de resistencia al avance y la carga vertical en la rueda de medición del rozamiento. Por este método se elimina la necesidad de filtrado de las desviaciones del vehículo y los efectos de desgaste de los neumáticos, proporcionando así mediciones instantáneas de la fricción dinámica. Se genera una carga vertical de 136 kg en la rueda de medición del rozamiento a base de pesos montados en un ensamblaje de dobles resortes para absorción de impactos. El medidor del rozamiento en la pista se entrega de fábrica junto con un sistema de autohumectación y con un tanque de agua.

5.7.2 En una computadora digital se calculan la velocidad y la distancia recorrida por el vehículo a partir de impulsos que proporciona un codificador óptico. Un transductor de fuerzas en dos ejes, calibrado para medir tensiones, actúa de sensor de las fuerzas de resistencia al avance y de las fuerzas de carga vertical en la rueda de ensayo y estos valores se amplifican para incorporarlos a la computadora. La computadora ejecuta un muestreo de estos valores aproximadamente cinco veces por cada metro de recorrido y calcula el coeficiente de rozamiento dinámico. El coeficiente de rozamiento junto con la velocidad del vehículo (y opcionalmente el régimen de circulación de agua) se almacenan en la memoria de la computadora. En la Figura 5-7 se muestra la unidad de presentación en pantalla fluorescente de vacío, en la que aparecen todos los menús de los programas y las entradas del teclado. El teclado contiene todas las selecciones de menú y todas las funciones que puedan incorporarse a la computadora digital.

5.7.3 Durante el recorrido de inspección del rozamiento, se procesan los datos y se envían a una impresora que proporciona un registro, en un gráfico de cinta continuo, de los valores μ y de la velocidad. Al margen del gráfico se imprimen los valores promedio μ . La transmisión continúa durante el recorrido a intervalos adecuados hasta la longitud total del recorrido de inspección. El operador puede seleccionar tres escalas de gráficos; 25 mm equivalen aproximadamente a 30 m, 90 m y 300 m.

5.8 DESLIZÓMETRO

5.8.1 El deslizómetro BV-11 es un remolque dotado de una rueda de medición del rozamiento con un neumático fabricado conforme a la especificación ASTM E1551, diseñado para funcionar a una relación fija de resbalamiento entre el 15% y el 17%, según la configuración del neumático de ensayo. En la Figura 5-8 se muestra la configuración general del remolque de 360 kg. Consta de un bastidor soldado en los cuatro costados, sostenido por dos ruedas con resortes independientes. Las tres ruedas están conectadas entre sí mediante cadenas de rodillos y piñones para cadenas, con una relación de engranaje apropiada para hacer que la rueda central de medición del rozamiento gire con un movimiento relativo a la superficie que corresponda a la relación deseada de resbalamiento. Se aplica una carga vertical de 105 kg a la rueda de

medición del rozamiento, mediante un peso que pasa por un resorte y un amortiguador. El deslizómetro requiere para funcionar ser remolcado por un vehículo. Si se desea que esté equipado de sistema de autohumectación debe proporcionarse un tanque de agua con el vehículo, junto con un conducto para llevar el agua a la tobera, montado por delante de la rueda de ensayo en el deslizómetro BV-11.

5.8.2 El par de torsión aplicado a la rueda de medición del rozamiento se mide mediante un transductor especial de par de torsión. La velocidad del remolque se mide mediante un tacómetro, impulsado por una de las cadenas de rodillo. Un cable entre el remolque y el vehículo remolcador convierte señales analógicas que se envían a un registrador de gráfico de cinta, situado en el vehículo remolcador. En la Figura 5-9 se muestra la computadora MI-90 del deslizómetro. Los datos reunidos en una inspección del rozamiento son procesados por la computadora digital y se registran en un gráfico de cinta, en forma de traza continua de valores del rozamiento correspondientes a toda la longitud objeto de inspección. El operador dispone de cuatro escalas para medir las distancias en el registro de cinta; 25 mm de la longitud del papel equivalen aproximadamente a 112 m, 225 m, 450 m y 900 m.

5.9 MEDIDOR DEL ROZAMIENTO EN LA SUPERFICIE

5.9.1 El medidor del rozamiento en la superficie es un automóvil que utiliza una quinta rueda con un neumático fabricado conforme a la especificación ASTM E1551, situada en el portaequipajes, para medir el coeficiente de rozamiento. En la Figura 5-10 se muestra la configuración del medidor del rozamiento en la superficie. El automóvil es de tracción en las ruedas delanteras y un motor turbo también puede seleccionarse como opción. El diseño de la rueda de medición del rozamiento permite que funcione a una relación fija de resbalamiento comprendida entre el 10 y el 12%, en función del tipo de neumático de medición del rozamiento que se utilice en la inspección. La rueda de medición está conectada con el eje posterior de las ruedas traseras de rodamiento libre, mediante un sistema de transmisión por cadena y puede retraerse hidráulicamente. Se genera una carga vertical de 140 kg mediante un peso que pasa por un resorte y un amortiguador mecánico instalados en la rueda de medición del rozamiento. Se entrega de fábrica el medidor del rozamiento en la superficie con un sistema de autohumectación y con un tanque de agua, montado en el asiento posterior del vehículo.

5.9.2 El par de torsión que actúa en la rueda de medición del rozamiento así como la distancia recorrida se transmiten a una computadora digital en la que estos datos se convierten en coeficientes de rozamiento. La corriente eléctrica que circula por los calibradores de tensión, dentro del sensor de par de torsión situado en la rueda de medición del rozamiento, está influenciada por cualquier cambio diminuto en la tensión de la transmisión por cadena. Por consiguiente, cualquier variación de las fuerzas de rozamiento es controlada por la computadora

digital que mide estas variaciones de la corriente eléctrica y convierte las señales analógicas en coeficientes de rozamiento. Los valores de μ se almacenan continuamente en la computadora digital y una vez terminada la inspección, se registran en un gráfico de cinta, en forma de traza continua de valores μ correspondientes a toda la longitud objeto de inspección. Se registran también en el gráfico de cinta las velocidades durante todo el ensayo, así como los datos necesarios para identificar el ensayo. La escala para distancias de medición en el gráfico de cinta es tal que 25 mm de la longitud del papel equivalen a 100 m. El operador tiene la opción de un teclado.

5.10 MEDIDOR DEL ASIMIENTO

5.10.1 El medidor del asimiento es un remolque liviano de tres ruedas que mide el rozamiento utilizando el principio de relación fija de rueda frenada a resbalamiento. Tiene una rueda única de medición dotada de un neumático de banda de rodadura lisa fabricado de acuerdo con la especificación ASTM E1844. La rueda está montada en un eje con instrumentos que miden tanto la fuerza de la resistencia al avance como la carga vertical. A partir de estas mediciones, se calcula la lectura de rozamiento dinámico y se transmite a una computadora de recopilación de datos transportada normalmente en la cabina del vehículo remolcador. La computadora calcula y almacena la velocidad de recorrido para cada 10 m de lectura de rozamiento.

5.10.2 La lectura de rozamiento promedio para cada tercio de la pista se presenta en la computadora en un "mapa" esquemático de la pista. Cuando se ha completado el recorrido, se presentan los promedios a lo ancho y a lo largo de la pista. Los resultados pueden imprimirse de inmediato o almacenarse en una base de datos.

5.10.3 Para los ensayos de mantenimiento, el almacenamiento de los datos en una base de datos facilita la comparación entre diferentes reconocimientos, así como la detección rápida de toda tendencia a un rozamiento más deficiente. Para los ensayos operacionales, la computadora puede generar un SNOTAM o un NOTAM. En la Figura 5-11 se ilustra el medidor del asimiento.

5.11 MEDIDOR DEL ROZAMIENTO TATRA

5.11.1 El medidor de rozamiento TRATA que se muestra en la Figura 5-12, es un automóvil que utiliza una quinta rueda accionada hidráulicamente con un neumático de ensayo fabricado conforme a la especificación ASTM E1551, situado en el área del asiento trasero, para medir el coeficiente del rozamiento. El automóvil es accionado por un motor V-8 enfriado por aire situado sobre el eje trasero y genera 220 HP o, en forma optativa, 300 HP. El vehículo está equipado con dos tanques de agua internos y un sistema de dispersión del agua. La carga vertical de la rueda de medición puede ajustarse desde 25 kg a 145 kg.

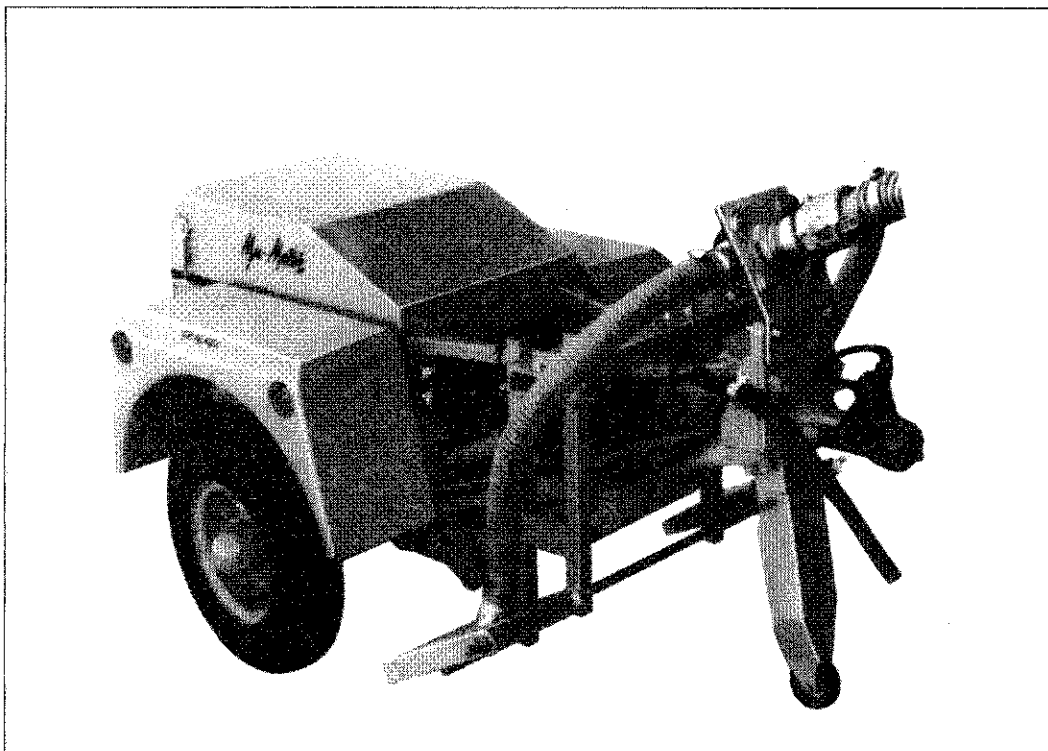


Figura 5-4. Remolque del medidor del valor Mu

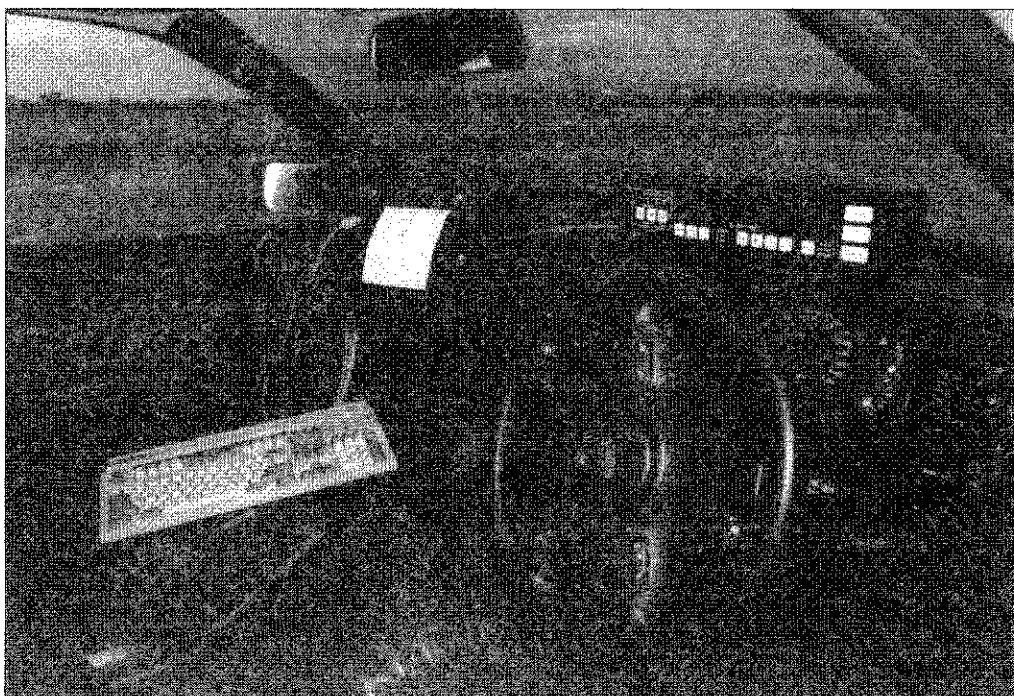


Figura 5-5. Procesador y teclado en el remolque del medidor del valor Mu



Figura 5-6. Vehículo medidor del rozamiento en la pista (T 6810)



Figura 5-7. Unidad de presentación, en pantalla fluorescente de vacío, y teclado en el vehículo medidor del rozamiento en la pista

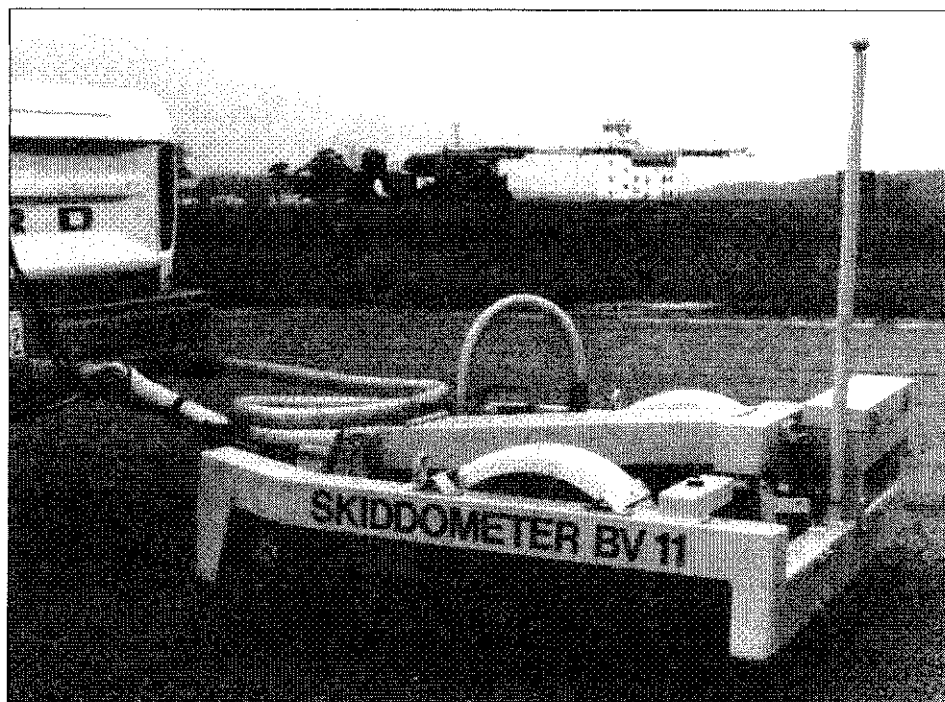


Figura 5-8. Remolque del deslizómetro BV-11

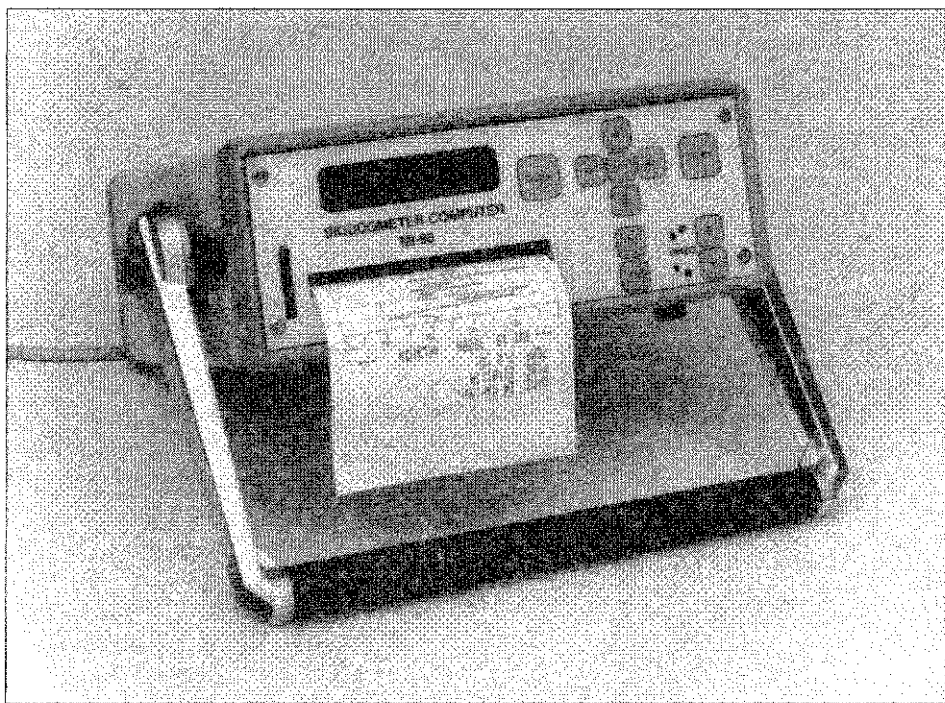


Figura 5-9. Computadora MI-90 en el remolque de deslizómetro BV-11



Figura 5-10. Automóvil medidor del rozamiento en la superficie

5.11.2 El sistema puede programarse para que funcione en el modo de equipo de medición continua del rozamiento (CFME) o en el modo de medición variable del resbalamiento, ya sea automática o manualmente. En el modo CFME, se puede hacer resbalar el neumático de ensayo a entre 0 y 60% de la velocidad de avance. El frenado de las ruedas de la aeronave se simula utilizando el modo de medición variable de resbalamiento que tiene un incremento ajustable del resbalamiento por lapso de tiempo (distancia) y el valor (pendiente) desde un 0% al máximo requerido, hasta un 99%. El coeficiente de rozamiento de la superficie que se probará se evalúa utilizando la velocidad de avance del dispositivo, la distancia medida, las características de la superficie y el resbalamiento de la rueda. Estos datos se miden y se recopilan mediante el sensor de velocidad del motor, el sensor de inducción de velocidad del hidrogenerador y un sensor situado a la izquierda de la rueda que mide la velocidad de avance y la distancia del vehículo.

5.11.3 El equipo de control comprende una computadora, tres micropocesadoras, una pantalla y una impresora, así como sistemas de calibración automática y diagnósticos.

5.12 ANALIZADOR Y REGISTRADOR DE PISTAS (RUNAR)

5.12.1 El RUNAR standard es un remolcador equipado con la unidad básica de medición de rozamiento RUNAR. Es una máquina con frenos hidráulicos que utiliza un neumático de ensayo con la especificación ASTM E1551. La unidad básica mide 90 cm de alto × 45 cm de ancho × 80 cm de largo y pesa aproximadamente 100 kg. La configuración montada en el remolque tiene un peso total de 400 kg. Una versión destinada a ser montada al costado de un camión de mantenimiento tiene un peso total de aproximadamente 150 kg. La configuración estándar montada en el remolque se muestra en la Figura 5-13. Los sensores de medición están montados en el freno hidráulico y proporcionan datos en forma continua que son recopilados, procesados, almacenados y presentados al operador por la computadora que procesa los datos. La instrumentación en el vehículo consiste de un panel que funciona con pantalla táctil y un rollo gráfico de 10 cm o una impresora gráfica a color A4. El RUNAR puede funcionar a velocidades de hasta 130 km/h. Puede realizarse la medición cuando el vehículo supera los 20 km/h.

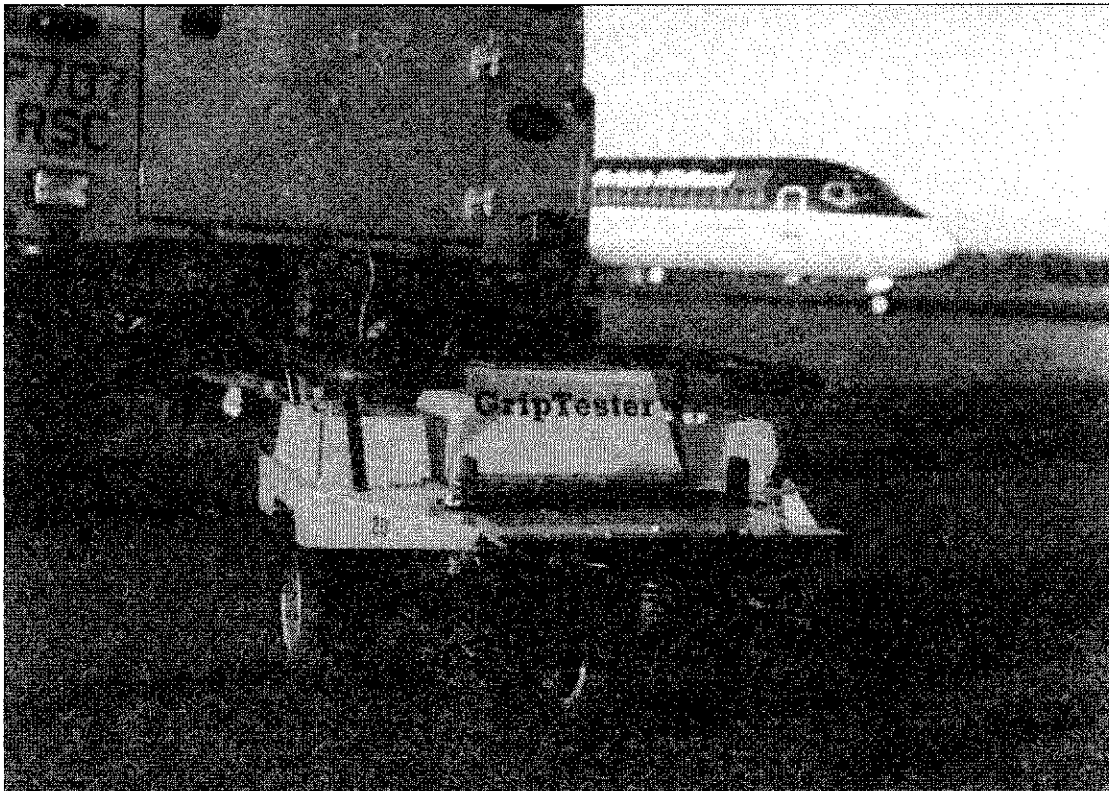


Figura 5-11. Medidor del asimiento

5.12.2 El dispositivo RUNAR puede ejecutar operaciones en el modo de equipo de medición continua del rozamiento (CFME) y en el nuevo modo de medición variable de resbalamiento. En el modo CFME, la relación de resbalamiento constante de la rueda de medición puede establecerse en cualquier porcentaje entre 5% y 100%. En el modo de medición variable de resbalamiento, el ensayo se lleva a cabo aplicando los frenos de la rueda en la superficie de la pista desde rotación libre a bloqueo completo, así como midiendo la fuerza del rozamiento del frenado que la superficie de la pista ejerce contra la rueda que frena.

5.12.3 La computadora RUNAR puede configurarse de modo que proporcione mediciones en promedios respecto a cualquier segmento del pavimento medido. También puede calcular promedios para cada tercio o para la totalidad del segmento de la pista. La computadora adquiere y almacena la siguiente información:

a) fuerza de rozamiento por relación al frenado;

b) velocidad de rotación de la rueda de medición, y velocidad del vehículo remolcador;

c) temperatura ambiente a aproximadamente 20 cm sobre la superficie de la pista.

Todos los datos medidos se almacenan en un archivo correspondiente a cada misión de medición. Como reserva, los datos también se guardan en una disquete de computadora.

5.13 DECELERÓMETROS

Generalidades

5.13.1 Los decelerómetros proporcionan la información más fiable cuando la superficie del pavimento está cubierta de nieve compactada y/o de hielo. No deberían utilizarse los decelerómetros en superficies de pavimento mojadas y no



Figura 5-12. Medidor del rozamiento Trata

deberían realizarse los ensayos cuando la superficie del pavimento esté cubierta de nieve suelta o de nieve seca, de un espesor superior a 51 mm, o cubiertas de nieve fundente de un espesor superior a 13 mm.

5.13.2 Puesto que los decelerómetros se instalan en el interior del vehículo, deben satisfacerse algunos requisitos en dicho vehículo para asegurar que se obtienen mediciones confiables y uniformes. Se consideran vehículos aceptables todos los automóviles sedán grandes, las furgonetas, los turismos de tamaño intermedio o grande, las camionetas y los camiones para pasajeros y carga, los vehículos que tienen tracción en la rueda delantera o tracción en las cuatro ruedas y los vehículos dotados del sistema antibloqueo de los frenos (ABS) en el eje posterior.

5.13.3 Los neumáticos del vehículo pueden influir considerablemente en las mediciones del rozamiento. Por consiguiente, deberían tener bandas de rodadura que no excedan de un 50% de desgaste y en todo momento debe mantenerse la presión de los neumáticos de conformidad con las especificaciones del fabricante.

5.13.4 Los frenos del vehículo deben estar siempre adecuadamente ajustados para garantizar una acción equilibrada. El vehículo debe tener la menor tendencia posible al cabeceo y tener suficiente estabilidad de dirección cuando se aplican los frenos.

5.13.5 El decelerómetro debe instalarse en el vehículo de conformidad con las instrucciones del fabricante. El dispositivo debe colocarse en el vehículo de forma que no se desplace por cualquier movimiento. Análogamente, el decelerómetro debe ser objeto de mantenimiento y de calibración de conformidad con las recomendaciones del fabricante.

5.13.6 Es necesario tomar una serie de lecturas para obtener una evaluación razonable de la condición de la superficie de la pista. La longitud total de la pista se subdivide en tres partes iguales — la zona de toma de contacto, la parte central y las zonas de recorrido en tierra. En cada zona debe realizarse un mínimo de tres ensayos a la velocidad de 35 km/h. Para cada zona debe determinarse un número promedio de μ . Los números promedio de μ se registran siempre en el mismo sentido que el aterrizaje de los aviones.

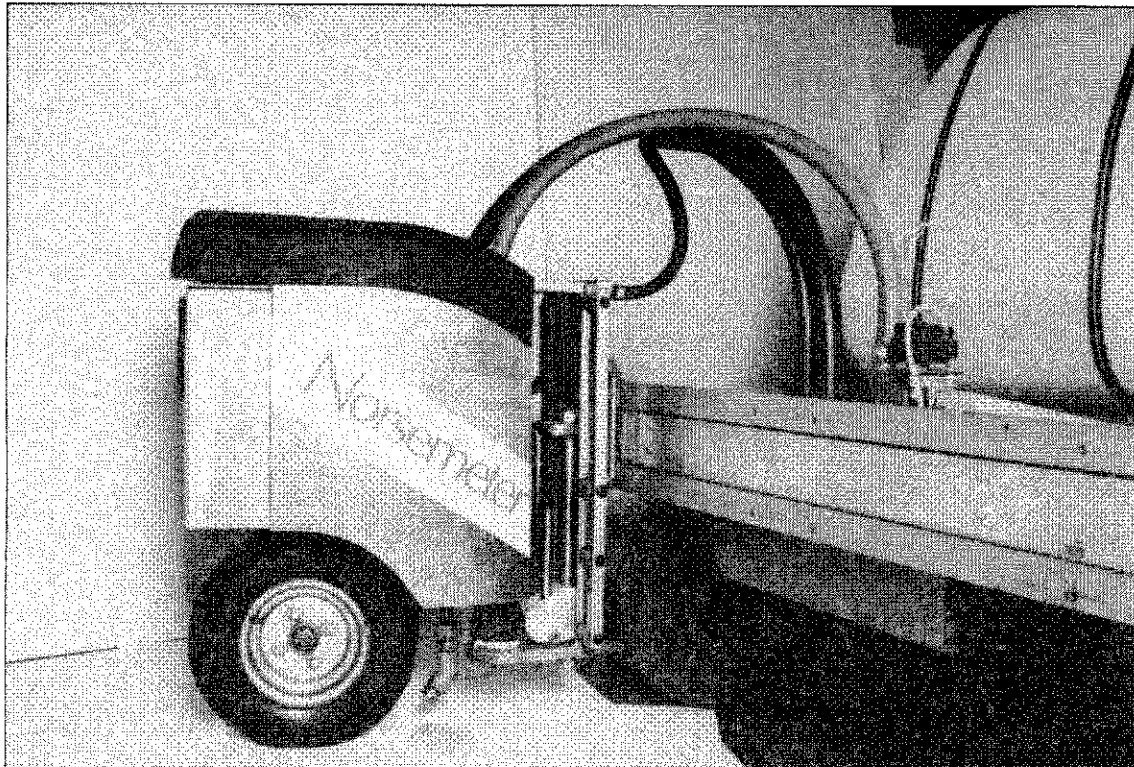


Figura 5-13. Analizador y registrador de pista RUNAR

5.13.7 Para realizar análisis del rozamiento deben aplicarse los siguientes procedimientos:

- a) Pueden aplicarse los frenos con suficiente intensidad para bloquear las cuatro ruedas y seguidamente deben inmediatamente liberarse. El tiempo durante el cual las ruedas han de estar bloqueadas no debe exceder de un segundo.
- b) El decelerómetro utilizado debe registrar o mantener la fuerza de frenado de retardación máxima que ocurra durante el ensayo.
- c) Puede hacerse caso omiso, al calcular los valores promedios, de todos los valores aleatorios que sean excesivamente elevados o excesivamente bajos.

5.13.8 Debido a que los decelerómetros requieren que el vehículo de ensayo se acelere hasta determinadas velocidades de ensayo, lo cual exige el recorrido de una determinada distancia, los intervalos a los que pueden realizarse las lecturas de ensayo son necesariamente superiores a los que se realizan mediante los dispositivos de medición continua del rozamiento. Por consiguiente, estos dispositivos pueden solamente considerarse como dispositivos de medición del rozamiento a base de lecturas puntuales.

Frenómetro-dinómetro

5.13.9 El frenómetro-dinómetro consiste en un péndulo sumamente equilibrado preparado para responder a cualquier variación de velocidad y de ángulo, que funciona mediante un tren de engranaje en cuadrante que hace girar una aguja alrededor de un disco (véase la Figura 5-14). El disco está calibrado en porcentajes de "g", que es la norma aceptada para medir la aceleración y la deceleración. Para detener cualquier vibración, se llena el instrumento de un fluido que no es sensible a modificaciones de la temperatura. El medidor requiere ser transportado por un vehículo, y debe siempre utilizarse con un bastidor montado en el suelo. Este dispositivo debería solamente utilizarse en superficies de la pista cubiertas de hielo o de nieve compactada. No se recomienda utilizar este dispositivo en superficies mojadas del pavimento de la pista. Los procedimientos para llevar a cabo los ensayos de rozamiento son los indicados en 5.13.7.

Medidor Tapley

5.13.10 En el mercado se dispone de dos versiones del medidor Tapley: el Tapley original, (un decelerómetro

mecánico estándar) y el medidor electrónico Tapley del rozamiento en aeródromos. Ambas versiones requieren ser transportadas por un vehículo y se recomienda su uso solamente en superficies cubiertas de nieve compactada o de hielo. No se recomiendan para funcionamiento en superficies mojadas del pavimento de la pista.

5.13.11 *Decelerómetro mecánico.* La versión mecánica es un decelerómetro pequeño que consiste en un péndulo con amortiguador de aceite dinámicamente calibrado e incluido en una caja sellada (véase la Figura 5-15). El péndulo está enlazado magnéticamente con un mecanismo de engranaje de peso liviano unido a una escala circular en la que se indican los valores en porcentajes de "g". Mediante un retén liviano, se registra el grado máximo de desviación alcanzado en la escala después de completarse un ensayo. El mecanismo está alojado en una caja de aluminio y la escala tiene una ventanilla cubierta de vidrio. Todo el conjunto está montado sobre una placa de hierro colado mediante un sistema de horquilla. Cada medidor está sometido a ensayos estáticos y se calibra dinámicamente antes de expedirse un certificado de calibración. Cuando el medidor se utiliza para inspecciones del rozamiento, se coloca en el suelo del vehículo. El operador debe leer directamente los datos y registrarlos y debe mentalmente calcular y registrar los datos correspondientes a cada tramo de un tercio de la pista. Los procedimientos para llevar a cabo los ensayos son los indicados en 5.13.7.

5.13.12 *Decelerómetro electrónico.* El medidor electrónico del rozamiento en el campo de aviación proporciona un registro de los datos obtenidos durante una inspección del rozamiento, comprendidos los promedios para cada tramo de un tercio de la pista. En la Figura 5-16 se muestra la configuración del medidor. El medidor está activado por un péndulo, es semiautomático, y consiste en un decelerómetro registrador que funciona según los mismos principios que el decelerómetro mecánico original de Tapley. Al preparar la realización de una inspección del rozamiento, el operador coloca el medidor en el suelo del vehículo de ensayo. La zapata de actuación está instalada en el pedal del freno y el módulo de mando está unido a la ventana del vehículo mediante una zapata de succión en la parte delantera del lado del conductor o en cualquier emplazamiento conveniente que sea fácilmente visible para el operador. Los conductos de potencia se conectan con la batería del vehículo o con baterías independientes. El medidor electrónico se somete a pruebas en la fábrica comparándolo con el medidor Tapley estándar. Estos dispositivos deberían utilizarse únicamente en superficies de la pista cubiertas de hielo o de nieve compactada. Los procedimientos para llevar a cabo los ensayos son los indicados en 5.13.7.

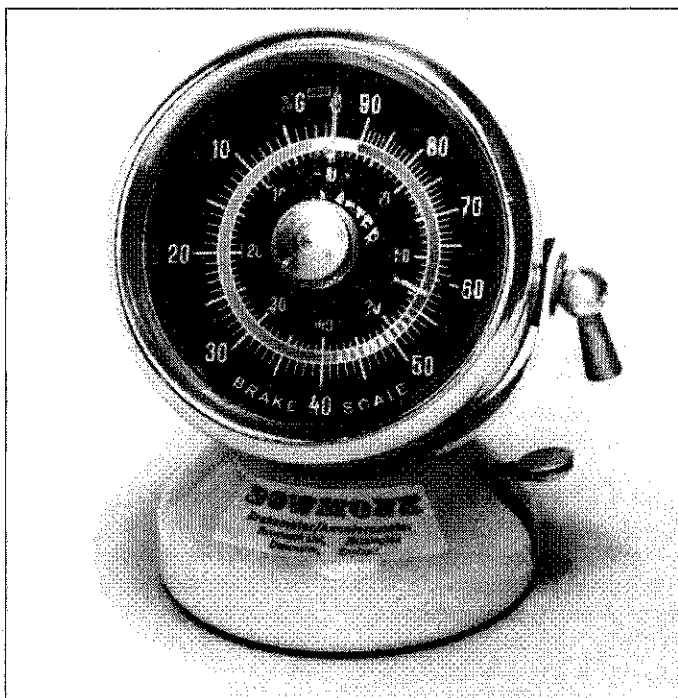


Figura 5-14. Frenómetro-dinómetro



Figura 5-15. Medidor mecánico estándar Tapley

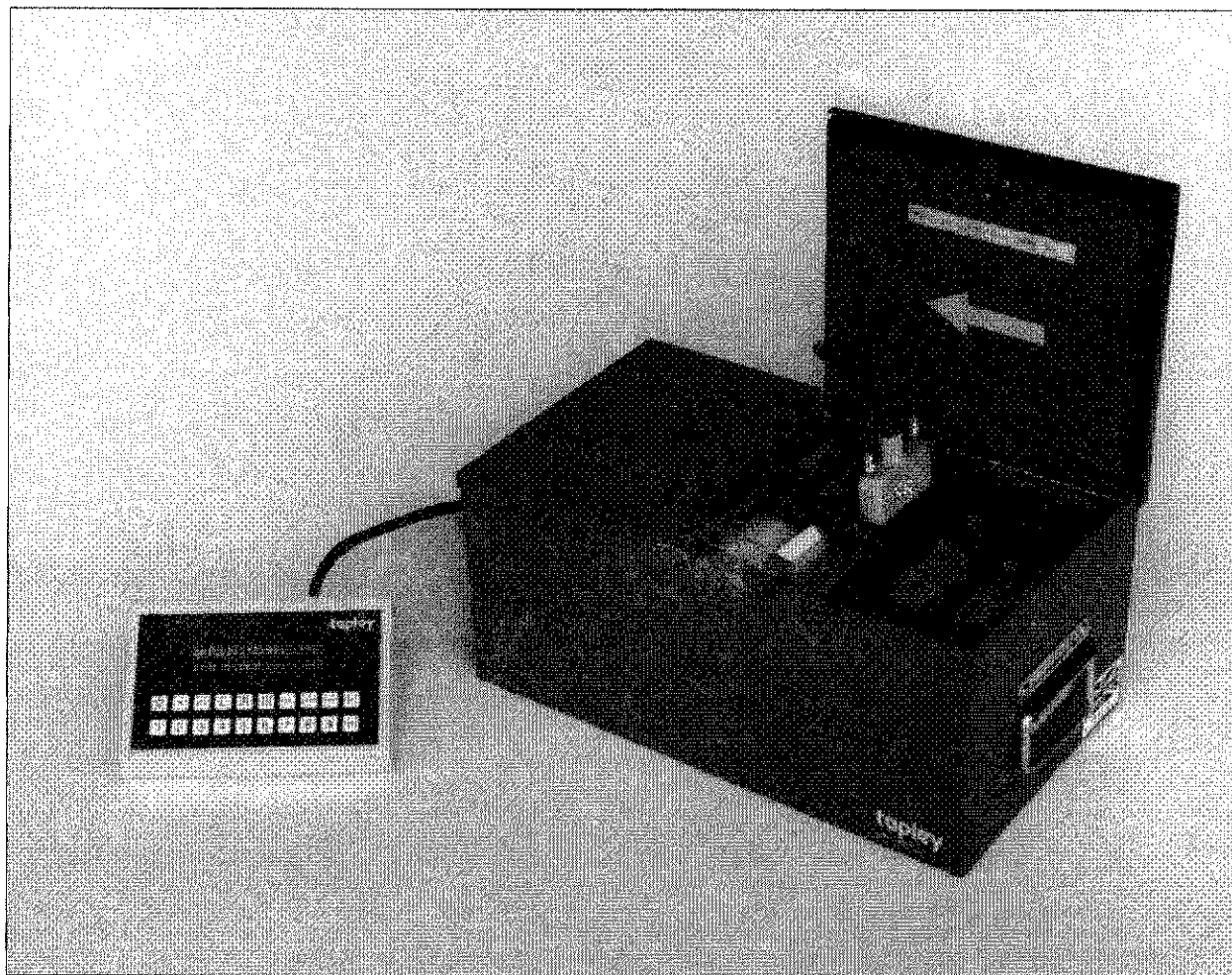


Figura 5-16. Medidor electrónico Tapley del rozamiento en el campo de aviación

Capítulo 6

Recopilación y difusión de información sobre el estado de la superficie de los pavimentos

6.1 GENERALIDADES

6.1.1 De conformidad con las disposiciones del Anexo 14, Volumen I, Capítulo 2, 2.9, es necesario que la autoridad competente evalúe las condiciones de los pavimentos, siempre que no haya sido posible despejarlos totalmente de contaminantes y, también, que ponga esta información a la disposición de las dependencias correspondientes del aeropuerto. Además, según el Anexo 15, 5.1.1.1 r) debe publicarse un NOTAM para dar a conocer la presencia, eliminación, o cambios importantes de las condiciones peligrosas debidas a nieve, nieve fundente, hielo o agua en el área de movimiento. Esta información puede promulgarse mediante un SNOWTAM (Figura 6-1).

6.1.2 Los requisitos en cuanto a un sistema eficaz de recopilación y difusión de la información sobre el estado de la superficie de los pavimentos podrían exponerse en la forma descrita en este capítulo (se supone que no en todos los casos se logrará limpiar y dejar seca la superficie pavimentada, ni conservarla en esas condiciones).

6.1.3 Antes de efectuar el despegue o el aterrizaje, el piloto necesita información sobre todos los aspectos de un aeropuerto, sus ayudas y sus instalaciones operacionales. En muchos casos, una combinación adversa de la distancia de despegue o de aterrizaje disponibles, los componentes de cola o transversal del viento, la visibilidad y las características de rozamiento deficientes pueden hacer imposible el despegue o el aterrizaje.

6.1.4 Con objeto de permitir a los explotadores de aviones y a los pilotos evaluar y utilizar sin dificultad la información recibida, es necesario normalizar ésta, así como su presentación. Los informes deben tener un carácter positivo y ser tan completos como sea posible. Esto a su vez genera un gran volumen de información. En consecuencia, se necesita un código normalizado para simplificar los procedimientos de comunicaciones, especialmente cuando reinen condiciones meteorológicas adversas sobre una extensa zona, así como para permitir actualizar rápidamente los datos.

6.1.5 La recopilación de datos debe hacerse de forma rápida, completa y precisa, y la exactitud exige medios e instrumentos especiales para efectuar las mediciones de los

distintos parámetros, a fin de evitar las evaluaciones subjetivas.

6.1.6 La transmisión de esta información debe ser rápida, regular y oportuna: es decir, el piloto debe recibirla a tiempo para utilizarla, y su contenido debe mantenerse actualizado. Este aspecto es especialmente importante dado que una gran parte de la información tiene necesariamente carácter transitorio.

6.1.7 En el *Manual para los servicios de información aeronáutica* (Doc 8126), Capítulos 4 y 5 y Apéndice A, figuran textos de orientación sobre la notificación, mediante NOTAM y publicaciones de información aeronáutica (AIP), de las medidas tomadas para mantener un aeropuerto en condiciones satisfactorias para las operaciones de vuelo, tal como lo requiere el Anexo 15 [5.1.1.1 g) y r), 5.3.3, 5.3.7, 7.1.1.2 a), 8.1.2.1, así como el Apéndice 1, AD 1.1 5) y AD 1.2.2 3) y 4), y Apéndice 2]. En el Manual AIS, Apéndice H, se da un ejemplo del tipo de notificación que han de publicar los Estados mediante NOTAM Clase II y AIP.

6.1.8 Es esencial que se disponga lo necesario para que cada uno de los servicios del Estado relacionados con las operaciones de los aviones presente oportunamente la información necesaria a los servicios de información aeronáutica. Antes de que se incorporen modificaciones al sistema de navegación aérea, los servicios responsables de tales cambios deben tener debidamente en cuenta el plazo necesario para que los servicios de información aeronáutica preparen, produzcan y expidan los textos pertinentes que han de ser promulgados. Por consiguiente, es necesario que haya coordinación oportuna y estrecha entre los servicios interesados, comprendidos los servicios de información aeronáutica, para asegurarse de que estos reciben a tiempo la información.

6.2 INFORMACIÓN SOBRE EL ESTADO DE SUPERFICIES MOJADAS

6.2.1 Deberían someterse periódicamente a prueba las condiciones de la pista para asegurarse de que sus características de rozamiento están por encima de un nivel aceptable.

(Encabezamiento COM)	(INDICADOR DE PRIORIDAD)	(DIRECCIONES)		≡																					
	(FECHA Y HORA DE DEPÓSITO)	(INDICADOR DE ORIGINADOR)		≡																					
(Encabezamiento abreviado)	(SWAA* NÚMERO DE SERIE)	(INDICADOR DEL LUGAR)	(FECHA/HORA DE OBSERVACIÓN)	(GRUPO FACULTATIVO)																					
	S W . .																								
SNOWTAM		(Número de serie)	→																						
(INDICADOR DE LUGAR DEL AERÓDROMO)			A)	→																					
[(FECHA/HORA DE LA OBSERVACIÓN (Hora en UTC, en que se terminó la medición)]			B)	→																					
(DESIGNADORES DE PISTA)			C)	→																					
[LONGITUD DE PISTA LIMPIA, SI ES INFERIOR A LA LONGITUD PUBLICADA (m)]			D)	→																					
[ANCHURA DE PISTA LIMPIA, SI ES INFERIOR A LA ANCHURA PUBLICADA (m; si está desplazada a la izquierda o a la derecha del eje, añádase "L" o "R")]			E)	→																					
(DEPÓSITOS SOBRE TODA LA LONGITUD DE LA PISTA (Observados sobre cada tercio de la pista a partir del umbral cuyo número de designación de pista sea menor) NIL — PISTA LIMPIA Y SECA 1 — HUMEDA 2 — MOJADA o con charcos de agua 3 — CUBIERTA DE ESCARCHA O HELADA (espesor normalmente inferior a 1 mm) 4 — NIEVE SECA 5 — NIEVE MOJADA 6 — NIEVE FUNDENTE 7 — HIELO 8 — NIEVE COMPACTADA O APISONADA 9 — SURCOS O CRESTAS HELADOS)			F)	→																					
[PROFUNDIDAD MEDIA DE CADA TERCIO DE LA LONGITUD TOTAL DE LA PISTA (mm)]			G)	→																					
[MEDICIÓN DEL ROZAMIENTO EN CADA TERCIO DE LA PISTA Y DISPOSITIVOS DE MEDICIÓN <table border="0"> <tr> <td>COEFICIENTE CALCULADO O MEDIDO</td> <td>o</td> <td>ROZAMIENTO EN LA SUPERFICIE ESTIMADO</td> </tr> <tr> <td>0,40 y más</td> <td></td> <td>BUENA — 5</td> </tr> <tr> <td>0,39 a 0,36</td> <td></td> <td>MEDIANA/BUENA — 4</td> </tr> <tr> <td>0,35 a 0,30</td> <td></td> <td>MEDIANA — 3</td> </tr> <tr> <td>0,29 a 0,26</td> <td></td> <td>MEDIANA/DEFICIENTE — 2</td> </tr> <tr> <td>0,25 y menos</td> <td></td> <td>DEFICIENTE — 1</td> </tr> <tr> <td>9 — no confiable</td> <td></td> <td>NO CONFIABLE — 9</td> </tr> </table> (Al citar un coeficiente medido, utilícen las dos cifras observadas, seguidas de la abreviatura del dispositivo de medición del rozamiento utilizado; citar un valor de rozamiento estimado, utilícese una sola cifra)			COEFICIENTE CALCULADO O MEDIDO	o	ROZAMIENTO EN LA SUPERFICIE ESTIMADO	0,40 y más		BUENA — 5	0,39 a 0,36		MEDIANA/BUENA — 4	0,35 a 0,30		MEDIANA — 3	0,29 a 0,26		MEDIANA/DEFICIENTE — 2	0,25 y menos		DEFICIENTE — 1	9 — no confiable		NO CONFIABLE — 9	H)	→
COEFICIENTE CALCULADO O MEDIDO	o	ROZAMIENTO EN LA SUPERFICIE ESTIMADO																							
0,40 y más		BUENA — 5																							
0,39 a 0,36		MEDIANA/BUENA — 4																							
0,35 a 0,30		MEDIANA — 3																							
0,29 a 0,26		MEDIANA/DEFICIENTE — 2																							
0,25 y menos		DEFICIENTE — 1																							
9 — no confiable		NO CONFIABLE — 9																							
[BANCOS DE NIEVE CRÍTICOS (Si existen, insértese la altura (cm) y la distancia del borde de la pista (m) seguidas de "L", "R" o "LR" si procede)]			J)	→																					
[LUCES DE PISTA (Si están oscurecidas, insértese "SI" seguido de "L", "R" o ambas "LR" si procede)]			K)	→																					
[NUEVA LIMPIEZA (Si se ha previsto, insértese la longitud (m)/anchura (m) que ha de despejarse o, si la limpieza se hará en toda la dimensión, insértese "TOTAL")]			L)	→																					
[SE ESPERA COMPLETAR LA NUEVA LIMPIEZA A LAS... (UTC)]			M)	→																					
[CALLE DE RODAJE (Si no se dispone de calle de rodaje apropiada, insértese "NO")]			N)	→																					
[BANCOS DE NIEVE EN LAS CALLES DE RODAJE (Si tienen más de 60 cm, insértese "SI" seguido de la distancia de separación, en metros)]			P)	→																					
[PLATAFORMA (Si no es utilizable, insértese "NO")]			R)	→																					
[LA PRÓXIMA OBSERVACIÓN/MEDICIÓN ESTA PREVISTA PARA EL...] (mes/día/hora en UTC)			S)	→																					
[OBSERVACIONES EN LENGUAJE CLARO (Incluyendo cobertura de contaminantes y otra información importante desde el punto de vista operacional, p. ej., enarenado, descongelamiento)]			T)	≡																					
NOTAS: 1. *Póngase las letras de nacionalidad de la OACI Doc 7910, Parte 2, de la OACI. 2. En datos sobre otras pistas, repita de C a P. 3. Las palabras entre paréntesis () no se transmiten.																									

FIRMA DEL EXPEDIDOR (No se transmite)

Figura 6-1. Formato SNOWTAM

Además, deberían conocerse las pistas cuyas características de rozamiento estén por debajo del nivel mínimo aceptable y debería transmitirse dicha información a los pilotos. A estos efectos, los criterios aplicados por el Estado correspondiente para evaluar las características de rozamiento de la superficie de las pistas deberían incluirse en la publicación de información aeronáutica de dicho Estado. Entre estos datos debería incluirse el tipo de dispositivo de medición del rozamiento utilizado y el nivel mínimo aceptable que haya establecido el Estado.

6.2.2 Siempre que las características de rozamiento de la superficie de la pista no lleguen al nivel mínimo aceptable que haya establecido el Estado, debería publicarse un NOTAM. Debería continuar publicándose el NOTAM mientras el Estado no haya adoptado las medidas correctivas al respecto. Los Estados deben disponer lo necesario para que entre los aeródromos haya un medio directo de intercambio de SNOWTAM.

6.2.3 Además de someter periódicamente a pruebas las condiciones de rozamiento de las pistas según lo esbozado en 6.2.1, cuando se sepa que una pista se hace resbaladiza en condiciones desacostumbradas, deberían efectuarse nuevas mediciones siempre que se presenten tales condiciones. Se desea que las dependencias adecuadas tengan a su disposición la información sobre las características de rozamiento de la superficie de la pista, siempre que estas nuevas mediciones indiquen que toda la pista o parte de ella se ha vuelto resbaladiza.

6.3 INFORMACIÓN SOBRE EL ESTADO DE LAS SUPERFICIES CUBIERTAS DE NIEVE, NIEVE FUNDENTE O HIELO

6.3.1 Para fines de planificación a largo y a mediano plazo, los explotadores de aviones han de estar en condiciones de determinar el grado de regularidad de las operaciones que puede lograrse en un aeropuerto durante la época invernal. Las autoridades aeroportuarias han de definir los parámetros que interesan a sus propios fines. Por lo tanto, las autoridades estatales y las de los aeropuertos deben dar a conocer de manera clara y precisa sus intenciones respecto a:

- la asignación de responsabilidad;
- métodos de limpieza (incluso las sustancias químicas, si se aplicaran);
- el equipo que ha de utilizarse;
- el orden de prioridad de las operaciones de limpieza;
- los métodos de medición;
- la tabla de coeficientes de rozamiento para las superficies cubiertas de nieve o hielo;
- los métodos para mejorar las características de rozamiento de las pistas;

- los criterios para notificar la existencia de bancos de nieve;
- la disponibilidad de información y los procedimientos de difusión; y
- las discrepancias locales respecto a las prácticas nacionales.

Esta información, proveniente de la autoridades estatales y aeroportuarias, debería estar disponible en la forma de un plan.

6.3.2 Algunos de estos datos son de carácter permanente, pero otros pueden cambiar de una estación a otra. Al preparar los planes, las autoridades aeroportuarias deben también consultar a los usuarios del aeropuerto (y a las dependencias de los servicios de tránsito aéreo, si no están bajo su autoridad) prestando particular atención a que los equipos destinados a la limpieza de nieve y a la medición del rozamiento tengan acceso fácil a las pistas.

Procedimientos de recopilación de datos

6.3.3 Hay una diversidad de métodos para que la información obtenida en la propia pista se encamine hacia los puntos de inserción en los diversos canales de comunicaciones y finalmente al piloto, pero ninguno de los métodos puede caracterizarse como particularmente eficiente. Sin embargo, son fácilmente identificables los elementos esenciales que han de formar parte de un sistema eficaz. Las autoridades del aeropuerto deberían asumir la responsabilidad de ejecutar las diversas mediciones necesarias y la de notificar las condiciones del pavimento a las entidades encargadas de su difusión, que en general son las dependencias de los servicios de tránsito aéreo y las de los servicios de información aeronáutica (AIS). Para lograrlo, será preciso establecer equipos de recopilación de datos (que en otras circunstancias pueden desempeñar otras tareas) que estén dotados de instrumentos de buena calidad y debidamente instruidos para utilizarlos, y que puedan recibir rápidamente la alerta y la orden de que se dirijan a sus puestos de trabajo para ejecutar la tarea sin demora y con precisión, y deben estar compenetrados con las necesidades de los servicios de tránsito aéreo y de los equipos de limpieza de nieve. La experiencia ha demostrado que la demora máxima en la difusión de la información se produce entre el momento en que se efectúan las observaciones y la hora de depósito de los NOTAM/SNOWTAM. Por lo tanto, las mediciones deberían efectuarse de manera que los datos de carácter más transitorio, por ejemplo el coeficiente de rozamiento en la pista, sea la información que se recopile en último término. Los datos deben enviarse a un centro del aeropuerto en el que sean objeto de recopilación y reciban el visto bueno y en el que sean transformados en la forma adecuada para ser transmitidos con la mínima demora y difundidos por los canales de comunicaciones que correspondan. Esto último significa invariablemente que la información habrá de presentarse en dos formas diferentes: una para ser utilizada por las dependencias de los servicios de tránsito aéreo y en la oficina local de exposición verbal previa al vuelo (AIS) y la otra para

exposición verbal previa al vuelo (y actualización en ruta cuando sea posible) de los aviones entrantes.

6.3.4 La hora de difusión puede obedecer frecuentemente a la necesidad de que los vuelos entrantes dispongan de la información una hora antes de despegar del aeropuerto de salida. Además como resultado del progreso tecnológico, y cuando la información sea utilizada por las dependencias de los servicios de tránsito aéreo local, las autoridades del aeropuerto pueden cumplir su obligación de recopilar alguna información, estableciendo un sistema por el que se obtenga y se transmitan automáticamente, de manera continua y directa, los datos al puesto de trabajo del controlador (es decir, un método similar al de los indicadores de la dirección y de la velocidad del viento). Asimismo, puede considerarse el uso de la radio e incluso de técnicas telemétricas, para transmitir la información desde la pista al centro que imparte las autorizaciones o al controlador. Evidentemente, debe preverse en la organización que estén adecuadamente cubiertas todas las horas de servicio del aeropuerto y que las mediciones se repitan a intervalos frecuentes, a menudo cada media hora, para que puedan detectarse variaciones importantes de los factores más críticos que pueden ocurrir en plazos de tiempo bastante breves. La información debe presentarse en una forma que permita su rápida interpretación, tanto en la oficina de exposición verbal como en el puesto de pilotaje, lo cual significa que se necesitará un sistema de decodificación rápido y sencillo, y una última presentación en lenguaje claro.

6.4 FORMATO DE SNOWTAM

6.4.1 Se utiliza un SNOWTAM para difundir información sobre la acumulación de nieve, la nieve fundente, el hielo o el agua estancada en el área de movimiento (Figura 6-1). Para facilitar la forma de llenar el SNOWTAM, se publican notas explicativas en un texto conciso asociado con el formato de SNOWTAM (6.4.3). En las notas explicativas se incluyen, entre otros datos, los siguientes:

- a) período máximo de validez del SNOWTAM;
- b) información acerca de lo que constituye una modificación importante de las condiciones de la pista que exige la expedición de un nuevo SNOWTAM;
- c) la notificación de XX en la casilla G, medición del rozamiento en cada tercio de la pista y dispositivos de medición, si este valor no puede medirse o no tiene importancia para las operaciones;
- d) abreviaturas utilizadas para indicar el tipo del dispositivo de medición del rozamiento notificado en la casilla H; y
- e) notificación, en la casilla T, de la cobertura de contaminantes así como de las condiciones en la parte de la pista que no ha sido objeto de limpieza.

6.4.2 Orientación detallada sobre la forma de completar el formato de SNOWTAM, así como ejemplos del formato completado y de los correspondientes mensajes por teletipo, se presentan en 6.4.3 y 6.4.4.

6.4.3 El texto siguiente proporciona orientación para completar el formato de SNOWTAM:

1. Generalidades

- a) Cuando se notifican datos que se refieren a dos o tres pistas se transmiten de nuevo los datos indicados de C a P inclusive.
- b) Deben omitirse completamente las casillas junto con su indicador cuando no haya de incluirse información.
- c) Deben utilizarse unidades del sistema métrico decimal y no se notificará la unidad de medida.
- d) La validez máxima de los SNOWTAM es de 24 horas. Deben publicarse nuevos SNOWTAM siempre que ocurra un cambio de importancia en las condiciones. Se consideran de importancia los cambios siguientes, relativos al estado de las pistas:
 - 1) un cambio de alrededor de 0,05 en el coeficiente de rozamiento;
 - 2) cambios en el espesor de los depósitos de órdenes mayores que los siguientes: 20 mm para nieve seca; 10 mm para nieve mojada; 3 mm para nieve fundente;
 - 3) un cambio del 10%, o más, en la longitud o anchura disponible de una pista;
 - 4) todo cambio del tipo de depósitos o extensión de cobertura que requiera reclasificación en las casillas F o T del SNOWTAM;
 - 5) cuando existan bancos de nieve críticos en un lado de la pista, o en ambos lados, todo cambio de la altura o de la distancia a que se encuentren a partir del eje de la pista;
 - 6) todo cambio de la conspicuidad de la iluminación de pista provocado por un ocultamiento de las luces; y
 - 7) toda otra condición considerada de importancia a base de la experiencia o de las circunstancias locales.
- e) El encabezamiento abreviado "TTAAiiii CCCC MMYGGgg (BBB)" se incluye para facilitar el tratamiento automático de los mensajes SNOWTAM en los bancos de datos por computadora. La explicación de los símbolos es la siguiente:

TT = designador de datos SNOWTAM = SW;

AA = designador geográfico de los Estados (por ejemplo, LF = Francia, EG = Reino Unido — [véase Indicadores de lugar (Doc 7910), Parte 2 — Índice de las letras de nacionalidad para los indicadores de lugar];

iiii = número de serie del SNOWTAM expresado por un grupo de cuatro cifras;

CCCC = indicador de lugar de cuatro letras correspondiente al aeródromo al que se refiere el SNOWTAM [véase Indicadores de lugar (Doc 7910)];

MMYYGGgg = fecha/hora de la observación/medición, de manera que:

MM = mes (o sea, enero = 01, diciembre = 12)

YY = día del mes

GGgg = horas (GG) y minutos (gg) UTC (tiempo universal coordinado);

(BBB) = grupo facultativo para designar: una corrección de un SNOWTAM difundido previamente con el mismo número de serie = COR.

Nota.— Los paréntesis en (BBB) significan que se trata de un grupo facultativo.

Ejemplo: Encabezamiento abreviado del SNOWTAM Núm. 149 de Zurich, medición/observación del 7 de noviembre a las 0620 UTC:

SWLS0149 LSZH 11070620

2. Casilla A

Indicador de lugar del aeródromo (indicador de lugar de cuatro letras).

3. Casilla B

Grupo fecha/hora de ocho cifras — indica la hora de observación en la secuencia mes, día, hora y minutos en UTC (Tiempo Universal Coordinado); esta casilla debe llenarse siempre.

4. Casilla C

Número más bajo de designador de pista.

5. Casilla D

Longitud en metros de la pista limpia, si es inferior a la longitud publicada (véase la casilla T sobre la notificación de si parte de la pista no está limpia).

6. Casilla E

Anchura en metros de la pista, si es inferior a la anchura publicada; si está desplazada a la izquierda o a la derecha del eje, añádase "L" o "R" según se vea desde el umbral que tenga el número designador más bajo.

7. Casilla F

Depósitos sobre la longitud de la pista, según se explica en el formato de SNOWTAM. Pueden utilizarse combinaciones

adecuadas de estos números para indicar condiciones variables sobre los distintos segmentos de la pista. Si hay más de un depósito en el mismo tramo de la pista, estos deberían notificarse en orden desde la parte superior hasta la parte inferior. Las acumulaciones causadas por el viento, los espesores de depósitos apreciablemente superiores a los valores medios u otras características importantes de los depósitos pueden notificarse en la casilla T en lenguaje claro.

Nota.— Véase 4.5.1 respecto a las definiciones de los diversos tipos de nieve.

8. Casilla G

Espesor medio en milímetros de depósito correspondiente a cada tercio de la longitud total de la pista, o "XX" si no es mensurable o no es importante desde el punto de vista operacional. La evaluación debe efectuarse con una precisión de 20 mm para nieve seca, 10 mm para nieve mojada y 3 mm para nieve fundente.

9. Casilla H

Medición del rozamiento correspondiente a cada tercio de la pista y dispositivo de medición utilizado. Coeficiente medido o calculado (dos cifras) o, si no se dispone de éste, rozamiento en la superficie estimado (una cifra), en orden empezando por el umbral que tenga el número designador de pista más bajo. Insértese una clave 9 cuando el estado de la superficie o del dispositivo de medición del rozamiento disponible no permite efectuar una medición confiable del rozamiento en la superficie. Utilícense las siguientes abreviaturas para indicar el tipo de dispositivo de medición del rozamiento utilizado:

BRD	Frenómetro-dinómetro
GRT	Medidor del asimiento
MUM	Medidor del valor Mu
RFT	Medidor del rozamiento en la pista
SFH	Medidor del rozamiento en la superficie (neumáticos de alta presión)
SFL	Medidor del rozamiento en la superficie neumáticos de baja presión)
SKH	Deslizómetro (neumáticos de alta presión)
SKL	Deslizómetro (neumáticos de baja presión)
TAP	Medidor Tapley

Si se utiliza otro equipo especifíquese en lenguaje claro.

10. Casilla J

Bancos de nieve críticos. Si los hay, insértese la altura en centímetros y la distancia con respecto al borde de la pista en metros, seguidas de izquierda ("L") o derecha ("R") o ambos lados ("LR"), tal como se ven desde el umbral que tiene el número de designación de pista más bajo.

11. Casilla K

Si las luces de pista están ocultas, insértese "Sf" seguido de "L", "R" o ambos "LR" tal como se ve desde el umbral que tenga el número de designación de pista más bajo.

12. Casilla L

Cuando se prevea realizar una nueva limpieza de la pista, anótese la longitud y anchura de la pista o "TOTAL" si la pista habrá de limpiarse en su totalidad.

13. Casilla M

Anótese la hora UTC prevista para la terminación de la limpieza.

14. Casilla N

Puede utilizarse la clave correspondiente a la Casilla F para describir las condiciones de las calles de rodaje; anótese "NO" si no se dispone de las calles de rodaje que sirvan a la pista conexas.

15. Casilla P

Si es aplicable, anótese "SÍ" seguido por la distancia lateral en metros.

16. Casilla R

Puede utilizarse la clave correspondiente a la Casilla F para describir las condiciones de la plataforma; anótese "NO" si la plataforma está inutilizable.

17. Casilla S

Anótese la hora UTC prevista de la próxima observación/medición.

18. Casilla T

Escríbase en lenguaje claro toda información de importancia operacional pero notifíquese siempre la longitud de pista no despejada (Casilla D) y el grado de contaminación de la pista (Casilla F) para cada tercio de la pista (si procediera) de conformidad con la escala siguiente:

contaminación de la pista:

10% — si la contaminación es inferior al 10%

25% — si la contaminación es de 11 a 25%

50% — si la contaminación es de 26 a 50%

100% — si la contaminación es de 51 a 100%.

6.4.4 Los textos que siguen proporcionan más orientación sobre la forma de completar el formato de SNOWTAM.

Comentarios generales

1. Los códigos de la Casilla F pueden utilizarse para describir las condiciones en las calles de rodaje y plataformas.
2. Deben utilizarse unidades métricas y no es necesario notificar la unidad de medición. Si fuera necesario aclarar la unidad de medición utilizada indíquese en la casilla T.

Comentarios específicos para cada casilla

Casilla A — Entrar el indicador de lugar del aeródromo de cuatro letras.

Casilla B — Entrar la fecha de la evaluación efectuada, proporcionando el grupo de ocho dígitos de fecha-hora mediante el cual se indica el mes, día, hora y minuto de la observación en UTC, (p. ej., 02010850, con el significado de 1 de febrero a las 0850 UTC). Esta hora puede ser distinta para diversas pistas y debe entrarse el grupo de fecha-hora de 8 dígitos para cada pista.

Casilla C — Entrar el número de designación de pista más bajo, p. ej., 16 L cuando los números de designación de pista sean 16L/34R.

Casilla D — Entrar la longitud de la pista limpia de nieve en metros si este número es inferior al de la longitud publicada, p. ej., 3 300 (véase la casilla T).

Casilla E — Entrar la anchura de la pista limpia de nieve si es inferior a la anchura publicada, en metros. Si esta anchura no está centrada en el eje de la pista, según se observa desde el umbral que tenga el número inferior de designación de pista, entrar "L" después de la unidad de medición si la parte limpia está desplazada a la izquierda, o "R" si la parte limpia está desplazada a la derecha, p. ej., 40L.

Casilla F — Describir la condición de la superficie de la pista en cada tercio de la pista, notificando el número adecuado de clave indicado en el formulario que describa lo mejor posible la condición. El orden de notificación debería ser a partir del umbral que tiene el número de designación de pista inferior, p. ej., 4/5/4. Pueden emplearse combinaciones adecuadas de números para indicar condiciones variables en diversos tramos de la pista. Si existe más de un depósito en la misma parte de la pista, deben notificarse en orden, empezando por la parte superior hasta la parte inferior del depósito total, p. ej., 57/56/57. Las acumulaciones causadas por el viento, los espesores de depósitos apreciablemente superiores a los valores medios u otras características importantes de los depósitos, pueden notificarse en la casilla T en lenguaje claro. Si se notifica la condición de húmeda debe aclararse en la casilla T el motivo de esta notificación.

Casilla G — Notificar el espesor medio en milímetros de cualquier acumulación de nieve seca, nieve mojada o nieve fundente que se indique en la casilla F respecto a cada tercio de la pista y en el mismo orden en que se notifican respecto a la casilla F. La evaluación del espesor del depósito debe hacerse con una precisión aproximada de 20 mm para nieve seca, de 10 mm para nieve mojada y de 3 mm para nieve fundente. Si no puede medirse el espesor medio o no tiene importancia para las operaciones debe notificarse mediante el código "XX", p. ej., 20/10/XX.

Casilla H — Entrar la evaluación de las características de rozamiento en cada tercio de la pista en el mismo orden en que se hizo en la casilla F y el tipo de dispositivo de medición del rozamiento aplicado si corresponde. Si se utiliza un dispositivo de medición del rozamiento, debe notificarse el coeficiente de rozamiento medido y no proporcionarse una evaluación descriptiva (p. ej., bueno, escaso, etc.). Cuando no se utiliza ningún

dispositivo de medición del rozamiento, debe anotarse la evaluación descriptiva más apropiada según lo indicado en el formulario. Si el dispositivo de medición del rozamiento no permite medir el rozamiento de forma fiable y satisfactoria, lo cual puede ser el caso cuando la pista esté contaminada por nieve fundente o nieve suelta, debe notificarse mediante el código 9.

Utilícense las siguientes abreviaturas para indicar el tipo de dispositivo de medición del rozamiento utilizado.

BRD	Frenómetro-dinómetro
GRT	Medidor del asimiento
MUM	Medidor del valor Mu
RFT	Medidor del rozamiento en la pista
SFH	Medidor del rozamiento en la superficie (neumáticos de alta presión)
SFL	Medidor del rozamiento en la superficie (neumáticos de baja presión)
SKH	Deslizómetro (neumáticos de alta presión)
SKL	Deslizómetro (neumáticos de baja presión)
TAP	Medidor Tapley

Si se utiliza otro equipo, especifíquese en lenguaje claro.

Casilla J — Cuando estén presentes bancos de nieve críticos, según lo definido en la AIP del Estado, entrar la altura en centímetros y la distancia en metros desde el borde de la pista. Indíquese también si están a la izquierda ("L"), o a la derecha ("R"), tal como se ven desde el umbral que tiene el número de designación de pista más bajo o a ambos lados ("LR"), p. ej. 30/5L.

Casilla K — Si las luces de pista están ocultas, entrar "SÍ" seguido de "L", "R" o ambos, "LR", según corresponda, tal como se ve desde el umbral que tenga el número de designación de pista más bajo, p. ej., SÍ L.

Casilla L — Cuando se prevea realizar una nueva limpieza de la pista, además de lo notificado en las casillas D o E, anótese la longitud/anchura que se espera limpiar, p. ej., 2500/35. Si se espera limpiar la totalidad de la pista anotar "TOTAL".

Casilla M — Anótese la hora UTC prevista para terminar las medidas descritas en la casilla L, p. ej., 1300.

Casilla N — Si no hay calles de rodaje que sirvan a la pista conexa, anotar "NO".

Casilla P — Si hay bancos de nieve a lo largo de las calles de rodaje que prestan servicio a la pista y son de una altura superior a 60 cm, anotar "SÍ", seguido de la distancia lateral en metros, p. ej., SÍ 10.

Casilla R — Anótese "NO" si la plataforma no está en condiciones de utilización.

Casilla S — Anotar el mes, día y hora previstos de la próxima observación/medición, en UTC, p. ej., 01021400.

Casilla T — Utilícese este campo para describir, en lenguaje claro, la cobertura de contaminantes y cualquier información importante para las operaciones, tal como medidas correctivas de esparcimiento de arena, de piedrecitas, o desengelmiento, p. ej., RWY 07 arenada. Si la longitud limpia de la pista es inferior a la longitud publicada, especificar las condiciones que reinan en la parte de la pista no despejada, p. ej., los últimos 300 m de RWY 16 cubiertos de 50 mm de nieve. Cuando la pista está contaminada debe notificarse para cada tercio de la pista, según corresponda, lo siguiente:

contaminación de la pista:

- 10% — si la contaminación es menor del 10% de la pista
- 25% — si la contaminación es de 11 a 25%
- 50% — si la contaminación es de 26 a 50% de la pista
- 100% — si la contaminación es más del 50% de la pista.

Si se ha notificado una condición de húmeda debe indicarse si esto es una condición natural, p. ej., "pista 16 humedad natural". Por otro lado, si la humedad es debida a la aplicación de sustancias químicas para impedir la formación de hielo o retirarlo debería notificarse como: "humedad pista 16 debida a sustancias químicas".

Ejemplo de SNOWTAM

En los Ejemplos 1 (Figura 6-2) y 2, se indican respectivamente modelos de formato completado y el correspondiente mensaje por teletipo. Tómese nota de que los datos de las casillas C a P correspondientes a la RWY 14 y RWY 16 deben repetirse en otras hojas.

Ejemplo Núm. 2

GG EHAMZQZX EDDFZQZX EKCHZQZX
070645 LSZHNYX
SWLS0149 LSZH 11070620
SNOWTAM 0149

A) LSZH B) 11070620 C) 10 D) 2200 E) 40L F) 4/5/4
G) 20/10/20 H) 30/35/30 MUM J) 30/5 L K) SÍ L
L) TOTAL M) 0900 P) SÍ 12 C) 14 D) 3000 F) 57/56/57
G) 05/05/05 H) 32/35/9 MUM C) 16 H) 35/35/30 MUM
S) 11070920 T) PRIMEROS 300 M RWY 10 CUBIERTOS
DE 50 MM NIEVE, RWY 14 ARENADA, CONTAMI-
NACIÓN DE PISTA 100% EN TODAS LAS RWY.

(Encabezamiento COM)	(INDICADOR DE PRIORIDAD)GG	(DIRECCIONES)		EHAMZQZX EDDFZQZX EKCHZQZX		≡																		
	(FECHA Y HORA DE DEPÓSITO)	070645		(INDICADOR DE ORIGINADOR)	LSZHNYX		≡																	
(Encabezamiento abreviado)	(SWAA* NÚMERO DE SERIE)		(INDICADOR DEL LUGAR)	(FECHA/HORA DE OBSERVACIÓN)		(GRUPO FACULTATIVO)																		
	S	W	L	S	0	1	4	9	L	S	Z	H	1	1	0	7	0	6	2	0				

SNOWTAM	(Número de serie) 149 →
(INDICADOR DE LUGAR DEL AERÓDROMO)	A) LSZH →
((FECHA/HORA DE LA OBSERVACIÓN (Hora en UTC, en que se terminó la medición))	B) 11070620 →
(DESIGNADORES DE PISTA)	C) 10 →
(LONGITUD DE PISTA LIMPIA, SI ES INFERIOR A LA LONGITUD PUBLICADA (m))	D) 2 200 →
(ANCHURA DE PISTA LIMPIA, SI ES INFERIOR A LA ANCHURA PUBLICADA (m; si está desplazada a la izquierda o a la derecha del eje, añádase "L" o "R")	E) 40 L →
(DEPÓSITOS SOBRE TODA LA LONGITUD DE LA PISTA (Observados sobre cada tercio de la pista a partir del umbral cuyo número de designación de pista sea menor) NIL — PISTA LIMPIA Y SECA 1 — HUMEDA 2 — MOJADA o con charcos de agua 3 — CUBIERTA DE ESCARCHA O HELADA (espesor normalmente inferior a 1 mm) 4 — NIEVE SECA 5 — NIEVE MOJADA 6 — NIEVE FUNDENTE 7 — HIELO 8 — NIEVE COMPACTADA O APISONADA 9 — SURCOS O CRESTAS HELADOS)	F) 4/5/4 →
(PROFUNDIDAD MEDIA DE CADA TERCIO DE LA LONGITUD TOTAL DE LA PISTA (mm))	G) 20/10/20 →
(MEDICIÓN DEL ROZAMIENTO EN CADA TERCIO DE LA PISTA Y DISPOSITIVOS DE MEDICIÓN COEFICIENTE CALCULADO O MEDIDO ROZAMIENTO EN LA SUPERFICIE ESTIMADO 0,40 y más BUENA — 5 0,39 a 0,36 MEDIANA/BUENA — 4 0,35 a 0,30 MEDIANA — 3 0,29 a 0,26 MEDIANA/DEFICIENTE — 2 0,25 y menos DEFICIENTE — 1 9 — no confiable NO CONFIABLE — 9 (Al citar un coeficiente medido, utilícen las dos cifras observadas, seguidas de la abreviatura del dispositivo de medición del rozamiento utilizado; citar un valor de rozamiento estimado, utilícese una sola cifra)	H) 30/35/30 MUM →
(BANCOS DE NIEVE CRÍTICOS (Si existen, insértese la altura (cm) y la distancia del borde de la pista (m) seguidas de "L", "R" o "LR" si procede))	J) 30/5 L →
(LUCES DE PISTA (Si están oscurecidas, insértese "S" seguido de "L", "R" o ambas "LR" si procede))	K) YES L →
(NUEVA LIMPIEZA (Si se ha previsto, insértese la longitud (m)/anchura (m) que ha de despejarse o, si la limpieza se hará en toda la dimensión, insértese "TOTAL")	L) TOTAL →
(SE ESPERA COMPLETAR LA NUEVA LIMPIEZA A LAS... (UTC))	M) 0900 →
(CALLE DE RODAJE (Si no se dispone de calle de rodaje apropiada, insértese "NO"))	N) ---- →
(BANCOS DE NIEVE EN LAS CALLES DE RODAJE (Si tienen más de 60 cm, insértese "S" seguido de la distancia de separación, en metros))	P) YES 12 →
(PLATAFORMA (Si no es utilizable, insértese "NO"))	R) ---- →
(LA PRÓXIMA OBSERVACIÓN/MEDICIÓN ESTA PREVISTA PARA EL...) (mes/día/hora en UTC)	S) 11070920 →
(OBSERVACIONES EN LENGUAJE CLARO (Incluyendo cobertura de contaminantes y otra información importante desde el punto de vista operacional, p. ej., enarenado, descongelamiento))	T) Primeros 300 m RWY 10 cubiertos con 50 mm de nieve)≡
NOTAS: 1. *Póngase las letras de nacionalidad de la OACI Doc 7910, Parte 2, de la OACI. 2. En datos sobre otras pistas, repita de C a P. 3. Las palabras entre paréntesis () no se transmiten.	
NIEVE, RWY contaminación 100%	

FIRMA DEL EXPEDIDOR (No se transmite)

Figura 6-2. Ejemplo Núm. 1 — Formato de SNOWTAM

Capítulo 7

Remoción de la nieve y control del hielo

7.1 GENERALIDADES

7.1.1 Es imposible decidir de antemano las medidas que deberían adoptarse para mejorar el coeficiente de rozamiento (valor μ) en el área de movimiento en la que el hielo, la nieve, la nieve fundente, el agua y otras sustancias depositadas perjudican las características de rozamiento, ya que, en algunos aeropuertos, las condiciones meteorológicas pueden conducir a numerosas situaciones diferentes que exigen medidas correctivas completamente distintas. Por lo tanto, en cada caso particular habrá que decidir la combinación de medidas adaptadas al equipo de que se disponga en dicho aeropuerto.

7.1.2 Determinadas condiciones meteorológicas pueden conducir a situaciones en las que no se dispone del equipo requerido para resolver la situación de la mejor manera (quizá esta clase de equipo ni siquiera haya sido fabricado), o en las que una ligera mejora de un coeficiente de rozamiento exige una considerable inversión de trabajo, tiempo y dinero. En esas circunstancias, se debe procurar mantener el valor actual de dicho coeficiente. Tales condiciones meteorológicas desfavorables se presentan, p. ej., cuando:

- a) hay una lluvia engelante ininterrumpida;
- b) está en vías de formación una capa de hielo;
- c) se produce un descenso brusco de la temperatura de la capa superior del pavimento debido a irradiación de calor, lo que convierte en hielo la humedad depositada en la pista; o
- d) se producen cambios repentinos de la temperatura, en torno al punto de congelación, mientras llueve o nieva.

7.1.3 En la práctica, las variaciones de las condiciones meteorológicas en un determinado aeropuerto exigen una evaluación profesional de las condiciones cambiantes y la elección del equipo adecuado para tal evaluación posee la mayor importancia.

7.1.4 Independientemente de la técnica que se aplique a quitar la nieve, la nieve fundente, el hielo y el agua estancada, el objetivo consiste en restablecer con rapidez y eficacia el área de movimiento y las instalaciones del aeropuerto al máximo grado de utilización. Sólo puede garantizarse el movimiento eficiente y económico del transporte aéreo, si se proporciona

una superficie que reúna ininterrumpidamente condiciones de seguridad. Este criterio es aplicable a todos los aeropuertos, independientemente de sus dimensiones o de la frecuencia de operaciones que se realicen en los mismos.

7.1.5 La limpieza de depósitos de nieve, nieve fundente, hielo y agua estancada del área de movimiento debería basarse en consideraciones de seguridad de los vuelos y en horarios establecidos. En la mayor parte de los casos, las prioridades serán:

- a) pistas en uso;
- b) calles de rodaje que presten servicio a las pistas en uso;
- c) plataformas;
- d) apartaderos de espera;
- e) otras áreas.

7.1.6 Es un hecho admitido que las administraciones aeroportuarias de todo el mundo han creado sus propios equipos y métodos para limpiar las pistas y eliminar los contaminantes. Aunque los equipos y técnicas de aplicación sean diferentes, el objetivo perseguido es el mismo: que los pavimentos del aeropuerto queden limpios y secos con la mayor rapidez posible.

7.1.7 Muchos factores deben tenerse en cuenta al determinar el equipo necesario para retirar de la superficie de los pavimentos de los aeropuertos los contaminantes que se encuentren en ella. La topografía, el clima, el emplazamiento del aeropuerto, los tipos de aeronaves, la densidad de los movimientos, las características de las superficies utilizadas y las instalaciones de navegación, constituyen tan sólo algunos de los elementos que entran en juego.

7.1.8 Los aeropuertos situados en las regiones tropicales y subtropicales pueden enfrentarse a problemas relacionados con aguaceros frecuentes y fuertes que dejan agua estancada. Es frecuente encontrar depósitos de caucho, arena, polvo y lodo en numerosos aeropuertos de las zonas tropicales y templadas. En las zonas más nórdicas la remoción de nieve, nieve fundente y hielo exigen el empleo continuo de mano de obra y de equipo durante varios meses del año, y una parte importante del presupuesto de explotación de la administración del aeropuerto.

7.1.9 La remoción de los diversos contaminantes puede lograrse por uno o más métodos, utilizando una o más máquinas del mismo tipo o la combinación de un tren o familia de máquinas, algunas de las cuales ejecutan una tarea doble. Por lo general, la limpieza de los elementos más críticos, tales como la nieve, la nieve fundente y el hielo, puede hacerse por medios mecánicos, químicos o térmicos, y puede realizarse en operaciones a gran velocidad sobre pistas "activas" o a velocidades más lentas en áreas de menos prioridad, en las que se hayan acumulado grandes cantidades de nieve.

7.1.10 Para que las actividades en el campo se realicen en condiciones de seguridad es conveniente contar con radio-comunicaciones en ambos sentidos.

7.1.11 En las secciones siguientes se analizan los diversos métodos mecánicos, químicos y térmicos, el equipo y los materiales empleados para quitar la nieve, la nieve fundente, el hielo, el agua estancada, el barro, el polvo, la arena, el aceite, los residuos de caucho y otros contaminantes. Aunque esto proporciona una guía a las autoridades de los aeropuertos, no las exime de su responsabilidad, de carácter directivo, en cuanto a las decisiones que hayan de tomar respecto al tipo, cantidad y calidad del equipo o de los materiales o métodos que hayan de seguirse en cada aeropuerto para mantener un nivel óptimo de limpieza en el área de movimiento.

7.2 COMITÉ PARA LA NIEVE

Para que las operaciones de limpieza sean eficaces, es esencial que exista estrecha cooperación entre los explotadores, las dependencias de los servicios de tránsito aéreo (ATS) y las autoridades del aeropuerto. Para que esta coordinación sea satisfactoria se ha demostrado que es necesario establecer un comité para la nieve, integrado por miembros de la administración del aeropuerto, de la oficina meteorológica, de las dependencias ATS y de los explotadores de las líneas aéreas. Este comité estará encargado de planificar las medidas necesarias que permitan la mejor utilización del aeropuerto. El representante de la oficina MET notifica a los miembros del comité para la nieve cuando haya pronósticos que indiquen que será necesario efectuar operaciones de limpieza de nieve.

7.3 PROCEDIMIENTOS DEL PLAN PARA LA NIEVE

7.3.1 Hay varios procedimientos esenciales para eliminar los depósitos de nieve de los pavimentos del aeropuerto. Todo el equipo debe estar en perfectas condiciones antes de que se produzca la primera tormenta, y todas las reparaciones, revisiones o actividades de mantenimiento del equipo mecánico deben terminarse mucho antes de la fecha más próxima en que pueda necesitarse.

7.3.2 Todo el equipo mecánico debe funcionar debidamente y debe contarse con un sistema seguro de abastecimiento

de piezas de recambio. Los turnos de trabajo, incluso los del personal de reparaciones mecánicas, deben anunciarse en carteles y deben detallarse con claridad los procedimientos de "convocación del personal". En muchos aeropuertos se exhibe de un modo visible un plano del lugar en el local donde se reúne el personal de mantenimiento, detallando las áreas prioritarias previstas para cada caso de tormenta, a fin de evitar confusiones acerca de las áreas de trabajo designadas.

7.3.3 Para que la organización sea eficaz es esencial disponer de los últimos informes meteorológicos y advertencias de tormentas inminentes, y esta faceta de las operaciones debe organizarse en colaboración con el personal meteorológico antes de que llegue la temporada de tormentas.

7.3.4 El personal de las dependencias ATS y el Comité para la nieve influirán en el tipo de equipo empleado en el aeropuerto. Para que las maniobras de los aviones hagan perder el mínimo tiempo posible de trabajo en las zonas de actividades, deben establecerse buenas relaciones de trabajo entre los supervisores en el campo y el personal de la dependencia ATS. Es esencial que antes de la primera nevada estén instaladas las balizas de pista, las vallas para la nieve y las señales de obstáculos. Estas instalaciones deberían también marcarse en el plano del lugar para facilitar la referencia. Finalmente, la instrucción necesaria del personal habrá terminado con mucha anticipación a la fecha en que pueda requerirse su primera intervención. Estos son los arreglos más fundamentales que deben llevarse a la práctica con bastante anticipación al comienzo de cada temporada de remoción de nieve.

Altura admisible de los bancos de nieve

7.3.5 La altura de un banco de nieve en un área adyacente a una pista, calle de rodaje o plataforma, debería reducirse lo más posible, a fin de proporcionar espacio libre para las alas y evitar el problema que causa a las operaciones la absorción de hielo por las turbinas de los motores. En la Figura 7-1 se indica el perfil permisible de altura máxima de la nieve que constituye el objetivo durante las operaciones iniciales de remoción de la nieve en dicha zona. Este es el perfil deseado que debería mantenerse después que la nieve haya cesado de caer y después que haya tiempo, y las condiciones meteorológicas lo permitan, para que el equipo de remoción de nieve se dedique a tareas distintas a las de mayor prioridad. Cuando las condiciones lo permitan, la altura indicada en el perfil de la Figura 7-1 debería reducirse, a fin de facilitar las operaciones futuras de remoción de nieve y reducir la posibilidad de absorción de nieve por parte de los motores de reacción. En las zonas en las que puede trabajar bien el equipo de remoción de nieve, tales como los márgenes de las pistas, el objetivo debería ser el de retirar completamente la nieve hasta el nivel del terreno. En particular, en las pistas destinadas a ser utilizadas por aviones Boeing 747, debería realizarse, en la medida de lo posible, la limpieza de las pistas y de los márgenes de pista por lo menos hasta una anchura total de 60 m.

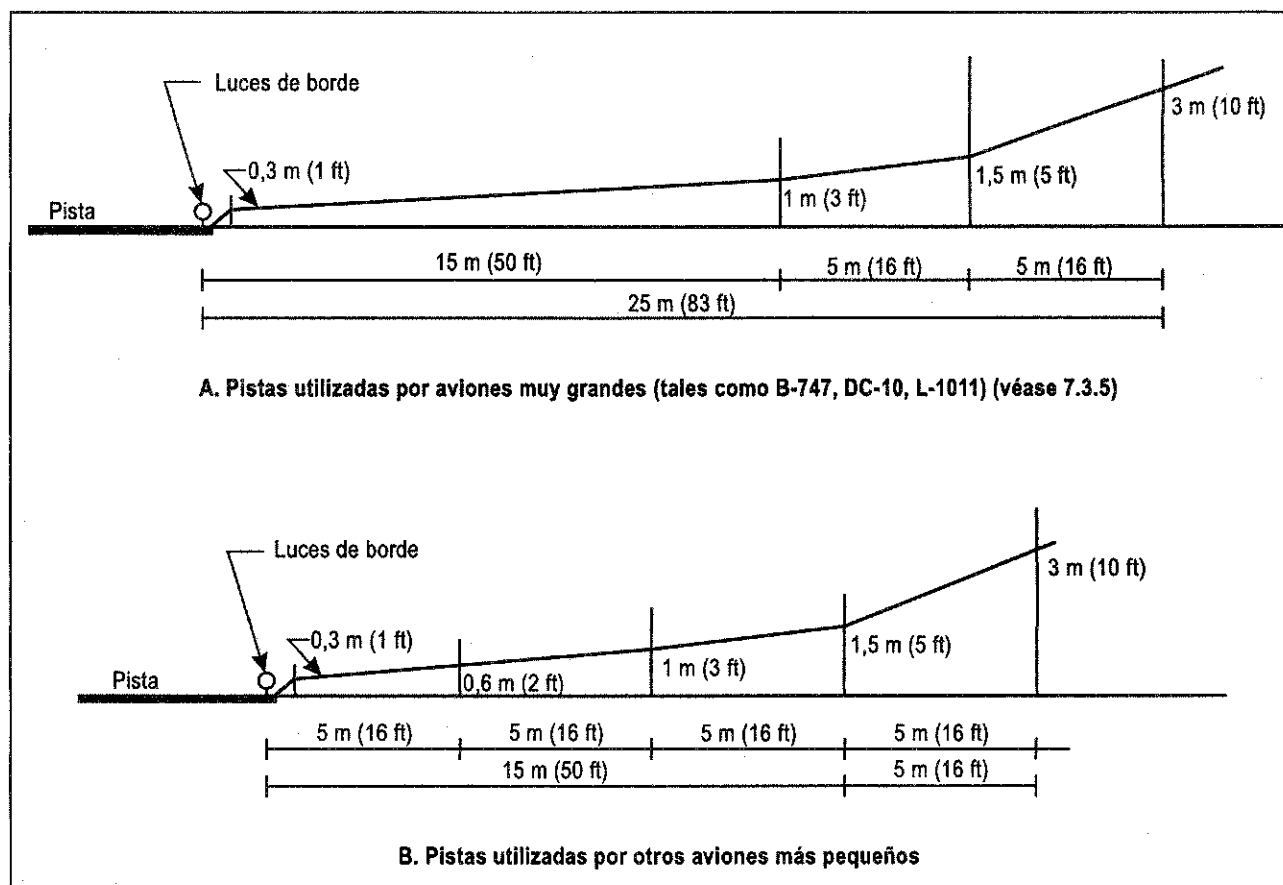


Figura 7-1. Altura máxima del perfil de nieve

Balizas de borde de pista (árboles coníferos y balizas de plástico)

7.3.6 En muchos aeropuertos se usan árboles coníferos de 1,20 m de altura, y de tronco delgado durante la estación invernal para delimitar el área de movimiento y para señalar obstáculos que puedan ser dañados o causar daños a las aeronaves o al equipo. Se podan las ramas cerca de la base del tronco para impedir que se acumule nieve en la base del árbol. Se ha elaborado y está siendo evaluado como sustituto de los árboles una nueva baliza permanente de plástico, de color naranja de gran intensidad, que consiste en una pirámide triangular de 38 cm montada en un árbol flexible que gira libremente en torno a un banquito de nilón. Las balizas se instalan a principio de la estación invernal cerca de las luces de pista o de las luces de borde de calle de rodaje, con un margen suficiente hacia afuera de la pista para el paso de los aviones. También se están utilizando banderas de color naranja de gran intensidad de montaje flexible. Operarios del equipo terrestre consideran útiles estas balizas para localizar las luces cubiertas de nieve. La forma de instalar las balizas debe ser tal que éstas se rompan con facilidad o se desplacen sin causar daños si se interpusieran en el camino de los aviones.

Acceso a la pista para la remoción de nieve

7.3.7 La operación de eliminar la nieve con rapidez y eficacia presupone que la limpieza comience tan pronto como empiece a nevar. Normalmente, tendrán que seguirse procedimientos muy lentos si la capa de nieve acumulada tiene gran espesor. Por lo tanto, hay también necesidad urgente de establecer estrecha cooperación entre la dependencia ATS y el personal encargado de quitar la nieve.

7.3.8 Un procedimiento usual consiste en permitir cierto número de despegues y aterrizajes y luego dejar que el equipo de remoción de nieve haga algunos barridos para limpiar la parte central de la pista. Siempre que los bancos de nieve creados por el equipo no interfieran con el tránsito, podrá reanudarse el tránsito. Si continúa nevando, será preciso efectuar otras interrupciones del tránsito aéreo para poder repetir los barridos mientras dure la tormenta.

7.3.9 La aplicación eficaz de este procedimiento requiere instalaciones de radiocomunicación en todos los vehículos usados para las operaciones de barrido y remoción de nieve.

También es muy importante que el personal encargado de eliminar la nieve esté familiarizado con el vocabulario del ATS y esté entrenado para seguir con prontitud las instrucciones del ATS rápida y eficazmente.

7.4 MÉTODOS MECÁNICOS

Operación de remoción de la nieve

7.4.1 La operación debería comenzar tan pronto como la nieve empiece a acumularse en la superficie. La maquinaria empleada en la primera operación de este procedimiento depende del equipo disponible, del tipo de nieve, si es mojada o seca, y de la dirección y velocidad del viento. El personal de la dependencia ATS designará la pista que haya de limpiarse según el pronóstico meteorológico correspondiente a las condiciones que reinarán después de haber pasado la tormenta.

7.4.2 Cabe destacar que mientras dure el temporal de nieve nada se gana intentando limpiar las pistas, ya que el viento volverá a traer la nieve con la misma rapidez que se elimina. Las operaciones son muy peligrosas debido a la falta de visibilidad, y ni los explotadores ni el equipo se hallarán en condiciones óptimas cuando amaine el temporal y pueda iniciarse el trabajo eficaz. Las nevadas se consideran ligeras o fuertes según la velocidad de caída y el tipo de nieve.

Remoción de nieve en las instalaciones ILS, VASIS, dispositivos de parada de aviones, luces empotradas y otras instalaciones de aeródromo

7.4.3 Se utilizan diversos tipos de equipo para despejar las áreas alrededor de las instalaciones de ayudas para la navegación situadas en una pista o adyacentes a la misma.

7.4.4 Para evitar daños a los dispositivos, las luces empotradas deben barrerse o limpiarse con un quitanieves de reja que tenga una pestaña de caucho fijada a la parte delantera de la vertedera entre la chapa de acero y la vertedera, de modo que aproximadamente unos 8 cm de caucho se extiendan por debajo. Las piezas metálicas colocadas en la parte inferior de los arados o sopladores de nieve deberían estar a una distancia mínima de 4 cm, por lo menos, de la superficie del pavimento. Debería desaconsejarse el empleo de vehículos con cadenas en las ruedas, máquinas de arrastre de la nieve por velocidad y vehículos con hoja raedera. Deberían utilizarse primero las barredoras de pista y durante tanto tiempo como sea posible para la actividad de remoción de nieve. Los quitanieves y sopladores deberían complementar la operación de la barredora sólo cuando la acumulación de nieve haga imposible emplearla.

Remoción de nieve en áreas que no sean las pistas

7.4.5 Si bien, de conformidad con el Anexo 14, Volumen I, 9.4.13, se da prioridad a la limpieza del área de movimiento, hay que dar cabida al tráfico de vehículos que van al aeropuerto o regresan del mismo. Por lo tanto, deben

mantenerse abiertas las vías de acceso durante toda la tormenta. Otras áreas de prioridad secundaria tienen que limpiarse lo antes posible para restablecer las operaciones normales; no obstante, tal vez sea posible reducir hasta cierto punto el trabajo de mantenimiento en invierno declarando temporalmente cerradas las pistas poco usadas, las calles de rodaje o una parte de una plataforma. Las áreas secundarias se despejan empleando las máquinas quitanieves, lanzanieves y cargadoras convencionales. Los caminos se despejan apartando la nieve a un lado con el quitanieves o lanzanieves, o cargándola en camiones volquete y transportándola a un área de descarga. De modo semejante, se elimina la nieve depositada en las zonas de estacionamiento de vehículos, áreas de mantenimiento y rutas de emergencia del aeropuerto.

7.4.6 Las plataformas usadas para el estacionamiento de aviones, operaciones de carga o de mantenimiento, deben despejarse generalmente con el quitanieves en una sola dirección, debido a que están contiguas a edificios u a otras instalaciones. Frecuentemente, es necesario cargar y transportar la nieve hasta un vertedero desde dichos lugares restringidos. Se amontona la nieve formando cordones y se carga en camiones con lanzanieves o cargadoras. En muchos aeropuertos, puede recurrirse a contratos para quitar la nieve en zonas tales como las vías de acceso, áreas de mantenimiento etc., bajo la supervisión del personal del aeropuerto. Este procedimiento a base de "contratos" ha demostrado ser sumamente eficaz y económico para quitar la nieve en muchos aeropuertos internacionales; se utiliza maquinaria y efectivos humanos del ramo de la construcción que hasta la fecha habían permanecido inactivos durante la temporada de invierno.

Medidas mecánicas para evitar depósitos de nieve producidos por ventiscas bajas

7.4.7 Las vallas para nieve, las franjas o el apisonamiento, son métodos empleados para evitar que el viento arrastre la nieve y la deposite en las superficies limpias. Las vallas para nieve son generalmente celosías de listones de madera colocadas temporalmente en campo abierto perpendicularmente al viento reinante. En circunstancias normales se sitúan a una distancia de 23 a 30 m del área limpia, pero pueden colocarse hasta a 90 m, según lo aconsejen el terreno, la velocidad del viento y otros factores. El emplazamiento es muy importante para que estas vallas resulten eficaces y debe determinarse de acuerdo con la experiencia. Debe preverse que hay que ir elevando la valla a medida que aumente el espesor de la nieve. Pueden improvisarse con coníferas, matorrales, tablillas de acero y otros materiales semejantes que presenten aberturas.

7.5 EQUIPOS PARA LA REMOCIÓN DE LA NIEVE Y EL CONTROL DEL HIELO

Consideraciones de carácter general

7.5.1 El control oportuno y completo de la nieve y del hielo depende del equipo utilizado. En los párrafos que siguen

se analiza la selección del equipo óptimo a esos efectos. En el proceso normal de selección de los equipos para la remoción de la nieve y el control del hielo (SRICE) en los aeropuertos, las autoridades del aeropuerto tienen que considerar muchos elementos. Los más importantes son los siguientes:

- a) aspectos económicos — obtención de los recursos financieros;
- b) extensión de las instalaciones — zona que ha de mantenerse y número de operaciones;
- c) repuestos e instalaciones de reparación — arreglos en materia de mantenimiento y servicio, y disponibilidad del servicio; y
- d) aspectos meteorológicos — precipitaciones de nieve, temperatura y formación de hielo.

Condiciones meteorológicas

7.5.2 Dado que las necesidades en materia de equipo para el control de la nieve y del hielo están estrechamente vinculadas a la incidencia de las precipitaciones de nieve es necesario tener en cuenta los siguientes factores antes de determinar si es necesario contar en el aeropuerto con equipo de control de la nieve y del hielo.

- a) La frecuencia de las precipitaciones de nieve, el espesor medio de los depósitos de nieve en cada tormenta, la densidad de la nieve, el volumen y la naturaleza del tránsito aéreo a que el aeropuerto atiende, y la zona de pavimento que el SRICE debe limpiar de nieve y de hielo, son factores que se han de tener en cuenta al adquirir equipo para la remoción de nieve.
- b) Las estadísticas meteorológicas indican que las comunidades con una precipitación de nieve anual media de alrededor de 40 cm o menos reciben, por lo general, depósitos de menos de 5 cm por tormenta. Normalmente, no resultaría práctico desde el punto de vista económico adquirir grandes cantidades de equipo de remoción de nieve, de por sí onerosos, que sólo sea necesario utilizar relativamente en pocas oportunidades o durante un período muy breve del año. Los aeropuertos que reciben una precipitación de nieve media anual inferior a 40 cm y prestan servicios solamente a aviones con motores de émbolo o servicios aéreos regulares con dos vuelos o menos diarios, pueden encontrar que la solución más económica es contratar, para la remoción de la nieve, los servicios de contratistas no directamente vinculados al aeropuerto, o de empresas de movimiento de tierras, con carácter prioritario durante los períodos de precipitación de nieve.

Criterios relativos a los equipos de remoción de la nieve en los aeropuertos

7.5.3 Las necesidades en materia de SRICE en los aeropuertos pueden ser muy diferentes de las correspondientes

a los servicios o departamentos de carreteras de la misma región. El terreno de los aeropuertos es por lo general llano; el pavimento puede ser muy ancho; dichos aeropuertos tienen dispositivos, generalmente de iluminación, empotrados en el pavimento; el terreno más allá de los bordes del pavimento debe limpiarse también (luces de pista); normalmente la capa de nieve no es muy profunda; pero frecuentemente la nieve y el hielo deben retirarse muy rápidamente, lo que constituye un factor fundamental en la selección de los equipos.

7.5.4 En respuesta a estas necesidades, los servicios SRICE de los aeropuertos tienden a ser más rápidos, más grandes y más complicados, desde el punto de vista mecánico, que los correspondientes SRICE utilizados en las carreteras. La gama de tipos de equipo puede también ser muy amplia y las comunicaciones y las técnicas en materia de integración y funcionamiento de los equipos son, por lo general, más complejas.

7.5.5 *Máquinas lanzanieves.* Estas máquinas se fabrican en diversos tamaños que van desde las pequeñas unidades montadas sobre camiones para la temporada de nieve, hasta las máquinas muy grandes, de diseño especial, con más de un motor. Las máquinas lanzanieves se fabrican según dos diseños básicos (véase la Figura 7-2):

- a) *lanzanieves de dos etapas.* el tipo de tornillo sinfín único es el más ampliamente utilizado como vehículo de alta velocidad. Es versátil y puede utilizarse con nieve mojada o seca. La primera etapa del lanzanieves se encarga de limpiar el pavimento y acumular la nieve, que será tomada por la turbina de la segunda etapa y lanzada a distancia a gran velocidad.
- b) *lanzanieves de una etapa.* este tipo resulta más eficaz en condiciones de nieve más seca y ligera. Su ventaja principal estriba en su relativa sencillez.

7.5.6 *Arados quitanieves.* Estos son parte integral del concepto de remoción de nieve en equipo. Los diferentes tipos y sus usos se presentan en la tabla de selección de quitanieves (Tabla 7-1). En la Figura 7-3 se da una idea somera de los tipos de cuchillas empleados. No obstante, vale la pena investigar la utilización de arados quitanieves de alta velocidad para las pistas, que pueden arrojar la nieve a distancia, en vez de simplemente desplazarla para que la recojan y la lancen las máquinas lanzanieves, lo cual, en ciertas circunstancias puede reducir los costes de la operación de remoción de nieve. El problema fundamental se reduce a asegurarse de que la nieve se desplace físicamente por encima de las luces de borde de pista o de calle de rodaje, siempre que no se exceda el perfil de altura máxima de nieve. Aplicando procedimientos y equipos menos modernos, el método más ampliamente aceptado para lograr lo mencionado consistía en utilizar lanzanieves y arados quitanieves en equipo. Este concepto sigue siendo válido actualmente en muchos emplazamientos, pero en las circunstancias siguientes puede considerarse emplear únicamente un arado quitanieves de tipo lanzador:

— bajo nivel anual de precipitación de nieve (40 a 50 cm);

Tabla 7-1. Tabla para la selección de quitanieves

Tipo de quitanieves	Inclinación de la cuchilla	Tipo de desplazamiento a baja velocidad	Tipo de lanzador a gran velocidad	Anchura de la faja	Coste	Borde de caucho	Desgaste
En un sentido	No	Dirección única	A un solo lado	Ancha	Bajo	Sí	Aceptable
Reversible	Sí	Ambas direcciones	A ambos lados	Ancha	Mediano	Sí	Aceptable
Basculante	Sí	No	Excelente a ambos lados	Mediano	Mediano	No	Mínimo
Plataforma	Sí	Ambas direcciones	No	Ancha	Elevado	No	Aceptable
Aletas grandes/ plegables	Sí	Ambas direcciones	A ambos lados	Muy grande	Muy elevado	Sí	Aceptable
Chucharón cargador	Articulada	Ambas direcciones	No	Mediano	Mediano	No	Mínimo

- pistas elevadas (los pavimentos tienden a permanecer limpios si las pistas están elevadas);
- luces de borde de pista elevadas (las luces más elevadas permanecen visibles por más tiempo);
- baja densidad de tránsito (se dispone de más tiempo para limpiar la pista);
- márgenes de pista pavimentados o estabilizados (se pueden utilizar los arados quitanieves más cerca de las luces);
- operador altamente calificado (frecuentemente puede ser necesario tomar decisiones importantes); y
- vientos dominantes en invierno (los vientos predominantes de costado tienden a soplar la nieve hacia afuera de la pista).

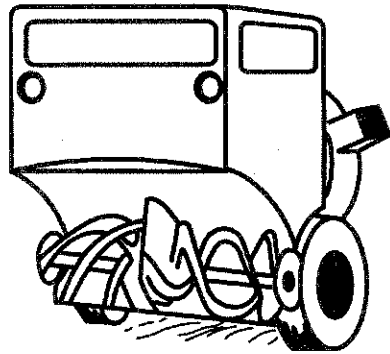
En las condiciones anteriores, pueden reducirse los costes eliminando una máquina lanzanieves del equipo de remoción de nieve (véase la Figura 7-4).

7.5.7 Tipos de arados quitanieves. En la Figura 7-3 se ilustran los diferentes tipos de arados.

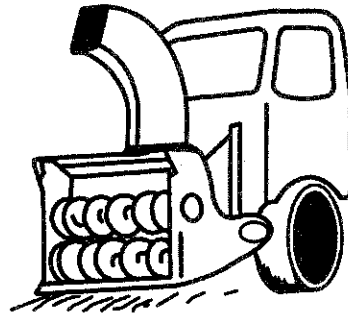
- a) *Con hoja de vertedera biselada en un sentido, a la derecha o a la izquierda.* Este tipo de arado quitanieves está diseñado para la eliminación de la nieve, de gran

volumen y a alta velocidad en combinación con otras máquinas, y el arado quitanieves es del tipo convencional de uso en un sólo sentido, de cuchilla fija montada en diagonal, que funciona por medios hidráulicos y mandos convencionales.

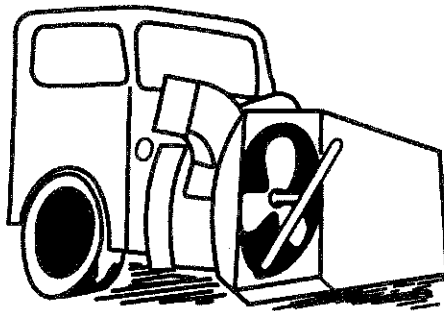
- b) *Con motor reversible y borde cortante normal o no metálico.* Se utiliza para la evacuación de grandes volúmenes de nieve a alta velocidad en las pistas, en operaciones que exijan que la nieve se descargue a la derecha o a la izquierda según un ángulo de corte fijo. Este equipo no debe utilizarse sobre pavimentos con sistemas de luces empotradas.
- c) *Con cuchilla basculante y borde de acero.* Se utiliza en operaciones de remoción de nieve que exigen que la nieve se descargue a la derecha o a la izquierda según un ángulo de corte fijo. Este equipo no debe utilizarse en pavimentos con sistemas de luces empotradas.
- d) *Con aletas niveladoras, a la derecha o a la izquierda.* Se utilizan en trabajos pesados de remoción de nieve y permite que el arado quitanieves se ajuste a distintas alturas para modelar y rebajar cordones y bancos de nieve.
- e) *Con cuchilla extensible.* Se monta sobre el lado derecho o izquierdo del vehículo, en combinación con la cuchilla frontal, para aumentar la amplitud del corte.



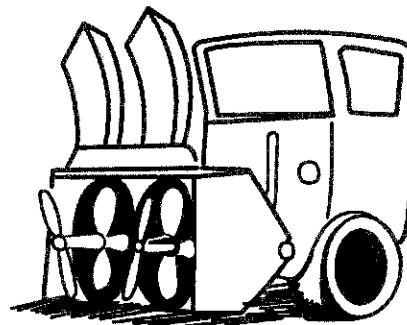
Tipo de lanzanieves de dos etapas
con elemento helicoidal único
de cinta



Tipo de lanzanieves de dos etapas
con elementos helicoidales
dobles sólidos



Lanzanieves de una sola etapa
con impulsor de paletas
con barra cortanieves



Lanzanieves de una sola etapa
con dos impulsores de paletas
con barras cortanieves

- f) *Arado quitanieves grande de empuje, de faja ancha, reversible con aletas plegables.* Se utiliza en operaciones de faja ancha, a altas o bajas velocidades.
- g) *Cuchilla raedera.* Permite el máximo grado de maniobra en zonas restringidas y en condiciones de hielo o nieve compactados.
- h) *Arado quitanieves para plataforma.* Permite realizar operaciones de faja ancha en zonas limitadas de las plataformas. Puede empujar la nieve y la nieve fundente para apartarla de los edificios terminales, puestos de estacionamiento de aeronaves y áreas de plataforma, no debe utilizarse en pavimentos con sistemas de luces empotradas.
- i) *Quitanieves con cucharón (de uso general).* Las cucharas para nieve se utilizan en operaciones de carga

de nieve y deberían funcionar en forma similar a las palas o cucharas mecánicas normales. Se utilizan montadas en la parte delantera de los vehículos cargadores en lugar de las palas o cucharas estándar.

- j) *Quitanieves con cesta.* Este tipo de cesta se utiliza en operaciones de carga de nieve y funciona en forma similar a los cucharones estándar. Se montan en la parte delantera de los vehículos cargadores, en lugar de los cucharones estándar.

7.5.8 Las autoridades aeroportuarias que analizan la utilización de cargadores frontales como alternativa para las combinaciones de arado quitanieves y camión pueden realizar otras economías en materia de equipo. Particularmente en zonas de plataforma reducidas, el vehículo cargador, muy controlable

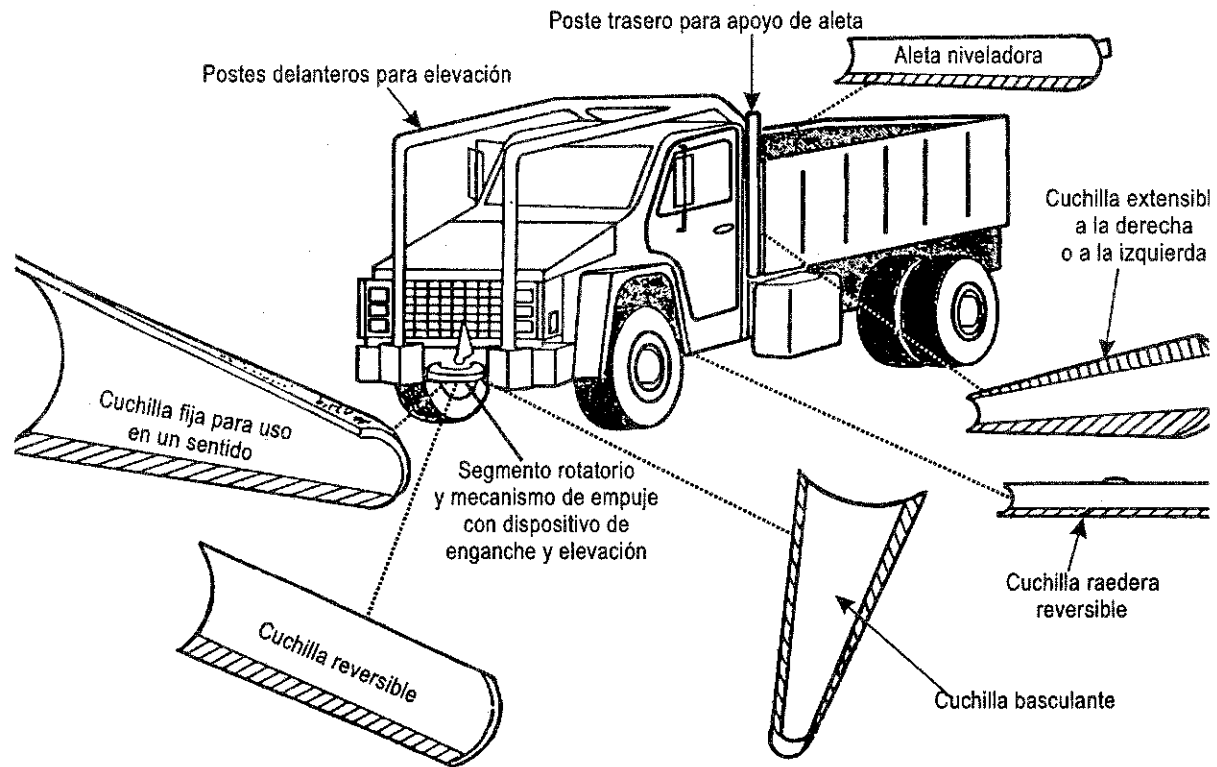


Figura 7-3. Tipos de cuchillas de vertedera

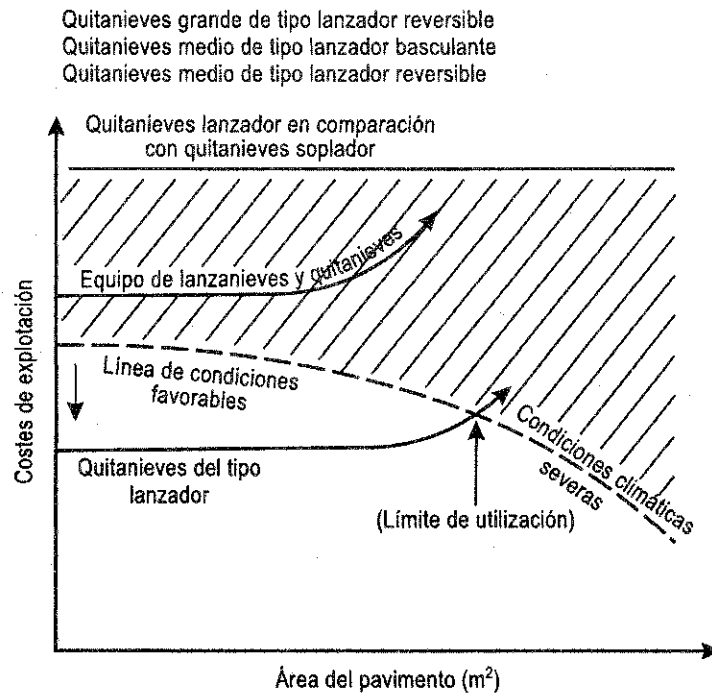


Figura 7-4. Quitanieves de tipo lanzador (solo o en combinación)

y articulado y cuyo operador goza de buena visibilidad, se desempeña mejor que cualquier otro equipo. El límite de velocidad para este tipo de vehículo se origina fundamentalmente por el hecho de que no tiene sistemas de suspensión y de que sus neumáticos son de baja velocidad. En general, este tipo de vehículo no debería utilizarse constantemente a velocidades superiores a 8-16 km/h, prefiriéndose las velocidades inferiores, dado que las velocidades mayores producen oscilaciones o balanceos en el vehículo y recalentamiento interno de los neumáticos, así como una eventual separación de las bandas de rodadura. En la Figura 7-5 se ilustra el aumento de los costes relacionados con los requisitos en materia de tiempo y distancia de las operaciones. Cuando las zonas que han de limpiarse son extensas y el tiempo constituye un factor de importancia, debe considerarse seriamente utilizar una combinación convencional de arado quitanieves y de camión.

7.5.9 Utilizando las cuchillas quitanieves en policarbonato pueden reducirse las necesidades en materia de potencia y combustible para los vehículos de arrastre. También hay muchos indicios de que los costes en materia de combustible pueden reducirse considerablemente utilizando estos nuevos materiales en las cuchillas. Las cuchillas de policarbonato ofrecen las mismas cualidades en materia de durabilidad que las de acero convencionales, pero con tres importantes mejoras:

- Masa más liviana — se reduce la inercia del quitanieves, lo que disminuye la necesidad de potencia de empuje.
- Menor rozamiento — el coeficiente de rozamiento del policarbonato es inferior al del acero y, por consiguiente,

se reduce el rozamiento entre la cuchilla y la nieve produciendo menos resistencia, lo que, a su vez, reduce la potencia de empuje necesaria.

- Material anticorrosivo — las vertederas de policarbonato no se oxidan ni se corroen, y la parte del montaje de la cuchilla fabricada de acero queda generalmente protegida por la vertedera de policarbonato.

7.5.10 *Vehículos esparcidores de arena.* Estos vehículos utilizados, entre otras cosas, para el control del hielo, se emplean para esparcir arena y urea y son necesarios en muchos aeropuertos del denominado "cinturón de nieve". Generalmente, puede utilizarse urea para fundir el hielo cuando la temperatura es superior a -9°C ; por debajo de esta temperatura se utiliza arena caliente. El sistema es completo, dispone de un esparcidor tipo tolva con alimentación directa, un dispositivo de control de faja de dispersión y, normalmente, va montado en un camión quitanieves. Estos vehículos son camiones grandes de 8 ó 10 ruedas y pueden contar con características adicionales tales como bancos o plataformas calentadas, controles de velocidad automáticos, y dispositivos humectantes para la urea, a efectos de garantizar una adhesión positiva a la superficie (véase la Figura 7-6).

7.5.11 *Barrenieves.* Estos dispositivos son del tipo remolcado o empujado y cuentan con un soplador de aire direccional para limpiar y dirigir, a la derecha o a la izquierda, la nieve compactada. Se usan para eliminar la nieve ligera, la nieve fundente y los residuos de arena, así como para limpiar alrededor de los sistemas de luces empotradas en el pavimento.

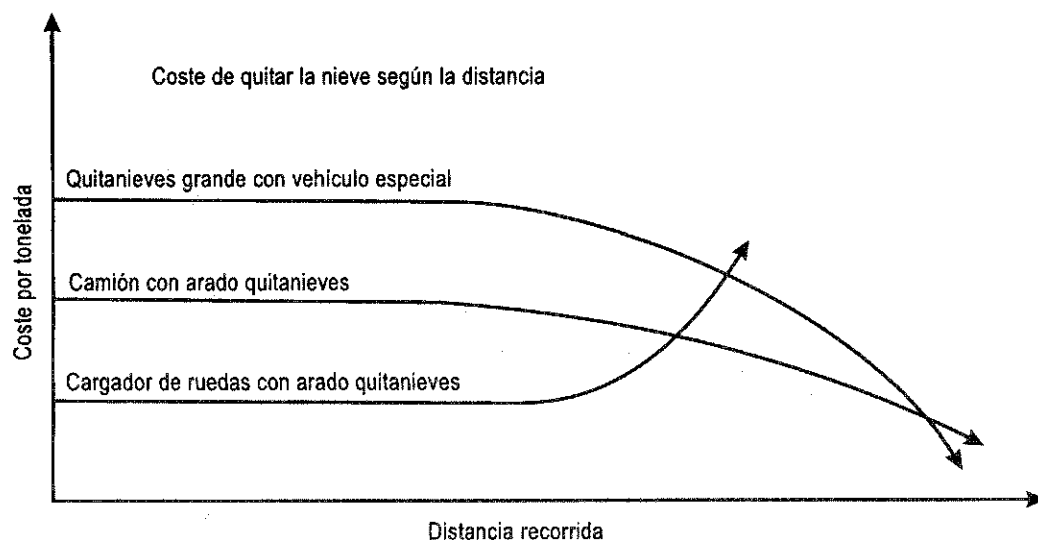


Figura 7-5. Coste de la limpieza con quitanieves en función de la distancia

- a) *Barredoras de tipo empujado.* Estas barredoras pueden responder a cualquier diseño adecuado y van empujadas por un vehículo propulsor convencional o de cabina elevada. La barredora puede tener una, dos, o cuatro ruedas de orientación libre, uno o dos motores, y puede incorporar una sopladora de aire accionada por el mismo motor. Este tipo de barredora va montado delante del vehículo y permite que el operador observe directamente el área que se está barriendo, aunque en condiciones de viento fuerte puede verse seriamente afectada la visibilidad desde la cabina (véase la Figura 7-7).
- b) *Barredoras de nieve de tipo remolcado.* Estas barredoras son remolcadas por un vehículo propulsor de cabina convencional. Estas máquinas son capaces de barrer una anchura de 3 m a velocidades de hasta 40 km/h y, si se utilizan varias de ellas en formación de tipo flecha pueden barrer la pista de la forma más efectiva con gran rapidez (véase la Figura 7-7).

7.5.12 *Camión cisterna regador de anticongelantes.* Estos grandes vehículos, normalmente contruidos especialmente, pueden regar fajas de hasta 25 m de anchura. Los anticongelantes líquidos producen mejores resultados que la urea a temperaturas más bajas y no se van con el viento como lo hace ésta. Son también más fáciles de almacenar en tanques. Estos vehículos son de gran utilidad en los grandes aeropuertos en los cuales el hielo de las pistas constituye un problema constante en invierno. Funcionan según dos principios. El líquido puede comprimirse a presión y esparcirse mediante una barra de dispersión (según se indica en la Figura 7-8). El volumen de sustancias químicas dispersadas depende de la presión del líquido, del tamaño de las toberas de dispersión y de la velocidad del vehículo. Las máquinas modernas dispersan el líquido a partir de toberas giratorias hasta una anchura de 25 m, ya sea simétricamente por detrás del vehículo o con un desplazamiento (para arrojar el líquido por debajo de aeronaves estacionadas). El régimen de dispersión puede fijarse de antemano y no depende de la velocidad del vehículo (de hasta 32 km/h).

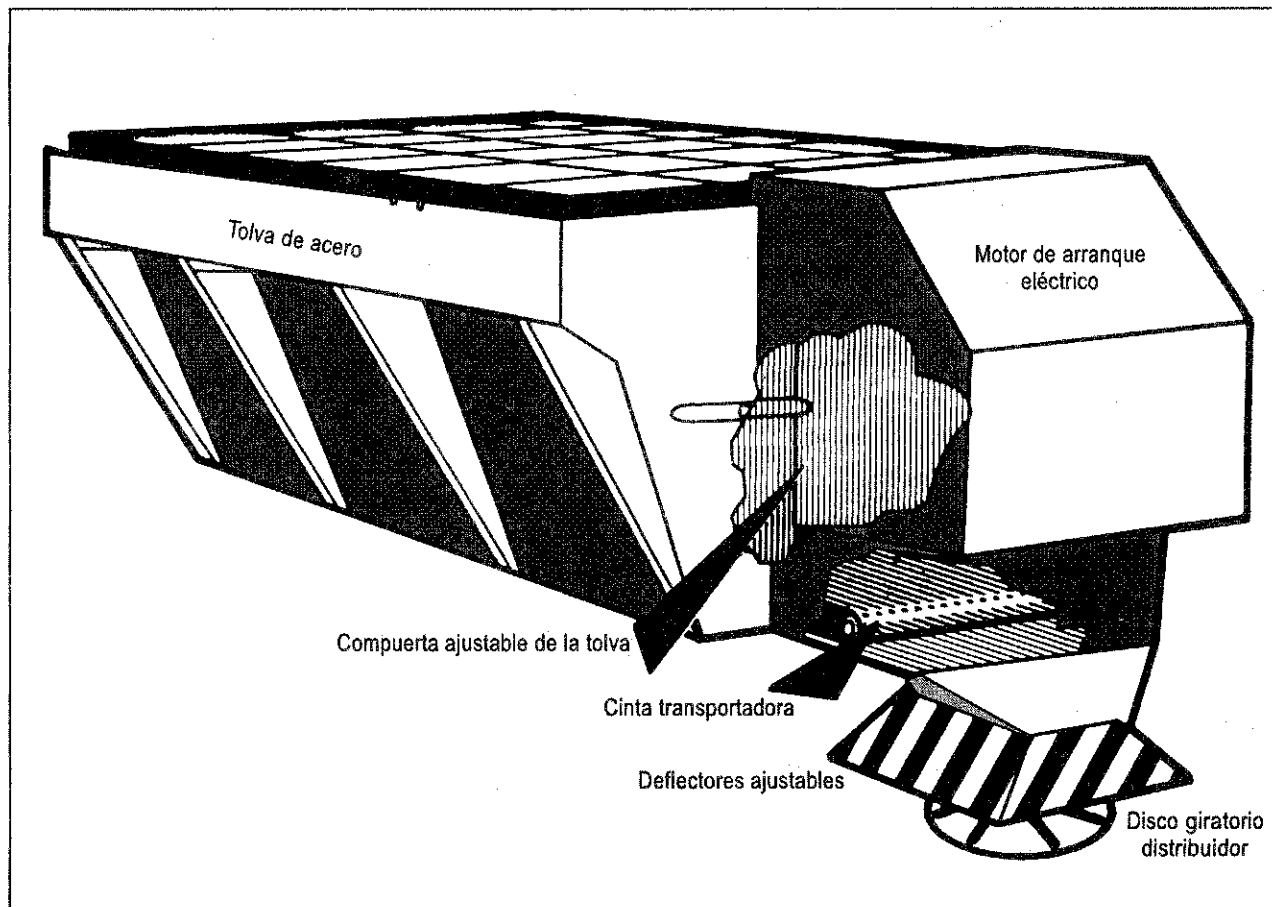
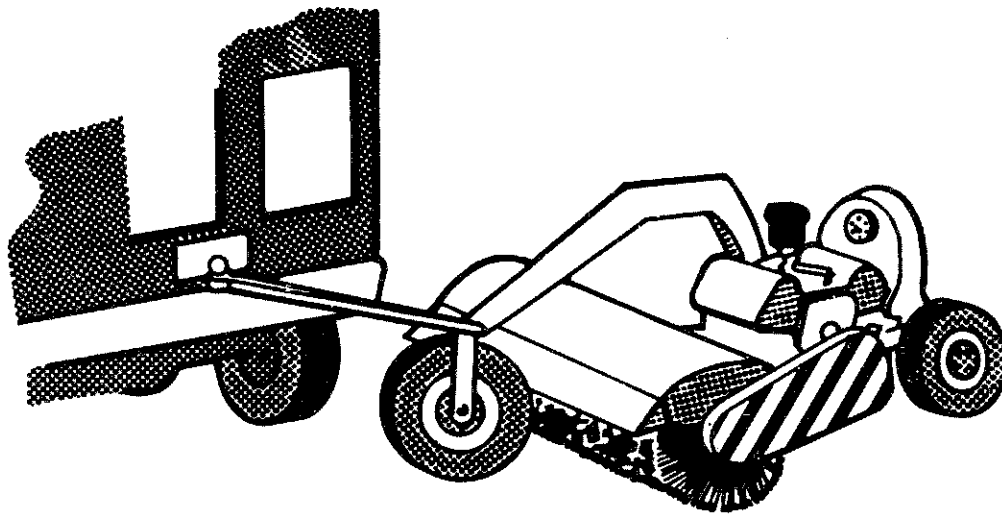
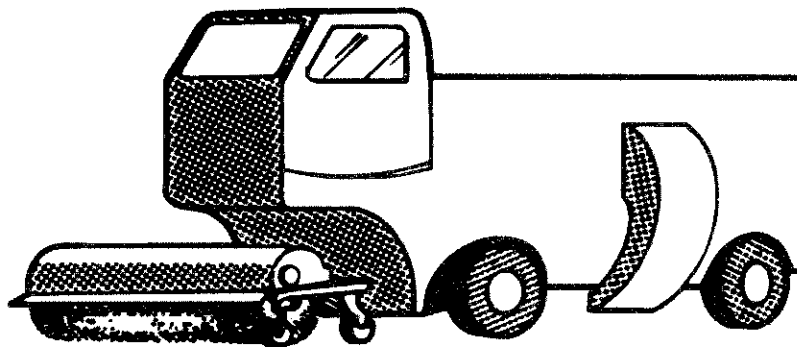


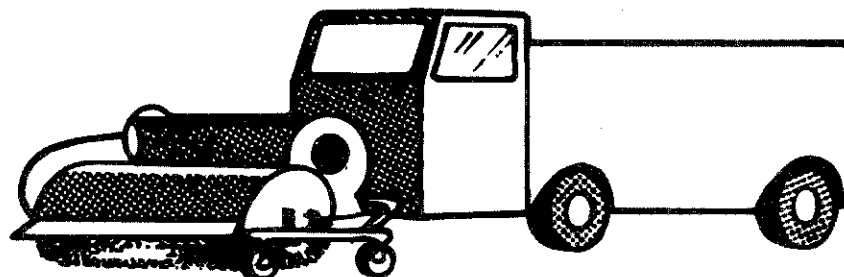
Figura 7-6. Esparcidor de arena



Tipo remolcado, de faja pequeña — 3,6 m — para trabajos ligeros con soplador incorporado



Tipo empujado, de faja ancha — más de 3,6 m — para trabajos pesados, con motor y soplador trasero incorporados — cabina elevada



Tipo empujado, de faja ancha — más de 3,6 m — para trabajos pesados, con dos motores, soplador frontal — cabina ordinaria

Figura 7-7. Tipos comunes de barredoras

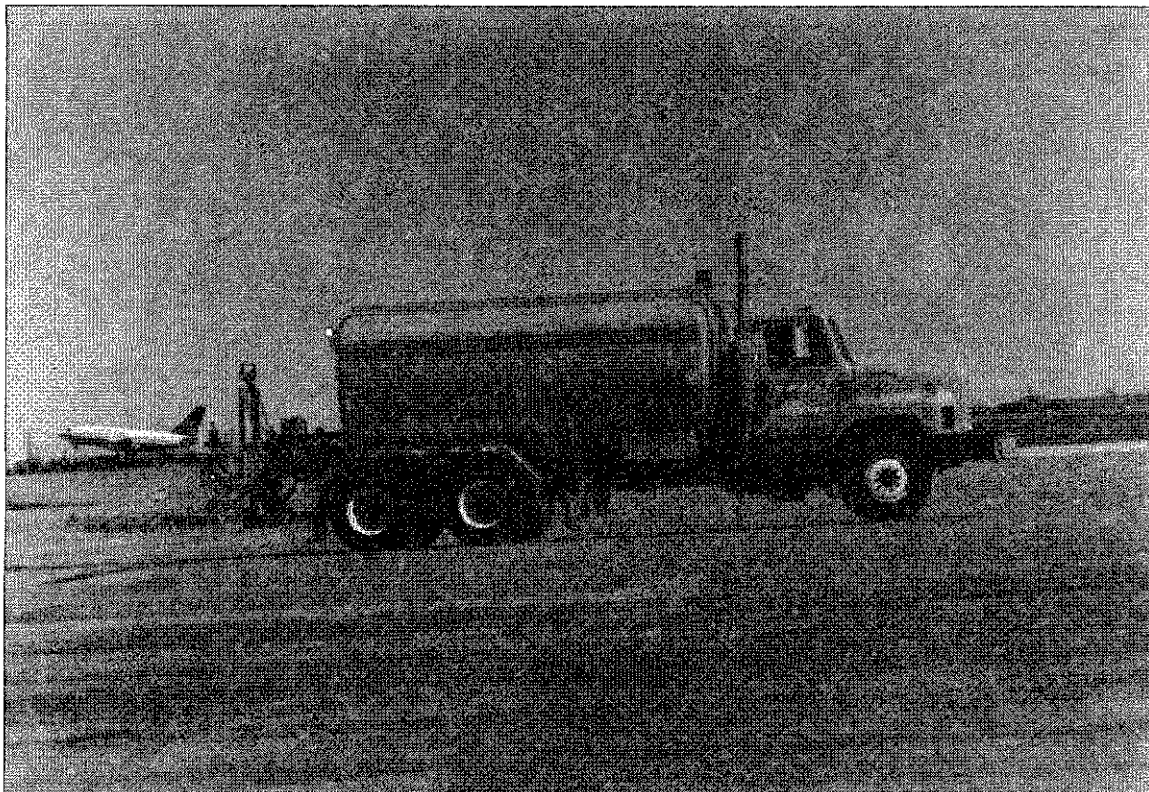


Figura 7-8. Camión esparcidor con tanque para líquido antihielo

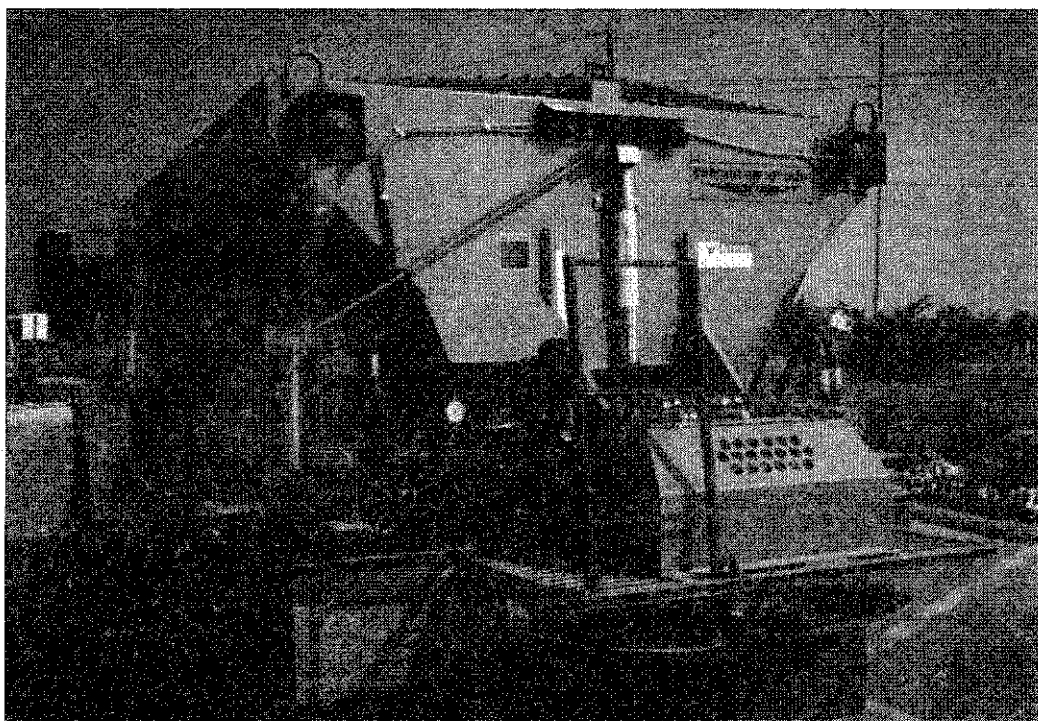


Figura 7-9. Camión dispensador de sustancias químicas sólidas antihielo

7.5.13 *Dispensador de sustancias químicas sólidas anticongelantes.* Estos son vehículos que dispersan urea mediante toberas giratorias a anchuras de 25 m — ya sea simétricamente por detrás del vehículo o con un desplazamiento (para arrojar la urea por debajo de los aviones). Para que las cantidades de urea se peguen a las superficies secas, se hacen pasar por un esparcidor anticongelante de agua, o de otro líquido, inmediatamente antes de ser esparcidos. Puede fijarse de antemano la velocidad de esparcimiento y la velocidad del vehículo se compensa automáticamente (véase la Figura 7-9).

7.5.14 *Cargador frontal.* Este cargador, que resulta muy útil para el trabajo en las plataformas, el apilamiento de nieve, la carga de arena, urea, etc., también puede quitar la nieve en las calles de rodaje y en las plataformas. El vehículo cargador se presenta con una amplia gama de dispositivos adjuntos y palas o cucharas (véase la Figura 7-10).

7.5.15 *Motoniveladoras.* Las motoniveladoras son muy eficaces para romper el hielo y limpiar las pistas de grava. La motoniveladora desarrolla poca velocidad, pero puede utilizarse también para el mantenimiento de los aeropuertos durante el verano. Estas máquinas son útiles a menudo para el mantenimiento de los márgenes de pista y caminos de acceso (véase la Figura 7-11).

7.5.16 *Mantenimiento, almacenamiento y estructuras de los equipos para la remoción de la nieve en los aeropuertos.* El trabajo constante en la superficie de los aeropuertos para evitar acumulaciones peligrosas de nieve y de hielo exige que se disponga para su uso inmediato de equipos y materiales para la remoción de la nieve y del hielo y otros equipos conexos. Para poder lograr esta disponibilidad en toda época del año, se considera esencial contar con facilidades e instalaciones para el mantenimiento y el almacenamiento de este equipo.

Sensor del estado de la superficie de las pistas

7.5.17 La distribución de materiales para el control del hielo sobre las pistas antes de que el hielo se forme sobre ellas, es la forma más segura y eficaz de controlar la formación del mismo. Los sensores que pueden anticipar y presentar información en tiempo real sobre las condiciones que prevalecen en las pistas, también son un instrumento muy eficaz. El sistema de detección del estado de los pavimentos está integrado por tres elementos básicos funcionales. Las cabezas sensoras, la unidad de procesamiento de señales y una consola de presentación de datos. La información presentada por el sistema puede adaptarse a varios formatos según el usuario final; p. ej., pilotos, personal de control de tránsito aéreo o personal de mantenimiento (véase la Figura 7-12).

7.5.18 El sistema mide y presenta la información siguiente:

- a) la temperatura en la superficie de la pista (temperatura real del pavimento en el punto de detección);

- b) estado de pavimento seco (sin humedad perceptible);
- c) estado de pavimento mojado (humedad visible en la superficie);
- d) modo de predicción del hielo (alerta adelantada de formación incipiente de hielo), es decir, que el hielo se forma sobre la cabeza del detector del sensor antes de su formación en el pavimento; el tiempo de advertencia depende de la velocidad a que desciende la temperatura;
- e) formación de hielo en el pavimento (existen formaciones perceptibles de hielo en el pavimento);
- f) temperatura del aire ambiente, dirección y velocidad del viento cerca de la pista;
- g) precipitaciones actuales, de todas las clases;
- h) humedad relativa y temperatura del punto de rocío; y
- i) factor químico (indicación de la concentración relativa de sustancias químicas anticongelantes que permanecen todavía disueltas en la superficie del pavimento).

7.5.19 El sistema funciona automáticamente 24 horas al día, permitiendo la detección de los cambios de estado de las pistas antes que otros métodos.

7.5.20 Dependiendo del número de cabezas sensoras en la superficie del pavimento, el sistema puede detectar rápidas variaciones del estado de las pistas. Por consiguiente, la formación rápida de hielo se detectará electrónicamente sobre las pistas húmedas incluso cuando la temperatura del aire permanece por encima del punto de congelación. Cabe destacar que por medios convencionales el personal del aeropuerto no tendría conocimiento de dicha formación de hielo.

7.5.21 El personal de mantenimiento puede emplear mejor su tiempo, previniendo los problemas de tracción debidos al hielo, en vez de efectuar continuas mediciones del estado de las pistas.

7.5.22 Un sistema continuo proporciona mayor información actualizada, dado que las mediciones más recientes del rozamiento dinámico indicadas en los informes de los pilotos pueden perder validez rápidamente cuando las condiciones climáticas varían considerablemente en poco tiempo. La tarea de notificar los datos SNOWTAM puede resultar menos compleja y más rápida durante la entrada manual de los datos en la pantalla vídeo del sistema. Los datos SNOWTAM anteriores permanecerán hasta que se les modifique, y solamente las funciones automáticas se actualizarán continuamente. Los datos presentados pueden incluir antecedentes, tendencias, gráficos u otros formatos de programa que el usuario seleccione, y todos estos datos o parte de ellos pueden enviarse a cualquier emplazamiento geográfico por las líneas telefónicas normales. En la pantalla de la consola también pueden presentarse otras situaciones o estados actuales del terreno, o datos de seguridad operacional incorporados manualmente o por radioenlace.

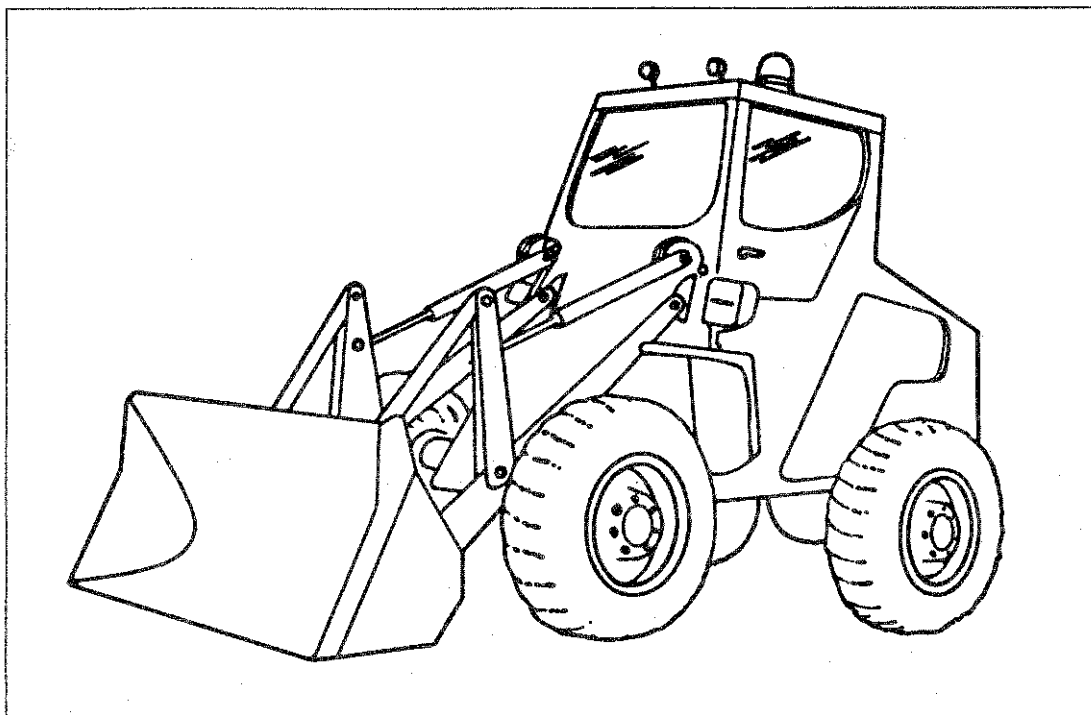


Figura 7-10. Cargador de cucharón frontal

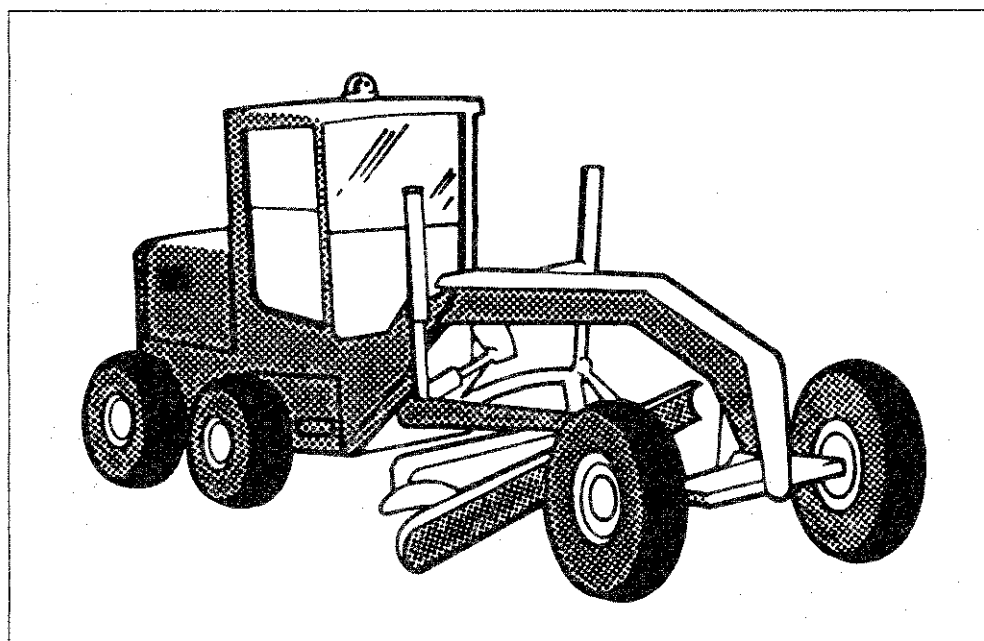


Figura 7-11. Motoniveladora

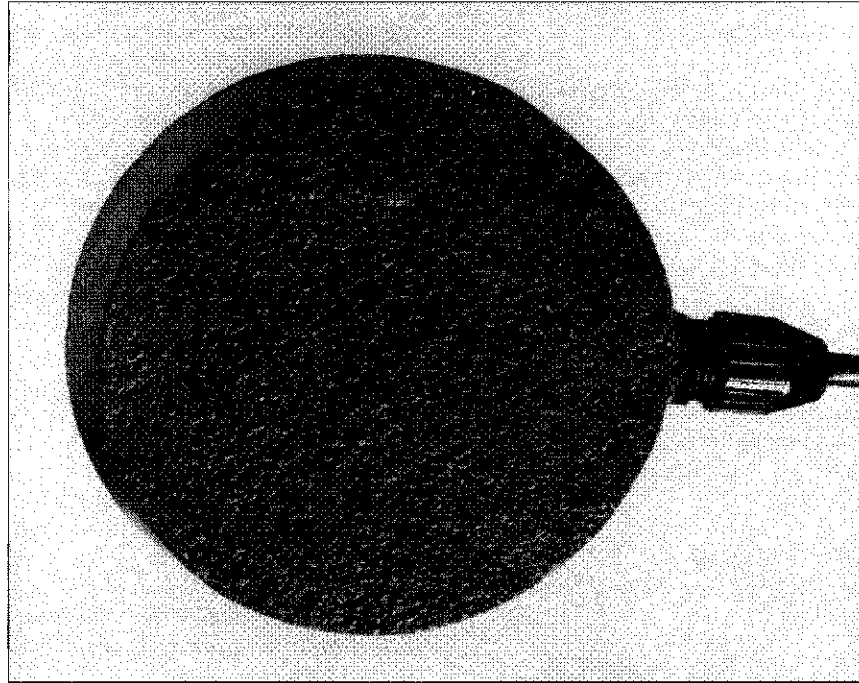


Figura 7-12. Sensor de condiciones en la superficie de la pista

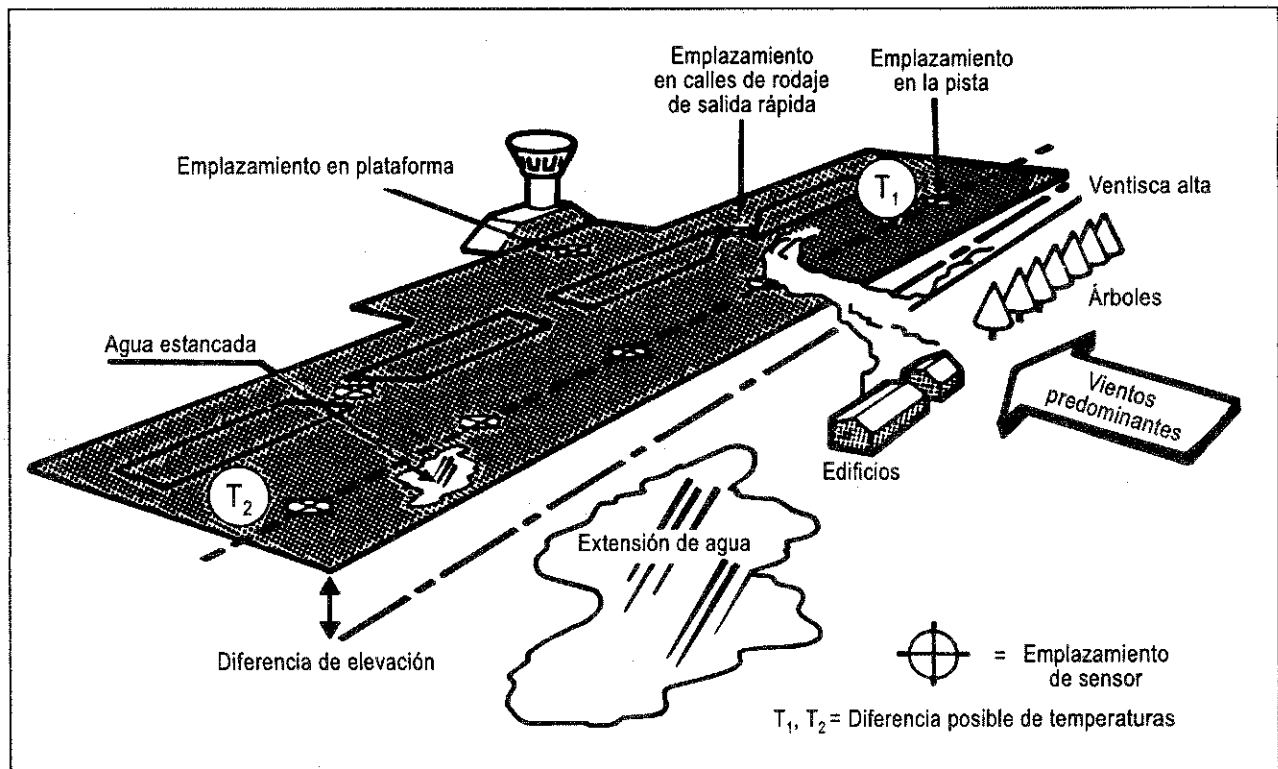


Figura 7-13. Factores que afectan al emplazamiento de los sensores

7.5.23 La experiencia ha demostrado que el sistema permite obtener las ventajas siguientes:

- a) seguridad — el aviso anticipado de condiciones incipientes de engelamiento permite que se apliquen los materiales para el control del hielo antes de la formación de éste sobre la pista. La técnica de anticongelamiento, por oposición al descongelamiento, proporciona mejores características de rozamiento en la pista, mejora su utilización y reduce el uso de abrasivos;
- b) coste — la utilización de sustancias químicas y abrasivos solamente cuando los sensores indican que es necesario hacerlo, y la utilización de aplicaciones de anticongelantes más ligeros cuando se proporciona un aviso anticipado, darán como resultado una importante reducción del volumen de los materiales de control del hielo que han de emplearse.

7.5.24 La correcta selección del número de sensores por pista depende de muchos factores que se presentan en la Figura 7-13.

Adquisición de los equipos para la remoción de la nieve

7.5.25 ¿Qué metodología puede emplearse para garantizar que cada aeropuerto podrá satisfacer sus necesidades en materia de control del hielo y de la nieve? Teniendo en cuenta aspectos de orden económico, debería procederse en primer lugar a seleccionar el sistema SRICE primario (mínimo) que se considere necesario. Dado que la mayor parte de la nieve removida de las superficies de operaciones pasará, eventualmente, por las máquinas lanzanieves de sopladora, éstas deberían constituir la base de toda selección de equipo SRICE; cada lanzanieves recibe, por lo general, el apoyo de dos máquinas quitanieves de vertedera. Los aeropuertos más grandes exigen también contar con esparcidores de materiales abrasivos, esparcidores de urea, camiones cisterna para irrigación de anticongelantes líquidos, barredoras y cargadoras frontales. La selección de maquinaria puede considerarse la base del concepto de equipo integrado por lanzanieves y quitanieves (véase la Figura 7-14).

Aeropuertos que prestan servicios a vuelos regulares

7.5.26 El equipo de remoción de nieve mínimo recomendado para mantener las zonas de operaciones de los aeropuertos que prestan servicios a vuelos regulares durante períodos de precipitación de nieve, debería ser capaz de remover 2,5 cm de una pista principal y de una o dos calles de rodaje principales que conecten la pista con la plataforma. Además, deberá limpiarse un número suficiente de puestos de estacionamiento de avión que se prevea utilizarán la pista durante los períodos de precipitación de nieve, así como aproximadamente el 20% de la plataforma, si el aeropuerto tiene un considerable volumen de actividades en la esfera de la aviación general.

7.5.27 El equipo mínimo recomendado debería comprender una o más máquinas lanzanieves de alta velocidad con capacidad suficiente, demostrada o garantizada por el fabricante, para remover nieve con una densidad de 400 kg/m³ de las áreas señaladas anteriormente, y arrojarla a la distancia mínima de 30 m (medidas desde el soplador de la máquina al punto de máximo depósito de las áreas descritas en 7.5.26, con arreglo a los criterios siguientes:

- a) 40 000 o más operaciones anuales de servicios aéreos regulares: deberían removerse 2,5 cm de nieve en 30 minutos;
- b) de 10 000 a 40 000 operaciones anuales de servicios aéreos regulares: deberían removerse: 2,5 cm de nieve en una hora;
- c) de 6 000 a 10 000 operaciones anuales de servicios aéreos regulares: deberían removerse 2,5 cm de nieve en dos horas; y
- d) 6 000 o menos operaciones anuales de servicios aéreos regulares: deberían removerse 2,5 cm de nieve en dos horas.

7.5.28 Cada máquina lanzanieves de alta velocidad debería normalmente tener el apoyo de dos arados quitanieves. Los lanzanieves y los quitanieves deberían tener características de actuación similares.

7.5.29 Los aeropuertos deberían contar con un esparcidor tipo tolva, montado en camión, para esparcir material granular, tal como arena o urea en grános, o con un camión cisterna regador, para cada 70 000 m² de la pista principal. Además, estos aeropuertos deberían contar con una barredora de pista de alta velocidad, autopropulsada o remolcada por camión, para cada 70 000 m² de pista principal.

7.5.30 Los aeropuertos deberían contar con un cargador frontal, con una cuchara o pala cuya capacidad mínima debería ser de 1,15 m³, para cargar arena o urea en las esparcidoras de tipo tolva montadas en camión y para trabajos varios de remoción de nieve en la plataforma, alrededor de las luces (pistas y calles de rodaje) etc. El cargador frontal debería estar equipado también con una pala para nieve de 6 a 7,5 m³ de capacidad.

Aeropuertos de la aviación general

7.5.31 El equipo de remoción de nieve mínimo recomendado para mantener las zonas de operaciones de los aeropuertos de la aviación general durante períodos de precipitación de nieve, debería ser capaz de remover 2,5 cm de nieve de una pista principal, o de la pista que proporcione cobertura máxima con respecto al viento, de una calle de rodaje principal que conecta la pista con la plataforma y del 20% de la plataforma.

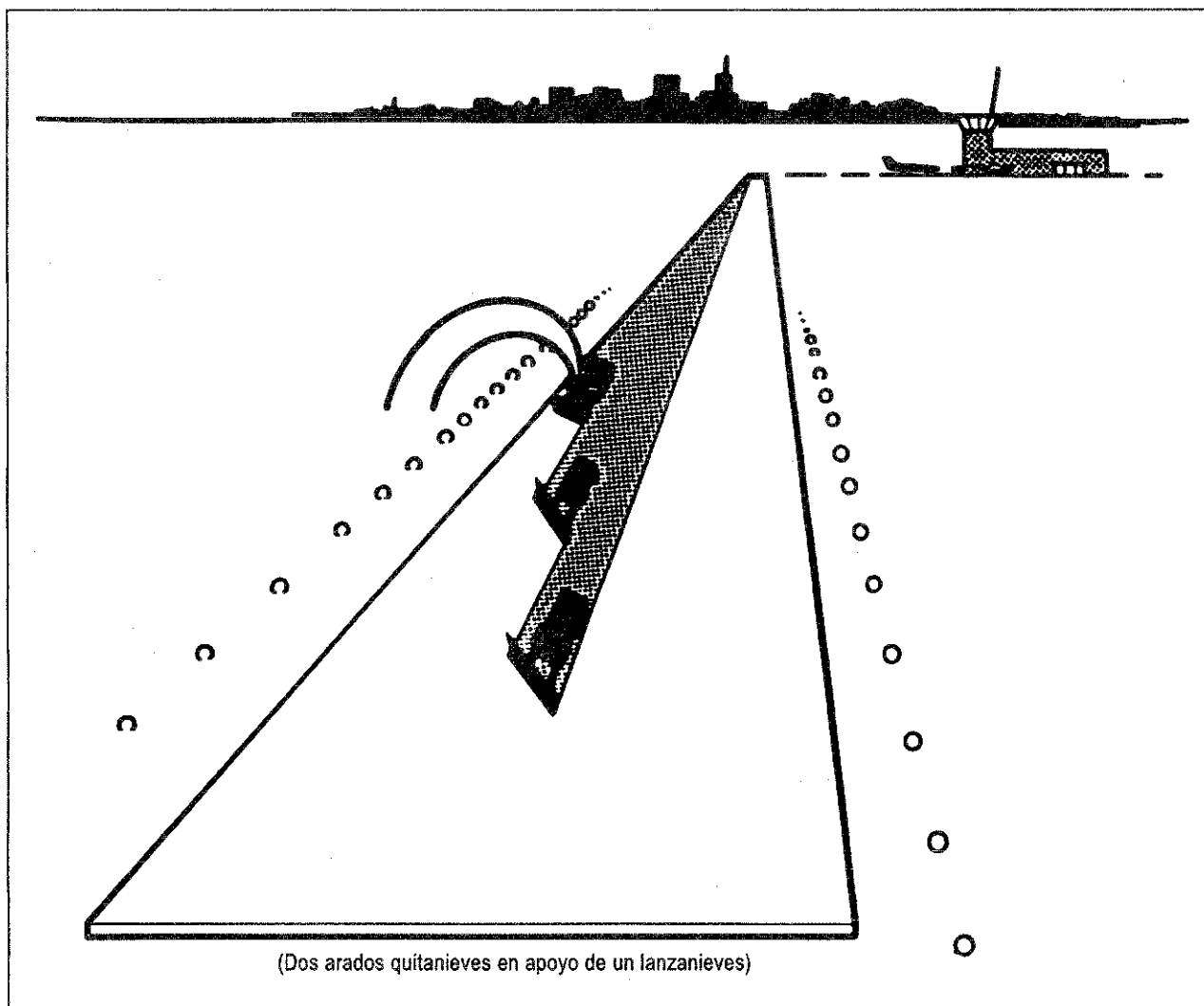


Figura 7-14. Aplicación del concepto de trabajo en equipo para la remoción de la nieve

7.5.32 El equipo de remoción de nieve mínimo recomendado para los aeropuertos de la aviación general que prestan servicios exclusivamente a aeronaves cuya masa bruta sea inferior a 5 700 kg, debería comprender una o más máquinas lanzanieves de alta velocidad con capacidad suficiente, demostrada o garantizada por el fabricante, para remover nieve con una densidad de 400 kg/m^3 , de las áreas indicadas anteriormente, y arrojarla a una distancia mínima de 15 m (medida desde el soplador del lanzanieve al punto de máximo depósito de las áreas descritas en 7.5.31, con arreglo a los criterios siguientes:

- a) 40 000 o más operaciones anuales: deberían removerse 2,5 cm de nieve en dos horas;
- b) de 6 000 a 40 000 operaciones anuales: deberían removerse 2,5 cm de nieve en cuatro horas; y

- c) 6 000 o menos operaciones anuales: deberían removerse 2,5 cm de nieve en cuatro horas, cuando sea conveniente.

7.5.33 Cada máquina lanzanieves de alta velocidad debería, por lo menos, tener el apoyo de un arado quitanieves con características de actuación similares.

Aplicación de los criterios de selección

7.5.34 La velocidad requerida de remoción de nieve en cada aeropuerto será variable y dependerá del tiempo de que se disponga para limpiar las zonas de operaciones de aviones y de la superficie del pavimento que haya de despejarse de contaminantes. En realidad, la velocidad de remoción es proporcional al volumen de nieve que haya de removerse. Para

cada aeropuerto, se fija el tiempo de remoción en función de la categoría operacional del aeropuerto. Asimismo, debe conocerse el área de la superficie del aeropuerto que ha de limpiarse y, por consiguiente, el volumen de nieve que ha de retirarse, tomando como parámetro básico que ha habido una precipitación de 2,5 cm de nieve.

7.5.35 En cada aeropuerto puede aplicarse la siguiente expresión general:

- a) el tiempo de remoción es fijo;
- b) la superficie de pavimento que ha de limpiarse es fija; y
- c) la velocidad de remoción es, por consiguiente, una función de la superficie de pavimento que ha de limpiarse,

$dN/dt = K N_0$, o sea, $N/N_0 = K$ = pendiente de la curva de velocidad

siendo N_0 = área de pavimento que ha de limpiarse (m^2)

$dN/dt = N$ = velocidad de limpieza (toneladas/h)

K = constante de proporcionalidad.

Esta es una relación lineal de primer orden y puede representarse gráficamente para cada categoría de aeropuerto. El caso general se representa en la Figura 7-15.

7.5.36 *Ejemplo de selección de lanzanieves.* En este ejemplo se considera la selección real de un sistema completo de remoción de nieve teniendo en cuenta lo anteriormente mencionado.

- a) Se determina el área total esencial de operaciones del aeropuerto. Se supone que las operaciones de remoción se inician cuando se han depositado 2,5 cm de nieve sobre la pista.
- b) Se determina el tiempo de remoción de nieve a partir del total anual de operaciones de aeronaves. Por ejemplo, un movimiento anual de 40 000 o más operaciones de servicios aéreos regulares exige un tiempo de remoción de nieve de media hora.
- c) A los efectos del cálculo, se supone que la densidad de la nieve es 400 kg/m^3 .
- d) Se supone que la temperatura media es de -4°C , y que no hay viento. Los valores normalizados de temperatura y velocidad del viento no aparecen explícitamente en los cálculos. Si a la velocidad del viento corresponde cero, no habrá evidentemente condiciones de ventisca alta, de forma que se impide que se introduzca otro parámetro en los cálculos. La temperatura de -4°C tiende a garantizar que la densidad de la nieve permanecerá aproximadamente constante en un valor de 400 kg/m^3 y que la nieve no se transformará en nieve fundente o hielo.

- e) El factor de eficacia de los vehículos se considera que es del 70%. El factor de eficacia de los vehículos es esencialmente un parámetro global en el que se tienen en cuenta las diferencias entre la eficacia teórica de remoción de nieve y la eficacia real del equipo de personas en el campo. Las condiciones variables de ventisca alta, de densidad de nieve, de visibilidad escasa del operador, de resbalamiento de las ruedas, de problemas en el tiempo de ida y vuelta, de problemas de capacitación del equipo de personal, de pequeños problemas de índole mecánica y de la eficacia de los vehículos se tienen todas en cuenta en un solo factor de eficacia. Considerando la experiencia de los operadores y de los fabricantes de equipo, se estima razonable para este factor de eficacia el valor del 70%.

- f) Utilizando la información precedente, los cálculos para la selección de lanzanieves pueden ser los siguientes:

- 1) se multiplica el área de operaciones esenciales del aeropuerto por el espesor inicial de la nieve, para obtener el volumen de nieve;
- 2) se multiplica el valor obtenido por la densidad, para calcular la masa de nieve en kilogramos;
- 3) se divide este valor por el factor de eficacia del vehículo;
- 4) se divide este valor por el factor de tiempo (el tiempo disponible teniendo en cuenta el total anual de operaciones de servicios aéreos regulares);
- 5) se convierte el valor obtenido en toneladas por hora; y
- 6) se selecciona el número mínimo de lanzanieves correspondiente a la capacidad de remoción requerida.

7.5.37 A fines de ilustración se indica a continuación un ejemplo de cálculo en un aeropuerto grande:

Selección de lanzanieves

Etapa 1. Determinación del área de operaciones m^2	
Pista principal = $2\,800 \times 45$	126 000
Calle de rodaje (paralela y conexiones)	17 000
Curvas de enlace	2 000
Plataforma para los vehículos de salvamento y extinción de incendios y acceso a la misma	2 000
Plataforma. (25% de un área de estacionamiento de $16\,000 \text{ m}^2$)	4 000
Zona de incendio de reactores (2 de $75 \times 30 \text{ m}$)	4 500
Otras superficies	2 000
Área total que ha de limpiarse	157 000

Nota.— A fines de cálculo, el área total puede redondearse a $160\,000 \text{ m}^2$.

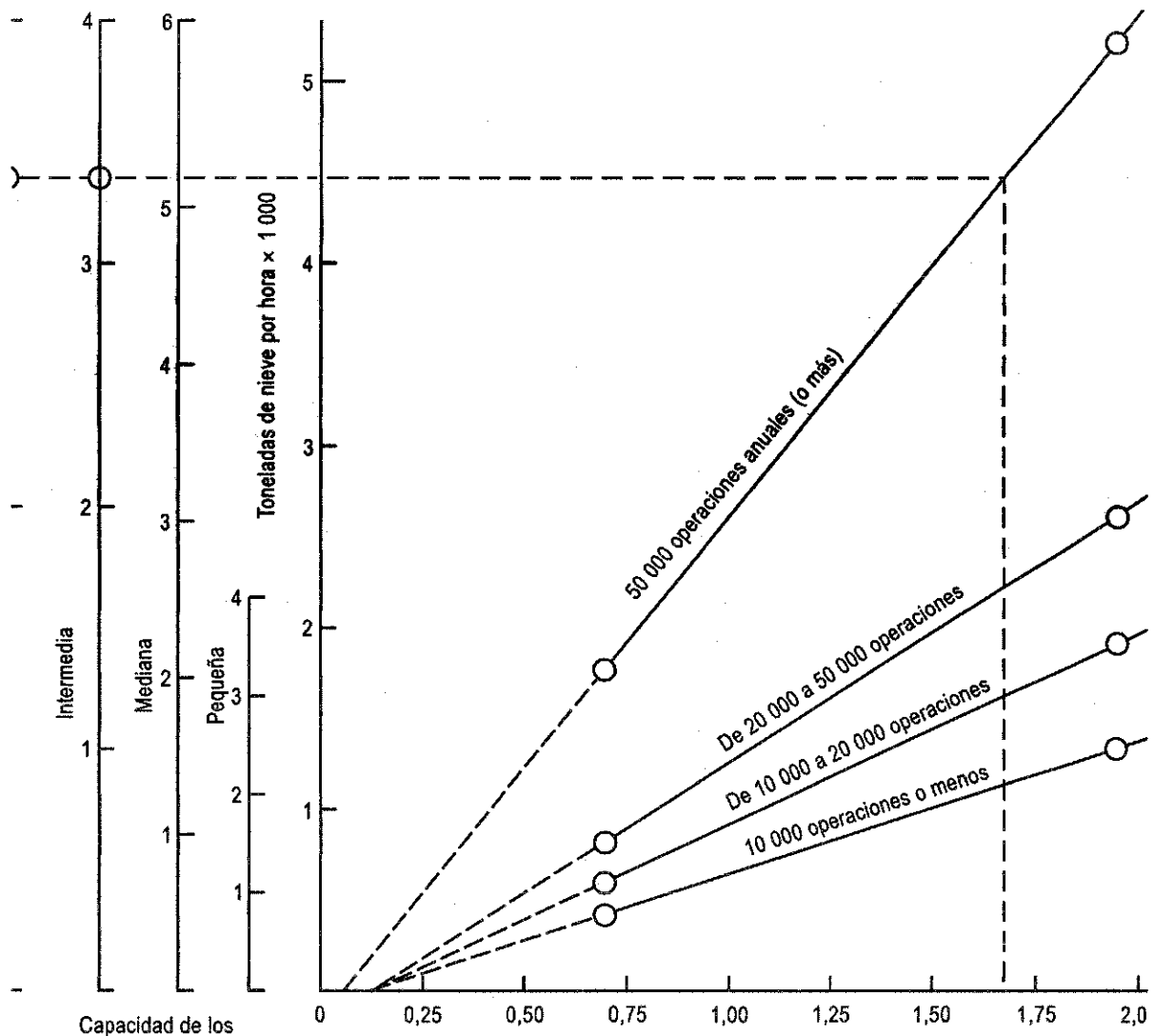


Figura 7-15. Gráfico para la selección de lanzanieves

Etap 2. Se incorporan a los cálculos los siguientes parámetros:

Área = 160 000 m²

Tiempo = 1/2 hora (corresponde a un total de 40 000 o más operaciones anuales de servicios aéreos regulares en el aeropuerto).

Temperatura = -4°C

Velocidad del viento = 0 km/h

Densidad de la nieve = 400 kg/m³

Eficacia del lanzanieves = 0,7 (basada en la eficacia mecánica normal)

Espesor de la capa de nieve = 2,5 cm

Etap 3. Cálculo de la velocidad de remoción de nieve en el aeropuerto

Volumen = 160 000 × 0,025 = 4 000 m³

Masa = 4 000 × 400 = 1 600 000 kg

Eficacia = 1 600 000/0,7 = 2 300 000 kg

Kilogramos por hora = 2 300 000/0,5 = 4 600 000 kg/h

Toneladas por hora = 4 600 000/1 000 = 4 600 t/h

7.5.38 Lanzanieves de capacidad intermedia. Esta máquina lanzanieves puede ser de cualquier diseño físico con una capacidad de remoción de nieve demostrada o garantizada por el fabricante, de 1 100 a 1 400 t/h para arrojarla a las distancias siguientes, medidas desde el soplador de la máquina al punto de máximo depósito en condiciones de viento cero:

— 30 m a un régimen de por lo menos 1 100 t/h;

— 23 m a un régimen de por lo menos 1 400 t/h.

7.5.39 Lanzanieves de gran capacidad. Esta máquina lanzanieve tiene los mismos criterios de diseño anteriores con las especificaciones siguientes:

- 30 m a un régimen de por lo menos 1 600 t/h;
- 23 m a un régimen de por lo menos 2 300 t/h.

7.5.40 Se han reducido considerablemente a propósito las capacidades de las máquinas lanzanieves indicadas anteriormente; en la mayoría de los casos, estas máquinas proporcionan regímenes de un 30% por encima de los valores mínimos indicados.

7.5.41 Como las necesidades en materia de remoción de nieve son de aproximadamente 4 500 t/h en el aeropuerto del ejemplo, puede verse que, normalmente, un lanzanieves grande y uno intermedio pueden generalmente satisfacer las necesidades del aeropuerto. Los mismos resultados pueden obtenerse de la Figura 7-15 sin cálculos, suponiendo conocida la superficie operacional esencial del aeropuerto que ha de limpiarse.

7.5.42 En general, el concepto actual de trabajar en equipo para la remoción de la nieve indica la conveniencia de utilizar los lanzanieves más grandes para satisfacer la capacidad de remoción necesaria; p. ej., si en un determinado aeropuerto, la capacidad necesaria de remoción de nieve es de 2 000 t/h, debería preferirse una máquina lanzanieves grande, en vez de tres pequeñas. Esto produce también el despliegue de equipo necesario, dado que cada lanzanieves tiene normalmente el apoyo de dos arados quitanieves.

7.5.43 *Selección de barredoras.* En 7.5.29 se indica que debería proporcionarse una barredora de alta velocidad para cada 70 000 m² de pista principal. En la Figura 7-16 se presenta una solución gráfica sencilla indicándose que un aeropuerto de este tipo exigiría dos barredoras.

7.5.44 *Selección de esparcadoras de arena.* Utilizando la solución gráfica de la Figura 7-16, se seleccionan dos esparcadoras de arena (véase 7.5.29).

Teoría y selección de arados quitanieves

7.5.45 Dos arados quitanieves deberían acompañar a cada lanzanieves, y el desplazamiento total de los quitanieves debería ser igual o superior al del lanzanieves a la velocidad normal.

7.5.46 Cuando se utiliza en un aeropuerto el concepto de remoción de nieve a alta velocidad trabajando en equipo con uno o más arados quitanieves, es importante ajustar las respectivas capacidades de los quitanieves y de los lanzanieves. Es fundamental que la velocidad de las operaciones o la capacidad del lanzanieves sean iguales o superiores a la capacidad del desplazamiento de los quitanieves que les acompañan, dado que en las operaciones rápidas de remoción de nieve debería hacerse el uso más eficaz posible de todo el equipo, en particular de los arados quitanieves.

7.5.47 La clasificación de los quitanieves por tamaños no tiene por objeto establecer rígidamente longitudes de cuchilla

vertedera sino que está encaminada a servir de ayuda en el ajuste de los niveles de eficacia de los vehículos. Por ejemplo, los lanzanieves grandes deben tener el apoyo de quitanieves grandes. La clasificación de quitanieves por tamaños establece solamente una gama de longitudes de cuchillas de vertedera para cada tamaño.

7.5.48 El concepto de acoplar quitanieves y lanzanieves se describe en los párrafos siguientes, para asegurar que los quitanieves del equipo no tengan una capacidad inferior a la de los lanzanieves que les acompañan.

7.5.49 En el concepto de trabajo en equipo, se determina en parte la capacidad del lanzanieves en función del tiempo necesario para limpiar la pista y en función del volumen de nieve sobre la misma.

7.5.50 Por lo tanto, el ajuste de las capacidades de los quitanieves y lanzanieves requiere que:

$$N \text{ quitanieves} \geq N \text{ lanzanieves, y}$$

$$N/N = C(L) = \text{capacidad de desplazamiento de los quitanieves}$$

Siendo:

N = velocidad de desplazamiento del arado quitanieves en t/h (varía con la velocidad de la máquina)

N = volumen de nieve original que ha de desplazarse (en toneladas)

$C(L)$ = constante de proporcionalidad para cada tamaño de quitanieves.

7.5.51 Utilizando las relaciones de velocidad de los quitanieves y las anchuras mínimas de arado de dichas máquinas, se han calculado las velocidades necesarias de desplazamiento de los quitanieves y se han representado gráficamente en la Figura 7-17. Utilizando como valores estándar de acumulación de nieve 2,5 cm y de densidad de 400 kg/m³, se representa en la Figura 7-17 la capacidad de desplazamiento correspondiente a todos los tamaños de arado en función de las velocidades.

7.5.52 A partir del gráfico de capacidad en función de las velocidades (Figura 7-17), y utilizando un tamaño de arado que corresponda al lanzanieves, debería seleccionarse una velocidad de empuje de la nieve que iguale o supere ligeramente a la velocidad media de operación del lanzanieves que se utilice en el aeropuerto en cuestión. Para ello se aplicará el método siguiente:

- a) en la vertical del valor de la velocidad del quitanieves se busca la línea del gráfico correspondiente al tamaño de quitanieves seleccionado. Desde este punto se traza una horizontal hasta el eje de capacidades en el que se lee la capacidad en toneladas por hora del quitanieves a la velocidad seleccionada;

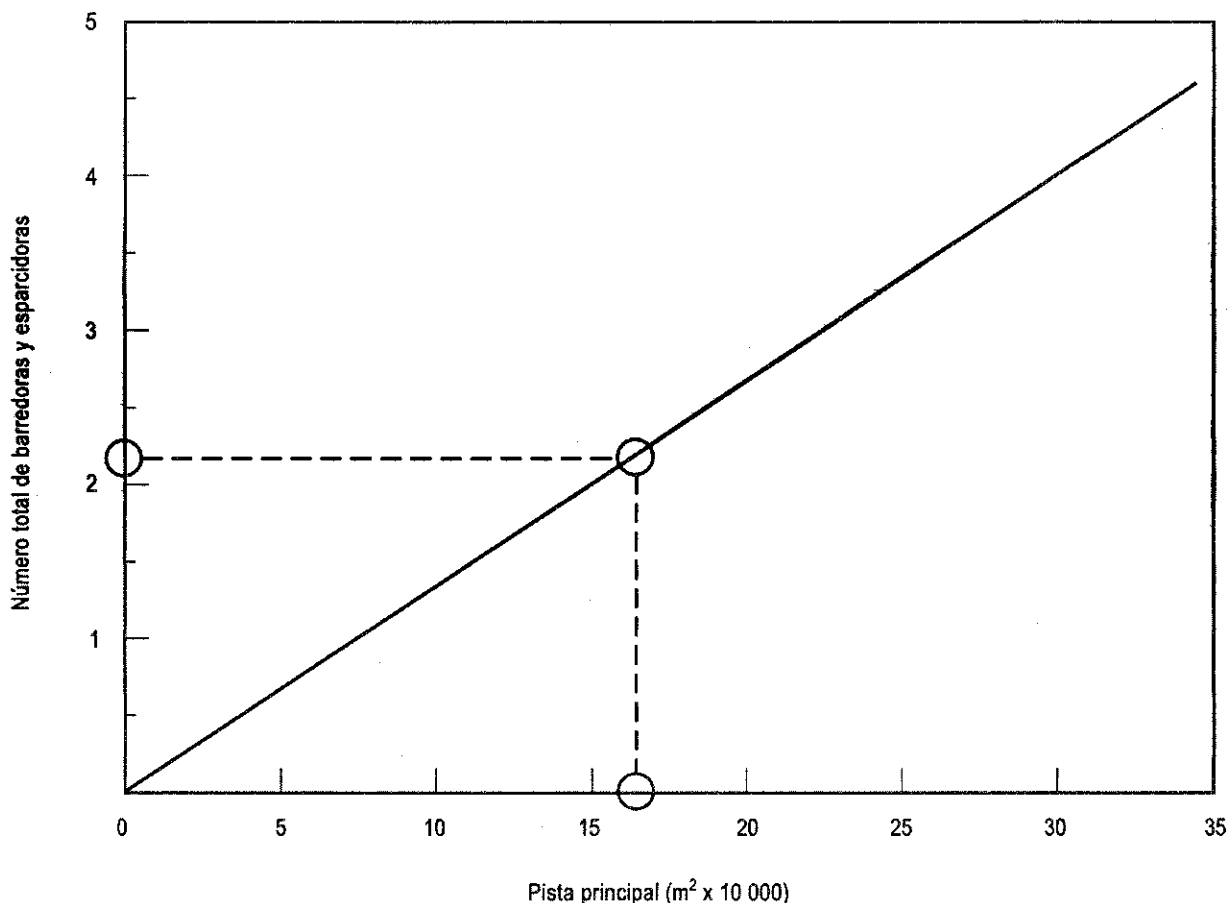


Figura 7-16. Selección de esparcidoras/barredoras

b) este valor de toneladas por hora, debería ser igual o superior a la capacidad del lanzanieves previamente seleccionado. Si se utilizan dos o más quitanieves, de conformidad con el concepto de trabajo en equipo, puede reducirse el tamaño de cada quitanieves, siempre que la suma de las capacidades de los quitanieves continúe igual o superior a los valores correspondientes de los lanzanieves.

7.5.53 En el aeropuerto del ejemplo, se requieren dos lanzanieves, uno grande y otro intermedio (total 4 600 t/h). La técnica general de empuje de la nieve utilizada en este aeropuerto exige solamente un quitanieves en apoyo de cada lanzanieves con un valor, normalmente satisfactorio, de 32 km/h para el empuje a alta velocidad.

7.5.54 Dado que se utiliza un lanzanieves grande, se han seleccionado quitanieves también grandes. Utilizando el valor de 32 km/h como velocidad de empuje, se determina la velocidad de desplazamiento del quitanieves (a partir de la Figura 7-17) que es de 1 600 t/h. Si la velocidad de empuje no fuera igual o superior ligeramente a la capacidad del

lanzanieves, podría aumentarse el tamaño de la primera máquina. Puede ser que sean necesarios dos quitanieves, o que se aumente ligeramente la velocidad del quitanieves utilizado. En este caso, es procedente utilizar dos quitanieves por cada lanzanieves, de 2 800 t/h. La clasificación de quitanieves por tamaños no establece longitudes rígidas de cuchilla. Para determinar el aumento de capacidad con cuchillas más largas, será necesario agregar los valores correspondientes a la velocidad de otros tamaños de quitanieves que se aproximen al aumento en la longitud de la cuchilla. Por ejemplo, si se desea utilizar en un aeropuerto un quitanieves más grande, con una longitud de cuchilla de aproximadamente 6 m, y la velocidad de empuje es de 32 km/h, la capacidad de la cuchilla más grande puede determinarse de la forma siguiente:

Usando la Figura 7-17, puede determinarse que el quitanieves grande con una cuchilla de 4,5 m desplaza 1 600 t/h a una velocidad de 32 km/h. La capacidad de la cuchilla de 1,8 m de un quitanieves más pequeño a una velocidad de 32 km/h es aproximadamente 550 t/h. Sumando ambos valores se observa que un quitanieves con una cuchilla de 6 m puede desplazar 2 150 t/h a una velocidad de 32 km/h.

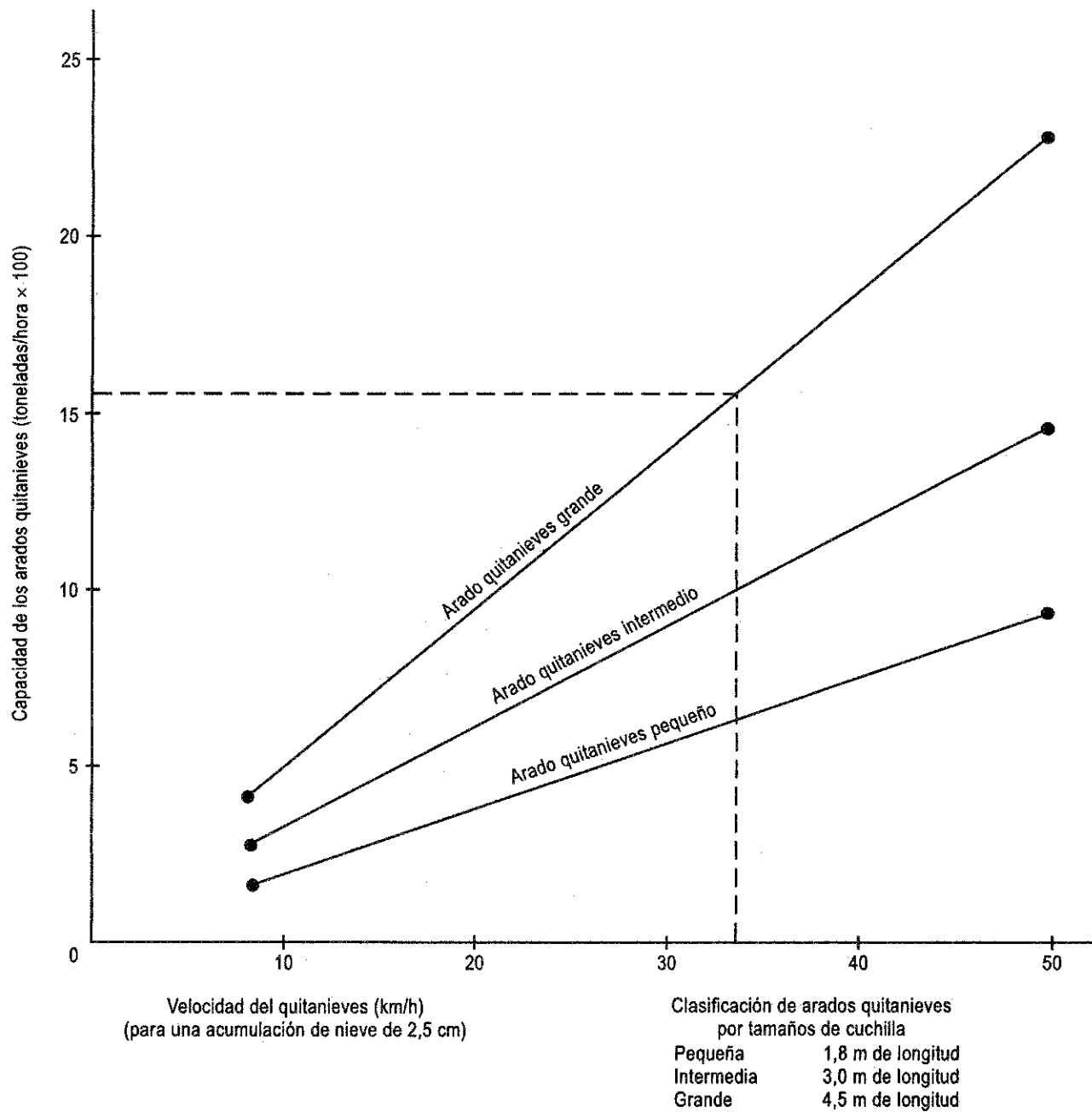


Figura 7-17. Guía para la selección de arados quitanieves

7.5.55 El resultado final correspondiente al aeropuerto del ejemplo es el siguiente:

- dos máquinas lanzanieves;
- dos máquinas barrenieves;
- dos esparcidoras de arena;
- tres arados quitanieves; y
- una cargadora frontal.

7.5.56 En el texto anterior se han esbozado las ideas fundamentales para la selección del equipo de remoción de nieve y para la adquisición del parque de vehículos correspondiente, en un aeropuerto característico. En el Apéndice 7 se proporcionan los detalles de eficacia y los criterios de diseño para el equipo de remoción de nieve en los aeropuertos.

7.6 MÉTODOS TÉRMICOS

7.6.1 El control térmico para quitar la nieve no ha tenido hasta la fecha mucho éxito, debido a problemas mecánicos y al elevado coste de su funcionamiento. Sin embargo, el futuro de algunos de los métodos térmicos parece alentador y puede preverse que se apliquen cada vez más estos métodos a las operaciones de los aeropuertos, a medida que el equipo necesario vaya superando las etapas de desarrollo y de prototipo y a medida que disminuyan los costes.

Calefacción en los pavimentos

7.6.2 La calefacción en las superficies del pavimento mediante una red eléctrica instalada en la capa superficial de un pavimento asfáltico o en las capas superiores de la losa en las pistas de hormigón, parece ser el método más prometedor para eliminar acumulaciones de nieve impidiendo que se formen. Los elementos eléctricos se activan al empezar la tormenta, o poco tiempo después, con objeto de mantener la temperatura de la superficie por encima del nivel de congelación. Ya se ha encontrado una solución a los aspectos mecánicos del sistema, pero el elevado coste de la energía eléctrica ha impedido, por el momento, que se adopte a gran escala el método de calentamiento de la superficie del pavimento con elementos eléctricos. Entretanto, continúan las investigaciones de medios para alimentar económicamente este sistema a partir de fuentes tales como la energía nuclear. Las instalaciones que emplean la circulación de líquidos tienen muchos problemas inherentes, y el alto precio exigido por el mantenimiento de las mismas ha coartado hasta la fecha su aplicación en instalaciones de gran envergadura.

Equipo térmico para fundir la nieve

7.6.3 Hasta la fecha, el empleo del calor para fundir la nieve no ha resultado ventajoso en comparación con los métodos tradicionales de limpieza. Las instalaciones de agua caliente, tanto el modelo móvil como la instalación fija, se han enfrentado frecuentemente a dificultades de orden mecánico, y

el régimen de funcionamiento es relativamente lento. El coste del combustible es elevado y no es de prever que disminuyan los gastos de instalación mientras no se acepte el sistema a una escala mucho mayor, lo que permitiría reducir los costes de las operaciones. El problema del desagüe de la nieve fundida es otro factor que afecta la aceptación del sistema, especialmente en el caso de las unidades móviles que descargan el agua en los sistemas de drenaje de las calles o del campo, donde puede volver a congelarse antes de llegar a las alcantarillas.

Chorro de aire de reactores y lanzallamas

7.6.4 En los aeropuertos militares de algunos Estados, se ha aplicado un nuevo método que consiste en el empleo del chorro de gases de los reactores y de lanzallamas para eliminar la nieve. No obstante, este método de fundir la nieve acumulada es extremadamente lento, tiene un consumo sumamente elevado de combustible y pérdidas de calor, y puede dañar el pavimento si no se pone cuidado en la aplicación del calor.

7.7 MÉTODOS QUÍMICOS

7.7.1 Se dispone de sustancias químicas, sólidas y líquidas para ser aplicadas al área de movimiento con el fin de remover la nieve y el hielo. Sin embargo, debe procederse con suma cautela puesto que muchas de las sustancias químicas son extremadamente corrosivas para los metales o tienen otros efectos perjudiciales sobre los materiales utilizados en la fabricación de aviones. Puede efectuarse un análisis muy minucioso de estas sustancias químicas para asegurarse de que no tienen un efecto nocivo en los componentes de los aviones. No está autorizado el uso de cloruros de calcio o de sodio en el área de movimiento.

7.7.2 De ser posible, deben utilizarse las sustancias químicas para impedir la formación de hielo y no para removerlo. Sin embargo, si se utilizan sustancias químicas líquidas como agentes de descongelación (p. ej., aplicando sustancias químicas líquidas a las superficies cubiertas de nieve o de hielo), debe saberse que una sustancia viscosa encima del hielo reduce la eficacia de frenado hasta un nivel peligroso por un período de hasta una hora. Sin embargo, las sustancias químicas sólidas esparcidas sobre superficies de hielo, penetran en el hielo y, aunque requieren un plazo de tiempo muy superior, rompen finalmente la unión del hielo a la superficie de forma que los contaminantes pueden eliminarse al barrerlos. El agua derretida por encima de la nieve puede dar lugar a condiciones de hidroplaneo viscoso. Debe recordarse que el agua o las sustancias químicas líquidas por encima del hielo constituyen una de las superficies más resbaladizas que puedan existir a cualquier velocidad, comprendidas las relacionadas con el rodaje.

7.7.3 Debe controlarse y supervisarse cuidadosamente la aplicación de sustancias químicas tanto líquidas como sólidas, para que influyan lo menos posible en el medio ambiente local y, por consiguiente, para provocar lo menos posible a los grupos

defensores del medio ambiente. No deben ser inadmisibles o tóxicas, en los sistemas públicos de alcantarillado, no deben representar un grave riesgo de incendios y no deben por sí mismas disminuir notablemente la eficacia de frenado.

Urea [$\text{CO}(\text{NH}_2)_2$] (Diamida sintética del ácido carbónico — producto comercial)

7.7.4 Este producto ha ganado mucha aceptación por su eficacia tanto anticongelante como descongelante. Ha permitido reducir eficazmente el uso general de arena en los aeropuertos y lo ha sustituido totalmente en los aeropuertos de climas moderados. Hasta la fecha, no se ha puesto de manifiesto que tenga efectos perjudiciales en los componentes de los aviones o en las estructuras aeroportuarias pero preocupan a los ecologistas sus consecuencias en las corrientes de agua.

7.7.5 Normalmente se utiliza la urea como un fertilizante de uso agrícola. Contiene un ingrediente activo, el nitrógeno, que constituye aproximadamente el 45% de su masa total. La forma más conveniente es la granular o globular; las partículas son esféricas y de tamaño relativamente uniforme, comprendido entre los tamaños núms. 8 y 20 del tamiz Tyler. A veces se recubren los granos con una minúscula cantidad de arcilla para evitar que se aglomeren y se peguen.

7.7.6 Se puede usar este producto como descongelante para fundir las formaciones de hielo o como anticongelante para impedir o retardar la formación de hielo. Surte efecto hasta temperaturas ambiente de $-9,5^\circ\text{C}$. Si bien la urea posee características descongelantes, se considera esencialmente como anticongelante. Es sumamente eficaz cuando el pavimento está mojado y cuando se prevé que la temperatura descenderá por debajo del punto de congelación o, si se ha previsto lluvia, cuando el pavimento se encuentra a una temperatura inferior al punto de congelación. La acción de la urea, al rebajar el punto de congelación del agua, da tiempo para limpiar el agua con barredoras, para impedir la formación de hielo en el pavimento. Cuando se emplea como descongelante, debería limpiarse primeramente la superficie por los medios convencionales, para retirar el máximo de nieve o de hielo que sea posible. Para facilitar la limpieza del hielo con la utilización de la urea, la temperatura ambiente no debería exceder de -3°C . Si después de la aplicación de la urea se presentan condiciones de temperatura extremadamente baja, la superficie puede adquirir una consistencia pastosa; se hace entonces necesario limpiarla inmediatamente. Cuando se utiliza como anticongelante, debería bastar una dispersión de 20 g/m^2 . La aplicación debería cubrir una anchura de 22,5 m solamente, dispuesta simétricamente a un lado y al otro del eje de la pista. Esta proporción equivale a 135 kg aproximadamente por cada 300 m lineales.

7.7.7 Para facilitar la limpieza del hielo, la temperatura debería ser superior a -3°C ; la proporción de urea variará según la temperatura de la superficie y el espesor de la capa de hielo. La eficacia de la urea depende de su porcentaje de

dilución. La urea tiene un efecto residual que se prolonga durante varios días.

7.7.8 La densidad de la urea es de $0,72 \text{ kg/dm}^3$, es decir, aproximadamente la mitad de la de la arena. El viento puede desplazarla y actualmente se aplica habitualmente el método de mojar previamente el pavimento o mojar los granitos de urea con agua o con un líquido descongelador (agua o esparcidor) antes de aplicarla con un vehículo especial (véase 7.5.13).

7.7.9 Cuando es necesario enarenar la superficie, se ha comprobado que una aplicación de urea poco antes de proceder a la operación de enarenado, aumenta la adhesión y produce un coeficiente de rozamiento superior, lo cual facilita la limpieza subsiguiente del hielo. El hecho de que se disponga de urea para facilitar la eliminación del hielo en la superficie del pavimento no implica, en modo alguno, que se apliquen con menos rigor las normas más estrictas en materia de técnicas de remoción de nieve. La experiencia en cuanto al uso de la urea ha de determinar las condiciones en las que su aplicación resulte más eficaz.

7.7.10 Los fabricantes empaquetan la urea en sacos impermeables de diversos tamaños o la proporcionan a granel para almacenarla en grandes tolvas superiores (véase la Figura 7-18) o en áreas de almacenamiento a granel con paredes de madera. Aunque por sí misma la urea no es corrosiva, es hidróscopica y la humedad que atrae puede corroer las superficies metálicas del área de almacenamiento, los accesorios para iluminación, etc.

7.7.11 Cuando la temperatura de la superficie del pavimento es superior a 0°C , no tiene evidentemente objeto aplicar la urea. Será, por consiguiente, necesario obtener la temperatura del pavimento. Ello puede hacerse colocando un termómetro en el pavimento durante algunos minutos. El termómetro debería estar cubierto o protegido para que no lo afecte la temperatura del aire ambiente o el calor del sol. El termómetro debe tener un ángulo de inclinación que permita que el bulbo de mercurio esté en contacto con el pavimento. Las lecturas de la temperatura del pavimento deberían tomarse regularmente y registrarse en un gráfico para obtener con rapidez esta información. La temperatura debería tomarse sobre pavimentos de hormigón que hayan sido limpiados previamente (véanse 7.5.16 a 7.5.19).

Otros productos químicos líquidos, anticongelantes y descongelantes

7.7.12 Actualmente se están elaborando y ensayando una serie de sustancias químicas líquidas que pueden ser económicas y eficaces para conseguir la acción anticongelante y descongelante fuera de la gama de temperaturas en la que la urea resulta eficaz. La mayor parte de estas sustancias no son perjudiciales para los componentes de aviones ni para las estructuras del aeropuerto y son capaces de fundir el hielo. Al aplicarlas a la superficie desnuda del pavimento en la fase de antihielo, algunas sustancias químicas líquidas pueden provocar

una pérdida de tracción que es función de la viscosidad de las sustancias químicas y de su temperatura. También pueden provocar una pérdida inicial de la tracción si se utilizan en la fase de descongelamiento, combinadas con una película de agua fundente que se forma en la superficie del hielo. Constituyen una preocupación para los ecologistas si se aplican en grandes cantidades.

Sustancias abrasivas

7.7.13 Las sustancias abrasivas (arena u otros agregados) pueden esparcirse por encima del hielo para aumentar la tracción y controlar el resbalamiento. En algunos lugares, la arena puede ser de un coste inferior al de las sustancias químicas descongelantes y puede ofrecer además la ventaja de ser eficaz a temperaturas muy bajas. Por ejemplo, la urea pierde mucho de su eficacia fundidora a temperaturas por debajo de -6°C . Además, la arena, aunque requiera una

limpieza ulterior no deja restos que puedan contaminar el abastecimiento de agua. Debe seleccionarse cuidadosamente la sustancia abrasiva y debe aplicarse adecuadamente. Las cantidades, incluso muy pequeñas, de arena muy fina pueden causar algún grado de erosión en los álabes de los motores de turbina; por lo tanto, la aplicación de arena sólo debe utilizarse después de consultar a los explotadores de aeronaves. Los materiales de grano demasiado fino (generalmente que pasen por un tamiz de 0,297 mm) no proporcionan suficiente eficacia de frenado y serán fácilmente desplazados por el viento y por el chorro de los motores de los aviones. La arena de grano demasiado grueso (que no pase por un tamiz de 4,75 mm) causará daños internos a los motores de reacción o picará las hélices al ser arrojada por lavado o por chorro.

7.7.14 Sería ideal que el grano de arena, o de agregados, utilizado fuera de una gradación comprendida entre los tamaños de tamiz anteriormente mencionados. Debería tener superficies angulares, ser de una dureza suficiente para resistir la fuerza de

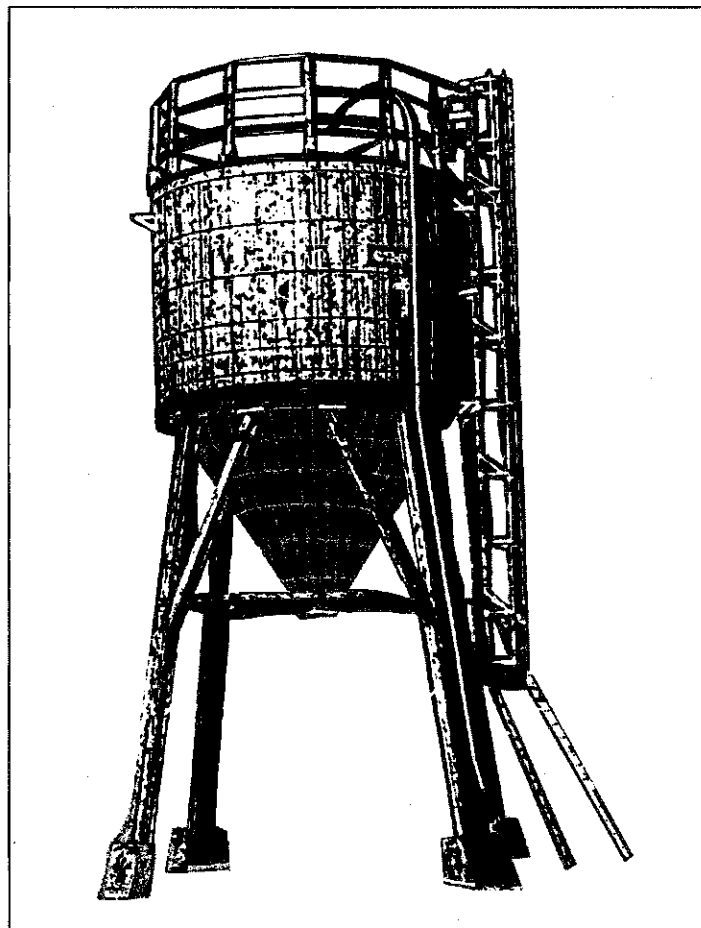


Figura 7-18. Depósito de urea

aplaste de las cargas de los aviones pero no debe ser tan duro como para dañar los motores y las hélices. Se proponen las siguientes especificaciones.

Los agregados minerales utilizados estarán formados por partículas angulares de material lavado y seco, libre de piedrecitas, de arcilla, de detritos, de materia orgánica, de sales de cloruro y de otros materiales corrosivos, cuya estructura física no se vea afectada por el agua o por los elementos. El valor pH de los materiales en una solución de agua debería ser aproximadamente neutral. Los materiales deberían satisfacer las siguientes condiciones de gradación:

<i>Tamaño del tamiz (mm)</i>	<i>Porcentaje que pasa por el tamiz (en unidades de masa)</i>
4,75	100
2,36	97-100
1,18	30-60
0,30	0-10
0,18	0-2

7.7.15 El uso de arenas disponibles en la localidad disminuye considerablemente los costes y por lo tanto, deben prepararse las especificaciones relativas a la adquisición de estos materiales, después de que se haya experimentado con los de origen local y se haya obtenido experiencia con ellos. Las condiciones de gradación en las especificaciones propuestas pueden adaptarse, de algún modo, a los materiales de la localidad que la experiencia haya demostrado que son satisfactorios.

7.7.16 La eficacia del esparcimiento de arena puede aumentar, y al mismo tiempo reducirse el peligro de absorción de los motores, si la arena se incrusta en la superficie del hielo. El momento en el que la arena puede esparcirse con más eficacia es cuando está caliente y seca puesto que el calor que retienen ayuda a incrustar la arena en el hielo. Un método para incrustar la arena, aunque difícil de aplicar, consiste en calentarla después de que se ha esparcido, mediante quemadores de hierba u otras fuentes de llama abierta. Otro método consiste en aplicar sustancias químicas líquidas antihielo/descongelantes diluidas al 1:1, a un régimen de 10 L/900 m² para suavizar la superficie de hielo antes de esparcir la arena.

7.7.17 El régimen de aplicación de la arena es en general aproximadamente de 0,5 kg por m². Pueden ser necesarios regímenes de aplicación más elevados, especialmente si se dispone de equipo que no proporciona una cobertura uniforme. Frecuentemente se requieren regímenes más elevados de aplicación media, con equipo más antiguo para asegurar que todas las partes de la configuración de distribución reciben una cobertura de arena adecuada. Se recomienda utilizar un área de prueba para determinar el régimen óptimo de aplicación de arena que lleve a una textura deseada de la superficie.

7.7.18 Los montones pequeños de arena que se acumulan cuando el vehículo esparcidor se detiene momentáneamente son peligrosos para las operaciones de los aviones y deberían retirarse antes de dar la autorización para que los aviones utilicen la superficie tratada. La arena debe retirarse tan pronto como se funde el hielo y se evapora el agua, para reducir al mínimo la absorción de los motores y su desplazamiento por el chorro de los motores.

7.7.19 Es preciso tener cuidado al almacenar la arena u otros agregados puesto que la humedad puede llevar a la formación de grandes piezas de hielo no fácilmente manejables que podrían causar daños serios a los motores.

7.8 MATERIALES PARA LIMPIAR EL HIELO DE ÁREAS DISTINTAS A LAS DE MOVIMIENTO

Cloruro de sodio (sal de roca)

7.8.1 Este producto puede utilizarse para fundir el hielo de las vías de circulación y de las aceras, dispersándolo moderadamente a mano o con un vehículo esparcidor. Surte efecto hasta temperaturas de unos -12°C pero es sumamente corrosivo para los metales y ataca al hormigón de cemento portland y a la vegetación. No debería utilizarse en el área de movimiento ni en las cercanías de la misma.

Cloruro de calcio

7.8.2 Esta sustancia puede utilizarse para fundir la nieve y el hielo. Sus efectos son muy similares a los del cloruro de sodio, salvo que surte efecto hasta unos -18°C y es aún más corrosiva. Se esparce en la misma forma que este material. Tanto el cloruro de sodio como el cloruro de calcio pueden mezclarse con un material abrasivo para aumentar la eficacia antideslizante en las superficies heladas y rebajar el punto de fusión de la nieve o del hielo. No debe utilizarse el cloruro de sodio en las cercanías del área de movimiento. Se pueden aplicar a las superficies máquinas barredoras con cepillos de alambre de acero, para ayudar a dispersar el agua resultante de la fusión de la nieve o del hielo.

7.9 LIMPIEZA DE LA NIEVE FUNDENTE

Para que resulte eficaz la operación de limpieza de la nieve fundente, es esencial establecer una estrecha colaboración entre los explotadores, las dependencias ATS y las autoridades aeroportuarias. Para la limpieza de la nieve fundente deberían adoptarse procedimientos similares a los indicados en la sección anterior con respecto a las operaciones de limpieza de nieve.

Capítulo 8

Eliminación de residuos de caucho

8.1 GENERALIDADES

8.1.1 Los residuos de caucho, depositados en la zona de toma de contacto por los neumáticos de los aviones que aterrizan, obliteran las señales de pista y, cuando están mojados, forman un área sumamente resbaladiza en la superficie. Los residuos de caucho se eliminan por los siguientes métodos:

- a) disolventes químicos;
- b) chorro de agua a alta presión;
- c) disolventes químicos y chorro de agua a alta presión; y
- d) aire comprimido caliente.

8.1.2 Al evaluar la eficacia de un sistema de eliminación de residuos de caucho, debe entenderse claramente cuál es su objetivo, es decir, restaurar en la superficie de la pista un coeficiente de rozamiento en condiciones húmedas, que facilite las operaciones seguras de todos los aviones. El cambio de color de la superficie, por ejemplo, de blanco a gris en el hormigón de cemento portland, puede inducir a graves errores, porque incluso una pequeña cantidad de residuos de caucho en los poros del pavimento puede producir bajos valores del coeficiente de rozamiento, aunque la superficie se vea limpia. Por consiguiente, es esencial medir el grado de mejora del rozamiento por medio de un dispositivo fiable de medición del rozamiento.

8.1.3 En la mayoría de los casos, el chorro de agua a alta presión es bastante eficaz en áreas ligeramente contaminadas, pero su eficacia disminuye según aumenta el espesor de los contaminantes. Este tipo de limpieza puede requerirse dos veces al año, dependiendo del tipo y del volumen de tránsito. Una práctica moderna consiste en disolver los residuos de caucho con disolventes químicos, acción a la que sigue un lavado a fondo con agua a alta presión.

8.1.4 A fin de determinar la cantidad de caucho que es necesario eliminar del pavimento para proporcionar una superficie en condiciones aceptables, se recomienda emplear un área de ensayo para determinar previamente la presión del agua y la velocidad de recorrido requerida a fin de producir una superficie aceptable. Se ha observado que la productividad del chorro de agua a alta presión en condiciones normales de

trabajo es de 278 m² por hora y por equipo. El llenado de un tanque de agua normal lleva dos horas aproximadamente en cada turno de ocho horas. Por consiguiente, una zona de toma de contacto de 900 × 24 m necesitaría aproximadamente 100 horas de trabajo por equipo.

8.1.5 La técnica de aire comprimido caliente se vale de gases a temperatura elevada para quemar los residuos de caucho que dejan los neumáticos de los aviones, y puede utilizarse tanto en pistas de pavimento de hormigón de cemento portland como en las de hormigón asfáltico. Se ha sostenido que, toda vez que no tiene lugar ninguna acción mecánica sobre la superficie de la pista, no hay mayor riesgo de que el material de pavimentación se desprenda y dé lugar a una absorción de cuerpos extraños por los motores. Sin embargo, al utilizar esta técnica en pistas de hormigón asfáltico, se debe proceder con prudencia y observar cuidadosamente el estado del pavimento.

8.2 REMOCIÓN POR MEDIOS QUÍMICOS

8.2.1 Los disolventes químicos se han utilizado con éxito para quitar depósitos de caucho de las pistas de cemento portland y de hormigón asfáltico. Los productos químicos que tienen una base de ácido cresílico (derivado de la creosota) y una mezcla de benceno, con un detergente sintético como agente humectante se usan para la remoción del caucho depositado en las pistas de hormigón. Para las pistas de asfalto se aplican productos químicos alcalinos.

8.2.2 La naturaleza volátil y tóxica de los compuestos utilizados para la limpieza obliga a emplear un CUIDADO EXTREMO durante la aplicación y después de la misma. Si se permite que el producto químico permanezca depositado sobre la pista durante un tiempo demasiado largo, pueden producirse daños en la pintura y posiblemente también en la superficie del pavimento. Cuando se lava la superficie del pavimento con una descarga de agua para quitar los productos químicos, éstos deben quedar tan diluidos que no puedan dañar a la vegetación circundante, la fauna o al sistema de drenaje, ni contaminar los arroyos cercanos.

8.2.3 Dado que el proceso de aplicación consiste en regar la solución química sobre el área contaminada y esperar un

lapso de una hora antes de limpiar con agua y barrer, es posible que para tratar una zona de toma de contacto de $900\text{ m} \times 24\text{ m}$ pueda necesitarse un turno de ocho horas. Un método moderno para la remoción de los residuos de caucho de la superficie del pavimento consiste en aplicar disolventes químicos y después hacer una limpieza a fondo con agua a alta presión.

8.3 REMOCIÓN POR MEDIOS MECÁNICOS

8.3.1 *Limpieza con chorro de agua a alta presión.* El equipo varía desde una simple boquilla (o pistola) de manejo manual, con una bomba y un tanque de agua, hasta un complicado semirremolque autopropulsado, con bomba, tanque de agua de 22 700 L de capacidad y chorro oscilante de agua a

alta presión (véase la Figura 8-1). En general, se aplican presiones entre 350 kg/cm^2 y 700 kg/cm^2 .

8.3.2 *Limpieza con aire comprimido caliente.* La máquina alimenta una mezcla de aire y de gas a una cámara de combustión donde tiene lugar ésta. El chorro de escape resultante sale despedido a unos 400 m/s de los orificios, a una temperatura aproximada de $1\ 200^\circ\text{C}$, directamente sobre la superficie. Estos gases ablandan y desprenden los residuos de caucho. Cuando se usa una máquina de limpieza con aire comprimido caliente en la superficie de hormigón, se produce una pequeña cantidad de carbono que puede quitarse con una sencilla barredora montada en un tractor o camión, del tipo disponible en la mayoría de los aeropuertos; en el caso de las superficies de hormigón asfáltico el efecto correspondiente es una superficie ligeramente remozada del asfalto que, al parecer, resulta conveniente.

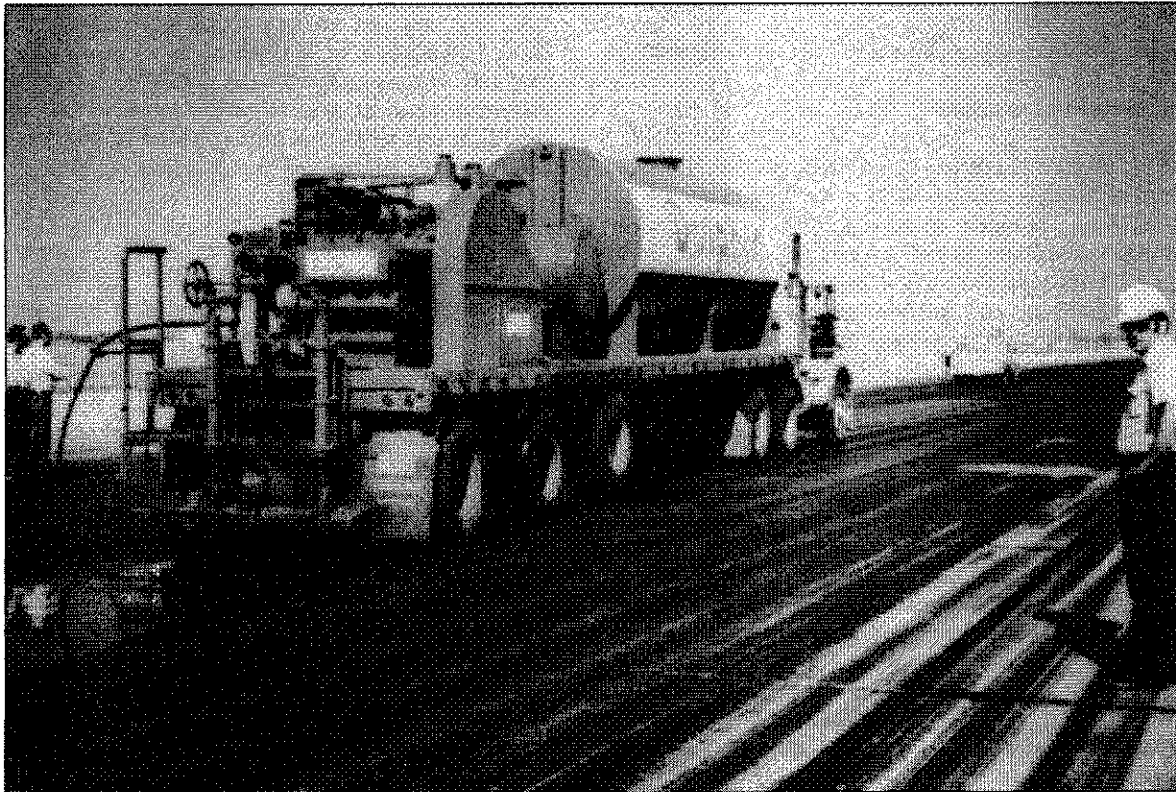


Figura 8-1. Vehículo que emite un chorro de agua oscilante a alta presión

Capítulo 9

Eliminación de residuos de aceite y de grasa

9.1 GENERALIDADES

9.1.1 Los depósitos de estas materias pueden absorberse con trapos, serrín, arena, etc., y fregarse luego con un detergente utilizando una barredora mecánica de cepillo cilíndrico giratorio. Es probable que se deban eliminar las partes deterioradas de las áreas de asfalto impregnadas con aceite, para poder reparar o revestir satisfactoriamente la superficie.

9.1.2 Las áreas impregnadas de aceite, o manchadas del mismo, sobre la superficie de hormigón, se lavan para quitar las materias incrustadas empleando un compuesto detergente de metasilicato de sodio y jabón resinoso, aplicado con agua y barrido con una barredora mecánica. Los residuos de sustancias perjudiciales sueltos se barren con agua. Para los pavimentos de hormigón asfáltico se emplea una materia absorbente o secante, por ejemplo, serrín o arena en combinación con un desengrasador alcalino en polvo.

Capítulo 10

Eliminación de detritos

10.1 GENERALIDADES

10.1.1 En las especificaciones del Anexo 14, Volumen I, se requiere que las superficies de las plataformas, calles de rodaje y pistas se mantengan despejadas de detritos u otros objetos que puedan ocasionar daños a los aviones o a los motores o hacer imposible el funcionamiento de los sistemas del avión. Los motores de turbina son sumamente susceptibles a los daños como consecuencia de la absorción de objetos extraños. Son también vulnerables otros componentes de los aviones, y los explotadores siguen notificando incidentes de hélices fracturadas por piedras u otras materias sueltas lanzadas o despedidas por los torbellinos de las hélices, los chorros de los reactores o incluso las propias ruedas.

10.1.2 Aunque el daño a los aviones se asocia a la absorción de los motores, también constituyen un aspecto importante del problema general los considerables daños a los neumáticos. Los cortes o reventones resultantes del contacto con objetos afilados, juntas no tratadas o bordes del pavimento en mal estado, son los elementos causantes de la duración reducida de los neumáticos, y a causa de ello los neumáticos de los aviones han de desecharse prematuramente. Preocupa particularmente el caso de fallas de neumáticos durante el recorrido de despegue, y el consiguiente riesgo de falla, a causa de su sobrecarga, con lo que se ocasiona un despegue interrumpido.

10.1.3 Los detritos constituyen un posible riesgo para la seguridad de las operaciones y a causa de ello, en el pasado, ha habido casos en que los aviones han tenido que interrumpir despegues o ejecutar aterrizajes de emergencia. Aparte del aspecto de seguridad, la sustitución imprevista de piezas averiadas impone a los explotadores gastos importantes.

10.1.4 Con la introducción de los nuevos tipos de aeronaves, con sus motores instalados más cerca del suelo, se ha agravado el problema. Por lo tanto, la limpieza de toda la superficie del aeropuerto debería ser objeto de constante preocupación y requiere atención por parte de las autoridades del aeropuerto.

10.1.5 Basándose en la experiencia adquirida en las operaciones, no deberían perderse de vista algunos de los aspectos siguientes en la elaboración de un programa adecuado

que tenga por objeto conseguir y mantener el grado necesario de limpieza de las áreas en cuestión.

10.1.6 La experiencia adquirida con los aviones de motores de turbina pone de relieve que una de las medidas más eficaces para reducir al mínimo el problema que plantean los citados residuos perjudiciales en las áreas de maniobra, es la inspección y barrido frecuentes, e incluso la utilización de equipo de barrido con accesorios magnéticos. En los casos en que los aviones operan en una extensa red de rutas, resulta a veces difícil señalar con precisión el lugar donde ha ocurrido el daño, pero hay menos probabilidad que se experimente este problema en los aeropuertos en que se sabe que se practica regularmente la inspección y el barrido.

10.1.7 Las inspecciones regulares efectuadas por un funcionario del aeropuerto, junto con un representante designado de los explotadores, constituye ya un procedimiento aceptado en muchos aeropuertos, y esto puede constituir la base de los informes regulares de inspección de aeropuerto que atestigüen la eficacia del programa de limpieza. Los arreglos para tales inspecciones conjuntas (que deberían permitir el acceso a todas las áreas de operaciones, incluso pistas y calles de rodaje, así como al área inmediata a la plataforma), y la preparación de un formulario de notificación apropiado, pueden llevarse a cabo en consulta con un representante de los explotadores. En un Estado se ha utilizado este procedimiento para establecer un programa de prioridades y de frecuencia de barrido, que comprende un análisis de los detritos para determinar su origen. De este modo, pueden determinarse las áreas en que sea más probable que existan e incrementar las operaciones de barrido de las mismas. Cuando pueda determinarse el origen de los detritos, también pueden tomarse medidas correctoras con respecto a los causantes. En relación con este programa, se utiliza también un plano del área pavimentada, en el que ésta se subdivide en cuadrículas de dimensiones adecuadas, 20 m x 20 m, para facilitar con precisión la ubicación de los detritos encontrados.

10.1.8 Una posible causa de la existencia de detritos, especialmente en las plataformas, la constituyen, evidentemente, las actividades de los propios explotadores como consecuencia del manejo y mantenimiento de sus aviones. El personal de las empresas de transporte aéreo recibe instrucciones y se les recuerda periódicamente la necesidad de limpiar las plataformas, pero las autoridades de los aeropuertos

pueden también ayudar a este respecto asegurándose de que se facilitan en cantidad suficiente, y se utilizan, recipientes adecuados, con tapas para basuras y otros desperdicios. Deberían también estar provistos de tales recipientes todos los vehículos que se utilicen con carácter ordinario en el área de maniobras, quienquiera que sea su propietario.

10.1.9 Otros usuarios de las plataformas, tales como los proveedores de víveres de los aviones, suministradores de combustibles, agentes expedidores y de manejo de la carga, no se hallan sometidos a la supervisión directa de los explotadores. Las autoridades del aeropuerto deberían verificar que los que intervienen en el suministro de tales servicios también toman medidas para instruir debidamente a su personal respecto a la eliminación de basuras y de otros desechos. La utilización generalizada de sacos y hojas de polieteno por parte del personal de los servicios de provisiones y de mantenimiento de los aviones, así como para protección temporal de mercancías o componentes contra la intemperie, aumentan considerablemente la posibilidad de absorción por los motores de este tipo de materiales. Como consecuencia directa de ello han ocurrido averías. La arena utilizada para limpiar en las plataformas los derrames de combustible y aceite es también otra posible causa de daños a los motores de turbina y a las hélices, y debería retirarse actualmente e inmediatamente después de ser utilizada.

10.1.10 Las áreas de carga, debido a la propia naturaleza de las operaciones en ellas efectuadas, son especialmente susceptibles a que se depositen en ellas zunchos clavos, papel y madera, que puedan haberse desprendido de jaulas de embalaje o de otros envases durante la manipulación de mercancías. Otro equipo que se ha encontrado en las áreas de carga son anillas desprendidas de las redes de sujeción de mercancías, tensores sueltos y grandes hojas de polieteno. Según el grado en que los agentes expedidores actúen en estas áreas, las autoridades del aeropuerto deberían exigirles que asuman la parte de la responsabilidad que les corresponde para mantenerlas en buenas condiciones. En los casos en que se lleven a cabo frecuentemente actividades de noche, es necesario disponer de buena iluminación para que estas áreas puedan mantenerse limpias.

10.1.11 En las calles de rodaje, áreas de desviación y apartaderos de espera, y en las propias pistas, la presencia de piedras y otros detritos, como consecuencia de la erosión de áreas adyacentes, puede constituir un problema, y en el *Manual de diseño de aeródromos* (Doc 9157), Parte 2, se presenta orientación sobre medidas preventivas, incluso sobre el acabado con una capa cohesiva de los márgenes laterales de pistas y de calles de rodaje. La necesidad de este acabado ha adquirido más importancia como consecuencia de la puesta en servicio de aviones de reacción grandes, con mucha distancia de voladizo de los motores. Hasta que se traten adecuadamente con una capa cohesiva los márgenes laterales de pistas y de calles de rodaje, es preciso tener cuidado para asegurarse de que la vegetación y el césped no constituyen un problema de absorción para los motores en voladizo. Además, las áreas inmediatamente adyacentes a las superficies pavimentadas y a

las tratadas con una capa cohesiva, deberían también ser objeto de inspección y atención regular para asegurarse de que no existen materias sueltas que puedan posteriormente desplazarse a otras áreas críticas.

10.1.12 Otra posibilidad es el deterioro de la propia superficie de rodadura, que da por resultado la presencia de arena suelta, fragmentos de hormigón y de asfalto, y si las juntas de hormigón no se han llenado adecuadamente, constituyen puntos excelentes para atrapar detritos. Deberían llenarse tales juntas para poder efectuarse un barrido eficaz. También hay indicios de que el keroseno que se derrama en las calles de rodaje y pistas de asfalto, por los respiraderos de los depósitos de combustible de los aviones en movimiento, puede dar lugar al deterioro de la superficie y a problemas de absorción de los motores. Estas áreas deberían inspeccionarse frecuentemente y repararse pronto, siempre que sea necesario, para evitar daños mayores al pavimento.

10.1.13 La arena y los materiales arenosos que se emplean en las superficies heladas de las pistas para mejorar la eficacia del frenado forman un tipo de desechos, que debería eliminarse tan pronto como sea posible después de que dejen de ser necesarios. Igualmente, la nieve fundente que contiene arena, materiales arenosos y pedazos de hielo es un tipo de materia que debería eliminarse del pavimento lo antes posible.

10.1.14 Cuando se estén llevando a cabo trabajos de construcción en los aeródromos, las autoridades deberían, de ser posible, prohibir que los vehículos de los contratistas utilicen las áreas de maniobras, o por lo menos reducir al mínimo su utilización, haciendo que circulen por vías de paso señaladas, especialmente cuando dichos vehículos se dediquen al transporte de materiales que con frecuencia se derraman, tales como desechos de construcción, grava y material de relleno. La tierra y piedras que se adhieren a las ruedas de tales vehículos también pueden desprenderse y crear subsiguientemente un peligro para los aviones que utilicen las mismas áreas. Cuando se lleve a cabo la construcción de edificios en las cercanías de las áreas de maniobras, es importante que se prevea alguna forma de protección, para impedir que los vientos fuertes o los chorros de los reactores lancen arena y piedras de pequeñas dimensiones hacia el área de maniobras. Después de completarse las obras, el contratista debe quitar **todos** los escombros de las áreas circundantes.

10.2 EQUIPO PARA LA REMOCIÓN DE DETRITOS

10.2.1 Las autoridades de los aeropuertos de las distintas partes del mundo han desarrollado diferentes métodos para proporcionar pavimentos limpios en los aeropuertos. Generalmente, la eliminación de detritos se efectúa utilizando unidades mecánicas que operan sobre los pavimentos que deben limpiarse, tales como escobas rotativas mecánicas y aspiradoras o barredoras de aire comprimido.

10.2.2 *Remolque con escoba magnética.* Este elemento es un vehículo de dos ruedas que se remolca en las pistas para recoger por medios magnéticos los objetos metálicos sueltos que se encuentran en la superficie. Una serie de imanes permanentes está montada en una barra en la que se han fijado segmentos de cepillos. Se hace descender la barra a la posición que permite a los cepillos barrer el suelo y los imanes atraen los objetos metálicos, retirándolos de la superficie del pavimento. Parecería, sin embargo, que las barredoras mecánicas son más eficaces para retirar estos objetos de la superficie.

10.2.3 Las barredoras mecánicas deberían tener características tales que con cada pasada de la unidad, a la velocidad requerida, se recoja el máximo posible de detritos. Por ejemplo, se ha logrado recoger en una sola pasada, a velocidades de más de 16 km/h, el 98% de la arena fina dispersa sobre las superficies de la pista. Para los materiales metálicos pequeños, de origen ferroso, los remolques magnéticos pueden alcanzar una eficiencia de un 100% en una pasada a la velocidad requerida. Es conveniente que las unidades mecánicas de recogida de detritos que deben trabajar sobre las secciones "activas" del área de movimiento, tengan la capacidad de operar a alta velocidad, a fin de causar el mínimo de interferencia en las operaciones de los aviones. Algunas unidades barredoras modernas montadas en camiones pueden barrer a velocidades hasta de 40 km/h. Sin embargo, una característica general de las unidades mecánicas es que su eficiencia de recogida decrece de manera significativa al aumentar su velocidad.

10.3 PRUEBAS DE BARREDORAS

10.3.1 Las barredoras deberían pasar regularmente una prueba de rendimiento. A continuación se presenta una descripción de las prácticas de un Estado en relación con esta prueba:

- a) Se elige un área plana de hormigón asfáltico liso y se marca una sección de 6 m x 2 m sobre la superficie.
- b) Se prepara una mezcla de 0,45 kg compuesta de partes iguales de cada uno de los materiales (secos) especificados como gravilla media/fina, arena gruesa y arena media/fina.

1) *Gravilla media/fina* — el grueso de este material es tal que el 100% del mismo deberá pasar por un tamiz de 9,5 mm, y no más del 2% debe pasar por un tamiz de 2,4 mm.

2) *Arena gruesa* — el grueso de este material es tal que el 100% del mismo deberá pasar por un tamiz de 2,4 mm y ninguna partícula pasará por un tamiz de 0,6 mm.

3) *Arena media/fina* — el grueso de este material es tal que el 100% del mismo deberá pasar por un tamiz de 0,6 mm y ninguna partícula pasará por un tamiz de 0,3 mm.

c) Se obtienen ocho piedras de forma esférica de 50 mm de diámetro y los siguientes objetos: un clavo de 6 cm, rodamiento de bolas de acero de 12 mm de diámetro, una pieza de aluminio de 50 mm de un espesor de 1,2 mm, y una tuerca de 12 mm.

d) Se esparce la mezcla de gravilla media/fina, arena gruesa y arena media/fina de modo uniforme sobre el área de prueba. A lo largo de una diagonal del área de prueba se colocan las ocho piedras espaciadas uniformemente y a lo largo de la otra diagonal se colocan el clavo, el rodamiento de bolas de acero, el cuadrado de aluminio y el tornillo, colocados también de modo equidistante.

e) La barredora deberá funcionar normalmente y al pasar sobre el área preparada para la prueba, a una velocidad de 16 km/h, deberá recoger y retener el 98% de la arena y la gravilla y el 100% de las piedras y los objetos diversos.

10.3.2 En el caso de que la barredora falle la prueba de rendimiento, deben tomarse medidas para restaurar dicha barredora a un nivel aceptable de actuación operacional. La frecuencia de las pruebas de las barredoras dependerá mayormente de la utilización de la unidad. Comúnmente dichas pruebas se efectúan una vez por semana.

Apéndice 1

Método para determinar el nivel mínimo de rozamiento

1. Tradicionalmente, la expresión “nivel mínimo de rozamiento” (MFL) se relaciona con el criterio de asegurar la operación segura de los aviones en pistas mojadas. En el método descrito en esta parte se intenta resolver de forma razonable el problema de determinar el MFL estableciéndose la equivalencia entre el “MFL” en pista mojada y la eficacia de aterrizaje del avión en condiciones mojadas definida por la Administración Federal de Aviación (FAA) en una longitud mojada del campo de aterrizaje.

2. La longitud del campo de aterrizaje para condiciones secas, en el caso de un avión, se determina durante los ensayos de frenado para la certificación que se llevan a cabo en superficies secas de la pista según lo indicado en la Figura A1-1. Para operaciones en pistas mojadas, la longitud del campo de aterrizaje aumenta en un 15%. De esta forma, puede observarse que los tres tramos de la distancia de aterrizaje para condiciones secas de la certificación de aviones — distancia en el aire, distancia de transición y distancia de frenado — se multiplican por los dos factores $1,667 \times 1,15 = 1,92$ para obtener la longitud

del campo de aterrizaje del avión en condiciones mojadas. En realidad, el reglamento federal de aviación (FAR) permite que el coeficiente de rozamiento para frenado en pista mojada correspondiente al avión disminuya aproximadamente en la mitad del coeficiente de rozamiento para frenado en pista seca, es decir, una relación de 1,92 de la distancia de parada al frenar, pasando de condiciones mojadas a condiciones secas.

3. En la Figura A1-2 se indica la variación de la relación de distancias de detención al frenar, de pista mojada a pista seca, con un coeficiente promedio para el rozamiento al frenar en pista mojada, respecto a aviones de transporte de reacción ordinarios de fuselaje estrecho y dos motores y a aviones de transporte de reacción de fuselaje ancho y tres motores. Las curvas de la Figura A1-2 indican que la aplicación de la mitad del MU-EFF en pista seca lleva a una relación de la distancia de detención al frenar, de pista mojada a pista seca (SDR) igual a 1,68 para aviones de transporte de reacción de dos motores e igual a 1,77 para aviones de transporte de reacción de tres motores. Debe señalarse que estas relaciones SDR son

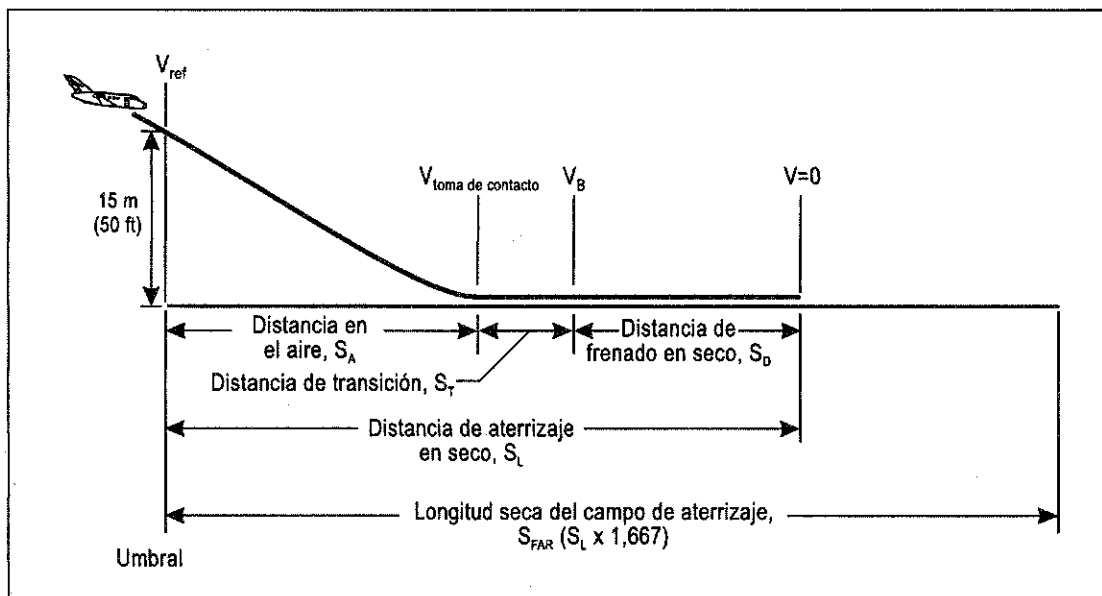
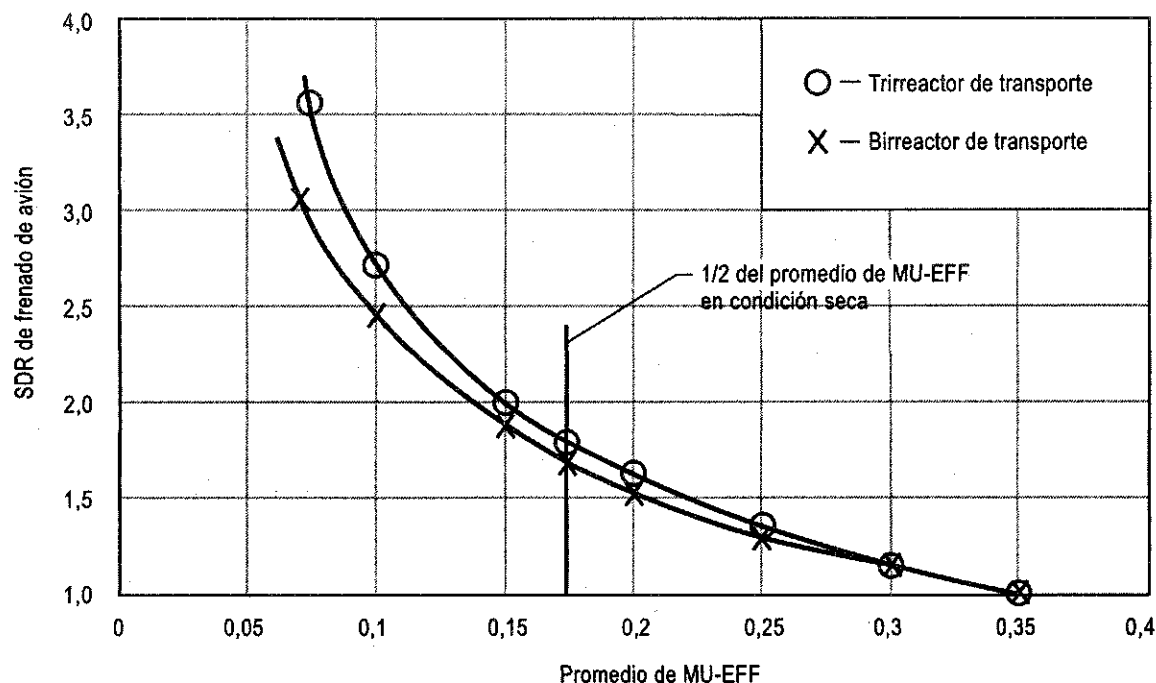


Figura A1-1. Terminología para aterrizaje del avión



Ecuación de correlación SDR de avión Antvik/promedio de MU-EFF:

$$SDR = A/MU-EFF + B/MU-EFF^2 + C/MU-EFF^3 + D/MU-EFF^4 + E/MU-EFF^5$$

A = +0,447126	A = +0,411922
B = -4,29469E-2	B = -2,6458E-2
C = +4,05005E-3	C = +2,05336E-3
D = -2,34017E-4	D = -1,01815E-4
E = +5,61025E-5	E = +2,22342E-5

Figura A1-2. Relación de distancia de detención del avión al frenar de condición mojada/seca en función del promedio de MU-EFF (no se aplica el empuje inverso del motor durante el aterrizaje)

inferiores al valor de 1,92, debido al influjo de la resistencia aerodinámica, al avance del avión y al influjo de la resistencia de rodadura de los neumáticos, así como al frenado de las ruedas, respecto a cada uno de los valores de eficacia de detención del avión. Los valores mínimos del rozamiento en pistas mojadas asignados actualmente al equipo de medición del rozamiento en la pista se seleccionaron basándose principalmente en la experiencia y en algunos ensayos del rozamiento en las pistas. Cuando se seleccionaron estos valores del rozamiento, no existía ningún método para determinar si estas cifras llevarían a valores superiores o inferiores de las relaciones SDR de frenado de los aviones, de condiciones mojadas a secas, respecto a los obtenidos aplicando la mitad del promedio de MU-EFF al frenar en pistas secas.

4. En este método propuesto se utiliza la teoría de hidrodinámico combinado viscoso/dinámico de la NASA para transformar las cifras MFL del medidor del rozamiento en la pista

en valores equivalentes MU-EFF de frenado del avión, de forma que pueda calcularse un MU-EFF promedio de frenado en pistas mojadas. Este valor MU-EFF calculado, basado en el MFL del medidor del rozamiento en la pista, se incorpora a la Figura A1-2 para determinar si el valor MFL del medidor del rozamiento es o no un valor prudente, en función de la eficacia de detención del avión.

Procedimiento de cálculo

5. La teoría de hidrodinámico combinado viscoso/dinámico de la NASA corresponde a las referencias 1 y 3 al final de este apéndice y sugiere que los valores de las curvas de rozamiento/velocidad obtenidas en pavimentos mojados con neumáticos de diversos tamaños, con diversos compuestos de caucho en la banda de rodadura y con diversas presiones de inflado, pueden normalizarse utilizando relaciones no dimensionales para el

rozamiento (MU/MU-ULT) y para la velocidad (V/VC). Aplicando este enfoque, se han obtenido las siguientes ecuaciones para estimar el coeficiente efectivo de frenado del avión (MU-EFF) obtenido en pistas mojadas, inundadas, o cubiertas de nieve fundente, a partir de ensayos con un medidor del rozamiento en la pista.

6. Ecuaciones de correlación en pistas mojadas

Valor (MU-MAX)_A previsto para neumáticos del avión:

$$(MU-MAX)_A = (MU_T) (MU-ULT)_A / (MU-ULT)_T \quad (1)$$

Valor (MU-EFF)_A previsto de frenado del avión:

$$(MU-EFF)_A = 0,2(MU-MAX)_A + 0,7143(MU-MAX)_A^2 \quad (2)$$

Valor (V)_A previsto de la velocidad del avión:

$$(V)_A = (V)_T (VC)_A / (VC)_T \quad (3)$$

Valor (VC) de la velocidad característica de hidroplaneo:

$$(VC)_A \text{ del avión} = 6,35 \sqrt{P}, \text{ m/h;}$$

P = presión del neumático en kPa (4)

El valor (VC)_T del medidor debe determinarse a partir de ensayos experimentales en pavimentos inundados (Tabla A1-1)

Valor (MU-ULT) del coeficiente de rozamiento característico:

$$(MU-ULT)_A \text{ del avión} = 0,93 - 0,0001596(P_A) \quad (5)$$

Medidor:

El valor de (MU-ULT)_T debe determinarse a partir de ensayos experimentales a baja velocidad (1,6-3,2 km/h) en pavimentos secos (Tabla A1-1)

(MU)_T obtenido a partir de datos en pista mojada del medidor del rozamiento

Velocidad de ensayo del medidor del rozamiento (V)_T para obtener (MU)_T

Presión de inflado del neumático del avión P_A, kPa

Subíndices: A = avión; T = medidor del rozamiento en la pista

7. *Ejemplo de cálculo.* El nivel mínimo de rozamiento (MFL) para un medidor del rozamiento en la pista es de 0,5 a una velocidad de 65 km/h y de 0,41 a una velocidad de 95 km/h (véase la referencia 4 al final de este apéndice). En el siguiente procedimiento por etapas se transforman estos valores del rozamiento y de la velocidad en valores MU-EFF equivalentes y en valores de la velocidad para aviones de transporte de reacción de dos motores según lo indicado en la Figura A1-2. Se obtendrá el promedio de los valores MU-EFF en una gama de velocidades de frenado del avión de 0-278 km/h (0-150 kt), para obtener un valor correspondiente a este avión que pueda utilizarse en la Figura A1-2 para

deducir su SDR de frenado, que seguidamente podría compararse con el SDR obtenido a base de aplicar la mitad del MU-EFF del avión en pista seca. Por consiguiente, se hace posible determinar si los valores MFL del medidor del rozamiento a velocidades de ensayo de 65 km/h y de 95 km/h son o no prudentes respecto a aviones de reacción de transporte de dos motores que aterrizan en pistas mojadas.

Etapas 1. Utilícese la ecuación (1) y la Tabla A1-1 para calcular los valores (MU-MAX)_A para este avión, a las dos velocidades de ensayo del medidor del rozamiento de 65 km/h y de 95 km/h.

$$\text{Para 65 km/h: } (MU-MAX)_A = 0,5(0,76)/1,0 = 0,38$$

$$\text{Para 95 km/h: } (MU-MAX)_A = 0,41(0,76)/1,0 = 0,312$$

Nota.— Los valores (MU-MAX)_A anteriores indican los máximos coeficientes de rozamiento disponibles en pista mojada para neumáticos de avión sin frenar, correspondientes a este nivel mínimo de rozamiento en pistas mojadas.

Etapas 2. Utilícese la ecuación (2) para calcular los valores MU-EFF correspondientes a este avión, a las dos velocidades de ensayo del medidor del rozamiento.

$$\text{Para 65 km/h: } (MU-EFF)_A = 0,2(0,38) + 0,7143(0,38)^2 = 0,179$$

$$\text{Para 95 km/h: } (MU-EFF)_A = 0,2(0,312) + 0,7143(0,312)^2 = 0,132$$

Etapas 3. Utilícese la ecuación (3) y la Tabla A1-1 para calcular las velocidades equivalentes del avión, correspondientes a las velocidades de ensayo del medidor del rozamiento de 65 km/h y de 95 km/h.

$$\text{Para 65 km/h: } (V)_A = 65(207,5)/91,2 = 147,9 \text{ km/h}$$

$$\text{Para 95 km/h: } (V)_A = 95(207,5)/91,2 = 216,15 \text{ km/h}$$

Etapas 4. Utilícese la ecuación de regresión lineal (MU-EFF)_A = m(V)_A + b y los valores (MU-EFF)_A y (V)_A obtenidos en las etapas 2 y 3 para construir y resolver las ecuaciones simultáneas.

$$0,179 = 147,9 m + b$$

$$0,132 = 216,15 m + b$$

$$m = (0,179 - 0,132)/(147,9 - 216,15)$$

$$m = 0,00068$$

$$b = 0,179 - 147,9(0,00068)$$

$$b = 0,280$$

$$(MU-EFF)_A = 0,280 - 0,00068(V)_A \quad (6)$$

El valor MU-EFF promedio elaborado durante un aterrizaje con frenos a partir de una velocidad de aplicación del freno de V_B ocurre a la velocidad V_B/√2 o de 196 km/h (106 kt) para V_B = 278 km/h (150 kt). Utilícese la ecuación (6) para obtener el valor MU-EFF promedio estimado correspondiente a la velocidad (V)_A = 196 km/h (106 kt).

$$(MU-EFF)_A = 0,280 - 0,00068(196) = 0,1468$$

MU-EFF promedio en condiciones mojadas = 0,1468

Etapa 5. Con estos valores se va a la Figura A1-2 y se encuentra la relación prevista de distancias de detención, de condiciones mojadas a condiciones secas de la pista, en la curva correspondiente a aviones de transporte de reacción de dos motores, para un valor MU-EFF promedio en condiciones mojadas = 0,1468, o se utiliza la ecuación de correlación Antvik de la Figura A1-2.

$$\begin{aligned} SDR &= 0,447126/0,1468 - 4,29469E-2/0,1468^2 \\ &+ 4,05005E-3/0,1468^3 - 2,34017E-4/0,1468^4 \\ &+ 5,61025E-5/0,1468^5 \end{aligned}$$

$$SDR = 1,91$$

Este valor SDR (1,91) se compara con el SDR del avión, de pista mojada a pista seca (1,68) (a partir de la Figura A1-2) y esto demuestra que los valores MFL del medidor del rozamiento en pista mojada son valores razonables en el caso del medidor Law del rozamiento en la pista.

Observaciones finales. Se efectúan cálculos análogos para velocidades de aplicación de los frenos de 278 km/h (150 kt), 259 km/h (140 kt), 241 km/h (130 kt) y 222 km/h (120 kt) tanto para aviones de transporte de reacción de dos motores, como de tres motores, aplicándose el método MFL. Los resultados se muestran en la Tabla A1-2. Estos cálculos sugieren que la velocidad de aplicación de los frenos de 278 km/h (150 kt) representan mejor el despegue interrumpido a una

velocidad cercana a V_1 , mientras que las velocidades de aplicación de los frenos inferiores representan mejor las condiciones ordinarias de aterrizaje de los aviones. Puede observarse a partir de la Tabla A1-2 que las velocidades inferiores de aplicación de los frenos muestran una concordancia mejor entre el SDR estimado (método MFL) y el SDR real de frenado del avión, relación de pista mojada a pista seca, que en el caso correspondiente a la velocidad de aplicación de los frenos de 278 km/h (150 kt).

REFERENCIAS

1. Horne, Walter B. "Status of Runway Slipperiness Research", Transportation Research Record 624, Second International Skid Conference, Columbus, Ohio, 1977, páginas 95 a 121.
2. Horne, W.B. "Correlation Between Aircraft/Ground Vehicle Runway Friction Measurements". Prepared for Air Line Pilots Association International.
3. Horne, W.B. and F. Buhlmann "A Method for Rating the Skid Resistance and Micro/Macrotexture Characteristics of Wet Pavements". Frictional Interaction of Tire and Pavement, ASTM STP 793, 1983, páginas 181 a 218.
4. Anon. "Measurement, Construction, and Maintenance of Skid Resistant Airport Pavement Surfaces". FAA Advisory Circular 150/5320-12B.

Tabla A1-1. Condiciones del medidor de rozamiento/ neumático de frenado de avión

Dispositivo de medición del rozamiento/avión	Presión del neumático de ensayo (kPa)	Coefficiente característico de rozamiento (MU-ULT)	Velocidad característica de hidroplaneo VC (km/h)
Medidor del rozamiento en la pista	207	1,0	91,2
Medidor del rozamiento en la superficie	207	1,1	91,2
Deslizómetro	207	1,15	91,2
Medidor del valor Mu	69	1,1	80,5
Avión de transporte de reacción de 2 motores	1 069	0,76	207,5
Avión de transporte de reacción de 3 motores	1 207	0,738	220,5

Tabla A1-2. Influjo de la velocidad de aplicación de los frenos en la relación de distancias reales y estimadas de detención de condición mojada a seca al frenar el avión y utilizando el método MFL

Velocidad de aplicación de los frenos (km/h (kt))	*MU-EFF de avión estimado con RFT	*SDR de avión (mojado/seco) estimado con RFT	**SDR de avión (mojado/seco) calculado	Tipo de avión
278 (150)	0,1467	1,91	1,63	Birreactor de transporte
259 (140)	0,1552	1,84	1,73	
241 (130)	0,1637	1,77	1,76	
222 (120)	0,1722	1,71	1,78	
(150)	0,1469	2,04	1,76	Trirreactor de transporte
(140)	0,1547	1,96	1,80	
(130)	0,1624	1,89	1,83	
(120)	0,1702	1,82	1,86	

* Método MFL.

** Utilizando promedio de MU-EFF en mojado = $\frac{1}{2}$ de promedio de MU-EFF en seco.

Apéndice 2

Procedimientos para realizar inspecciones visuales del mantenimiento de las pistas en los aeropuertos que prestan servicios a operaciones de aviones de turborreacción en los que no se dispone de equipo de medición del rozamiento

PROCEDIMIENTOS DE ANÁLISIS DEL ROZAMIENTO

1. Cuando en el aeropuerto no se dispone de equipo de medición del rozamiento, el explotador debe realizar inspecciones visuales periódicas de las condiciones de mantenimiento para asegurarse de que las condiciones de la superficie del pavimento son aceptables para las operaciones de los aviones. El explotador debe procurar que todos los vehículos que se utilicen en las inspecciones visuales estén dotados de equipo adecuado de comunicaciones en las frecuencias adecuadas. De esta forma se garantiza que el personal de operaciones del aeropuerto en instalaciones y servicios, con control y sin control de tránsito, pueda estar a la escucha en las frecuencias terrestres apropiadas de asesoramiento, de control y del aeropuerto. En las inspecciones visuales de mantenimiento deben seguirse los siguientes procedimientos.

2. *Periodicidad de las inspecciones visuales de las pistas.* En todos los aeropuertos que prestan servicios a operaciones de aviones de turborreacción deben realizarse periódicamente inspecciones visuales de las pistas para asegurar que el rozamiento de la superficie del pavimento de pistas mojadas no disminuye a valores por debajo de los niveles mínimos recomendados. En la Tabla A2-1 que puede utilizarse como guía para programar las inspecciones visuales de las pistas, se proporciona la periodicidad propuesta de realización de análisis del rozamiento, basándose en el número de operaciones diarias de los aviones de turborreacción en cada extremo de las pistas.

3. *Inspección anual de las condiciones de la superficie de los pavimentos.* Durante la realización de inspecciones visuales de la pista, se debe dejar constancia de la condición de la superficie de los pavimentos y se debe tomar nota de la amplitud y de la cantidad de cauchos acumulados en la superficie, del tipo y de la condición de la textura del pavimento, de la existencia de problemas de drenaje, de la condición del tratamiento de la superficie y de cualquier indicio de defectos

estructurales del pavimento. En la Tabla A2-2 se ilustra un procedimiento para estimar visualmente los depósitos de caucho acumulados en la zona de toma de contacto. El inspector debería tocar con la mano la superficie del pavimento en diversos lugares de la zona de toma de contacto para estimar mejor el porcentaje de depósitos de caucho que cubren la textura del pavimento. Los valores μ proporcionados en la Tabla A2-2 representan los obtenidos a base de dispositivos de medición continua del rozamiento que funcionan en el modo de relación de frenado fijo a resbalamiento. En la Tabla A2-3 se ilustra el método de codificar la condición de estrías en los pavimentos y en la Tabla A2-4 se ilustra el método de codificar el tipo de la superficie del pavimento. Se proporcionan estos códigos como método abreviado para preparar notas relativas a la condición de la superficie del pavimento.

4. *Periodicidad de las mediciones de la textura del pavimento.* Las mediciones de la profundidad de la textura del pavimento deben realizarse por lo menos tres veces al año cuando hay más de 31 llegadas diarias de aviones de turborreacción por cada extremo de la pista. Deben efectuarse por lo menos tres mediciones en cada una de las zonas de toma de contacto, de la parte central y de la parte de recorrido en tierra de la pista. Debe registrarse para cada zona el promedio de profundidad de la textura. Estas mediciones deben constituir una parte de la inspección ordinaria del aeropuerto respecto a la condición de la superficie de las pistas se hayan o no se hayan efectuado mediciones del rozamiento. Las mediciones pueden utilizarse para evaluar el deterioro de la textura de la superficie del pavimento ocasionado por acumulación de contaminantes y por el influjo que el frenado de los aviones tiene en el desgaste y en el pulimento de la superficie. En pavimentos estriados, deben efectuarse mediciones de la profundidad de la textura en zonas no estriadas tales como en las cercanías de juntas transversales o en el empujado de las luces.

5. *Medición de la textura de la superficie del pavimento.* El procedimiento que sigue es eficaz para medir la profundidad de la macrotextura de los pavimentos, pero no servirá para

medir las características de la microtextura de la superficie de los pavimentos. La profundidad de textura a lo largo de la pista debe tener un promedio mínimo de 0,625 mm si se desean buenas características antideslizantes. Para obtener un promedio de la profundidad de la textura, deben tomarse muestras representativas en toda la longitud de la superficie de la pista. El número de muestras requeridas dependerá de las variaciones de textura de la superficie. Las descripciones del equipo, el método de medición y los cálculos implicados son los siguientes:

Equipo. A la izquierda de la Figura A2-1 se muestra el tubo utilizado para medir el volumen de grasa que es de 15 cm³. A la derecha se muestra el desatascador bien ajustado que se utiliza para expulsar la grasa del tubo. En el centro se muestra la barredora de caucho utilizada para tratar la grasa en los vacíos de la superficie de la pista. La hoja de caucho en la barredora está unida con cemento a una pieza de aluminio para facilidad de uso. Puede utilizarse cualquier clase de grasa de uso general. Para ayudar a seleccionar la longitud del tubo de medición, se proporciona en la Figura A2-2 la relación entre el diámetro interior del tubo y la longitud del tubo para un volumen interior del tubo de 15 cm³. La desatascadora puede construirse con corcho o con otro material resiliente para lograr un buen ajuste en el tubo de medición.

Medición. El tubo para medir el volumen conocido de grasa está lleno hasta el tope mediante un instrumento sencillo tal como una espátula para enmasillar pero debe procurarse que no quede aire atrapado y se escuadren los extremos según se indica en la Figura A2-3. En la Figura A2-4 se ilustra una vista general del procedimiento de medición de la textura. Se colocan las líneas de cinta de enmascaramiento en la superficie del pavimento a distancias entre sí, aproximadamente de 10 cm. Se expulsa seguidamente la grasa del tubo de medición con el desatascador y se deposita entre las líneas de la cinta de enmascaramiento. Se inserta la grasa en los vacíos de la superficie de la pista con la barredora de caucho procurando que no quede grasa en la cinta de enmascaramiento ni en la barredora. Se mide seguidamente la distancia a lo largo de las líneas de la cinta de enmascaramiento y se calcula la superficie que esté cubierta de grasa.

Cálculo. Una vez calculada el área, se utilizan las ecuaciones siguientes para calcular el promedio de profundidad de textura de la superficie del pavimento.

$$\text{Profundidad de textura (cm)} = \frac{\text{Volumen de grasa (cm}^3\text{)}}{\text{Área cubierta por grasa (cm}^2\text{)}}$$

$$\text{Promedio de profundidad de textura} = \frac{\text{Suma de los ensayos}}{\text{Número total de ensayos}}$$

Tabla A2-1. Periodicidad de inspecciones visuales de la pista

<i>Llegadas diarias de aviones de turborreacción a cada extremo de la pista</i>	<i>Peso anual de aviones para extremo de pista (millones de kg)</i>	<i>Periodicidad mínima de análisis de rozamiento</i>
<i>menos de 15</i>	<i>menos de 447</i>	<i>una vez al año</i>
<i>de 16 a 30</i>	<i>de 448 a 838</i>	<i>una vez cada 6 meses</i>
<i>de 31 a 90</i>	<i>de 839 a 2 404</i>	<i>una vez cada 3 meses</i>
<i>de 91 a 150</i>	<i>de 2 405 a 3 969</i>	<i>una vez al mes</i>
<i>de 151 a 210</i>	<i>de 3 970 a 5 535</i>	<i>una vez cada 2 semanas</i>
<i>más de 210</i>	<i>más de 5 535</i>	<i>una vez por semana</i>

Nota.— Después de calcular las dos primeras columnas según los procedimientos del Apéndice 6, el explotador del aeropuerto debe seleccionar la columna con el valor más elevado y seguidamente obtener el valor apropiado en la última columna.

**Tabla A2-2. Método de inspección visual
 para estimar los depósitos de caucho acumulados en la pista**

Clasificación de la acumulación de depósitos de caucho	Porcentaje estimado de caucho que cubre la textura del pavimento en la zona de toma de contacto de la pista	Descripción del caucho que cubre la textura del pavimento en la zona de toma de contacto de la pista según observación del evaluador	Gama estimada de valores de Mu promediados en tramos de 150 m en la zona de toma de contacto	Nivel sugerido de medidas que ha de adoptar la autoridad del aeropuerto
Muy ligera	Menos del 5%	Rastros intermitentes de neumáticos; 95% de la textura de la superficie expuesta.	0,65 y más	Ninguna
Ligera	De 6 a 20%	Rastros de neumáticos empiezan a solaparse; de 80% a 94% de la textura de la superficie expuesta.	De 0,55 a 0,64	Ninguna
Ligera a media	De 21 a 40%	6 m centrales de la zona de tránsito cubiertos; de 60% a 79% de la textura de la superficie expuesta.	De 0,50 a 0,54	Vigilar de cerca el deterioro
Media	De 41 a 60%	12 m centrales de la zona de tránsito cubiertos; de 40% a 59% de la textura de la superficie expuesta.	De 0,40 a 0,49	Programar retiro de caucho en un plazo de 120 días
Media a densa	De 61 a 80%	15 pies centrales de la zona de tránsito cubiertos; de 30% a 69% de caucho vulcanizado y agarrado a la superficie del pavimento; de 20% a 39% de la textura de la superficie expuesta.	De 0,30 a 0,39	Programar retiro de caucho en un plazo de 90 días
Densa	De 81 a 95%	De 70% a 95% de caucho vulcanizado y agarrados a la superficie del pavimento; será difícil de retirar; el caucho tiene una apariencia brillante radiante; de 5% a 19% de la textura de la superficie expuesta.	De 0,20 a 0,29	Programar retiro de caucho en un plazo de 60 días
Muy densa	De 96 a 100%	Caucho completamente vulcanizado y agarrado a la superficie; será muy difícil de retirar. El caucho tiene estrías y apariencia brillante o radiante; de 0% a 4% de la textura de la superficie expuesta.	Menos de 0,19	Programar retiro de caucho en un plazo de 30 días o tan pronto como sea posible

Nota.— En cuanto a la acumulación de caucho, el explotador del aeropuerto debe tener en cuenta otros factores: el tipo y edad del pavimento, las condiciones climáticas anuales, el período del año, el número de aeronaves de ancho fuselaje que aterrizan en las pistas y la longitud de las pistas. Por consiguiente, el nivel recomendado de medidas dependerá de las condiciones del aeropuerto. La gama de valores de Mu indicada en la tabla corresponde a dispositivos de medición continua del rozamiento que funcionan en el modo de resbalamiento a frenado fijo. La gama de valores de Mu es aproximada y el explotador del aeropuerto ha de aplicarlos solamente cuando no se disponga de otros dispositivos. Si se dispone de dispositivos de medición el explotador del aeropuerto debe realizar mediciones del rozamiento en las pistas para establecer el nivel real al clasificar la acumulación de caucho.

Tabla A2-3. Codificación alfanumérica de la condición de las estrías

Tratamiento de la superficie del pavimento	Código alfa	Codificación numérica y descripción
Tipo de estrías	H	0 — Ninguno 1 — Estrías en sierra 2 — Estrías plásticas
Condición de las estrías	G	0 — Profundidad uniforme en todo el pavimento 1 — 10% de estrías no eficaces 2 — 20% de estrías no eficaces 3 — 30% de estrías no eficaces 4 — 40% de estrías no eficaces 5 — 50% de estrías no eficaces* 6 — 60% de estrías no eficaces 7 — 70% de estrías no eficaces 8 — 80% de estrías no eficaces 9 — 90% de estrías no eficaces

* Cuando se excede de este nivel el explotador del aeropuerto debe tomar medidas correctivas para mejorar la eficacia del estriado.

Tabla A2-4. Codificación alfanumérica del tipo de superficie del pavimento

Tipo de superficie del pavimento	Código alfa	Codificación numérica y descripción
Pavimento de hormigón de asfalto	A	0 — Revestimiento sellado enfangado 1 — Nuevo, árido cubierto de asfalto, color negro 2 — Microtextura, 75% de agregado fino, color de agregado 3 — Textura mixta, 50-50 fina, agregado burdo, color de agregado 4 — Macrotextura, 75-100% agregado burdo 5 — Superficie gastada, resalta agregado burdo o abrasión 6 — Estrías de superficie de perfil abierto, estrías de rozamiento porosas 7 — Sello de virutas 8 — Sello de virutas de caucho 9 — Otros
Pavimento de hormigón portland	C	0 — Cinta acabada 1 — Microtextura, predominantemente agregado fino 2 — Macrotextura, predominantemente agregado burdo 3 — Superficie gastada, sobresalen agregados burdos o abrasión 4 — Aspillera arrastrada 5 — Barrido o cepillado 6 — Hilos acombados 7 — Hilos estañados 8 — Estrías flotantes 9 — Otros

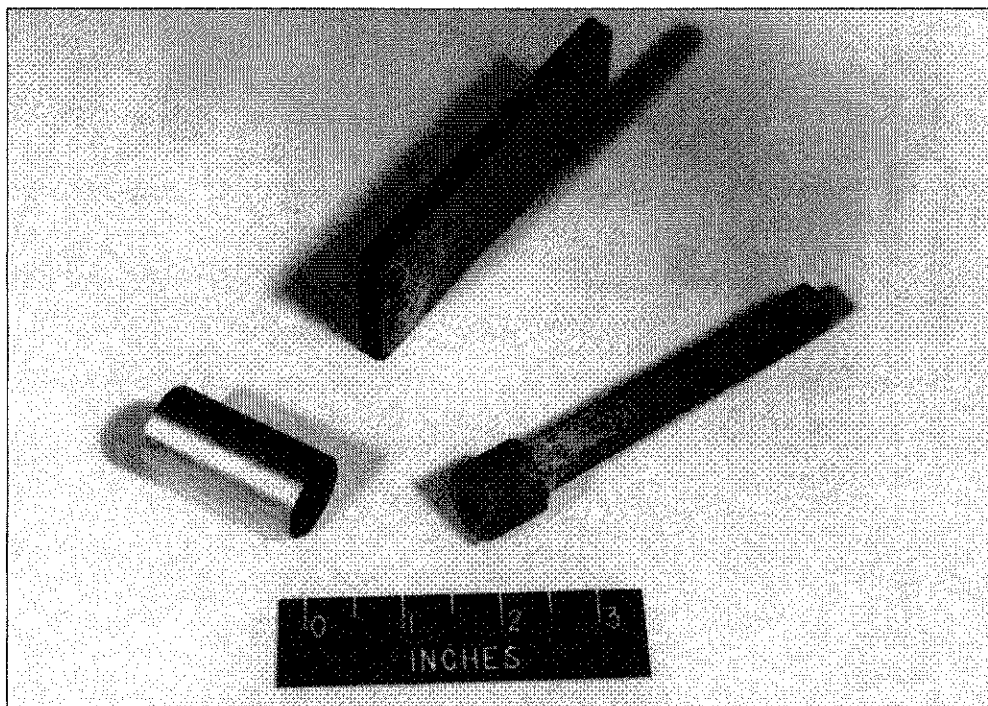


Figura A2-1. Tubo para medir el volumen de grasa, con desatascador y barredera de caucho

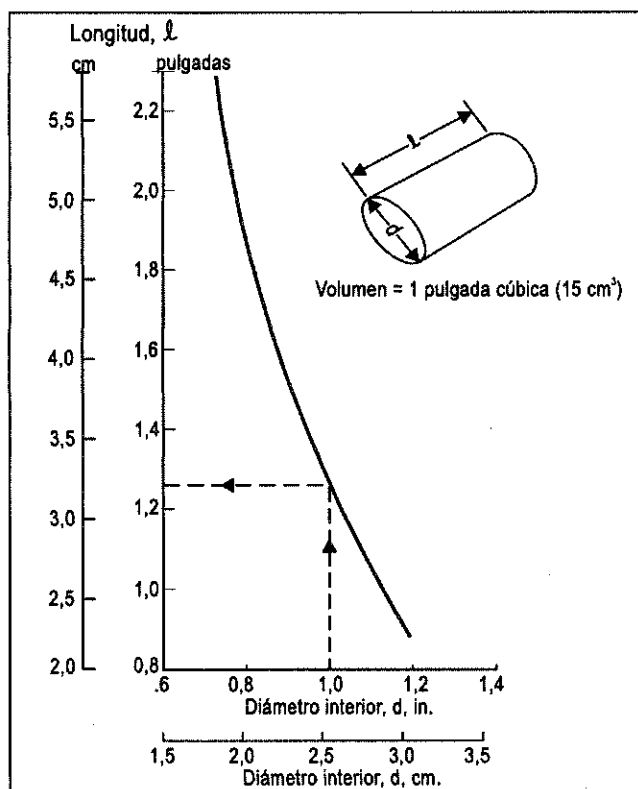


Figura A2-2. Dimensiones del tubo de medición para un volumen de 15 cm^3 o una pulgada cúbica

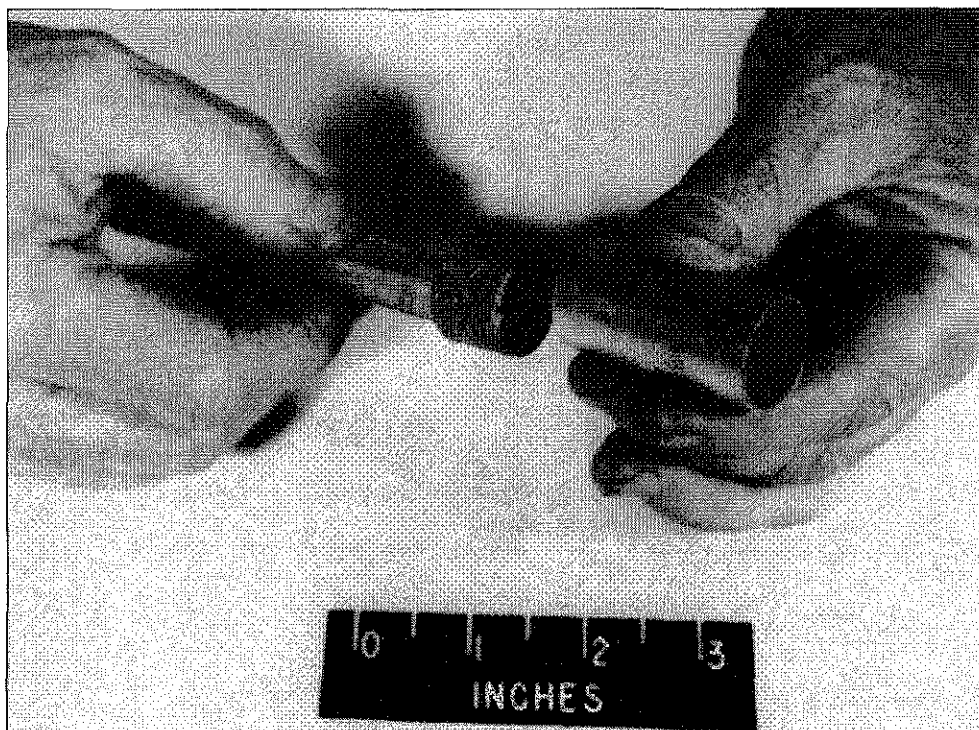


Figura A2-3. Tubo de medición lleno de grasa

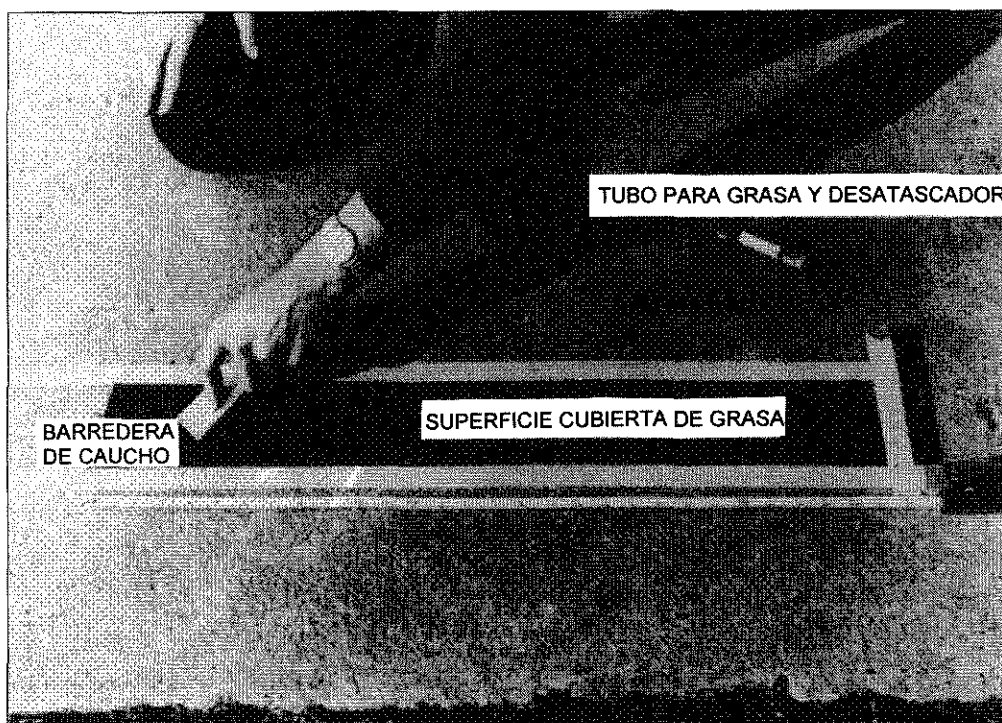


Figura A2-4. Aparato utilizado en la técnica de aplicación de grasa para medir la textura de la superficie de la pista

Apéndice 3

Procedimientos de ensayo de certificación de la NASA para los nuevos equipos de medición continua del rozamiento utilizados en instalaciones aeroportuarias

INTRODUCCIÓN

Desde el decenio de 1950, se han elaborado varios dispositivos diferentes de medición del rozamiento para controlar el rendimiento de las pistas en materia de rozamiento en todo tipo de condiciones de humedad y contaminación. En los últimos años, varios tipos de equipo de medición continua del rozamiento (CFME) han demostrado ser fiables, precisos y consistentes en una gama variada de programas de ensayos extensos, que incluyeron varias condiciones del pavimento y velocidades de ensayo. Desde el punto de vista de los costos, la fiabilidad o la facilidad de operación, algunos de los CFME más utilizados que han sido homologados como aceptables por la NASA basándose en ensayos anteriores, incluyen el remolque medidor del valor μ , el medidor del rozamiento en la pista, el deslizómetro BV-11, el medidor del rozamiento en la superficie (Saab), el medidor GripTester, el medidor del rozamiento en la pista Tatra, y el analizador y registrador de pistas RUNAR.

OBJETIVOS PRINCIPALES

1. Determinar si los procedimientos de calibración de instrumentos de los fabricantes de sistemas de medición del rozamiento y de distribución de agua para el CFME son satisfactorios.
2. Obtener mediciones del rozamiento con CFME en al menos cuatro (4) superficies de pavimentos diferentes que proporcionarán una amplia gama de niveles de rozamiento.
3. Obtener mediciones del rozamiento con CFME a un mínimo de dos (2) velocidades de ensayo; por ejemplo, 65 y 95 km/h.
4. Para cada combinación de velocidad/superficie de ensayo, llevar a cabo un número suficiente de recorridos repetidos con CFME y, si es posible, con otros CFME certificados anteriormente para determinar el grado de repetición y la uniformidad de las mediciones del rozamiento.

PROCEDIMIENTO DE ENSAYO

Generalidades

Los ensayos de certificación de los CFME se han llevado a cabo en la Wallops Flight Facility de la NASA en la costa este de Virginia, Estados Unidos, que posee una amplia gama de tipos de superficie de pavimentos instalados para las pruebas. En consecuencia, se dispone de una amplia gama de niveles de rozamiento en superficie mojada para evaluación, con espacio suficiente para realizar ensayos a alta velocidad. Se considera que un mínimo de cuatro (4) superficies diferentes mojadas de nivel de rozamiento son suficientes para los ensayos de certificación de CFME con gamas de rozamiento a 65 km/h de 0 a 0,20, 0,25 a 0,45, 0,50 a 0,70 y 0,75 y superiores. Durante todos los ensayos de CFME, deben registrarse las condiciones de la temperatura ambiente (p. ej., temperatura, viento, humedad, etc.) a intervalos razonables, junto con la hora del día en que los recorridos de ensayos se realizan. Los pavimentos individuales sometidos a ensayos deben inspeccionarse antes de realizar los recorridos de ensayo de CFME para verificar que la superficie esté seca, limpia, libre de desechos o materiales sueltos. Para una superficie de ensayo determinada, se deben llevar a cabo todos los recorridos de CFME en la misma dirección. Un control estrecho de todos los recorridos de ensayo de CFME por parte de personal experimentado en ensayos contribuirá a reducir al mínimo la repetición de recorridos y garantizará una compilación correcta de datos.

Etapas

1. Verificar si el equipo de ensayo de CFME, el o los neumáticos, y el sistema de adquisición de datos tienen la configuración correcta y funcionan en forma satisfactoria.
2. Ejecutar la calibración del instrumento CFME de acuerdo con las especificaciones del fabricante y conservar (registrar) los valores.
3. Realizar una verificación correcta del sistema de distribución de agua para suministrar la cantidad de agua deseada

- y uniforme al frente del o los neumáticos de ensayo a cada velocidad de prueba prevista. En la actualidad, la mayor parte de los Estados requieren un régimen de circulación del agua que producirá una profundidad promedio de 1 mm de agua en la superficie.
4. Repetir las etapas 1 a 3 si un segundo CFME certificado anteriormente se someterá a ensayos con la nueva unidad para establecer la correlación de los datos sobre rozamiento.
 5. Establecer el orden de los ensayos al comienzo si hay dos o más CFME que participan en los ensayos de certificación y mantener este orden durante toda la evaluación.
 6. Ejecutar dos o tres recorridos de ensayos con cada CFME en una superficie de ensayo determinada a fin de estabilizar las medidas del rozamiento en superficies mojadas y alcanzar un grado de repetición aceptable de $\pm 0,03$ durante los recorridos subsiguientes. Si no se alcanza este nivel de uniformidad en dos series de recorridos de ensayo a una velocidad similar, se deben inspeccionar los sistemas de medición y adquisición de datos para detectar cualquier irregularidad; se deben realizar las correcciones que resulten necesarias y recalibrar antes de continuar los ensayos de certificación.
 7. A cada velocidad de ensayo seleccionada, realizar un mínimo de seis recorridos de ensayo con cada CFME en cada una de las superficies de pavimento de ensayo (un mínimo de cuatro).
 8. En cada una de las superficies de pavimento de ensayos seleccionadas, realizar un recorrido de ensayo con el CFME a un mínimo de dos velocidades de ensayo: 65 y 95 km/h. Resulta deseable realizar recorridos de ensayo a otras velocidades para definir mejor la curva de gradiente del rozamiento/velocidad en la superficie mojada correspondiente a cada superficie.
 9. Analizar, cuando corresponda, el historial cronológico de los datos registrados de rozamiento en superficies mojadas para verificar la exactitud, el grado de repetición y la uniformidad de los valores medios de rozamiento correspondientes a cada superficie de ensayo e incremento de velocidad evaluados.
 10. Para realizar comparaciones respecto a los datos de certificación de rozamiento en superficies mojadas, ejecutar dos recorridos de ensayo de CFME en pavimento seco en cada superficie a velocidades similares a las que se utilizaron en los ensayos de certificación.
 11. Realizar la calibración de instrumentos del CFME de acuerdo con las especificaciones del fabricante al terminar los ensayos y guardar (registrar) los valores correspondientes. Estos valores deben coincidir estrechamente ($\pm 0,03$) con los que se obtuvieron antes de los ensayos. Si esto no es así, se debe identificar la causa y determinar si es necesario repetir algunos o todos los ensayos anteriores.
 12. Preparar los gráficos de gradientes del rozamiento/velocidad para cada superficie de ensayo individual utilizando escalas de eje similares en los gráficos. Si se incluyó un segundo CFME en los ensayos de certificación con la nueva unidad, se deben utilizar dos símbolos de datos diferentes para distinguir los datos de gradientes de rozamiento/velocidad de ambas unidades en el mismo gráfico.
 13. Se deben calcular las ecuaciones de regresión lineal y los coeficientes de correlación (con r^2) para cada conjunto de datos. Estos valores de las ecuaciones y los coeficientes de correlación deben indicarse en cada gráfico.
 14. Preparar una tabla de datos de ejecución de ensayos de los parámetros principales de los ensayos, incluyendo la fecha, número de recorrido, hora del día, superficie, velocidad, dirección utilizada para el recorrido de ensayo, profundidad del agua y valor medio del rozamiento.
 15. Proporcionar copia de todos los historiales de datos de los recorridos de ensayo, las notas generales, las condiciones meteorológicas, y otras observaciones de los ensayos en el conjunto de datos presentados a la agencia que exige ensayos de certificación.
 16. Copiar los datos obtenidos en las etapas 2, 11, 12, 13, 14 y 15 en papel o en disquetes de computadora y presentarlos a la agencia correspondiente.
- Nota.— Se recomienda tomar fotos y hacer vídeos de los ensayos de certificación, pero esto no es obligatorio. Si se obtiene este material, deben proporcionarse copias a la agencia que exige los ensayos de certificación.*

Apéndice 4

Método de ensayo normalizado para medir la resistencia al derrape en superficies pavimentadas utilizando una técnica de medición continua con relación fija de resbalamiento a frenado

1. ALCANCE

1.1 Este método de ensayo normalizado mide la resistencia al derrape en superficies pavimentadas (limpias o contaminadas) utilizando una técnica de medición continua con relación fija de resbalamiento a frenado. Este método está destinado principalmente a medir al valor máximo de resistencia al derrape, o próximo al mismo, pero puede utilizarse para otros coeficientes de resbalamiento a frenado. Este método utiliza una medición obtenida al forzar un neumático de ensayo a rodar con una relación fija de resbalamiento a frenado sobre una superficie de pavimento mojada a una velocidad constante mientras el neumático de ensayo soporta una carga fija suspendida en forma dinámica. El método proporciona un registro del rozamiento del frenado a lo largo de la totalidad de la superficie de ensayo y permite obtener promedios respecto a cualquiera longitud de ensayo especificada.

1.2 Los valores indicados en unidades SI deben considerarse como la norma. Los valores en paréntesis se expresan en unidades de pulgadas-libras y no son equivalentes exactos; en consecuencia, se debe utilizar cada sistema en forma independiente del otro, sin combinar valores en forma alguna.

1.3 Este método de ensayo puede incluir materiales, operaciones y equipo peligrosos. Este procedimiento no está destinado a tratar todos los problemas de seguridad relacionados con su utilización. Quienquiera que utilice esta norma es responsable de consultar y establecer prácticas correctas de seguridad y salud, así como determinar el grado de aplicación de las limitaciones reglamentarias antes de usarlo. En la Sección 6 figura información sobre precauciones en materia de seguridad.

2. DOCUMENTOS DE REFERENCIA

2.1 Normas ASTM

- E178 Recommended Practice for Dealing with Outlying Observations

- E274 Skid Resistance of Paved Surfaces Using a Full-Scale Tire
- E670 Standard Test Method For Side Force Friction on Paved Surfaces using the Mu-Meter.
A₂ Specification for an Alternativa Mu-Meter Tire.
- E867 Standard Definitions of Terms of Travelled Surface Characteristics
- E1551 Standard Specification for Special Purpose, Smooth Tread, Standard Tire
- E1844 Standard Specification for Grip Tester, Smooth Tread, Friction Test Tire
- F377 Calibration of Braking Force for Testing Pneumatic Tires
- F457 Method for Speed and Distance Calibration of a Fifth Wheel Equipped with Either Analog or Digital Instrumentation

2.2 Documentos conexos

- FAA Advisory Circular 150/5320-12B Measurement, Construction, and Maintenance of Skid-Resistant Airport Pavement Surfaces
- K.J. Law Slip Friction Tester Instruction and Servicing Manual
- SAAB Friction Tester Instruction and Servicing Manual
- BV-11 Skiddometer Instruction and Servicing Manual
- Grip Tester Trailer Instruction and Servicing Manual
- BS 598 Draft Standard on Measuring Surface Friction
- Findlay, Irvine Ltd. Production Test Schedule, PTS 292-8, for Testing and Documenting Grip Tester Test Tyres
- Tatra Friction Tester Instruction and Servicing Manual
- RUNAR Runway Analyser and Recorder Instruction and Servicing Manual
- Anexo 14 del Convenio sobre Aviación Civil Internacional de la OACI, *Aeródromos*, Volumen I — *Diseño y operaciones de aeródromos*

3. RESUMEN DEL MÉTODO

3.1 El equipo de ensayo consiste de un vehículo automotriz con una rueda de ensayo incorporada en el mismo o formando parte de un remolque idóneo remolcado por un vehículo. El vehículo contiene un transductor, instrumentación, una fuente de agua y un sistema de evacuación apropiado, así como controles de accionamiento para el frenado de la rueda de ensayo. La rueda de ensayo está equipada con un neumático normalizado de ensayo de pavimento (véase 5.4 para la referencia en materia de neumático).

3.2 El dispositivo que está probando se acelera a la velocidad de ensayo deseada. El agua se esparce al frente del neumático de ensayo, y se acciona el sistema de frenado para forzar al neumático de ensayo a rodar con la relación fija de resbalamiento a frenado prevista. La velocidad relativa de la relación de resbalamiento a frenado es igual a la diferencia entre la velocidad periférica del neumático, relativa al eje de la rueda, y la velocidad horizontal del eje de la rueda relativa a la superficie. La relación de esta velocidad relativa de resbalamiento a frenado respecto a la velocidad horizontal del eje de la rueda, expresada generalmente como porcentaje se define como el porcentaje de resbalamiento. El coeficiente de la velocidad relativa de la relación de frenado a resbalamiento respecto a la velocidad horizontal del eje de la rueda es igual al coeficiente de RPM de la relación relativa de frenado a resbalamiento respecto a una RPM de una rueda idéntica sin frenar.

3.3 La fuerza de frenado máxima aproximada generada entre el neumático y el pavimento se determina a partir de la fuerza de frenado o torsión resultante notificada como el número de relación de frenado a resbalamiento (BSN), que se determina a partir de la fuerza generada al hacer rodar el neumático a una relación fija de frenado a resbalamiento a una velocidad prevista, dividida por la carga de la rueda medida o calculada, y multiplicada por 100.

4. SIGNIFICACIÓN Y EMPLEO

4.1 El conocimiento del rozamiento del frenado en régimen permanente sirve como un medio adicional para caracterizar la superficie pavimentada. Las investigaciones demuestran que, para la mayor parte de las superficies pavimentadas, los valores del rozamiento máximo o de cresta del frenado y el viraje (fuerza lateral) generados entre los neumáticos del vehículo y las superficies pavimentadas, son similares en magnitud. En consecuencia, el rozamiento de frenado máximo resulta útil al estudiar el rendimiento del vehículo al detenerse y cambiar de dirección en condiciones diferentes en materia de pavimento.

4.2 Los valores medidos con el equipo y los procedimientos descritos aquí no coinciden o se correlacionan necesariamente en forma directa con los obtenidos mediante otros

métodos de medición del rozamiento en superficies pavimentadas.

5. MATERIALES

5.1 *Vehículo.* El vehículo con el neumático de ensayo funcionando a la relación fija de frenado a resbalamiento prevista debe ser capaz de mantener velocidades de ensayo de 65 a 100 km/h (40 a 60 mph) dentro de $\pm 1,5$ km/h ($\pm 1,0$ mph) durante un ensayo en una superficie pavimentada seca. El vehículo debe ser capaz de alcanzar una velocidad de 65 km/h (40 mph) en 152 m (500 ft) y una velocidad de 100 km/h (60 mph) en 300 m (1 000 ft) con la rueda de ensayo retractada o en modo de rotación en el vacío. (Véase la *Advisory Circular 150/5320-12B* de la FAA).

5.2 *Sistema de frenado.* La velocidad de la rueda de ensayo se controlará de modo que pueda mantenerse la relación fija de frenado a resbalamiento prevista del neumático de ensayo en toda la longitud de la superficie pavimentada de ensayo a la velocidad de ensayo prevista. El ensayo BSN normalizado se lleva a cabo a una relación fija de frenado a resbalamiento del neumático del 14% con un margen de tolerancia aceptable de más o menos 3% en la relación de frenado a resbalamiento. La relación de frenado a resbalamiento en rotación libre es de 0%; la relación de frenado a resbalamiento en rueda frenada es de 100%.

Nota.— Para un conjunto determinado de parámetros de neumático/pavimento, la relación de cresta de frenado a resbalamiento puede sobrepasar estas tolerancias. En superficies con escaso rozamiento, es decir, contaminadas con hielo y/o nieve, el rozamiento de cresta puede ocurrir sobre el valor seleccionado del instrumento de ensayo con relación constante de resbalamiento. En estos casos, el rozamiento medido puede conducir a conclusiones erróneas por que el dispositivo de ensayo producirá valores bajos cuando no se encuentra cerca de la cresta.

5.3 *Carga de la rueda.* El aparato deberá ser diseñado de modo de proporcionar una carga estática, tal como se estipula en los manuales de vehículos que figuran en 2.2.

5.4 *Neumático.* El neumático de ensayo debe ser el neumático normalizado para ensayos de pavimentos, tal como se estipula en la especificación E1555 o en otras especificaciones para medidores de relación fija de resbalamiento (véase los manuales de fabricantes que figuran en 2.2). La presión del neumático en la rueda de ensayo debe ser de 207 ± 3 kPa ($30 \pm 0,5$ psi) medida a la temperatura ambiente (fría) o 140 ± 3 kPa ($20 \pm 0,5$ psi) para un remolcador Grip Tester.

Instrumentación

5.5 *Requisitos generales para los sistemas de medición.* El sistema de instrumentación debe cumplir con los siguientes

requisitos generales a temperaturas ambiente entre 4°C y 40°C (40°F y 100°F):

Exactitud general de sistema estático: $\pm 2\%$ de la escala completa

Calibración de estabilidad de tiempo: 1 año mínimo

Las porciones expuestas del sistema deben tolerar un 100% de humedad relativa (lluvia o rocío) y otras condiciones adversas, tales como polvo, choque y vibraciones que puedan experimentarse en las operaciones de ensayo en pavimento.

5.6 Transductor medidor de fuerza. El transductor que mide la fuerza del neumático debe ser de un diseño capaz de medir la fuerza de interfaz entre el neumático y el camino con efectos mínimos en materia de inercia. Se recomienda que los transductores suministren una salida directamente proporcional a la fuerza, con histéresis menor de 1% de la carga aplicada, hasta el máximo de la carga prevista. La sensibilidad a cualquier carga de eje transversal o carga de torsión debe ser menor que el 1% de la carga aplicada. El transductor de fuerza debe montarse de modo que experimente menos de 1° de rotación angular respecto a su plano de medición respecto a la carga máxima prevista.

5.7 Transductor medidor de torsión. Los transductores de torsión deben suministrar salidas directamente proporcionales a la torsión, con histéresis menor de 1% de la carga aplicada y una desviación de linealidad hasta el máximo previsto, con una carga menor de un 1% de la carga aplicada. La sensibilidad a cualquier carga de eje transversal será menor que un 1% de la carga aplicada. Adviértase que los transductores de torsión no suministran medida alguna de la carga dinámica vertical y, en consecuencia, debe asumirse que la carga vertical es igual al valor estático. Las mediciones del transductor de torsión incluyen los efectos inerciales de la rodadura del neumático/rueda que deben ser compensados para todas las velocidades de ensayo.

5.8 Transductores adicionales. Los transductores de fuerza para medir cantidades tales como la carga vertical, etc., deben cumplir con los requisitos indicados en 5.6.

5.9 Transductores que miden la velocidad de vehículos. Los transductores tales como los de "quinta rueda" o rueda de rodamiento libre, unidos a tacómetros, deben proporcionar una resolución y exactitud de velocidad de 1,5% de la velocidad indicada o $\pm 0,8$ km/h ($\pm 0,5$ mph), prefiriéndose la mayor. El conductor puede observar las salidas, pero éstas deben registrarse simultáneamente en el archivo de datos. Los sistemas con una quinta rueda deben ajustarse al método de ensayo ASTM F457.

Sistema de condicionamiento y registro de señales

5.10 Los transductores que miden parámetros sensibles a la carga inercial deben estar diseñados o situados de modo de minimizar este efecto. Si esto no resulta práctico, deben

corregirse los datos respecto a la carga vertical si este efecto sobrepasa el 2% de los datos efectivos durante la operación prevista. Todos los equipos de condicionamiento y registro de señales deben proporcionar una salida lineal y deben permitir que la resolución de lectura de los datos cumpla con los requisitos de 5.5. Todos los sistemas, excepto el filtro suavizador descrito en 5.11, deben proporcionar una anchura de banda mínima de al menos 0 a 20 Hz (uniforme dentro de $\pm 1\%$).

5.11 Se requiere instalar un filtro electrónico, normalmente entre 4,8 Hz/-3db de tipo Bessel de 4 polos y un filtro Butterworth de 10 Hz/-3db/de 8 polos en el circuito condicionador de señal que precede al divisor electrónico y el cálculo de integración de BSN. En forma alternativa, si el sistema de registro es una computadora programable, una parte o la totalidad del filtrado puede realizarse mediante software.

5.12 Idealmente, la calibración del instrumento debería permitir calibrar la totalidad del sistema de medición, incluyendo los transductores deformimétricos (véase BS 598 — Proyecto de norma sobre la medición del rozamiento de superficie). Si esto no es posible, entonces deben equiparse todos los transductores deformimétricos con resistores de calibración con derivación de resistencia, o equivalentes, que puedan conectarse antes o después de la secuencia de ensayo. La señal de calibración será de al menos un 50% de la carga vertical normal y debe registrarse.

5.13 La fuerza de rozamiento, o la torsión, del neumático y toda entrada adicional prevista, tal como la carga vertical, la velocidad de la rueda, etc., deben registrarse en fase (± 5 grados sobre una anchura de banda de 0 a 20 Hz). Todas las señales deben referirse a una base de tiempo común.

5.14 La relación de señal a ruido debe ser de al menos 20 a 1 en todos los canales de registro y el ruido debe reducirse a un 2%, o menos, de la señal.

Sistema humectador de pavimentos

5.15 El agua que se aplica al pavimento delante del neumático de prueba debe proporcionar una profundidad calculada de agua en la superficie de 1 mm (0,04 pulgadas). Esto puede obtenerse ya sea por medio de una simple boquilla o de una boquilla incorporada dentro de un cepillo. En ambos casos, el agua debe aplicarse de modo que el ancho de la capa de agua bajo el neumático de ensayo sea al menos tan grande como la anchura de contacto del neumático de prueba con el pavimento. El volumen de agua por milímetro (o pulgada) de anchura mojada debe ser directamente proporcional a la velocidad de ensayo. A la velocidad de ensayo de 65 km/h (40 mph), la cantidad recomendada de agua aplicada es de 1,2 L/min por milímetro de anchura mojada de $\pm 10\%$ /mm (8 gals EUA/min $\pm 10\%$ /pulgada).

5.16 El sistema humectador incluirá un tanque de agua con una capacidad adecuada para suministrar agua suficiente

para someter a ensayo una pista con una longitud de 4 200 m (14 000 ft) utilizando una capa de agua de un espesor de 1 mm (0,04 pulgadas).

5.17 El agua que se utiliza para los ensayos debe estar razonablemente limpia y no debe tener elementos químicos agregados, tales como agentes humectantes o detergentes.

6. PRECAUCIONES EN MATERIA DE SEGURIDAD

El vehículo de ensayo, así como sus accesorios, debe cumplir con todas las normas estatales y federales correspondientes. Deben tomarse todas las precauciones requeridas, además de las impuestas por leyes y reglamentos, a fin de garantizar una seguridad máxima para el personal operacional, así como para otros tipos de tránsito. No se realizará ensayo alguno en los casos en que exista el peligro de que el agua dispersada pueda congelarse en el pavimento.

7. CALIBRACIÓN

7.1 *Velocidad.* Se debe calibrar el indicador de velocidad del vehículo de ensayo a la velocidad de ensayo determinando el tiempo que se demora en atravesar, a una velocidad constante, un pavimento razonablemente plano y recto, medido exactamente, de una longitud adecuada para el método de cronometraje. Cargar el vehículo de ensayo a su peso operacional normal para esta calibración. Hacer un mínimo de tres recorridos a cada velocidad de ensayo para completar la calibración. Pueden utilizarse otros métodos de exactitud equivalente. Se debe realizar la calibración de una quinta rueda de conformidad con el Método de ensayo ASTM F457.

7.2 *Fuerza de frenado (con relación fija de resbalamiento).* Colocar la rueda de ensayo de la unidad ensamblada, con su propia instrumentación, en una plataforma de calibración adecuada, que ha sido calibrada de conformidad con el Método de ensayo ASTM F377, y cargar en forma vertical respecto a la carga de ensayo. Medir la carga de ensayo dentro de una exactitud de $\pm 0,5\%$ siempre que se calibre el transductor. Nivelar los transductores en forma longitudinal y lateral, de modo que el eje sensible a la fuerza de tracción quede horizontal. Esto puede llevarse a cabo reduciendo al mínimo el producto de la fuerza de tracción respecto a grandes variaciones en la carga vertical. El sistema (vehículo o remolque) debe estar nivelado aproximadamente durante este procedimiento. La plataforma de calibración debe utilizar cojinetes que produzcan un rozamiento mínimo y tengan una exactitud de $\pm 0,5\%$ de la carga aplicada, así como una histéresis máxima de $\pm 0,25\%$ de la carga aplicada hasta la carga máxima prevista. Cuidarse de garantizar que la carga aplicada y el eje sensible al transductor se encuentren en la misma línea vertical. Realizar la calibración de la fuerza de tracción en forma incremental hasta el punto en que el

neumático de ensayo comience a resbalarse en la plataforma de calibración, pero al menos hasta un 50% de la carga estática vertical. Respecto a otros medidores con relación fija de resbalamiento, consúltense los manuales de los fabricantes correspondientes que figuran en 2.2.

8. GENERALIDADES

8.1 *Preparación del neumático.* El condicionamiento de la nueva rueda y el neumático de ensayo se debe realizar efectuando un recorrido con una relación fija de resbalamiento a la presión de inflado normal del neumático en un pavimento seco, hasta el momento en que se obtenga una superficie de caucho pareja y lisa. Equilibrar en forma dinámica el montaje de la rueda y el neumático a fin de garantizar que no existan vibraciones a la velocidad de ensayo prevista. Inspeccionar el neumático para detectar si existen daños y otras irregularidades que puedan afectar los resultados del ensayo y rechazar el neumático si está dañado o desgastado hasta el punto que resulta improbable que complete cualquiera de los ensayos. Cuando la banda de rodadura llega al fondo de los agujeros de desgaste, el neumático debe remplazarse. Para obtener información sobre los procedimientos de preparación del neumático específico de medición de relación fija de resbalamiento, consúltense los manuales de los fabricantes que figuran en 2.2.

8.2 *Preparación del ensayo.* Verificar el neumático para detectar puntos lisos, irregularidades y otros daños antes de ejecutar un ensayo. Fijar la presión de inflación del neumático de ensayo al valor requerido (véase 5.4) a la temperatura ambiente justo antes del calentamiento inicial. Antes de cada serie de ensayo, calentar inicialmente el neumático de ensayo haciendo funcionar el vehículo de ensayo en el modo de ensayo de relación fija de resbalamiento en al menos 600 m (2 000 ft) en el modo de humectación automática.

8.3 *Velocidades de ensayo.* Ejecutar el ensayo normalizado de número de relación de frenado a resbalamiento (BSN) a $65 \pm 0,8$ km/h ($40 \pm 0,5$ mph) y mantener una exactitud similar para los ensayos que se realicen a menos de 65 km/h (40 mph). Respecto a los ensayos a velocidades superiores a 65 km/h (40 mph), mantener la exactitud de la velocidad a $\pm 1,5$ km/h ($\pm 1,0$ mph). Tome nota de la velocidad y el porcentaje de la relación de frenado a resbalamiento cuando se mencione el BSN. Esto puede realizarse agregando la velocidad a la que se ejecutó el ensayo como un subíndice del BSN y el porcentaje de la relación de frenado a resbalamiento como un superíndice.

8.4 *Determinación del gradiente de velocidad del número de relación de frenado a resbalamiento.* El cambio del número de la relación de frenado a resbalamiento con velocidad debe notificarse como el BSN por km/h (BSN por mph) y debe obtenerse como la pendiente del BSN comparada con la curva de velocidad, que se construye a partir de al menos tres velocidades en incrementos de aproximadamente 32 km/h (20 mph).

El gradiente normalizado de velocidad se debe definir como la pendiente de la curva de velocidad BSN a 65 km/h (40 mph) y esto debe indicarse expresamente.

9. PROCEDIMIENTO

9.1 Llevar el aparato a la velocidad de ensayo prevista. Suministrar agua al neumático de ensayo y asegurarse que la rueda de ensayo se encuentra en el modo de relación fija de resbalamiento al menos un segundo antes de iniciar el ensayo y continuar hasta que se complete el ensayo. Indicar el comienzo y el final del ensayo mediante el marcador de eventos. Si se puede desactivar la rueda de ensayo, esto debe hacerse y se debe cortar el agua aproximadamente un segundo antes de completar el ensayo.

9.2 Registrar las señales de calibración eléctrica antes y después de cada serie de ensayos, o cuando sea necesario para garantizar que los datos sean válidos.

9.3 Evaluar la traza registrada de BSN de acuerdo con los criterios de la FAA o de la OACI.

10. ENSAYOS DEFECTUOSOS

Los ensayos defectuosos, o que produzcan número de relación de frenado a resbalamiento que difieran por más de 5 BSN del promedio de todos los ensayos de la misma sección de ensayos deben ser tratados de acuerdo con la Práctica recomendada ASTM E178.

11. INFORME

11.1 *Informe de resultado.* El informe de resultado correspondiente a cada sección del ensayo debe contener datos sobre los siguientes elementos:

- ubicación e identificación de la sección del ensayo
- fecha y hora del día
- condiciones meteorológicas
- sección sometida a ensayo
- velocidad del vehículo de ensayo y profundidad del agua en la superficie (para cada ensayo)

- porcentaje de la relación de frenado
- número de relación de frenado a resbalamiento (BSN)

11.2 *Informe resumido.* El informe resumido debe incluir, respecto a cada sección del ensayo, los datos sobre los siguientes elementos en la medida en que sean pertinentes a las variables o combinaciones de variables que se están investigando:

- ubicación e identificación de la sección de ensayo
- grado y alineamiento
- tipo y condición del pavimento
- tiempo de servicio del pavimento
- tránsito diario promedio
- fecha y hora del día
- condiciones meteorológicas
- trayectoria de la rueda sometida a ensayo
- temperatura ambiente y en la superficie
- número de relación de frenado a resbalamiento promedio, superior e inferior, para la sección del ensayo, y velocidad y porcentaje de la relación de frenado a resbalamiento a la que se realizaron los ensayos. (Si se notifican valores que no se utilizaron en calcular el promedio, se debe dejar constancia de este hecho.)
- la fecha de la última calibración

12. PRECISIÓN Y ERRORES SISTEMÁTICOS

12.1 *Precisión.* No se dispone todavía de datos para pronunciarse sobre la precisión de este método de ensayo. Cuando se disponga de esos datos, se incluirá una declaración de precisión en el método.

12.2 *Errores sistemáticos.* No existen normas o referencias con las cuales se puedan comparar los resultados de este ensayo. La función de este ensayo consiste en poder realizar comparaciones entre superficies pavimentadas sometidas a ensayo con el mismo neumático. Se estima que los resultados del método de ensayo son suficientes para realizar esas comparaciones sin una referencia externa destinada a evaluar la exactitud. Cabe hacer notar que el rozamiento en la superficie se ve afectado por varias variables, tales como condiciones ambientales, uso, edad, contaminación de la superficie, tipo de precipitación natural, tipo de humectación artificial, etc.; y los valores medidos son válidos solamente hasta que una de estas condiciones cambie significativamente.

Apéndice 5

Ejemplo de un programa de evaluación del rozamiento en la pista

TABLA A5-1 (CUADRO A)

1. Determine el número de aterrizajes anuales de aviones para cada tipo de avión de turbo-reacción en un aeropuerto. Entre estos datos en la columna [B].
2. Determine la masa bruta anual de aterrizajes de aviones. Entre estos datos en la columna [C].
3. Determine el total anual de aterrizajes de aviones [D].
4. Determine el total de masa bruta anual de aterrizajes de aviones [E].

TABLA A5-2 (CUADRO B)

5. Vaya al Cuadro B y siga las instrucciones. Determine los valores [H] y [K] para cada extremo de la pista en todas las pistas en las que se realizan operaciones de aviones de turbo-reacción.

TABLA A5-3 (CUADRO C)

6. Obtenga los valores [H] y [K] determinados según el Cuadro B y compare con los valores [H] y [K] proporcionados en el Cuadro C. Esto determina el valor mínimo

del rozamiento [M] y la periodicidad mínima de retiro de caucho [N] para cada extremo de la pista en todas las pistas que prestan servicio a operaciones de aviones de turbo-reacción.

TABLA A5-4 (CUADRO D)

7. Entre en el Cuadro D los valores de [G], [H], [K], [M] y [N].
8. Cada aeropuerto tiene la responsabilidad de realizar una vez al año los cálculos anteriores. De un año a otro las líneas aéreas modifican el emplazamiento de los aeropuertos, el tipo de aviones y el número de sus operaciones diarias en determinado aeropuerto. Si se realizan los cálculos una vez al año la administración del aeropuerto podrá mantener actualizada la actividad de los aviones en su aeropuerto. Esto tiene especialmente aplicación cuando aumentan las operaciones de aviones de ancho fuselaje, lo que lleva a una acumulación más rápida de caucho y al desgaste de los pavimentos.
9. En las Tablas A5-1 a A5-4 se proporcionan formularios de cálculo para los explotadores de aeropuerto.

Tabla A5-1. Estimación de la masa anual de aterrizajes de aviones de turborreacción comerciales en un aeropuerto — Cuadro A

Aeropuerto:			
Identificador:			
Emplazamiento Núm.:			
Tipo de avión	Masa máxima de aterrizaje de aviones (kg) [A]	Número de aterrizajes de aviones al aeropuerto [B]	Masa bruta anual de aterrizajes de aviones (m kg) [A] × [B] = [C]
+ A300-B2	127 462		
+ A300-B4	132 996		
+ A300-600	138 000		
+ A310-200	122 000		
+ A310-300	123 000		
+ A320-100	63 000		
+ A320-200	64 500		
B707-120B	86 184		
B707-[320/420]	93 895		
B707-[720/720B]	79 380		
B707-320B	97 524		
B707-320C	112 039		
B727-[100/100C]	64 638		
B727-200	73 030		
B737-100	44 906		
B737-200	46 721		
B737-[200C/200QC]	48 535		
B737-300	52 527		
B737-400	56 246		
B737-500	49 896		
+ B747-[100/B/SF/SR]	255 830		
+ B747-[200/B/C/F/P]	285 768		
+ B747-[300/400]	285 768		
+ B747-[200B/300]	290 304		

	Tipo de avión	Masa máxima de aterrizaje de aviones (kg) [A]	Número de aterrizajes de aviones al aeropuerto [B]	Masa bruta anual de aterrizajes de aviones (m kg) [A] × [B] = [C]
+	B747-300SR	242 676		
+	B747-SP	210 924		
	B757-200PF	95 256		
	B767-200	123 379		
	B767-200ER	129 276		
	B767-300	136 080		
	B767-300ER	145 152		
	BAC111-[200/400]	31 298		
	BAC111-500	39 010		
	BAC CONCORDE	111 132		
	BAe146-100	32 568		
	BAe146-200	34 927		
	BAe146-300	40 824		
	DC8-[20/30/40]	93 895		
	DC8-55	98 431		
	DC8-[55F/61/62/71/72]	108 864		
	DC8-72AF	113 400		
	DC8-[63F/73CF/73AF]	124 740		
	DC8-[61F/71CF/63/73]	117 029		
	DC9-[10/15/15F]	37 059		
	DC9-21	43 228		
	DC9-[32/33F]	44 906		
	DC9-41	46 267		
	DC9-51	49 896		
	DC9-81	58 061		
	DC9-82	58 968		
	DC9-83	63 277		
	DC9-[87/88]	58 968		

	Tipo de avión	Masa máxima de aterrizaje de aviones (kg) [A]	Número de aterrizajes de aviones al aeropuerto [B]	Masa bruta anual de aterrizajes de aviones (m kg) [A] × [B] = [C]
+	DC10-[10/10CF/15]	164 884		
+	DC10-40	182 801		
+	DC10-[30CF/KC-10A]	197 770		
+	DC10-[30/40CF]	186 430		
	F28-[1000/2000]	26 762		
	F28-[3000/5000]	29 030		
	F28-[4000/6000]	30 164		
+	L1011-1	162 389		
+	L1011-[100/200/500EW]	166 925		
	CONVAIR 880	70 308		
	CONVAIR 990	91 627		
	SE210	47 583		
+	MD11	195 048		
+	MD11 COMBI	207 749		
+	MD11F	213 872		
	IL62	114 308		
	VC10-1100	97 978		
	VC10-1150	107 503		

+ = Aviones de fuselaje ancho

Total anual de aterrizajes de aviones de fuselaje normal _____ %
 Total anual de aterrizajes de aviones de fuselaje ancho _____ %

Total anual de aterrizajes de aviones _____

[D] = [B]

Total anual de masa al aterrizaje (aviones de fuselaje normal) _____ %
 Total anual de masa al aterrizaje (aviones de fuselaje ancho) _____ %

Total anual de masa al aterrizaje (ambos tipos de avión) _____

[E] = [C]

Tabla A5-2. Formulario para procedimiento de cálculo — Cuadro B

Aterrizajes diarios de aviones a todas las pistas:		
Aterrizajes anuales de aviones a todas las pistas _____ [D]	$\div$	365 días al año _____ [F]
$=$		
Aterrizajes diarios de aviones a todas las pistas _____ [F]		
Promedio de masa anual de aviones en los aterrizajes anuales de aviones a todas las pistas:		
Peso anual de aterrizajes de aviones _____ [E]	$\div$	Aterrizajes anuales de aviones _____ [D]
$=$		
Promedio de masa anual de aviones dividido por los aterrizajes anuales de aviones a todas las pistas _____ [J]		

PISTA: _____		
Aterrizajes diarios de aviones:		
Aterrizajes diarios de aviones a todas las pistas _____ [F]	$\times$	Porcentaje de aterrizajes de aviones a la pista () _____ [G]
$=$		
Aterrizajes diarios de aviones a la pista () _____ [H]		
Aterrizajes anuales de aviones a la pista _____ :		
Porcentaje de aterrizajes de aviones a la pista () _____ [G]	$\times$	Aterrizajes anuales de aviones a todas las pistas _____ [D]
$=$		
Aterrizajes anuales de aviones a la pista () _____ [I]		
Masa anual de aviones a la pista: _____ :		
Llegadas anuales de aviones a la pista () _____ [I]	$\times$	Masa promedio anual de aviones por aterrizajes de aviones a todas las pistas _____ [J]
$=$		
Masa anual de aviones para la pista () _____ [K]		

Apéndice 6

Métodos para medir o evaluar la eficacia de frenado cuando no se dispone de dispositivos de ensayo del rozamiento

MEDICIÓN DE LA EFICACIA DE FRENADO CON UN CAMIÓN O AUTOMÓVIL QUE FRENA HASTA LA COMPLETA DETENCIÓN

1. Una forma de medir el coeficiente de rozamiento de una pista, cuando no se disponga en el aeropuerto de equipo especial para ensayos, consiste en medir la distancia y/o el tiempo necesario para detener un camión, lanzado a una velocidad determinada, con los frenos aplicados a fondo.

2. La distancia y el tiempo necesarios para que el camión se detenga completamente proporcionarán dos valores del coeficiente de rozamiento, μ distancia y μ tiempo, de conformidad con la fórmula siguiente:

$$\mu \text{ distancia} = \frac{V^2}{2gS}$$
$$\mu \text{ tiempo} = \frac{V}{tg}$$

siendo V = la velocidad en el momento de aplicar los frenos, en m/s

S = distancia de parada, en m

t = tiempo de parada, en s

g = aceleración de la gravedad, en m/s^2

3. Normalmente, el coeficiente de rozamiento basado en el tiempo es un poco bajo a causa de la tendencia a poner el cronómetro en marcha un instante antes de que los frenos produzcan su efecto. Por otra parte, el coeficiente de rozamiento basado en la distancia de parada es normalmente un poco alto, ya que los frenos ejercen cierta acción sobre las ruedas antes de que éstas comiencen a patinar.

4. El valor de μ obtenido es el valor con deslizamiento. No obstante, hay que notificar el $\mu_{\text{máx}}$ y, a fin de obtener un valor aproximado de $\mu_{\text{máx}}$, los resultados logrados con este método se multiplicarán por 1,3 para dar un $\mu_{\text{desliz.}}$ superior a 0,3 y por 1,2 para dar valores inferiores del $\mu_{\text{desliz.}}$. Especialmente, cuando el rozamiento es bajo, la indicación

entre el valor $\mu_{\text{desliz.}}$ y el $\mu_{\text{máx}}$ varía de acuerdo a las condiciones específicas, aunque se considera que los factores citados anteriormente dan resultados aceptables. La velocidad para aplicar los frenos y las pruebas de frenado para este método pueden ser las mismas que las indicadas en el método descrito en 4.4.2 para medir la eficacia de frenado al frenar un camión con un decelerómetro instalado. En la Figura A6-1 se reproduce un ejemplar del formulario utilizado para registrar y analizar los resultados de los ensayos.

OBSERVACIONES METEOROLÓGICAS (EN RELACIÓN CON LAS PISTAS CUBIERTAS DE NIEVE O HIELO)

5. Las observaciones meteorológicas, además del conocimiento del estado de la pista, permitirán en muchos casos una evaluación bastante aproximada de la eficacia de frenado. Los siguientes datos están basados en la experiencia obtenida en Noruega y Suecia.

6. En las pistas cubiertas de nieve o hielo que no han sido tratadas (con arena, por ejemplo), el coeficiente de rozamiento oscila entre valores tan reducidos como 0,05 y 0,30. Es muy difícil determinar con exactitud cómo y por qué varía el estado de la pista. No obstante, si la eficacia de frenado es bastante buena, continuará siéndolo si desciende la temperatura, pero si ésta aumenta hasta llegar a un valor igual o superior al punto de congelación, la eficacia de los frenos disminuirá rápidamente. La eficacia de los frenos depende mucho de la temperatura, especialmente en las proximidades del punto de congelación. Algunas veces se presentan valores muy bajos de rozamiento cuando circula aire húmedo sobre una pista helada, aunque la temperatura sea bastante inferior a la del punto de congelación.

7. A continuación se dan algunos de los diversos estados de la pista que pueden influir en la eficacia de frenado:

a) Coeficiente de rozamiento comprendido entre 0,10 y 0,25:

1) nieve fundente o lluvia en pistas cubiertas de nieve o hielo;

Aeropuerto				Pista				Tramo	
Fecha		Hora			Temperatura				
Distancia desde el extremo de la pista	A unos 10 m al Este*				A unos 10 m al Oeste**				Observaciones
	Tiempo de detención (s)	μ_T	Distancia de detención (m)	μ_D	Tiempo de detención (s)	μ_T	Distancia de detención (m)	μ_D	

Tiempo:
$$T = \frac{\mu_T \text{ Este} + \mu_T \text{ Oeste}}{\text{Núm. de observaciones}}$$

Distancia:
$$D = \frac{\mu_D \text{ Este} + \mu_D \text{ Oeste}}{\text{Núm. de observaciones}}$$

Porcentaje:
$$\frac{\mu_T + \mu_D}{2}$$

* Para la pista 09/27, Norte.

** Para la pista 09/27, Sur.

Figura A6-1. Ejemplo del formulario que puede usarse para anotar los resultados de un ensayo de rozamiento, realizado con ruedas que patinan, hasta la detención completa de un camión desde una velocidad de 40 km/h

- 2) cambio de escarcha a temperaturas superiores a 0°C;
 - 3) cambio de temperaturas moderadas a escarcha (no en todos los casos);
 - 4) el tipo de hielo que se forma después de largos períodos de frío;
 - 5) una fina capa de hielo formada:
 - i) porque el suelo helado ha estado expuesto a la humedad o a la lluvia a temperaturas iguales o superiores a 0°C;
 - ii) a causa de la radiación, es decir, cuando el cielo está despejado, la temperatura de la superficie de la pista desciende por debajo del punto de congelación y por debajo del punto de rocío (lo cual favorece la repentina formación de cristales de hielo y ocurre aún cuando la temperatura observada del aire se encuentra algunos grados por encima del punto de congelación).
- b) Coeficiente de rozamiento comprendido entre 0,25 y 0,35:
 - 1) nieve a temperaturas inmediatamente por debajo del punto de congelación;
 - 2) pistas cubiertas de nieve con temperaturas inferiores a la del punto de congelación y expuestas al sol.
 - c) Coeficiente de rozamiento comprendido entre 0,35 y 0,45:
 - pistas cubiertas de nieve que no hayan estado expuestas a temperaturas superiores a unos -2°C a -4°C.
- Nota. — Se pretende que la clasificación sirva únicamente de guía y se incluye exclusivamente para dar una indicación del orden de magnitud de la eficacia de frenado que puede esperarse en diversas condiciones. Siempre que sea posible, es aconsejable evaluar la eficacia de frenado efectuando mediciones.*
-

Apéndice 7

Tipos de quitanieves y accesorios

1. Los costes del combustible y del equipo especializado para la remoción de nieve y el control de hielo pueden representar una inversión financiera considerable para muchos aeropuertos y, por consiguiente, debería investigarse toda idea que pueda ofrecer una reducción de dichos costes. En este apéndice se examinan algunos nuevos tipos de quitanieves para aeropuertos, que pueden representar posibles economías en materia de coste de combustibles y equipo.

2. Las vertederas y sus correspondientes revestimientos, en materiales polímeros y compuestos, parecen reducir el rozamiento superficial entre la nieve, la nieve fundente y la vertedera. La reducción de dicho rozamiento superficial puede, a su vez, reducir la potencia necesaria para impulsar el vehículo quitanieves, lo cual, una vez más, reduce el consumo de combustible de la máquina. Algunos fabricantes pretenden haber logrado, con dichos materiales, considerables economías en materia de combustible. Las vertederas de quitanieves que arrojan un gran volumen de nieve a cierta altura y lejos del vehículo, en vez de simplemente empujarla o desplazarla, pueden reducir las necesidades de equipo. En algunos emplazamientos, dependiendo normalmente de las condiciones reinantes, es decir, leves precipitaciones de nieve, vientos ligeros, tipo de nieve, emplazamiento de la pista, sistemas de iluminación y configuración de los márgenes, los quitanieves que arrojan la nieve a cierta altura y a distancia pueden no requerir el apoyo de un soplanieves para mover cantidades importantes de nieve por encima de las luces de borde de pavimento. La eliminación de un soplanieves puede representar considerables ahorros en materia de combustible y equipo, pero es necesario examinar cuidadosamente la selección de lanzanieves de este tipo para tareas dobles como las indicadas, reconociéndose que la eficacia requerida puede depender mucho de las condiciones reinantes en el lugar en materia de nieve. A continuación se indican algunos tipos y tamaños de cuchillas para quitanieves:

- a) *Quitanieves pequeño.* Este tipo de arado quitanieves puede ser de cualquier diseño pero la vertedera debería tener una longitud comprendida entre, aproximadamente, 1,8 m y el tamaño intermedio. En este grupo se incluyen las traíllas montadas debajo de camiones, con longitudes de vertedera comprendidas entre 3 m y el tamaño intermedio.
- b) *Quitanieves intermedio.* Este tipo de arado quitanieves puede ser de cualquier diseño pero debería tener una

longitud de vertedera comprendida entre, aproximadamente, 3 m y 4,5 m. En este grupo se incluyen las traíllas montadas debajo de camiones con longitudes de vertedera comprendidas entre 3 m y 4,5 m.

- c) *Quitanieves grande.* Este tipo de arado quitanieves puede ser de cualquier diseño pero debería tener una longitud de vertedera de al menos 4,5 m. En este grupo se incluyen los quitanieves de tipo topadora para la plataforma y grandes quitanieves para fines especiales.
- d) Los vehículos sobre los cuales se montan los diversos tipos y tamaños de arados, pueden clasificarse como sigue:
 - 1) *Portaarados de tipo camión estándar.* Son camiones convencionales que satisfacen los requisitos relativos a los vehículos portadores de vertedera quitanieves de los aeropuertos.
 - 2) *Portaarados grandes para fines especiales.* Son vehículos construidos especialmente para trabajos de remoción de nieve en los aeropuertos que impliquen grandes volúmenes y fajas anchas a despejar.
 - 3) *Cargadoras de ruedas (cargadoras delanteras).* Son vehículos con equipo de fabricación estándar para operaciones de remoción de la nieve especializadas y a baja velocidad, tales como remoción de la nieve en las plataformas, operaciones de carga de nieve, amontonamiento y remoción de la nieve alrededor de las luces de pista y otras zonas restringidas.
 - 4) *Tractores industriales (tipos grandes de 4 × 4 solamente).* Son vehículos de fabricación estándar y accionamiento hidrostático que se utilizan para operaciones especializadas de remoción de nieve similares a las realizadas por las cargadoras de rueda, pero que exigen mayor velocidad y no implican operaciones de carga de nieve.
- 3. *Tipos de arados quitanieves.* Los tipos de arados convencionales que se enumeran a continuación, integran la familia de los arados quitanieves de aeropuerto. La unidad quitanieves puede ser de cualquier diseño que se ajuste a las orientaciones en materia de equipo que aquí se especifican y

deberían tener una capacidad para remoción de nieve/nieve fundente dentro de la necesaria anchura de faja, con deslizamiento o derramamiento mínimo a la velocidad de trabajo recomendada por los fabricantes. La eficacia del quitanieves debería corresponder a su uso previsto; es decir, cuando se utiliza junto con un soplanieves grande, un gran arado quitanieves reversible debería funcionar satisfactoriamente a todas las velocidades, densidades de nieve y espesores de la misma determinadas por el concepto de trabajo en equipo.

a) *Arado quitanieves con hoja de vertedera biselada en un sentido, a la derecha o a la izquierda.* Diseñado para llevar a cabo operaciones en pistas de gran volumen y de alta velocidad y zonas conexas, en combinación con otras máquinas, este arado quitanieves es de tipo convencional (para descargar nieve a un solo lado) con una vertedera biselada, accionada por medios hidráulicos con mandos convencionales manejados por el conductor desde la cabina. La cuchilla, dependiendo del tamaño del arado, puede tener una altura en el extremo de toma de aproximadamente 0,60 m a 0,76 m, y de 1,27 m a 2,03 m en el extremo de descarga. La cuchilla debería estar equipada con bordes de corte remplaceables, metálicos o no metálicos, según se especifique. La unidad debería comprender un dispositivo de seguridad para soltar la cuchilla (disparo) y un mecanismo manual o mecánico para ajustar su inclinación cuando se realicen operaciones de fines generales en zonas tales como plataformas y pistas. Cuando los bordes de corte sean de carburo de tungsteno, este quitanieves no debería utilizarse en superficies de pavimento con sistemas de luces empotradas. En estas zonas, se recomienda utilizar bordes de corte de caucho o poliuretano. Los quitanieves de este diseño no poseen la diversidad de funciones de los de tipo reversible y no se recomiendan para el uso general en los aeropuertos.

b) *Arado quitanieves con motor reversible, convencional.* Este arado quitanieves de gran tamaño se utiliza para operaciones de remoción de grandes volúmenes de nieve en las pistas, a altas velocidades, que requieran la capacidad de descargar nieve hacia la derecha o hacia la izquierda según ángulos de corte preseleccionados a partir de la posición frontal de topadora. Este quitanieves debería contar con un sistema de cuchilla desmontable, estar equipado con bordes de corte reemplazables y funcionar por medios hidráulicos con mandos convencionales emplazados en la cabina del operador. El diseño de la vertedera debería ser tal que los bordes de corte de carburo de tungsteno y de caucho/poliuretano puedan intercambiarse. El mecanismo hidráulico reversible debería permitir que la cuchilla tome cuatro posiciones, como mínimo, a cada lado de la posición de explanadora, con un ángulo máximo de hoja de 35° a 40°. La unidad debería estar equipada con un sistema automático de bloqueo y desbloqueo de la cuchilla y con un cuadro oscilante o flotante para todo el mecanismo y, cuando se especifique, dispositivos de disparo de seguridad. Asimismo,

el quitanieves debería estar equipado con zapatas o ruedas orientables de apoyo cuando se especifiquen bordes de corte no metálicos. También pueden especificarse inclinaciones ajustables de la hoja cuando se utilice este quitanieves para operaciones de remoción de fines generales. La longitud de la vertedera puede variar desde aproximadamente 1,8 m a 6 m en el borde del corte, con una altura aproximada de 0,88 m a 1,20 m. Cuando el quitanieves se utilice en zonas pavimentadas con sistemas de luces empotradas, se recomienda utilizar un borde de corte de caucho o de poliuretano, en vez del borde de carburo de tungsteno. Para aumentar la capacidad de arrojar nieve a distancia pueden especificarse extremos de entrada/salida con inclinación o curvatura más pronunciadas.

c) *Arado quitanieves basculante con borde de acero reversible.* Este quitanieves está diseñado para operaciones de remoción de grandes volúmenes de nieve a altas velocidades que exijan la capacidad de descargar nieve hacia la derecha o hacia la izquierda según un ángulo de corte fijo. No se recomienda la utilización de este equipo en zonas pavimentadas con sistemas de luces empotradas y no cuenta con la posibilidad de intercambiar cuchillas de caucho o poliuretano. El quitanieves tiene una vertedera con inclinación pronunciada en toda su longitud y, haciendo girar 180° la hoja según un eje horizontal, está en condiciones de quitar y descargar grandes volúmenes de nieve hacia la derecha o hacia la izquierda, según se desee. Debería contarse con un sistema de funcionamiento hidráulico regulado desde la cabina por medio de mandos convencionales para levantar, bajar y hacer girar la cuchilla. Ésta debería tener el mismo ángulo fijo cuando se haga girar a la derecha o a la izquierda y tener bordes de corte sustituibles de carburo de tungsteno. Asimismo, debería poderse bloquear y almacenar la cuchilla en posición vertical y proporcionarse también un enganche de montura adecuado entre ésta y el vehículo. La longitud de la vertedera puede variar entre aproximadamente 3 m y 4 m en el borde de corte y, dependiendo del tamaño, la altura de la misma puede ser de aproximadamente 1,50 m a 1,80 m en el extremo de descarga. Los arados quitanieves basculantes no vienen equipados con mecanismos automáticos de disparo de la cuchilla.

d) *Arado quitanieves con aletas niveladoras, a la derecha o a la izquierda.* La aleta niveladora se utiliza para operaciones pesadas de remoción de nieve y su mecanismo debería permitir el ajuste de la cuchilla a distintas alturas para las operaciones de nivelado o rebaje de cordones y bancos de nieve. La unidad debería ser capaz de quitar nieve a altas velocidades cuando se utilice junto con un arado quitanieves adecuado montado en la parte delantera del vehículo. No debe utilizarse este equipo en zonas pavimentadas con sistemas de luces empotradas. Debería contarse con un mecanismo hidráulico de mandos convencionales en la cabina para levantar, bajar y colocar la cuchilla en posición, tanto para la operación

de remoción de nieve como para su almacenamiento, y disponerse, para este último, de un margen adecuado con respecto a la cabina contra la parte lateral del camión. La cuchilla desmontable debería medir aproximadamente 0,62 m de altura en el frente y aproximadamente 0,88 m de altura en la parte posterior, y debería estar equipada con bordes de corte de carburo de tungsteno reemplazables, dispositivo de disparo de seguridad, abrazaderas laterales amortiguadoras y sistema de ajuste manual de la inclinación de la cuchilla. Las aletas deberían montarse a cada lado del vehículo mediante barras o postes y dispositivos de tipo grúa.

- e) *Arado quitanieves con cuchilla extensible.* El quitanieves de cuchilla extensible funciona sobre el costado derecho o izquierdo del vehículo en combinación con la cuchilla del arado quitanieves montada en la parte frontal, a efectos de aumentar la anchura de corte. Cuando esta cuchilla se utilice en zonas pavimentadas con sistemas de luces empotradas, debería especificarse un borde de corte de caucho o de poliuretano, en vez del tipo normal de carburo de tungsteno. La unidad debería funcionar por medios hidráulicos con mandos convencionales en la cabina del conductor del vehículo. La cuchilla desmontable debería tener aproximadamente 0,76 m de altura en la parte delantera y aproximadamente 1,52 m de altura en la parte posterior, y estar equipada con bordes de corte reemplazables, abrazaderas amortiguadoras laterales y un mecanismo de ajuste manual de la inclinación. La anchura efectiva de corte debería ser de aproximadamente 1,8 m y, cuando no se utilice, debería poderse plegar contra el costado del vehículo (manteniendo, obviamente, un cierto margen entre la cuchilla y la cabina) utilizando el propio mecanismo hidráulico. Pueden especificarse mandos independientes (situados en la cabina) para los extremos interior y exterior de la cuchilla, cuando así se requieran, en vez de un mando único. También debería proporcionarse un dispositivo de disparo de seguridad con posibilidad de disparo amortiguado a todas las velocidades de funcionamiento y el funcionamiento de dicho mecanismo de disparo debería poder ajustarse fácilmente. El frente de la cuchilla de extensión debería adosarse a un poste corto montado sobre el marco de empuje. También debería proporcionarse la posibilidad de elevar por lo menos 30 cm la parte delantera de la cuchilla, por medios hidráulicos. El montaje posterior debería consistir en un poste corto adosado al costado del chasis del vehículo, adecuadamente afianzado y reforzado para poder adosar al mismo el mecanismo de ajuste de la inclinación de la cuchilla de extensión, y todas las abrazaderas deberían contar con un dispositivo amortiguador de seguridad. El diseño y la instalación del montaje posterior deberían ajustarse a los requisitos en esa materia estipulados por el fabricante del vehículo. En la instalación debería incluirse una cadena de seguridad para cuando el vehículo se traslade y, asimismo, una forma de mantener la cuchilla en una posición plegada segura.

- f) *Arado quitanieves grande de empuje, de faja ancha, reversible con aletas plegables.* Este arado quitanieves está diseñado para ser utilizado en operaciones de faja ancha (tanto a altas como a bajas velocidades). La unidad debería funcionar por medios hidráulicos con mandos convencionales. Todos los mandos deberían estar situados en la cabina para ser manejados por el conductor. La sección central de la cuchilla principal montada en la parte delantera del vehículo puede tener una longitud de aproximadamente 3 m a 6 m, dependiendo del diseño, con dos secciones de aletas plegables movidas por medios hidráulicos, una a la derecha y otra a la izquierda, cuyas longitudes respectivas pueden variar de 1 m a 3 m. La anchura máxima de la cuchilla con las aletas laterales extendidas llega aproximadamente a 9 m. Dependiendo del diseño, la sección central y las aletas deberían estar equipadas con ruedas de orientación libre para tareas pesadas. El mecanismo de inversión y las secciones de las aletas deberían diseñarse a efectos de minimizar el daño que pueda sufrir el arado si golpea contra proyecciones del pavimento a altas velocidades. El borde de corte debería ser de poliuretano, de caucho (para las zonas pavimentadas con sistemas de luces empotradas) o de carburo de tungsteno. Los arados quitanieves grandes de este tipo pueden exigir que se monten en vehículos especiales de potencia y peso bruto GVW relativamente altos. Cuando la cuchilla de empuje se instala regulada al ángulo máximo y se pliegan las aletas, la unidad debería poder pasar a través de por lo menos una puerta de la instalación de mantenimiento del aeropuerto.
- g) *Trailla inferior.* Este arado quitanieves va suspendido debajo del vehículo, está diseñada para obtener la máxima capacidad de maniobra en zonas restringidas sin sistemas de luces empotradas en el pavimento, y para romper y empujar hielo y nieve compactados. La unidad debería funcionar por medios hidráulicos o neumáticos con mandos convencionales en la cabina. Dependiendo del tamaño del arado quitanieves, la longitud de la cuchilla debería tener un máximo de, aproximadamente, 3,6 m con un radio de curvatura de la vertedera de 30 cm a 50 cm y un borde de corte desmontable de acero al carburo de tungsteno. La vertedera debería ser de acero duro con un espesor de cuchilla mínimo de 1,2 cm. El arado quitanieves debería ser de mando reversible permitiendo cambiar el ángulo de la hoja hacia la izquierda o hacia la derecha a partir de la posición de topadora. El sistema debería estar equipado con un dispositivo ajustable de presión sobre el suelo. Asimismo, debería proporcionarse un sistema de disparo de suspensión por amortiguadores, para evitar posibles daños causados por cargas introducidas repentinamente, y también con un sistema para plegar o elevar la cuchilla para su transporte dejando un mínimo de 15 cm de margen con respecto al suelo. El dispositivo para suspender la cuchilla debajo del vehículo debería construirse a efectos de proporcionar la mayor superficie posible de distribución de carga para la vertedera. Los

discos de giro sobre los que se fija la hoja deberían ser del tipo soldado con cuatro trancas de posición, por lo menos, de funcionamiento manual o automático.

- h) *Arado quitanieves para plataformas.* La cuchilla para plataforma debería diseñarse para ser montada en un remolcador de aviones, en un cargador autopropulsado, en un tractor industrial o en otros vehículos similares diferentes del vehículo quitanieves normal. Esta unidad se utiliza en operaciones de faja ancha y a baja velocidad, en zonas de la plataforma en las que se dispone de poco espacio para maniobrar. El arado quitanieves debería ser adecuado para empujar nieve y nieve fundente de los alrededores del edificio terminal, puertas y zonas de la plataforma, y no debería utilizarse en zonas pavimentadas con sistemas de luces empotradas. La unidad debería tener una vertedera de hasta 6 m de longitud, con una curvatura profunda, una altura de 1,42 m y, con carácter opcional, podría contar con placas laterales completas. El borde de corte de acero al carburo de tungsteno, remplaceable, debería fijarse en la posición de topadora. El enganche de la cuchilla debería ser del tipo de deslizamiento vertical o cualquier otra configuración similar que permita la desconexión rápida, y el quitanieves debería estar equipado con dos zapatas o dos ruedas de orientación libre de apoyo por lo menos. También pueden proporcionarse, cuando sea conveniente, patas de estacionamiento y, en algunos modelos, las zapatas del arado quitanieves pueden desempeñar esta función.

- i) *Quitanieves con cucharón (de uso general).* Las palas o cucharas deberían utilizarse en vehículos cargadores normales, o tipos similares, y montarse mediante un enganche de desconexión rápida, sin que sea necesario modificar la configuración. Los cucharones para nieve se utilizan en operaciones de carga de nieve, remoción de cordones de nieve y amontonamiento de nieve para almacenamiento y transporte. Deberían estar contruidos en acero con arreglo a las técnicas normales de construcción de quitanieves. La capacidad del cucharón debería estar comprendida entre 1 m³ y 4 m³. El cucharón debería poder inclinarse hacia adelante a un ángulo mínimo de 20°, inclinarse en sentido transversal y funcionar también a nivel. La inclinación del cucharón puede proporcionarse mediante el mecanismo articulado del propio vehículo.

- j) *Quitanieves con cesta.* Se utilizan en vehículos de tipo cargador con dispositivos de enganche de desconexión rápida. Este cucharón de tipo cesta se utiliza en operaciones de carga de nieve y funciona en forma similar a cucharones estándar. La cesta debería tener una anchura de entre 2,7 m y 5,1 m. Las características de maniobrabilidad deberían corresponder a las del cucharón para nieve. Deberían estar contruidos en acero flexible y montarse en un marco de acero para lograr el peso mínimo sin pérdida de fuerza. El marco de la cesta debería construirse en forma tal que se evite la deformación de la misma con cargas máximas de nieve y en operaciones normales.

Apéndice 8

Textos afines de lectura

1. Pueden obtenerse ejemplares de las siguientes publicaciones del National Technical Information Service, Springfield, Virginia, U.S.A. 22151:
 - Pavement Grooving and Traction Studies, Report No. NASA 5P-507, 1969.
 - A Comparison of Aircraft and Ground Vehicle Stopping Performance on Dry, Wet, Flooded, Slush, and Ice-covered Runways, Report No. NASA TN D-6098, noviembre de 1970.
 - Runway Friction Data for 10 Civil Airports as Measured with a Mu Meter and Diagonal Braked Vehicle, Report No. FAA-RD-72-61, julio de 1972.
 - Effects of Pavement Texture on Wet-Runway Braking Performance, Report No. NASA TN D-4323, enero de 1969.
 - Porous Friction Surface Courses, Report No. FAA-RD-73-197, febrero de 1975.
 - Laboratory Method for Evaluating Effect of Runway Grooving on Aircraft Tires, Report No. EAA-RD-74-12, marzo de 1974.
 - Investigation of the Effects of Runway Grooves on Wheel Spin-up and Tire Degradation, Report No. FAA-RD-71-2, abril de 1971.
 - Environmental Effects on Airport Pavement Groove Patterns, Report No. FAA-RD-69-37, junio de 1969.
 - The Braking Performance of an Aircraft Tire on Grooved Portland Cement Concrete Surfaces, Report No. FAA-RD-80-78, enero de 1981.
 - Braking of an Aircraft Tire on Grooved and Porous Asphaltic Concrete, Report No. DOT-FAA-RD-82-77, enero de 1983.
 - Analytical and Experimental Study of Grooved Pavement Runoff, Report No. DOT-FAA-PM-83/84, agosto de 1983.
 - Surveys of Grooves in Nineteen Bituminous Runways, Report No. FAA-RD-79-28, febrero de 1979.
 - Modified Reflex-Percussive Grooves for Runways, Report No. DOT-FAA-PM-82-8, marzo de 1984.
 - The Correlation and Performance Reliability of Several Types of Friction Measuring Devices.
 - Reliability and Performance of Friction Measuring Tires and Friction Equipment Correlation, Report No. DOT/FAA/AS-90-1, marzo de 1990.
2. El documento "Evaluation of Two Transport Aircraft and Several Ground Test Vehicle Friction Measurements obtained for Various Runway Surface Types and Conditions, NASA Technical Paper 2917", de febrero de 1990, puede obtenerse de la NASA, Code NTT-4, Washington, D.C., U.S.A. 20546-0001.
3. Pueden obtenerse ejemplares del "American Society for Testing and Materials Specifications" de ASTM, 1916 Race Street, Philadelphia, Pennsylvania, U.S.A. 19103.

— 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 2002
4/02, S/P1/600

Núm. de pedido 9137P2
Impreso en la OACI