

FUERZA AEREA

DIRECCIÓN NACIONAL DE AVIACIÓN CIVIL E INFRAESTRUCTURA
AERONÁUTICA DIRECCIÓN GENERAL DE AVIACIÓN CIVIL - DIRECCIÓN
SEGURIDAD OPERACIONAL DIVISIÓN NAVEGACION AÉREA

DEPARTAMENTO DE SERVICIOS AEROPORTUARIOS E INFRAESTRUCTURA AERONAUTICA



Uruguay

CIRCULAR DE ASESORAMIENTO

CA : CA.UY.AGA.5.A
FECHA : 04/01/18
EDICIÓN : Enmienda 2
EMITIDA POR : DEPTO AGA

ASUNTO: MEDICIÓN DEL COEFICIENTE DE ROZAMIENTO EN PISTAS

Sección A – Propósito

Esta Circular de Asesoramiento (CA) busca promover la aplicación uniforme de las especificaciones para las características de rozamiento de una pista, así como brindar información y guía a los operadores aeroportuarios para su uso, cuyas instalaciones aeroportuarias están vinculadas con lo que establece la regulación técnica LAR 154 "Diseño de Aeródromos", LAR 154 Apéndice 2 Diseño de Aeródromos Capítulo 1 – Características Físicas del Aeródromo, LAR 154 Apéndice 3 Pavimentos Capítulo 4 – Fricción, LAR 153 Apéndice 11 Capítulo 8 – Rozamiento en las Superficies, siendo además una guía para los inspectores de aeródromos de la DINACIA.

Surge como respuesta a la necesidad de establecer orientación estandarizada requerida por la OACI en su programa USOAP, para contribuir a la seguridad de las operaciones aéreas en las áreas que circundan los aeródromos civiles, en procura de que los Operadores de aeródromos establezcan sus procedimientos de manera armonizada al tipo de actividades que se realizan, de forma tal que logren proporcionar la vigilancia y control adecuado que asegure el nivel de seguridad requerido y en caso contrario notifiquen a las autoridades de la DINACIA para que ponga en conocimiento de los usuarios y tome las medidas correspondientes, sobre situaciones que puedan poner en riesgo la seguridad de las operaciones de las aeronaves en tales áreas

Esta Circular de Asesoramiento tiene como propósito establecer criterios que permitan brindar información confiable y oportuna sobre la disminución de la capacidad de frenado de las aeronaves en condiciones meteorológicas adversas en las pistas y adoptar las medidas conducentes a mantener la resistencia al deslizamiento en valores aceptables y en vigencia. Esta tarea es de responsabilidad de los operadores de aeródromos concesionados y no concesionados de acuerdo a lo establecido en el LAR 154 "Diseño de Aeródromos",

Sección B – Alcance

Esta Circular de Asesoramiento (CA) proporciona un método aceptable, pero no el único, para guiar a los operadores de aeródromos sobre los pasos que deberán seguir al momento de desarrollar y establecer los procedimientos operacionales en la vigilancia y notificaciones de las condiciones de las superficies de las pistas.

Un operador de aeródromo puede utilizar métodos alternos de cumplimiento, siempre que dichos métodos sean aceptables a la DINACIA.

La utilización del futuro del verbo o del término "debe" se aplica a un operador de aeródromo que elige cumplir los criterios establecidos en esta circular de asesoramiento.

Los requisitos y procedimientos contenidos en la presente Circular de Asesoramiento, en el caso de ser utilizados por el operador de aeródromos, deberán considerarse en forma obligatoria y de implementación completa, no resultando aceptables las implementaciones parciales de los mismos.

Sección C – INTRODUCCIÓN

La capacidad de frenado de las aeronaves está estrechamente ligada al coeficiente de rozamiento entre la superficie del pavimento y el neumático; por lo tanto en la Sección E se establecen los valores del coeficiente de rozamiento para distintos niveles de servicio, basados en la experiencia internacional.

CA1. DESCRIPCIÓN

- a) A los efectos de cumplir con el objeto de la presente Circular, los Operadores de aeródromo, deberán arbitrar los medios para informar regularmente al Jefe del Aeródromo y a la DINACIA, los coeficientes de rozamiento de los pavimentos de las pistas. La periodicidad en brindar la información por los operadores de aeródromos, estará en función de la cantidad de movimientos de operaciones año de cada aeródromo, según el Doc. 9137 P 2 Estado de la superficie de los pavimentos - Medición de las características de rozamiento en superficies pavimentadas.
- b) A tal fin se deberán efectuar mediciones que cumplirán con los siguientes requisitos:

(1) Equipo de medición

- (a) Deberá ajustarse en lo normado en la Sección F.

(2) Personal responsable de operar el equipo

- (a) El personal responsable de operar el equipo deberá cumplir con lo establecido en la Sección G.
- (b) Asimismo dicho personal deberá estar debidamente facultado para efectuar tareas en áreas operativas, de acuerdo a la Circular emanada por la Autoridad competente.

(3) Procedimiento para efectuar las mediciones

- (a) El procedimiento para efectuar las mediciones se ajustará a lo normado en la Sección H.

(4) Periodicidad de las mediciones

- (a) Las mediciones serán efectuadas de acuerdo a las necesidades de cada aeródromo. Las tareas de mantenimiento preventivo se deberán efectuar mediante una programación por cada aeródromo de acuerdo a los movimientos de aeronaves anuales como se indica en la Sección I de esta Circular
- (b) Independientemente de la programación o periodicidad establecida, cuando el personal de un aeródromo, con injerencia en las operaciones aéreas, observe o reciban informes de los comandantes de aeronaves, referidos al estado resbaladizo de la pista, se deberán efectuar trabajos de mantenimiento extraordinarios, mediante mediciones no programadas.

- (c) Eventualmente el Jefe de Aeródromo y la DINACIA, podrán requerir al Operador del aeródromo una medición de control o verificación.
- (d) En todos los casos se emplearán los mismos criterios establecidos en esta Circular

Sección D Responsabilidades del Operador del Aeródromo

CA1. Operador del aeródromo

- a) El Operador del aeródromo será el responsable de la realización de las mediciones según esta Circular, como así también de la distribución, registro y archivo de la información recabada.
- b) En todos los casos deberá entregar de inmediato a la DINACIA, los resultados de las mediciones de rozamiento efectuadas.
- c) Deberá relevar y cuantificar en extensión todas las áreas que, según su observación, presenten las siguientes deficiencias:
 - (1) Zonas anegadas de las pistas, cuando la profundidad promedio del agua almacenada por lluvias, en algún sector de 350 metros de longitud, exceden un nivel de acumulación superior a los 3 mm.
 - (2) Zonas con bajo ranurado de las pistas, cuando la altura del mismo se ha reducido a la mitad de su profundidad inicial.
 - (3) Zonas de pistas con fisuras.
 - (4) En función de los coeficientes de rozamiento obtenidos, el Operador del aeródromo deberá tomar los recaudos que se indican en la Sección H informando a la DINACIA, las características y oportunidad de las acciones correctivas a implementar.

CA2. Coeficientes de rozamiento por debajo del valor aceptable

- a) Cuando los coeficientes de rozamiento se encuentren por debajo del valor mínimo aceptable definido en la Sección E, el Jefe del aeródromo efectuará la publicación correspondiente, mediante NOTAM.
- b) El Operador del aeródromo implementará con el debido tiempo y oportunidad las acciones correctivas a instrumentar.

CA3. La DINACIA,

- c) La DINACIA, fiscalizará el estricto cumplimiento de esta Circular, por intermedio de la Dirección de Infraestructura, supervisara las mediciones que se realicen, efectuará la evaluación técnica de los resultados y verificará la proposición de acciones correctivas a implementar.
- d) De determinarse la necesidad de llevar a cabo acciones correctivas, el Operador del aeródromo del aeródromo informará inmediatamente a la DINACIA, una vez subsanados los problemas que las motivaron.

Sección E CLASIFICACIÓN DEL NIVEL DE ROZAMIENTO

CA1. OBJETO

- a) Clasificar los niveles de rozamiento entre las superficies de los pavimentos de las pistas y los neumáticos de las aeronaves, con el fin de evaluar el deterioro del rozamiento superficial, para adoptar las acciones correctivas apropiadas que garanticen la seguridad de las operaciones aéreas.

CA2. ALCANCE

- CA3. Los niveles de rozamiento definidos en este Sección C son aplicables con los alcances especificados en las normas que involucran la medición del rozamiento de los pavimentos de las pistas.

CA4. INTRODUCCIÓN

- a) Actualmente funcionan en diversos aeródromos a escala mundial, diferentes tipos de equipos de medición de rozamiento de dispares características técnicas operacionales.
- b) Para la presente Circular, cuando se haga referencia a los valores de coeficientes de rozamiento, serán exclusivamente los obtenidos con los equipos descritos en el LAR 154 y LAR 153 y en la Presente Circular - Determinación del Coeficiente de rozamiento en Pavimentos de Pistas No Cubiertas de Hielo o Nieve, o su equivalente proveniente de otro método compatible aprobado por la DINACIA.

CA5. DISPOSITIVOS DE MEDICIÓN DE ROZAMIENTO EN LA PISTA

- a) Posibilidad de normalización
 - (1) Actualmente funcionan en aeródromos de diversos Estados varios tipos de equipos de medición del rozamiento. Se incorporan a ellos diversos principios que difieren en cuanto a las características básicas de índole técnica y operacional. Los resultados de varios programas de investigación para obtener la analogía de 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.
- b) Las Especificaciones técnicas básicas de los dispositivos de medición del rozamiento deben cumplir con el Documento 9137 Sección 2 Capítulo 5 de la OACI.

CA6. Análisis general de los dispositivos de medición del rozamiento.

- a) Se utilizan en general diversos dispositivos de medición del rozamiento: medidor del valor μ , medidor del asentamiento, medidor del rozamiento en la pista, el deslizómetro y el medidor de rozamiento en la superficie.
- b) El éxito de las mediciones del rozamiento depende del personal responsable del funcionamiento de los dispositivos. Para garantizar que los datos del rozamiento resulten fiables, es esencial instruir adecuada y profesionalmente al personal acerca del funcionamiento, mantenimiento y procedimiento para llevar a cabo las mediciones del rozamiento.

- c) También es fundamental establecer un sistema de instrucción periódica para supervisar, actualizar y certificar que los operadores de aeródromos 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.
- d) 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.
- e) Deben calibrarse periódicamente los dispositivos de medición del rozamiento dotados de sistemas de auto humectación para asegurarse que funcione dentro de los límites de tolerancia proporcionados por los fabricantes, el régimen de flujos 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.

CA7. Medidor del valor MU ver la Sección F

CA8. Medidor del Rozamiento en la pista

- a) El medidor del rozamiento en la pista es un vehículo dotado de una quinta rueda que está conectada con el eje posterior mediante un transmisor de engranaje de cadenas. 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 de rozamiento. Este método elimina la necesidad de filtrado de las desviaciones del vehículo y los efectos de desgaste de los neumáticos, proporcionando así mediciones instantáneas del rozamiento dinámico. Se genera una carga vertical de 136 Kg en la rueda de medición de rozamiento basándose en pesos montados en un ensamblaje de dobles resortes para absorción de impactos. El medidor de rozamiento en la pista se entrega de fábrica junto con un sistema de auto humectación y con un tanque de agua.
- b) En una computadora digital se calculan las velocidades 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. Los 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. El teclado contiene todas las selecciones de menú y las funciones que puedan incorporarse a la computadora digital.
- c) 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 $\bar{\mu}$. La transmisión continúa durante el recorrido a intervalos adecuados hasta presentar en pantalla la longitud total del recorrido de inspección. El Operador del aeródromo puede seleccionar tres escalas de gráficos: 25 mm equivalen aproximadamente a 30 m, 90 m y 300 m.

CA9. Deslizómetro

- a) El deslizómetro BV-11 es un remolque dotado de una rueda de medición del rozamiento diseñada para funcionar a una relación fija de resbalamiento entre el 15% y el 17%, según la configuración del neumático de ensayo. 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 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. Para funcionar el deslizómetro debe remolcarse por un vehículo. Si está equipado de un sistema de auto humectación debe proporcionarse un tanque de agua con el vehículo y un conducto para llevar el agua a la tobera, montado por delante de la rueda de ensayo en el deslizómetro BV-11.
- b) El par de torsión aplicado a la rueda de medición del rozamiento se mide mediante un transductor especial de par de torsión. La velocidad de remolque se mide mediante un tacómetro, impulsado por una de las cadenas de rodillo. Un cable entre el remolque y el vehículo remolcado convierte señales analógicas que se envían a un registrador de gráfico de cinta, situado en el vehículo remolcado. 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 del aeródromo 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.

CA10. Medidor del rozamiento en la superficie.

- a) El medidor de rozamiento en la superficie es un automóvil que utiliza una quinta rueda situada en el portaequipaje para medir el coeficiente de rozamiento. El automóvil es de tracción en las ruedas delanteras y un motor turbo 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 instalado en la rueda de medición del rozamiento. Se entrega de fábrica el medidor del rozamiento en la superficie con un sistema de auto humectación y con un tanque de agua, montado en el asiento posterior del vehículo.
- b) El par de torsión que actúa en la rueda de medición del rozamiento, así como la distancia recorrida se transmite 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 de 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

análogas en coeficiente 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 correspondientes a toda la longitud objeto de inspección. Se registran también en el gráfico de cinta, las velocidades durante todo el ensayo y los datos necesarios para identificar el ensayo. La escala para distancia de medición en el gráfico de cinta es de 25 mm de la longitud del papel equivalen a 100 m.

CA11. Medidor de asimiento

- a) El medidor de asimiento es un remolque ligero de tres ruedas que pesa 83 kg. Para funcionar puede ser remolcado por un vehículo o empujado a mano. El método de funcionamiento es a base de una rueda única con un neumático de banda de rodadura lisa que resbala a una relación del 14.5% de la velocidad hacia delante, mediante una transmisión por cadena a partir de un eje principal de dos ruedas. Los sensores se instalan en un eje único de la rueda de medición y proporciona datos continuos que aparecen en pantalla en el panel de instrumentos del remolque. Los datos se transmiten también a una pequeña computadora, transportada en la cabina del vehículo de remolque. En la micro computadora se indican también los valores del rozamiento como lecturas puntuales, o promedios entre sucesos, promedios en un tercio de la pista y promedios para la longitud de la pista. También puede presentarse en pantalla una traza que indica las lecturas de rozamiento comparadas con la distancia recorrida. Esta traza es factible imprimirla para un registro permanente y también servir de datos de entrada a una computadora PC.

CA12. TABLA DE EQUIVALENCIAS DE VALORES DE ROZAMIENTO

- a) A continuación se expresan los valores de rozamiento en la Tabla A, cuyos valores son absolutos y se aplicarán sin ninguna tolerancia. Estos valores se obtuvieron mediante estudios de investigación y de la experiencia internacional.
- b) Además se proporciona orientación para establecer el "objetivo de diseño" de las superficies nuevas de pista, el nivel previsto de mantenimiento y el nivel mínimo de rozamiento en la superficie de las pistas en uso.

CA13. Pavimentos nuevos

- a) Una vez concluidas las obras nuevas o de repavimentación que se efectúen a los fines de ampliar la capacidad o para mantenimiento correctivo de las pistas, el Operador del aeródromo efectuará una medición para verificar el cumplimiento de los parámetros "Objetivo de diseño", propuestos en el proyecto del nuevo pavimento. El correspondiente informe se encauzará de acuerdo a lo indicado en la Sección C

Tabla A - 1

	Neumático Tipo	Neumático Presión (Kpa)	Velocidad (Km./h)	Profundidad Agua en ensayo (mm)	Objetivo Diseño Superficies nuevas	Nivel Previsto Mantenimiento	Nivel Mínimo rozamiento
Mu	A	70	65	1,0	0,72	0,52	0,42
Mu	A	70	95	1,0	0,66	0,38	0,26
Deslizómetro	B	210	65	1,0	0,82	0,60	0,50
Deslizómetro	B	210	95	1,0	0,74	0,47	0,34
Vehículo Rozamiento superficie	B	210	65	1,0	0,82	0,60	0,50
	B	210	65	1,0	0,74	0,47	0,34
Vehículo Rozamiento pista	B	210	65	1,0	0,82	0,60	0,50
	B	210	65	1,0	0,74	0,54	0,41
TATRA	B	210	65	1,0	0,76	0,57	0,48
TATRA	B	210	95	1,0	0,67	0,52	0,42
GRIPTESTER	B	210	65	1,0	0,74	0,53	0,43
GRIPTESTER	B	210	95	1,0	0,64	0,36	0,24

CA14. DESCRIPCIÓN

Se definen los siguientes niveles de servicio, o sus equivalentes:

CA15. Nivel mínimo

Se definen como niveles mínimos de rozamiento a los valores de $\tilde{\mu} = 0,42$ (determinado a partir de mediciones efectuadas a una velocidad de 65 km./h) y $\tilde{\mu} = 0,26$ (obtenido a 95 km./h)

CA16. Nivel de mantenimiento

Se definen como niveles de mantenimiento a los valores de $\tilde{\mu} = 0,52$ (determinado a partir de mediciones efectuadas a una velocidad de 65 km./h) y $\tilde{\mu} = 0,38$ (obtenido a 95 km./h)

CA17. Nivel de diseño

Se definen como niveles de diseño a los valores de $\tilde{\mu} = 0,72$ (determinado a partir de mediciones efectuadas a una velocidad de 65 km./h) y $\tilde{\mu} = 0,66$ (obtenido a 95 km./h).

Sección F EQUIPO PARA MEDICIÓN DEL ROZAMIENTO

CA1. OBJETO

- a) Describir las características de los equipos que se utilizarán para efectuar mediciones de coeficientes de rozamiento.

CA2. ALCANCE

- a) El equipamiento aquí descrito es el utilizado para definir los valores correspondientes a los distintos niveles de servicio establecidos en la Sección C a la Circular para la Determinación del Coeficiente de rozamiento en Pavimentos de Pistas No Cubiertas de Hielo o Nieve.
- b) El mencionado equipamiento no resulta excluyente, y podrá utilizarse cualquier otro equipamiento que acredite debidamente una correlación entre las mediciones efectuadas, según descripciones efectuadas en la Sección C y las realizadas con el sistema aquí descrito.

CA3. INTRODUCCIÓN

- a) En los aeródromos de los Estados contratantes de la Organización de Aviación Civil existen diferentes equipos de MEDICIÓN DEL ROZAMIENTO de distintas características técnicas y operacionales, de los cuales se toma como referencia el que se describe a continuación.

CA4. DESCRIPCIÓN

- a) El medidor del valor μ (que en lo sucesivo se identificará con la sigla MM) es un remolque de 245 Kg diseñado para medir el rozamiento asociado a la fuerza lateral generada entre los neumáticos de medición del rozamiento que pasan por encima del pavimento de la pista con un ángulo de inclinación de 15°.
- b) El remolque está construido sobre un bastidor triangular, al que se articulan dos ruedas delanteras para la medición de rozamiento y una posterior que proporciona estabilidad al transporte durante su funcionamiento.
- c) Se genera una carga vertical de 78 kg. mediante un lastre que asegura una presión uniforme entre las ruedas de medición de rozamiento y el pavimento.
- d) Las ruedas de medición de rozamiento funcionan a una relación efectiva de resbalamiento de 13,5%.
- e) La rueda posterior tiene banda de rodadura especial, de tamaño 4-8 (16x4, 6 pliegues, RL2). El neumático funciona a una presión de inflado de 70kPa.
- f) El medidor del valor μ es arrastrado por un vehículo con sistema de auto humectación, que posee un tanque de agua que suministra el líquido a las toberas instaladas en el vehículo de remolque.
- g) El tele sensor es un registrador fotoeléctrico de eje sellado, montado en la rueda posterior del remolque, que lee impulsos digitales en incrementos de mil por cada revolución de rueda, y los transmite al acondicionador de señales para realizar los cálculos cada vez que el remolque recorre una distancia de un metro.
- h) La célula de carga es un transductor electrónico montado entre el elemento fijo y móvil, del bastidor triangular, el cual examina diminutas modificaciones de la tensión en las ruedas de medición de rozamiento.
- i) 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 tele sensor.
- j) Las señales del tele sensor de la rueda posterior proporcionan la medición de la distancia y combinadas con incrementos de tiempo real, la medición de la velocidad.

Sección G PERSONAL RESPONSABLE DE OPERAR EL EQUIPO

CA1. OBJETO

- a) Describir las características de la capacitación que deben conservar el personal encargado de realizar las mediciones del coeficiente de rozamiento, dependiente del Operador del aeródromo.

CA2. ALCANCE

- a) Todo personal que se encuentre afectado a la operación de los equipos de medición del coeficiente de rozamiento deberá cumplir con lo establecido en el presente Circular y poseer la certificación de habilitación emitida por la Autoridad competente.

CA3. INTRODUCCIÓN

- a) El éxito de las mediciones del coeficiente de rozamiento depende en gran Sección del personal responsable del funcionamiento de los dispositivos. Para garantizar que los datos de rozamiento sean fiables, es esencial la instrucción adecuada y profesional del personal acerca del funcionamiento, mantenimiento y procedimientos para efectuar mediciones de rozamiento. Además se deberá instrumentar la permanente actualización del personal que desempeña dichas tareas.

CA4. DESCRIPCIÓN

- a) Instrucción
 - (1) La experiencia demuestra que si no se implementa un sistema de entrenamiento permanente, el personal no podrá estar en condiciones de conocer y aplicar nuevos adelantos en técnicas de calibración, mantenimiento y operación.
 - (2) El personal responsable de la operación de los equipos de medición de rozamiento debe someterse a una instrucción periódica para supervisar y certificar que se mantienen actualizados, con un alto grado de pericia y eficiencia en sus funciones.
 - (3) Este entrenamiento es de responsabilidad del Operador del aeródromo y debería proveerlo el fabricante, como Sección integrante del paquete de compra del equipamiento o como contrato complementario.
 - (4) Estos programas de instrucción deben poseer una sección dedicada a clases de instrucción, otra a la aplicación práctica de la calibración, operación y mantenimiento del equipo (tanto de medición como de humectación), y a la evaluación de los conocimientos adquiridos.
 - (5) Al finalizar el período de capacitación se entregará a los participantes un certificado que acredite el entrenamiento recibido y aprobado.

CA5. Las clases de instrucción deben proporcionar al interesado:

- a) Propósito del programa de entrenamiento
- b) Regulaciones relacionadas con la medición de rozamiento, los equipos, los neumáticos y los aditamentos de humectación utilizados para dicha medición que resulten racionales, o acordes a lo normado por organismos internacionales como la OACI (Organización de Aviación Civil Internacional) y la FAA (Federal Aviation Administration).
- c) Definición del coeficiente de rozamiento. Factores que afectan las condiciones de roce. Programas de computación utilizados por la OACI y la FAA para el cálculo del coeficiente de rozamiento, de calibración, operación y mantenimiento del equipo (tanto de medición como de humectación).
- d) Procedimientos de notificación de los valores de rozamiento y de la información al Jefe del aeródromo para que pueda emitir los NOTAM.

CA6. Conocimientos mínimos

- a) Para asegurar la fiabilidad de las mediciones, el personal debe conocer técnicas de calibración, mantenimiento y operación.
- b) Saber los procedimientos y frecuencias necesarios para verificar y calibrar los dispositivos de medición de rozamiento, de manera de asegurar el mantenimiento de los márgenes de tolerancia proporcionados por el fabricante.
- c) Poseer la capacidad para calibrar los dispositivos de humectación con una frecuencia determinada, para mantener el régimen de flujo de agua en los límites de tolerancia proporcionados por el fabricante, de manera de asegurar que el flujo laminar de agua resulte siempre uniforme y se aplique equilibradamente por delante del neumático de medición de rozamiento, en toda la gama de velocidades del vehículo.

CA7. Elementos con los que debe disponer

- d) El personal del Operador del aeródromo responsable de la operación de los equipos de medición de rozamiento tendrá a disposición un "Manual de Instrucción y Entrenamiento" del equipo, permanentemente actualizado, provisto por el fabricante.

Sección H PROCEDIMIENTO PARA EFECTUAR LAS MEDICIONES

CA1. OBJETO

- a) Describir los procedimientos para la medición del coeficiente de rozamiento.

CA2. ALCANCE

- a) Los procedimientos definidos en esta Sección son de aplicación para todas las mediciones del coeficiente de rozamiento que se efectúen en las pistas de los aeródromos y aeródromos del Sistema Nacional de Aeródromos.

CA3. INTRODUCCIÓN

- a) El presente Sección desarrolla la metodología de trabajo correspondiente al procedimiento de medición del coeficiente de rozamiento y los controles necesarios para asegurar la estandarización de las mediciones.
- b) La documentación consultada para la elaboración de esta Circular fueron el LAR 154 y LAR 153 y el Documento 9137-AN/898 Sección 2, del Manual de Servicios de Aeródromos, Estado de la Superficie de los Pavimentos de la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI). Complementariamente, se consideró el manual operativo del equipo de medición continua denominado Mu Meter Mark 5 (MM), Revisión del 26 de junio de 1995.

CA4. DESCRIPCIÓN

- a) Documentación aplicable
 - (1) La documentación técnica aplicable para la ejecución del proceso de control es la correspondiente al equipo utilizado como referencia.
 - (2) Todos los protocolos de la máquina deberán conservarse en lugares protegidos y con acceso para las personas autorizadas y los Entes de control intervinientes.
 - (3) En todo momento deberá demostrarse que la documentación técnica utilizada es la última versión autorizada por sus emisores y con los anexos propuestos por el personal técnico calificado.
- b) Calibración del cero
 - (1) La calibración del equipo se realizará una vez por mes, tal como establece el Manual, excepto que se produzca alguna eventualidad o traslado que pueda generar su descalibración.
 - (2) Previo a la operación de calibración, el Operador del aeródromo registrará en el formulario específico, **Planilla de Medición según Documento 9137 - P2 de la OACI**, la presión media de las ruedas del equipo.
 - (3) El manómetro de control será contrastado con periodicidad, según lo establecido por entidad reconocida oficialmente y el informe correspondiente deberá archivar.
 - (4) El Operador del aeródromo conservará todos los registros que imprima la máquina en cada uno de los intentos de calibración. Estos documentos se

conservarán en los archivos del Operador del aeródromo y estarán disponibles para su consulta por todos los involucrados en el control.

- (5) La información que registra el equipo cuando alcanzó la calibración, será archivada. Este dato, además, quedará en memoria de la computadora para el momento en que resulte necesario consultarlo.
- (6) El Operador del aeródromo firmará en este documento, y se adosará a los informes de cada medición en pistas.
- (7) La operación de calibración estará programada por el Operador del aeródromo de acuerdo a lo estipulado por el fabricante. La existencia del programa no invalida la necesidad de calibraciones no programadas cuando las circunstancias lo exijan, la que deberá registrarse.
- (8) La operación de calibración podrá incluir comentarios finales por el Operador del aeródromo, los cuales serán incluidos en la **Planilla de Medición según Documento 9137 - P2 de la OACI**.

c) Medición del Coeficiente de rozamiento en Pistas

- (1) Para la realización de las mediciones debe seguirse estrictamente lo que establezca el Manual del MM. Se tendrá especialmente en cuenta:

- (a) Calibración del equipo.
- (b) Ajuste del caudal de agua.

d) Datos necesarios para iniciar la operación

- (1) El Operador del aeródromo del MM elaborará un informe cada vez que efectúa la medición (**Planilla de Medición según Documento 9137 - P2 de la OACI**) donde deberá incluir la siguiente información previa a la iniciación:

- (a) Fecha.
- (b) Pista: identificación, dimensiones, orientación y tipo de pavimento.
- (c) Condiciones meteorológicas en general y velocidad/dirección del viento.
- (d) Velocidad de avance del MM.
- (e) El valor prefijado de 65 ó 95 km./h
- (f) Cuando las condiciones operativas resulten distintas a los valores prefijados de velocidad, se evaluará el Registro Gráfico de la Medición (RGM) del MM.
- (g) Para 65 km./h la cantidad de agua será de 66 galones/minuto y para 95 km./h de 99 galones/minuto.

e) Requerimientos para la medición

- (1) El Operador del aeródromo, de acuerdo a la responsabilidad especificada conferida por la presente Circular, dispondrá de la información completa sobre el estado de la pista, incluyendo las zonas con deficiente de drenaje, (por retención o almacenamiento de agua), deterioros en el ranurado y deficiencias de tipo estructural. Cualquiera de estos tres motivos deben registrarse en la columna "observaciones" de la medición, en correspondencia con las progresivas afectadas.
- (2) El Operador del aeródromo y del equipo, cuando efectúa controles de rozamiento en pistas a 65 km./h, deberá comenzar a grabar datos 150 metros antes de la franja a medir, para permitir una adecuada distancia de aceleración y concluir la verificación aproximadamente 150 mts. del extremo opuesto para permitir una desaceleración segura del vehículo. Dichas distancias serán de 300 mts. cuando la velocidad es de 95 km./h

- (3) Las mediciones con el equipo MM se realizarán en toda la pista, aproximadamente a 3 metros a la derecha del eje para aeródromos que operen aviones de fuselaje angosto y a 3/6 metros a la derecha del eje para aeródromos con operación de aeronaves de fuselaje ancho, siempre en el sentido de aterrizaje, tomando promedios cada 100 metros. A excepción que las condiciones superficiales resulten notoriamente diferentes a ambos lados de la línea central de la pista, es suficiente que la prueba se efectúe de un solo lado del eje en el sentido de los aterrizajes. De evidenciarse necesario la evaluación desde ambas cabeceras, porque interesa la performance de detención de la aeronave en la operación de aterrizaje por ambas cabeceras, la corrida del vehículo debería efectuarse para grabar en ambos sentidos de circulación.
- (4) El movimiento durante la medición será siempre en el sentido predominante del aterrizaje, teniendo como objetivo mantener la velocidad que corresponde en todos los sectores a medir, fundamentalmente en aquéllos más contaminados.
- (5) Las mediciones se realizarán siempre con pista mojada (humectador automático)

f) Registros **Planilla B de Medición según Documento 9137 - P2 de la OACI**

- (1) El MM tomará automáticamente los valores promedio cada 100 metros.
- (2) Comentarios del Operador del aeródromo que podrá incluir en el campo "Observaciones" del **Planilla B**.
- (3) El Operador del aeródromo firmará los informes una vez completados.
- (4) El RGM será adosado al Formulario de **Planilla B**.

CA5. PLANILLAS

- a) **Planilla A:** Calibración del Equipo.
- b) **Planilla B:** Registro del coeficiente de rozamiento. **Planilla B de Medición según Documento 9137 - P2 de la OACI**

Sección I FRECUENCIA DE MEDICION DEL COEFICIENTE DE FRICCION

CA1. OBJETO

- a) Establecer los períodos de inspección del rozamiento de la superficie del pavimento de las pistas.

CA2. ALCANCE

- a) Las disposiciones del presente Sección son de aplicación para todas las pistas de los aeródromos y aeródromos del Sistema Nacional de Aeródromos.

CA3. INTRODUCCIÓN

- a) La frecuencia con la cual deberá efectuarse la inspección de la rozamiento de la superficie de los pavimentos de las pistas, es en función del número de aterrizajes y del peso de las aeronaves que efectúan operaciones en el aeródromo

CA4. DESCRIPCIÓN

- a) La periodicidad mínima que deberá determinarse el coeficiente de rozamiento de las pistas es la que expresamente se indica en la **Planilla C de Medición según Documento 9137 - P2 de la OACI** agregada al presente Sección.
- b) La DINACIA, efectuará los estudios pertinentes para examinar anualmente en el PLAN de VIGILANCIA, la periodicidad y los resultados obtenidos en función del tipo y cantidad de operaciones para cada aeródromo, a los fines de efectuar un análisis que indique si se deben efectuar correcciones a la **Planilla C**.
- c) A tal efecto, durante el mes de marzo de cada año, los operadores de aeródromos, deberán suministrar a la DINACIA, el número de aterrizajes y despegues totales de aeronaves efectuados entre el 1º de enero y el 31 de diciembre del año anterior.
- d) En dicho informe se deberá discriminar tipo de avión, peso y cabecera que se realizó la operación, según el presente esquema:
- e) **Ejemplo:**
 - (1) Avión B 737/200, peso máximo de diseño para el despegue (MTOW) y peso máximo de diseño para el aterrizaje (MLW), cantidad de operaciones por pista (Ejemplo: 05) y cantidad de operaciones por pista opuesta (Ejemplo: 23), discriminando la cantidad de aterrizajes y despegues.

ESTADSTICAS CORRESPONDIENTES AÑO.....

Ejemplo:

AVION: B 737/200 MTOW MLW
Pista 05 1.500 Ops.
Pista 23 3.000 Ops.

AVION: B 757/200 MTOW MLW
Pista 05 2.000 Ops.
Pista 23 4.500 Ops.

Planilla C

Cantidad movimientos/año	Periodicidad mínima para pista de mayor uso	Periodicidad mínima para pista de menor uso
150.000 a 200.000	Cada 7 días	Cada 90 días
100.000 a 150.000	Cada 15 días	Cada 180 días
75.000 a 100.000	Cada 30 días	Cada 360 días
75.000 a 50.000	Cada 90 días	Cada 360 días
50.000 a 25.000	Cada 180 días	Cada 360 días
25.000 a 1.000	Cada 360 días	Cada 720 días

Sección J ACCIONES CORRECTIVAS POR DETERIORO DEL ROZAMIENTO SUPERFICIAL

CA1. OBJETO

- a) Determinar las acciones correctivas que deberán efectuar los operadores de aeródromos por el deterioro del rozamiento superficial de las pistas, para garantizar operaciones aéreas seguras.

CA2. ALCANCE

- a) Las acciones aquí definidas son obligatorias para todos los operadores de aeródromos a los que se refiere la presente Circular.

CA3. INTRODUCCIÓN

- a) Las indicaciones para evaluación y mantenimiento que se brindan a continuación, son basadas en los niveles de rozamiento definidos en la presente Circular para la Determinación del Coeficiente de rozamiento en Pavimentos de Pistas No Cubiertas de Hielo.
- b) Estos indicadores tienen en consideración que los coeficientes de rozamiento bajos en tramos cortos de pista no provocan problemas de seguridad a las aeronaves, pero largas extensiones de pavimento resbaladizo pueden producir serias consecuencias originando o potenciando incidentes, situación que requiere de acciones correctivas.

CA4. OPORTUNIDAD DE LAS ACCIONES CORRECTIVAS

- a) Las acciones correctivas a tomar dependen del valor del coeficiente de rozamiento registrado, a cuyo efecto se establecen los siguientes casos:
 - (1) Coeficiente de rozamiento por debajo del nivel de mantenimiento en un tramo de hasta 150 m
 - (2) Cuando el valor promedio de μ en la superficie mojada del pavimento de la pista es menor que el nivel de mantenimiento pero mayor que el nivel mínimo para una distancia de hasta 150 m, y los tramos de 150 m adyacentes están en o por encima del nivel de mantenimiento, no se requiere acción correctiva.
 - (3) Estas lecturas indican que el rozamiento del pavimento se está deteriorando, pero que la situación se encuentra todavía por sobre los límites mínimos establecidos o en condiciones por encima de lo aceptable.
 - (4) El Operador del aeródromo debe realizar un seguimiento minucioso de la situación, efectuando controles periódicos para establecer el porcentaje y extensión de la pérdida de rozamiento, a los fines de efectuar las tareas de mantenimiento y para verificar los períodos de inspecciones establecidos en la Sección I.
- b) Coeficiente de rozamiento por debajo del nivel de mantenimiento en un tramo de 300 m
 - (1) Cuando el valor promedio de μ en la superficie mojada del pavimento de la pista es menor que el nivel de mantenimiento pero mayor que el nivel mínimo para una distancia de 300 m o más, el Operador del aeródromo

deberá efectuar evaluaciones exhaustivas para determinar las causas, extensión de la pérdida de rozamiento y tomar las acciones correctivas apropiadas.

- c) Coeficiente de rozamiento por debajo del nivel mínimo
 - (1) Cuando el valor promedio de μ en la superficie mojada del pavimento de la pista es menor que el nivel mínimo para una distancia de 150 m, y los tramos adyacentes en 150 m están por debajo del nivel de mantenimiento, se deberán tomar acciones correctivas inmediatamente y determinar las causas de la pérdida de rozamiento.
 - (2) Antes de tomar las medidas correctivas, el Operador del aeródromo deberá investigar las condiciones generales de la superficie del pavimento de toda la pista para determinar si existen otras deficiencias que puedan requerir acciones correctivas adicionales.

CA5. MEDICIONES COMPLEMENTARIAS

- a) Cuando los valores de rozamiento no alcancen los valores establecidos en párrafos anteriores y la causa no resulte comprensible, el Operador del aeródromo deberá efectuar mediciones en la profundidad de textura.
- b) La profundidad de textura promedio recomendada para brindar buena resistencia al deslizamiento para pavimentos nuevos de concreto y asfalto es de 1,14 mm.
- c) Un valor menor indica deficiencia en la macrotextura que requerirá acciones de corrección a medida que la superficie se deteriore.
- d) Las intervenciones correctivas a tomar dependen de la profundidad promedio de la textura superficial de la pista, a cuyo efecto se establecen los siguientes casos:

CA6. Textura superficial por debajo de 1,14 mm

- a) Cuando la medición de la profundidad promedio de la textura en un sector de la pista (por ej. Zona de toque, Sección central y calles de salidas rápidas) está por debajo de 1,14 mm, el Operador del aeródromo deberá efectuar mediciones de profundidad de la textura cada vez que realiza la verificación del rozamiento en la pista.

CA7. Textura superficial entre 0,76 mm y 0,40 mm

- a) Cuando la medición de la profundidad promedio de la textura, en un sector de la pista, está por debajo de 0,76 mm pero por encima de 0,40 mm, el Operador del aeródromo deberá instrumentar un plan de mantenimiento correctivo para subsanar la deficiencia de la textura superficial en un período no mayor a seis (6) meses.

CA8. Textura superficial por debajo de 0,25 mm

- a) Cuando la medición de la profundidad promedio de la textura en un sector de la pista (por ej. Zona de toque, Sección central y calles de salidas rápidas) descende por debajo de 0,25 mm, el Operador del aeródromo deberá instrumentar un plan de mantenimiento correctivo para subsanar la deficiencia de la textura superficial en un período no mayor a cuarenta y cinco (45) días.

CA9. ACCIONES CORRECTIVAS

- a) En función de las consideraciones precedentes, las acciones correctivas consistirán básicamente en:
- (1) La remoción de los contaminantes, para restaurar los valores de \sim en un parámetro de más/menos 10 % de los valores correspondientes al área central no contaminada de la pista, asegurando que ambas mediciones se encuentran en los niveles de rozamiento aceptables para operaciones seguras de las aeronaves
 - (2) El retexturado de la superficie del pavimento, debería llevar la profundidad promedio de la textura a un mínimo de 0,76 mm.
 - (3) Para remover los depósitos de caucho, marcas de pintura y otros contaminantes de las superficies de las pistas, el Operador del aeródromo podrá optar por cualquiera de los métodos existentes (por ej.: chorro de agua a alta presión, disolventes químicos, aire comprimido caliente, combinación entre estos métodos, etc.)
 - (4) Ninguno de ellos deberá ser aplicado cuando en la pista se detecte agua estancada, nieve, barro o hielo. Tampoco se aplicarán métodos de remoción químicos o por agua a presión, si existieran probabilidades de congelamiento de los fluidos.
 - (5) Debido que en determinadas circunstancias se puede producir un daño significativo al pavimento, los Operadores de aeródromos deberán evitar que se afecten las superficies de las pistas y áreas operativas esenciales para las operaciones aéreas.
 - (6) La efectividad de los procedimientos de remoción no puede ser evaluada por una inspección visual, después de la eliminación de los contaminantes de la superficie de la pista por cualquiera de los métodos adoptados, el Operador del aeródromo deberá efectuar las mediciones de rozamiento para evaluar el trabajo efectuado y su eficiencia.

INDICE

SECCIÓN A	– PROPÓSITO	1
SECCIÓN B	– ALCANCE	1
SECCIÓN C	– INTRODUCCIÓN	2
SECCIÓN D	RESPONSABILIDADES DEL OPERADOR DEL AERÓDROMO	3
SECCIÓN E	CLASIFICACIÓN DEL NIVEL DE ROZAMIENTO	4
SECCIÓN F	EQUIPO PARA MEDICIÓN DEL ROZAMIENTO.....	9
SECCIÓN G	PERSONAL RESPONSABLE DE OPERAR EL EQUIPO	11
SECCIÓN H	PROCEDIMIENTO PARA EFECTUAR LAS MEDICIONES	13
SECCIÓN I	FRECUENCIA DE MEDICION DEL COEFICIENTE DE FRICCION.....	16
SECCIÓN J	ACCIONES CORRECTIVAS POR DETERIORO DEL ROZAMIENTO SUPERFICIAL	18

Firmas de Autorización

Inspector Seguridad Operación

Elaborado por:

CARLOS GARCIA PEPE

Revisado por:

Adm VC 2

Magdalena Paez
Secretaria Navegación Aérea



DIRECTOR DE NAVEGACIÓN AÉREA

TTE. CNEL. (Av.)

PEDRO CARDENAL

Firma y Fecha de Aprobación:

08 ENE. 2018

Fecha de entrada en vigencia:

Desde fecha de aprobación

A partir de 08 ENE. 2018



Como obtener esta publicación:

En el Departamento de Servicios Aeroportuarios e Infraestructura Aeronáutica
A través de la página Web de DINACIA