









MEDICION DEL COEFICIENTE DE ROCE



INDICE

- **COEF. DE ROCE MU** 
- **EQUIPO MU-METER MK6** 
- **EQUIPAMIENTO** 
- **PREPARACIÓN Y TRANSPORTE** 
- **PROCESO DE MEDICION EN AEROPUERTOS** 
 - PLANIFICACION Y COORDINACIÓN
 - MONTAJE DE EQUIPAMIENTO
 - CALIBRACIÓN
 - MEDICIÓN EN PISTA
 - REGISTRO DE DATOS
 - ANALISIS DE DATOS
- ▶ **CASOS PARA ANALISIS** 
 - TRAMITACION INFORMES DE MEDICION COEFICIENTE DE ROCE
 - ACCIONES REALIZADAS POR LA DAP-MOP:REMOCION DE CAUCHO
- ▶ **NORMATIVA** 
- ▶ **CONCLUSIONES** 

COEFICIENTE DE ROCE MU

DEFINICION.



- μ (mu) es el coeficiente de fricción e indica la proporcionalidad entre ambas fuerzas.
- Mientras mayor sea μ (mu) mayor será la fuerza de fricción.

PAVIMENTOS

μ (mu) Y SU UTILIDAD COMO INDICADOR EN AEROPORTUARIOS

-

[VOLVER](#)

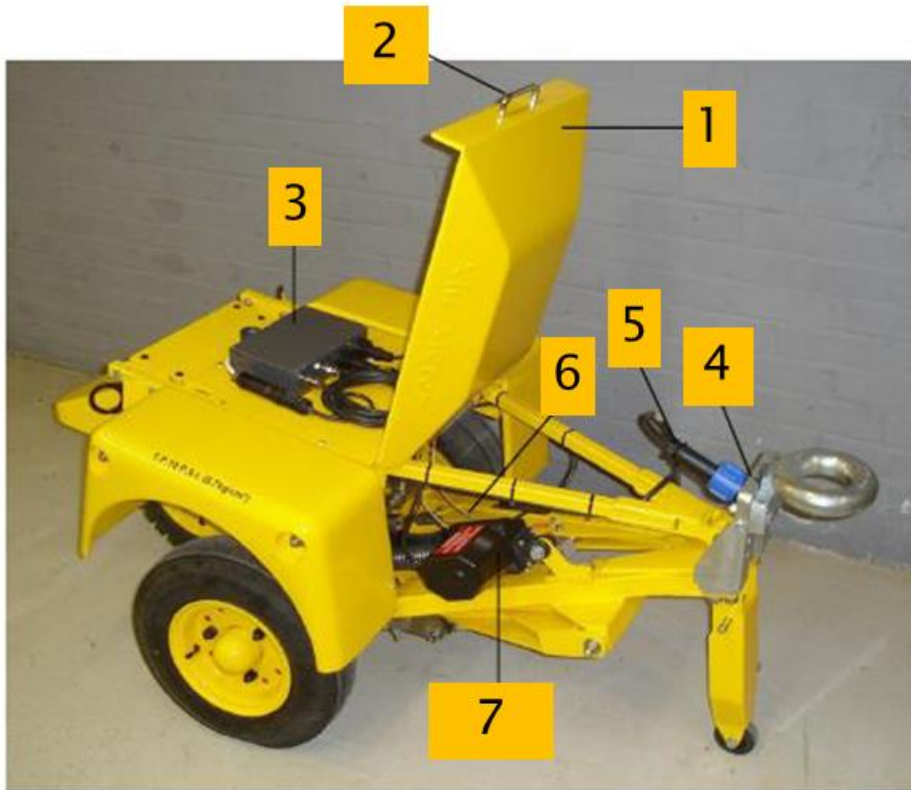
EQUIPO MU-METER MK6

- ▶ El Mu-Meter MK6 es un sistema que mide y reporta el coeficiente de fricción de una superficie, ya sea de Pista de aterrizaje, autopista o camino.
- ▶ El equipo consiste de un pequeño remolque de 3 ruedas que tiene incorporado un sistema de medición electrónico, el cual opera en conjunto con una computadora y una impresora portátil a color.



[VOLVER](#)

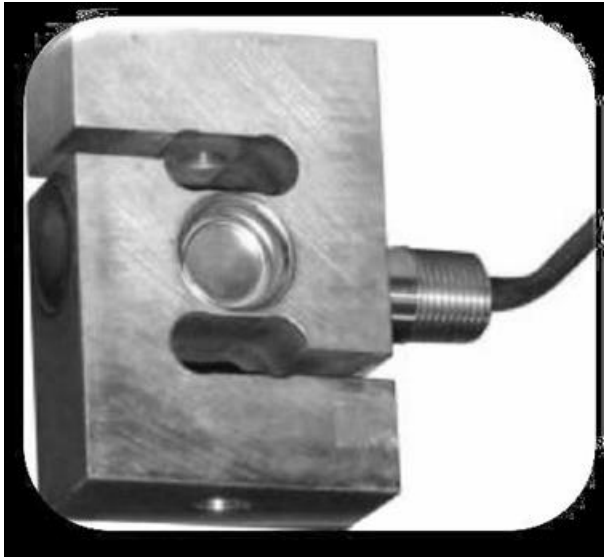
EQUIPAMIENTO



MU METTER MK6

N° PIEZA	DESCRIPCION
1	TAPA
2	MANILLA
3	UNIDAD DE CONTROL CENTRAL
4	CONECTOR
5	CONECTOR
6	MOTOR SISTEMA ELEVACION
7	CELDA DE CARGA

EQUIPAMIENTO



CELDA DE
CARGA



ACELEROMETRO

EQUIPAMIENTO



COMPUTADOR
PORTATIL

EQUIPAMIENTO



EQUIPO HIDRATANTE

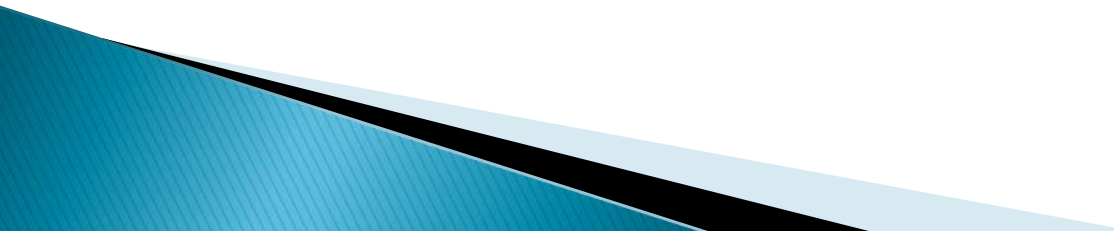
[VOLVER](#)

PREPARACIÓN Y TRANSPORTE

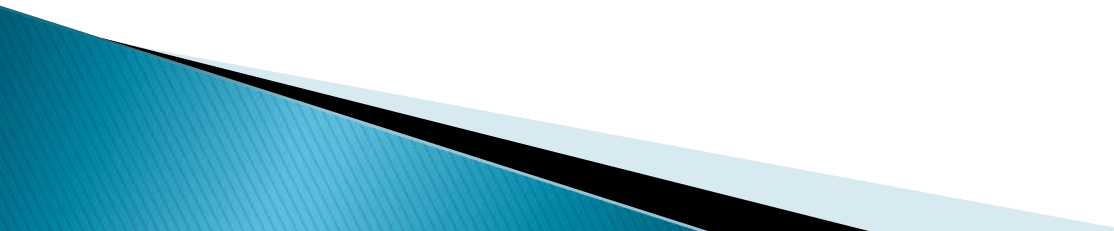


[VOLVER](#)

PROCESO DE MEDICION EN AEROPUERTOS

- ❑ Etapa de Planificación y Coordinación
 - ❑ Etapa de Montaje de equipamiento.
 - ❑ Etapa de calibración.
 - ❑ Etapa de medición en pista y Registro de datos.
 - ❑ Análisis de los datos obtenidos.
- 

PLANIFICACION Y COORDINACIÓN

- ▶ Realizar las coordinaciones en Aeropuerto para realizar medición sin interrupciones en el registro.
 - ▶ Según el ancho de pista se planificará cuantas líneas de medición a cada lado del eje se deberán realizar.
 - ▶ La experiencia indica que el tiempo total de operación para ésta medición fluctúa entre 1:30 a 2:00 horas en un aeropuerto .
- 

PLANIFICACION Y COORDINACIÓN

Douglas Engineering - MU Meter Mk6 - Highways (Beta Test Version)

1. Custom Runs

	Date	Time	Run	Location	Designation	Highway #
001-00 [Test 1]	04/02/2004	13:55	1	road measure		1
002-00 [Test 2]	04/02/2004	14:22	1	road measure		1
003-00 [Test]	04/02/2004	14:47	1	road measure		1
008-00 [Troncon Test]	04/02/2004	14:59	1	road measure		1
009-00 [PF2-PF5]						
010-00 [PF5-PF7]						
011-00 [PF0-PF2]						

highway name road measure
highway number 1
dual run No
fixed speed N/A
fixed distance N/A
offset from centre 3.0 m Left
self wetting Off
water depth None

Survey Date 04 February 2004
Run Start Time 14:12:16
Run Finish Time 14:14:08
Run Distance 1177.9
Air Temperature: °C
Weather:
Surface Condition:
Rubber Deposits:
Operator: D.J.E.L.
Operator Notes

New Program
Delete Program
Review Run
Delete Run
Export...
Excel Export
Print...
Backup Database
Close

CAPS 20/07/2004 11:01

PLANIFICACION IN SITU CON SOFTWARE

MONTAJE DE EQUIPAMIENTO

- ▶ Conexión del sistema
- ▶ Enganche a camioneta
- ▶ Carga de agua
- ▶ Etapa de calibración



CALIBRACIÓN



CALIBRACION DE TABLA

Douglas Engineering - MU Meter M&S

Serial No's: DE0000 LC0002 SC0000 SE0004 TF0000

Enter the Distance over which the calibration is performed, then press the START button to begin measuring distance travelled. Press the STOP button when the measured distance has been completed. The Results table will indicate if each test Passed or Failed. Repeat the test procedure successfully a minimum of three times to confirm the MuMeter Distance Calibration

Calibration Distance: 1000 meters

RE-START

01000
meters

STOP

Test Number	Calibration Distance	Actual Measured Distance	Pass/Fail
1	1000 m	999.84 m	Pass

Previous Calibration: 01/07/01 12:10:26 Previously calibrated wheel diameter: 406.4 mm

Wheel Up

Store Calibration

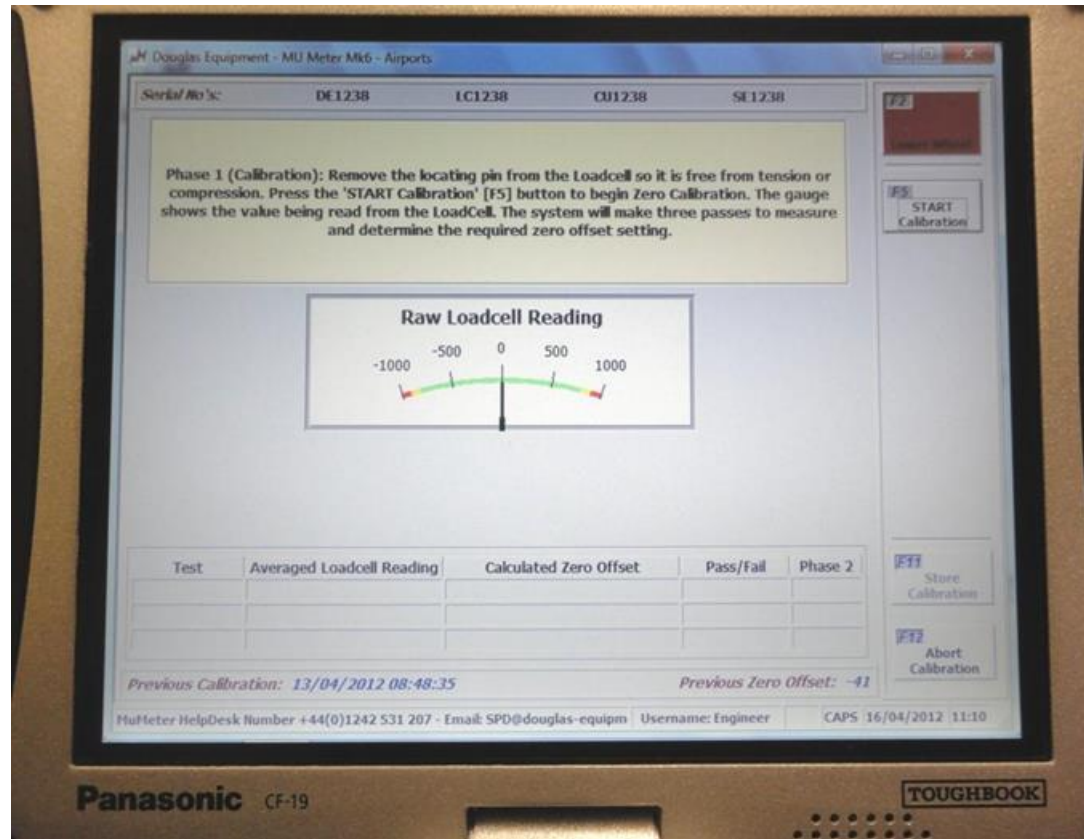
Close

CAPS 13/07/01 10:29

CALIBRACION DE DISTANCIA

Nota: previo a la calibración y etapa de medición se debe chequear presión de neumaticos.

CALIBRACIÓN



CALIBRACION DE CELDA DE CARGA

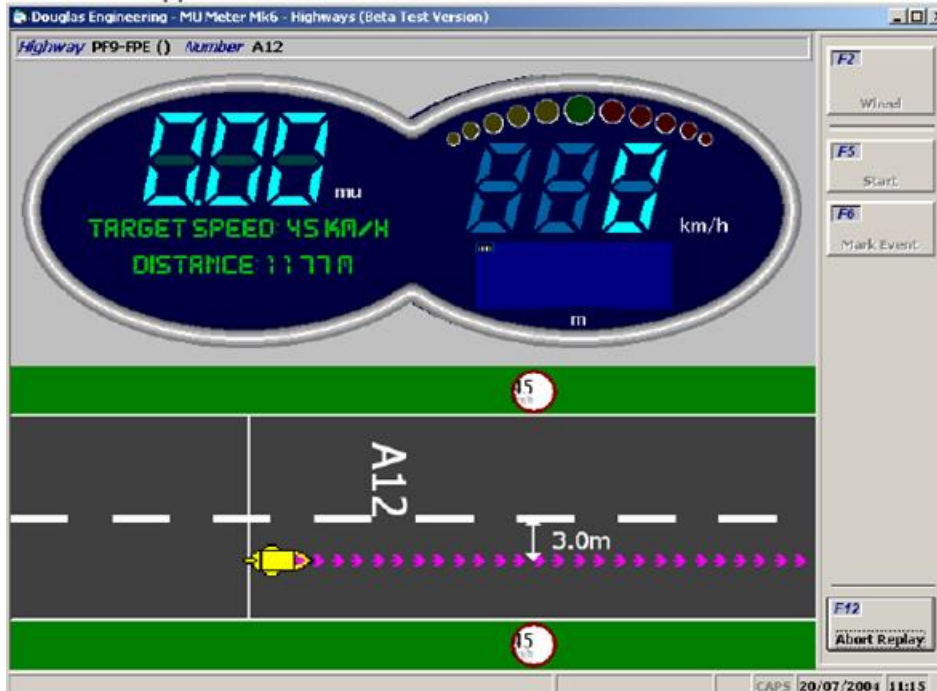
CALIBRACIÓN



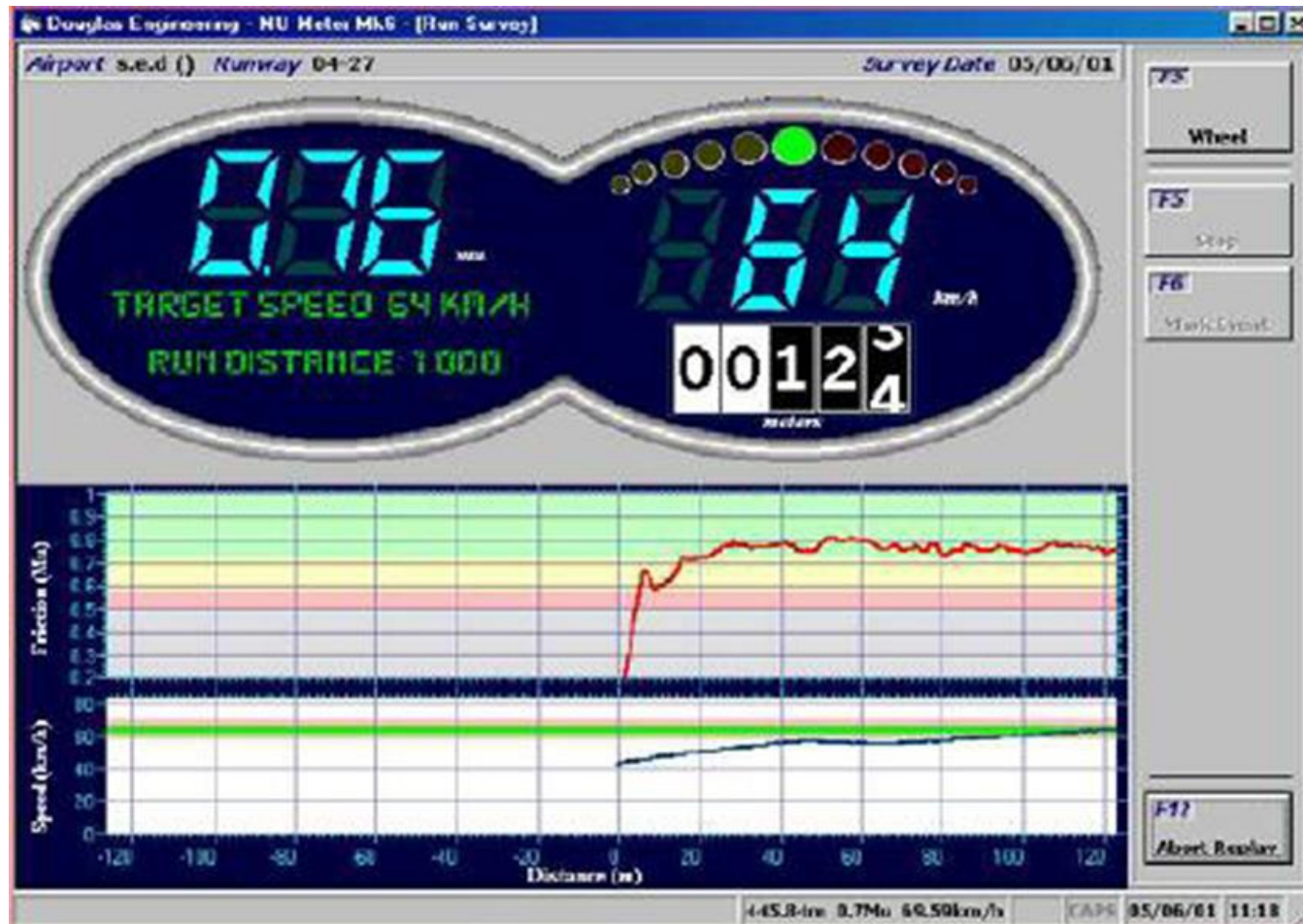
CALIBRACION DE FLUJO

TEST SPEED (km/h)	WATER DEPTH(m m)	WATER VOLUME (l/m)
65	1	213
65	0.5	106
80	1	262
80	0.5	130
95	1	311
95	0.5	155

MEDICIÓN EN PISTA



REGISTRO DE DATOS



PANTALLA DE INICIO DE PRUEBA

ANALISIS DE DATOS

COEFICIENTE DE FRICCION OBTENIDO.	ACCION DE FRENADO PARA AERONAVES.	CODIGO
0.40 o más	BUENA	5
0.39 a 0.36	MEDIA A BUENA	4
0.35 a 0.30	MEDIA	3
0.29 a 0.26	MEDIA A DEFICIENTE	2
0.25 o menos	DEFICIENTE	1

[VOLVER](#)

CASOS PARA ANALISIS

- ▶ Aeródromo Quellón
- ▶ Aeropuerto Arturo Merino Benítez

► Aeródromo Quellón



CASO AERÓDROMO QUELLÓN: MU ASIMETRICO

MuMeter Mk6 Runway Grid Analysis

Airport: QUELLÓN
Runway: 04-22
Survey Date: 30-01-2014 17:10:43

Colour Key (MU)

Below MFL MFL MPL DOL

Note 1: Total survey runs used in this analysis: 2.
Mu values rounded to 2 decimal places at output.
Mu calculations based upon 10m time intervals.
Rolling Averages calculated for 100m intervals.

		04-22	
		RunNumber	
		1	2
Distance (m)			
10	-		
20	-		
30	-		
40	-		
50	-		
60	-		
70	-		
80	-		
90	-		
100	-	0,57	0,64
110	-	0,58	0,66
120	-	0,60	0,68
130	-	0,64	0,70
140	-	0,66	0,71
150	-	0,67	0,73
160	-	0,67	0,75
170	-	0,68	0,77
180	-	0,67	0,78
190	-	0,68	0,78
200	-	0,69	0,78
210	-	0,71	0,77
220	-	0,70	0,77
230	-	0,69	0,77
240	-	0,68	0,78
250	-	0,67	0,78
260	-	0,68	0,79
270	-	0,67	0,79
280	-	0,67	0,79
290	-	0,67	0,80
300	-	0,67	0,81
310	-	0,67	0,82
320	-	0,67	0,82
330	-	0,67	0,83
340	-	0,67	0,84
350	-	0,68	0,85
360	-	0,67	0,86

22-04

30-01-2014

Page 1 of 3

		04-22	
		RunNumber	
		1	2
Distance (m)			
210	-	0,66	0,79
220	-	0,66	0,80
230	-	0,66	0,81
240	-	0,66	0,81
250	-	0,66	0,82
260	-	0,66	0,82
270	-	0,66	0,82
280	-	0,66	0,81
290	-	0,64	0,80
300	-	0,64	0,79
310	-	0,66	0,79
320	-	0,66	0,80
330	-	0,66	0,81
340	-	0,66	0,81
350	-	0,63	0,82
360	-	0,62	0,82
370	-	0,61	0,83
380	-	0,61	0,85
390	-	0,61	0,86
400	-	0,61	0,86
410	-	0,60	0,79
420	-	0,62	0,77
430	-	0,61	0,77
440	-	0,60	0,77
450	-	0,61	0,76
460	-	0,62	0,76
470	-	0,64	0,74
480	-	0,66	0,71
490	-	0,67	0,63
500	-	0,69	0,58

22-04

30-01-2014

Page 3 of 3

CASO AERÓDROMO QUELLÓN: MU ASIMETRICO

7.- Aeródromo Quellón

Medición efectuada el día 02 de febrero 2014

Largo pista evaluado: 1.101 metros

Ancho de pista evaluado: 24 metros

Resultados:

Medición efectuada a 1.5 metros a cada lado del eje de pista: primer tercio/segundo tercio/tercer tercio
0.67 0.70 0.68

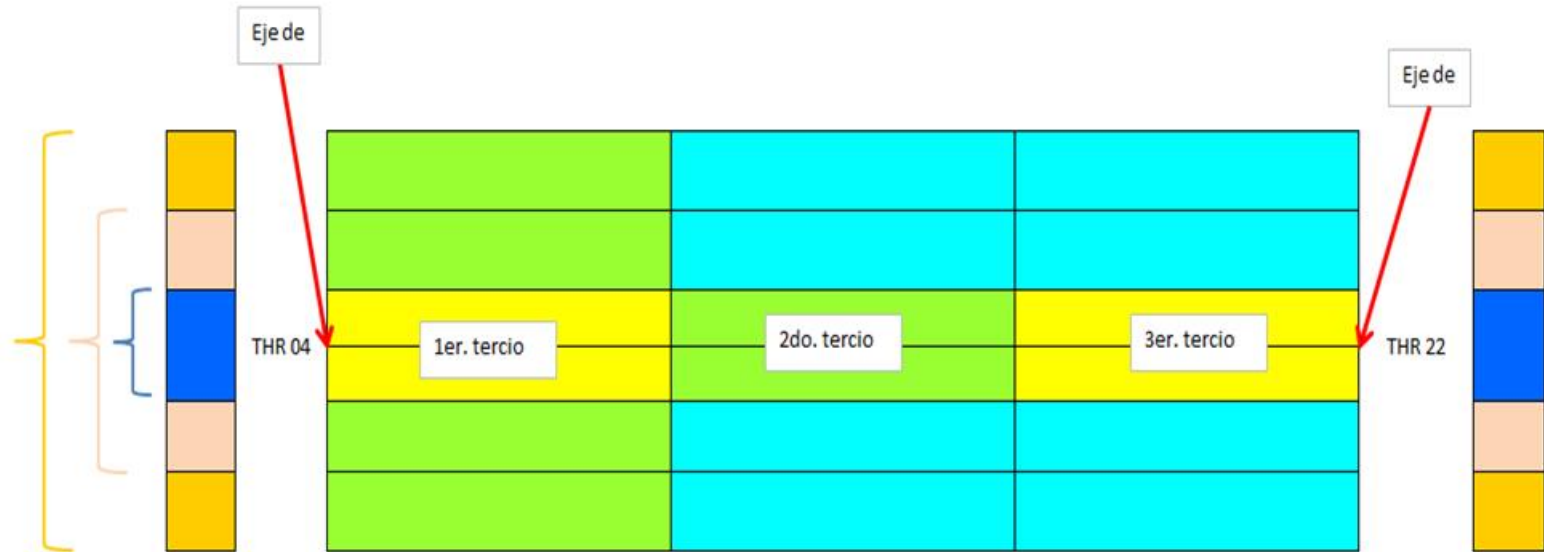
Medición efectuada a 3 metros a cada lado del eje de pista: primer tercio/segundo tercio/tercer tercio
0.70 0.72 0.72

Medición efectuada a 6 metros a cada lado del eje de pista: primer tercio/segundo tercio/tercer tercio
0.70 0.76 0.73

Medición efectuada en eje de pista: primer tercio/segundo tercio/tercer tercio
0.70 0.72 0.72

Conclusión: Pista 04-22 del Ad. Quellón: La citada pista presenta una condición de asimetría de coeficiente de roce entre ambos lados del eje de pista. De acuerdo a informe Grid Analysis, se evidencia que en la medición efectuada a 1.5 metros a cada lado del eje de pista, arroja valores de roce notoriamente dispares. Esta situación debe ser evaluada por la Dirección de Aeropuertos del MOP, a fin se establezcan medidas constructivas que equiparen las mediciones de roce en ambos costados del eje de pista.

CASO AERÓDROMO QUELLÓN: MU ASIMETRICO



Medición efectuada	1er. Tercio	2do. Tercio	3er. Tercio
1,5 m. a cada lado del eje pista	0,67	0,70	0,68
3 m. a cada lado del eje pista	0,70	0,72	0,72
6 m. a cada lado del eje pista	0,70	0,76	0,73

	< 0,70
	igual a 0,70
	> 0,70



MuMeter Run Report

QUELLON AIRPORT

RUNWAY 04-22

Calibration Results - S/N: DE1407		
Zero Reference	30-01-2014 14:25:06	1
Distance	23-01-2014 15:50:24	405
Board Test	22-01-2014 14:22:50	4468
Tyre Type	ASTM E1551	ID:
Air Temperature	14	
Weather	Nublado	
Surface Condition	Seco	
Operator	pvega	

Average Mu	1/3	2/3	3/3	Total
04-22	0,65 /20	0,64 /20	0,65 /20	0,64 /20
22-04	0,76 /24	0,8 /25	0,78 /25	0,78 /25
Dual Run Avg.	0,7 /23	0,72 /23	0,72 /22	0,71 /23

Operator Notes

MEDICION REALIZADA A PARTIR DE UMBRAL 04
DISTANCIADA A 3 METROS LADO DERECHO DEL EJE.
DISTANCIA EFECTIVA 1110M

Run Start:	30-01-2014 17:10:43	
Auto. End Distance	Activado	
Distance Travelled	1111	metros
Average Speed	62,4	km/h

Location	Event Note
956,6 m	PUNTO DE VISADA
m	
m	



CASO AERÓDROMO QUELLÓN: COEFICIENTE ASIMETRICO

MuMeter Run Report

QUELLON AIRPORT

RUNWAY 04-22

Calibration Results - S/N: DE1407		
Zero Reference	30-01-2014 14:25:06	1
Distance	23-01-2014 15:50:24	405
Board Test	22-01-2014 14:22:50	4468
Tyre Type	ASTM E1551	ID:
Air Temperature	14	
Weather	Nublado	
Surface Condition	Seco	
Operator	pvega	

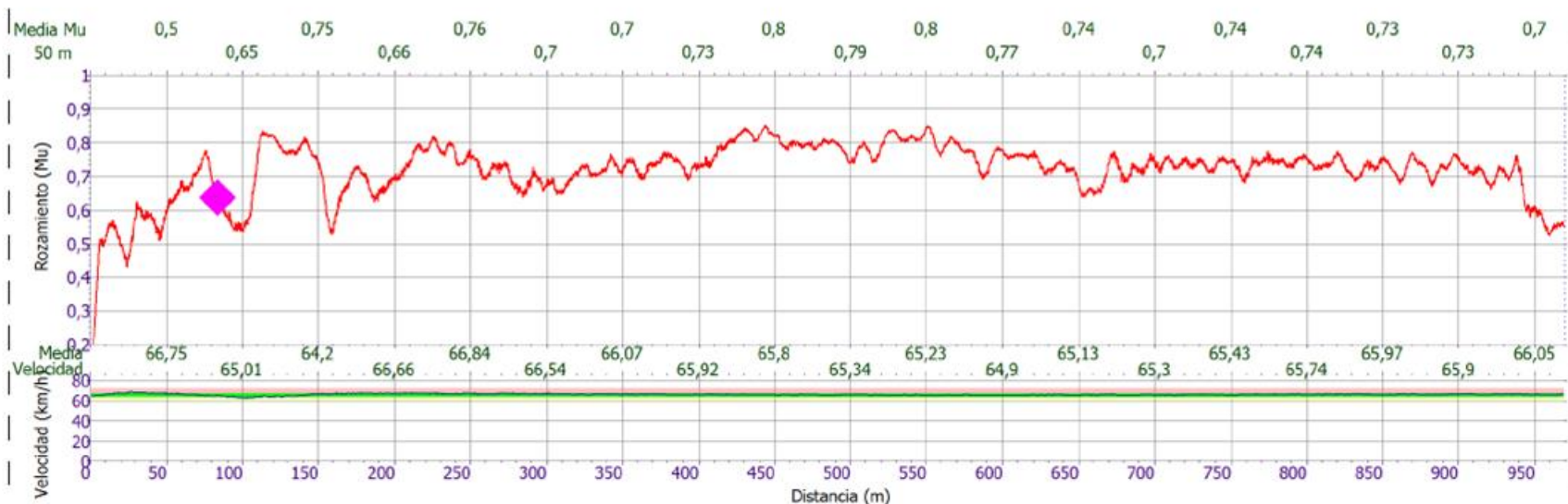
Average Mu	1/3	2/3	3/3	Total
04-22	0,68 / 21	0,77 / 24	0,71 / 22	0,72 / 23
22-04	0,72 / 23	0,76 / 24	0,75 / 24	0,74 / 23
Dual Run Avg.	0,7 / 23	0,76 / 24	0,73 / 23	0,73 / 23

Run Start	30-01-2014 17:18:36	
Auto. End Distance	Activado	
Distance Travelled	969	metros
Average Speed	65,7	km/h

Operator Notes

MEDICION REALIZADA A PARTIR DE UMBRAL 04 A 6M LADO DERECHO. DISTANCIA EFECTIVA 969M

Location	Event Note
83,4 m	PUNTO VISADA
m	
m	



► Aeropuerto AMB



CASO AEROPUERTO ARTURO MERINO BENITEZ

MuMeter Mk6 Runway Grid Analysis

Airport: AMB
Runway: 17-35
Survey Date: 21-03-2014 15:02:01

Colour Key (mu)

Below MFL MFL MPL BOL

Note 1: Total survey runs used in this analysis: 1.
Mu values rounded to 2 decimal places at output.
Mu calculations based upon 10m intervals.
Rolling Averages calculated for 100m intervals.

17-35		Run Number
		1
10	-	
20	-	
30	-	
40	-	
50	-	
60	-	
70	-	
80	-	
90	-	
100	-	0.72
110	-	0.71
120	-	0.71
130	-	0.71
140	-	0.71
150	-	0.70
160	-	0.70
170	-	0.70
180	-	0.69
190	-	0.70
200	-	0.69
210	-	0.68
220	-	0.67
230	-	0.66
240	-	0.64
250	-	0.61
260	-	0.62
270	-	0.62
280	-	0.63
290	-	0.63
300	-	0.66
310	-	0.66
320	-	0.68
330	-	0.70
340	-	0.71
350	-	0.73
360	-	0.71

24-03-2014

35-17

Page 1 of 8

17-35		Run Number
		1
370	-	0.69
380	-	0.66
390	-	0.63
400	-	0.61
410	-	0.57
420	-	0.53
430	-	0.50
440	-	0.47
450	-	0.46
460	-	0.46
470	-	0.44
480	-	0.41
490	-	0.40
500	-	0.38
510	-	0.38
520	-	0.36
530	-	0.40
540	-	0.41
550	-	0.42
560	-	0.44
570	-	0.46
580	-	0.51
590	-	0.53
600	-	0.56
610	-	0.58
620	-	0.61
630	-	0.63
640	-	0.66
650	-	0.67
660	-	0.69
670	-	0.70
680	-	0.72
690	-	0.74
700	-	0.76
710	-	0.76
720	-	0.76
730	-	0.76
740	-	0.76
750	-	0.76
760	-	0.76
770	-	0.76
780	-	0.76
790	-	0.77
800	-	0.77

24-03-2014

35-17

Page 2 of 8

MuMeter Run Report

AMB AIRPORT RUNWAY 17-35

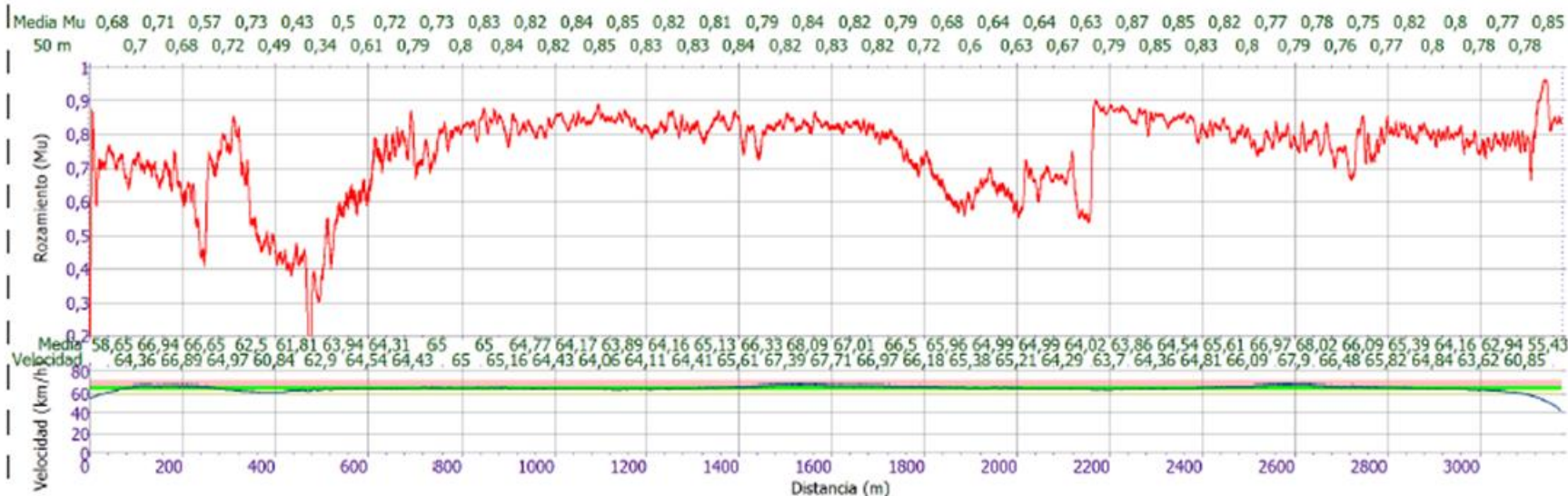
Calibration Results - S/N: DE1407		
Zero Reference	21-03-2014 14:39:24	1
Distance	23-01-2014 15:50:24	405
Board Test	22-01-2014 14:22:50	4468
Tyre Type	ASTM E1551	ID:
Air Temperature	28	
Weather	Soleado	
Surface Condition	Seco	
Operator	pvega	

Average Mu	1/3	2/3	3/3	Total
17-35	0,69 / 22	0,77 / 24	0,8 / 25	0,75 / 24

Operator Notes
MEDICION REALIZADA SOBRE PISTA IZQUIERDA DESDE EL UMBRAL 17 A 3 METROS LADO IZQUIERDO

Run Start:	21-03-2014 15:02:01	
Auto. End Distance	Activado	
Distance Travelled	3177	metros
Average Speed	64,6	km/h

Location	Event Note
m	
m	
m	



MuMeter Run Report

AMB AIRPORT RUNWAY 17-35

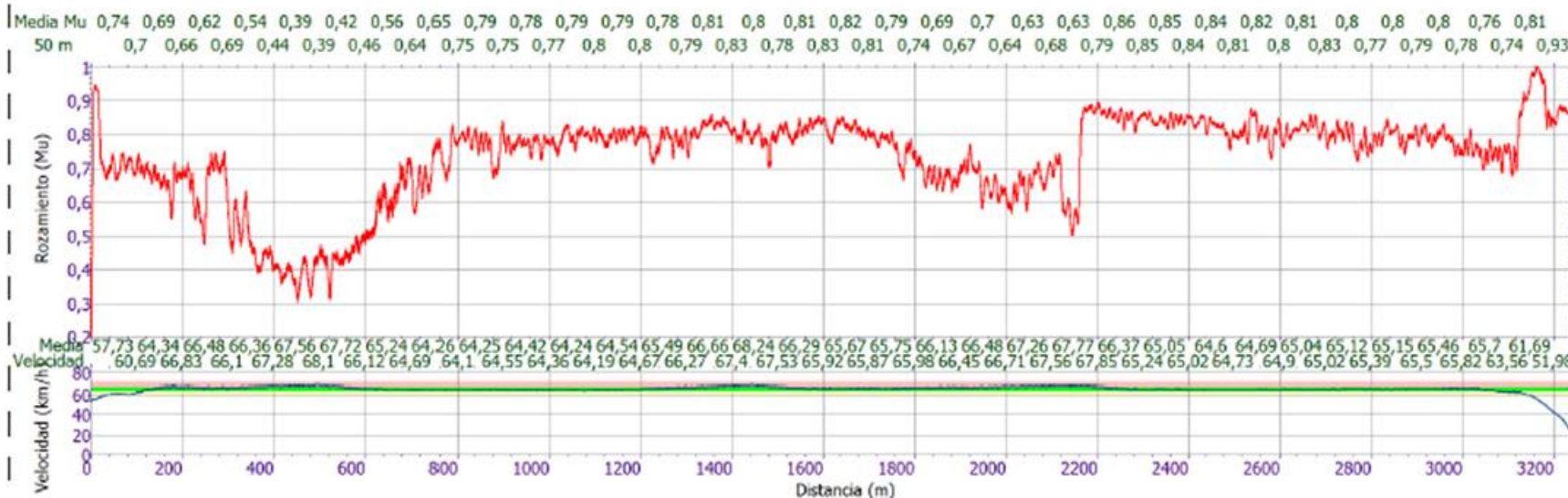
Calibration Results - S/N: DE1407		
Zero Reference	21-03-2014 14:39:24	1
Distance	23-01-2014 15:50:24	405
Board Test	22-01-2014 14:22:50	4468
Tyre Type	ASTM E1551	ID:
Air Temperature	29	
Weather	Soleado	
Surface Condition	Seco	
Operator	pvega	

Average Mu	1/3	2/3	3/3	Total
17-35	0,64 / 20	0,75 / 24	0,82 / 26	0,74 / 23

Operator Notes
MEDICION REALIZADA SOBRE PISTA IZQUIERDA DESDE EL UMBRAL 17 A 6 METROS LADO IZQUIERDO

Run Start:	21-03-2014 15:11:30	
Auto. End Distance	Activado	
Distance Travelled	3236	metros
Average Speed	65,	km/h

Location	Event Note
m	
m	
m	



TRAMITACION INFORMES DE MEDICION COEFICIENTE DE ROCE



Ejemplo: Ap.AMB

DEPARTAMENTO AERÓDROMOS Y SERVICIOS AERONÁUTICOS
SUBDEPARTAMENTO SERVICIOS DE AERÓDROMOS
SECCIÓN CERTIFICACIÓN Y FISCALIZACIÓN DE AERÓDROMOS

DASA OF. (O) N° 09/21/032/ 0610

OBJ.: Remita informes medición coeficiente de roce pista 17L-35 R del Ap. AMB

REF.: Programa DASA, año 2014, medición coeficiente de roce.

Santiago, 27 MAR 2014

DE : DEPARTAMENTO AERÓDROMOS Y SERVICIOS AERONÁUTICOS

PARA : DEPARTAMENTO PLANIFICACION

Adjunto remito A Ud., informes de medición de coeficiente de roce efectuado en la pista 17L-35R del Ap. AMB el día 21 de Marzo 2014. Los resultados obtenidos en la medición efectuada tanto a 3 como a 6 metros a cada lado del eje de pista, indican un bajo coeficiente de roce entre los metrajes 410 al 640 medidos desde el umbral de pista 17L hacia el sur.

Los resultados obtenidos indican coeficientes de roce entre 0.38 a 0.43 en la citada zona. De acuerdo al Instructivo Técnico IT-CFA-001 "Medición del Coeficiente de Roce" se establece que el nivel mínimo aceptable de roce (μ), no puede ser inferior a 0.42.

Por lo anteriormente expuesto, es necesario indicar a la Dirección de Aeropuertos, la necesidad urgente de realizar las acciones de remoción de caucho en la citada pista, a fin de mejorar los actuales parámetros de roce, antes de la temporada invernal, por cuanto en presencia de lluvia se prevé una condición de pista resbaladiza, lo que debe ser notificado a todos los operadores del Aeropuerto mediante la publicación de NOTAM.

Saluda a Ud.,

 HECTOR BARRIENTOS PARRA
DIRECTOR DASA

ACCIONES REALIZADAS POR LA DAP- MOP:REMOCION DE CAUCHO

The screenshot shows an IBM Lotus Notes email client window. The title bar indicates the email is titled "Rm: Esp. remoción de caucho - IBM Lotus Notes". The menu bar includes "Archivo", "Edición", "Ver", "Crear", "Acciones", "Anexo", "Herramientas", "Vestana", and "Ayuda". The toolbar shows various icons for email actions like "Abrir", "Inicio", "Adrian Cerda G. - Correo", "Ad. Caldera y Chañaral", "Aeródromo de Caldera", "Nuevo mensaje", "Rm: Esp. remoción de cau...", and "Re: Solicitud de analisis de ...". The address bar shows the URL "http://www.libreniaolejnik.com/". The email header shows the subject "Rm: Esp. remoción de caucho" and the sender "Lautaro Guajardo Z." to "Adrian Cerda G.". The email body contains the following text:

Estimado Lautaro

Adjunto envío Especificaciones Técnicas para remoción de caucho utilizado en la limpieza del sector norte de la pista 17L-35R, ejecutado por la empresa REMAVESA, de acuerdo al siguiente detalle:

- Inicio: km 2,93875 el 07.08.14 a partir de las 14:00 horas
- Final : km 3,220 el 09.08.14 al mediodía.
- Largo: 281,25 m
- Ancho: 16 m
- Superficie: 4.500m²
- Valor de los trabajos \$21.125.475 IVA Incluido
- Valor por m²: \$4.694,55

De la información antes descrita la empresa se demoró dos días y si consideramos que trabajó 7 horas por día, el rendimiento sería de 321,43 m², por hora.

Saludos

Juan Catalán Fredes
Ingeniero de Ejecución
Dirección de Aeropuertos RM

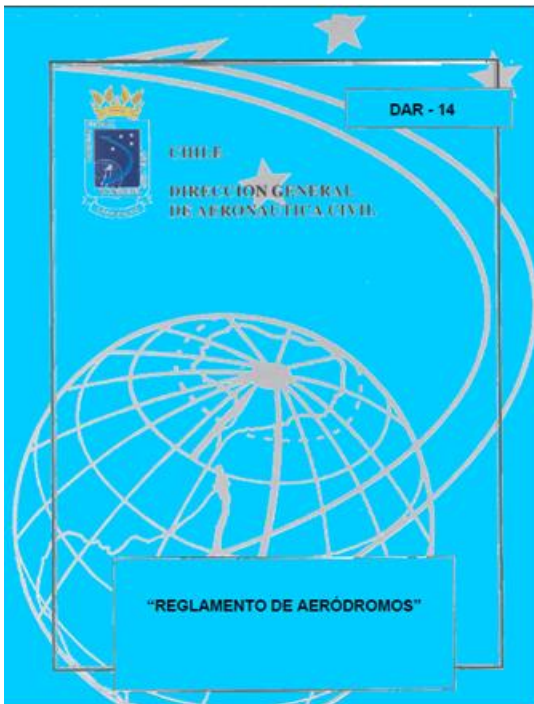
Ministerio de Obras Públicas
Tel: (56-2) 2 449 3503
Aguas Claras s/n, Ap. AMB, Santiago
www.mop.cl

The right sidebar shows a "Cont..." section with the text "No ha iniciado sesión en Sametime." and a "Iniciar sesión" link. Below it are "Canal..." and "El día ..." sections.

[VOLVER](#)

NORMATIVA

► DAR- 14 “REGLAMENTOS DE AERÓDROMOS



DAR 14

b) la presión máxima permisible de los neumáticos.

3.7 MEDICIÓN DEL ROZAMIENTO EN LA SUPERFICIE DE LA PISTA.

3.7.1 Se deberá medir y publicar el coeficiente de rozamiento de la superficie de las pistas de aquellos aeródromos utilizados regularmente por aeronaves de transporte comercial, con un dispositivo de medición continua. La medición deberá ser efectuada bajo la supervisión técnica de la DGAC.

3.7.2 Se deberán adoptar medidas correctivas de mantenimiento, cuando las características de rozamiento de toda pista o de parte de ella sean inferiores al nivel mínimo de rozamiento aceptable o superiores al nivel máximo requerido. Deberá planificarse el mantenimiento, cuando cualquier parte de la pista presente observaciones en un área cuya longitud sea de 150 m, y deberán efectuarse mantenimiento inmediato cuando ésta sea de 300 m. En ambos casos se deberá notificar la condición existente.

3.8 EMPLAZAMIENTOS PARA LA VERIFICACIÓN DEL ALTÍMETRO ANTES DEL VUELO.

En los aeródromos que determine la autoridad aeronáutica, se establecerá un emplazamiento en la plataforma para la verificación del altímetro. La elevación de dichos emplazamientos corresponderá a la elevación media del área en que está situado, redondeada al metro o pie más próximo. La diferencia entre la elevación de cualquier parte del emplazamiento destinado a la verificación del altímetro y la elevación media de dicho emplazamiento, no será mayor de 3 m (10 ft).

3.9 DISTANCIAS DECLARADAS.

En los aeródromos utilizados en operaciones de transporte aéreo comercial, se determinarán las siguientes distancias declaradas:

- a) recorrido de despegue disponible (TORA);
- b) distancia de despegue disponible (TODA);
- c) distancia de aceleración-parada disponible (ASDA); y
- d) distancia de aterrizaje disponible (LDA).

CONCLUSIONES



[VOLVER](#)