



Mediciones en Pavimentos con Énfasis en Rugosidad

Erwin Kohler

Contenido

1. Mediciones en Perú
2. Mediciones en Chile
3. Lisura, Textura, Rugosidad?

Mediciones en Perú

Cuatro aeropuertos

- Pucallpa
- Iquitos
- Chachapoyas
- Tarapoto



Servicios

1. Deflectometría: Módulos, PCN & Vida remanente
2. PCI
3. Perfilometría: BBI & macrotextura
4. Calicatas y testigos

Logística

Movilizamos desde Chile los inspectores PCI y los equipos de medición

- Nov 1: Notificación para proceder
- Nov 20: HWD cruza e Arica a Tacna
- Dic 3: Se completó trabajo de campo en CHH y TPP
- Dic 18: Se completó todo el trabajo de campo

PCI en CHH





Equipos en TPP



Equipos en CHH





Equipos en PCL





Equipos en PCL



HWD se embarca hacia IQT





Dynatest
Heavy Weight Deflectometer

Dynatest
Heavy Weight Deflectometer

LKD 738











EVALUACIÓN FUNCIONAL Y ESTRUCTURAL DE LOS PAVIMENTOS DEL LADO AIRE DEL AEROPUERTO DE IQUITOS



PREPARADO POR:

DYNATEST

Contacto: Erwin Kohler
ekohler@dynatest.com
+56 2 2919 9880

PREPARADO PARA:

Aeropuertos del Perú S.A.
Contacto: Angel Aquije
angel.aquije@adp.com.pe
+51(1) 513 3810

Febrero 2014

Mediciones en Chile

La Serena
Copiapó
Calama
Arica
Iquique
Antofagasta

Santiago
Temuco
Valdivia
Osorno
Puerto Montre

Punta Arenas
Balmaceda
Concepción



Servicios

- Deflectometría: módulos
- Perfilometría: perfil (cliente procesó índices)
- Fricción
- Georadar
- Testigos & DCP





23262013 Mapity
Image © 2013 CNES / Astrium

Google earth









© 2014 Mapelly
Image © 2014 CNES / Astrium

Google earth



© 2014 Mapcity
Image © 2014 CNES / Astrium

Google earth



Image NASA
Image © 2014 DigitalGlobe

Google earth



Image © 2014 DigitalGlobe

Google earth



Image © 2014 DigitalGlobe

Google earth



Image © 2014 DigitalGlobe

Google earth





AEROPUERTO

A.M.B

TESTIGO 1



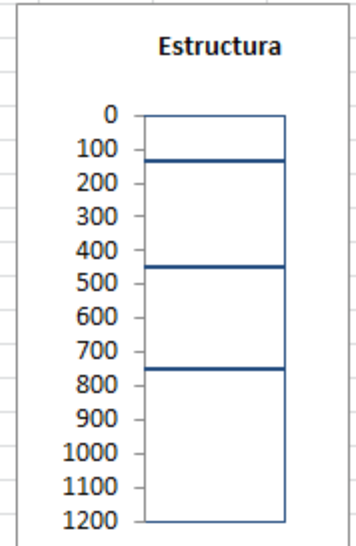
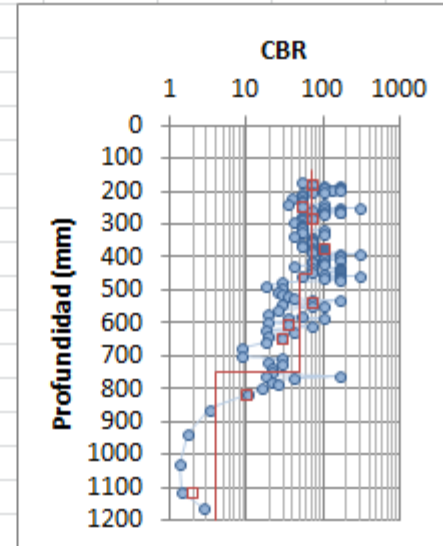
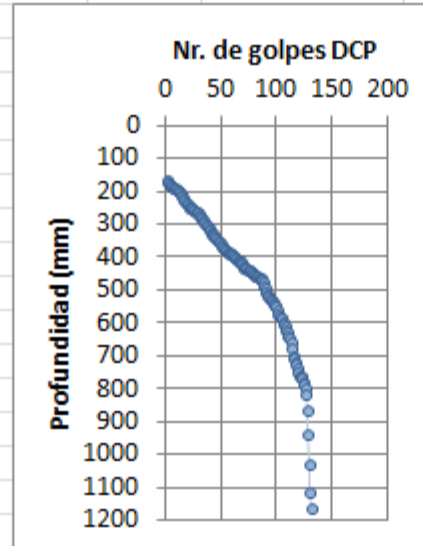
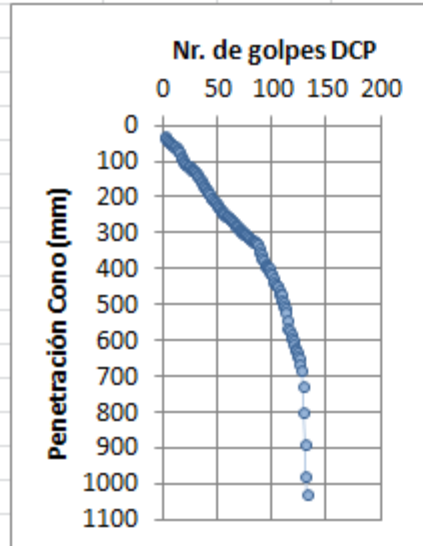
08/08/2014 11:25



08/08/2014 11:51

Registro de Ensayo de Cono Dinámico de Penetración

Ensayo DCP		Espesores Pavimento		Notas
CBR estimado		Material	Espesor (cm)	
Capa 1	70	Base	31.0	Condición superficial: sin daño Humedad: mojado Cono no penetra más.
Capa 2	50	Subbase	30.0	
Capa 3	4	Subrasante	-	



Lisura, Textura, Rugosidad

Glosario

- Rugosidad: traducción de “Roughness”
- Pero mejor usar:

REGULARIDAD

O

IRREGULARIDAD

- Lisura: no existe (a veces se usa para regla de 3m)
- Textura: es medida de profundidad (obtenido originalmente de volumen de arena o grasa)



Aircraft Photo Courtesy F. Seggie

Longitud de Referencia

Rugosidad/Irregularidad



Tramo de ruta



Amplificación ~ 50 veces

Megatextura



Perímetro de rueda

Macrotextura



Amplificación ~ 5 veces

Área de contacto de rueda

Microtextura



Amplificación ~ 5 veces

Partícula de agregado



Evolución de equipos para evaluar regularidad superficial

- 1900 – presente : Hi-Lo
- 1940 – presente : perfilógrafo
- 1940 – 1980 : equipos tipo respuesta
- 1965 – presente : perfilómetro inercial
- 1990 – presente : inclinómetros

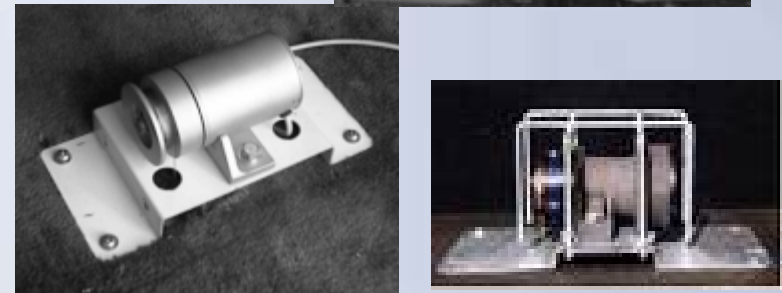


Medición de tipo respuesta

- “Cuenta saltos” en un carro (Mays Meter)



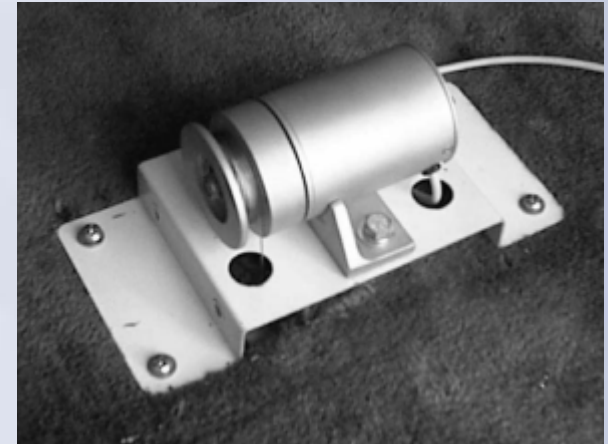
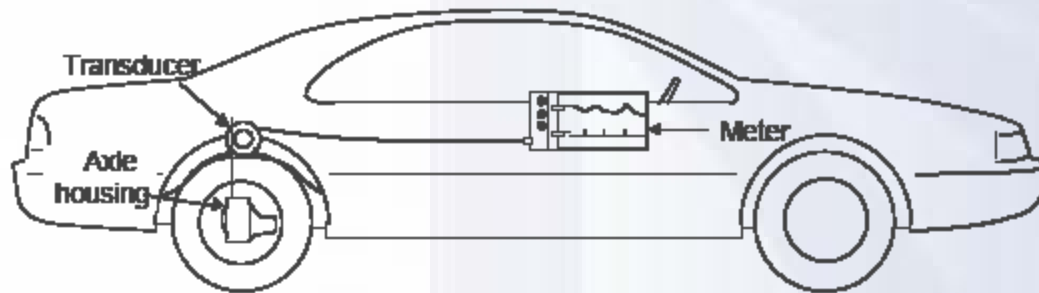
- “Cuenta saltos” en un vehículo



- Se busca correlacionar desplazamiento entre el eje y la carrocería, con lo que perciben las personas

Bump Integrator

- Medición de tipo respuesta



- Solamente “cuenta saltos”
- Debe ser calibrado contra IRI verdadero (mediciones verdaderas del perfil)
- No nos dice nada acerca de las irregularidades

Medición del perfil longitudinal

- “Dipstick” u otros equipos de velocidad de caminata, en base a inclinómetros



Dipstick



Walking Profiler





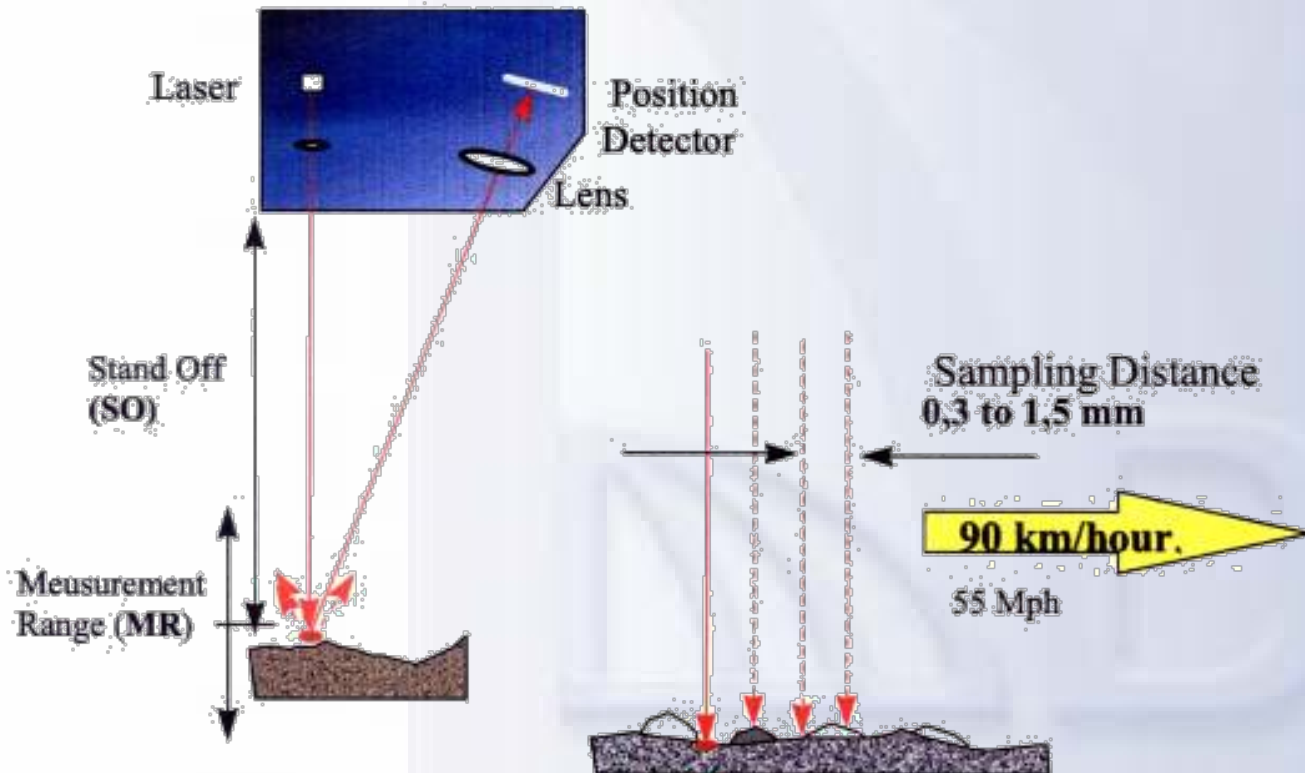
Perfilómetro Inercial

- Instrumento que mide el perfil del pavimento de manera automática
- Láser – distancia al pavimento
- Acelerómetro – sube/baja vehículo
- Medición de distancia



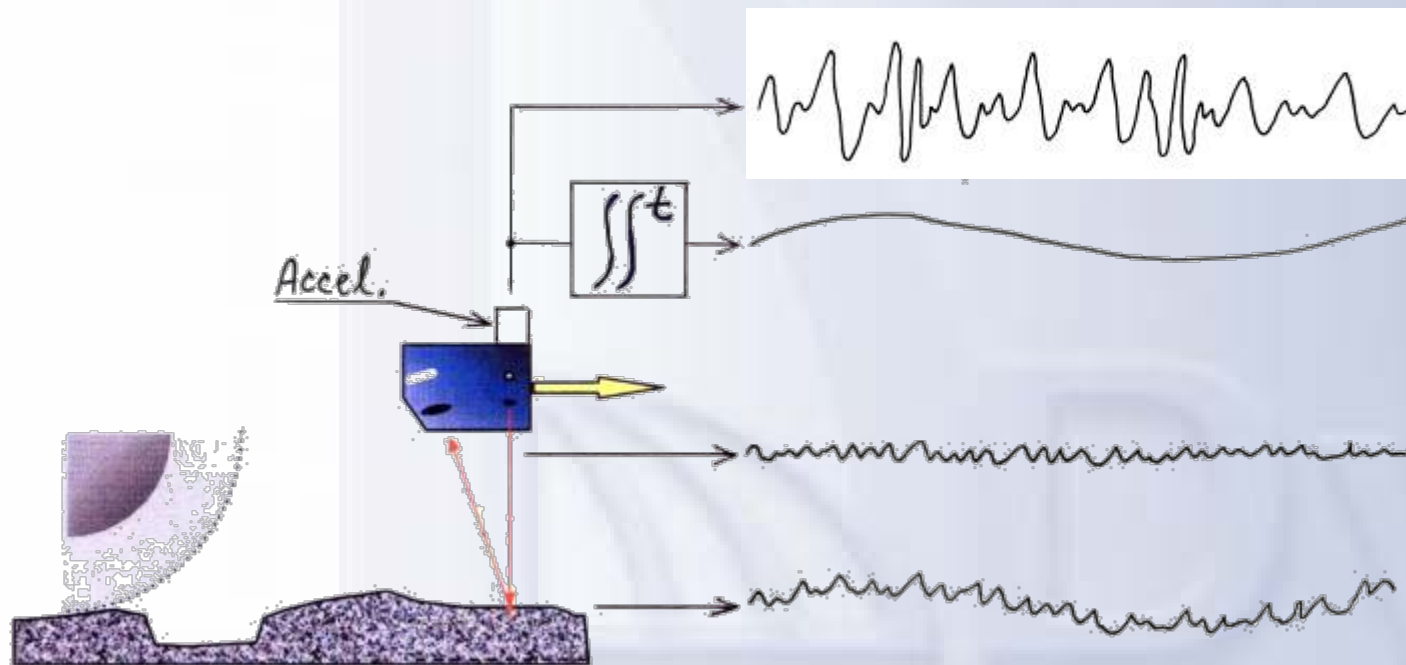
Como funciona un perfilómetro

- Triangulación del láser para medir la altura



Como funciona un perfilómetro

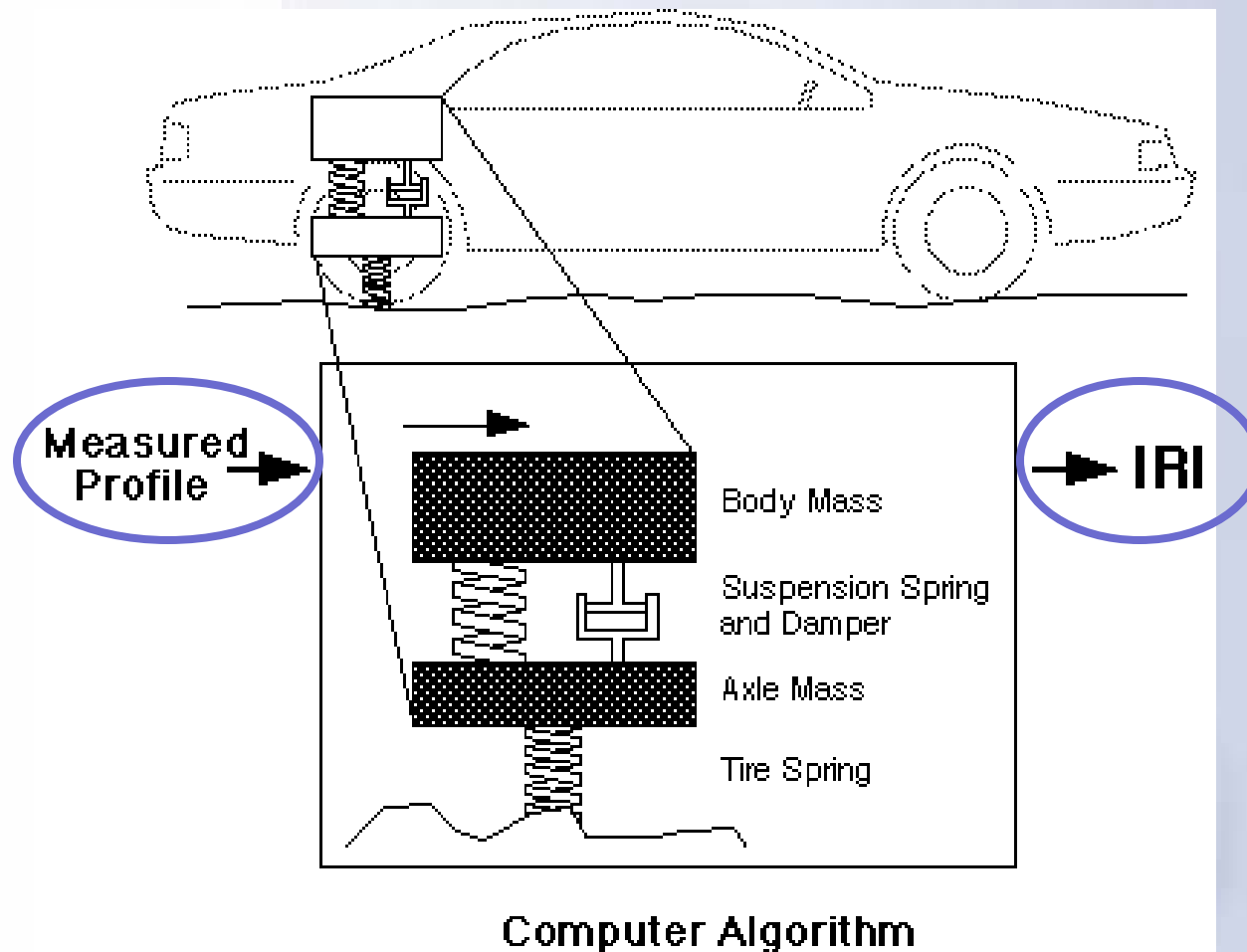
- Se integra la aceleración y se combina con la señal láser



En Caminos

- Un perfilómetro principalmente se usa para calcular la rugosidad a partir del perfil
- Qué es IRI:
 - **Índice de Rugosidad Internacional**
 - Un indicador objetivo de la “regularidad” superficial
 - Modelo de 1/4 de automóvil
- Hay otros indicadores
 - Ride Number
 - Half-Car Index
 - etc

Índice de Rugosidad Internacional









U.S. Department
of Transportation

**Federal Aviation
Administration**

Advisory Circular

Traducida al Español por Dynatest

Asunto: Directrices y Procedimientos para Medir
la Rugosidad en Pavimentos de Aeropuertos

Fecha: 9/30/2009

AC No.: 150/5380-9

Iniciado por: AAS-100

Cambio:

- 1. PROPÓSITO.** Esta *Advisory Circular* (AC) proporciona directrices y procedimientos para medir y evaluar la rugosidad de aeropistas a partir de datos del perfil de la superficie de los pavimentos rígidos y flexibles. Esta AC proporciona procedimientos técnicos para cuantificar las irregularidades superficiales y para determinar cómo las irregularidades superficiales pueden afectar a determinadas categorías de aeronaves.

Rugosidad en aeropuertos versus carreteras

- En carreteras importa la comodidad del pasajero
- La suspensión de los autos está hecha para absorber irregularidades
- El sistema de suspensión de un avión es para absorber la energía durante el aterrizaje
- La rugosidad de pavimentos de aeropuertos se define en términos de fatiga en componentes de aviones (aumentar tensiones y desgaste) y / u otros factores que pueden afectar la operación segura de las aeronaves

Categorías de rugosidad de pavimentos de aeropuertos

1. Evento de resalto individual

- son eventos aislados donde se producen cambios en la elevación del pavimento sobre una distancia relativamente corta de 100 metros o menos
- Los ocupantes y los componentes del avión sienten el impacto como un choque o sacudida repentina.

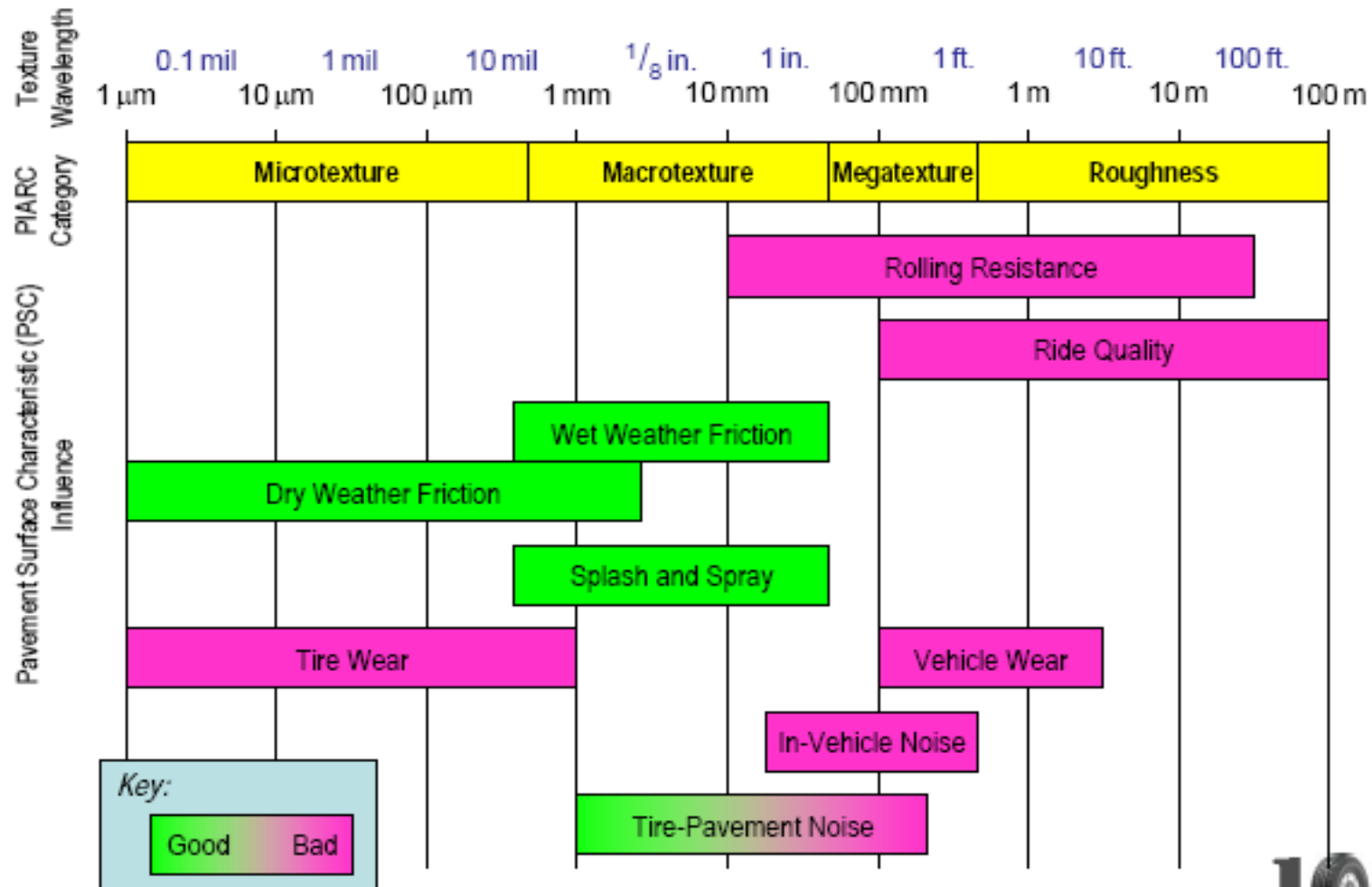
2. Rugosidad del Perfil

- desviaciones de perfil superficial presentes sobre una porción de la pista que pueden aumentar la fatiga en componentes del avión, reducir la acción de frenado, afectar las operaciones de la cabina, o causar molestias a los pasajeros
- Incluso si no causa molestias a los pasajeros, todavía puede disminuir la seguridad operacional del avión.

Rugosidad y Textura

- Textura del pavimento es la textura de la superficie inmediata de pavimento que contribuye a la fricción entre la rueda del avión y la superficie de pavimento.
- La textura del pavimento y las ranuras (*grooving*) pavimento no son fuentes de irregularidad

Pavement properties vs texture



Método “Boeing Bump”

- Construir una regla virtual entre dos puntos sobre el perfil longitudinal de la elevación de una pista y medir la desviación de la regla hasta la superficie del pavimento.
- El procedimiento reporta " altura del bump" como una desviación máxima (positiva o negativa) de la regla a la superficie de pavimento
- El procedimiento grafica la altura y longitud del resalto versus los criterios de aceptación
- Considera longitudes (longitudes de onda) de la regla de hasta 120 metros

Boeing Bump Index

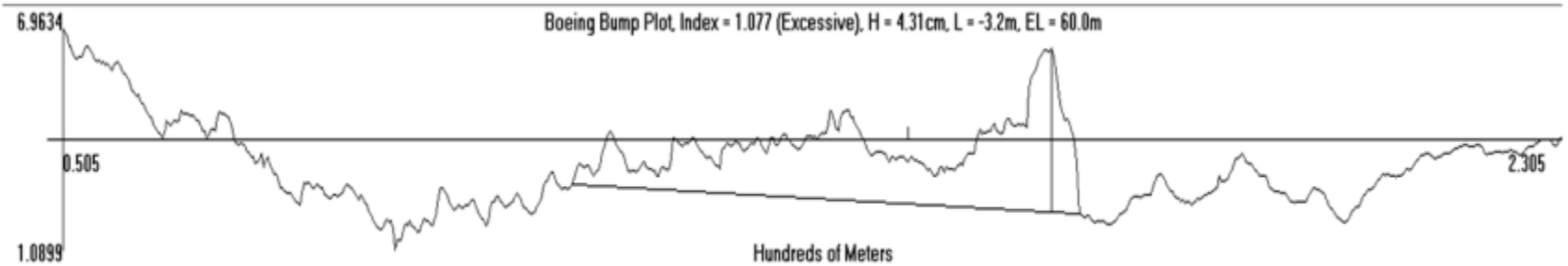


Figura 22. Ejemplo de un resalto Boeing, traza BBI

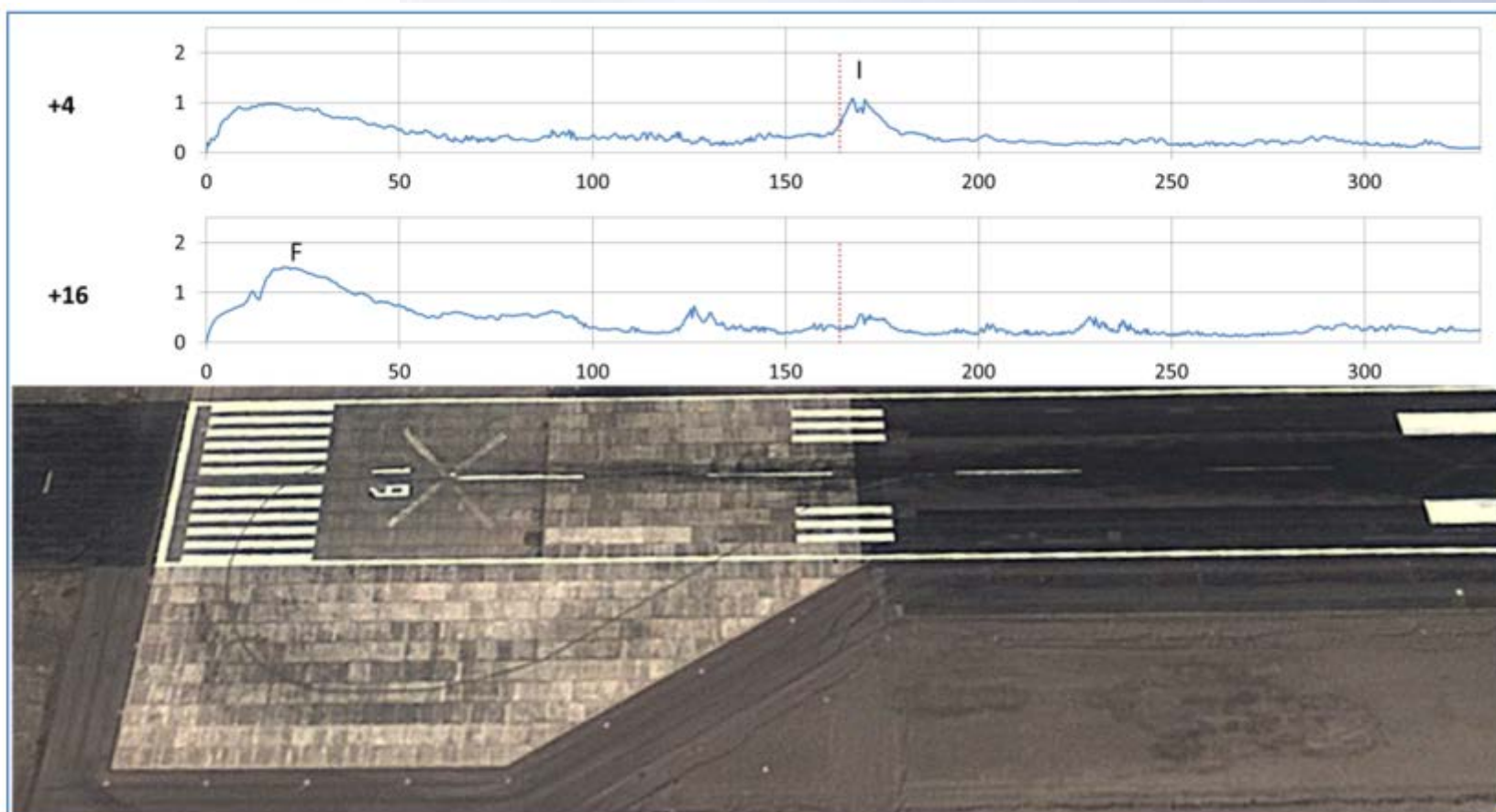


Figura 24. Índice BBI en pista, sector 0 – 320m, resaltos F e I.

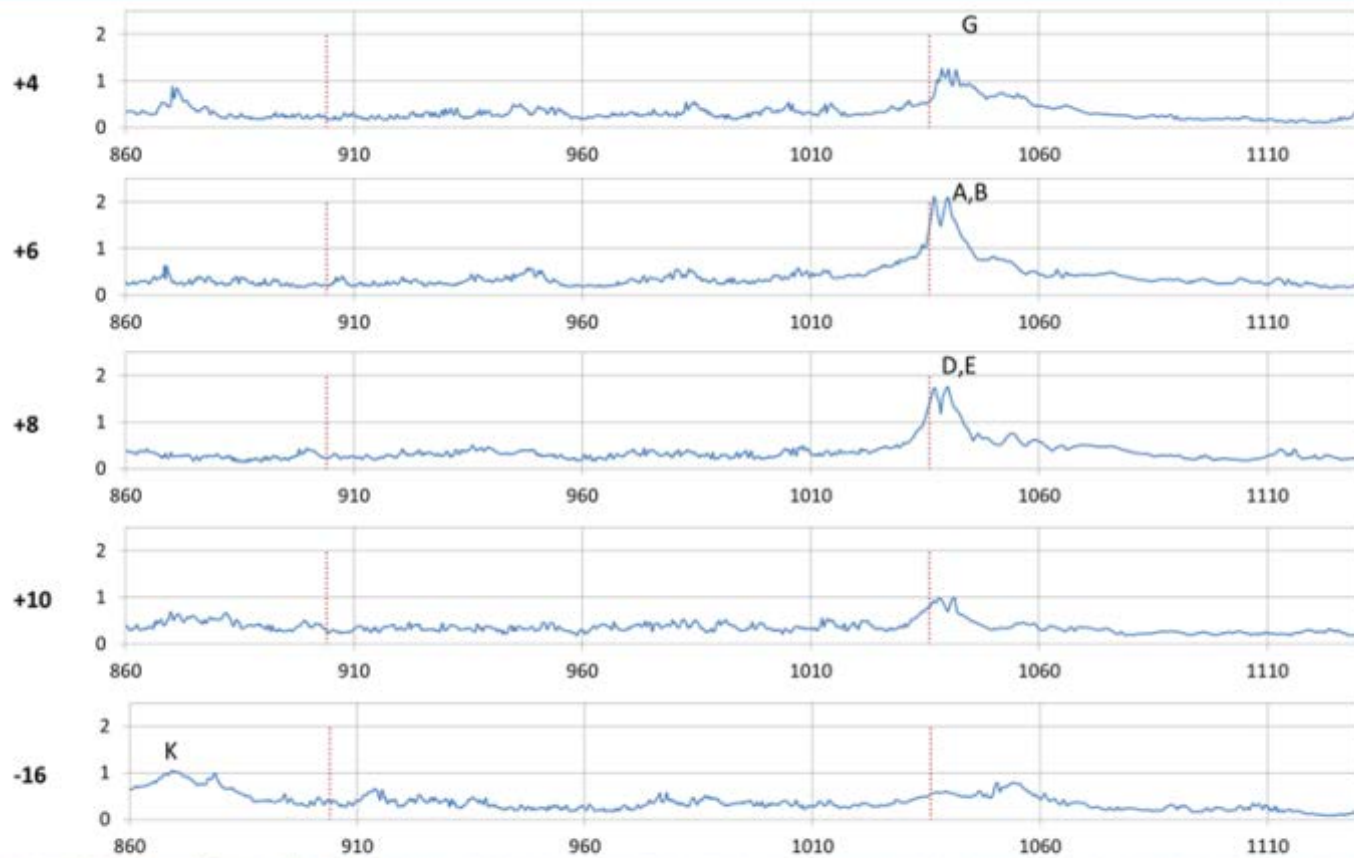
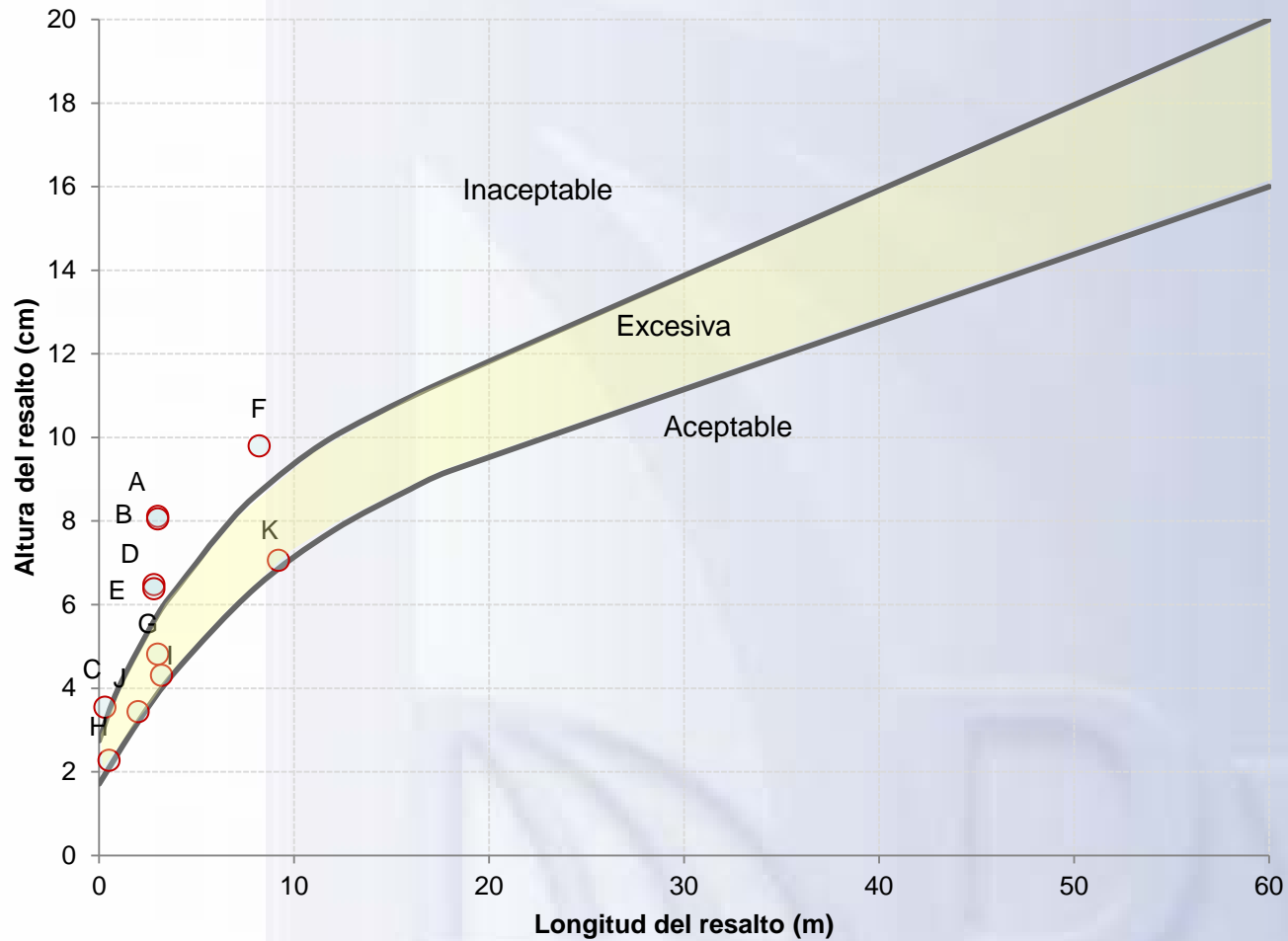


Figura 25. Índice BBI en pista, sector 830 – 1130m, resaltos A, B, D, E, G y K.



Figura 26. Índice BBI en pista, sector 2950 – 3350m, resalto H.

Boeing Bump Index



MEASUREMENT METHODS

ROAD AND LEVEL:

The survey is carried out using rod, level and measuring tape



DIPSTICK:

The device utilizes a precision inclinometer to measure the difference in height between the two supports



MEASUREMENT METHODS

PROFILOGRAPH

It is a long beam with wheels at each end, and a test wheel in the center; the road roughness is measured by the vertical movement of the test wheel.



INERTIAL PROFILERS

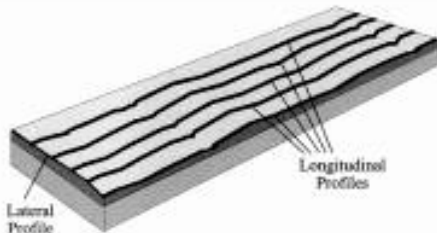
This device is composed of a laser which measures the relative distance between the road surface and a computed inertial reference, an odometer which measures the longitudinal distance and an accelerometer to take into account vehicle vertical accelerations.



MEASUREMENT METHODS



Longitudinal Profile



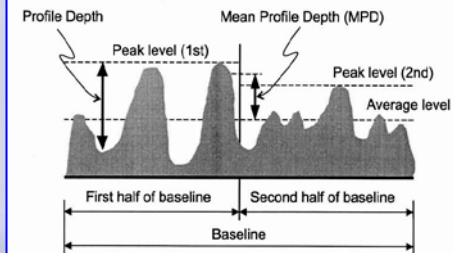
Transverse Profile



**Grad, Radius,
Cross**

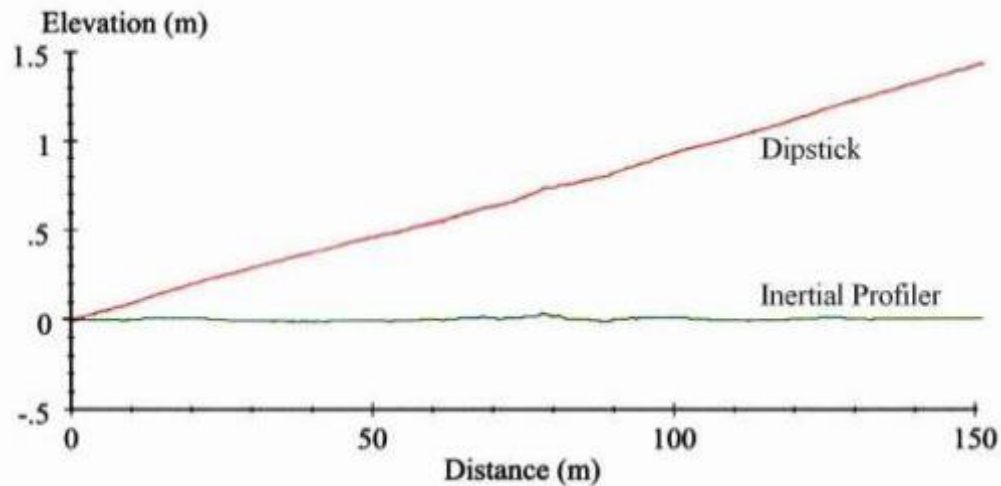


Macrotexture

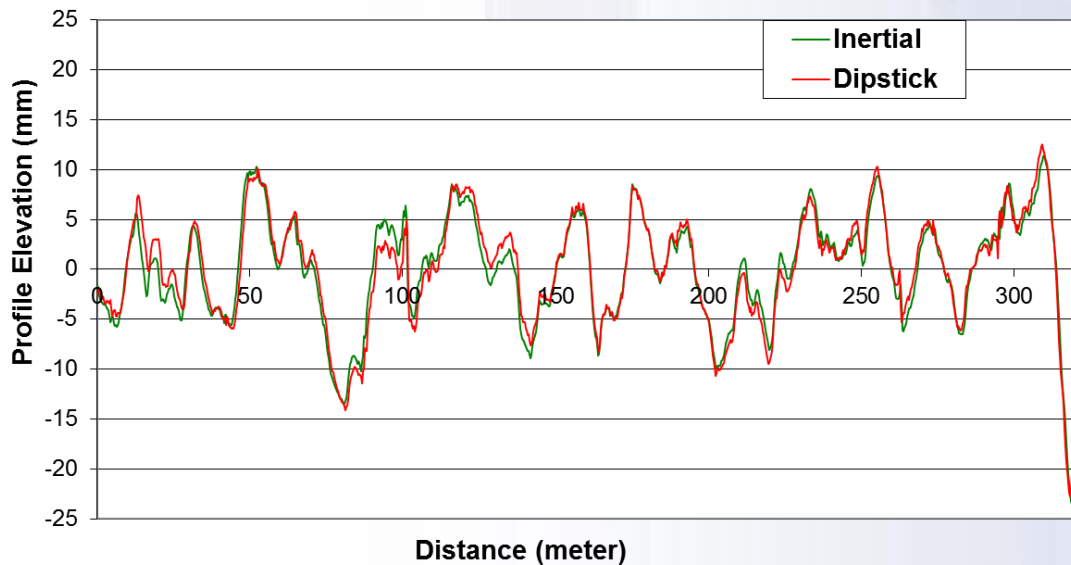


COMPARISON OF DIFFERENT DEVICE

Static Versus Inertial Profile



Inertial Profile versus Filtered Dipstick Data



The general character of the two profiles is remarkably similar.

ROUGHNESS EVALUATION FOR AIRPORT PAVEMENTS

The existence of an international organization that oversees the law-making to individual institutions for national civil aviation led to the Standardization of technical requirements.

International Civil Aviation Organization - ICAO

NEW PAVEMENT

“Except across the crown of a camber or across drainage channels, the finished surface of the wearing course is to be of such regularity that, when tested with a 3 m straight-edge placed anywhere in any direction on the surface, there is no deviation greater than 3 mm between the bottom of the straight-edge and the surface of the pavement anywhere along the straight-edge”

EXISTING PAVEMENT

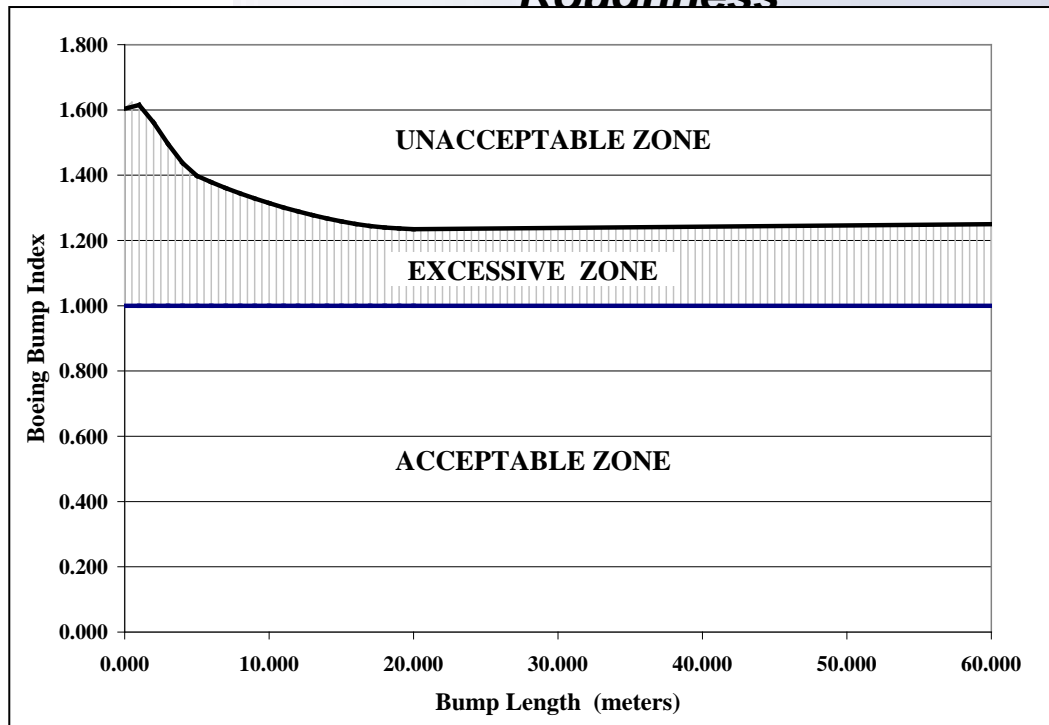
“Isolated irregularities of the order of 2.5 cm to 3 cm over a 45 m distance are tolerable. although maximum acceptable deviations vary with the type and speed of an aircraft, the limits of acceptable surface irregularities can be estimated to a reasonable extent”



ROUGHNESS EVALUATION FOR AIRPORT PAVEMENTS

In order to take into account the influence of longer wavelengths
FAA developed the Boeing Bump Index.

AC n°150/5380-9 “*Guidelines and Procedures for Measuring Airfield Pavement Roughness*”



ASTM is also working to standardize the Boeing Bump Index calculation procedure.

Work Item: ASTM WK41777 - *New Specification for Boeing Bump Index Computations Based on Bump Template Simulations*



ROUGHNESS EVALUATION FOR AIRPORT PAVEMENTS

FAA provides equipment measurement specifications for the BBI calculation.



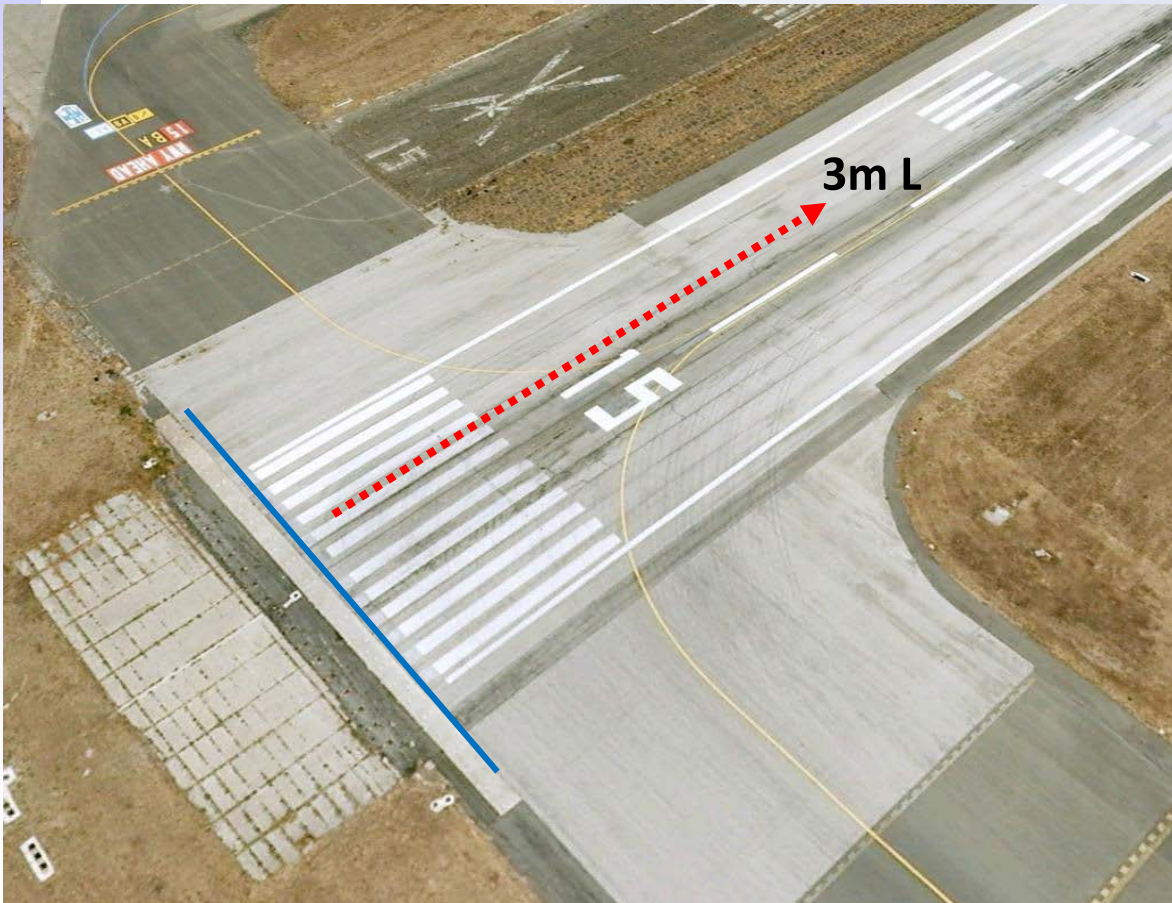
“The use of inertial profilers that include highpass filtering is not recommended for measuring profiles which are to be used for computing BBI index or simulated airplane accelerations on airport pavements”



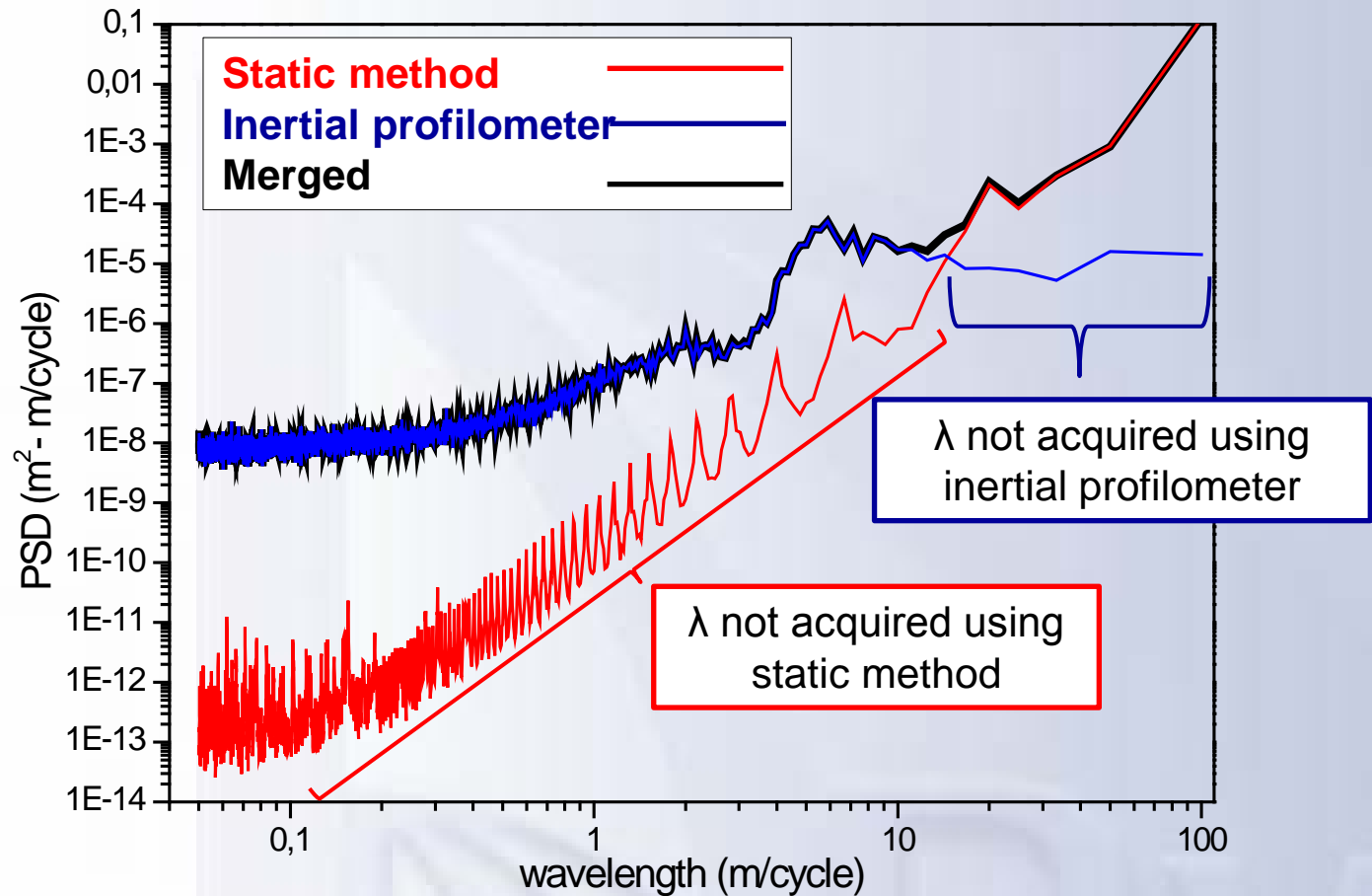
ROUGHNESS EVALUATION FOR AIRPORT PAVEMENTS

Ciampino International Airport Example

1. **Static method**
Sampling interval 10 m
2. **Inertial profilometer**
Sampling interval 25 mm



ROUGHNESS EVALUATION OF AIRPORT PAVEMENTS



Problema

- Perfilómetro láser no mide todas las longitudes de onda que interesan para BBI
- Hay equipos que sí:
 - Inclínometros
- Lo que falta son las longitudes de onda más altas
- Tienen poco efecto en el cálculo del BBI