

Regularidad superficial en los pavimentos industriales.

Algunas premisas.

Una superficie perfectamente plana es imposible de conseguir.

Cuanto más plano, más caro.

Cada instalación necesita una determinada regularidad superficial. Un pavimento puede ser suficientemente plano para una aplicación y no para otra.

Si no hay un buen método para verificar la regularidad:

- No se sabe lo que se paga.
- Suele haber disputas entre constructor y propietario.

Porqué es importante la regularidad superficial.

Facilita el funcionamiento de almacenes:

- Las carretillas funcionan a su máxima velocidad.
- Pueden circular con la carga elevada o bajándola.
- Permite una colocación precisa de las cargas.

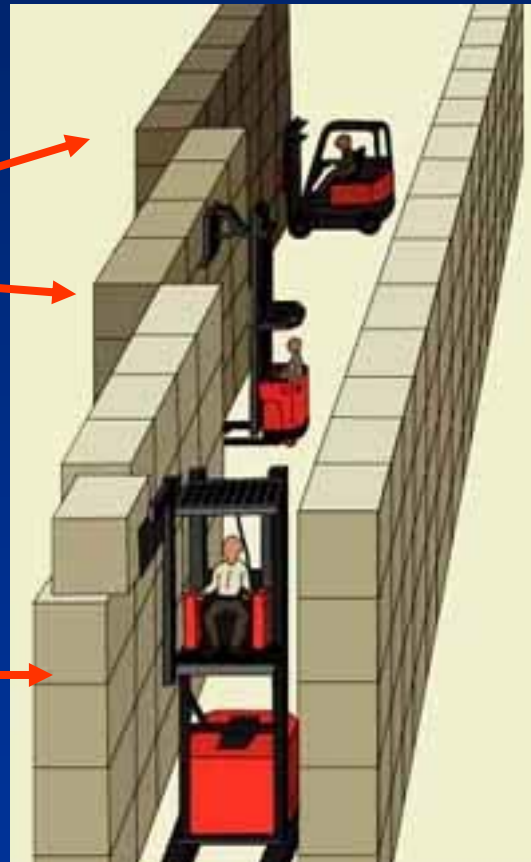
Elimina vibraciones en las carretillas que producen:

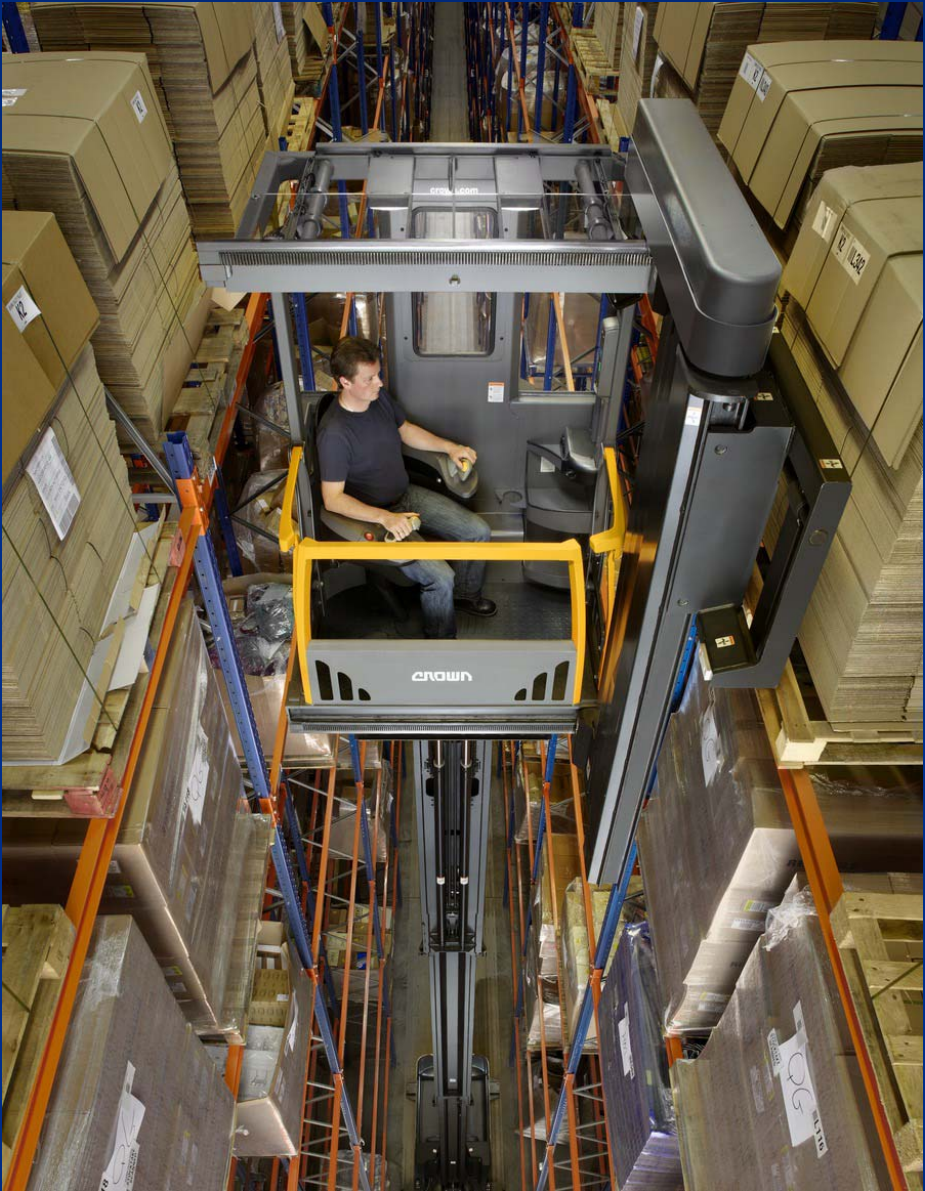
- Paradas innecesarias por averías y un aumento de los costes de mantenimiento.
- Fatiga en los conductores y riesgos de accidentes.
- Daños a los productos.

pos de instalaciones.

Tráfico aleatorio.

Tráfico definido.





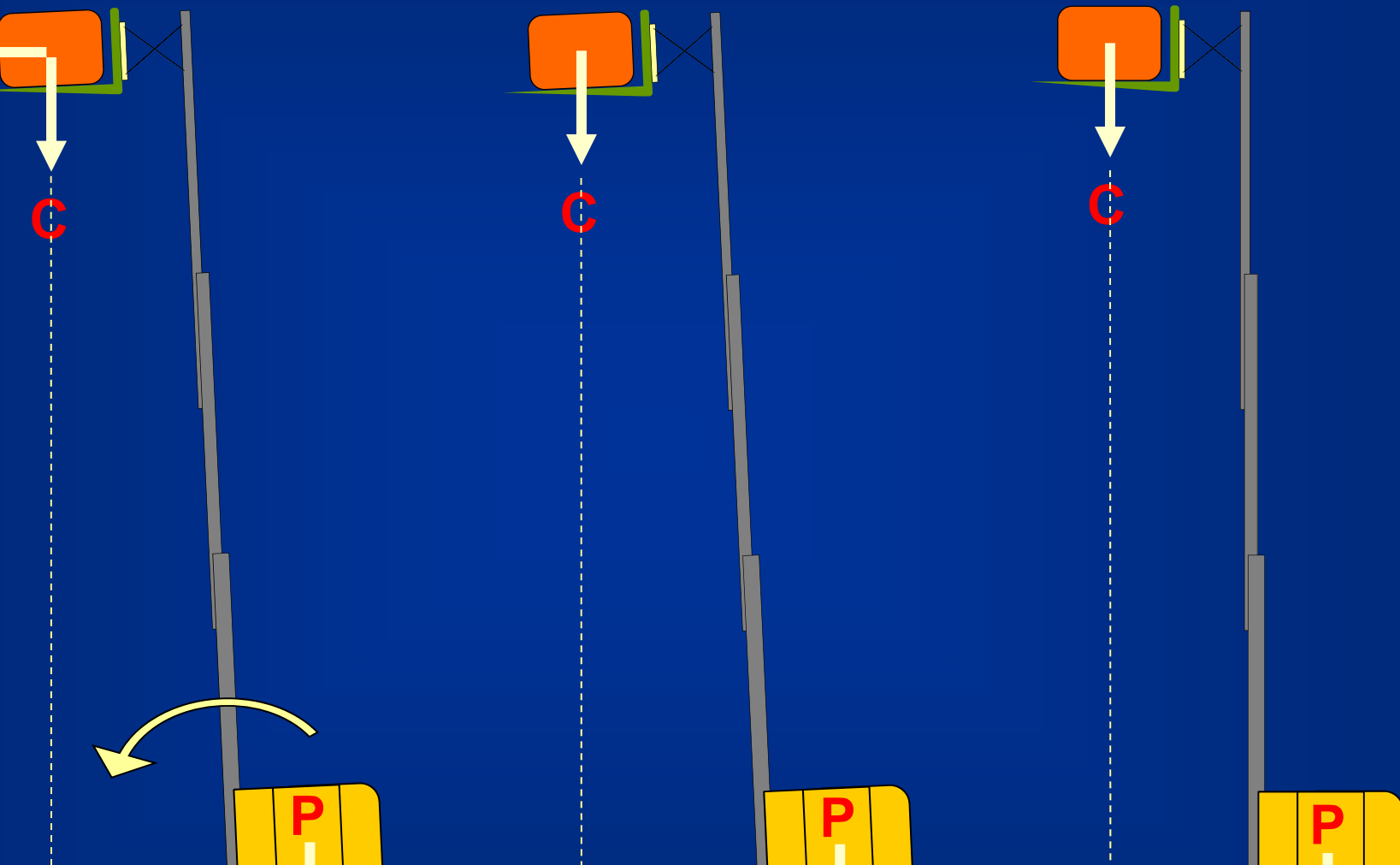


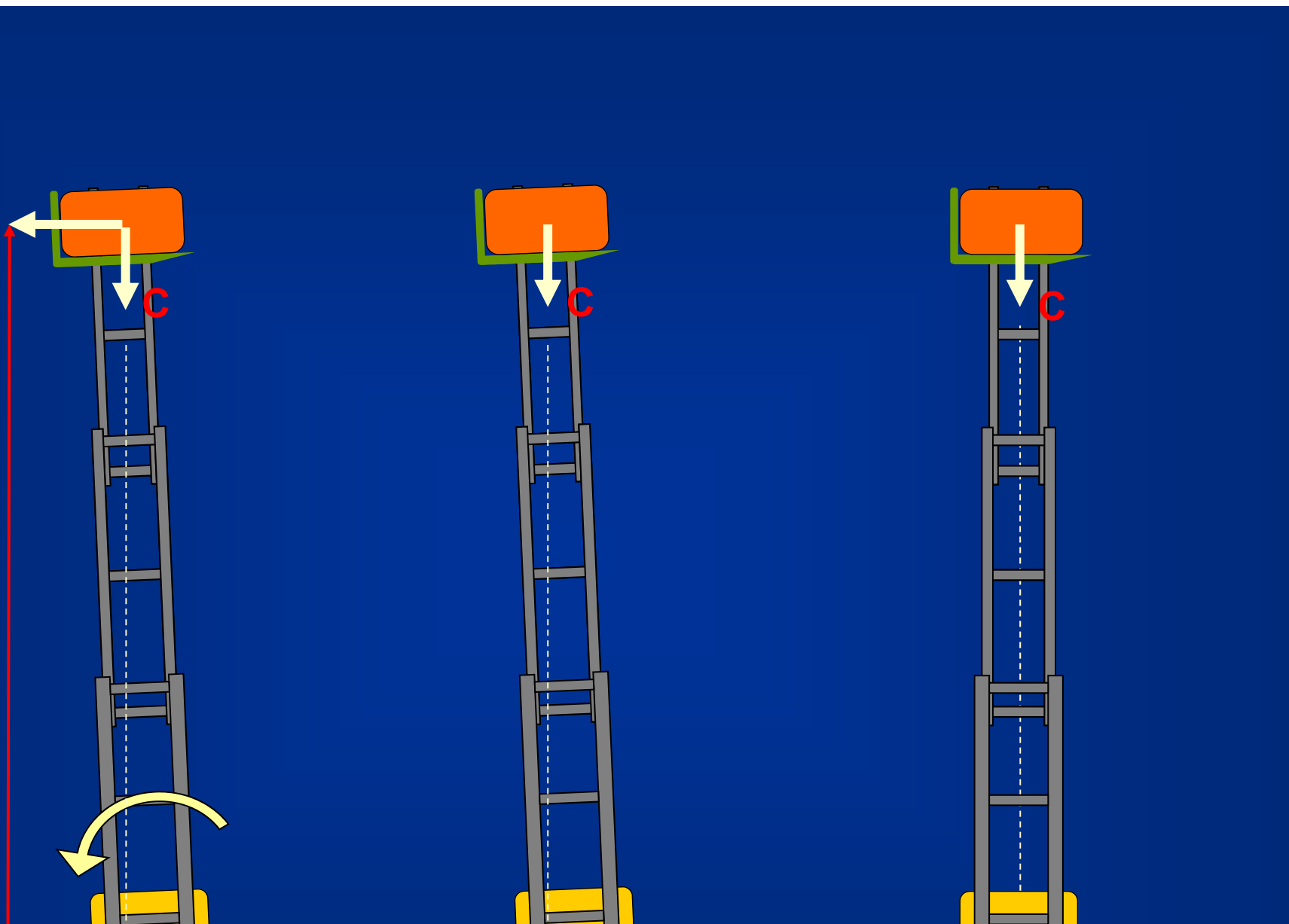


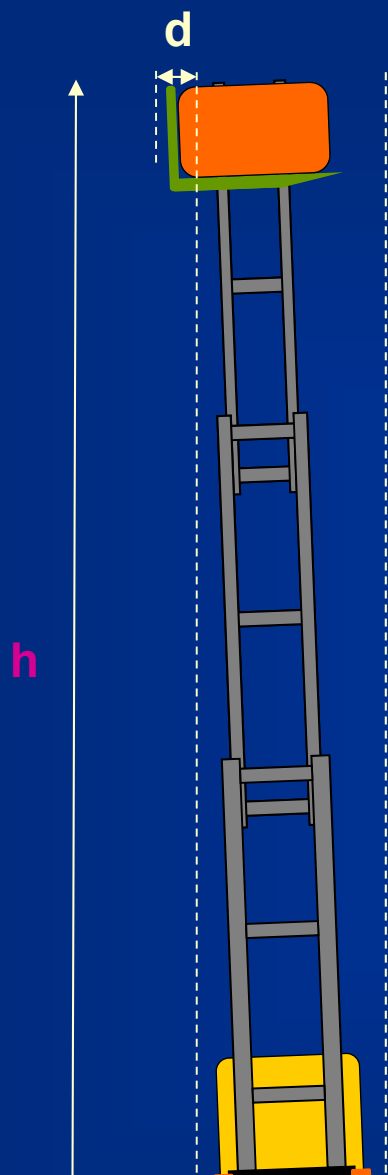












d (mm)		t (mm)		
		3	6	9
h (m)	6	18	36	72
	10	30	60	90
	14	42	84	126

Parámetros del pavimento que afectan a las carretillas.

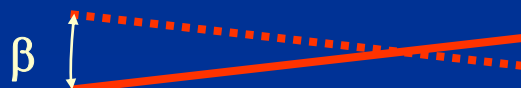
Desnivel (horizontalidad).

- Longitudinal.
- Transversal.



Variación de la inclinación.

- Longitudinal (cabeceo).
- Transversal (balanceo).



Métodos para evaluar la regularidad superficial.

Regla de tres metros.

- Fija.
- Rodante.

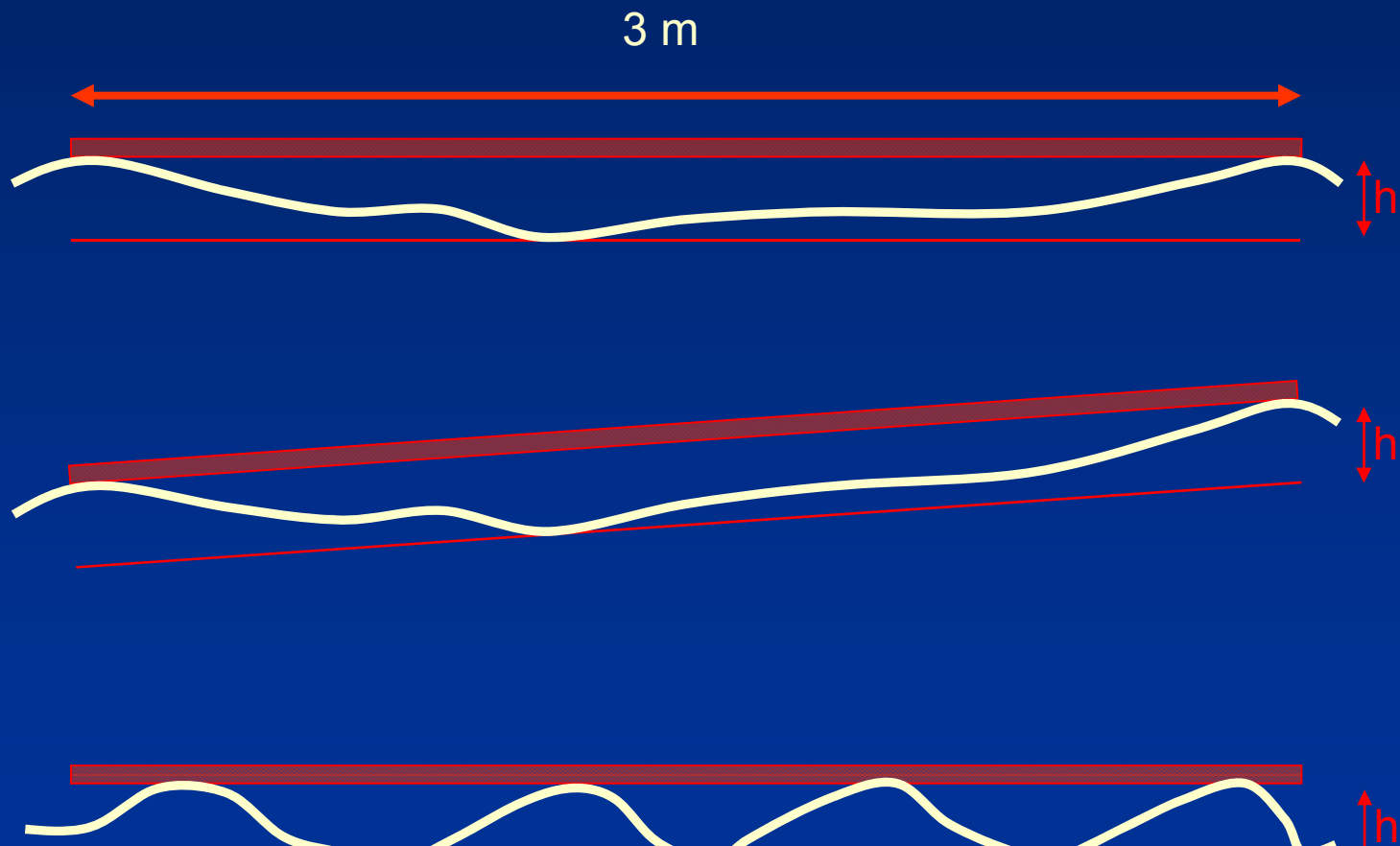
Sistema de Números F (ASTM y ACI).

Método TR34 (Concrete Society).

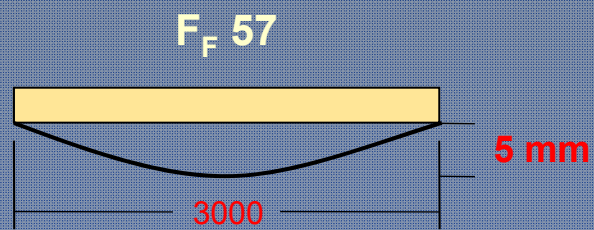
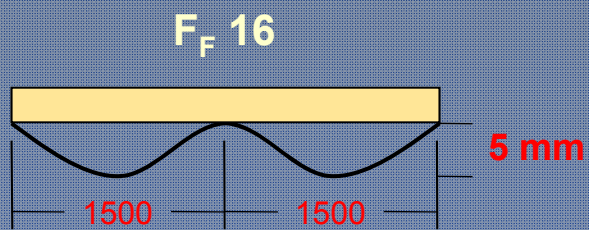
Normas DIN.

Otros sistemas

regla de tres metros.



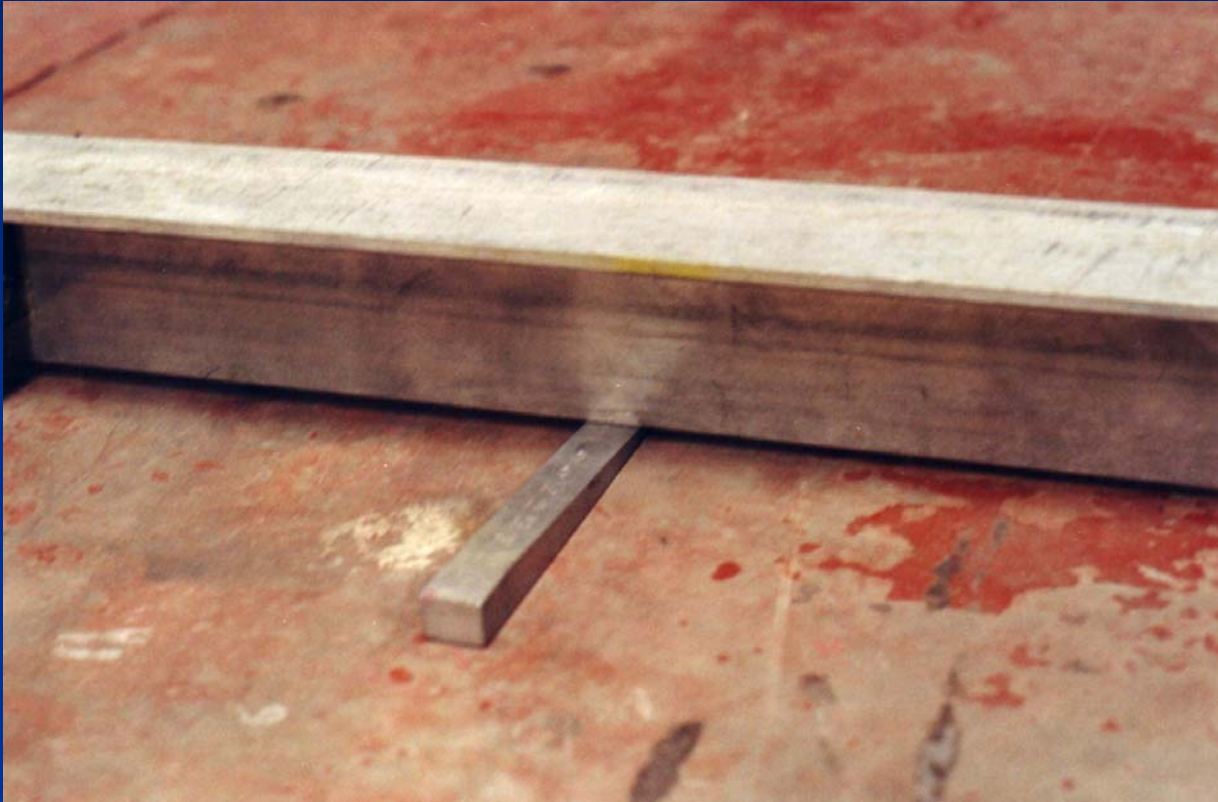
regla de tres metros.



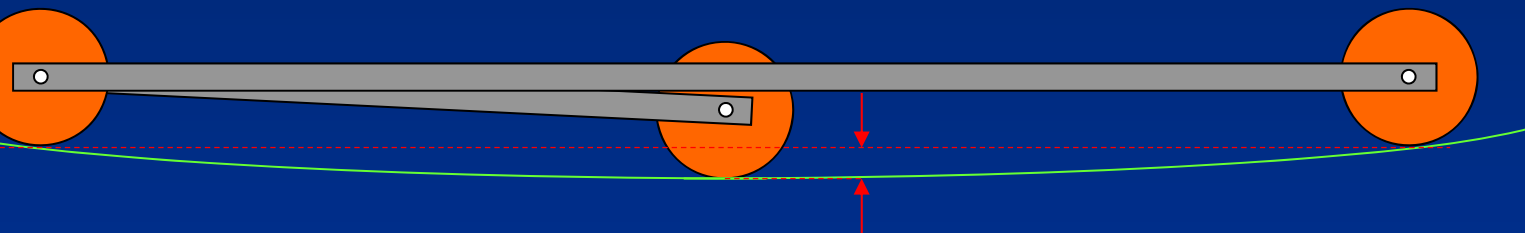
regla de tres metros.



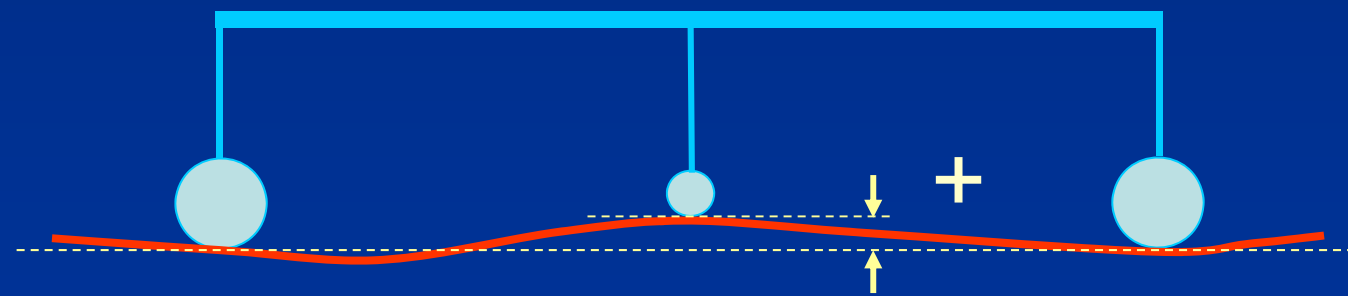
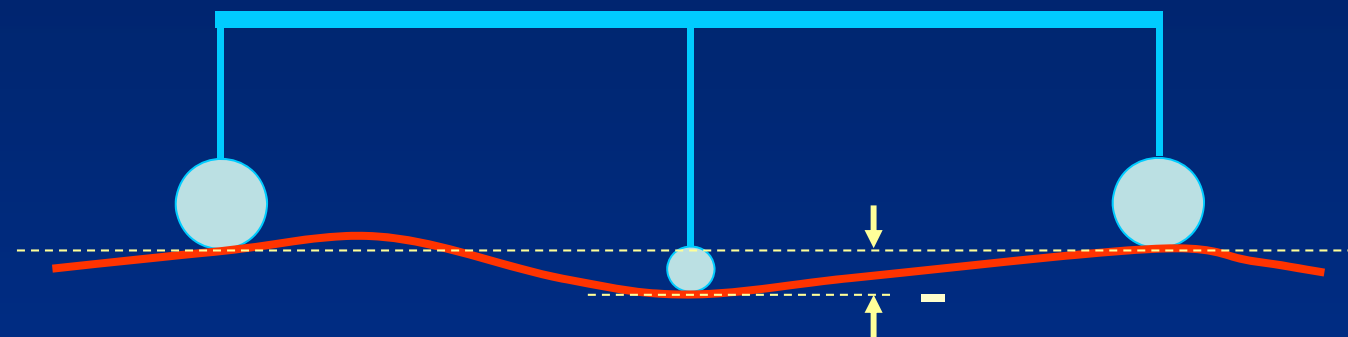
regla de tres metros.



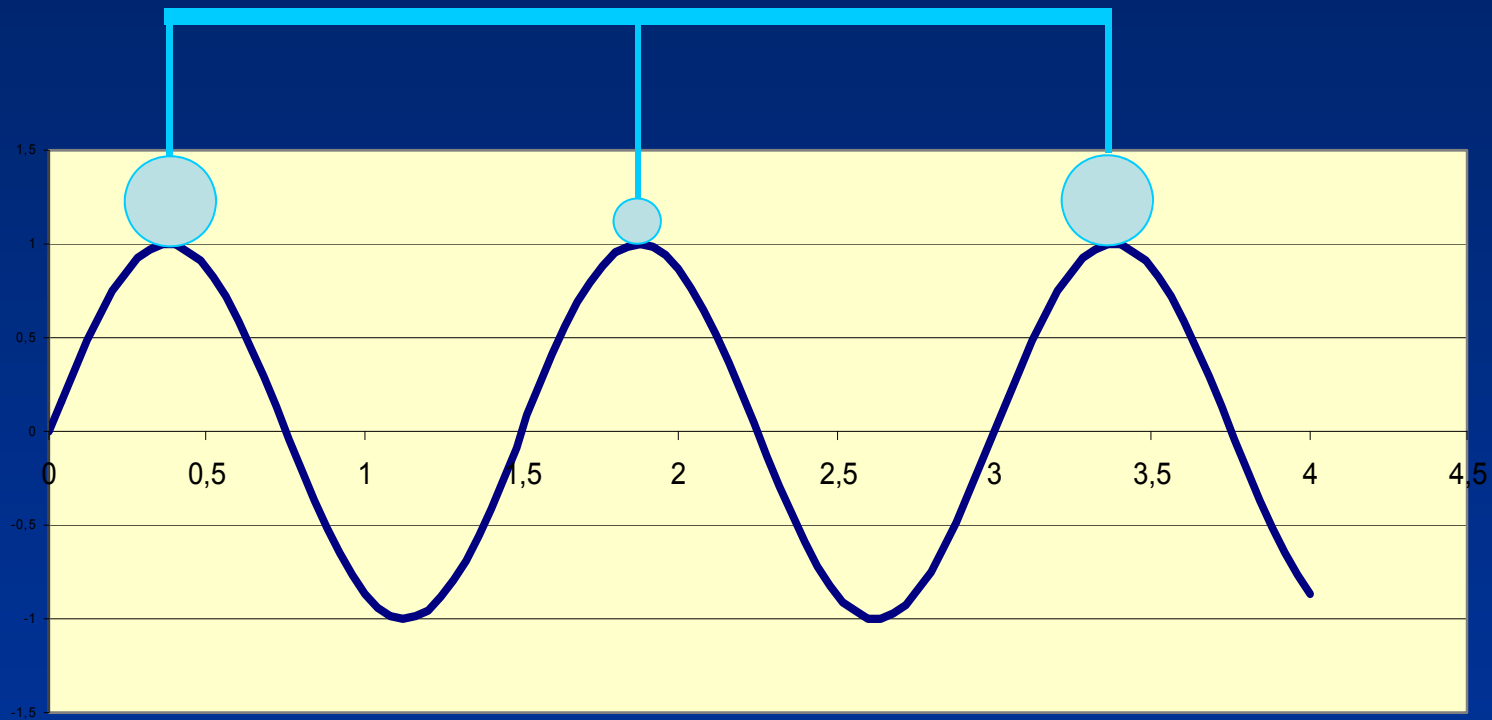
regla rodante de tres metros.



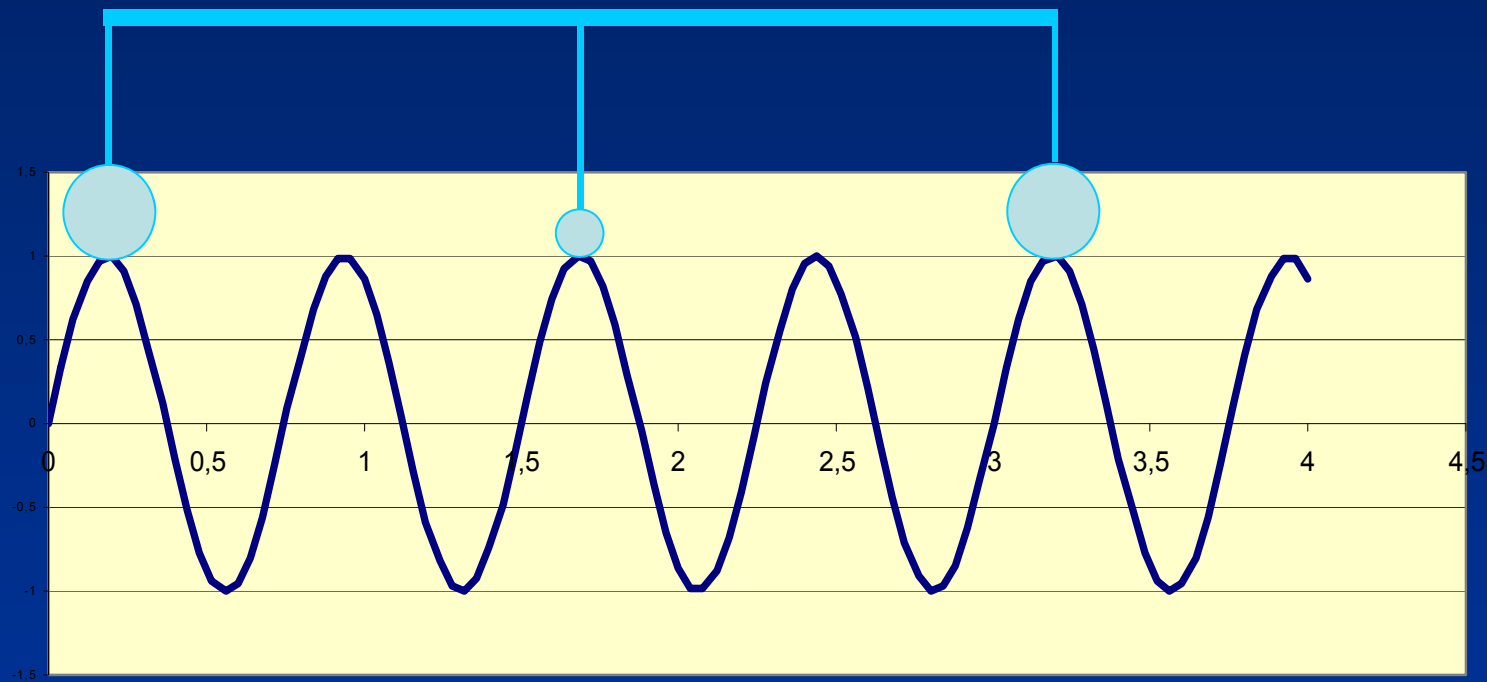
regla rodante de tres metros.



Regla rodante de tres metros con
regularidad de $\lambda=1,5$ m.



Regla rodante de tres metros con
regularidad de $\lambda=0,75$ m.



Sistema de Números F.

Metodología bien definida (ASTM 1155).

Permite conocer la calidad de los pavimentos y catalogarlos fácilmente mediante un muestreo estadístico.

Se controla tanto la amplitud como la longitud de onda de las irregularidades.

Se define mediante dos números:

- F_F : Planeidad
- F_L : Nivelación

Como realizar la medida?

Se divide la obra en superficies con mismas especificaciones de regularidad.

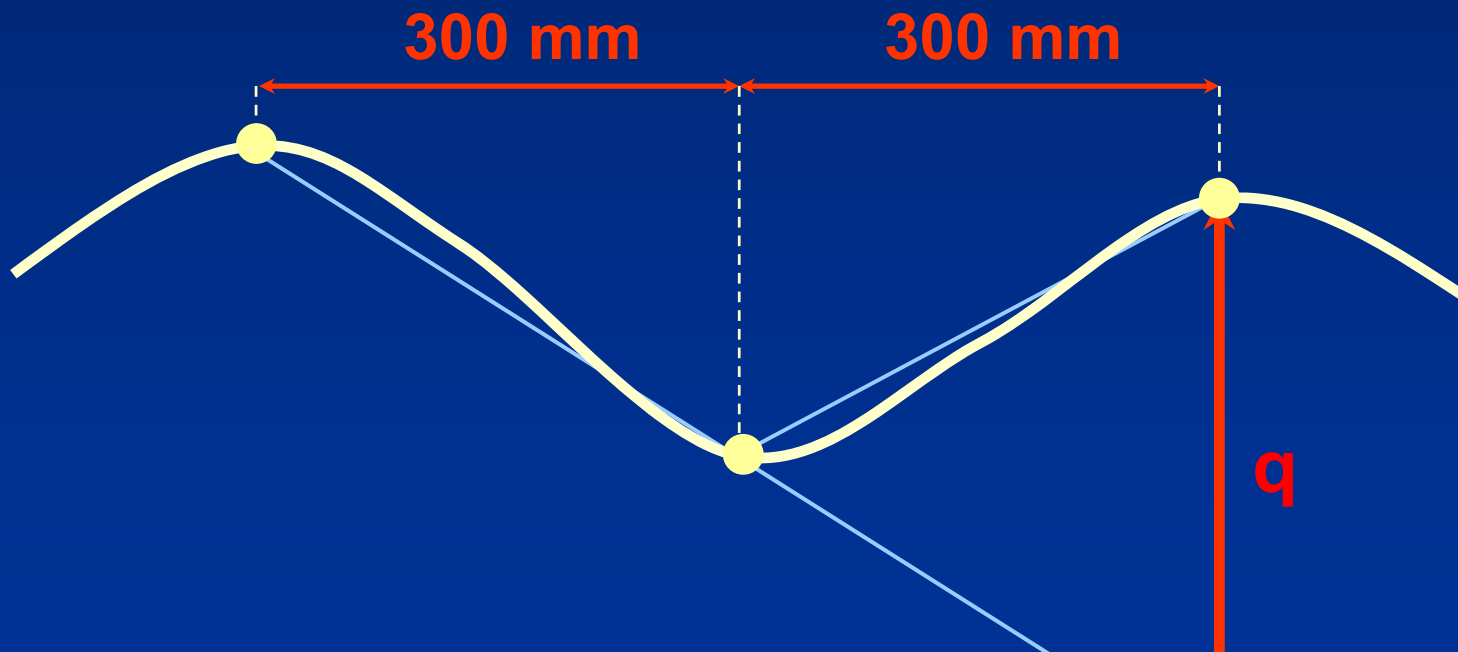
Se definen secciones rectangulares en las superficies.

Se establecen líneas de medida de al menos 3,3 m.

La longitud, en metros, a medir en una sección será superior al $A/10$, siendo A el área en m^2 .

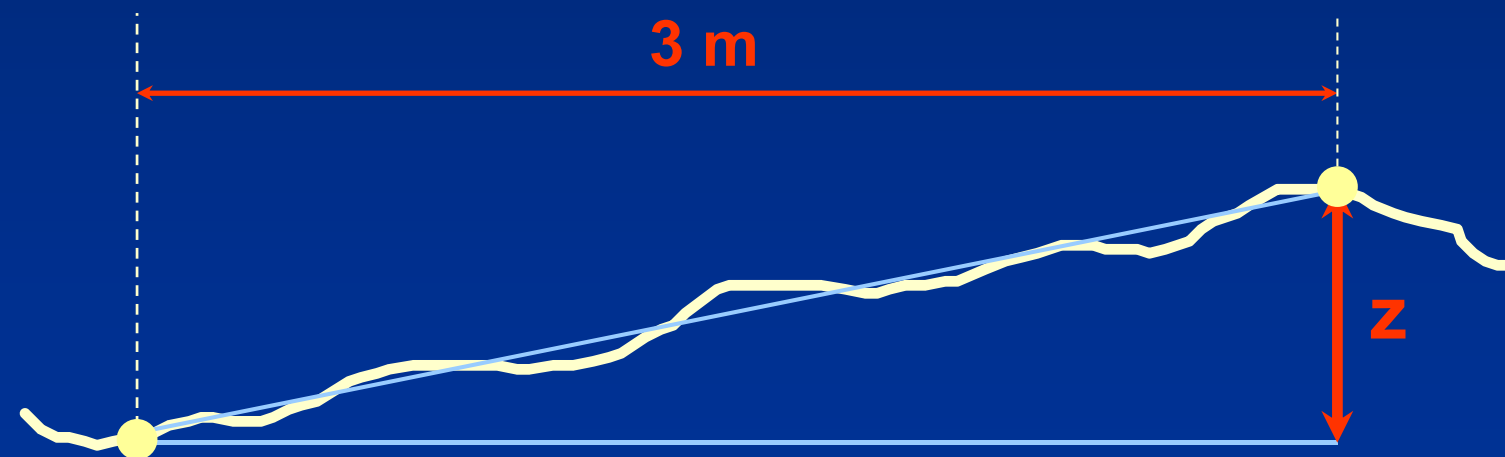
ϵ : planeidad.

Valora la curvatura (q) del perfil (las variaciones de pendiente).



L : nivelación.

Valora la horizontalidad o inclinación (z)
del perfil.



F , F_L

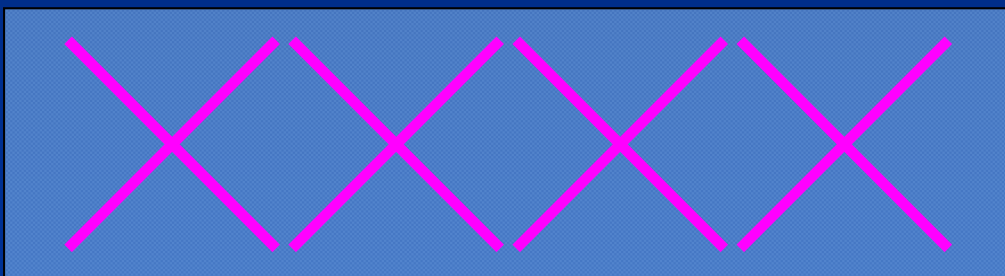
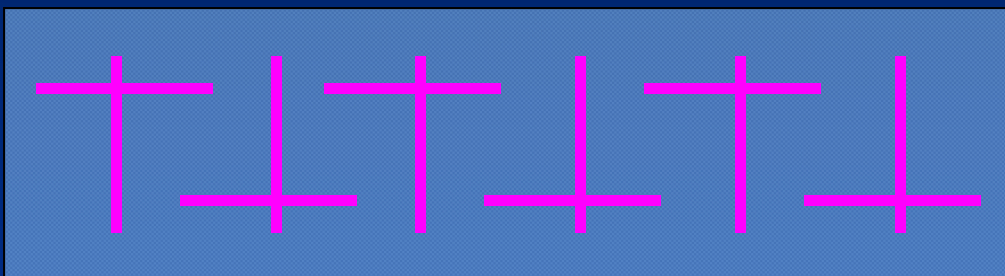
$$F_F = \frac{115,84}{3S_{q_i} + |\bar{q_i}|}$$

Desviaciones
típicas

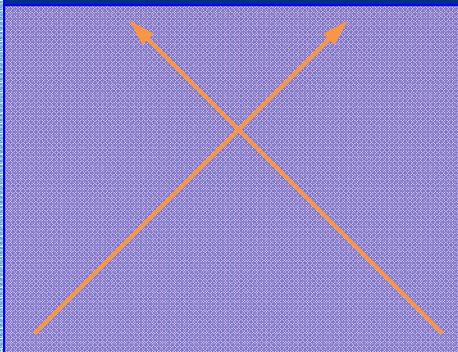
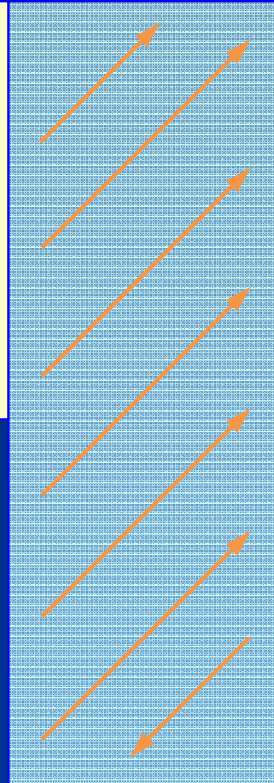
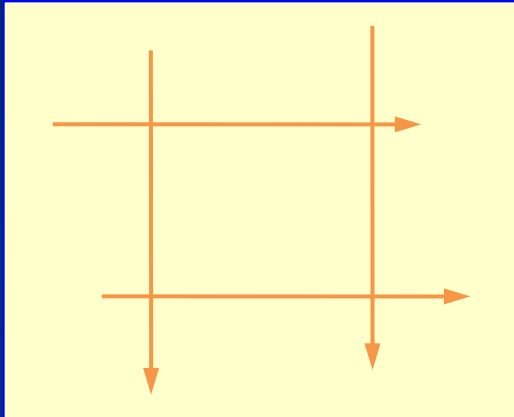
Medias

$$F_L = \frac{314,67}{3S_{z_i} + |\bar{z_i}|}$$

Ejemplos de disposición de líneas



Superficie formada por tres
secciones.



presentación de resultados.

Se obtienen los números F de cada línea medida.

Los valores F de las líneas de una sección se combinan para obtener los números F de la sección.

Los resultados de las secciones se combinan para obtener el valor de la superficie.

specificaciones.

Un valor mínimo global de la superficie y
un valor mínimo aceptable de cada una de
las secciones individuales ($\approx \frac{3}{4}$ del global).

Ninguna sección tendrá un valor F inferior
al mínimo individual (local).

Ni la superficie tendrá un valor F inferior al
mínimo global.

Clasificación de pavimentos según el IRI (ACI 117-10).

Regularidad	F_F	F_L
Corriente	20	15
Normal	25	20
Plana	35	25
Muy plana	45	35
Súper plana	60	40

equivalencias aproximadas entre
números F y regla de tres metros.

F_F	R3m (mm)
20	12
25	10
35	6
45	5
60	4

Para tráfico guiado, F_{MIN} .

Para pasillos muy estrechos, donde las carretillas siguen siempre las mismas trayectorias.

Se define un F_{MIN} y con el se calculan los máximos permitidos de:

- desnivel entre rodadas izquierda y derecha,
- desnivel entre el eje delantero y trasero,
- variaciones máximas de inclinación.

Método del TR34.

Primera versión en 1988 no distinguía si el tráfico era definido o no.

En la segunda edición de 1994, se distinguió entre movimientos definidos y aleatorios (tablas 7.1 y 7.2).

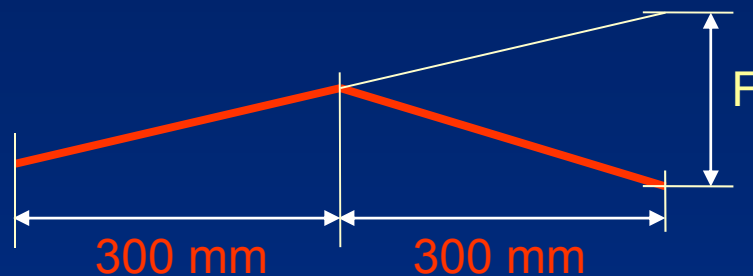
En 1997 se publicó un suplemento con cambios para tráfico aleatorio (tabla 7.2R).

En el 2003 salió la tercera edición con un Apéndice C para tráfico guiado.

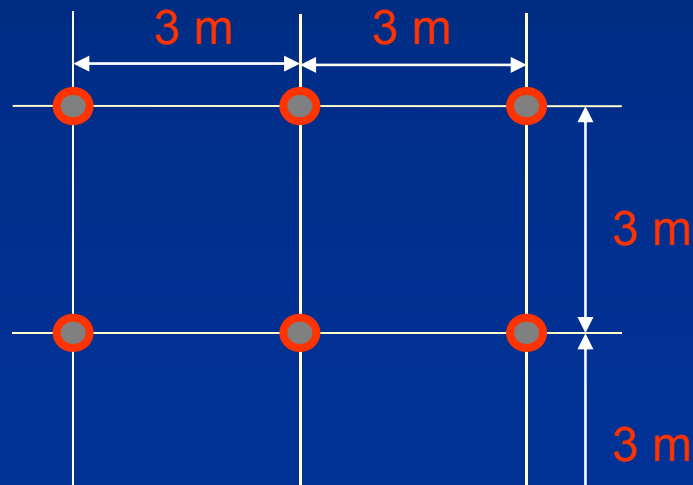
En el 2013 ha salido la cuarta edición con

Propiedades medidas en tráfico laboratorio.

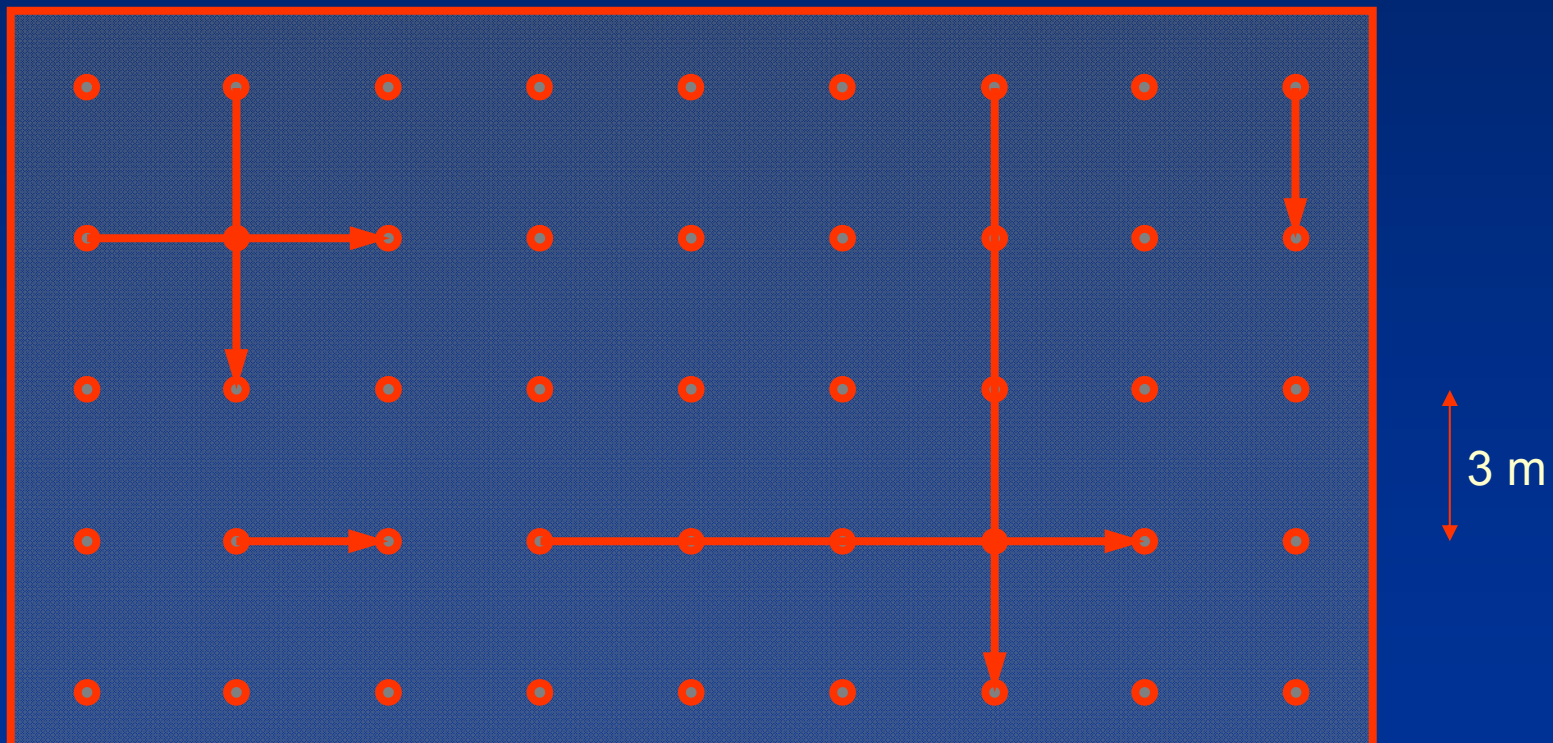
Variación de
pendiente longitudinal
cada 300 mm.



Desnivel entre puntos
separados
3 m.



Distribución de medidas.



Clasificación de pavimentos con tráfico aleatorio (TR34 Ed. 2013).

CATEGORÍA DEL PAVIMENTO	Tolerancias para el percentil del 95% (mm)	
	F (Planeidad)	E (Horizontalidad)
FM1	1,8	4,5
FM2	2,0	6,5
FM3	2,2	8,0
FM4	2,4	10,0

Clasificación de pavimentos con tráfico aleatorio (TR34 Ed. 2003).

TIPO DE PAVIMENTO	TOLERANCIAS (mm)			
	Variación de pendiente (Prop. II)		Desnivel (Prop. IV)	
	95%	100%	95%	100%
FM1	2,5	4,0	4,5	7,0
FM2	3,5	5,5	8,0	12,0
FM3	5,0	7,5	10,0	15,0

R34.

Comparación entre ediciones.

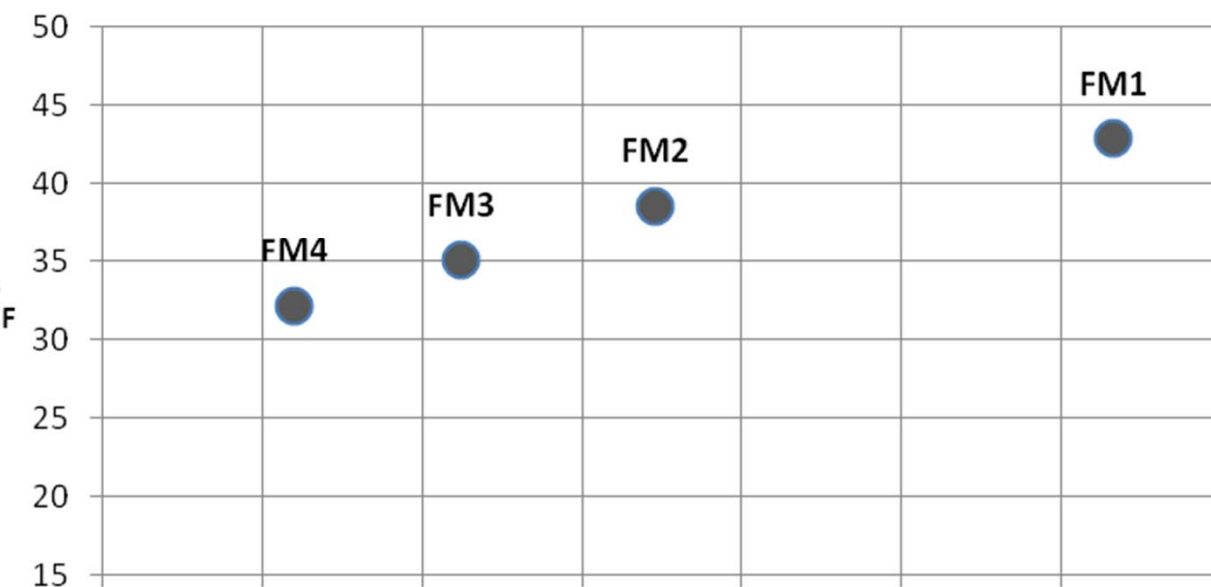
Edición 2013			Edición 2003		
Planeidad Prop. F (mm)	Desnivel Prop. E (mm)	CATEGORÍA DEL PAVIMENTO		Planeidad Prop. II Umbral del 95% (mm)	Desnivel Prop. IV Umbral del 95% (mm)
1,8	4,5	FM1	FM1	2,5	4,5
2,0	6,5	FM2	FM2 esp.	3,0	6,5
2,2	8,0	FM3	FM2	3,5	8,0
2,4	10,0	FM4	FM3	5,0	10,0

R34.

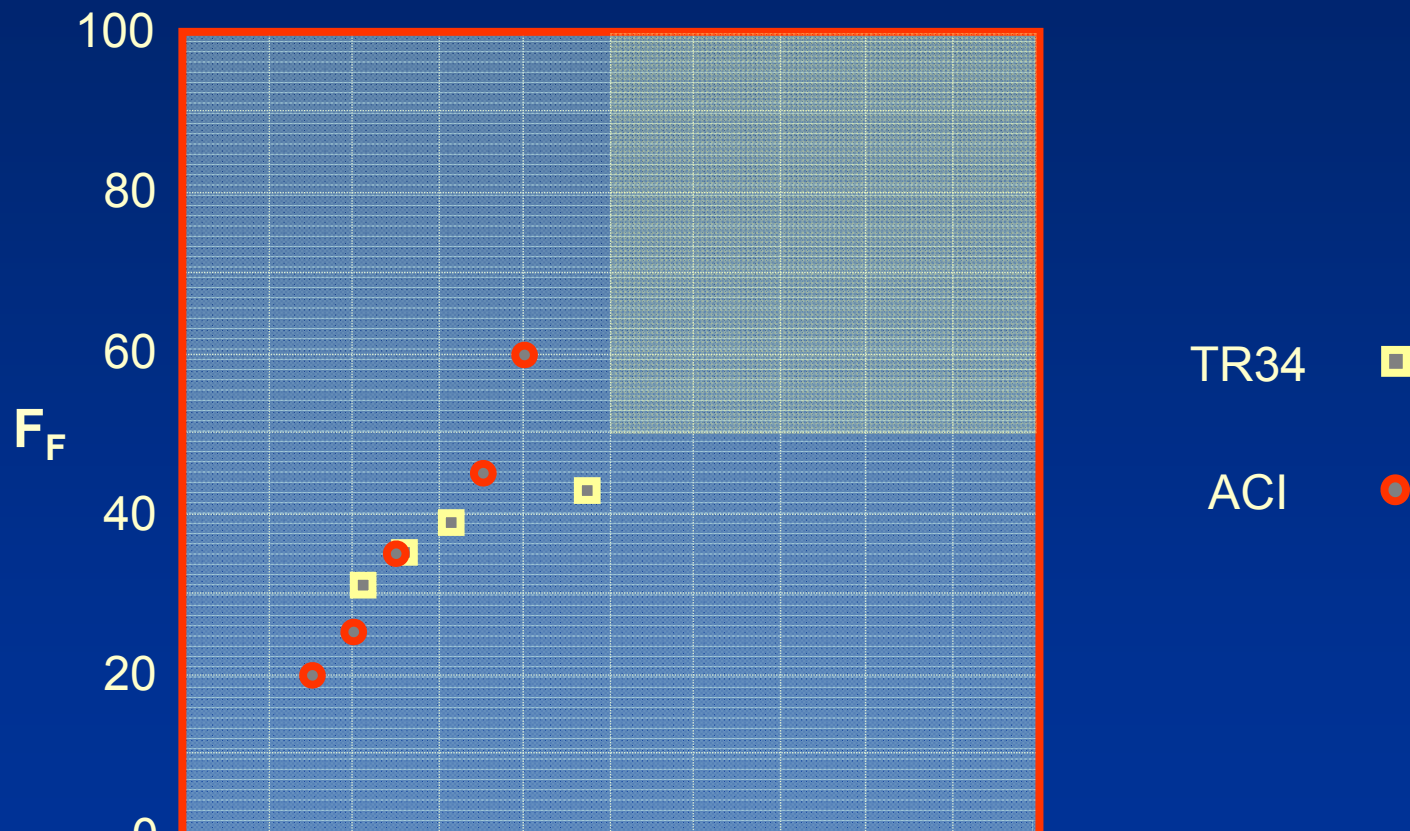
Equivalencia en números F.

Es aproximada

Comparación con números F



Comparativo ACI – TR34.



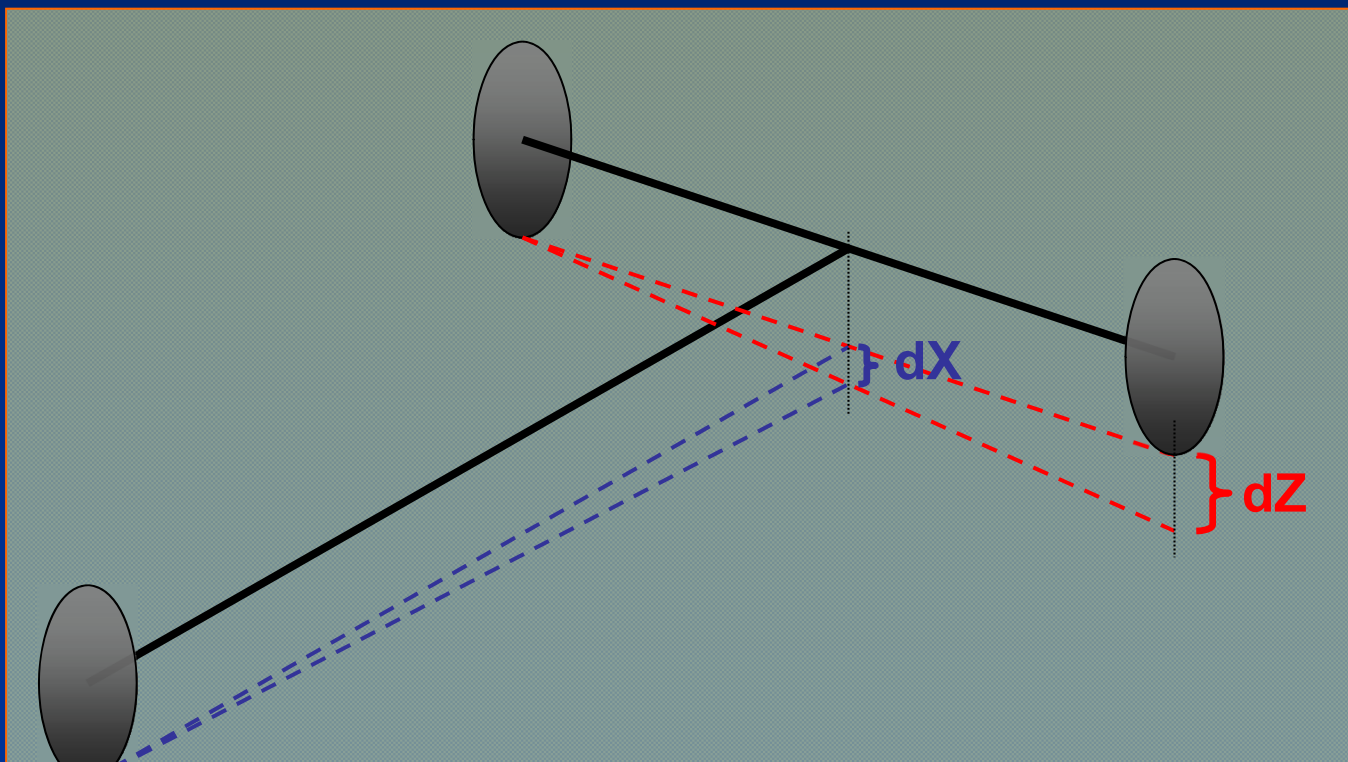
R34 para tráfico definido.

Es el antiguo Apéndice C de la ed. 2003.

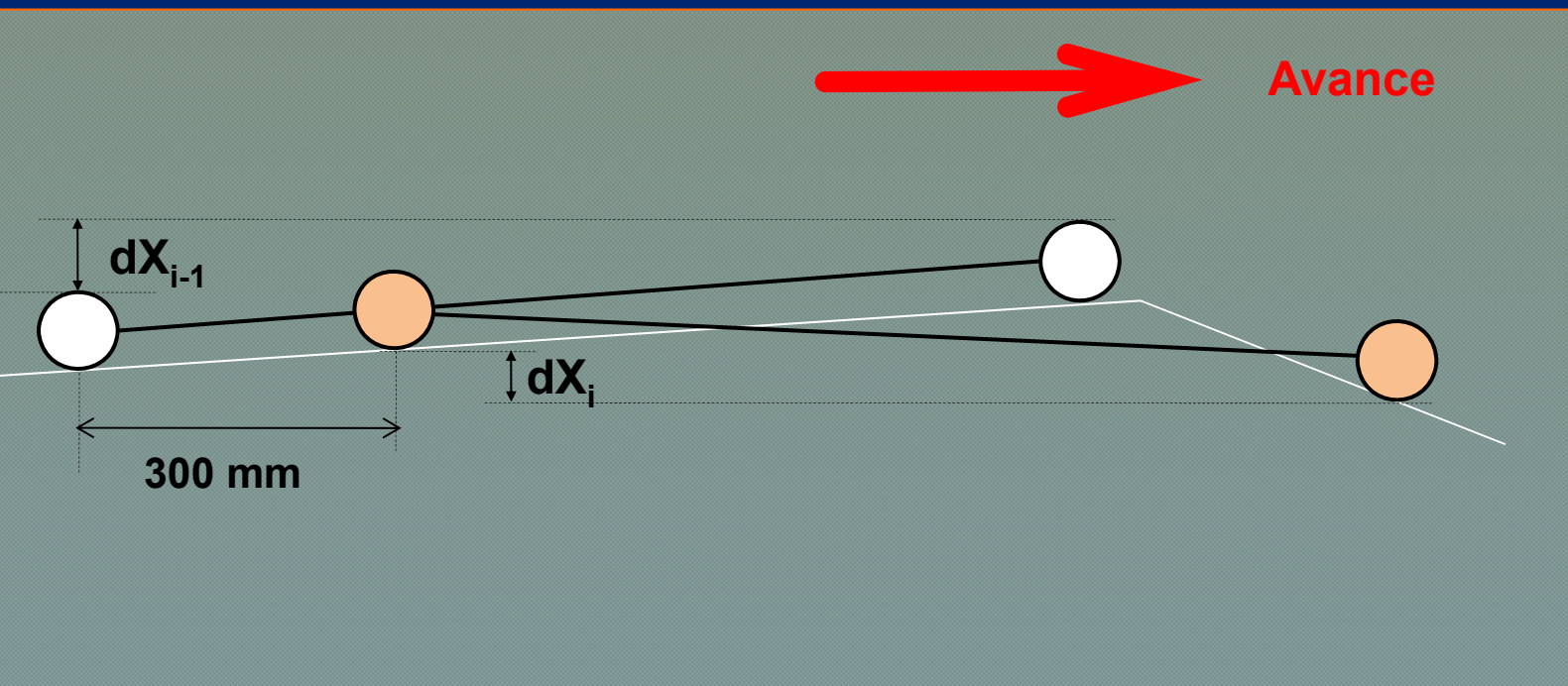
Mide los mismos parámetros que el sistema de números F_{MIN} .

Es, junto al sistema de los números F_{MIN} , la mejor metodología para tráfico definido.

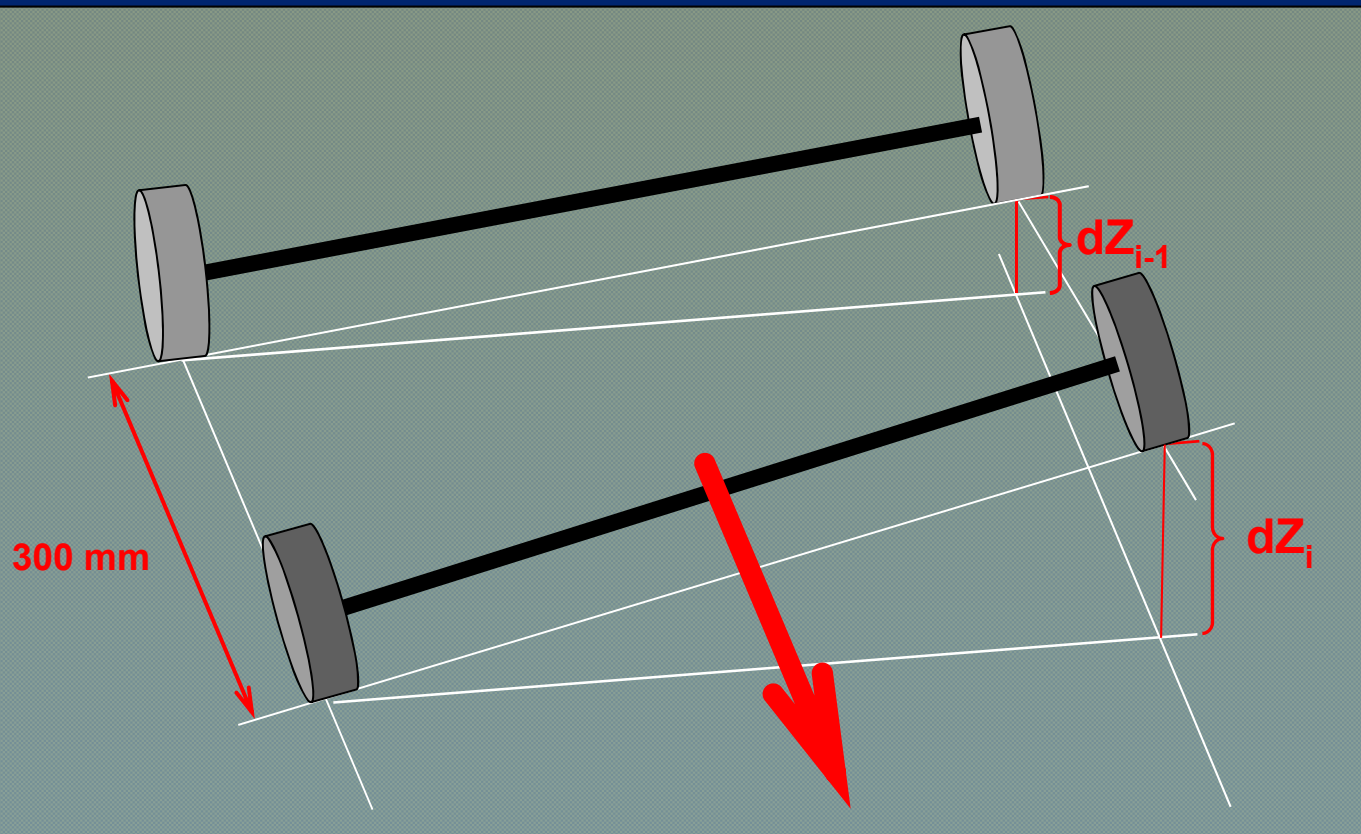
Parámetros TR34-DM



Parámetros TR34-DM



Parámetros TR34-DM



Clasificación de pavimentos con tráfico definido. TR34 Ed. 2013.

Categoría	Altura de elevación, h (m)	dZ (mm)	d ² Z (mm)	dX (mm)	d ² X (mm)
DM1	> 13	1,3 x Z	0,75 x 1,3 x Z	1,1 x 1,3 x X	1,5
DM2	8 - 13	2,0 x Z	0,75 x 2,0 x Z	1,1 x 2,0 x X	2,0
DM3	< 8	2,5 x Z	0,75 x 2,5 x Z	1,1 x 2,5 x X	2,5

Comparación TR34- F_{MIN}

	Transversal					Longitudinal				
	Ancho	Desnivel		Pendiente		Largo	Desnivel		Pendiente	
Categoría	Z (m)	dZ (mm)	F_{MIN}	d ² Z (mm)	F_{MIN}	X (m)	dX (mm)	F_{MIN}	d ² X (mm)	F_{MIN}
DM1 (> 13 m)	1,0	1,30	127,59	0,98	99,52	1,5	2,15	98,45	1,5	66,00
	1,2	1,56	118,62	1,17	84,49	1,7	2,43	93,46	1,5	66,00
	1,4	1,82	111,41	1,37	72,53	1,9	2,72	89,20	1,5	66,00
	1,6	2,08	105,44	1,56	63,46	2,1	3,00	85,51	1,5	66,00
	1,8	2,34	100,38	1,76	56,41	2,3	3,29	82,25	1,5	66,00
DM2 (8 – 13)	1,0	2,00	82,93	1,50	64,69	1,5	3,30	63,99	2,0	49,50
	1,2	2,40	77,10	1,80	54,92	1,7	3,74	60,75	2,0	49,50
	1,4	2,80	72,41	2,10	47,14	1,9	4,18	57,98	2,0	49,50
	1,6	3,20	68,53	2,40	41,25	2,1	4,62	55,58	2,0	49,50
	1,8	3,60	65,25	2,70	36,67	2,3	5,06	53,46	2,0	49,50
	1,0	2,50	66,35	1,88	51,75	1,5	4,13	51,19	2,5	39,60
	1,2	3,00	61,68	2,25	43,93	1,7	4,68	48,60	2,5	39,60

Normativa DIN.

DIN 18202, tolerancias para estructuras de edificación:

- Basada en medidas con reglas.

DIN 15185 para instalaciones con tráfico guiado:

- Considera:
 - Desniveles transversales.
 - Desniveles longitudinales (medidos con reglas).

Tolerancias para tráfico aleatorio (DIN 18202).

Clase	Aplicación	Tolerancia, en mm, sobre una regla de:				
		0,1 m	1 m	4 m	10 m	15 m
1	Hormigones no acabados o de base	10	15	20	25	30
2	Hormigones acabados de poca utilidad	5	8	12	15	20
3	Pavimentos normales	2	4	10	12	15
	Pavimentos con moquetas					

tolerancias para tráfico guiado (DIN15185).

Altura de elevación	Desnivel transversal, en mm, para una separación, en m, entre rodadas de:			
	$\leq 1,0$	1,0 – 1,5	1,5 – 2,0	2,0 – 2,5
≤ 6 m	2,0	2,5	3,0	3,5
> 6 m	1,5	2,0	2,5	3,0

Altura de elevación	Desnivel longitudinal, en mm, bajo una regla, en m, de:			
	1	2	3	4

Guía VDMA.

Mismos parámetros que la DIN 15185
(desnivel transversal y desniveles
longitudinales con reglas).

Más parámetro F_x (que es como el
número F_F pero con un paso de medida
de 50 mm).

Tolerancias distintas de DIN 15185.

tolerancias VDMA.

Altura de elevación (m)	Desnivel transversal (mm) para una separación entre rodadas Z (m)	Fx mínimo
15	$1,0 \cdot Z$	525
10	$1,5 \cdot Z$	400
≤ 6	$2,0 \cdot Z$	300

Longitud de regla (m)	Desnivel longitudinal bajo regla (mm)
1	2

Norma UNE-EN 15620.

Para montaje de estanterías.

En tráfico aleatorio solo considera la horizontalidad.

Misma propiedad, E , que la TR34 pero usa la desviación estándar.

Otro lío más a la hora de clasificar pavimentos.

CLASIFICACIÓN DEL PAVIMENTO	Altura del larguero superior (m)	E_{SD} (mm)
FM1	> 13	2,25
FM2	8 - 13	3,25
FM3	< 8	4,00

Equipos de medida.

Reglas:

- Fijas
- Rodantes.

Niveles ópticos.

Dipsticks.

Perfilógrafos.

ipstick.

Gran precisión.

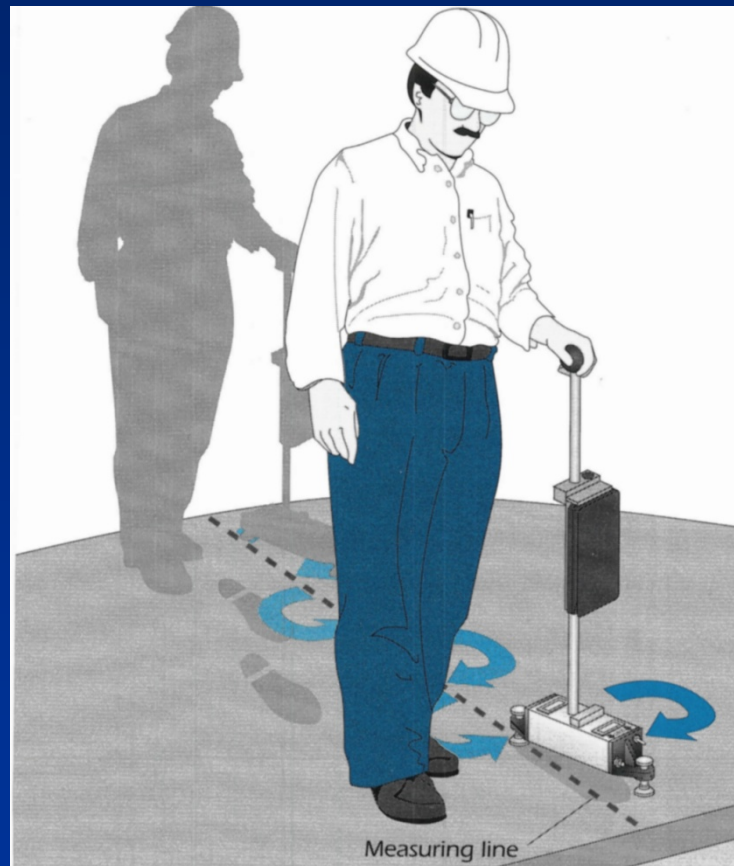
Sencillo de uso.

Utilizables para:

- Números F.
- TR34.
- DIN.

Proporcionan perfiles
longitudinales.

Se pueden utilizar para
verificar la rasante de
pavimentos



Perfilógrafos para tráfico guiado.

Miden desniveles
entre ruedas
transversales y
longitudinales.

Las ruedas se ajustan
a las dimensiones de
las carretillas.

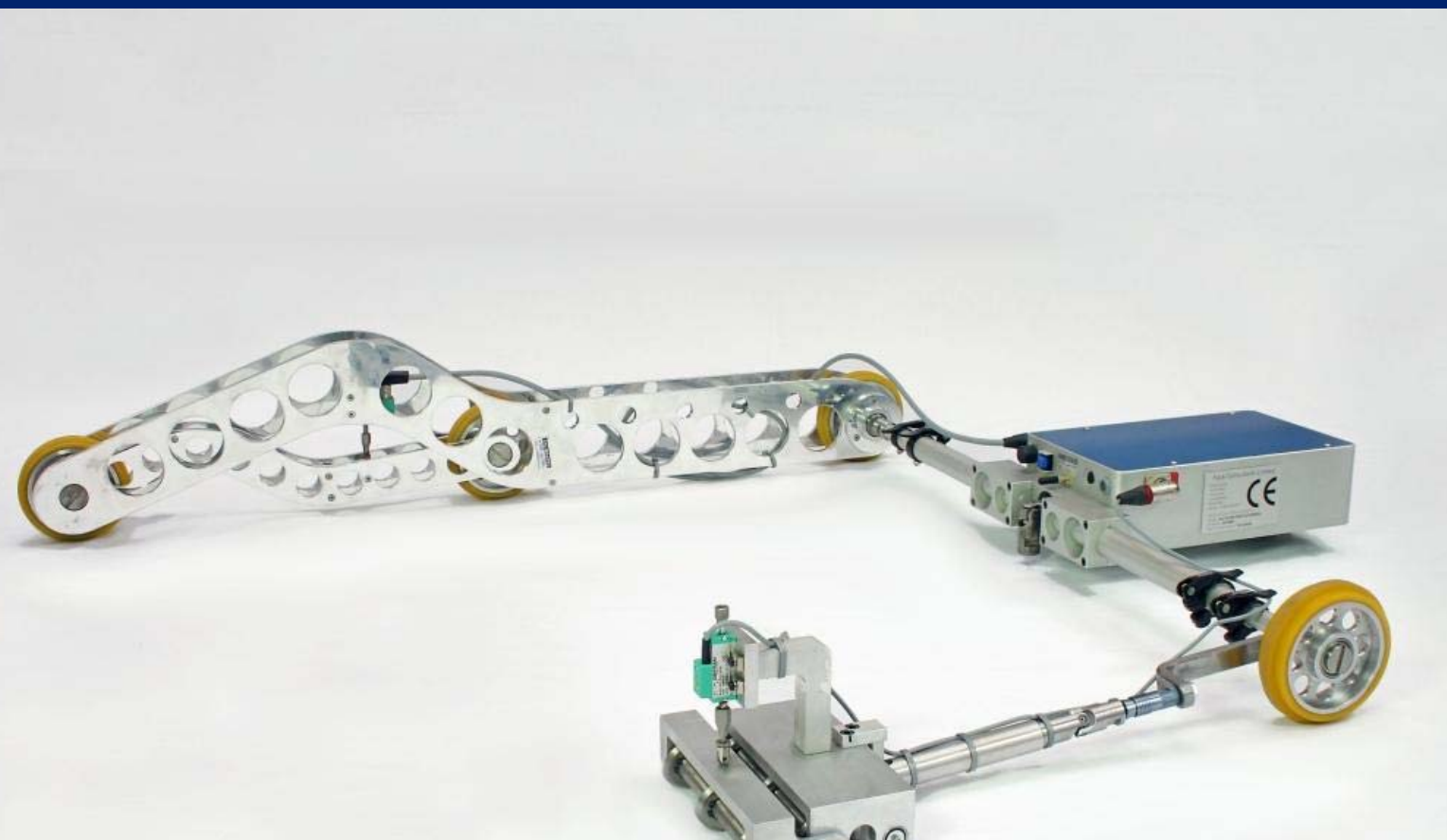
No proporcionan
perfiles.



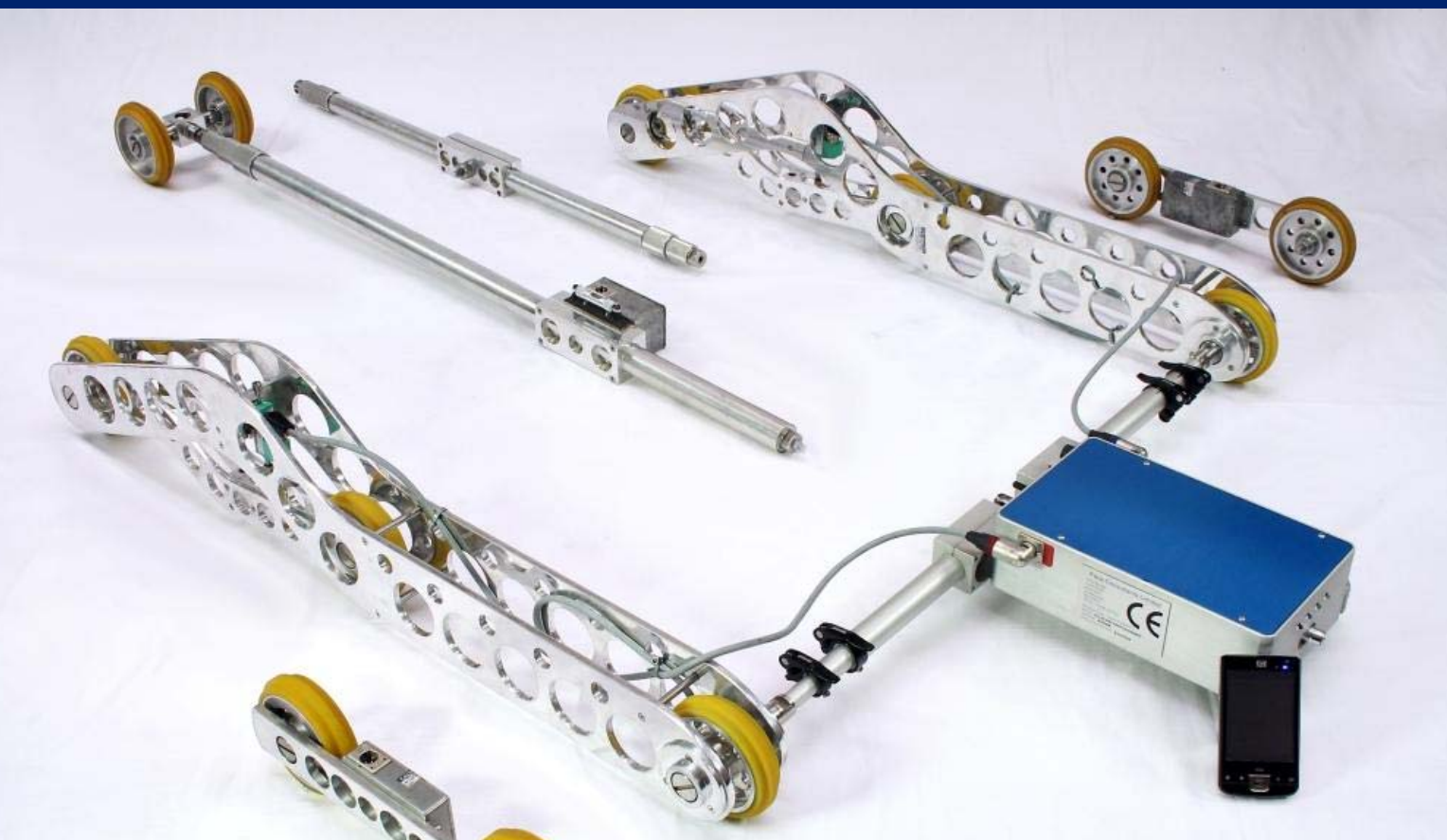
erfilógrafo DIN 15185.



erfilógrafo VDMA.



erfilógrafos.



Perfilógrafos.

MIN y TR34

DIN

TR34 (2003)



Costes relativos (según A. Face).

cia →

Calidad del pavimento		Costes relativos	
F _F	F _L	Encofrado	Acabado
19	13	1,0	1,0
25	17	1,0	1,1 - 1,2
38	25	1,5 – 1,9	1,1 – 1,3
50	33	4,2 – 5,2	1,1 – 1,5
75	50	8,3 – 8,9	1,7 – 2,1
100	66	8,9 - 9,5	1,9 – 2,3

Costes relativos (según E. Tipping).

ncia →

Calidad del pavimento		Costes relativos	
F_F	F_L	Encofrado	Acabado
20	15	1,00	1,00
25	20	1,00 – 1,02	1,00 - 1,05
36	24	1,33 – 1,70	1,10 – 1,20
45	30	1,75 – 2,50	1,40 – 1,60
$F_{MIN} 100$		2,00 - 4,50	1,80 – 2,20

Factores que afectan a la regularidad superficial.

La colocación de los encofrados y la puesta en obra, extendido y nivelado afectan fundamentalmente a la horizontalidad (F_L).

El acabado afecta a la planeidad (F_F).

El tamaño de los paños o la anchura de las calles de extendido.

La trabajabilidad del hormigón:

- Consistencia.
- Intervalo de acabado.

Suministro consistente e ininterrumpido.

Vertido y extendido uniforme del hormigón.

Operaciones para mejorar la regularidad superficial (I).

Hormigonar por bandas inferiores a 6 m.

Nivelar los encofrados con precisión y verificar antes del hormigonado. Corregir si fuese necesario.

Colocar y extender el hormigón uniformemente a lo ancho de extendido.

Nivelar el hormigón con regla manual o vibrante.

Compactar con vibradores de aguja (si no se ha hecho con regla vibrante).

Operaciones para mejorar la regularidad superficial (II).

Allanar con llana de mango (“bull float”).

Rectificar longitudinalmente y transversalmente o a 45° con regla de tres metros de carreteras (regla americana, “check rod”).

Esperar a que desaparezca el agua de exudación.

Allanado mecánico tipo helicóptero con llanas o con plato (“power float” o “pan float”).

Volver a rectificar longitudinalmente y transversalmente

operaciones para mejorar la regularidad superficial (III).

Fratasado mecánico tipo helicóptero (“power trowel”).

Volver a rectificar longitudinalmente y transversalmente o a 45° con regla americana (“Bump Cutter”).

Realizar estas dos operaciones hasta conseguir la textura superficial deseada.

Comprobar la regularidad superficial cuanto antes.

Si fuese necesario fresar las juntas de construcción combadas.

Reglos de regularidad superficial.

Son siempre caros y complicados.

Lo mejor hacer un seguimiento de la ejecución para no tener que realizarlos.

Opciones:

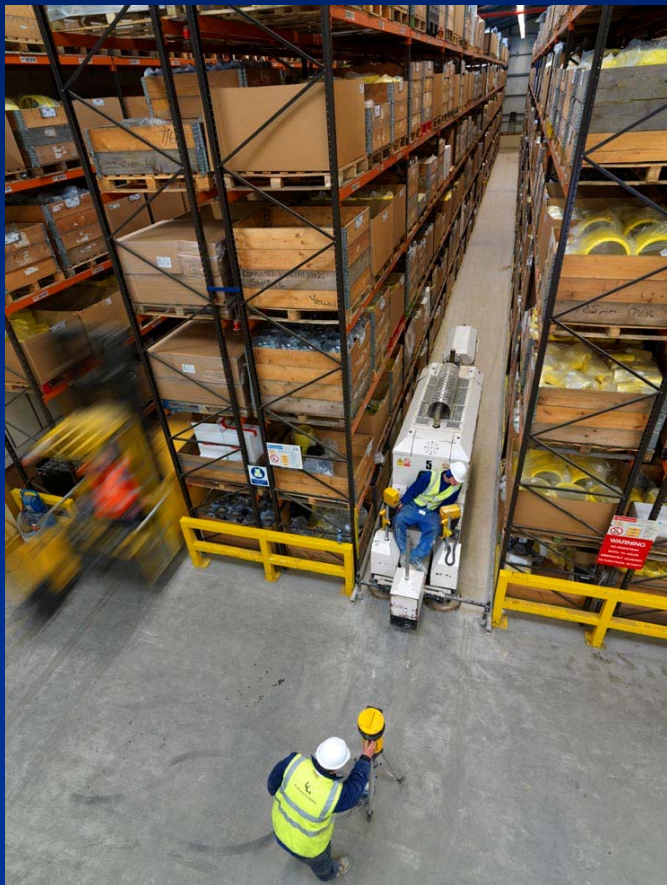
- Demolición y reconstrucción.
- Mediante capas añadidas.
- Fresados (manuales o láser).

resadora láser.

Indicada para
pasillos muy
estrechos.

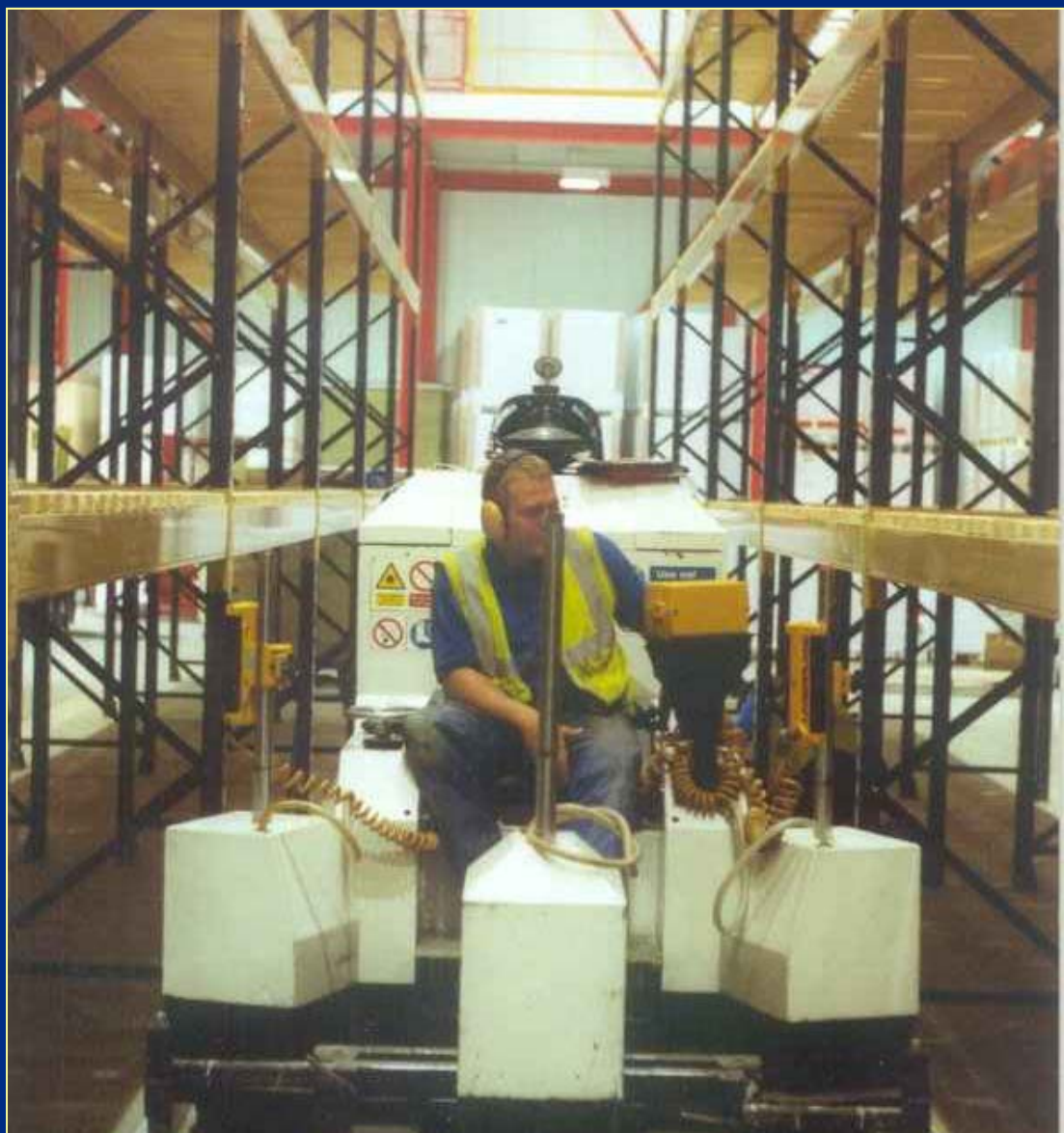
La única que
garantiza tolerancias
muy exigentes.

Interferencia mínima
con el uso de la
instalación

















valores de q .

