

III Congreso Nacional de ASEFMA

Madrid, 24 de Enero 2008

**COMPORTAMIENTO DE LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS FRENTE
A LOS NUEVOS MÉTODOS DE ENSAYO INCLUIDOS EN EL
MARCADO CE**

Santiago Gil

DITECPESA

Lucía Miranda Pérez

EIFFAGE INFRAESTRUCTURAS

COMPORTAMIENTO DE LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS FRENTE A LOS NUEVOS MÉTODOS DE ENSAYO INCLUIDOS EN EL MERCADO CE

Índice

	Pág.
Resumen.....	3
1. Introducción.....	3
2. Características de las mezclas y protocolo de trabajo:	
2.1. Materiales	5
2.2. Protocolo de trabajo.....	5
3. Resultados obtenidos par los diferentes métodos de ensayo.....	6
3.1. Método de densidad aparente por el procedimiento B.....	6
3.2. Método de densidad aparente por dimensiones	8
3.3. Método par la determinación de la densidad máxima de la mezcla bituminosa	8
3.4. Determinación del contenido de huecos	9
3.5. Determinación de la sensibilidad al agua	10
4. Estudio de los resultados y tratamiento estadístico.....	11
5. Tabla de resultados	11
6. Conclusiones	19
7. Agradecimientos	20
Referencias.....	20

RESUMEN

Con la aplicación obligatoria del Mercado CE de las mezclas bituminosas y la aparición de nuevos métodos de ensayo que sustituyen a los que hasta ahora se estaban aplicando en España, se hace necesario conocer cual es el comportamiento de nuestras mezclas bituminosas al ser sometidas a los requisitos de esta nueva normativa de ensayo.

A través de ASEFMA y dentro del Grupo III de "Mercado CE" se definió un subgrupo de trabajo con la participación de diferentes fabricantes para desarrollar un trabajo de intercomparación y así evaluar el comportamiento de nuestras mezclas frente a los nuevos métodos de ensayo.

La enmienda de este grupo de Trabajo III es estudiar los nuevos métodos de ensayo estableciendo conclusiones que nos sirvan para poder conocer la problemática que pueda conllevar la ejecución de éstos y el comportamiento de nuestras mezclas de tal modo que estos resultados puedan orientar a los responsables de definir los parámetros a exigir en el anejo nacional.

1. INTRODUCCIÓN

En esta ponencia se describe los resultados obtenidos en el estudio intercomparativo realizado sobre diferentes métodos de ensayo.

Los trabajos han sido realizados con la participación de 10 empresas y coordinado por el CEDEX.

Las 10 empresas participantes han sido las siguientes: CEDEX, ELSAN-PACSA, DITECPESA, PANASFALTO, INTROMAC, APPLUS, PAVASAL, CIEMS, CAMPEZO, SORIGUÉ.

El proceso de trabajo se ha llevado a cabo en tres fases utilizando para el estudio diferentes tipos de mezclas asfálticas y aplicando los nuevos métodos de ensayo.

Las diferentes fases han sido:

1er ejercicio de intercomparación (Febrero-Abril): En esta etapa inicial se comenzó con el estudio de la norma UNE EN 12697-12 aplicándola sobre una mezcla tipo S12 fabricada y compactada por cada una de las empresas participantes.

Esta mezcla fue fabricada por cada uno de los participantes en sus instalaciones utilizando unos áridos silíceos proporcionados y caracterizados por ELSAN-PACSA y un betún 60/70 proporcionado por DITECPESA.

2º ejercicio de intercomparación (Abril-Junio): En este segundo ejercicio se procedió a la caracterización de una mezcla D12 sobre una mezcla fabricada en planta por ELSAN-PACSA y posteriormente distribuida a todos los participantes de dos formas, por un lado porciones de esta mezcla y por otro lado probetas ya compactadas.

Los ensayos a realizar en este caso correspondía al de sensibilidad al agua.

3er ejercicio de intercomparación (Junio-Julio): En esta última etapa de los trabajos se estudió el comportamiento de una mezcla discontinua tipo M10. También en esta ocasión se fabricaron por un lado series de probetas por una de las empresas participantes (PANASFALTO) y por otro lado se distribuyó muestra y cada participante elaboró probetas para ser ensayadas.

Los ensayos realizados sobre estas mezclas han sido la determinación de la sensibilidad al agua, la densidad máxima y el número de huecos.

A lo largo de la ponencia se exponen los resultados obtenidos sobre los cuales se emitirán una serie de conclusiones con las que se pretende mostrar la influencia de los nuevos métodos de ensayo.

2. CARACTERÍSTICAS DE LAS MEZCLAS Y PROTOCOLO DE TRABAJO

2.1. Materiales

Las características de las mezclas ensayadas para este trabajo se incluyen en la tabla siguiente:

Mezcla S12		D12		M10	
Tipo árido	100% silíceo	Tipo árido	Silíceo/calizo	Tipo árido	Porfídico
Tipo ligante	B 60/70	Tipo ligante	B 60/70	Tipo ligante	BM3c
% ligante/mezcla	5.1	% ligante/mezcla	5.49	% ligante/mezcla	5.41
% ligante/árido	4.75	% ligante/árido	5.19	% ligante/árido	5.07
Tamiz	% pasa	Tamiz	% pasa	Tamiz	% pasa
20	100	20	100	12.5	100
12.5	80	12.5	80	10	89
8	60	8	60	4	20
4	35	4	35	2	17
2	24	2	24	0.5	10
0.5	11	0.5	11	0.063	6.2
0.25	9	0.25	9		
0.125	7	0.125	7		
0.063	5	0.063	5		

Como se puede comprobar cada una de las mezclas presentan una composición dentro de huso y con un porcentaje de ligante cumpliendo los requisitos del PG-3.

2.2. Protocolo de trabajo

Sobre las diferentes mezclas, como se ha indicado en la introducción, se han aplicado los nuevos métodos de ensayo desarrollados como requisito del Mercado CE.

Dichos métodos son los siguientes:

- Determinación de la densidad aparente de las probetas según la norma UNE EN 12697-5 a través del procedimiento B

- Determinación de la densidad aparente de las probetas según la norma UNE EN 12697-5 a través del procedimiento D
- Determinación de la densidad máxima de la mezcla según la norma UNE EN 12697-6
- Determinación de los huecos en mezcla, en áridos y rellenos de ligante según la norma UNE EN 12697-8
- Determinación de la sensibilidad al agua de las mezclas bituminosas según la norma UNE EN 12697-12

Para los diferentes métodos de ensayo se definieron una serie de protocolos de actuación con el fin de asegurar que todos los participantes levaban a cabo el ensayo en las mismas condiciones para de esta forma poder evaluar la reproducibilidad del método y poder realizar un estudio comparativo de los resultados obtenidos.

3. RESULTADOS OBTENIDOS PARA LOS DIFERENTES MÉTODOS DE ENSAYO

3.1. Método de densidad aparente por el procedimiento B (Método hidrostático)

Este método de ensayo ha sido aplicado a todas las mezclas incluidas dentro del estudio intercomparativo.

En el primer ejercicio se procedió a la caracterización de una mezcla S12 fabricando con ella probetas tipo Marshall aplicando dos tipos de fuerza diferentes por un lado se fabricaron series de probetas con 75 golpes por cara y otra serie fabricadas con 50 golpes por cara.

Sobre cada una de la serie de probetas se determinó el valor de densidad utilizando el métodos de ensayo UNE EN 12697-5.

En la tabla 1 se recogen los valores obtenidos para esta mezcla según los dos grados de compactación.

Se observa como era de esperar, que par aun número de impactos mayor se obtienen valores de densidad superiores. Para esta prueba las probetas fueron fabricadas por cada uno de los participantes utilizando los mismos materiales de partida.

La reproducibilidad obtenida para ambas series de probetas corresponde a valores de 83 y 80 kg/m³ para compactación a 75 y 50 golpes respectivamente, valores que muestras una elevada dispersión.

Debido a esta dispersión detectada se procedió a la fabricación de otra mezcla S12, utilizando áridos y curva diferentes a la anterior, pero esta vez las probetas fueron fabricadas por un mismo fabricante y distribuidas al resto de participantes.

En este caso en la tabla 1 se muestran los resultados comprobando que la reproducibilidad ha disminuido considerablemente con respecto a los resultados anteriores pasando a un valor de reproducibilidad de 29 kg/m³.

Comprobando con estos resultados que el problema de la dispersión pueda ser debido a la compactación, se utilizó una mezcla D12 sobre la que se fabricaron probetas con 50 golpes por cara también por un solo participante y por otro lado por cada uno. Se comprobó que las probetas fabricadas por cada uno de los fabricantes presentan valores de reproducibilidad para densidad de 85 kg/m³, mientras que las probetas fabricadas por un solo participante se obtienen valores de densidad próximos a 20 cumpliendo de esta forma con el requisito especificado en la norma de 30-32 kg/m³ (en función del porcentaje de árido de tamaño superior a 11,2 mm).

CONCLUSIONES

- La densidad alcanzada con la compactación a 50 golpes da valores casi del mismo orden que para 75 golpes, por lo que se puede concluir que con 50 golpes se consiguen valores de densidad aceptable.
- Se observa una importante influencia del sistema de compactación en el valor de densidad obtenido. La reproducibilidad mejora mucho cuando las probetas son fabricadas y compactadas por un mismo participante.

3.2. Método de densidad aparente por dimensiones (Método geométrico)

Para la aplicación de este método de ensayo se utilizó una mezcla abierta tipo M10 compactando las probetas a 50 golpes por cara. Se fabricaron dos series: una serie de probetas compactadas por un mismo equipo de compactación y otra serie de probetas compactadas por cada uno de los participantes del trabajo.

Los resultados obtenidos vuelven a mostrar una mejor reproducibilidad para el caso en que las probetas han sido compactadas por un mismo equipo (53 kg/m^3) frente a la obtenida cuando lo han sido por diferentes equipos (136 kg/m^3).

Para este método no existe un valor de reproducibilidad de referencia en la norma.

CONCLUSIONES

- Nuevamente gran influencia del sistema de compactación en los valores de densidad.
- Valores de reproducibilidad muy altos en ambos casos.

3.3. Método para la determinación de la densidad máxima de la mezcla bituminosa

Este método de ensayo es nuevo puesto que lo que se determina es la máxima densidad que alcanzaría una mezcla (sin huecos de aire ocluido).

En este trabajo ha sido aplicado sobre dos tipos de mezclas diferentes una S12 y una M10. Los valores obtenidos han sido de 2539 y 2399 Kg/m^3 con una dispersión de 17 y 68 respectivamente.

En la norma de ensayo se especifica una reproducibilidad teórica de 22 kg/m^3 .

CONCLUSIONES

- Encontramos una mejor reproducibilidad en la mezcla semidensa que en la discontinua. Este ensayo se realiza sometiendo la mezcla a vacío en picnómetro por lo que se puede pensar que en mezcla más abiertas la posibilidad de que queden burbujas de aire ocluidas en el interior de la mezcla sea mayor, falseando el resultado. También puede deberse a la porosidad del árido empleado.

3.4. Determinación del contenido de huecos

La determinación de los huecos se obtiene partiendo del valor de densidad máxima y de las densidades aparentes de las probetas.

El contenido de huecos ha sido determinado sobre una mezcla abierta M10 estudiando una serie de probetas compactadas por un mismo equipo y otra serie de probetas compactadas por cada una de las empresas participantes.

Se observa en los valores de la Tabla 4, que para el caso de la determinación de los huecos en mezcla, calculados para probetas que han sido fabricadas por un mismo equipo, los valores de reproducibilidad obtenidos cumplen con el requisito especificado en la norma, del 2%. Mientras que no cumpliría en el caso del cálculo de huecos en mezcla, calculados para probetas que han sido fabricadas por cada participante, siendo la reproducibilidad en este caso del 7%.

En las Tablas 5 y 6 se recogen los valores obtenidos para el contenido de huecos en áridos y huecos rellenos de ligante. Sobre estas determinaciones no existe requisito de reproducibilidad en la norma, si bien se comprueba que nuevamente los valores de reproducibilidad alcanzados son mayores para las serie de probetas compactadas por cada participante.

CONCLUSIONES

- En la determinación de la reproducibilidad para el cálculo de huecos en mezcla, áridos y rellenos de ligante arrastramos la mala reproducibilidad que obteníamos

en el cálculo de la densidad aparente que es mayor para las probetas fabricadas en por cada uno de los participantes.

3.5. Determinación de la sensibilidad al agua

Este método de ensayo sustituye al que hasta el momento se ha estado aplicando: inmersión compresión, para el caso de las mezclas convencionales; y al cántabro que se aplica a las mezclas abiertas.

Al igual que en los métodos anteriores en este se ensayaron mezclas tipo S12, D12 y M10.

La mezcla S12 fue caracterizada por la norma UNE y por la norma NLT. Los valores obtenidos para ambos métodos de ensayo fueron 65 y 71 % de resistencia conservada respectivamente.

Esta mezcla S12 fue diseñada previamente con una granulometría más abierta que las de una mezcla semidensa convencional, empleando unos áridos (silíceos) con baja adhesividad, y bajo porcentaje de ligante; con el propósito de obtener valores de resistencia conservada bajos y por lo tanto comprobar la influencia del método de ensayo empleado (UNE y NLT).

Por otro lado se estudió, sólo con la norma UNE, una mezcla tipo D12. Se fabricaron dos series: una serie de probetas compactadas por un mismo equipo de compactación y otra serie de probetas compactadas por cada uno de los participantes del trabajo.

Para ambas series los valores obtenidos presentan resistencias superiores al 80 % (94 y 89 % respectivamente) y con una reproducibilidad aceptable según lo especificado en la norma.

El mismo proceso que el descrito anteriormente se ha llevado a cabo para mezclas discontinuas tipo M10. Cabe destacar que los valores de resistencia conservada son inferiores a los obtenidos para una mezcla densa y próximos al 70%.

En este último caso los valores de reproducibilidad son semejantes a los obtenidos en la mezcla D12 por lo que se puede considerar que este método es reproducible según los criterios exigidos por la norma.

CONCLUSIONES

- Los resultados de resistencia conservada obtenidos con la norma UNE son similares a las que se obtenían con la norma NLT (estudio realizado sobre una mezcla S12). Resistencia conservada de 65 % en la norma UNE frente el 73 % en la norma NLT.
- Se obtiene buena reproducibilidad, incluso mejor que en la norma NLT.
- En los valores de resistencia conservada no influye el sistema de compactación debido a que se compensan las resistencias obtenidas en húmedo y en seco)

4. ESTUDIO DE LOS RESULTADOS Y TRATAMIENTO ESTADÍSTICO

En la primera etapa de evaluación de los resultados se procedió a un examen crítico de los datos descartando aquellos que eran discordantes, como fue el caso de un participante que para la determinación de las densidades, utilizó un método diferente al especificado en el protocolo y por ello ha sido eliminado inicialmente.

En la etapa siguiente se procedió al análisis estadístico sometiendo los resultados a la prueba de Grubbs para de esta forma descartar los datos estadísticamente anómalos evaluando de esta forma la reproducibilidad del método a partir de los datos obtenidos.

A través de este procedimiento se seleccionaron los datos estadísticamente aceptables calculando el valor medio y la desviación estándar del intercomparativo para cada uno de los parámetros.

5. TABLAS DE RESULTADOS

A continuación se incluyen tablas con los resultados obtenidos de los diferentes participantes para cada uno de los métodos de ensayo.

En rojo se ha identificado aquellos valores que han sido eliminados a través de la aplicación estadística del método de Grubbs.

También en cada una de las tablas se ha incluido los valores de reproducibilidad obtenido tras el valor de desviación estándar y, en los casos que exista, se ha incluido el valor de reproducibilidad de la norma de manera que pueda ser comparada la dispersión.

Las tablas incluidas son las siguientes:

- Tabla 1: Valores de densidad aparente según el método hidrostático
- Tabla 2: Valores de densidad aparente según el método por dimensiones
- Tabla 3: Valores de densidad máxima
- Tabla 4: Valores para el contenido de huecos en mezcla
- Tabla 5: Valores para el contenido de huecos en áridos
- Tabla 6: Valores para el contenido de huecos rellenos de ligante
- Tabla 7: Valores obtenidos en la determinación de la sensibilidad al agua

Tabla 1: Densidad aparente: método hidrostático según UNE EN 12697-6

Tipo mezcla	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9	L10	X	S	R	R norma
S12 (75 golpes)														
Fabricadas diferentes equipos	2277	2271	2189	2308	2314	2324	2289	2300	2370	2313	2307	29	83	32 (*)
S12 (50 golpes)														
Fabricadas diferentes equipos	2255	2250	2192	2285	2295	2301	2265	2287	2344	2286	2285	28	80	32 (*)
S12 (50 golpes)														
Fabricadas por un mismo equipo	2392	2402	2351	2408	2404	-	2380	2396	2400	2381	2395	10	29	32 (*)
D12 (50 golpes)														
Fabricadas diferentes equipos	2340	2350	2261	2351	2317	2290	2282	2295	2320	2309	2311	30	85	30 (*)
D12 (50 golpes)														
Fabricadas por un mismo equipo	2332	2325	2286	2329	2332	2331	2320	2289	2328	2318	2327	6	16	30 (*)

(*) Los valores aplicados para este procedimiento dependen del tipo de mezcla para $s_R = (8-22) \text{ kg/m}^3$ y $R = (22-82) \text{ kg/m}^3$

Tabla 2: Densidad aparente: método por dimensiones según UNE EN 12697-6

Tipo mezcla	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9	L10	X	S	R	R norma
M10 (50 golpes)														
Fabricadas por un mismo equipo	1807	1860	1832	1829	1841	1844	1846	1878	1847	1835	1842	19	53	-
M10 (50 golpes)														
Fabricadas diferentes equipos	1905	1884	1810	-	1904	1885	1827	1890	1977	1868	1883	48	136	-

Tabla 3: Densidad máxima: según UNE EN 12697-5

Tipo mezcla	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9	L10	X	S	R	R norma
S12														
Resultados	2529	2539	2431	2530	2545	-	2539	-	-	2549	2539	6	17	22
M10														
Resultados	2372	2425	2371	-	2395	-	2425	2599	-	2405	2399	24	68	22

Tabla 4: Contenido de huecos en mezcla: según UNE EN 12697-8

<i>Tipo mezcla</i>	<i>L1</i>	<i>L2</i>	<i>L3</i>	<i>L4</i>	<i>L5</i>	<i>L6</i>	<i>L7</i>	<i>L8</i>	<i>L9</i>	<i>L10</i>	<i>X</i>	<i>S</i>	<i>R</i>	<i>R norma</i>
<i>M10</i>														
Probetas de un mismo equipo	23.8	24.1	22.7	-	23.1	-	23.9	27.7	-	23.7	23.5	0.5	2	2.2
<i>M10</i>														
Probetas diferentes equipos	19.7	22.8	23.6	-	20.5	-	24.6	27.3	-	22.3	23	3	7	2.2

Tabla 5: Contenido de huecos en áridos: según UNE EN 12697-8

<i>Tipo mezcla</i>	<i>L1</i>	<i>L2</i>	<i>L3</i>	<i>L4</i>	<i>L5</i>	<i>L6</i>	<i>L7</i>	<i>L8</i>	<i>L9</i>	<i>L10</i>	<i>X</i>	<i>S</i>	<i>R</i>	<i>R norma</i>
<i>M10</i>														
Probetas de un mismo equipo	33	33	32	-	3	-	33	37	-	33	33	0.5	1	-
<i>M10</i>														
Probetas diferentes equipos	29	32	32.5	-	30	-	33.7	36.6	-	31.5	32.2	2.51	7	-

Tabla 6: Contenido de huecos rellenos de ligante: según UNE EN 12697-8

<i>Tipo mezcla</i>	<i>L1</i>	<i>L2</i>	<i>L3</i>	<i>L4</i>	<i>L5</i>	<i>L6</i>	<i>L7</i>	<i>L8</i>	<i>L9</i>	<i>L10</i>	<i>X</i>	<i>S</i>	<i>R</i>	<i>R norma</i>
<i>M10</i>														
Probetas de un mismo equipo	27.3	37.3	28.4	-	28.2	-	27.7	25	-	27.6	27.8	0.5	1	-
<i>M10</i>														
Probetas diferentes equipos	32.3	28.8	27.4	-	31.3	-	26.9	25.4	-	29.2	28.8	2.4	7	-

Tabla 7: Determinación de la sensibilidad al agua: según UNE EN 12697-12 y UNE EN 12697-23

Tipo mezcla	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9	L10	X	S	R	R norma
S12 (50 golpes)														
Fabricadas diferentes equipos	42	56	76	70	53	59	70	78	88	56	65	14	39	23
D12 (50 golpes)														
Fabricadas mismo equipo	94	97	93	106	88	92	86	96.5	94	92	94	5.4	15	23
D12 (50 golpes)														
Fabricadas diferentes equipos	87	92	88	100	93	69	84	98	92	83	89	8.7	25	23
M10 (50 golpes)														
Fabricadas diferentes equipos	72.2	69.5	63.8	-	59.3	58.8	60.8	76.7	77.2	77.2	68.4	7.9	22	23
M10 (50 golpes)														
Fabricadas por un mismo equipo	64.9	69.9	80	67.1	53.8	65.8	88.4	67.5	67.7	74.5	70	9.33	26	23

6. CONCLUSIONES

En el trabajo se han analizado los resultados obtenidos para diferentes tipos de mezclas bituminosas fabricadas en España aplicando los nuevos métodos de ensayo (UNE) desarrollados para el Mercado CE.

Las conclusiones aunque se han ido exponiendo, se resumen a continuación como:

- Para el ensayo “Sensibilidad al agua” (EN 12697-12) se obtienen valores de resistencia conservada similares a los que se obtenían con el ensayo NLT, Inmersión-Compresión. Parece que las mezclas cerradas no van a tener problemas para cumplir las exigencias nacionales (alcanzan resistencias conservadas entorno al 90 %), mientras que si pueden presentar problemas las mezclas discontinuas que alcanzas valores próximos al 70%.
- La reproducibilidad alcanzada en la norma EN 12697-12 ha sido adecuada. Parece un ensayo no muy complicado de realizar, donde la compactación se realiza vía Marshall y las probetas sometidas a inmersión son saturadas en agua aplicando vacío sobre ellas. La temperatura a la que son sometidas las probetas son de 15 °C antes de su rotura por tracción indirecta.
- Se detecta para el caso de los métodos de ensayo que requieren un tratamiento previo de las muestras con la fabricación de probetas, que el equipo de compactación utilizado tienen una gran influencia en los valores de densidad aparente alcanzados. Probetas compactadas en diferentes instalaciones presentan valores de densidad muy dispares quedando muy lejos de alcanzar la reproducibilidad que exige la norma mientras que cuando las probetas son fabricadas por un mismo equipos estas dispersiones no son tan elevadas.

A raíz de estos resultados se plantea la posibilidad de realizar más estudios y trabajo par analizar el comportamiento de las mezclas frente al tratamiento de las mismas a la hora de aplicar los nuevos ensayos.

7. AGRADECIMIENTOS

Es necesario destacar que este trabajo ha sido llevado a cabo por participantes pertenecientes al Subgrupo III de Mercado CE de ASEFMA ya que su colaboración ha sido necesaria para el desarrollo del mismo.

Estos participantes han sido:

- APPLUS
- ASEFMA
- CEDEX
- CIEMS
- CAMPEZO
- DITECPESA
- ELSAN-PACSA
- INTROMAC
- PANASFALTO
- PAVASAL
- SORIGUÉ

REFERENCIAS

1. NORMA EN 12697-5: *Mezclas Bituminosas. Método de ensayo para mezclas bituminosas en caliente. Parte 5: Determinación de la densidad máxima*
2. NORMA UNE EN 12697-6: *Mezclas Bituminosas. Método de ensayo para mezclas bituminosas en caliente. Parte 6: Determinación de la densidad aparente de probetas bituminosas por el método hidrostático*
3. NORMA UNE EN 12697-8: *Mezclas Bituminosas. Método de ensayo para mezclas bituminosas en caliente. Parte 8: Determinación del contenido de huecos en las probetas bituminosas*
4. NORMA UNE EN 12697-12: *Mezclas Bituminosas. Método de ensayo para mezclas bituminosas en caliente. Parte 12: Determinación de la densidad al agua de las probetas bituminosas*
5. NORMA UNE EN 12697-23: *Mezclas Bituminosas. Método de ensayo para mezclas bituminosas en caliente. Parte 23: Determinación de la tracción indirecta de probetas bituminosas*

6. NORMA UNE EN 82009-2: *Exactitud (veracidad y precisión) de resultados y métodos de medición. Parte 2: Método básico para la determinación de la repetibilidad y la reproducibilidad de un método de medición normalizado.*