Protocolo de ensayo

Compactación de probetas y ensayo de rodadura
UNE EN 12697-33: 2006 y UNE EN 12697-22: 2008+A1 2008

PTAleas-22.V6. Febrero 2018

ÍNDICE

ÍNDICE 2
1. OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN 3
2. NORMAS DE CONSULTA 3
3. PRINCIPIO DEL METODO 4
4. TERMINOS Y DEFINICIONES 5
5. EQUIPOS 5
6.- PROCEDIMIENTO 6
7 .- REGISTRO DE RESULTADOS Y CALCULOS 9
8.- INFORME DE ENSAYO 10
9.- PRECISIÓN 10
10.- REGISTROS DE ENSAYO 11

1. OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN

En este procedimiento se describen el método de ensayo para la determinación de la **susceptibilidad de los materiales bituminosos a deformarse cuando están sometidos a carga**.

Este procedimiento es aplicable a mezclas bituminosas en caliente, mezclas semicalientes por espumación, mezclas semicalientes con aditivos y mezclas templadas[1].

Este método es aplicable a mezclas bituminosas cuya granulometría sea menor o igual a 32 mm. Los ensayos son aplicables tanto a probetas preparadas en el laboratorio como a probetas cortadas de un pavimento. En este protocolo se describe una metodología para la compactación de mezcla bituminosa en probetas de forma paralelepipédica empleando el método de rodillo de acero según lo recogido en la norma UNE EN 12697-33.

La susceptibilidad de los materiales bituminosos a deformarse se evalúa por el surco formado por pasadas repetidas, a temperatura constante, de una rueda sometida a carga. En este procedimiento se describe el procedimiento a seguir cuando se utiliza el **dispositivo de tamaño pequeño** y **las probetas se acondicionan en aire** (UNE EN 12697-22:2008 + A1 Apartado 8.3.5. Procedimiento B).

NOTA 1: *Los protocolos de ensayo Aleas son documentos que deben ser utilizados en conjunción con las normas de ensayo a las que se refieren. El objeto de los protocolos es concretar los elementos susceptibles de interpretación y limitar o reducir los posibles errores que se pueden cometer en la realización de los ensayos, unificando la metodología de trabajo. Los protocolos Aleas implican, generalmente, un cumplimiento estricto de las normas, y en aquellos casos puntuales en los que los que haya algún elemento cuestionable en las normas se explica la razón de dicha decisión.*

2. NORMAS DE CONSULTA

- UNE EN 121697-5: Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo para mezclas bituminosas en caliente. Parte 5: Determinación de la densidad máxima.
- UNE-EN 12697-6. Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo para la mezcla bituminosa en caliente. Parte 6: Determinación de la densidad aparente de probetas bituminosas por el método hidrostático.

[1] De acuerdo a lo indicado en la norma UNE EN 12697-22:2008 + A1:2008, el campo de aplicación se ciñe únicamente a mezclas bituminosas en caliente. De forma sistemática las revisiones de normas europeas dejan de citar los términos mezclas bituminosas en caliente nombrando solo la terminología mezclas bituminosas para poder recoger en el campo de aplicación otros métodos de fabricación. De acuerdo a la experiencia recogida en España, el uso para otros tipos de mezclas citadas en el texto no genera ninguna particularidad específica.

- UNE EN 121697-8: Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo para mezclas bituminosas en caliente. Parte 8: Determinación del contenido de huecos en las probetas bituminosas.
- UNE-EN 12697-22. Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo Parte 22: Ensayo de rodadura.
- UNE-EN 12697-27. Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo para mezclas bituminosas en caliente. Parte 27: Toma de muestras.
- UNE-EN 12697-28. Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo para mezclas bituminosas en caliente. Parte 28: Preparación de muestras para la determinación de ligante, contenido de agua y granulometría.
- UNE-EN 12697-33. Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo para la mezcla bituminosa en caliente. Parte 33: Elaboración de probetas con compactador de placa.
- UNE-EN 12697-35. Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo para mezclas bituminosas en caliente. Parte 35: Mezclado en laboratorio.

3. PRINCIPIO DEL METODO

El proceso de ensayo es el siguiente:

- Determinación de la cantidad de muestra necesaria para la fabricación de las probetas. Para ello es necesario conocer la densidad máxima de la mezcla UNE-EN (12697-5) y su contenido en huecos (UNE-EN 12697-8), o bien su densidad aparente (UNE-EN 12697-6), además de las dimensiones del molde y el tamaño máximo del árido.

- Calentamiento de la mezcla bituminosa previo a la compactación. La temperatura de acondicionamiento viene determinado por el tipo de ligante bituminoso, la temperatura de fabricación y la tecnología de fabricación utilizada. El tiempo de calentamiento a la temperatura de acondicionamiento no será superior a 2 horas.

- Compactación, en el compactador de placa (UNE-EN 12697-33). Se programará de forma que se obtengan probetas de una altura y densidad determinadas

- Comprobación de que las dimensiones y densidad de las probetas se ajustan a las tolerancias establecidas

- Periodo de reposo de las probetas. El tiempo mínimo que ha de pasar desde la compactación hasta el ensayo es de dos días.

- Acondicionamiento de las probetas y ensayo. Se va a utilizar el **dispositivo de tamaño pequeño** y **las probetas se acondicionan en aire** (UNE EN 12697-22:2008 + A1 Apartado 8.3.5. Procedimiento B).

4. TERMINOS Y DEFINICIONES

- **Espesor nominal**: Espesor de referencia, en mm, que han de tener las probetas preparadas en el laboratorio.
- **Profundidad del surco**: Reducción del espesor de una probeta, en mm, causada por las pasadas repetidas de una rueda sometida a carga.
- **Ciclo de carga.** Dos pasadas (ida y vuelta) de la rueda cargada.
- **WTS.** Pendiente de deformación en pista, calculada como velocidad media de aumento de la profundidad de la rodera. Se mide en mm/10^3 ciclos de carga
- **RD.** Profundidad de la rodera para el material sometido a ensayo en 10000 ciclos, en mm.
- **PRD.** Profundidad proporcional de la rodera para el material sometido a ensayo en 10000 ciclos, en %.

5. EQUIPOS

- **Equipo de compactación**: Un rodillo de acero como se especifica en la UNE-EN 12697-33
- **Moldes**, adaptados al tamaño del rodillo de acero según el modelo de equipo de compactación que se utilice,
- **Estufa**, capaz de alcanzar la temperatura de acondicionamiento de la mezcla bituminosa, con una tolerancia de ± 5ºC
- **Balanza**, con capacidad de medida entre 5000 y 20000 g, con tolerancia de ±5 gramos
- **Calibre**, con tolerancia de ±0.1 mm
- **Equipo de rodadura** según la norma UNE EN 12697-22, y verificado de forma que se comprueben las siguientes características.
  - Neumático: de diámetro exterior comprendido entre 200 y 205 mm, montado sobre la rueda. El neumático no debe tener dibujo, su anchura será de 50 ± 5 mm y el grosor de 20 ±2 mm. Debe ser de caucho macizo de dureza 80 IRHD.
  - La carga aplicada a la rueda bajo condiciones de ensayo estándar debe ser de $\left[\left(700 \cdot \frac{w}{50}\right) \pm 10\right] N$, medida al nivel de la parte superior de la probeta, y de forma perpendicular al plano de la mesa de ensayo.
  - Mesa de ensayo, de forma que las probetas de ensayo puedan quedar firmemente sujetas sobre ella, con su superficie superior en posición horizontal y en el plano de rodada que se requiera, y con su centro situado de manera que se asegure un movimiento de rodada simétrico.

- Máquina de rodada, de forma que la probeta permanezca estacionaria mientras la rueda cargada se mueve sobre ella hacia delante y hacia atrás. El eje longitudinal de la rodada del neumático no debe estar a más de 5 mm del centro teórico de la probeta. El dispositivo de ensayo debe tener un recorrido total de 230 ± 10 mm y una frecuencia de 26.5 ± 1 ciclos de carga cada 60 s.
- Carretilla y bastidor, de acero, de dimensiones mínimas 260 x 300 mm. La holgura vertical en la carretilla debe ser inferior a 0.25 mm, medido en sus cuatro esquinas, estando la carretilla sometida a la carga de funcionamiento, y el grosor de su placa inferior no debe ser menor de 8 mm.
- Dispositivo para medir la posición vertical de la rueda sometida a carga, con una tolerancia de ±0.05 mm, con un rango de medición que no sea inferior a 20.0 mm.
- Sistema de control de temperatura, de forma que durante el ensayo se alcance la temperatura especificada con una tolerancia de ±1ºC.

6.- PROCEDIMIENTO

6.1 DETERMINACIÓN DE LA MUESTRA A UTILIZAR

Siguiendo estrictamente lo especificado en la norma UNE-EN 12697:33, la cantidad de muestra de mezcla bituminosa para preparar una probeta, en gramos, se debe calcular a partir de la fórmula siguiente:

$$M = 10^{-6} \times L \times l \times e \times \rho_m \times \left(\frac{100 - \nu}{100} \right)$$

Donde:

L es la longitud interior del molde en mm

l es la anchura interior del molde en mm

e es el espesor final de la mezcla bituminosa en mm

ρ_m es el valor de la densidad máxima en kg/m^3 de la mezcla calculada según el método de ensayo UNE EN 12697-5

v es el contenido de huecos de la mezcla bituminosa en %

El término $\rho_m \times \left(\frac{100 - \nu}{100} \right)$ se puede sustituir por la densidad aparente (UNE-EN 12697-6), del modo siguiente:

- Cuando el contenido de huecos sea ≤ 7%, se utilizará la densidad aparente -superficie saturada seca (contenido de huecos determinado por la norma UNE EN 12697-8 método B).

- Para huecos entre el 7 y el 10 %, se utilizará la densidad aparente – probeta impermeabilizada (contenido de huecos determinado por la norma UNE EN 12697-8 método C)
- Para huecos superiores al 10 %, se utilizará la densidad aparente geométrica (contenido de huecos determinado por la norma UNE EN 12697-8 método D)

NOTA 2*: En la práctica, cada laboratorio tiene una forma de calcular la masa en su trabajo rutinario, desde los que utilizan siempre la densidad aparente geométrica hasta los que utilizan un porcentaje de la densidad aparente-superficie saturada seca entre el 96.5 y el 98 %. Se consideran válidos todos estos procedimientos siempre que se compruebe que la densidad-superficie saturada seca de las probetas fabricadas para el ensayo de pista sea superior al 98% de la densidad aparente-superficie saturada seca de las probetas fabricadas con el compactador de impacto. Si no se cumple este requisito, se rechazarán las probetas para el ensayo de pista. También se rechazarán las probetas con densidad superior al 102 % de la densidad aparente-superficie saturada seca.*

6.2 PREPARACION Y COMPACTACION DE LA MUESTRA

La toma de la muestra y su posterior división en fracciones se realizarán de acuerdo a las normas UNE-EN 12697-27 y 28. Dependiendo de la procedencia de la muestra el tratamiento será el siguiente:

- Muestra remitida fría: La muestra se introduce en estufa a una temperatura máxima de 130 ºC un tiempo límite de 2 horas (120 minutos) para facilitar las operaciones de cuarteo. Posteriormente se divide en las porciones necesaria para realizar los ensayos establecidos con la masa obtenida anteriormente y seguidamente se introducen en la estufa a la temperatura de compactación +5 ºC un tiempo máximo de 1 hora y media (90 minutos).
- Muestra tomada de planta: Se divide en las porciones necesarias para realizar los ensayos establecidos, utilizando cuarteadores u otro procedimiento alternativo, y se introducen en la estufa a la temperatura de compactación +5 ºC durante 75 minutos (indicar en el informe el procedimiento).

Nota 3*: Para mezclas bituminosas con ligantes de penetración distintos del B 35/50 ó B 50/70, ligantes modificados o adición de aditivos al ligante de base, estas temperaturas pueden verse modificadas. En todos los casos deben indicarse en el informe de resultados.*

Nota 4*: Para mezclas bituminosas semicalientes por espumación, tan solo será aceptable el segundo tratamiento.*

Transcurrido este tiempo, se procede al llenado del molde con la mezcla, evitando segregaciones y utilizando una rastra para conseguir una superficie lo más lisa y uniforme posible.

El molde y el sector se habrán calentado previamente a 120ºC y se mantendrá a esta temperatura durante al menos media hora antes de incorporar la muestra.

La compactación se realizará hasta conseguir el 98 % de la densidad obtenida en sss por compactación de probetas a 75 o 50 golpes según el tipo de mezcla bituminosa que corresponda (Ver nota 2).

Las alturas a compactar, según se indica en la norma, son las siguientes:

- Para tamaño máximo de árido < 8 mm la altura de la probeta será de 25 mm
- Para tamaño máximo de árido ≥ 8 mm y < 16 mm la altura de la probeta será de 40 mm
- Para tamaño ≥ 16 mm y ≤ 22 la altura de la probeta será de 60 mm
- Para tamaño > 22 mm la altura de la probeta será de 80 mm

La compactación se puede realizar bien a energía constante o bien a través de incrementos de carga hasta alcanzar o bien la altura o la densidad final de la probeta, de forma que se alcance al menos el 98% de la densidad de referencia (geométrica y superficie saturada seca).

Para evitar que las probetas se deformen, no se desmoldaran hasta que su temperatura sea inferior a 100ºC.

Cuando sea necesario utilizar algún producto antiadherente en el molde, se indicará en el apartado de observaciones.

Nota 5.- *Cuando la muestra esté formada por probetas ya compactadas o testigos de obra, extraídos según UNE-EN 12697-27, se deben transportar al laboratorio de ensayo a una temperatura que no exceda 30ºC y con la superficie de ensayo en posición horizontal. Una vez en el laboratorio, conservar hasta la realización del ensayo a una temperatura que no exceda 25ºC y con la superficie de ensayo en posición horizontal*.

6.3 COMPROBACIONES SOBRE LAS PROBETAS FABRICADAS

Al día siguiente de fabricar las probetas:

a.- Comprobar dimensiones

Se mide el espesor de la probeta en dos puntos de cada arista en las probetas rectangulares. Las mediciones no deben diferir en más de 2.5 mm con respecto al espesor nominal cuando este sea ≤50 mm, ni en más del 5% cuando este sea superior a 50 mm. El valor medio de estas mediciones corresponde con el espesor de la probeta.

b.- Comprobar densidad

La densidad aparente de las probetas no se debe desviar más del 1% de la densidad aparente media del conjunto de probetas fabricadas por muestra.

Para ello, al día siguiente de la fabricación de las probetas se determinará su densidad aparente (UNE-EN 12697-6) según el procedimiento B-superficie saturada seca y D-método geométrico.

Se descartarán todas las probetas que no cumplan las tolerancias dimensionales y de densidad.

6.4 ENSAYO

Las probetas preparadas según el apartado anterior se dejan reposar durante un periodo de tiempo de **al menos dos días** desde la compactación, a una temperatura que no exceda 25ºC y con la superficie de ensayo en posición horizontal. Todas las probetas pertenecientes a la misma serie de ensayos deben tener la misma edad, con un margen del 10%. Se debe registrar la edad real de las probetas.
Nota 6.- *Aunque no se dispone de datos de cómo afecta la edad de las probetas al resultado del ensayo, no se deberían ensayar probetas con más de 20 días desde su compactación o que no se hayan conservado en condiciones adecuadas.*

Antes del ensayo, las probetas se acondicionan a 60 ± 1 ºC durante un mínimo de 4 horas para probetas con un espesor nominal igual o inferior a 60 mm, o de 6 h para un espesor nominal superior a 60 mm. El tiempo máximo de acondicionamiento a 60ºC es de 24 horas.

Transcurrido el tiempo de acondicionamiento, se fija la probeta en el dispositivo de ensayo y comienza este. Se debe registrar la profundidad de la rodera a intervalos de 100 ciclos. El ensayo se continúa hasta 10000 ciclos o hasta que la profundidad de la rodera sea de 20 mm, lo que antes ocurra.

7 .- REGISTRO DE RESULTADOS Y CALCULOS

Se conservarán los siguientes registros:

- Compactación. Rellenar la hoja “compactación” del archivo Excel adjunto”. Adjuntar el programa de compactación y si es posible, los gráficos de compactación que genera el equipo.
- Ensayo. Rellenar la hoja “ensayo” del archivo Excel adjunto, o imprimir el registro de ensayo que proporciona el equipo.

NOTA 7: *El número mínimo de probetas por ensayo es de dos, aunque en las hojas de Excel que se adjuntan se puedan introducir datos de hasta 6 probetas por muestra.*

8.- INFORME DE ENSAYO

El informe de resultados contendrá al menos la siguiente información, para cada probeta:

- Referencia de identificación de muestra.
- Tipo de producto y su referencia.
- Densidad aparente de cada probeta antes del examen y método de determinación
- Temperatura a la que se realizó el ensayo.
- Espesor medio de la probeta
- Referencia a este método (Número y fecha de la norma).
- Indicación de que la muestra se ensayó en un dispositivo de tamaño pequeño, por el procedimiento B en aire.
- Fecha de ensayo.
- Resultado del ensayo: Valores de WTS, RD y PRD para cada una de las probetas ensayadas y valores medios de cada parámetro.
- Cualquier desviación, acordada o no, respecto a este método.
- Identificación y firmas de los responsables del informe.

Si las probetas se han preparado en el laboratorio, indicar además;

- Método de compactación de la probeta.
- Edad de la probeta y condiciones de ensayo y conservación en que se mantuvo.
- Número de probetas de la misma edad ensayadas.

Si la mezcla se fabricó en el laboratorio, se indicará:

- Identificación de los materiales que componen la mezcla y proporciones en que entran en la misma.
- Método de fabricación de la mezcla y tipo de mezclador.
- Fecha de fabricación de la mezcla.

9.- PRECISIÓN

En la norma UNE EN 12697-22 (apartado 11, tabla 4) se indican valores de referencia del orden de 0.5 µm/ciclo para repetibilidad y 1.0 µm/ciclo para reproducibilidad. Teniendo en cuenta los valores obtenidos en los trabajos del grupo de rodadura de ALEAS, a efectos de repetibilidad del ensayo, las diferencia entre las probetas ensayadas para una misma muestra no deberá ser superior a 0.02 mm/10^3 ciclos para el parámetro WTS, o al 1 % de PRD en condiciones de repetibilidad.

10.- REGISTROS DE ENSAYO

10.1 COMPROBACIÓN DENSIDAD Y ESPESOR DE LA PROBETA.

	Espesor (mm)					
Punto medida	Probeta 1	Probeta 2	Probeta 3	Probeta 4	Probeta 5	Probeta 6
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
Espesor medio						

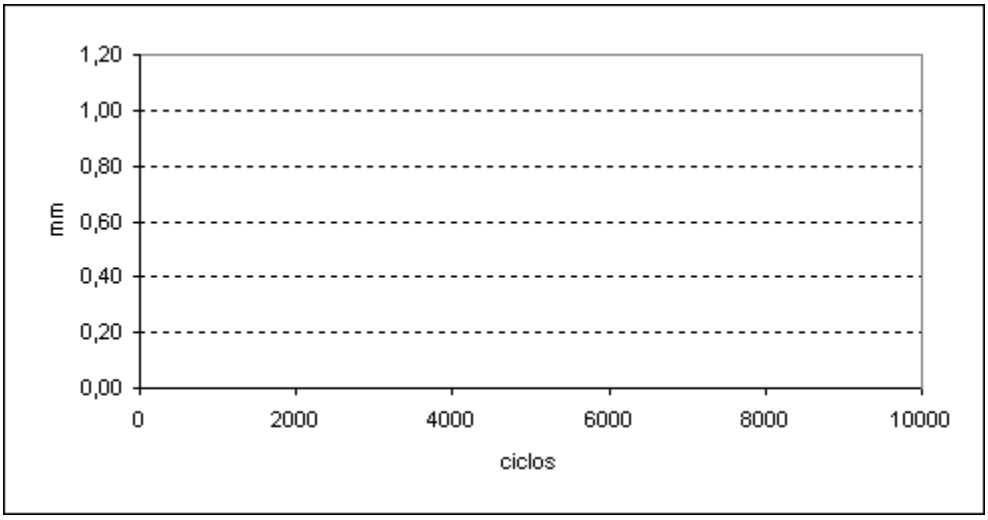
Procedimiento D: Densidad aparente por método geométrico						
Probeta nº	Probeta 1	Probeta 2	Probeta 3	Probeta 4	Probeta 5	Probeta 6
Masa (g)						
Anchura (mm)						
Longitud (mm)						
Densidad aparente geométrica (Mg/m^3) $r_{b\mathrm{dim}}$						
Densidad de referencia (Mg/m^3) $r_{b\mathrm{dim}}$						
% Compactación						

Procedimiento B: Superficie Saturada Seca						
Probeta nº	Probeta 1	Probeta 2	Probeta 3	Probeta 4	Probeta 5	Probeta 6
Tra. agua (ºC):						
Densidad agua (Mg/m^3) ***rw***						
Masa de la probeta saturada sumergida (g)						
Masa de la probeta saturada al aire (g)						
Volumen Probeta (c.c.)						
Densidad aparente S.S.S. (Mg/m3) ***rbssd***						
Densidad de referencia (Mg/m3) ***rb*dim**						
% Compactación s/densidad referencia						

10.2 DATOS DEL ENSAYO

	Deformación (mm)					
ciclos	Probeta 1	Probeta 2	Probeta 3	Probeta 4	Probeta 5	Probeta 6
0						
500						
1000						
1500						
2000						
2500						
3000						
3500						
4000						
4500						
5000						
5500						
6000						
6500						
7000						
7500						
8000						
8500						
9000						
9500						
10000						
RD_{AIRE} :						
WTS_{AIRE}:						
PRD_{AIRE} :						

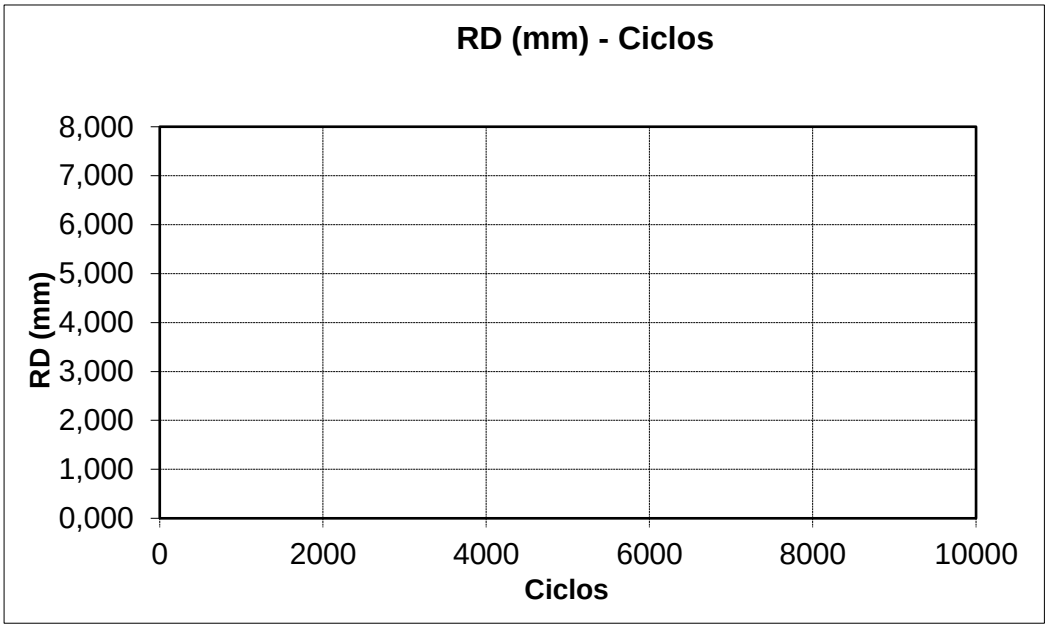
Espesor (mm)						



10.3 EJEMPLO DE INFORME DE ENSAYO PARA DOS PROBETAS

INFORME DE RESULTADOS

	Muestra Nº 1	Muestra Nº 2
Identificación		
Dens. Volumétrica, DV, Mg/m^3		
Método determinación de la DV		
Temperatura, º C		
% compactación		
Espesor de la muestra, mm		
WTS aire		
Media WTS		
PRD (%) aire		
Media PRD (%)		
RD (mm) aire		
Media RD (mm)		
Compactación		
Fecha de fabricación		
Fecha de ensayo		
Observaciones		



Fecha:	Firma