



julio, 1993

UNIÓN EUROPEA PARA LA IDONEIDAD TÉCNICA EN LA CONSTRUCCIÓN

GUÍA TÉCNICA UEAtc PARA LA EVALUACIÓN DE LA APTITUD DE EMPLEO EN CONSTRUCCIÓN DE LOS ACRISTALAMIENTOS EXTERIORES ENCOLADOS (AEE)

2.ª parte

884-6

El presente documento ha sido elaborado por:

- El British Board of Agreement (BBA) (Watford), representando al Reino Unido.
- El Stichting Bouwkwiteit (SBK) (Rijswijk), representando a los Países Bajos.
- El Bundesanstalt für Materialforschung und Prüfung (BAM) (Berlín), representando a Alemania.
- El Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (CSTB) (París), representando a Dinamarca.
- El Forschungsgesellschaft für Wohnen, Bauen und Planen (FGW) (Viena), representando a Austria.
- El Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja (ICCET) (Madrid), representando a España.
- El Instituto Centrale per l'Industrializzazione e la Tecnologia Edilizia (ICITE) (Milán), representando a Italia.
- El Laboratorio Nacional de Engenharia Civil (LNEC) (Lisboa), representando a Portugal.
- La Union Belge pour l'Agrément technique dans la construction (UBAtc) (Bruselas), representando a Bélgica.
- El Technical Research Center of Finland (VTT) (Helsinki), representando a Finlandia.
- El Boverket (Karlskrona), representando a Suecia.
- El Norwegian Building Research Institute (NBI) (Oslo), representando a Noruega.
- El IAB (Dublín), representando a Irlanda.

Una delegación del Grupo Europeo de Productores de Vidrio Plano (GEPVP); una delegación de la Unión Europea de fabricantes de Espejos y Vidrios (UEMV) y una delegación del CEN T_c 129 GT han participado en la elaboración de este documento.

La UBAtc ha actuado como ponente.

Nota: Por error, en la 1.ª parte, publicada en el número anterior de INFORMES (n.º 431), aparece como ponente UEAtc, cuando debería decir UBAtc.

De acuerdo con los Estatutos de la UEAtc cada Instituto miembro aplica la Guía presente para la concesión en su país de los Documentos de Idoneidad Técnica, reconocidos como equivalentes por los otros miembros.

Traducción y adaptación:

A. RUIZ DUERTO, Dr. Arquitecto.

INTRODUCCIÓN GENERAL

El presente documento contiene dos partes distintas:

- *La primera se refiere a los Acristalamientos Exteriores Encolados, propiamente dichos.*
- *La segunda se refiere al producto de encolado propiamente dicho y trata de sus especificaciones técnicas y de su certificación.*

La apreciación de un sistema de AEE, desde el punto de vista experimental se realiza sobre la base de los siguientes ensayos:

- *Ensayos sobre el producto de encolado (capítulo 1, 2.ª parte) así como los ensayos de control de calidad de estos productos (capítulo III, 2.ª parte).*
- *Los ensayos de determinación de las características (descritos en el capítulo III de la 1.ª parte: 3.1 - 3.2 - 3.3 y 3.4) destinados a validar los diferentes productos utilizados en el sistema.*
- *Los ensayos de conveniencia (1.ª parte, capítulo III, apartado 3.5) destinados a confirmar los productos de limpieza de las playas de encolado y las imprimaciones a utilizar antes del ensamblado.*
- *Los ensayos de control de calidad del sistema AEE (1.ª parte, capítulo V).*

ÍNDICE GENERAL

1.ª parte ACRISTALAMIENTOS EXTERIORES ENCOLADOS

2.ª parte EL PRODUCTO DE ENCOLADO

2.^a PARTE

EL PRODUCTO DE ENCOLADO

Capítulo 1

Determinación de las características

Las determinaciones de las características que se dan a continuación son válidas para todos los tipos de productos de encolado utilizados en los sistemas.

En el momento en que pueda disponerse de la publicación de NORMAS CEN para estos productos, esta parte del documento deberá sustituirse por dicha norma correspondiente al material de encolado de que se trate.

Teniendo en cuenta la experiencia alcanzada sobre los productos de encolado a base de silicona, pueden simplificarse ciertos ensayos para esta familia de materiales.

1.1. ENSAYOS DE IDENTIFICACIÓN

Se trata del documento de identidad del producto de encolado, el cual, comprenderá, al menos, los valores y gráficos que resulten de los siguientes ensayos hechos en condiciones bien definidas.

1.1.1. Masa específica

Se determina de acuerdo con la NORMA ISO, 1183.

1.1.2. Dureza

Determinación de la Dureza Shore, según la NORMA ISO 868.

Las medidas se realizan sobre cinco probetas, después de polimerización completa:

- Después de veintiocho días para las siliconas monocomponentes.
- Después de siete días para las siliconas bi-componentes.

1.1.3. Análisis termogravimétrico

El objeto de este ensayo de identificación es determinar la reproducibilidad de la descomposición tér-

mica de los productos. Las pérdidas son cuantificadas en función de un crecimiento regular de la temperatura.

El ensayo se realiza según la NORMA ISO 7111.

Los resultados obtenidos de las curvas de registro, expresan en:

- TG, las pérdidas acumuladas en tanto por ciento hasta 900° C.
- DTG, las zonas de pérdidas máximas por volatilización.
- ATD, las zonas de transformación exotérmicas o endotérmicas.

1.1.4. Espectrometría infrarroja

Este ensayo de identificación es inútil para los productos de encolado a base de silicona.

La espectrometría se utiliza para identificar el producto por sus bandas de absorción. El espectro se realiza en transmisión o en reflexión en el campo de las longitudes de onda comprendidas entre 2,4 μm y 50 μm (de 4.000 a 2.000 cm^{-1}). El espectro será puesto idealmente en multirreflexión por aplicación sobre un cristal KRS 5 de una lengüeta de mástico polimerizado y estabilizado, al menos 48 h a la temperatura ambiente ($23 \pm 2^\circ \text{C}$).

El boletín de análisis comprende el espectro realzado y eventualmente las longitudes de onda de las principales bandas de absorción características.

1.1.5. Color

Las características mecánicas y la durabilidad pueden estar influenciadas por el tipo de pigmento.

El color se apreciará a simple vista, tomando como referencia la escala de colores de la NORMA ISO 4660.

1.2. APTITUD AL EMPLEO

Estos ensayos, concretamente los de obrabilidad y los de características mecánicas, permiten juzgar la aptitud de empleo en los AEE de los productos de encolado propuestos.

1.2.1. Inclusiones de gas

Ciertos productos de encolado presentan la formación de burbujas de gas en la interfase producto de encolado-vidrio, nefastas para el buen comportamiento del producto de encolado.

Se utiliza la probeta indicada en la Fig. 1. El vidrio (flotado, cara superior), se prepara de acuerdo con las especificaciones del fabricante del producto de encolado. Este producto deberá rellenar completamente y sin inclusiones de aire el espacio creado por esos dos substratos.

La probeta deberá conservarse a una temperatura de $23 \pm 2^\circ \text{C}$ y a una HR de 50 por ciento ± 5 por ciento, durante tres semanas. Al cabo de cada semana, la probeta se controlará visualmente. Se tomará nota de la aparición de burbujas de gas y, eventualmente, de su crecimiento.

1.2.2. Características mecánicas

Con el fin de estudiar el conjunto formado por el producto de encolado y el soporte de vidrio de referencia ¹³, es necesario conocer un cierto número de características mecánicas. Los ensayos, que a continuación se describen, permiten determinar estas características.

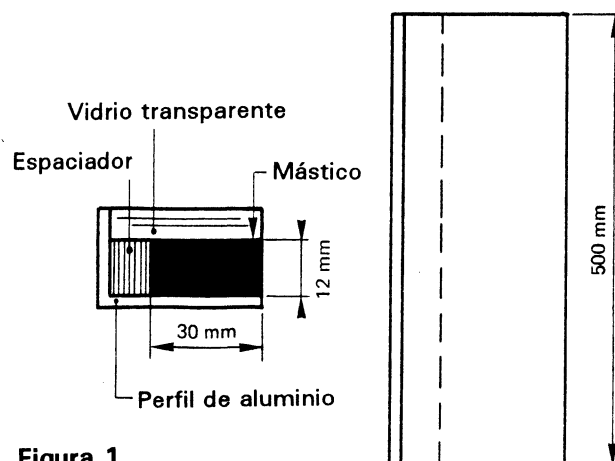


Figura 1

Los ensayos descritos en los apartados 1.2.2.1. al 1.2.2.5. utilizan la probeta que se señala en la Fig. 2, salvo indicación en contrario.

1.2.2.1. Rotura a tracción

El ensayo tiene por objeto apreciar la resistencia intrínseca de los productos de encolado a los esfuerzos de tracción que solicitan a las juntas.

Se preparan 15 probetas, según la Fig. 2, de acuerdo con las instrucciones del suministrador del producto de encolado.

Se almacenan durante veintiocho días, a una temperatura de $23^\circ \pm 2^\circ \text{C}$ y 50 ± 5 por ciento de HR.

El ensayo de tracción se realiza de acuerdo con la Fig. 3 sobre:

- 5 probetas acondicionadas a -20°C ¹⁴.
- 5 probetas acondicionadas a $+23^\circ \text{C}$.
- 5 probetas acondicionadas a $+80^\circ \text{C}$.

Antes de ser sometidas a tracción, las probetas deben estabilizarse durante $24 \text{ h} \pm 4 \text{ h}$, a la temperatura prevista.

Productos a base de silicona

Los ensayos de tracción se efectúan con una velocidad de 5 mm/min.

Otros productos

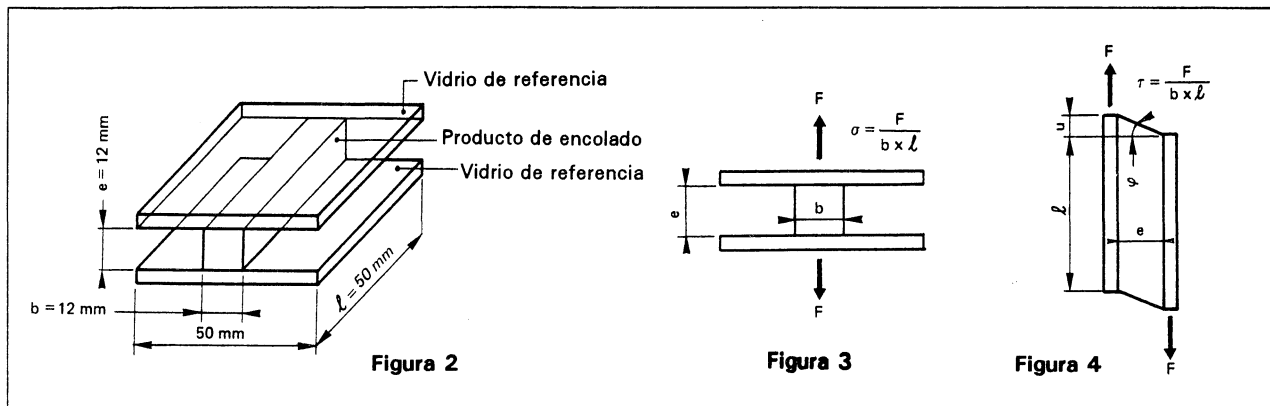
Para juzgar el comportamiento del material, el ensayo se efectuará con una velocidad de 5 mm/min. y, eventualmente, a otras velocidades (25 mm/min. y velocidades inferiores).

A partir de la curva de registro de tensión-alargamiento, se anota:

- El tipo de rotura (cohesivo o adhesivo).
- Tensión y alargamiento a la rotura.
- Las tensiones para alargamientos del 5, 10, 20 y 25 por ciento.

¹³ Para la determinación del vidrio de referencia, conviene volver a considerar las reivindicaciones del fabricante del producto de encolado y efectuar las verificaciones sobre toda la gama de vidrios propuestos.

¹⁴ Esta temperatura puede ser llevada a -40°C para ciertos climas de países del norte de Europa.



1.2.2.2. Rotura a cizallamiento

El ensayo tiene por objeto apreciar la resistencia intrínseca de los productos de encolado a los esfuerzos de cizallamiento que solicitan las juntas.

Se confeccionan 15 probetas de acuerdo con la Fig. 2, según las instrucciones del suministrador del producto de encolado. Se almacenarán veintiocho días a una temperatura de $23^{\circ} \pm 2^{\circ} \text{C}$ y 50 ± 5 por ciento de HR.

Productos a base de silicona

El ensayo de cizallamiento se realiza tal y como se indica en la Fig. 4 sobre cinco probetas, confeccionadas a 23°C . La velocidad de desplazamiento es de 5 mm/min.

Otros productos

Para juzgar el comportamiento del material, el ensayo se efectúa a una velocidad de 5 mm/min. y, eventualmente, a otras velocidades (25 mm/min. y velocidades inferiores).

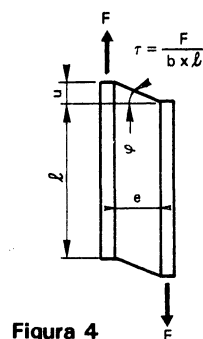
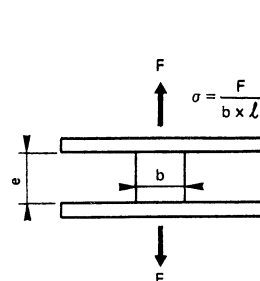
El ensayo de cizallamiento se hace según la Fig. 4, sobre:

- 5 probetas acondicionadas a -20°C .
- 5 probetas acondicionadas a $+23^{\circ} \text{C}$.
- 5 probetas acondicionadas a $+80^{\circ} \text{C}$.

Antes de la solicitación a cizallamiento, las probetas se acondicionan durante $24\text{h} \pm 4\text{h}$ a la temperatura prevista.

A partir de la curva de registro tensión-deformación se anota:

- El tipo de rotura (cohesiva o adhesiva).
- La tensión y desplazamiento a la rotura.
- Las tensiones correspondientes a desplazamientos relativos de 5, 10, 15, 20 y 25 por ciento.



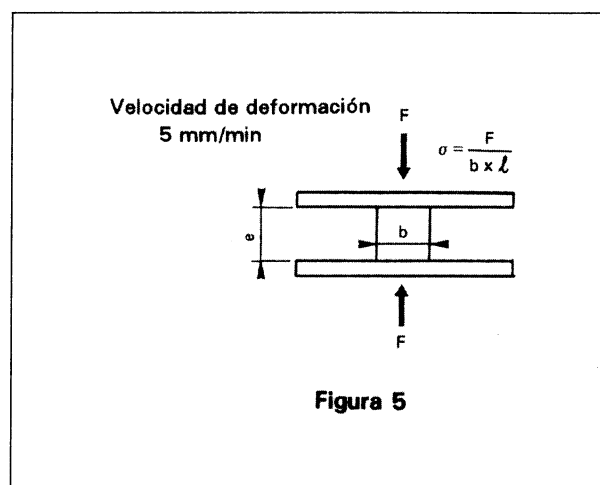
1.2.2.3. Módulo de compresión (Módulo de YOUNG)

El ensayo se efectúa de acuerdo con la NORMA ISO 11432, teniendo en cuenta las siguientes precisiones:

- Cinco probetas como las de la Fig. 2 se confeccionarán de acuerdo con las instrucciones dadas por el suministrador del producto de encolado. Se almacenarán durante veintiocho días a una temperatura de $23^{\circ} \text{C} \pm 2^{\circ} \text{C}$ y 50 ± 5 por 100 de HR.
- El ensayo de compresión se realiza según la Fig. 5 a una temperatura de $23^{\circ} \text{C} \pm 2^{\circ} \text{C}$.

La velocidad de deformación es de 5 mm/min.

A partir de la curva de registro tensión-compresión, se anotan las tensiones correspondientes a deformaciones del 5, 10, 15, 20 y 25 por ciento.

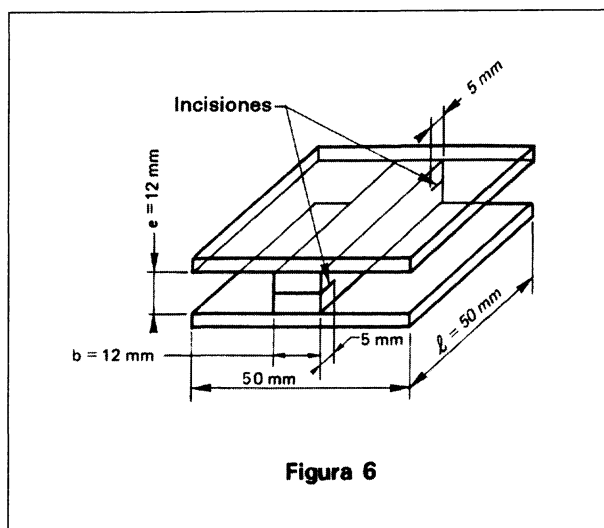


1.2.2.4. Resistencia al desgarramiento

Este ensayo tiene por objeto determinar el modo de propagación de una fisura en el producto de encolado.

Sobre cinco probetas, como la indicada en la Fig. 6, se crean dos incisiones en los extremos del material de encolado. A continuación, se someten al ensayo de tracción, a una temperatura de $23 \pm 2^\circ \text{C}$.

Se calculará la tensión media de rotura para la superficie reducida, o sea, para $40 \times 12 = 480 \text{ mm}^2$.



1.2.2.5. Recuperación elástica

Este ensayo sirve para apreciar el comportamiento de relajación elástica y, por consiguiente, el comportamiento en relajación después de cargas de larga duración.

El ensayo se hace según la NORMA ISO 7389, o la NORMA EN 27389. El alargamiento es igual al 25 por ciento del correspondiente a la tensión de rotura anunciado por el fabricante del producto de encolado.

Se anotará:

- La tensión y alargamiento iniciales.
- La tensión y el alargamiento finales.
- El alargamiento después de descargar las probetas.

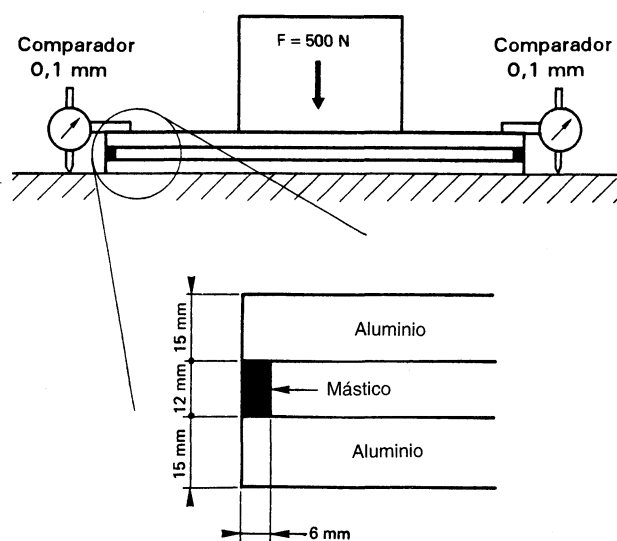
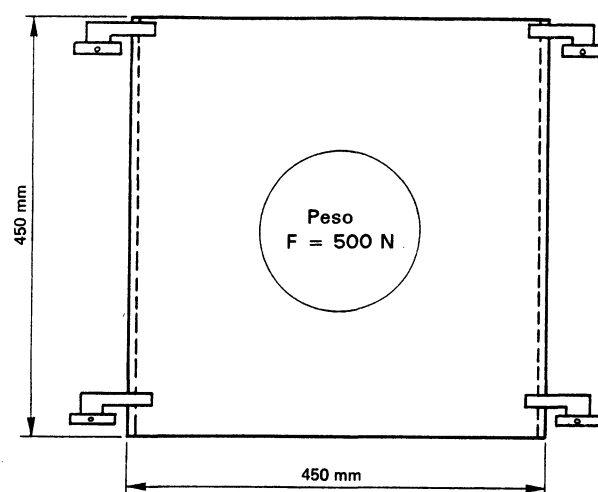
1.2.2.6. Retracción

El ensayo tiene por objeto apreciar el porcentaje de retracción de los productos de encolado con el fin de limitar las tensiones iniciales en las juntas de los AEE. El ensayo puede hacerse según las normas:

- ISO DIS 10563.
- DIN 52451.
- NF P 85-502.

1.2.2.7. Fluencia a compresión de larga duración (Fig. 7)

El ensayo tiene por objeto observar el comportamiento de los productos de encolado bajo cargas permanentes, así como de los másticos utilizados como calzos continuos para los acristalamientos.



La probeta está constituida por dos placas de aluminio de 450 x 450 mm y 15 mm de espesor. Estas placas se separan por cordones de encolado de 12 mm de altura y 60 mm de ancho, en dos lados opuestos. Los cordones se realizan de acuerdo con las instrucciones del fabricante del producto de encolado y se polimerizan completamente.

La probeta se coloca en horizontal, dentro de un recipiente a una temperatura de $23 \pm 2^\circ \text{C}$ y 50 ± 5 por ciento de HR. Se protegerá frente a choques y vibraciones. Se colocan cuatro comparadores, capaces de medir desplazamientos de hasta 0,1 mm en las cuatro esquinas, de forma que sea posible la lectura de los mismos desde el exterior del recinto.

A continuación, se carga el centro de la probeta con una carga de 500 N.

La carga total simula una altura de 4.280 mm de hoja de vidrio.

Una vez cerrado el recinto, se aumenta la temperatura a razón de $12 \pm 1^\circ \text{C/h}$, hasta $50 \pm 3^\circ \text{C}$, manteniendo la humedad relativa al 50 ± 5 por ciento.

La probeta se mantiene ochenta y cuatro días en el recinto cerrado.

La temperatura y la humedad del aire en el recinto se registran a partir de la colocación de la probeta y hasta el último registro de los comparadores.

Cada catorce días se registran los desplazamientos dados por los comparadores. El primer registro se realiza tres horas después de cerrado el recinto climatizado.

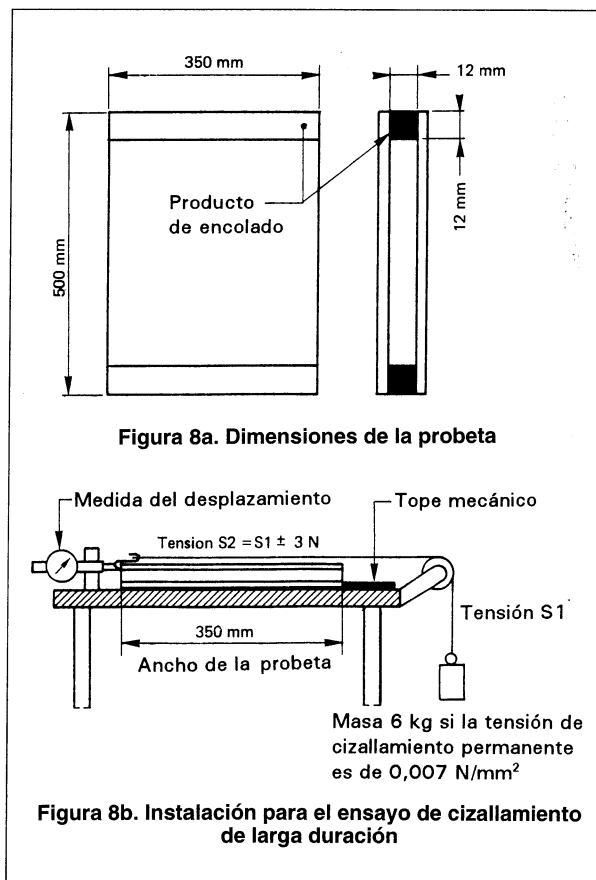
Cada registro comporta: fecha, hora, indicación de los comparadores, valores de la temperatura y de la humedad relativa.

1.2.2.8. Fluencia a cizallamiento de larga duración

El ensayo tiene por objeto observar el comportamiento de los productos de encolado bajo cargas de cizallamiento permanentes, en el caso de acristalamientos no soportados.

Una probeta idéntica a la de la Fig. 8a se coloca en las condiciones de la Fig. 8b, en un recinto a temperatura de $23 \pm 2^\circ \text{C}$ y 50 ± 5 por ciento de HR. El comparador debe ser capaz de medir desplazamientos de 0,01 mm. La lectura del comparador debe ser posible desde fuera del

8 recinto.



La probeta se carga con un peso que se determina sobre la base de la tensión de cizallamiento permanente indicada por el fabricante del producto de encolado. Después de cerrado el recinto, la temperatura se aumenta a una velocidad de $12 \pm 1^\circ \text{C/h}$, hasta los $50 \pm 3^\circ \text{C}$, manteniendo la humedad relativa a 50 ± 5 por ciento.

La probeta se mantiene durante ochenta y cuatro días en el recinto cerrado.

La temperatura y la humedad relativa del aire del recinto se registran a partir de la colocación de la probeta hasta el último registro de los comparadores.

Cada catorce días se realiza una lectura del desplazamiento de los comparadores; el primer registro se hace tres horas después de haber cerrado el recinto.

Cada registro incluye: fecha y hora, indicaciones de los comparadores, valores de la temperatura y de la HR.

Al cabo de los ochenta y cuatro días de puesta en carga, se descarga la probeta, mientras que la temperatura se lleva a $23 \pm 2^\circ \text{C}$, conservando una HR del 50 ± 5 por ciento.

Después de tres horas, catorce días y veintiocho días, se registra el retorno del desplazamiento dado por el comparador. Cada registro incluye, como antes, la fecha y la hora, las indicaciones del comparador y los valores de la temperatura y de la HR.

1.3. ENSAYOS DE DURABILIDAD

La ausencia de una degradación significativa de las características mecánicas de los productos de encolado y de la adherencia en el tiempo, es muy importante para la estabilidad de un AEE.

Los ensayos convencionales de envejecimiento artificial, descritos a continuación, permiten apreciar la durabilidad.

1.3.1. Microorganismos

Este ensayo tiene por objeto apreciar la sensibilidad de los productos de encolado como sustrato para microorganismos, suponiendo que estos microorganismos tienen una influencia desfavorable sobre la resistencia mecánica de los productos de encolado y su adherencia.

La NORMA ISO 846, método B, con un medio gelatinoso completo sirve como base del ensayo. Éste se realiza preferentemente en un laboratorio de biología.

El ensayo se realiza con tres series (O, I, S) de cinco probetas, que se manufacturan como las probetas "dumbbell die A" de la NORMA ASTM D 412.

Todas las probetas deben tener un espesor de $2 \pm 0,2 \text{ mm}$.

- Serie 0 — Testigo.
- Serie 1 — Incubada con una suspensión de (Hg Cl_2).
- Serie S — Incubada en medio estéril.

El lugar importante de la incubación, se sitúa en la entalla de las probetas.

Después de la incubación, se hace un examen visual y una comparación de los pesos, según la NORMA ISO 842.

A continuación, las probetas se someten al ensayo de tracción, según el apartado 1.2.2.1. Para cada serie se calcula la media y la desviación tipo de las tensiones de rotura.

1.3.2. Inmersión en agua, radiación solar y alta temperatura

Este ensayo tiene por objeto examinar la influencia del envejecimiento artificial en la resistencia mecánica residual.

Después de la fabricación y polimerización de 20 probetas, realizadas de acuerdo con la Fig. 2, se acondicionan durante veintiocho días a la temperatura de $23 \pm 2^\circ \text{C}$ y 50 ± 5 por ciento de HR.

A continuación, las probetas se sumergen en agua desmineralizada (conductancia $\leq 30 \mu \text{ SIE-MENS}$) a una temperatura de $45 \pm 3^\circ \text{C}$, según se indica en la Fig. 9a (pág. 10).

Las probetas se expondrán a una radiación UV (lámpara de XENON, cuyo espectro sea el dado en la NORMA ISO 879). La intensidad de la radiación será igual a $850 \pm 50 \text{ W/m}^2$. La temperatura del aire en la superficie de las probetas será de $23 \pm 2^\circ \text{C}$. La temperatura de la interfase entre producto de encolado y vidrio expuesto al aire, será igual a la temperatura del agua $-0^\circ \text{C} + 5^\circ \text{C}$. Esta temperatura se medirá sobre dos probetas testigo representativas, de conformidad con la Fig. 9b.

A continuación del período de acondicionamiento, se registran la temperatura y la HR del aire de forma permanente ¹⁵.

Durante el ensayo:

- La temperatura se registra de forma permanente.
- La conductancia del agua se mide y se registra cada veintiún días.
- Cada siete días se mide, se registra y se corrige, si es necesario, la intensidad de la radiación UV, con el fin de mantenerla en el valor antes indicado. Inmediatamente después de cada rectificación se registra de nuevo la intensidad.

¹⁵ Hay dos tipos de registro:

- a) Anotación de las lecturas de los aparatos de medida en un registro (este tipo es un registro simple).
- b) Los aparatos de medida que registran, de forma permanente y automáticamente, los valores de medida: este tipo de registro es de forma permanente. Las temperaturas y la humedad relativa se registran de forma permanente; la intensidad de variación y la conductancia del agua se registran simplemente.

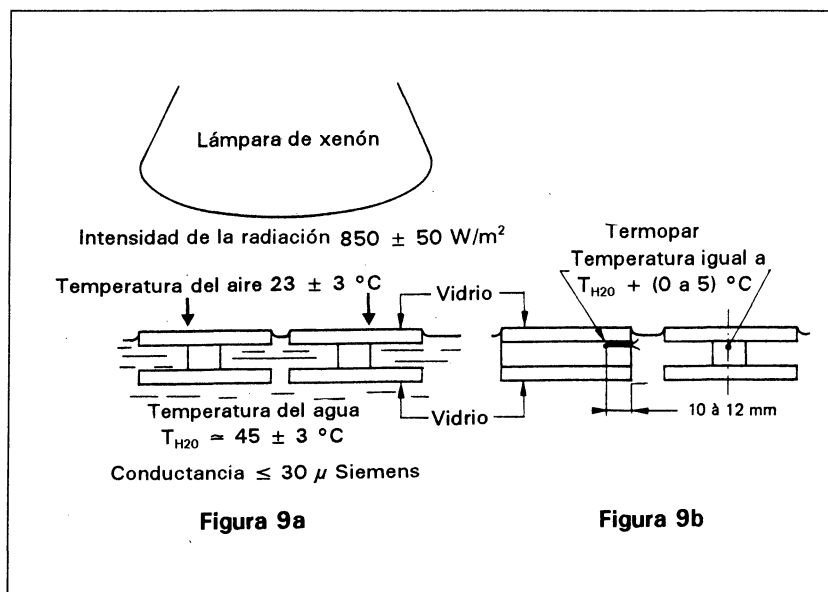


Figura 9a

Figura 9b

Después de veintiún días de exposición (504 ± 4 horas), cinco de las probetas se acondicionan durante 24 ± 4^h a una temperatura de $23 \pm 2^\circ \text{C}$ y 50 ± 5 por ciento de HR. Estas cinco probetas se someten a continuación al ensayo de tracción, de acuerdo con el apartado 1.2.2.1.

Seguidamente, y cada tres semanas (504 ± 4 horas), otras cinco probetas se someten al ensayo de tracción, después de acondicionarlas durante 24 ± 4 horas, a una temperatura de $23 \pm 2^\circ \text{C}$ y 50 ± 5 por ciento de HR.

Los resultados de los ensayos deberán indicar:

- Fecha y hora de comienzo del ensayo.
- Registros de la temperatura, de la humedad relativa y el tiempo de acondicionamiento inicial.
- Durante la inmersión en agua:
 - Los registros de la temperatura del agua.
 - Los registros de la temperatura del aire en la superficie de las probetas.
 - Los registros de las temperaturas en la interfase de las probetas testigo.
 - Los registros de la intensidad de la radiación UV, la fecha y la hora de las medidas, la fecha y hora de las eventuales correcciones de la intensidad de la radiación.
 - Los valores de la conductancia del agua, precisando la fecha y la hora de las medidas.
- Las fechas y horas de retirada de probetas.
- Los registros de la temperatura, de la humedad relativa y del tiempo de acondiciona-

miento, después de inmersión en agua y exposición a la radiación UV.

- La fecha, la hora, la temperatura y la humedad relativa, después del ensayo de tracción.
- La curva de tracción y los valores de la misma.

1.3.3. Fatiga mecánica

Este ensayo tiene por objeto examinar la influencia que las sollicitaciones de fatiga tienen sobre la resistencia mecánica residual.

1.3.3.1. Sollicitación en tracción

Diez probetas, realizadas de acuerdo con la Fig. 2, se acondicionan durante veintiocho días a una temperatura de $23 \pm 2^\circ \text{C}$ y 50 ± 5 por ciento de HR.

Después de esto, se someten a tracción según las siguientes cargas repetitivas, con un período de cinco a diez segundos:

- 100 veces de 0 a la tensión admisible¹⁶.
- 250 veces de 0 a 0,8 por la tensión admisible.
- 5.000 veces de 0 a 0,6 por la tensión admisible.

a una temperatura de $23 \pm 2^\circ \text{C}$.

¹⁶ La tensión admisible (en inglés "design stress") es la tensión cuyo valor se utilizará en los modelos de cálculo para dimensionar las juntas de encolado. El valor está ya minorado por el coeficiente de seguridad. Normalmente, *in situ*, las tensiones inducidas son iguales a la tensión admisible.

Después de las solicitaciones de tracción, se inspeccionan las juntas de encolado a simple vista.

Inmediatamente después, se acondicionan durante 24 ± 4 horas, a una temperatura de $23 \pm 2^\circ \text{C}$ y 50 ± 5 por ciento de HR.

Después, las 10 probetas se someten al ensayo de tracción, según el apartado 1.2.2.1. a $23 \pm 2^\circ \text{C}$.

1.3.3.2. Solicitación en cizallamiento

Diez probetas, realizadas de acuerdo con la Fig. 2, se acondicionan durante veintiocho días a una temperatura de $23 \pm 2^\circ \text{C}$ y 50 ± 5 por ciento de HR.

Después de esto, se someten a cizallamiento según las siguientes cargas repetitivas con un período de dos minutos:

- 250 veces de 0 a la tensión admisible,
- 1.000 veces de 0 a 0,8 por tensión admisible,
- 2.000 veces de 0 a 0,6 por tensión admisible.

Productos a base de silicona

La solicitud se aplica a una temperatura de $23 \pm 2^\circ \text{C}$.

Otros productos

La solicitud se aplica a una temperatura de $23 \pm 2^\circ \text{C}$ más:

Una vez a una temperatura de -20°C ¹⁷.

Una vez a una temperatura de $+60^\circ \text{C}$.

Después de las solicitaciones de cizallamiento, se inspeccionan las juntas a simple vista.

Las probetas se acondicionan inmediatamente después durante 24 ± 4 horas a una temperatura de $23 \pm 2^\circ \text{C}$ y 50 ± 5 por ciento de HR.

Después, se somete a las 10 probetas a un ensayo de tracción, de acuerdo con el apartado 1.2.2.1. a $23 \pm 2^\circ \text{C}$.

¹⁷ Esta temperatura puede llevarse a -40°C para ciertos climas de países del norte de Europa.

Capítulo 2

Interpretación de los ensayos

La interpretación de los ensayos en el marco de esta Guía Técnica, no es más que una comprobación de las prestaciones del producto de encolado suministrado por el fabricante del mismo. En consecuencia, los resultados de los ensayos no pueden aprovecharse para determinar un coeficiente de seguridad o coeficientes de minoración de la resistencia del producto de encolado.

La calidad y la fiabilidad de las interpretaciones de los ensayos depende de varios factores, concretamente de:

- Nivel de representatividad de las solicitaciones in situ.
- Reproducibilidad y repetitividad de los ensayos.

En particular, los ensayos destinados a apreciar el comportamiento en el tiempo (durabilidad) ofrecen grandes dificultades de interpretación, debidas al hecho de que los dos factores antes mencionados están fuertemente influenciados por la complejidad de las solicitaciones, es decir, por los valores y las combinaciones de temperaturas, humedad, presencia de agua, de la radiación solar y del viento.

Una serie de ensayos dan valores de las tensiones de rotura y tracción y/o a cizallamiento. La interpretación de estos ensayos se hace en base a la comparación de esos valores, tratados estadísticamente con los suministrados por el fabricante del mástico.

En principio es necesario que:

- En el caso de tracción $R_{u5} = X_{med} - t_{\alpha\beta} \cdot s > \mu \cdot \sigma_{23}$.
- En el caso de cizallamiento $R_{u5} = X_{med} - \mu \cdot \tau_{23}$.

En donde:

R_{u5} = valor característico de la resistencia, 95 por ciento de resultados de ensayo, serán superiores a este valor con un nivel de confianza del 75 por ciento.

X_{med} = la tensión media de rotura, ya sea en tracción o en cizallamiento.

$t_{\alpha\beta}$ = excentricidad conforme al 5 por ciento con un nivel de confianza del 75 por ciento (Tabla I).

s = desviación tipo de las tensiones de rotura a tracción o a cizallamiento.

σ_{23} = tensión característica de rotura a tracción, dada por el suministrador del producto de encolado.

τ_{23} = tensión característica de rotura a cizallamiento, dada por el suministrador del producto de encolado.

μ = modificación que se admite, bajo el efecto de las condiciones que se desvían de las condiciones estándar, temperatura 23° C, humedad relativa 50 por ciento. Estos valores figuran en la Tabla 2.

Tabla 1

Variable $t_{\alpha\beta}$ en función del número de probetas

Número de probetas	Varios
5	2,26
6	2,18
7	2,13
8	2,09
9	2,06
10	2,03
15	1,95
30	1,85

$$R_{u5} = X_{med} - t_{\alpha\beta} \cdot s > \mu \cdot \tau_{23}$$

Tabla 2

Ensayos	Tratamiento de resultados y exigencias
2.1. ENSAYOS DE IDENTIFICACIÓN 2.1.1. Masa específica 2.1.2. Dureza 2.1.3. Análisis termogravimétrico 2.1.4. Espectrometría infrarroja 2.1.5. Color	Los resultados de los ensayos no deben alejarse demasiado de los valores nominales dados por el suministrador.
2.2. ENSAYOS DE APTITUD DE EMPLEO 2.2.1. Inclusiones de gas 2.2.2. Características mecánicas 2.2.2.1. Tracción - Módulo de elasticidad - Rotura 2.2.2.2. Cizallamiento - Módulo de cizallamiento - Rotura 2.2.2.3. Compresión: módulo 2.2.2.4. Resistencia al desgarramiento 2.2.2.5. Recuperación elástica 2.2.2.6. Retracción 2.2.2.7. Fluencia en compresión de larga duración 2.2.2.8. Cizallamiento de larga duración	No se permite la aparición de ninguna burbuja de gas a simple vista. A expresar en módulo secante al 12,5 por ciento $E_{12,5}$ (ver Anejo II-1). $R_{u5} = X_{med} - t_{\alpha\beta} \cdot s > \mu \cdot \sigma_{23}$ Ensayo a - 20° C: $\mu=1$ Ensayo a + 23° C: $\mu=1$ Ensayo a + 80° C: $\mu=0,8$ A expresar en módulo secante al 12,5 por ciento $G_{12,5}$ (ver Anejo II-1). $R_{u5} = X_{med} - t_{\alpha\beta} \cdot s > \mu \cdot \tau_{23}$ Ensayo a - 20° C: $\mu=1$ Ensayo a + 23° C: $\mu=1$ Ensayo a + 80° C: $\mu=0,8$ A expresar en módulo tangente a 0 por ciento E_o (ver Anejo II-1). $R_{u5} = X_{med} - t_{\alpha\beta} \cdot s > \mu \cdot \sigma_{23}$ Ensayo a + 23° C: $\mu=0,8$ El alargamiento después de descargar será <15 por ciento del alargamiento inicial. La retracción será inferior al 10 por ciento. La diferencia entre la deformación inicial y la deformación final, será inferior al 15 por ciento. Los desplazamientos después de la puesta en carga < 1 mm. Después de la descarga, el desplazamiento observado debe ser nulo, habida cuenta de las tolerancias de medida.
2.3. ENSAYOS DE DURABILIDAD 2.3.1. Micro-organismos 2.3.2. Inmersión en agua, radiación solar y alta temperatura 2.3.3. Fatiga mecánica - Tracción - Cizallamiento	La diferencia entre las tensiones medias de rotura de las Series I y S, deben ser igual a 0, pero está sometida a las variaciones estadísticas. La prueba estadística de Student es aplicable. Después de 1.000 horas, de inmersión y de radiación UV, los valores mínimos son: $R_{u5} = X_{med} - t_{\alpha\beta} \cdot s > \mu \cdot \sigma_{23}$ Ensayo a + 23° C: $\mu=1$ $R_{u5} = X_{med} - t_{\alpha\beta} \cdot s > \mu \cdot \sigma_{23}$ Ensayo a + 23° C: $\mu=1$ $R_{u5} = X_{med} - t_{\alpha\beta} \cdot s > \mu \cdot \tau_{23}$ Ensayo a + 23° C: $\mu=1$
NOTA: Las roturas deben presentar una traza cohesiva sobre más del 90 por ciento de la superficie encolada.	

La interpretación de los resultados de los ensayos se dan en la Tabla 2.

En el caso de resultados que quedan fuera de las exigencias de la Tabla 2, el Instituto encargado de llevar a cabo la evaluación técnica los someterá a un examen más profundo, basado en el empleo de un mayor número de probetas.

Según sea el problema, los ensayos sospechosos serán realizados de nuevo o bien se determinarán y se harán otros ensayos, acordes con el problema de que se trate.

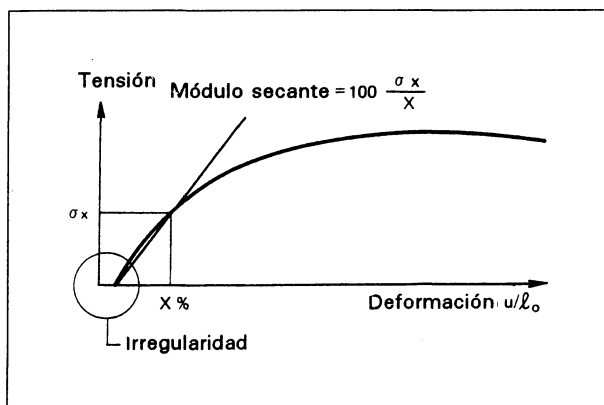
Anejo II-1

Módulos de elasticidad y de cizallamiento

El presente Anejo describe un método de rectificación de las curvas de tracción, de cizallamiento y de compresión. Es válido en el campo elástico del material y para materiales con un coeficiente de Poisson de aproximadamente 0,5, lo que es el caso frecuente para AEE que utilizan siliconas. Las ventajas de este método son:

- Una mayor precisión de los módulos con un número reducido de probetas.
- La comprobación de la relación entre los módulos de tracción y de compresión de un mismo material.
- La mayor fiabilidad en la aplicación de los modelos de cálculo.

A continuación, se muestra la curva tensión-deformación:



Esta curva presenta irregularidades. Considerando la aplicación de un porcentaje de pretenso, la determinación del punto cero puede presentar dificultades.

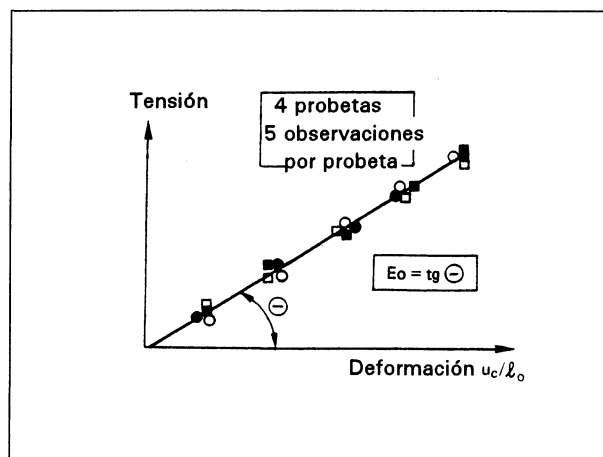
La precisión de los módulos respecto a los diferentes alargamientos, también queda afectada. Una solución consiste en rectificar la curva en el entorno elástico del producto de encolado.

La rectificación se produce por una conversión de la deformación.

Para una longitud, L_0 inicial de la probeta y una longitud L de la probeta cargada, siendo L igual a L_0 más la deformación, la escala de deformación se expresa:

$$\frac{U_c}{L_0} = \frac{(a - 1/a^2)}{3}, \text{ para } a = \frac{L}{L_0}^{18}$$

Aplicando esta fórmula para varios puntos de la curva, se obtendrá una línea de regresión Fuerza-Deformación transformada, cuya pendiente representa el módulo de elasticidad tangente E en el origen.



El cálculo directo E_0 a partir de los puntos medidos puede hacerse:

$$E_0 = \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n E_{ij} / (m, n)$$

¹⁸ Paul J. Flory (1953): *Principles of Polymer Chemistry*. Cornell Univ. Press. Ithaca, NY (USA).

con:

$$E_{ij} = 3 \sigma_{ij} / (a_{ij} - 1/a_{ij}^2) \text{ y } a_{ij} = (e_i - u_{ij})/e_i$$

en la cual:

m = al número de observaciones por probeta.

n = número de probetas por ensayo a la temperatura que corresponda.

u_{ij} = desplazamiento en tracción o en compresión ($e_i = u_{ij}$ representa L).

e_i = espesor inicial por probeta representando L_o .

σ_{ij} = tensión en tracción correspondiente a cada desplazamiento u_{ij} .

Las relaciones entre los módulos tangentes en el origen por un lado, y los módulos secantes por otro, están bien determinadas y se dan en la Tabla 1 adjunta:

La relación entre el módulo secante y módulo en el origen es:

$$E_{\text{sec}} = E_o \frac{u_c/L_o}{u/L_o}$$

Tabla 1

Conversión del alargamiento relativo en tracción o de la deformación relativa en compresión (u/L_o) en valores de deformación transformada (u_c/L_o).

Valores de u/L_o	Valores de $u_c/L_o = (a-1/a^2)/3$ ($a = \frac{L}{L_o}$)
()	0
0,05	0,048
0,10	0,091
0,125	0,112
0,15	0,131
0,20	0,169
0,25	0,203
0,30	0,236
0,35	0,267
0,40	0,297
0,45	0,325
0,50	0,352
0,55	0,378
0,60	0,403
0,65	0,428
0,70	0,451
0,75	0,474
0,80	0,497
0,85	0,519
0,90	0,541
0,95	0,562
1,00	0,583

El módulo de cizallamiento se calcula en base al módulo de elasticidad en el origen E_o y el coeficiente de Poisson μ que corresponde al valor de 0,5 por la relación:

$$G = \frac{E_o}{2(1+\mu)} = \frac{E_o}{3}$$

Capítulo 3

Constancia de la calidad

3.1. OBJETO

El presente capítulo define:

- Las modalidades de control interno en la fábrica de los productos de encolado para AEE, que han sido objeto de una evaluación o apreciación favorable.
- Las modalidades de la supervisión de estos controles internos.

3.2. CONTROL INTERNO DE FABRICACIÓN

3.2.0. Generalidades

El control interno de fabricación tiene por objeto asegurar la constancia de la calidad de los productos fabricados, mediante una serie de comprobaciones adecuadas para cada producto e indicadas en la apreciación favorable (DIT).

Los resultados del autocontrol deben registrarse y el registro debe tener en cuenta el modo de producción y de control según el grado de automatización.

Los registros deben conservarse, como mínimo, durante cinco años.

Los métodos de ensayo y los criterios a aplicar en general para los productos de encolado deben corresponder a normas o guías para éstos.

Los métodos específicos para un producto de encolado concreto deben describirse en la apreciación favorable (DIT) en cuestión.

3.2.1. Controles de materias primas

El fabricante está obligado a asegurar, mediante control, en el momento de la recepción y antes de la utilización, la conformidad de las materias primas que entran en la fabricación de los productos de encolado con los documentos antes mencionados (§ 3,20). Estos controles deben ser definidos por el fabricante.

En el caso en que algunos de esos controles requieran una técnica específica, las características correspondientes pueden ser objeto, por parte del suministrador de una ficha que las garantice, siempre que ésta sea controlada periódicamente por un organismo de control externo.

La consistencia de este control debe ser valorada por el Instituto encargado del DIT.

3.2.2. Controles en el curso de la fabricación

El fabricante está obligado a realizar controles que permitan comprobar la constancia de la calidad y la conformidad de ésta, con las reglas para la evaluación técnica (DIT).

Estos controles deben ser definidos por el fabricante.

3.2.3. Controles sobre el producto de encolado

Observación previa

La lista de los controles, dada a continuación, no

es exhaustiva y puede adaptarse a cada caso particular.

Nomenclatura de los controles

3.2.3.1. Identificación

Masa específica o dureza.

3.2.3.2. Ensayo sobre la reología del producto

Vertido sobre pared vertical o viscosidad.

3.2.3.3. Características mecánicas

Tracción, rotura y módulo.

3.3. SUPERVISIÓN DEL CONTROL INTERNO POR ORGANISMO INDEPENDIENTE

La supervisión del control interno del fabricante se realiza para cada unidad de fabricación, respetando la frecuencia de dos visitas anuales como mínimo.

El examen por parte del inspector encargado de la supervisión se lleva a cabo sobre:

- La conformidad del proceso de fabricación con la apreciación favorable (DIT) del producto de encolado.
- El correcto funcionamiento de los equipos de control.
- La comprobación de la conformidad de los autocontroles con los métodos de ensayo.
- La comprobación de la conformidad de la frecuencia de los autocontroles.

Presenciará los ensayos en curso durante su visita y hará realizar, eventualmente delante de él, ciertos ensayos de control por el personal del fabricante.

En caso de duda, el organismo de supervisión puede efectuar tomas de muestras destinadas a control y ensayo, en un laboratorio externo.

Estos controles y ensayos consisten en la comprobación de las características mecánicas.

Capítulo 4

Contenido de la evaluación técnica favorable (DIT)

4.1. PRODUCTO-PETICIONARIO

La evaluación técnica favorable (DIT) del producto de encolado deberá indicar concretamente su referencia comercial y el productor.

4.2. MATERIALES

4.2.1. Producto de encolado

- Naturaleza química.
- Características de identificación

4.2.2. Imprimaciones para adherencias

- Naturaleza química.
- Características de identificación.
- Campo de aplicación.

4.3. MARCOS Y ACRISTALAMIENTOS

- Tipos de vidrios admisibles.
- Ensayos a realizar para comprobar la adherencia.

4.4. FABRICACIÓN Y CONTROLES DEL PRODUCTO DE ENCOLADO

- Lugar de fabricación y acondicionamiento.
- Descripción de la fabricación.
- Naturaleza y frecuencia de los controles internos.

4.5. PRESTACIONES (“Performances”)

Por referencia a los Capítulos I y II de la Segunda Parte.

NOTA: Además, los Institutos, tanto el que lleva a cabo la evaluación como el Instituto Confirmador, deberán disponer de datos indicativos, significativos respecto de la antigüedad y el comportamiento de las realizaciones citadas como referencia.

ÍNDICE (2.ª parte)

	<u>Págs.</u>
Capítulo 1	
Determinación de las características.....	4
1.1. Ensayos de identificación	4
1.1.1. Masa específica	4
1.1.2. Dureza	4
1.1.3. Análisis termogravimétrico.....	4
1.1.4. Espectrometría infrarroja	4
1.1.5. Color	4
1.2. Aptitud al empleo.....	5
1.2.1. Inclusiones de gas	5
1.2.2. Características mecánicas.....	5
1.3. Ensayos de durabilidad	9
1.3.1. Microorganismos.....	9
1.3.2. Inmersión en agua, radiación solar y alta temperatura.....	9
1.3.3. Fatiga mecánica.....	10
Capítulo 2	
Interpretación de los ensayos.....	12
Capítulo 3	
Constancia de la calidad	16
3.1. Objeto	16
3.2. Control interno de fabricación.....	16
3.2.0. Generalidades.....	16
3.2.1. Controles de materias primas	16
3.2.2. Controles en el curso de la fabricación.....	16
3.2.3. Controles sobre el producto de encolado	16
3.3. Supervisión del control interno por organismo independiente.....	17
Capítulo 4	
Contenido de la evaluación técnica favorable (DIT).....	18
4.1. Producto-peticionario.....	18
4.2. Materiales	18
4.2.1. Producto de encolado	18
4.2.2. Imprimaciones para adherencias	18
4.3. Marcos y acristalamientos	18
4.4. Fabricación y controles del producto de encolado	18
4.5. Prestaciones ("Performances").....	18