

# INFORMACIÓN TÉCNICA

## espuma rígida de poliuretano producida "in situ"

---

### 1. Información general

1. [Definiciones](#)
2. [Proceso de elaboración](#)

### 3. Propiedades

1. [Introducción](#)
2. [Estructura celular](#)
3. [Densidad](#)
4. [Conductividad térmica](#)
5. [Absorción de agua](#)
6. [Resistencia a la transmisión de vapor de agua](#)
7. [Estabilidad y resistencia](#)
8. [Comportamiento al fuego](#)
9. [Comportamiento térmico](#)
10. [Propiedades eléctricas](#)
11. [Propiedades acústicas](#)
12. [Propiedades mecánicas](#)

### 5. Aplicaciones

1. [General](#)
2. [Impermeabilización](#)

### 7. Normativa

### 8. Patología

1. [Degradación](#)
  2. [Despegues](#)
  3. [Excesivas contracciones o deformaciones de la espuma](#)
  4. [Aparición de grietas](#)
- 

## 1. Información general

### 1.1. Definiciones

**Sistema de poliuretano:** Conjunto de dos componentes líquidos, polioliol e isocianato, que mediante reacción química entre ellos dan lugar a la espuma de poliuretano.

**Componente polioliol:** Mezcla de polioles con grupos reactivos -OH, conteniendo catalizadores, ignifugantes, expandentes y agentes estabilizadores de la espuma.

**Componente isocianato:** Isocianato con grupos reactivos -NCO.

## 1.2. Proceso de elaboración

El sistema de poliuretano para instalación "in situ" a que hace referencia esta norma está formado por 2 componentes que, mediante reacción química entre ellos, dan lugar a una espuma de poliuretano rígida de celda esencialmente cerrada.

La producción de la espuma de poliuretano tiene lugar "in situ", en el mismo lugar de la instalación, empleando máquinas móviles para la dosificación y mezclado de los componentes. Existen 2 tipos de procesos: proyección y colada.

El proceso de proyección consiste en pulverizar, mediante la máquina citada, la mezcla de dos componentes altamente reactivos sobre la superficie a aislar, donde rápidamente expande y endurece. La aplicación se realiza en sucesivas capas, hasta alcanzar el espesor final de aislamiento deseado.

El proceso de colada consiste en colar la mezcla líquida de los dos componentes, con una reactividad ajustada para este proceso, en la cavidad a aislar. En corto tiempo, la mezcla expande, rellena la cavidad y endurece.

---

## 2. Propiedades

### 2.1. Introducción

La espuma rígida de poliuretano es una materia sintética duroplástica, fuertemente reticulada espacialmente y no fusible. En las densidades habituales, para aislamiento térmico, la espuma contiene solamente una pequeña parte del volumen de materia sólida (con una densidad de  $33 \text{ kg/m}^3$ , sólo aprox. el 3 % del volumen es materia sólida).

### 2.2. Estructura celular

La espuma rígida de poliuretano presenta una estructura celular predominantemente cerrada. El porcentaje de celdas cerradas se sitúa normalmente por encima del 90 %.

### 2.3. Densidad

La densidad de la espuma rígida de poliuretano para aislamiento térmico está comprendida, según la aplicación, entre  $30$  y  $100 \text{ kg/m}^3$ , pudiéndose realizar para casos especiales densidades superiores.

### 2.4. Conductividad térmica

La alta capacidad de aislamiento térmico de la espuma rígida de poliuretano no se consigue con ningún otro

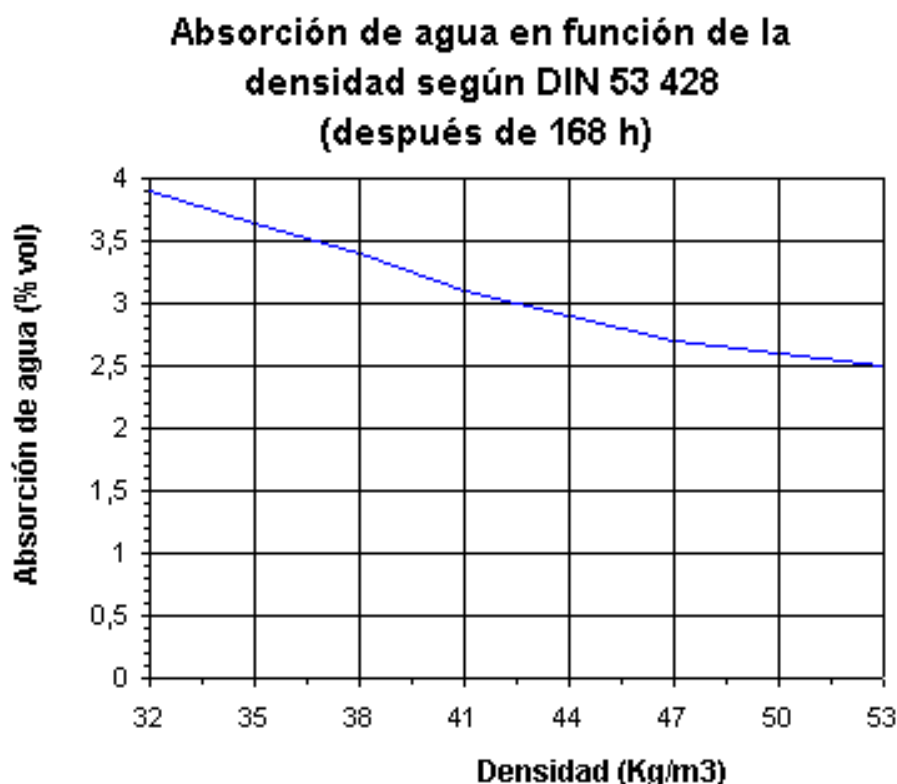
material aislante conocido. Esta característica especial se debe a la muy baja conductividad térmica que posee el gas espumante ocluido en el interior de las celdas cerradas.

De este modo, la espuma rígida de poliuretano producida "in situ" alcanza un valor inicial de conductividad térmica  $\lambda_{10^\circ}$  de referencia de 0,022 W/m·K, según UNE 92120. Debido a que las celdas no impiden totalmente la difusión de gases a través de sus paredes, este valor de conductividad va aumentando ligeramente con el tiempo hasta llegar finalmente a estabilizarse. En la práctica, se considera como valor de conductividad térmica de la espuma el obtenido por el procedimiento de incremento fijo según UNE 92120, valor envejecido de 0,028 W/m·K.

## 2.5. Absorción de agua

### 2.5.1. Absorción de agua por humectación

La absorción de agua por la espuma rígida de poliuretano se produce en función de las condiciones ambientales y puede tener lugar por humectación o por difusión y condensación del vapor. Está influida fundamentalmente por la densidad y las dimensiones. En todo caso, el contenido de humedad, en la práctica, no supera el 5% en volumen (ver gráfico 1).



**Gráfico 1**

### 2.5.2. Absorción de agua por inmersión

La absorción de agua se determina mediante el ensayo de inmersión en laboratorio, con probetas cúbicas de 50 mm de lado. Los resultados que se obtienen varían entre el 2 y el 5 % en volumen y se deben fundamentalmente al efecto de las celdas seccionadas en la superficie de las probetas.

Mediante difusión de vapor y posterior condensación, los aislamientos pueden absorber agua dependiendo de su situación y de la humedad a que estén sometidos. En la práctica, se evita alcanzar límites no deseados de humedad por difusión del vapor de agua colocando una barrera de vapor en el lado caliente del aislante.

## 2.6. Resistencia a la transmisión de vapor de agua

Los valores que caracterizan la resistencia al vapor de agua son: la resistividad relativa  $\mu$  que es un parámetro adimensional o bien, la resistividad a la difusión del vapor de agua.

La espuma rígida de poliuretano para aislamiento térmico, densidad entre 30 y 60 kg/m<sup>3</sup>, la resistencia a la transmisión de vapor de agua oscila entre 385 y 900 MN.s/g.m, siendo el factor adimensional  $\mu$  factor de resistencia a la transmisión de vapor de agua, entre 70 y 165. Estos valores se corresponderían a 70 en una espuma de 30 kg/m<sup>3</sup> sin envejecimiento y a 165 en una espuma envejecida de 60 kg/m<sup>3</sup>. Los valores de resistencia aumentan con el tiempo, debido a que al emigrar parte de los gases expandentes, su lugar es ocupado por aire.

En aplicaciones con altos gradientes de vapor/temperatura (por ejemplo, aplicaciones frigoríficas, ...) será necesario colocar una barrera de vapor en la cara caliente del aislamiento para evitar condensaciones. También sería necesaria la colocación de barrera de vapor en algunos casos de aislamiento e impermeabilización de cubiertas, dependiendo de la zona climática, o si el acabado o protección de la espuma se realiza con algún producto que sea resistente al paso del vapor de agua.

## 2.7. Estabilidad / Resistencia

La espuma rígida de poliuretano es resistente frente a los materiales habitualmente empleados en la construcción.

Además, la espuma rígida de poliuretano es:

- Resistente, en gran medida, a los disolventes normalmente utilizados en adhesivos, pinturas, pastas bituminosas, en conservantes para la madera y en masillas sellantes.
- Resistente al envejecimiento, contra la acción de las raíces e inerte bioquímicamente, por ejemplo, frente a los mohos.
- Estable frente a los carburantes, aceite mineral y los ácidos y álcalis diluidos.
- Resistente contra la acción de los gases de escape o a la atmósfera industrial más agresiva.
- Imputrescible, estable a los detritus, inodora y fisiológicamente no presenta inconvenientes. Es químicamente neutro.

### ● Tabla 1

**Estabilidad química de la espuma rígida de PUR bajo condiciones de ensayo (comportamiento después de 28 días a 20 grados C)**

PRODUCTOS QUÍMICOS	CAMBIO DE VOLUMEN	COMPORTAMIENTO
Alcalis, ácidos y soluciones salinas		
Agua de mar	3%	estable
Acido clorhídrico conc.	--	atacado

Acido clorhídrico 10%	2%	estable
Acido sulfúrico conc.	--	atacado
Acido sulfúrico 10%	2%	estable
Acido nítrico conc.	--	atacado
Acido nítrico 10%	6%	estable
Sosa caústica conc.	2%	estable
Sosa caústica 10%	2%	estable
Amoniaco conc.	6%	estable
Amoniaco 10%	4%	estable
<b>Hidrocarburos alifáticos</b>		
Gasolina	1%	estable
Gas-oil	2%	estable
Aceite mineral	1%	estable
Gasolina/Benceno 60:40	1%	estable
<b>Hidrocarburos aromáticos</b>		
Benceno	5%	estable
Tolueno	2%	estable
Clorobenceno	5%	estable
Estireno monómero	2%	estable
<b>Otros disolventes orgánicos</b>		
Etanol	13%	hinchamiento
Metanol	12%	inestable
Butanol	9%	estable condicionado
Acetona	18%	inestable
Acetato de etilo	16%	hinchamiento
Tricloroetileno	14%	hinchamiento
Cloruro metileno	17%	inestable
Dimetilformamida	--	atacado

## 2.8. Comportamiento al fuego

La espuma de poliuretano rígido, como todos los plásticos, es un material combustible. No obstante, existen espumas de poliuretano clasificadas desde M1 hasta M4, según UNE 23727, debiendo aplicarse unas u otras de acuerdo con el riesgo a que vayan a estar expuestas.

## 2.9. Comportamiento térmico

La dilatación térmica de la espuma rígida de poliuretano por efecto de la temperatura es función de la densidad y de la fijación al sustrato.

Cada material tiene una determinada variación en sus dimensiones al variar la temperatura. Además, en el caso de la espuma rígida de poliuretano, existe un gas ocluido en sus celdas que origina un descenso de

presión, con el frío, y una sobrepresión, con el calor. Por ello, por enfriamiento se produce una contracción y por calentamiento una dilatación de la estructura celular.

Con las densidades habituales, 30-100 kg/m<sup>3</sup>, los coeficientes de contracción, o bien, de dilatación de la espuma rígida de poliuretano están entre 5 y 8·10<sup>-5</sup>·K<sup>-1</sup>.

El coeficiente de dilatación de la espuma rígida de poliuretano es casi cinco veces superior que, por ejemplo, el del cemento que es de aprox. 1·10<sup>-5</sup>· K<sup>-1</sup>. Sin embargo, con una aplicación adecuada de la espuma "in situ", la adherencia sobre el cemento es tan alta que las dilataciones debidas a variaciones de temperatura no afectan a la unión entre la espuma y el substrato.

## 2.10. Propiedades eléctricas

La espuma rígida de poliuretano presenta muy bajas pérdidas dieléctricas y por reflexión, así como una muy baja constante dieléctrica. Por este motivo, la espuma rígida de poliuretano es apropiada para aplicaciones como recubrimientos de antenas y cúpulas de radar.

Para una espuma con una densidad de 30 kg/m<sup>3</sup> son típicos los siguientes valores:

- Constante dieléctrica: 1,091.
- Factor de pérdida: 0,5·10<sup>-3</sup>.
- Resistividad específica: 5,4·10<sup>14</sup> Ohm/cm

## 2.11. Propiedades acústicas

La espuma de poliuretano es un material ligero, de baja densidad, compuesto de celdas cerradas (> 90%). Por tanto se comporta como un mal absorbente acústico ya que presenta una superficie limitada, y tampoco puede actuar como absorbente elástico de masa. No obstante, puede utilizarse combinado con otros materiales para reducir la transmisión de sonidos, sobre todo amortiguación de vibraciones, como es el caso de aplicaciones en la industria del automóvil y en algunos casos en la construcción. En la tabla 2 figura el coeficiente de absorción en función de la frecuencia.

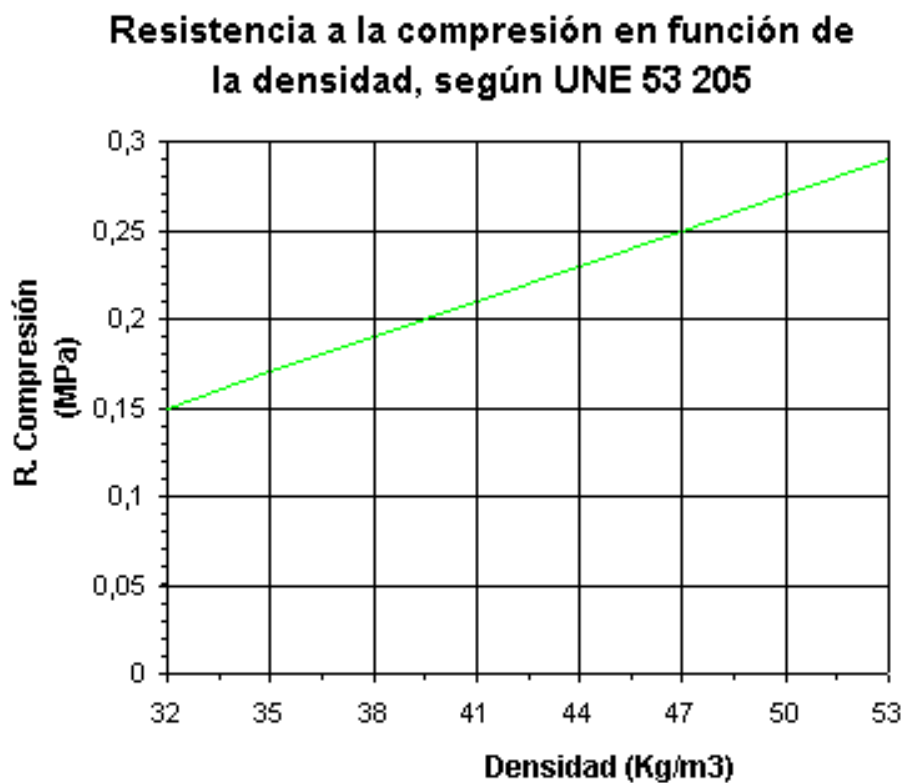
**Tabla 2: Coeficiente de absorción en función de la frecuencia.**

Frecuencia (Hz)	Coeficiente de Absorción
125	0,12
250	0,18
350	0,20
500	0,27
1.000	0,19
2.000	0,62
4.000	0,22

El coeficiente de reducción de transmisión de ruidos es 0,32.

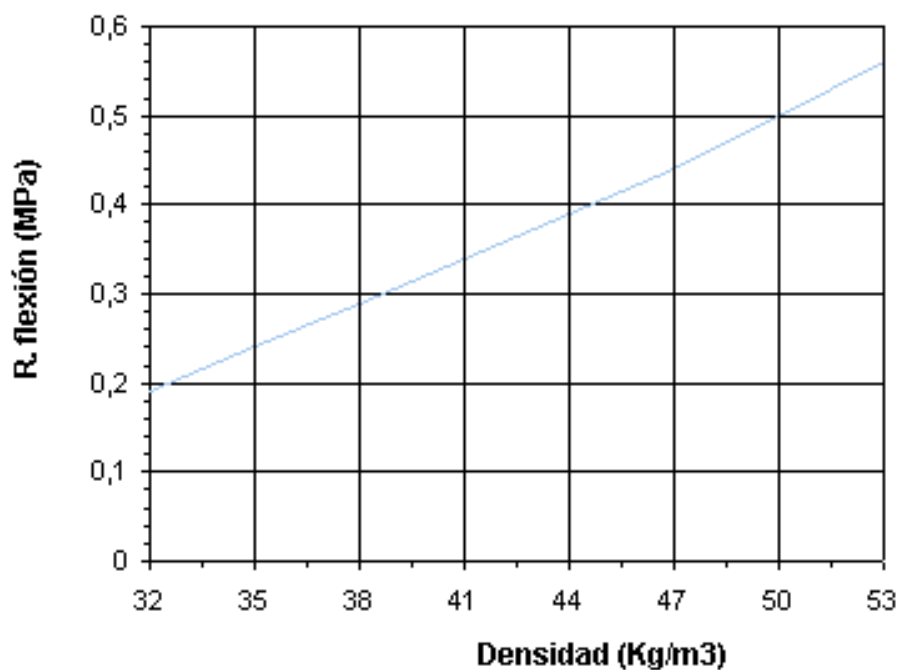
## 2.12. Propiedades mecánicas

En los gráficos 2-5 puede verse la influencia de diferentes propiedades mecánicas de la espuma rígida de poliuretano en función de la densidad.



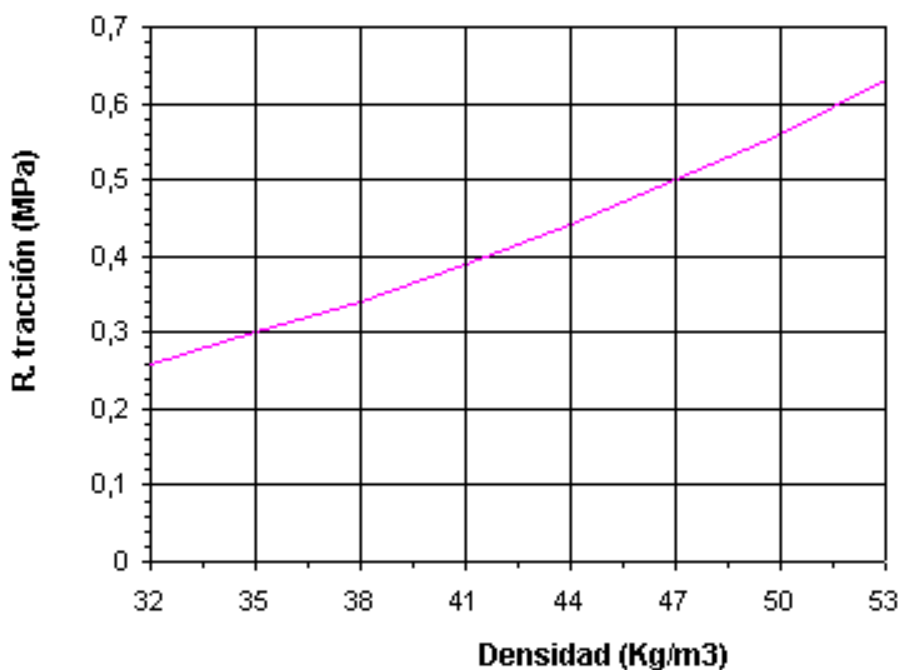
**Gráfico 2**

### Resistencia a la flexión en función de la densidad, según UNE 53 204



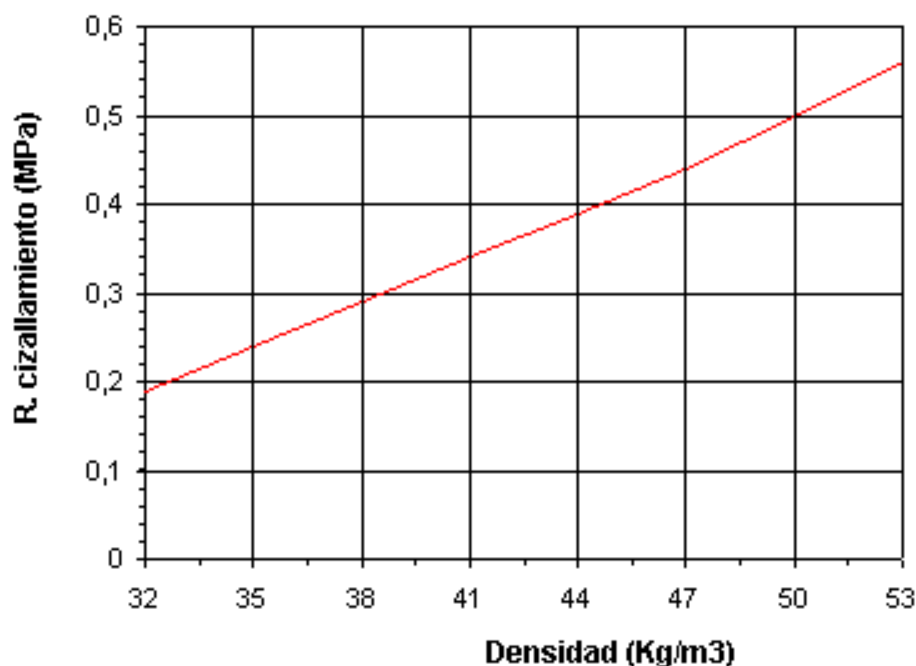
**Gráfico 3**

### Resistencia a la tracción en función de la densidad, según UNE 53 455



**Gráfico 4**

### Resistencia al cizallamiento en función de la densidad, según DIN 53 427



**Gráfico 5**

## 3. Aplicaciones

### 3.1. General

La espuma rígida de poliuretano producida "in situ" puede ser empleada para el aislamiento térmico en construcción dentro de un rango de temperaturas entre -50 °C y +100 °C. Durante cortos espacios de tiempo la espuma puede estar sometida a temperaturas de hasta +250 °C (resistente frente al alquitrán caliente).

Los principales campos de aplicación de la espuma rígida de poliuretano producida "in situ" son los siguientes:

- Aislamiento térmico de superficies en la construcción (por ejemplo: suelos, paredes, techos, perfiles de acero, depósitos, etc.).
- Aislamiento térmico e impermeabilización de cubiertas.
- Aislamiento térmico de instalaciones de climatización y frío.
- Aislamiento térmico de conducciones de calefacción y similares.

En aplicaciones donde la espuma rígida de poliuretano vaya a estar expuesta directamente a la intemperie (por ejemplo, cubiertas), se debe proteger la espuma superficialmente frente a la acción de los rayos Ultravioleta con un recubrimiento adecuado.

Son numerosos los factores que influyen en el gran auge que ha alcanzado esta técnica. Entre ellos cabe destacar las ventajas en la aplicación:

- Supresión total de puentes térmicos. El aislamiento no presenta juntas ni fisuras. Es un aislamiento continuo. Posibilidad de acceder a lugares difíciles.
- Buena adherencia al sustrato. No es necesario el empleo de colas ni adhesivos para su instalación.
- Posibilidad de aislar e impermeabilizar (con densidad superior a  $45 \text{ kg/m}^3$  en cubiertas) en un único proceso. Esta característica se debe, por una parte, a su estructura de celdas cerradas y estancas al agua y, por otra, a su forma de aplicación en continuo que permite evitar las juntas.
- Rapidez de ejecución y movilidad. Posibilidad de desplazarse rápidamente a cualquier obra sin necesidad de transportar o almacenar productos voluminosos como son, normalmente, los materiales aislantes.

El procedimiento de proyección, debido a su forma de aplicación en continuo, está especialmente indicado para el tratamiento de grandes superficies de formas irregulares como, por ejemplo, cubiertas metálicas o de fibrocemento.

### 3.2. Impermeabilización

La espuma rígida de poliuretano puede también utilizarse como impermeabilizante al agua de lluvia utilizando una espuma rígida de densidad igual o superior a  $45 \text{ kg/m}^3$  y un espesor mínimo de 30mm.

En el caso de cubiertas, debemos considerar también los siguientes puntos:

#### *Pendiente*

Las cubiertas tratadas con espuma rígida de poliuretano deberán tener una pendiente mínima del 2 %, para evitar el estancamiento del agua de lluvia.

#### *Protección frente a los rayos Ultravioleta*

Es conocido que los rayos Ultravioleta del sol aceleran el proceso de envejecimiento. Por esta razón, también las superficies tratadas con espuma de poliuretano deben ser protegidas con materiales específicos contra la radiación Ultravioleta. Dentro de las protecciones que pueden emplearse podemos distinguir tres grupos claramente diferenciados:

- El primer grupo estaría formado por las pinturas de sección fina o de reflexión, que pueden ser acrílicas, etc. con espesores entre 0,5 y 1 mm. Con este tipo de protección habrá que tener en cuenta el mantenimiento y repintar cada vez que se observe el deterioro de la protección. La duración dependerá de la calidad y espesor de pintura aplicada.
- El segundo grupo estaría formado por los recubrimientos de sección intermedia. Estos productos soportan una superior carga mecánica y poseen una vida útil considerablemente más larga. Estos recubrimientos son los elastoméricos y han constituido un importante avance dentro de la protección de las espumas de poliuretano frente a la radiación Ultravioleta. Dentro de este grupo están los elastómeros de poliuretano de alta densidad aplicados por proyección. Este producto, con una densidad entre  $800$  y  $1200 \text{ kg/m}^3$ , se aplica en espesores entre 1,2 y 2 mm.
  - Los poliuretanos proyectados de alta densidad también se emplean como recubrimiento integral e impermeable en muchas otras aplicaciones: estanques, piscinas, estructuras de hormigón o metálicas, boyas marinas y en general cualquier soporte que deba estar sometido al contacto continuado con el agua o frecuentes agresiones incluso de sustancias corrosivas.

- El tercer grupo sería el de sección gruesa o pesado. Está formado por la grava, losas, capas de mortero, etc.
- 

## 4. Normativa

En este apartado se incluye la normativa existente para la espuma rígida de poliuretano producida "in situ" en la que se indican las características a cumplir y los controles a efectuar por dicha espuma para cumplir con los requerimientos de dicha normativa.

### Norma UNE

Se ha elaborado norma [UNE 92120](#) de título: "Productos de aislamiento térmico para construcción. Espuma de poliuretano producida "in situ". Parte 1: "Especificaciones para el sistema de poliuretano antes de la instalación". Parte 2: "Especificaciones para el producto instalado".

### Sello INCE (Sello de Calidad)

Desde hace más de 15 años existen [Disposiciones Regulatorias del Sello INCE](#) para materiales de aislamiento para uso en edificación relativas a componentes de espumas de poliuretano y a espumas de poliuretano producidas "in situ". La última revisión, actualmente en vigor, es la resolución de 3 de noviembre de 1996 de la Dirección General para la Vivienda, el Urbanismo y la Arquitectura. Este Sello de Calidad, al disponer de Norma UNE pasará a ser Marca N.

El Sello INCE para componentes de espumas de poliuretano se otorga al fabricante de los mismos y garantiza la calidad de los sistemas y las propiedades que alcanzará la espuma rígida de poliuretano.

El Sello INCE para la espuma producida "in situ" se concede a las empresas que procesan los componentes para producir la espuma "in situ" y garantiza la correcta aplicación y control de la espuma.

Además, ATEPA concede a sus asociados una Credencial de Empresa Cualificada para la instalación de aislamientos con espuma rígida de poliuretano "in situ". Esta Credencial ofrece la posibilidad de una peritación, llevada a cabo por técnicos expertos, de una obra realizada con espuma rígida de poliuretano.

---

## 5. Patología

La espuma rígida de poliuretano es una sustancia imputrescible, estable frente al moho y a los detritus, inodora y es un producto químicamente neutro. Además, es resistente a los materiales habitualmente usados

en construcción e inerte bioquímicamente. También muestra gran resistencia a los disolventes usados en construcción, como los contenidos en pinturas, adhesivos, pastas bituminosas, conservantes de madera y masillas sellantes. También es estable a gases de escape y atmósferas industriales agresivas. Estas características lo hacen un producto especialmente indicado en construcción debido a su estabilidad y larga durabilidad.

No obstante vamos a enumerar los problemas que pueden aparecer, describiendo sus causas, así como los métodos de prevención y posibles soluciones.

## **5.1. Degradación**

### **Por la acción de los rayos Ultravioleta.**

La espuma rígida de poliuretano debido a su naturaleza, no es estable frente a la radiación Ultravioleta. Esto produce en aplicaciones exteriores una degradación, que en principio es superficial, pero que con el paso del tiempo puede llegar a destruir la espuma. Para evitar esta acción siempre hay que recubrir las aplicaciones exteriores mediante materiales específicos de protección contra la radiación Ultravioleta. En caso de espumas parcialmente degradadas, hay que proceder a un saneamiento con un cepillo de púas y la posterior aplicación de nuevo poliuretano.

### **Por agentes químicos.**

Aunque el poliuretano presenta una buena resistencia frente a la mayoría de los productos químicos (ver tabla 1), ácidos minerales fuertes y algunos disolventes atacan el poliuretano, por lo cual no está recomendado para usos en que esté en contacto con este tipo de productos.

### **Por acción mecánica.**

En aplicaciones donde el poliuretano tenga que resistir esfuerzos mecánicos (cubiertas, suelos transitables...), tiene que elegirse la densidad adecuada para los requerimientos que se necesiten y además realizar una protección que efectúe un reparto de cargas a fin de evitar su deterioro. También animales, como pájaros o pollos pueden deteriorar la espuma, con lo cual es conveniente llevar a cabo una protección del poliuretano.

## **5.2. Despegues**

### **Por aplicación sobre superficie fría.**

En proyecciones sobre superficies muy frías (a menos de 5°C), puede que la reacción del poliuretano en la zona de contacto con el substrato no sea buena, lo que provocaría una adhesión defectuosa. Para prevenir la aparición de este defecto, hay que evitar las aplicaciones a estas temperaturas.

### **Por aplicación sobre superficies antiadherentes o con polvo.**

Substratos como materiales plásticos (polietileno, polipropileno, PVC, poliéster...) o metales ligeros (aluminio, acero galvanizado...) presentan problemas de adherencia siendo recomendable la aplicación de una imprimación. Materiales que contienen ceras o grasas, como el aceite de perfilación de chapa por ejemplo, provocan falta de adherencia entre el poliuretano y el substrato, siendo en este caso necesario desengrasar la superficie. En estos casos se tendrá que realizar previamente a la aplicación una prueba de

adherencia.

### **Por presencia de humedad.**

La aplicación sobre soportes húmedos hace que la adherencia no sea correcta, lo que provocaría la aparición de bolsas y el despegue del poliuretano en la zona aplicada. Por lo tanto, no hay que proyectar sobre superficies mojadas o con condensaciones superficiales.

### **Por aplicación sobre superficies no consistentes.**

El trabajo sobre soportes que no sean firmes (por ejemplo, substratos muy arenosos) hace que debido a la contracción normal del poliuretano, este pueda levantarse arrastrando consigo la superficie sobre la cual se ha aplicado.

En todos los casos donde haya habido problemas de despegues, hay que proceder levantando esas zonas, preparando adecuadamente el soporte y aplicando nuevamente el producto.

## **5.3. Excesivas contracciones o deformaciones de la espuma**

### **Por aplicación de densidad muy baja.**

Para cada aplicación hay que elegir la densidad adecuada para la finalidad a la que está destinada y en ningún caso será inferior a 30 kg/m<sup>3</sup>.

### **Por aplicación de espesores de capa muy gruesos.**

La proyección de espesores de capa superiores a 20 mm hace que la estabilidad dimensional de la espuma no sea satisfactoria, lo cual puede provocar problemas de contracciones.

En estos casos se tendrá que analizar el problema y valorar si se procede a la eliminación y nueva aplicación de producto, o si se puede solucionar mediante la reparación de las zonas afectadas.

## **5.4. Aparición de grietas**

### **Por juntas de dilatación.**

La aplicación de poliuretano sobre juntas de dilatación puede provocar que por movimientos del substrato pueda llegar a agrietarse el poliuretano. Este defecto adquiere especial importancia en cubiertas o terrazas, donde la aparición de grietas puede romper la impermeabilización. Para evitar este problema es necesario hacer un tratamiento adecuado, como podría ser cubriendo la junta de dilatación con una membrana separadora de al menos 30 cm de ancho y aplicando el poliuretano encima de ella.

Como conclusión, cabe destacar el bajo índice de siniestralidad aparecido en obras con poliuretano aplicado "in situ", comparado con el enorme volumen de aplicación que se ha realizado en los últimos años.

