

Resistencia UV de geocompuestos de drenaje

J. Castelo, O. Ansa & J. Gutiérrez

Intermas Nets, Barcelona, España

ABSTRACT: Las propiedades mecánicas de un producto derivado del petróleo quedan afectadas cuando éste queda expuesto de forma prolongada a la intemperie. La parte directamente expuesta al sol de un geocompuesto de drenaje es su geotextil superior que de manera habitual es de polipropileno (PP). Los factores que afectan a la degradación de un geotextil a la intemperie son diversos, como por ejemplo: la temperatura, la humedad y la radiación solar. Debido a la gran variabilidad de estos factores, a día de hoy no existe ninguna metodología de ensayo 100% fiable para determinar la durabilidad de un material expuesto a las acciones climáticas de forma prolongada. Por ello, es habitual establecer su durabilidad mediante la experiencia o la utilización de ensayos para la determinación de la resistencia a la intemperie. En el presente artículo se revisa, remarcando sus limitaciones, aquello que establece la normativa actual sobre la resistencia a la intemperie de los geotextiles y productos relacionados. Además se propone un modelo de extrapolación de resultados con el objetivo de proporcionar una orientación, más allá de la normativa vigente, de la resistencia a la intemperie de los geocompuestos de drenaje.

1 INTRODUCTION

La exposición prolongada a la intemperie de los productos derivados del petróleo tiene un efecto de reducción de su vida útil, provocando una variación en sus propiedades mecánicas y en su color.

La zona expuesta al sol de un geocompuesto de drenaje es su geotextil superior, cuya materia prima es, de manera habitual, polipropileno (PP) a la que se le pueden añadir aditivos especiales para mejorar sus características frente a la radiación ultravioleta (UV).

Generalmente queda especificado en las fichas técnicas de cada producto y en sus correspondientes manuales de instalación que, en caso de no añadir aditivos UV, todo geotextil debe ser cubierto antes de 2 semanas después de su instalación.

Los factores que afectan a la degradación de un geotextil a la intemperie son diversos, como por ejemplo: la temperatura, la humedad y la radiación solar. Todos estos factores dependen, no sólo de la orientación y la ubicación de la obra donde se instalará el geocompuesto de drenaje, sino que sufren variaciones constantes a lo largo del día, de las distintas estaciones del año e incluso sufren variaciones según el año. Por tanto, la durabilidad de cualquier elemento dependerá sobretodo del lugar dónde se instalará y de sus condiciones de exposición reales.

Debido a variabilidad de las diferentes condiciones que hemos mencionado, a día de hoy no existe ningún ensayo fiable para determinar la durabilidad de un material expuesto a las acciones climáticas de forma prolongada. Por ello, es habitual establecer su

durabilidad mediante la experiencia o mediante la utilización de ensayos para la determinación de la resistencia a la intemperie.

Los ejemplos más utilizados en el campo de los geosintéticos y más claros de estos ensayos los encontramos en la Norma Europea UNE-EN 12224:2001 y en la Norma Americana ASTM D G154:2006. El objetivo del ensayo detallado en la Norma es, exclusivamente, el de determinar las pérdidas de las características mecánicas y las variaciones en el aspecto de una muestra sometida a una exposición controlada de radiación mediante una lámpara UV.

Por tanto, cabe destacar que el objetivo del ensayo no es, en ningún caso, el de garantizar el periodo de tiempo máximo (en meses o años) que un geotextil puede estar expuesto al sol. Además, este ensayo se realiza sin tener en cuenta factores tan importantes como:

- Ubicación de la obra dónde se instalará el material, ya que los efectos climáticos no serán los mismos en un desierto cercano al ecuador que en un país nórdico europeo.
- Orientación dentro de la obra, la exposición solar no será la misma en una superficie horizontal que en un talud con orientación norte o con orientación sur (Figura 1).
- Longitudes de onda distintas a la UV que también pueden degradar el geotextil, aunque en menor medida
- Temperatura
- Humedad



Figura 1 Ejemplo de obra con diferente exposición solar en función de la orientación del talud.

De hecho, según Grossman, al realizar el ensayo, tan solo variando la temperatura, la humedad o la longitud de onda de la lámpara UV los resultados pueden sufrir variaciones superiores al 500% (Grossman, 1993).

Es habitual encontrar una contradicción en el mercado, entre los resultados que se pueden obtener y demostrar mediante ensayos, con la solicitud de proporcionar garantías sobre la durabilidad a la intemperie de los geocompuestos indicando los tiempos máximos de exposición.

En el presente artículo se revisa, remarcando sus limitaciones, aquello que establece la normativa actual sobre la resistencia a la intemperie de los geotextiles y productos relacionados. Además se propone un modelo de extrapolación de resultados con el objetivo de proporcionar una orientación, más allá de la normativa vigente, de la resistencia a la intemperie de los geocompuestos de drenaje con aditivos anti-UV.

Es importante remarcar que los únicos valores que un fabricante puede garantizar son los resultados de ensayos realizados bajo una Norma estandarizada, cuyos valores son demostrables, repetibles y que se apoyan en la legislación y normativa vigente.

Las extrapolaciones y cálculos de tiempos máximos de exposición están basadas en la experiencia y conocimientos actuales de cada fabricante. Por tanto, deben considerarse como meramente informativos y no es recomendable utilizarlos a modo de garantía.

2 NORMATIVA ACTUAL. DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA INTEMPERIE

A día de hoy, la única referencia normativa para geotextiles sobre los tiempos máximos de exposición

la encontramos en el Anexo B de la Norma UNE-EN 13265:2001 dónde se especifica que, a menos que los materiales sean recubiertos el día de la instalación, todos los geotextiles y productos relacionados deben someterse a un ensayo acelerado de la resistencia a la intemperie de acuerdo con la Norma UNE-EN 12224:2001. Además proporciona la siguiente tabla de tiempos máximos de exposición según los resultados que se obtengan a partir de dicho ensayo (Tabla 1).

Aplicación	Resistencia residual	Tiempo máximo de exposición después de la instalación
Refuerzo u otras aplicaciones en las que una resistencia a largo plazo es un parámetro significativo	> 80%	1 mes ^a
	60% a 80%	2 semanas
	< 60%	1 día
Otras aplicaciones	> 80%	1 mes ^a
	60% a 80%	2 semanas
	< 60%	1 día

^a En función de la estación y de la situación geográfica en Europa, puede ser aceptable una exposición hasta de 4 meses

Tabla 1. Tiempos máximos de exposición según UNE-EN 13265:2001

En cuanto a estos criterios establecidos por la norma cabe destacar:

- No queda establecido ningún modelo de extrapolación de resultados para poder calcular otros tiempos máximos de exposición según los ensayos realizados por cada fabricante.
- No queda recogida la posibilidad de garantizar períodos de exposición superiores a 4 meses. Este es un factor importante a nivel de certificaciones de producto, ya que el marcado CE de un geosintético debe cumplir con la normativa vigente.
- La franja de exposición entre 1 y 4 meses queda muy poco delimitada sin ningún criterio claro para decidir en qué situaciones debe aplicarse uno u otro valor.

A pesar de esta realidad normativa, es importante que se continúen desarrollando nuevos productos y modelos de cálculo para poder proporcionar mayor y mejor información sobre las propiedades de los geocompuestos de drenaje.

Para poder desarrollar productos resistentes a la luz UV deben realizarse ensayos según la Norma UNE-EN 12224:2001 con el fin de determinar tanto las materias primas como la cantidad y tipología de aditivos anti-UV que proporcionen las mejores características de durabilidad.

A continuación (Tabla 2) se reproducen parcialmente los resultados de uno de los ensayos realizados en 2013 en un laboratorio externo acreditado para mantener la imparcialidad del estudio sobre un geotextil de PP con aditivo anti-UV.

Como se puede ver en la Tabla 2, las propiedades mecánicas del geotextil a la intemperie no son cons-

tantes, sino que varían en función de las horas de exposición. Por ello debemos establecer, en primer lugar, la resistencia a la tracción residual mínima que aceptamos como válida para considerar un geotextil como adecuado para ser expuesto al sol. Dado que no existen referencias claras al respecto en la literatura técnica, consideraremos en este artículo como aceptables resistencias a la tracción residuales superiores al 50%. Este valor se adopta por ser un valor ya utilizado para los geotextiles de PP cuando se someten al ensayo de resistencia a la oxidación de acuerdo con las normas ENV ISO 13438 y UNE-EN 13265:2001.

Duración del ensayo	Resistencia a la tracción residual longitudinal	Resultados del examen visual de probeta de control
430 horas	91,38 %	Las probetas de control no han sufrido cambios en el aspecto
1.500 horas	56,27 %	Las probetas de control no han sufrido cambios en el aspecto
3.000 horas	12,16 %	Las probetas de control no han sufrido cambios en el aspecto

Tabla 2. Resultados ensayo EN-UNE 12224:2001

3 EXTRAPOLACIÓN DE RESULTADOS SEGÚN ENSAYO EN-UNE 12224:2000

Tal como se ha indicado anteriormente, no existe ningún modelo estandarizado para calcular o prever el tiempo máximo de exposición de un material a partir de los datos obtenidos por la norma EN-UNE 12224:2001. Por consiguiente, todo cálculo debería ser considerado como orientativo y no se recomienda adoptar como garantía los modelos propios de cada fabricante basados en la experiencia y conocimientos actuales.

Para poder realizar una extrapolación se necesita conocer:

- Resultados del ensayo EN-UNE 12224:2001 (Tabla 2)
- Radiación UV total que proporciona la lámpara UV del ensayo EN-UNE 12224:2001 a la muestra ensayada (sección 3.1)
- Radiación total que recibirá el material en la obra donde se instalará (sección 3.2)
- Radiación UV que recibirá el material en la obra donde se instalará (sección 3.3)

Una vez dispongamos de estos valores podremos realizar nuestra extrapolación.

Detallamos a continuación la obtención de cada uno de estos valores.

3.1 Radiación UV total que proporciona la lámpara UV del ensayo EN-UNE 12224:2001 a la muestra ensayada

La norma establece un procedimiento de ensayo en el que especifica que deben utilizarse lámparas fluorescentes de tipo I con una longitud de onda de 340 nm (UNE-EN ISO 4892-3:2006) siguiendo ciclos de 430 horas cuando las lámparas permanecen apagadas mediante el periodo de pulverización. Cada ciclo aporta una energía de 50 MJ/m².

3.2 Mapa de radiación global

Se puede determinar la radiación solar total que podemos encontrar, de media, en cada región a partir de un mapa de radiación global (Figura 2) o específico para cada país. Es importante recordar que estos valores son orientativos, ya que pueden variar sustancialmente según el año.

Los valores de radiación solar suelen proporcionarse en unidades de energía por unidad de superficie. En concreto, la unidad más frecuente es el kilo Langley por año (kLy/año). Las conversiones más habituales en otras unidades son:

- 1 kLy = 4.187,5 J/cm² = 41,875 MJ/m²
- 1 kLy = 1,1632 W·h/cm²

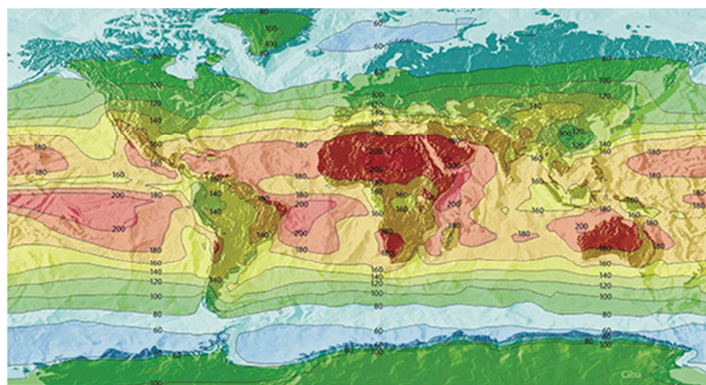


Figura 2 Mapa global de radiación solar en kLy/año

Como puede apreciarse en la figura 2, los valores de radiación solar muestran grandes variaciones según la región, pudiendo adoptar valores medios entre 60 y 200 kLy/año. Por tanto, el mismo geotextil puede tener una gran durabilidad instalado en zonas de poca exposición pero reducirla cuando se instale en zonas de mayor radiación solar.

3.3 La radiación solar. Proporción UV

Las ondas electromagnéticas que forman la luz pueden clasificarse en función de su longitud de onda. Las longitudes de onda que constituyen la luz ultravioleta (Figura 3) son las que más afectan a la degradación de los geotextiles.

Según el Ministerio de Medio Ambiente del Gobierno de España, la proporción de la radiación solar en las distintas regiones del espectro es aproxima-

damente: ultravioleta (7%), luz visible (43%), infrarrojo (49%), el resto (1%).

Con estos porcentajes podemos calcular la proporción UV correspondiente para los distintos valores de radiación solar global mostrados en la Figura 2 (Tabla 3).

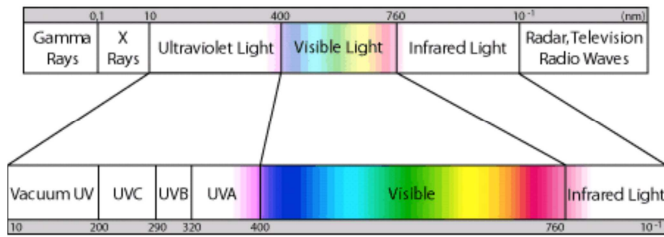


Figura 3. Descomposición del espectro solar

Radiación solar total (kLy/año)	Radiación UV (kLy/año)	Radiación solar total (kLy/año)	Radiación UV (kLy/año)
60	4,2	140	9,8
70	4,9	150	10,5
80	5,6	160	11,2
90	6,3	170	11,9
100	7,0	180	12,6
110	7,7	190	13,3
120	8,4	200	14,0
130	9,1		

Tabla 3. Radiación UV en kLy/año según las zonas de radiación solar global establecidas en la Figura 2

3.4 Extrapolación de resultados EN-UNE 12224:2001

Tal como se ha explicado en el apartado 3.1 de este documento, cada ciclo de 430 horas de ensayo corresponde a una radiación UV de 50 MJ/m², que equivale, según las conversiones expuestas en el apartado 3.2 a 1,194 kLy.

Radiación solar total (kLy/año)	Radiación UV (kLy/año)	Radiación total proporcionada mediante ensayo (kLy)	Estimación de durabilidad a la intemperie (años)	Estimación de durabilidad a la intemperie (meses)
60	4,2	4,2	1,00	12,0
70	4,9	4,2	0,85	10,2
80	5,6	4,2	0,74	8,9
90	6,3	4,2	0,66	7,9
100	7,0	4,2	0,60	7,1
110	7,7	4,2	0,54	6,5
120	8,4	4,2	0,50	6,0
130	9,1	4,2	0,46	5,5
140	9,8	4,2	0,43	5,1
150	10,5	4,2	0,40	4,8
160	11,2	4,2	0,37	4,5
170	11,9	4,2	0,35	4,2
180	12,6	4,2	0,33	4,0
190	13,3	4,2	0,31	3,8
200	14,0	4,2	0,30	3,6

Tabla 4. Estimación de durabilidad a la intemperie según extrapolación de datos de 1.500 horas de ensayo bajo norma UNE-EN 12224:2001.

Con toda esta información y suponiendo que aceptamos una resistencia a tracción residual mínima del 50%, podemos calcular la exposición UV total que el geotextil ha soportado durante las 1.500 horas de ensayo y extrapolar esta energía a tiempo tal como se muestra en la Tabla 4.

4 CONCLUSIONES

A día de hoy no existe ningún ensayo 100% fiable para determinar la durabilidad de un material expuesto a las acciones climáticas de forma prolongada debido a la gran variabilidad de las mismas. Por ello, es habitual establecer su durabilidad mediante la experiencia o mediante la utilización de diversas metodologías de ensayo para la determinación de la resistencia a la intemperie.

El ejemplo más utilizado en el campo de los geosintéticos y más claro de estos ensayos lo encontramos en la Norma UNE-EN 12224:2001. Es habitual encontrar una contradicción en el mercado, entre los resultados que se pueden obtener y demostrar mediante ensayos, con la solicitud de proporcionar garantías sobre la durabilidad a la intemperie de los geocompuestos indicando los tiempos máximos de exposición.

La Norma UNE-EN 13265:2001 sólo contempla la posibilidad de garantizar tiempos máximos de exposición de los geotextiles y productos relacionados de entre 1 y 4 meses. Esto afecta directamente a los valores que se pueden incluir al marcado CE de los productos. Además, el criterio utilizado para definir estos valores y para la elección de valores intermedios no queda definido.

Después de realizar diversos ensayos según la Norma UNE-EN 12224:2001 se propone un modelo para obtener una extrapolación orientativa de la resistencia a la intemperie de los geocompuestos de drenaje que contengan aditivos anti-UV.

Los resultados de estas extrapolaciones pueden verse en la tabla 4 del presente documento. Tal y como se puede comprobar, incluso dentro de una misma obra, en función de la orientación la durabilidad del producto podría variar entre 3,6 y 12 meses.

Según Grossman, al realizar un ensayo de resistencia a la intemperie de un producto geosintético, tan solo variando la temperatura, la humedad o la longitud de onda de la lámpara UV los resultados pueden sufrir variaciones superiores al 500% (Grossman, 1993).

REFERENCIAS

- Grossman, D.M., 1993 "Errors Caused by Using Joules to Time Laboratory and Outdoor Exposure Tests", Accelerated and Outdoor Durability Testing of Organic Materials, ASTM STP 1202, Warren D. Ketola, and Douglas Grossman, Eds., American Society for Testing and Materials, Philadelphia, 1993.
- Grossman, D.M., "Correlation Questions & Answers A discussion of the most frequently asked questions about accelerated weathering". Q-Lab technical bulletin LU-0833.
- UNE-EN 12224:2001. Geotextiles y productos relacionados. Determinación de la resistencia al envejecimiento a la intemperie.
- UNE-EN 13265:2001. Geotextiles y productos relacionados. Requisitos para su uso en proyectos de contenedores de residuos líquidos.
- UNE-EN ISO 4892-3:2006. Plásticos. Métodos de exposición a fuentes luminosas de laboratorio. Parte 3: Lámparas UV fluorescentes.
- ENV ISO 13438:2005. Geotextiles y productos relacionados. Método de determinación de la resistencia a la oxidación
- ASTM D G154:2006. Standard practice for operating fluorescent light apparatus for UV exposure of non-metallic materials.
- ASTM D G151:2010. Standard practice for exposing nonmetallic materials in accelerated test devices that use laboratory light sources
- Web de la Agencia Estatal de Meteorología (AEMet) del Ministerio de Medio Ambiente del Gobierno de España: http://www.aemet.es/documentos/es/eltiempo/observacion/radiacion/Radiacion_Solar.pdf