

Las cámaras de prueba de condensación/UV de irradiación alta permiten obtener resultados más rápidos de los ensayos de envejecimiento artificial acelerado

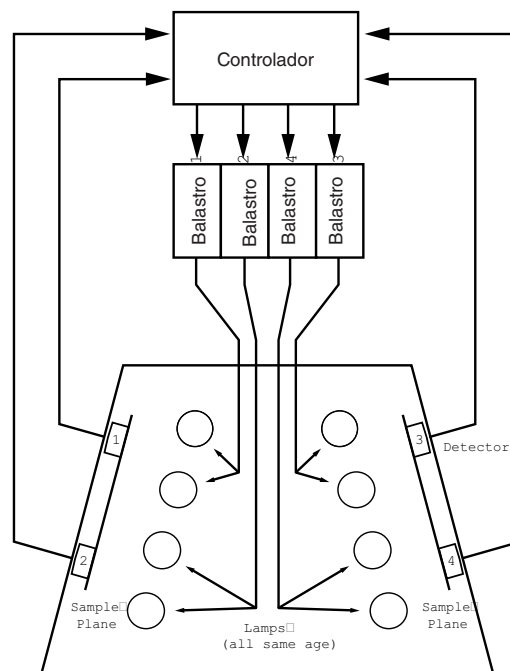
Introducción y Antecedentes

La resistencia al deterioro a la intemperie es una calidad necesaria de los recubrimientos utilizados al aire libre. Debido a que las exposiciones a la intemperie ocupan mucho tiempo, en la industria se utilizan en forma extensiva los ensayos acelerados en laboratorio. Una de las cámaras de prueba de envejecimiento artificial en laboratorio más populares es la cámara de UV/condensación G53 ASTM, conocida también como QUV. En la QUV, las muestras son expuestas repetitivamente a ciclos alternados de luz ultra-violeta y humedad de condensación a temperaturas controladas. Previamente, las condiciones de exposición podían variarse solamente mediante la selección de la lámpara UV fluorescente, el tiempo de las exposiciones a UV y condensación y las temperaturas de las exposiciones. En este estudio se examina un modelo mejorado de la cámara de prueba de envejecimiento artificial QUV para el control preciso del rendimiento lumínico y la irradiación más alta. Se presentan los datos sobre el efecto de la aceleración de la irradiación más alta sobre los varios polímeros comunes.

Sistema de Control de la Irradiación

El sistema de control de la irradiación, comercializado bajo el nombre de "Solar Eye", consiste en una unidad de control programable que monitorea continuamente la intensidad UV por medio de cuatro sensores montados en el plano de muestra del ensayo. Un sistema de circuito de realimentación de cuatro canales mantiene el nivel de irradiación programado, ajustando la potencia de las lámparas UV. El nivel de irradiación puede ajustarse variando las intensidades para las distintas aplicaciones. La figura 1 muestra un diagrama esquemático simplificado de cómo funciona el sistema de control de irradiación.

Figura 1



Cada sensor monitorea la intensidad de dos lámparas. Cada sensor es individualmente calibrado por el operador periódicamente. La calibración puede encontrarse en el Instituto Nacional de Normas y Tecnología (NIST) de EE.UU. para cumplimiento de la certificación ISO 9000.

Los datos presentados previamente² han mostrado que el sistema de control Solar Eye elimina considerablemente las variaciones en la intensidad de la UV, reduciendo así enormemente las variaciones en los resultados de las pruebas.

1. ASTM G53, Standard Practice for Operating Light and Water Exposure Apparatus (Fluorescent UV-Condensation Type) for Exposure of Nonmetallic Materials, Annual Book of ASTM Standards, Vol. 04.07, American Society for Testing and Materials, Philadelphia, 1992.
2. Fedor, G. R., Brennan, P. J., "Irradiance Control In Fluorescent UV Exposure Testers," 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.

Irradiación alta para Resultados más Rápidos

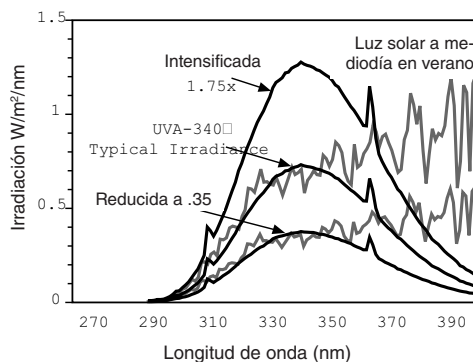
El sistema de control de irradiación automático programable le permite al operador elegir un nivel de irradiación más alto de lo normal para las pruebas de exposición a UV. Para muchos materiales, esto resulta en una degradación más rápida y, por lo tanto, tiempos de prueba más cortos.

Se reconoce generalmente que la lámpara UVA-340 es una simulación más realista de la luz solar que la lámpara UVB-313. Desde su introducción, la mayoría de las industrias plásticas han cambiado a la UVA-340 porque da resultados más realistas. Sin embargo, a pesar de sus limitaciones, un gran número de investigadores de recubrimientos siguen usando las lámparas UV-B porque dan resultados más rápidos. El controlador programable, la UVA-340 ahora puede funcionar a niveles de irradiación más altos para acelerar los resultados de las pruebas. En la figura 2 se muestran las lámparas UVA-340 a diversos niveles de irradiación, comparadas con la luz solar.

El aumento máximo recomendado sobre la irradiación G53 típica, es 75%. Aunque las lámparas son capaces de niveles de intensidad más altos a potencia máxima, no se recomienda hacer las pruebas a niveles más altos de 1.75~ normales. Debe haber un poco de potencia sobrante disponible para mantener el valor prefijado deseado y tener en cuenta cosas como el envejecimiento de las lámparas y otros factores que reducen el potencial máximo de irradiación. Debe hacerse notar que las lámparas que funcionan a una irradiación más alta de lo normal tendrán una vida útil proporcionalmente más corta

Figura 2

UVA-340 a distintas intensidades



Resultados de la Exposición para Diversos Polímeros

Para determinar el efecto del incremento de la irradiación sobre la velocidad de degradación, una serie de 15 diferentes recubrimientos y plásticos fueron expuestos en una cámara de prueba QUV con control automático de la irradiación "solar eye" (QUV/SE) a niveles normales y altos de irradiación.

Las condiciones de exposición fueron: lámparas UVA-340, luz únicamente (100% UV, no humedad, no oscuridad), 50°C. Los niveles de irradiación fueron 0.83 y 1.35 W/m²/nm @ 340nm. Los resultados se muestran en las figuras 3 a 17.

Para 9 de los 15 materiales sometidos a pruebas, el aumento de irradiación provocó un aumento en la velocidad de degradación. Aunque la irradiación fue incrementada en un 60%, el incremento en la velocidad de degradación no fue el mismo para todos los materiales.

Es importante mencionar que todas estas exposiciones no incluyeron ni humedad ni oscuridad. Por lo tanto, los efectos degradantes tanto de la humedad como de la oscuridad no fueron evaluados.

Figura 3

Amarilleo del acrílico

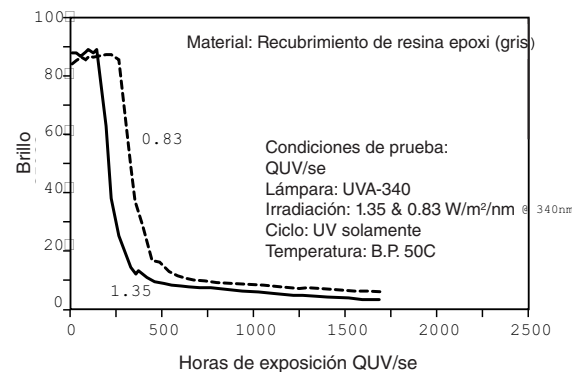


Figura 4

Amarilleo del acrílico

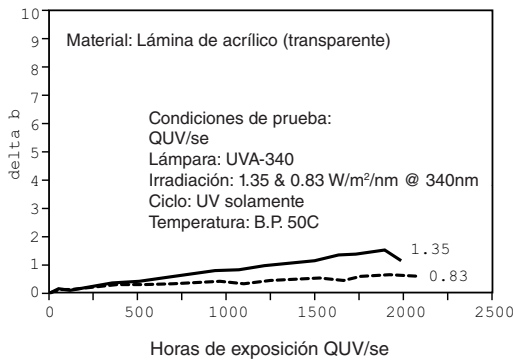


Figura 8

Amarillamiento del acrílico

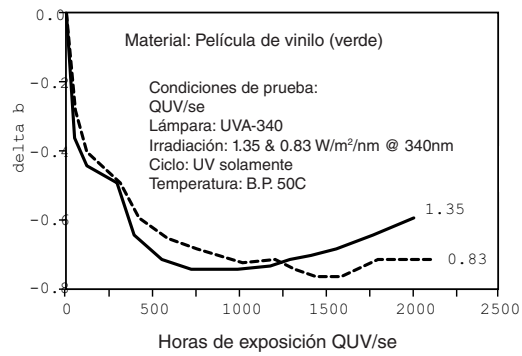


Figura 5

Amarillamiento del poliestireno

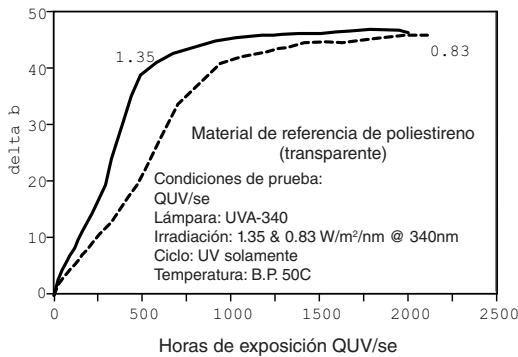


Figura 9

Amarillamiento del acrílico

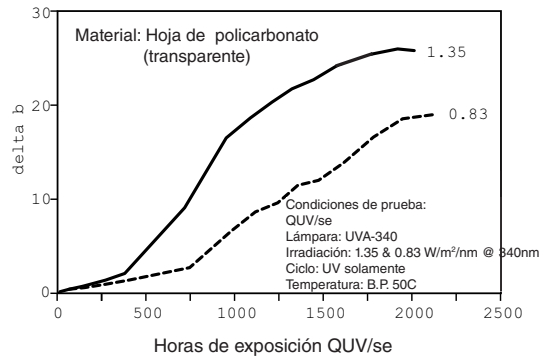


Figura 6

Amarillamiento del vinilo

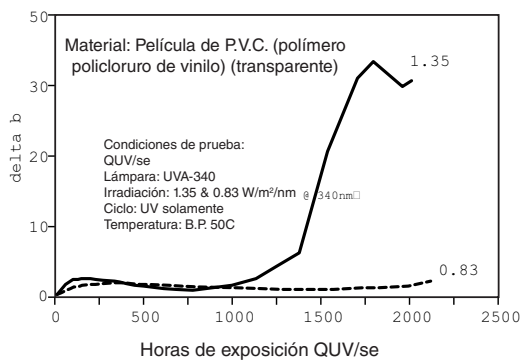


Figura 10

Amarillamiento del policarbonato

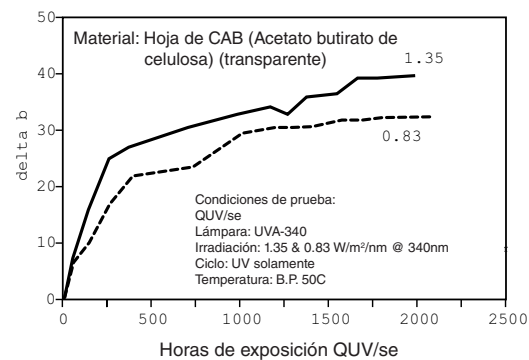


Figura 7

Pérdida de brillo del vinilo

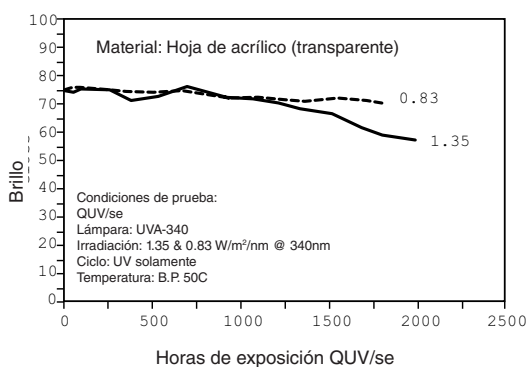


Figura 11

Poliéster

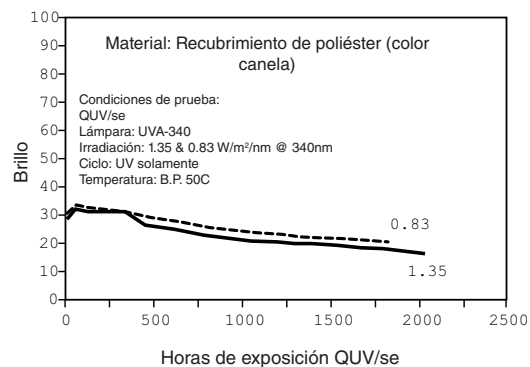


Figura 12

Pérdida de brillo uretano

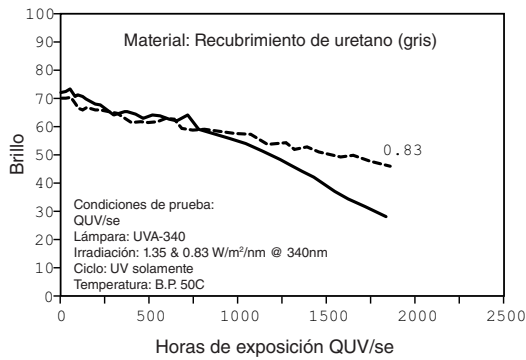


Figura 13

Amarillamiento

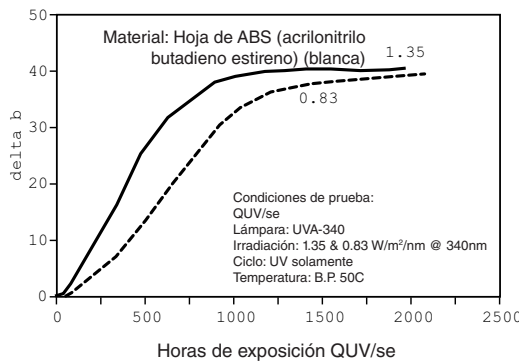


Figura 14

Amarillamiento del poliestireno

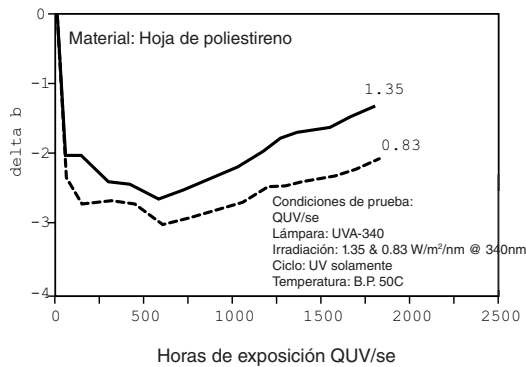


Figura 15

Amarillamiento del nailon

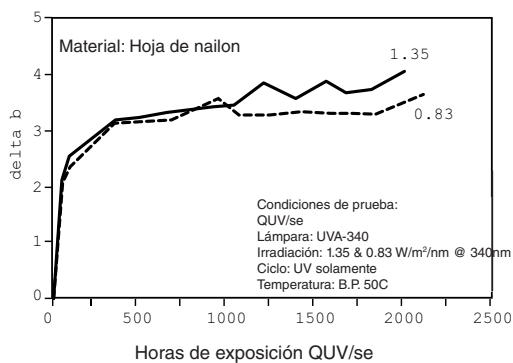


Figura 16

Amarillamiento del polipropileno

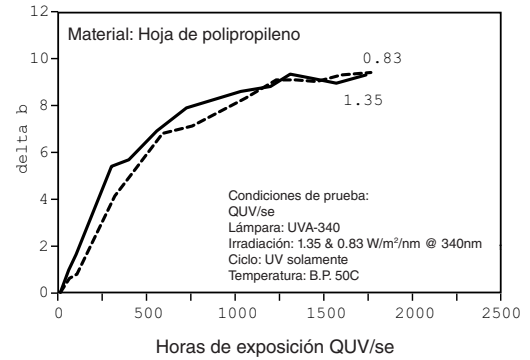
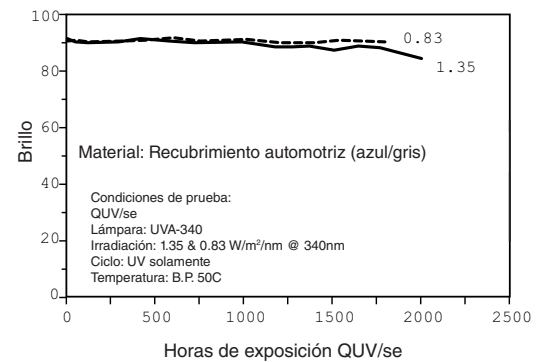


Figura 17

Pérdida de brillo de pintura automotriz



Efecto de la Humedad

Para los materiales que son sensibles a la humedad, puede haber una aceleración adicional cuando se añade humedad al ciclo de UV. Aun más, algunos materiales pueden responder de una manera completamente diferente en presencia de humedad. Para probar esto, los materiales fueron expuestos a 4 condiciones distintas:

- Ciclo 100% UV (a 50°C)
- Ciclo UV + humedad (4 horas UV a 50°C, alternando con 4 horas de condensación a 50°C)
- Ciclo UV + oscuridad/seco (4 horas UV a 50°C, alternando con 4 horas de oscuridad a 50°C)
- Ciclo humedad + oscuridad/seco (4 horas de oscuridad y seco a 50°C, alternando con 4 horas de condensación a 50°C)

En la película azul, el ciclo UV+humedad degradó el material más rápidamente. Aunque el ciclo 100% UV expuso el material al doble de la dosis de UV, los resultados no fueron tan severos.

Figura 18

Vinyl Gloss Loss

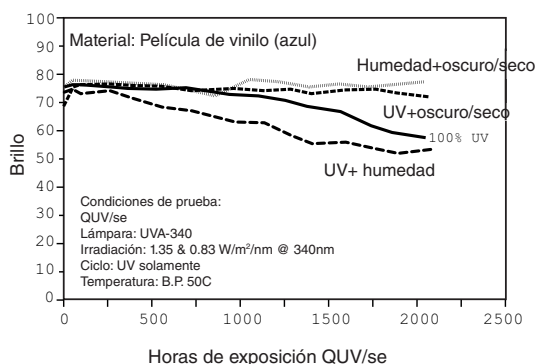


Figura 19

Pérdida de brillo uretano

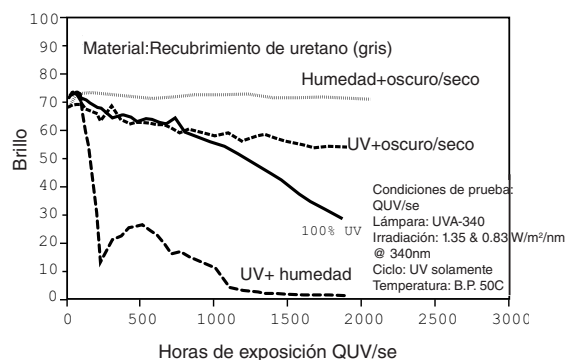
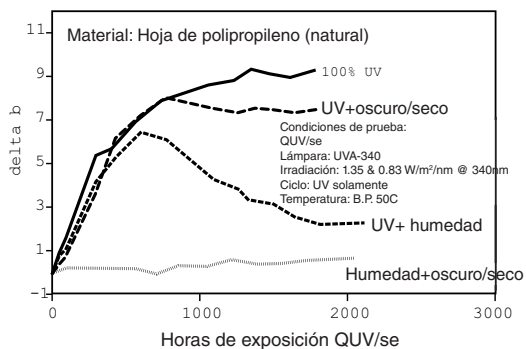


Figura 20

Pérdida de brillo del polipropileno



El efecto de la humedad es aún más dramático sobre el uretano. De nuevo, aunque el ciclo UV+humedad expuso al material a únicamente la mitad de la dosis de UV en el ciclo de 100% UV, la velocidad de la degradación fue más rápida.

En ocasiones, la presencia de humedad afecta tanto la velocidad como el tipo de degradación. Lo anterior se ilustra en la figura 20. En ese caso, el Ciclo UV+humedad produjo un resultado muy diferente al de aquellos ciclos que omiten la humedad.

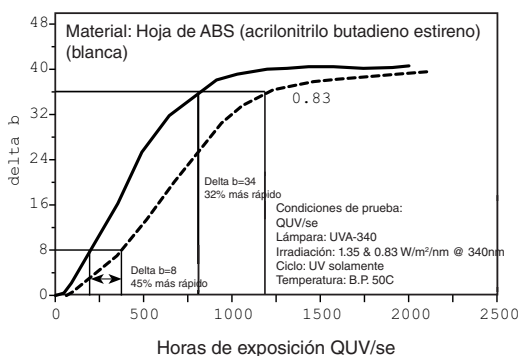
Duración de la exposición y medición de los intervalos

Como regla general, la exposición se debe llevar a cabo hasta que el material se haya averiado completamente. Ésto se debe a que la diferencia percibida entre la velocidad de degradación de dos exposiciones puede variar dependiendo de cómo los datos hayan sido analizados.

La figura 21 muestra cómo el realizar una prueba de exposición a un nivel predeterminado de degradación (en este caso amarillamiento) puede provocar confusión. Si la exposición ha terminado después de que un delta 8 fue alcanzado, la exposición de irradiación más alta parecerá ser 48% más rápida. Si la exposición fue terminada en un delta b de 34, la prueba de irradiación más alta parecerá ser sólo 32% más rápida. Sólo el realizar la prueba hasta que el material se haya averiado totalmente puede mostrar la verdadera relación entre las dos exposiciones.

Figura 21

Comparación en diferentes niveles de amarillamiento



La figura 22 presenta los mismos datos usados en la figura anterior no obstante en este caso las exposiciones fueron analizadas después de un número predeterminado de horas. Si las dos exposiciones son comparadas a las 500 horas la diferencia parece ser de un 100%. Si son comparadas a las 1000 horas, la diferencia es de 22%.

Tabla 1

Materiales de muestra

Material	Polímero	Descripción	Color	Grosor/espesor
1	Vinilo	Película	Transparente	0.006
2	Vinilo	Película brillante	Azul	0.003
3	Poliestireno	Placa de material	Transparente	0.110
4	Vinilo	Película	Verde	0.004
5	Resina epoxi	Recubrimiento para bobinas	Gris	
6	Uretano	Recubrimiento para bobinas	Gris	
7	Pintura automotriz	Pintura automotriz	Azul	
8	Poliéster	Recubrimiento para bobinas	Color canela	
9	Acrílico	Hoja	Transparente	1/8"
10	Polycarbonato	Hoja	Transparente	1/8"
11	Polietileno	Hoja	Blanco	1/8"
12	ABS (acrilonitrilo butadieno estireno)	Hoja	Blanco	1/8"
13	CAB (Acetato butirato de celulosa)	Hoja	Transparente	1/8"
14	Polipropileno	Hoja	natural	3/16"
15	Nailon	Hoja	natural	3/16"

Un ejemplo aun más impresionante de esto se muestra en la figura 23. Después de 1000 horas de exposición, no hay ninguna diferencia en los resultados de la misma. Sin embargo, a las 1500 horas, hay una diferencia de 18 a 1. Debido a que el ensayo de irradiación más baja fue terminado antes de que la muestra alcanzara a fallar, no hay manera de saber la relación real entre las dos exposiciones.

Estos ejemplos también ilustran por qué la degradación debe medirse en intervalos regulares durante una exposición, en vez de al final del tiempo prefijado.

Figura 22

Comparación en varios tiempos de exposición

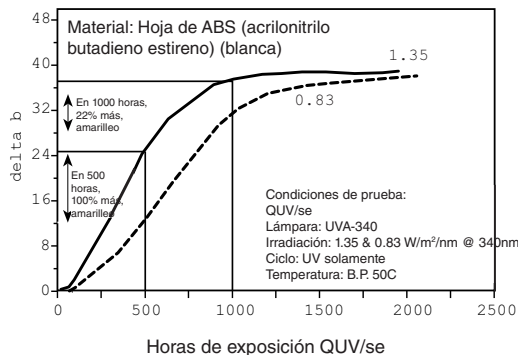
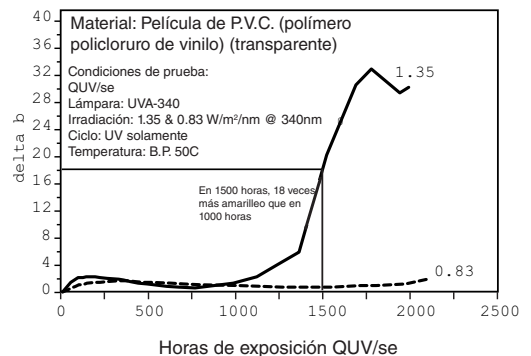


Figura 23

Comparación en intervalos de tiempo variados



Resumen y Conclusiones

Actualmente existe gran interés en la utilización de exposiciones de alta irradiación como un método de acelerar los ensayos de envejecimiento artificial en laboratorio. Una manera de lograr irradiación más alta es con el sistema de control de irradiación automático programable, disponible ahora para utilizarse en las cámaras de prueba de envejecimiento artificial QUV/SE. Este sistema fue diseñado para mantener un nivel de intensidad de UV preciso durante todo el ensayo de exposición.

Con este sistema, el operador puede elegir entre varios niveles de irradiación, hasta un 75% mayor que los de un dispositivo QUV estándar.

Los datos de envejecimiento artificial acelerado de varios materiales indican que para algunos de ellos, la exposición a altos niveles de intensidad de luz en QUV/SE causan una degradación más rápida. Para esos materiales, el número de pruebas puede ser reducido mediante la utilización de exposiciones a la radiación más altas.

Sin embargo, para otros materiales, la humedad o la temperatura pueden llegar a jugar un papel crítico en la degradación. Durante el ciclo de pruebas, la humedad incrementó la velocidad del amarillamiento o de la pérdida de brillo en 5 de los 15 materiales examinados, comparados con exposiciones de UV únicamente. Además, la experiencia indica que la irradiación, la humedad, el periodo de oscuridad y la temperatura tienen frecuentemente un efecto sinérgico.

El uso de alta irradiación con la finalidad de reducir el número de ensayos es una técnica prometedora en los campos de control de la calidad y desarrollo de productos. No obstante, podría llegar a tener un efecto detrimental en la correlación entre los resultados de laboratorio y los resultados obtenidos a la intemperie.

Reconocimiento

Los autores reconocen el apoyo de Sandra Kalmbach en el proceso de organización y de recopilación de datos.



The Most Trusted
Name in Weathering

Q-Lab Corporation

Q-Lab Headquarters & Instrument Division

800 Canterbury Road
Westlake, OH 44145
USA

Tel. +1 440-835-8700
Fax: +1 440-835-8738
info@q-lab.com

Q-Lab Europe, Ltd.

Bolton, England
Tel: +44 (0) 1204 861616
info.eu@q-lab.com

Q-Lab Germany

Saarbrücken, Deutschland
Tel: +49-681-85747-0
vertrieb@q-lab.com

Q-Lab China

中国上海
电话: +86-21-5879-7970
info.cn@q-lab.com

Weathering Research Service

Q-Lab Florida

Tel: +1-305-245-5600
q-lab@q-lab.com

Q-Lab Arizona

Tel: +1-623-386-5140
q-lab@q-lab.com

www.q-lab.com