

DETERMINACIÓN A TRAVÉS DE PRUEBAS ACELERADAS, DE LA VIDA ÚTIL DEL ACABADO PARA EXTERIORES EN MADERA DE ENCINO Y PINO

R. Flores-Velázquez¹; A. Borja-de la Rosa²; F. Zamudio-Sánchez²; M. Fuentes-Salinas²; E. González-Estrada²

¹Campo Experimental San Martinito (INIFAP) Km. 56.5 Carr. Fed. México-Puebla, San Martinito Tlahuapan Pue., Puebla
Tel. (01-248) 483-04-25 y 483-04-24. Fax. E-mail: cesmar @compu.redes.net.mx.

²División de Ciencias Forestales. (UACH) Km. 38.5 Carr. México-Textcoco. Chapingo, Estado de México, México.
C.P. 56230. Tel. (01-595) 952-15-00 Ext. 5281. E-mail: aborja@taurus1.chapingo.mx.

RESUMEN

La madera usada en exteriores requiere de productos que la protejan de la acción de los agentes de intemperismo y en algunos casos mejoren su apariencia. En los acabados que forman película se producen fallas de cohesión entre la madera y la película, terminando con un blanqueo y desprendimiento de ésta por la interacción de la radiación solar y la humedad. En este trabajo se probaron dos barnices poliuretanos de marca comercial para exteriores uno base agua y otro base solvente, aplicados sobre madera de encino y pino, utilizando la rueda de intemperismo acelerado (CTBA de Francia). De acuerdo con el fabricante de los barnices, cuando se alcanza un 10 % de falla en apariencia se requiere dar un rebarnizado. Los datos obtenidos se ajustaron con el modelo no lineal de distribución acumulativa de Weibull, para estimar el tiempo en el cual se alcanza el 10 % de falla ya mencionado. Tomando en cuenta que 2.25 horas de intemperismo acelerado en la rueda equivalen a un día de intemperismo natural bajo condiciones drásticas, se estimaron los tiempos a los cuales se debe aplicar un rebarnizado, siendo de 15.76 días para pino y de 76.21 días para encino cuando se barnizó con Hydroform®, mientras que con el barniz 11000® éste fue de 544.26 días para pino y de 381.15 días para encino.

PALABRAS CLAVE: barniz, película, lixiviación, intemperismo acelerado, rebarnizado.

ACCELERATED TEST OF THE USEFUL LIFE OF EXTERIOR WOOD FINISHING ON OAK AND PINE

SUMMARY

Wood used on exteriors requires products to protect it from weathering and, in some cases, to improve its appearance. In film-forming finishes, cohesion failures occur between the wood and the film because of solar radiation and humidity, resulting in whitening and peeling. In this study, two commercial polyurethane varnishes for exteriors were tested. One was water based (Hydroform®) and the other was solvent based (11000®). The varnishes were applied on oak and pine and then subjected to accelerated weathering (CTBA of France). According to the manufacturers, when a 10 % failure of the appearance is reached, re-varnishing is recommended. The obtained data were fit to a Weibull accumulative distribution to estimate the time at which this failure occurs. Considering that 2.25 hours of accelerated weathering is equivalent to a day of natural weathering under drastic conditions, the estimated time to the recommended re-varnishing was 15.76 days for pine and 76.21 days for oak when varnished with Hydroform®, while with 11000® time to re-varnishing was 544.26 days for pine and 381.15 days for oak.

KEY WORDS: varnish, film, lixiviation, accelerated weathering, revarnishing.

INTRODUCCIÓN

Las características naturales y de elaboración de la madera tienen una influencia muy importante sobre sus propiedades de acabado y durabilidad. Sin embargo, la mayoría de éstas cobran mayor importancia sólo cuando la madera natural o con algún tipo de acabado es expuesta a condiciones de intemperismo (Cassens y Feist, 1991).

La densidad es uno de los factores más importantes que afectan las características de acabado de la madera y el comportamiento del mismo, debido a que las maderas duras se contraen y se hinchan más que las maderas suaves por el grosor de su pared celular, particularmente en exteriores donde ganan o pierden humedad de acuerdo con los cambios de la humedad relativa y de humedecimientos periódicos causados por lluvia y rocío.

Los cambios dimensionales excesivos en la madera causan esfuerzos constantes en la película de acabado, lo cual origina una rápida falla de ésta, por rajaduras y formación de escamas (Feist, 1983; Feist, 1984; Feist, 1985; Sell y Feist, 1986a; Feist y Sell, 1987; FPL, 1987; Cassens y Feist, 1991; Williams *et al.*, 1996).

La cantidad de madera tardía en maderas suaves (coníferas) afecta la durabilidad de la pintura y está estrechamente relacionada con la densidad. En maderas barnizadas, la falla inicial ocurre en la madera temprana como un resultado de la degradación por la luz ultravioleta de la interface madera-barniz (Cassens y Feist, 1991; Williams *et al.*, 1996).

La manera en la cual una tabla es cortada en el aserrío, determina la orientación de los anillos de crecimiento y así su pintabilidad o características de acabado. La madera con corte tangencial se contrae y se hincha más que la madera de corte radial y también presenta bandas de madera tardía más anchas y más oscuras (Feist, 1984; Feist, 1985; FPL, 1987; Cassens y Feist, 1991; Williams *et al.*, 1996). El corte radial de la madera generalmente ayuda a mejorar la pintabilidad de ésta, comparativamente con el corte tangencial en maderas suaves. En maderas duras, la diferencia de pintabilidad entre los cortes es relativamente pequeña comparada con la que se da en las maderas suaves (FPL, 1987; Cassens y Feist, 1991; Williams *et al.*, 1996).

La presencia de nudos y otras irregularidades (tales como corteza, grietas, bolsas de resina y daños de insectos) afectan la pintabilidad de la madera. Los nudos normalmente son cortados transversalmente, por lo que absorben una mayor cantidad de producto de acabado que el corte tangencial o radial, esto afecta la apariencia de las capas de acabado. En los pinos los nudos casi siempre contienen un alto porcentaje de resina, lo cual puede causar que la pintura sobre los nudos se decolore y/o se adhiera pobremente. Además los nudos grandes frecuentemente se rajan y rompen, dando como resultado una grieta o defecto, empezando la falla del acabado por este punto. Por consiguiente, cuando se va a pintar una madera es conveniente que ésta, sea de la mejor calidad posible, es decir, libre de defectos, para lograr la mayor vida útil de servicio de la película (Hse y Kuo, 1988; Cassens y Feist, 1991; Williams *et al.*, 1996).

El contenido de humedad de la madera es un factor crítico en la determinación de la vida en servicio de un acabado. Los cambios en el contenido de humedad de la madera le ocasionan hinchamiento y contracción lo que le provoca esfuerzos en su superficie. La humedad en combinación con la luz solar ocasionan grietas y rajaduras macroscópicas y microscópicas intercelulares e intracelulares. Por las diferencias de hinchamiento y contracción que existen entre la madera temprana y la

madera tardía se puede presentar el grano levantado. El enlace de las paredes celulares cercanas a la superficie pierde resistencia; erosionándose con la acción continua del agua sobre la superficie ablandada (Feist, 1985; FPL, 1987; Cassens y Feist, 1991; Williams *et al.*, 1996).

Para que un acabado sea efectivo en la minimización de los cambios del contenido de humedad de la madera, debe ser aplicado en todas las caras de ésta, particularmente en los cabezales. El corte transversal de estos les permite absorber mucho más rápido la humedad que las otras caras, y los acabados generalmente fallan en esta área primero. Se requiere fortalecer el acabado (dar dos y preferentemente tres manos) porque si no se sellan los poros, éste no es efectivo (Cassens y Feist, 1991; Williams *et al.*, 1996).

La madera utilizada para exteriores requiere generalmente de productos que la protejan contra la acción de los agentes de intemperismo y en algunos casos mejoren su apariencia. La radiación solar y la humedad son los agentes de intemperismo más dañinos y tienden a operar a diferentes tiempos, pero sus efectos se combinan para degradarla. La radiación solar (rayos ultravioleta) es la que más afecta a la madera, provocando reacciones químicas de foto-oxidación en la superficie de ésta, atacando principalmente a la lignina (elemento cementante) e induciendo cambios en su composición química, así como decoloración y degradación de la madera, daño que se presenta en las capas superficiales de la pieza a profundidades de 0.05 a 5 mm. Si la madera tiene algún tipo de acabado de los que forman película (como son barnices y pinturas) se producen fallas de cohesión entre la madera y la película, terminando con un blanqueo y desprendimiento de ésta, por la acción de lixiviación que ejerce la lluvia (Shang *et al.*, 1982; Feist, 1983; Feist y Sell, 1987; Cassens y Feist, 1991; Williams *et al.*, 1996).

Mientras que en otros países los estudios de vida útil del acabado de maderas se realiza comúnmente a través de pruebas aceleradas en combinación con pruebas de campo, en México los trabajos que se han realizado sobre intemperismo de acabados de madera son realmente escasos y normalmente se han hecho *in situ* y las pruebas aceleradas apenas empiezan a ser utilizadas, por algunos fabricantes de pinturas y barnices para probar la durabilidad promedio de sus productos, pero con muy pocas bases técnicas que les permitan respaldar sus resultados.

Podgorski *et al.* (1996) determinaron en la madera de encino, lauan y moabi con un acabado a tres manos de tinta alquídica base solvente con una retención de 130 g·m⁻² peso seco y un grosor de película de 150 µm, que alrededor de 800 h de intemperismo natural, con las muestras a 1 m del suelo y con una inclinación de 45° orientadas hacia el sur, corresponden a 75 h de intemperismo artificial, utilizando la rueda de intemperismo desarrollada por el CTBA, donde un

ciclo de 1 h 30 min comprende: 12 min de inmersión en agua destilada, 27 min en condiciones ambientales (25 °C), 24 min bajo la acción de 6 lámparas de luz ultravioleta y 27 min en condiciones ambientales (25 °C). La evaluación la hicieron con base en la temperatura de transición vítrea de los polímeros que constituyen el acabado.

En los últimos años a nivel mundial se ha dado la tendencia por utilizar productos de acabado claros o transparentes (Sell y Feist, 1986b). Mientras que en México los barnices son los más comúnmente utilizados en el acabado de la madera, aun y cuando de los productos que la protegen del intemperismo son los que menor vida útil tienen, requiriendo por tanto, de un mantenimiento más frecuente y laborioso. Por lo que, en este trabajo se planteó como objetivo determinar la vida útil del acabado con un barniz base agua y otro base solvente para exteriores, en la madera de *Quercus crassifolia* Humb. & Bonpl y *Pinus patula* Schl. et Cham a través de pruebas aceleradas.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo experimental se realizó en las instalaciones del Campo Experimental San Martinito (INIFAP), ubicadas en San Martinito Tlahuapan, Puebla y los barnices probados los dono la empresa Polyform S.A. de C.V. La madera de *Quercus crassifolia* y *Pinus patula* utilizada para la obtención de las probetas de ensayo, se seleccionó de un lote de material debidamente clasificado, el cual fue utilizado en la realización de otros trabajos de investigación, ambas especies provenientes del estado de Puebla.

La madera de encino presenta textura gruesa (De la Paz Pérez, 1985), densidad básica de 0.62 gr·cm⁻³, contracciones volumétricas altas (19 %), contracciones tangenciales totales muy altas (12.6 %), contracciones radiales totales también muy altas (5.1 %), relación de anisotropía de 2.5 y es clasificada como una madera de dureza alta (Fuentes, 1990).

La madera de pino presenta textura de fina a mediana (De la Paz Pérez y Olvera, 1981), densidad básica de 0.47 gr·cm⁻³, contracciones volumétricas totales medias (12.31 %), contracciones tangenciales totales muy altas (8.48 %), contracciones radiales totales altas (4.91 %) y relación de anisotropía de 1.73 (Quiñones, 1974).

Las características de los barnices probados son las siguientes: barniz base solvente (11000®), es poliuretano alifático de dos componentes, cuyo solvente es el thinner, el acabado es brillante, semimate y mate, secado al tacto de 2 a 4 h, gelado en 8 h, fraguado en 5 días, contenido de sólidos 69 %±1, viscosidad 100 - 300 cps, densidad 0.98 - 1.0 g·cm⁻³, dureza 68, brillo 100 %, rendimiento teórico 30 m² a 0.001 pulg; y barniz base agua (Hydroform®), es poliuretano alifático de un componente, cuyo solvente es agua desmineralizada, el acabado es transparente, secado

al tacto en 20 min, gelado en 2 h, fraguado en 3 días, contenido de sólidos 30 %±1, viscosidad 60 - 100 cps, densidad 1.04 - 1.06 g·cm⁻³, dureza 40.8, brillo 88 %, rendimiento teórico 12 m² a 0.001 pulg.

Las dimensiones de las probetas usadas fueron 1 x 10 x 30 cm. Las cuales fueron barnizadas por el mismo fabricante de los productos, para reducir el error por una aplicación inadecuada, aplicándose cuatro manos en las seis caras de todas las probetas, con excepción de los cabezales donde se aplicó una mano más, porque la película formada era notoriamente más delgada debido a que el producto se absorbió más.

La prueba acelerada de intemperismo se realizó en un equipo fabricado en México, con las características especificadas por el CTBA de Francia. Dicho equipo consiste de una rueda con un diámetro de 1.5 m, en donde se colocan las probetas. La velocidad de giro es de una vuelta por 1.5 h, la cual en la parte superior tiene 6 lámparas de luz ultravioleta de 300 W (OSRAM Ultravitalux E 27), para simular los rayos ultravioleta del sol cuando la madera es expuesta por uso a la intemperie. En la parte inferior tiene una tina de 0.4 m de ancho y una longitud de 1.5 m en la parte alta y 1.2 m en la parte baja, a la cual se le agregó agua destilada para simular el efecto de la humedad y lixiviación por lluvia o rocío (Figura 1).



Figura 1. Equipo utilizado para la realización de las pruebas de intemperismo acelerado.

Se realizaron dos repeticiones, utilizando en cada una de ellas 44 probetas, 22 por especie, montándose en la rueda de manera intercalada, fijándolas con baguetas de aluminio para someterlas posteriormente a intemperismo acelerado de la siguiente manera: 12 min de inmersión en la tina con agua destilada a temperatura ambiente, 27 min al aire a las condiciones ambientales del laboratorio donde se encontraba la rueda, 24 min de exposición a las seis

lámparas de rayos ultravioleta que se encuentran en la parte superior de la rueda y, 27 min al aire a las condiciones ambientales del laboratorio (temperatura promedio de 20 °C) donde se encontraba la rueda.

La evaluación del acabado se realizó a cada 250 h de intemperismo acelerado determinando en porcentaje el área de falla en apariencia (Figura 2), esto de manera apreciativa (visual), hasta las 1000 h para el barniz base agua y en el caso del barniz base solvente hasta las 2000 h.

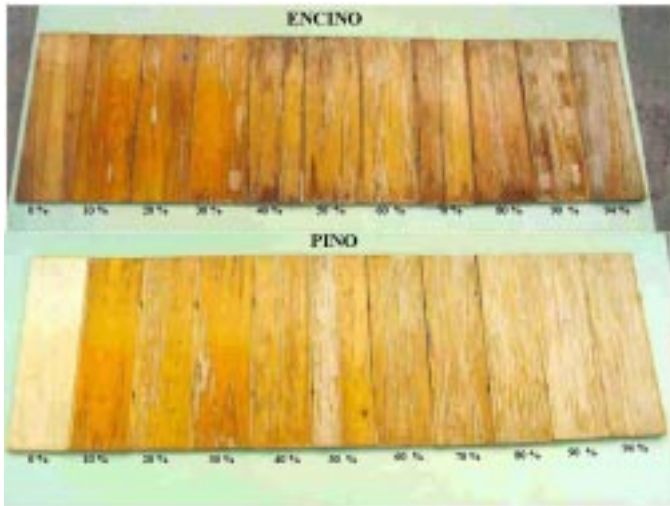


Figura 1. Comportamiento de la falla en apariencia desde el inicio hasta el final del ensayo.

Para ajustar los datos obtenidos se utilizó un modelo no lineal basado en la función de distribución acumulativa Weibull de 2 parámetros, escala y forma, para poder aplicar dicho modelo se manejaron los datos como proporciones, es decir los datos que estaban en porcentaje se dividieron entre 100.

$$F_X(t) = 1 - \exp\left\{-\left(\frac{t}{b}\right)^c\right\}$$

donde:

$F_X(t)$ = proporción de falla para el tiempo de exposición t

t = tiempo de exposición

b = parámetro de escala

c = parámetro de forma

Una vez que se tuvo el ajuste de los datos se estimó el tiempo en que se alcanzaría el 10 % de falla en los barnices probados en cada una de las maderas utilizadas

como soporte, aplicando la ecuación que se deriva del modelo utilizado.

$$t = b \left\{ \ln\left(\frac{1}{1-F_X(t)}\right) \right\}^{1/c}$$

El 10 % de falla en el barniz fue el sugerido por el fabricante, como el adecuado para dar un reacabado, esto con la finalidad de evitar una mayor degradación del producto o del soporte mismo que pueda tener una influencia negativa en la adherencia de las aplicaciones posteriores del producto, lo cual conduciría a una rápida falla del acabado, haciendo necesario un mantenimiento mayor que consistiría en lijar la superficie sobre la que se aplicó el acabado hasta llegar a madera.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados promedio de la falla en apariencia en porcentaje del barniz Hydroform® en la madera de encino y pino se presentan en el Cuadro 1.

CUADRO 1. Falla de la apariencia en porcentaje del barniz Hydroform® en encino y pino.

Tiempo h	Encino %	Pino %
0	0	0
250	14.36	33.45
500	29.90	33.86
750	42.77	45.90
1000	53.54	52.36

La falla en pino se dio más rápidamente, a las 42 h de exposición presentando agrietamiento de la película en las áreas de madera temprana, lo cual coincide con lo señalado por Cassens y Feist, 1991 y Williams *et al.*, 1996, a las 250 h la falla era de poco más del doble que la presentada en madera de encino, manteniéndose casi sin variación hasta las 500 h en pino, mientras que en encino la falla aumentó en poco más del doble. A las 750 h la diferencia era de 3.14 %, siendo siempre mayor en pino, contrario a lo encontrado por Feist, 1983; Feist, 1985; Sell y Feist, 1986a; Feist y Sell, 1987; Cassens y Feist, 1991; Williams *et al.*, 1996. Pero a las 1000 h la falla en encino fue ligeramente mayor (1.2 %) que en pino, coincidiendo con lo especificado por los autores antes citados con relación a la influencia de la densidad en el intemperismo, ya que el encino tiene una densidad básica de 0.62 gr-cm⁻³ y el pino de 0.47 gr-cm⁻³.

El barniz 11000® presentó, una falla en apariencia más acentuada en el encino (Cuadro 2), lo que coincide con lo señalado por Feist, 1983; Feist, 1985; Sell y Feist, 1986a; Feist y Sell, 1987; Cassens y Feist, 1991; Williams *et al.*, 1996. En cuanto a la influencia de la densidad en los cambios dimensionales de la madera, el encino al tener una mayor densidad sufre de hinchamientos y contracciones mayores (contracciones volumétricas totales de 19 % en encino, mientras que para el pino son de 12.31 %), produciendo un fuerte agrietamiento de la película de barniz como resultado de los esfuerzos a que es sometida, en algunos casos estas grietas se manifiestan hasta en la madera.

CUADRO 2. Falla de la apariencia en porcentaje del barniz 11000® en encino y pino.

Tiempo h	Encino %	Pino %
0	0	0
250	0.45	0.09
500	3.22	2.00
750	7.00	3.54
1000	12.13	4.59
1250	22.40	11.86
1500	27.57	14.63
1750	36.90	21.09
2000	44.33	23.63

El contenido de humedad de la madera fue también esencial en la falla en apariencia, pues una vez que la película de barniz se comenzó a agrietar y el contenido de humedad aumentó a consecuencia de esto, la madera se hinchaba al pasar por el agua en la tina y se contraía al pasar frente a las lámparas, sometiendo a un mayor esfuerzo la película de barniz coincidiendo con Cassens y Feist, 1991 y Williams *et al.*, 1996, en el sentido de que la humedad en combinación con la luz solar ocasionan grietas y rajaduras macroscópicas y microscópicas intercelulares e intracelulares en la madera, lo cual le provoca esfuerzos en su superficie.

En ambas maderas cuando las probetas presentaban nudos, ahí iniciaba normalmente la falla de la película por agrietamiento. En la madera de pino donde se encontraban pequeñas bolsas de resina y/o inclusión de corteza, también era manifiesta la falla por agrietamiento y la pérdida de adhesión coincidiendo con lo señalado por Hse y Kuo, 1988; Cassens y Feist, 1991; y Williams *et al.*, 1996, quienes mencionan que la falla del acabado normalmente inicia en los nudos u otras irregularidades de la madera tales como inclusiones de corteza, grietas, bolsas de resina y daños de insectos.

En los cabezales de las probetas de encino la película de barniz tanto del Hydroform® como del 11000® se descascaró más que en el pino, lo cual se puede deber al tamaño de los poros, y pudo haber contribuido también a la falla más acentuada que se presentó en esta especie, ya que esto favorece el movimiento de agua en la madera de acuerdo con Cassens y Feist, 1991; y Williams *et al.*, 1996. En el corte transversal en las dos especies la película de barniz se descascaró más, a pesar de tener una mano más que las otras caras, por lo tanto el corte transversal requiere un número mayor de capas o la aplicación de un repelente de agua, cuando la madera va a estar expuesta a intemperismo.

Aun cuando los dos barnices probados fueron poliuretanos alifáticos, la falla fue mucho más acentuada en el barniz Hydroform®, tanto en la madera de pino como en la de encino, lo cual puede deberse al contenido de sólidos que es mayor en el 11000®, teniéndose así un grosor de película menor con el Hydroform®. El Hydroform® a las 1000 h de exposición tiene una falla en apariencia mayor del 50 % como se puede observar en el Cuadro 1, mientras que el barniz 11000® con el mismo tiempo de exposición apenas presenta una falla de 12.13 % en encino y de 4.59 % en pino, y ni siquiera con el doble de tiempo de exposición en la rueda de intemperismo, este último igualó la falla que se tuvo con el Hydroform® (Cuadro 2).

Con el modelo no lineal de Weibull de dos parámetros (escala y forma) se ajustaron los datos observados, en la Figura 3 se muestra el ajuste obtenido y la proyección de la falla para el barniz Hydroform® y el 11000® aplicados en encino y pino.

Los valores de los parámetros del modelo para el barniz Hydroform® aplicado en encino y pino fueron; parámetro de forma 1.128 en encino y 0.598 en pino y el parámetro de escala 1260.71 para encino y 1528.17 para pino, lo cual indica que el encino tiene una velocidad de falla más elevada y el tiempo esperado para alcanzar un 50 % de falla es alrededor de las 910.97 h de exposición en la rueda de intemperismo (Figura 3). Mientras en el pino la velocidad de falla o degradación, al final tiende a ser muy baja como se puede ver en la Figura 3, pero al principio es elevada, y el 50 % de falla se presenta aproximadamente a las 1528 h de exposición en la rueda de intemperismo.

Por otro lado, para el barniz 11000® los parámetros del modelo presentaron los siguientes valores; para encino 1.97 el parámetro de forma y 2687.67 el parámetro de escala y para pino 2.033 y 3704.38 respectivamente. En la Figura 2 es notorio que la velocidad de deterioro del barniz 11000® es mayor en encino que en pino. El 50 % de falla en apariencia se alcanza a las 2231.40 h de exposición en la rueda de intemperismo en encino y a las 3093.29 h en pino.

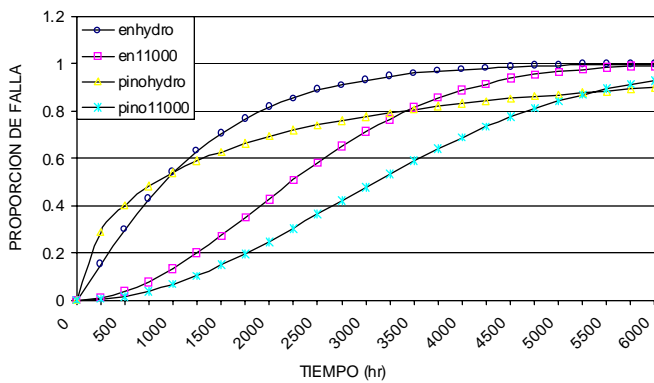


Figura 3. Proyección del comportamiento de la falla en apariencia con el modelo de Weibull

En la Figura 3, se muestra como las curvas de degradación del barniz Hydroform® son cóncavas hacia abajo, mientras que las del barniz 11000® al inicio son cóncavas hacia arriba y posteriormente cóncavas hacia abajo, lo cual significa que la degradación del Hydroform® al principio (antes de las 3500 h) es más acelerada que la del barniz 11000®, aunque al final, la velocidad de deterioro tiende a ser igual en ambos tipos de barnices.

Utilizando la ecuación que se deriva del mismo modelo y se cita en el apartado de materiales y métodos, se calculó el tiempo en el cual se espera que la falla en apariencia sea del 10 %, porque en este momento es donde se considera que se debe dar un rebarnizado (Cuadro 3).

CUADRO 3. Tiempo en horas en que se alcanza el 10 % de falla en apariencia.

Barniz	Encino	Pino
Hydroform®	171.47	35.47
11000®	857.58	1224.58

De acuerdo con Podgorski *et al.*, 1996, quienes señalan que un día de intemperismo natural bajo condiciones drásticas equivale a 2.25 h de intemperismo acelerado en la rueda, y a la información proporcionada por el fabricante de los barnices probados, en el sentido de que se debe dar un rebarnizado al detectar una falla en apariencia del 10 %. Con el Hydroform® aplicado en el encino probado para uso en exteriores se requiere dar un rebarnizado a los 76.21 días y, aplicado en la madera del pino usado como soporte en este trabajo, el tiempo de vida útil antes de requerir de un rebarnizado es muy corta, 15.76 días, lo cual puede deberse como ya se mencionó anteriormente a la influencia de los anillos de crecimiento, este resultado se debe tomar como un índice. En el caso del barniz 11000® usado en la madera de encino, tiene una duración de 381.15 días antes de que sea necesario

dar un rebarnizado, en cambio en pino la vida en servicio de este barniz antes de requerir de un rebarnizado es de 544.26 días. De acuerdo con lo anterior, tanto en la madera de encino como en la de pino barnizadas con barniz 11000®, se estima un tiempo de servicio mayor al recomendado por el fabricante (365 días) para dar un rebarnizado.

CONCLUSIONES

La falla en apariencia presentada en la madera de encino con el barniz 11000® fue mayor a la observada en la madera de pino, en cambio con el barniz Hydroform® de las 500 h a las 1000 h la falla fue similar en ambas especies.

El barniz Hydroform® manifestó falla en apariencia más acentuada que el 11000® en ambas maderas.

La densidad y la textura de la madera utilizada como soporte tuvieron un efecto determinante en la degradación de los barnices probados. En encino, por su mayor densidad y textura más gruesa, se presentó una degradación más acentuada.

El contenido de humedad y la estabilidad dimensional de la madera que se usó como sustrato también influyeron en el deterioro de los barnices probados. En encino, que es una madera menos estable comparativamente con la del pino, la degradación observada fue mayor.

Se considera que el barniz Hydroform® no es adecuado para aplicarse en maderas utilizadas en exteriores por la vida útil tan corta que presenta, siendo de 16 días para pino y de 76 días para encino.

Se recomienda utilizar el barniz 11000® en el acabado de maderas que serán usadas en exteriores por la vida útil de más de un año que presenta antes de requerir de un rebarnizado.

LITERATURA CITADA

- CASSENS, D. L.; FEIST, W. C. 1991. Exterior wood in the south. Selection, applications, and finishes. GTR-69. USDA Forest Serv. Forest Prod. Lab., Madison, Wis. 56 p.
- DE LA PAZ PÉREZ O., C. 1985. Características anatómicas de siete especies del género *Quercus*. Bol. Tec. No. 123. Inst. Nac. Invest. For. México. 72 p.
- ; OLVERA, C. P. 1981. Anatomía de la madera de 16 especies de coníferas. Bol. Tec. No. 69. Inst. Nac. Invest. For. México. 111 p.
- FEIST, W.C. 1983. Weathering and protection of wood. In: Proceedings, seventy-ninth annual meeting of the American Wood-Preservers' Association; April 17-20; Kansas City, MO. Stevensville, MD: American Wood-preservers' Association; 1983; 79: 195-205.

- . 1984. Painting and finishing wood for use outdoors. In: New ideas materials procedures. Proceedings of seventh annual educational conference; February 5-8; Baltimore, MD. Washington, DC; American Society of Home Inspectors, Inc. 1984; 79: A1-A27.
- . 1985. The outdoor finish; how and when to paint or stain. Fine Homebuilding. 54-55 p.
- ; SELL, J. 1987. Weathering behavior of dimensionally stabilized wood treated by heating under pressure of nitrogen gas. Wood and Fiber Sci. 19(2): 183-195.
- FOREST PRODUCTS LABORATORY (FPL). 1987. Wood handbook: Wood as an engineering material. Agricultural Handbook no. 72. USDA, Washington, DC. 466 p.
- FUENTES L., M. E. 1990. Propiedades físico-mecánicas de cinco especies de encino (*Quercus*) del estado de Puebla. Tesis Profesional. Univ. Aut. Chapingo. México. 52 p.
- HSE, C.-Y.; KUO, M.-L. 1988. Influence of extractives on wood gluing and finishing-a review. Forest Prod. J. 38(1):52-56.
- PODGORSKI, L.; MERLIN, A. ; DEGLISE, X. 1996. Analysis of the natural and artificial weathering of a wood coating by measurement of the glass transition temperature. Holzforschung. 50(3):282-287.
- QUIÑONES J., O. 1974. Características físicas y mecánicas de la madera de 5 especies mexicanas. Bol. Tec. No. 42. Inst. Nac. Invest. For. México. 21 p.
- SELL, J.; FEIST, W. C. 1986a. Role of density in the erosion of wood during weathering. Forest Prod. J. 36(3):57-60.
- ; ----- . 1986b. U.S. and European finishes for weather-exposed wood-a comparison. Forest Prod. J. 36(4):37-41.
- SHANG, S.-T.; HON, D. N. S. ; FEIST, W. C. 1982. Photodegradation and photoprotection of wood surfaces. Wood and Fiber Sci. 14(2):104-117.
- WILLIAMS, R. S.; KNAEBE, M. T.; FEIST, W. C. 1996. Finishes for exterior wood. Selection, applications, and maintenance. USDA Forest Serv. Forest Prod. Lab., Madison, Wis. 127 p.