

CIENCIAS FORESTALES

IMPREGNANTES TIPO LASUR PARA LA PROTECCION SUPERFICIAL DE MADERA Y TABLEROS

IMPREGNATING TYPE LASUR FOR THE SUPERFICIAL PROTECTION OF WOOD AND BOARDS

Rose Marie Garay Moena

Departamento Ingeniería de la Madera. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad de Chile. Casilla 9206. Santa Rosa 11.315. La Pintana. Santiago, Chile. Fono (56-02) 9785907. Fax (56-02) 5414131 E-mail: rgaray@uchile.cl

RESUMEN

En la búsqueda de soluciones integrales, que protejan a la madera y tableros de los agentes abióticos y bióticos, se requiere que un alto número de variables interactúen a favor de un buen funcionamiento, entre otros diseño constructivo, condiciones de riesgo en servicio, calidad y durabilidad de los materiales, condiciones de exposición climática. Cuando los materiales son puestos en servicio, se espera de ellos un óptimo desempeño. Sobre todo en el ámbito de la construcción, se requiere que perduren en buenas condiciones por periodos prolongados de tiempo, sería inaceptable una duración de escasas semanas. La humedad es la que más dificultades provoca en la problemática asociada a la evolución de las propiedades de los materiales en el tiempo, y a la que mayores esfuerzos dedican investigadores de diversas áreas de la ingeniería, construcción y recubrimientos de protección. Dado que es siempre un problema difícil de resolver, causando pérdida de estabilidad dimensional, presencia de hongos, antesala para la aparición de daños estructurales más severos. Actualmente, el uso de impermeabilizantes de alta eficacia intenta promover, por ejemplo, el uso de membranas asfálticas modificadas con polímeros. El uso de impermeabilizantes, que permiten bloquear el paso de la humedad, pierde sentido al tratarse de materiales orgánicos, porosos, que cambian dimensionalmente frente a la humedad. En el caso de la madera y tableros, el desarrollo de compuestos madera-plástico representa una solución a la durabilidad de los materiales en servicio, de hecho resultan un significativo aporte. Sin embargo, a niveles más masivos por simpleza de aplicación, mantención, contaminación ambiental, costo y disponibilidad práctica, una buena alternativa la ofrecen los impregnantes (no formadores de película) tipo lasur, que proveen además protección frente a la luz UV, se formulan con fungicidas, insecticidas y/o termicidas. En esta investigación, estos lasur fueron probados sobre distintos sustratos madera y tableros, se presenta la evolución de sus propiedades físicas, mecánicas y estéticas luego de dos años de exposición en campos de prueba. Se puede señalar que el proceso de envejecimiento de los lasures bajo la acción de condiciones severas de humedad relativa (HR) y temperatura (T°) en ambientes interiores y exteriores, genera un comportamiento adecuado de madera y tableros en servicio. Si bien no puede aseverarse que no existen efectos estadísticamente significativos de cambio en los sustratos, comparativamente este tipo de protectores actúa permitiendo la entra-

da y salida de humedad desde el sustrato, no favorece la aparición de grietas superficiales y mantiene adherencia debido a que no forma película, sino que se impregna en las capas superficiales.

Palabras claves: Tableros estructurales de madera, productos de ingeniería en madera, pinturas para madera, degradación por exposición a intemperie, lasur.

ABSTRACT

In the search of integral solutions, that protect to the wood and boards of the abiotic and biotic agents, it is required that a high number of variables interacts in favor of a good operation, among other constructive design, conditions of risk in good condition, quality and durability of the materials, conditions of climatic exhibition. When the materials are put in good condition, an optimal performance is expected of them. Coverall in the scope of the construction, is required that they last in good conditions per prolonged periods of time, would be unacceptable a duration of little weeks. The humidity is the one that more difficulties causes in problematic the associate one to the evolution of the properties of the materials in the time, and to that greater efforts dedicate investigators of diverse areas of engineering, construction and coverings of protection. Since it is always a problem difficult to solve, inflict casualties of dimensional stability, presence of fungi, waiting room for the appearance of structural but severe damages. At the moment, the use of waterproof of high effectiveness tries to promote, for example, the modified asphalt membrane use with polymers. The use of waterproof, which they allow to block the passage of the humidity, loses sense when being organic, porous materials that they change in front of to the humidity dimensionally. In the case of the wood and boards, the compound plastic wood development in good condition represents a solution the durability of the materials, in fact they are a significant contribution. Nevertheless, to more massive levels by facility of application, environmental contamination, cost and practical availability, a good alternative offer impregnating (the nontraining of film) type lasur, that as opposed to provide in addition protection light UV, are formulated with fungicides, insecticides and/or termicides. In this investigation, these lasur were proven on different substrates wood and boards, appears the evolution of their physical, mechanical and aesthetic properties after two years of exhibition in test ranges. It is possible to be indicated that the process of aging of lasur under the action of severe conditions of relative humidity (HR) and temperature (T°) in inner and outer atmospheres, generates a behavior adapted of wood and boards in good condition. Although this type of protectors cannot be asserted that statistically significant effects of change in the substrates do not exist, comparatively acts allowing the entrance and exit of humidity from the substrate, does not favor the appearance of superficial cracks and maintains adhesion because it does not form film, but that is impregnated in the superficial layers.

Keywords: Structural wood panel; engineered wood products; woodcoating, weathering, lasur.

INTRODUCCION

Un conjunto de factores confluyen para lograr eficacia en la calidad, durabilidad y estética que poseen las maderas y tableros al ser empleados en exposiciones exteriores. Entre estos factores se le atribuye un rol fundamental al diseño constructivo, de modo que proteja de las severas condiciones que pueden alterar el desempeño de estos materiales en servicio.

Paralelamente a los buenos diseños constructivos, la investigación a nivel mundial continúa en la búsqueda de productos protectores que, salvaguardando los demás factores, puedan aportar en materia de protección de estas superficies.

Los principales problemas asociados se rela-

cionan con aspectos degradativos derivados de agentes bióticos, hongos e insectos, pero también de manera muy significativa por agentes físicos, luz solar, viento, lluvia, resecamiento excesivo o en caso contrario alta humedad.

La evolución de estos materiales puestos en servicio dependerá del tipo de protector superficial elegido, de las técnicas adecuadas para su aplicación y también de la manutención que se efectuó de estos recubrimientos a través del tiempo.

Por años, las industrias de pintura se abocaron a la investigación de productos de protección altamente eficaces y duraderos, la tendencia era bloquear los agentes de degradación bióticos y abióticos, garantizando una duración de las pinturas por 10 años e incluso más.

Las pinturas formadoras de película empleadas hasta ahora son mezclas líquidas, generalmente coloreadas que, aplicadas por extensión, pulverización o inmersión, forman una capa o película en la superficie del sustrato, a los cuales protege y decora. Están constituidas, en lo esencial, por pigmentos sólidos y aglutinantes o vehículo líquido, formando ambos una dispersión. Estas pinturas se clasifican por el color y naturaleza de los pigmentos y por el vehículo, también por el papel que desempeñan, decorativas, antioxidantes, ignífugas, lavables, etc.

Los pigmentos son cuerpos sólidos, finalmente pulverizados, insolubles en el aglutinante o vehículo, siendo su misión la de colorear, dar consistencia y facilitar el secado de la pintura y deben reunir propiedades de color, intensidad de color y poder colorante, opacidad o poder cubridor, permanencia o resistencia a la luz y finura (90 ó 100% de las partículas debe ser inferior a 10 μ).

El aglutinante o vehículo son resinas que llevan en suspensión los pigmentos y, que una vez secos, mantienen unidas las partículas de color entre sí y con la superficie sobre la que se aplica la pintura, impidiendo que se desprenda.

Los secantes son compuestos que se añaden a las pinturas para catalizar o acelerar la oxidación y polimerización de los aceites vegetales, disminuyendo el tiempo de secado. Generalmente están constituidos por óxidos, resinosos u oleatos de plomo, manganeso y cobalto. Se presentan en forma sólida en polvo, pasta y líquida. Existe una cantidad óptima de secante a emplear, y si se pasa de ese límite el efecto es contrario, pues en vez de aumentar el secado, lo retrasa e incluso lo detiene. El secado de las pinturas depende de las capas, ventilación, intensidad de luz, etc.

Este tipo de pinturas, formadoras de película, han sido las que han prevalecido a través del tiempo, modificando compuestos, agregando nuevos aditivos, etc. Sin embargo, el mundo debió priorizar efectos no contemplados a partir de la década de los 70, en relación a la incorporación de compuestos altamente tóxicos, no amigables con el ambiente y que eran precisamente los elementos más importantes empleados en la fabricación de pinturas. Grandes cambios han ocurrido y hoy se encuentra normalizado el empleo de ciertas sustancias prohibidas, en sus dosis e imposibilidad de uso en los casos más extremos.

Este nuevo escenario abre paso a que las investigaciones sean dinámicas y continuas, permite observar la relevancia que estos temas alcanzan actualmente en Europa y estados Unidos, en donde se financian investigaciones que, por ejemplo, prueban la eficacia de compuestos naturales que

pueden ser incorporados como inhibidores naturales del desarrollo de microorganismos, responsables de la durabilidad natural de árboles forestales, cítricos, esencias y extraíbles de plantas de reconocido mejor desempeño frente a condiciones de riesgo en servicio. Aun los avances en este sentido son parciales y no en muchos casos aplicados industrialmente.

En el escenario actual se ha trabajado en el desarrollo de los impregnantes para madera no formadores de película, en Europa se conocen como lasures, en Norteamérica se les llama stain, a los cuales se les ha incorporado una serie de aditivos para mejorar su comportamiento frente a los agentes de degradación.

Este trabajo plantea continuar en una línea de investigación que se inició en el año 1995, a partir de la cual se abordó el estudio del comportamiento de tableros de uso exterior frente a envejecimiento natural y acelerado. En esa época no existían compuestos no formadores de película con las características de los lasures. Se aplicó una amplia gama de productos, pinturas y barnices, se concluyó que no existía entre los recubrimientos empleados una respuesta efectiva en términos de evitar la degradación de los sustratos testeados.

Para contribuir a un mayor conocimiento del comportamiento físico y mecánico de los tableros estructurales y de la madera, en condiciones extremas de temperatura y humedad relativa, se estudia la evolución de las propiedades a través del tiempo de exposición, considerando la protección superficial con lasures.

Los lasures son recubrimientos para la madera, de acción impregnante, que no forman capa y presentan un acabado a poro abierto, regulador de la humedad de la madera. El acabado conseguido, satinado o brillante, además de gran duración, resalta el veteado de la madera y su composición permite gran resistencia contra insectos, hongos de mancha y pudrición (ACAE, 2003).

Son productos en base orgánica, solubles o no al agua. Su acción protectora insecticida y fungicida es menor que los fondos protectores, pero incorporan pigmentos minerales (óxidos de hierro resistente a la fotodegradación) que reflejan la radiación UV del sol que es la responsable del agrietamiento y agrisamiento de la madera. Incorporan también una formulación de resinas alquídicas y acrílicas que repelen el agua de la superficie (Barpimo, 2002).

Sus principales ventajas frente a los barnices sintéticos convencionales de base disolvente son: más del doble de duración al exterior, producto ecológico que reduce la emisión de disolventes en un 90 %, mayor retención del brillo, superficie

no amarilleante, mayor uniformidad del color (ACAE, 2003).

Aseguran un buen aspecto estético a la madera en cuanto a su cualidad de traslúcido, color y tonalidad deseada, reavivan la veta natural de la madera, uniforman la aspereza fibrosa del material y de las zonas de mayor o menor porosidad.

Son pinturas que no dejan olor en el ambiente por sus bajos contenidos en compuestos orgánicos volátiles, no poseen las perdurables emanaciones de los productos convencionales al solvente, son fáciles de mantener, ya que al no formar película no es necesario raspar la superficie para repintar; disminución en riesgos de incendio, puesto que son productos no inflamables (Ecohabito, 2003).

Presenta mayor resistencia al cuarteo (craqueado inexistente), inalterabilidad al cambio de color en los procesos pigmentados, mayor elasticidad que provoca una mayor resistencia a los cambios dimensionales del soporte, gran transpirabilidad (permeabilidad al vapor), evitando la condensación en la madera (Sandoval, 2003).

Pese a las ventajas antes descritas, este tipo de producto presenta algunas peculiaridades, desde el punto de vista de lo que se conoce como poder cubriente, por lo que algunas veces se requiere un mayor número de capas a aplicar para conseguir mayor cobertura.

Contienen además aditivos o productos auxiliares, como ceras, siliconas, espesantes, dispersantes, filtros solares UV secantes, disolventes polares, etc. Se emplean agentes espesantes tixotrópicos orgánicos (resinas) o inorgánicos (bentonitas), que hacen del producto terminado un gel tixotrópico de más fácil aplicación.

En las formulaciones de lasures al agua, la mayor parte corresponde a las dispersiones y emulsiones, donde las que entregan mejores resultados son las dispersiones copolímeras de acrilato/ metacrilato, y las peores son las emulsiones alquídicas, las vinílicas y las poliuretanas.

Los pigmentos, fungicidas e insecticidas empleados son similares a los antes descritos. Los dispersantes, con las sales de poliaminamida, poliglicoles, etc., se incorporan para una óptima humectación del pigmento y para mantener el estado de dispersión en el almacenaje; los espesantes como polímeros acrílicos o poliuretanos, para influir en el comportamiento reológico del lasur de forma que se aproxime al de la resina alquídica y dar el efecto espesante y la consistencia adecuada; los antiespumantes como parafina para una mejor aplicación.

Se emplean hidrófugos como las emulsiones de ceras, que aseguran la repelencia al agua, además de evitar el deterioro mecánico; los humec-

tantes, como tensos activos flúor químicos o poliéster de polixilaxano, sirven para reducir la tensión superficial, facilitar la humectación del sustrato y evitar cráteres; el amoniaco o hidróxido sódico son ajustadores del Ph, para que el medio alcalino dé la viscosidad buscada y evite floculaciones.

Para reducir la temperatura mínima de secado y favorecer la coalescencia de las partículas en el curado del producto por encima de 5° C, se ponen coalescentes como ésteres orgánicos o disolventes organófilos miscibles con agua como el propilenglicol, metoxibutanol, etc. (Dieguez, 1994).

Los resultados de lasures aplicados sobre madera y tableros estructurales y su comportamiento frente a intemperie, temperatura y humedad son presentados en este trabajo.

MATERIALES Y METODOS

Madera y tableros

- Pino radiata natural e impregnado con sales tipo CCA.
- Tableros estructurales contrachapado, 1,22 m x 2,44 m x 0,012 m, fabricados con madera de pino radiata.
- Tableros estructurales OSB 1,22 m x 2,44 m x 0,012 m, fabricados con maderas de bosque nativo en mezcla con pino radiata.

Protectores superficiales

- Se utilizaron productos no formadores de película tipo lasur con aditivos filtro solar, insecticida-fungicida.

Infraestructura y equipos

Para la aplicación de protectores superficiales sobre madera y tableros y preparación de probetas se utilizó el Centro Tecnológico de la Madera de la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad de Chile.

El montaje de los ensayos y las evaluaciones de propiedades se realizaron en el Laboratorio Multiuso perteneciente al Departamento de Ingeniería de la Madera, Facultad de Ciencias Forestales, Universidad de Chile.

Equipos para ensayos en tableros

1. Ensayos de envejecimiento acelerado

Se empleó como equipo de acondicionamiento una cámara de clima Shel Lab modelo 9010 y como equipo de reacondicionamiento una estufa de

secado Shel Lab.

- Propiedades físicas: Pie de metro y reloj comparador con precisión de 0,01 mm; balanza de precisión de 0,1g; estufa Shel Lab Termo-higrómetro.
- Propiedades mecánicas: Máquina de ensayo universal AMSLER 4000 kg de carga máxima.
- Propiedades estéticas sistema sustrato-protector: Proyector de sólidos Samsung digital Presenter SDP-950; cámara digital Olimpia C-700 ultra zoom.

2. Ensayos de envejecimiento natural

Los tableros fueron pintados e instalados en los campos de prueba por un periodo de dos años, las evaluaciones fueron hechas al tiempo 0 (inicio), tiempo 2 (12 meses) y tiempo 3 (24 meses).

- Atril o caballete para tableros en posición vertical orientado al norte y sur.

Equipos para ensayos en madera

3. Envejecimiento natural

- Atril o caballete: Para madera inclinado a un ángulo de 45° de la horizontal y orientado al norte y al sur.
- Medidor de brillo, colorímetro, microscopio, con 10 aumentos o proyector de sólidos, cámara fotográfica, balanza precisión 0.01g.

4. Envejecimiento acelerado

- Cámara de ensayo QUV con lámparas fluorescentes de emisión de rayos ultravioleta tipo B. longitud de onda entre los 270 y 400 um.
- Idem instrumentos de envejecimiento natural.

METODOLOGIA

La metodología contempla la evaluación del comportamiento de los sistemas sustrato-protector, sometidos a condiciones de exposición severas, tanto a intemperie (envejecimiento natural) como ensayos en laboratorio (envejecimiento acelerado). Para ello se realizaron de ensayos en madera y tableros estructurales contrachapados y OSB con la aplicación de los protectores seleccionados, además de probetas testigos o desnudos.

1. Ensayos en madera

Preparación: Superficie plana, lisa, cepillada, sin lijar, a 12% CH.

La norma EN 927-3 establece utilizar probetas en corte tangencial de 375x100x20mm.

Envejecimiento natural

Este ensayo se basa en la norma EN 927-3: que

evalúa la resistencia al envejecimiento natural del sistema de recubrimiento, determinando los cambios de las propiedades decorativas y protectoras de los recubrimientos después de 6 meses de exposición norte y sur. Los parámetros a medir son: Brillo, color, erosión y grietas.

Envejecimiento acelerado

El ensayo está basado en la norma UNE-EN-ISO 11507 de 1997 Envejecimiento Acelerado, se lleva a cabo en cámara QUV. Se exponen 24 probetas de 150 x 7.5 x 20mm, 8 se emplean como patrones. Se aplica el recubrimiento según las indicaciones del fabricante sobre la parte frontal, se seca y acondiciona durante 16 horas como mínimo. Los ciclos son de 24 h de exposición a radiación ultravioleta. El periodo total de envejecimiento es de 600 h con medición a las 0, 100, 300 y 600 h. En la evaluación se controlan los mismos parámetros que en el ensayo de envejecimiento natural.

2. Ensayos en tableros

Preparación de probetas de tableros: A partir de la matriz (Figura 1), que es al tamaño comercial del tablero 1,22x2,44 m. Se confeccionaron las plantillas para el estudio, el número de probetas de cada set corresponde a lo establecido por la norma de ensayo empleada para cada propiedad.

Basado en la norma UNE 927, se procedió a evaluar los tableros a través de sus propiedades físico-mecánicas fundamentales. Al inicio del ensayo se utilizó la plantilla 1 de todas las matrices para el tiempo 0 (T0).

Envejecimiento natural

Las plantillas preparadas para este ensayo fueron instaladas en los atriles para tableros ubicados en los campos de prueba y retiradas posteriormente para su evaluación a los 12 (T1) y 24 meses (T2).

Envejecimiento acelerado

Se emplearon las plantillas 2 a la 5 para ser expuestas a condiciones ambientales severas en cámara de climatización a 40° C y 95% de HR, durante un periodo de 5 semanas (aproximadamente 800 h). A partir de estas plantillas se realizó la extracción de probetas de ensayo de acuerdo a las normas UNE-EN, siguiendo el mismo esquema establecido para la plantilla 1. Las evaluaciones físicas, mecánicas y del sistema sustrato protector se realizaron a las 100 (plantilla 2= T1), 200 (plantilla 3= T2), 400 (plantilla 4= T3) y 800 h (plantilla 5= T4).

Plantilla 1 Tiempo 0
Plantilla 2 Tiempo 1 - 100 h
Plantilla 3 Tiempo 2 - 200 h
Plantilla 4 Tiempo 3 - 400 h
Plantilla 5 Tiempo 4 - 800 h

Figura 1: Esquema de corte en cada tablero.

Evaluaciones

Propiedades físicas:

Determinación de densidad, CH, absorción de humedad e hinchamiento en espesor.

Normas empleadas: EN323-93; EN322-93; adaptación de EN 317-93 respectivamente

Propiedades mecánicas:

Flexión estática, MOR y MOE (ambos tableros) EN 310-93

Cizalle por tracción esfuerzo de ruptura (contrachapado) EN 314 (1 y 2)

Tracción normal (OSB) DIN 52365

Evaluación del sistema sustrato-protector:

Estado general cualitativo, color, erosión y grietas.

Diseño estadístico

El tratamiento estadístico de los datos se realizó empleando para cada tipo de tablero un diseño factorial completamente al azar de efectos fijos (DCA de 2 factores). Se realizaron análisis de varianza para cada propiedad evaluada (físicas y mecánicas).

RESULTADOS

1. Ensayos en madera

En la Figura 2 se compara el estado general de las probetas antes y después de su exposición a la intemperie, en exposición norte, durante 6 meses.

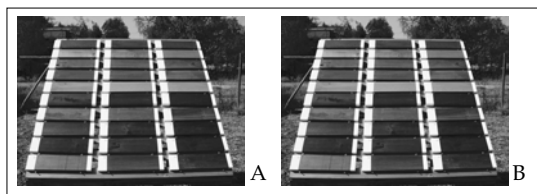


Figura 2: Ensayos en campos de prueba. Lasur sobre madera.

Se observa una decoloración de los lasures en la mayoría de los casos, es decir, la estabilidad del color de estos productos no resulta altamente efectiva luego de 6 meses de exposición, además se aprecia la protección en términos de la no aparición de grietas, manchas u otro efecto degradativo, este efecto se considera de gran importancia si se compara con el estado que podría observarse si el producto de protección utilizado hubiese sido un barniz incoloro o traslúcido, tal como se muestra en la Figura 3.

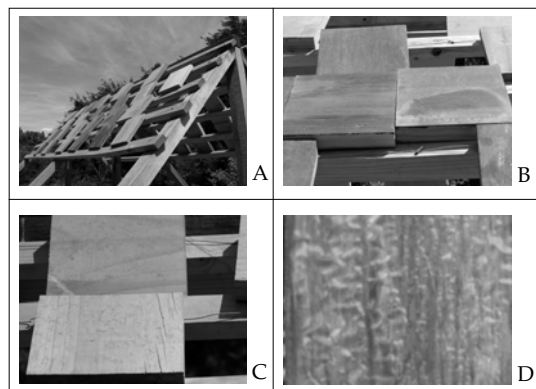


Figura 3: Sistema sustrato protector con barnices exposición 6 meses en campos de prueba.

2. Ensayos en tableros

Tableros envejecimiento acelerado

Para la presentación de resultados de envejecimiento acelerado se emplea la nomenclatura siguiente:

Tiempos (h)	T1 =100	T2=200	T3 = 400	T4 = 800
Protección	P1 sin protección	P2 = Lasur		

Propiedades físicas

Hinchamiento en espesor y absorción de humedad

En la Figura 4 (A-D) se entregan los resultados determinados para el hinchamiento en espesor y absorción de humedad para ambos tableros.

Es posible visualizar el comportamiento de los tableros frente al hinchamiento en espesor, el cual aumenta con el tiempo de exposición. Es menor para los tableros con protección, esto podría significar que el recubrimiento lasur funciona para tiempos cortos de exposición, si la humedad se mantiene captan más humedad que los tableros blindados.

Los niveles máximos para el contrachapado

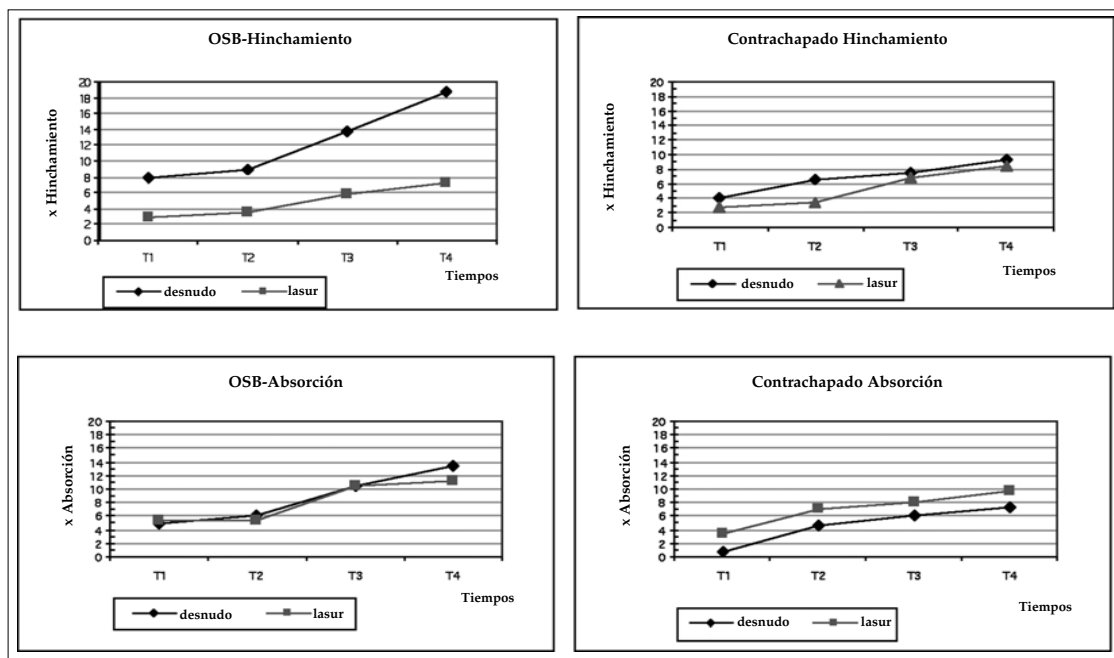


Figura 4 (A-D): Hinchamiento en espesor en tableros OSB y contrachapados. Absorción de humedad en tableros OSB y contrachapados.

bordean el 9% y para el OSB alcanzan valores de hasta 19% en tableros desnudos, sin embargo para tableros con lasur el hinchamiento en espesor es más bajo para todos los tiempos. Se puede inferir, de manera preliminar, que los tableros que presentan un recubrimiento protector tienden a hincharse menos en contacto con la humedad, sin embargo se requiere comprobar estadísticamente esta aseveración.

Se aprecia un aumento en la absorción para ambos tableros, los valores máximos alcanzados son cercanos al 11% para contrachapado y 13% para OSB.

De acuerdo a los resultados expuestos, se realizó un análisis de varianza (Andeva) para ambas propiedades, con el objetivo de establecer si existía significancia estadística atribuible a los factores y su interacción (tiempos de exposición y nivel de protección) que justifiquen las variaciones observadas en la Figura 4.

Un resumen de dichos resultados se presenta a continuación en la Tabla 1.

Como se observa, los análisis de varianza han reflejado que en todos los casos, para 95 y 99% de confianza, los factores estudiados explican los resultados obtenidos en las propiedades físicas.

Propiedades mecánicas

La situación respecto a la humedad de equilibrio higroscópico (HEH) resulta importante ya que se debe tener claridad respecto a las condiciones de humedad bajo las cuales se evaluaron las propiedades mecánicas.

En la Tabla 2 se muestra que después de los tratamientos, en los cuales se produjo un aumento del contenido de humedad de los tableros, se vuelve luego del acondicionamiento a contenidos de humedad de equilibrio dentro de los rangos normales de comercialización de los tableros.

Para el factor protección, se tiene que la HEH es mayor para los tableros con lasur, que concuerda con los antecedentes bibliográficos (Rodríguez,

Tabla 1: Resumen de Andeva propiedades físicas

Propiedad	Factores			Duncan
	A	B	AB	
Hinchamiento en espesor OSB	si	si	si	**
Hinchamiento en espesor contrachapado	si	si	si	**
Absorción de humedad OSB	si	si	si	**
Absorción de humedad contrachapado	si	si	si	**

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 2: Tableros contrachapados humedad de equilibrio higroscópico (%).

Tiempos Protección	T0	T1	Factores			Promedio por protección
			T2	T3	T4	
P1	7,97	8,78	9,07	9,37	8,86	8,81
P2	8,53	9,39	9,87	9,80	8,98	9,31
Promedio por tiempos	7,93	8,98	9,11	9,24	8,72	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3: Tableros OSB humedad de equilibrio higroscópico (%).

Tiempos Protección	T0	T1	Factores			Promedio por protección
			T2	T3	T4	
P1	5,80	7,06	7,05	8,30	8,39	7,32
P2	6,28	7,28	7,68	8,91	8,54	7,74
Promedio por tiempos	5,99	7,16	7,39	8,33	8,24	

Fuente: Elaboración propia.

2004) en relación a este tipo de recubrimientos, que permiten un mayor juego de humedad con el ambiente, no bloquean el paso de humedad, sino que son flexibles y permiten las fluctuaciones dimensionales del sustrato.

En la Tabla 3 se muestra que para los tableros OSB el CH a T0 es más bajo que para los otros tiempos, esto concuerda con los valores de CH de comercialización entregados por el fabricante. El nivel de HEH alcanzado por los tableros OSB después del acondicionamiento es porcentualmente mayor que el obtenido por los tableros contrachapados, si se considera que partieron todos en valores cercanos al 6%; concuerda además que los niveles de absorción de humedad son ligeramente mayores en OSB que en contrachapados.

Los tableros evaluados sufrieron diversos trastornos influenciados por características propias de cada sustrato, tales como sus propiedades iniciales distintas, su composición (chapas u hojuelas), distribución y gramaje de adhesivo y tipos de protección. Luego del acondicionamiento se vuelve a una condición similar a la inicial que genera un comportamiento mecánico errático, tal como se describe en los análisis que se presentan a continuación.

Resistencia a la flexión: Módulo de ruptura (MOR) y Módulo de elasticidad (MOE)

Para el análisis de las propiedades mecánicas se presenta en primer lugar los resultados que se muestran en la Figura 5 (A-D). En ellos es posible

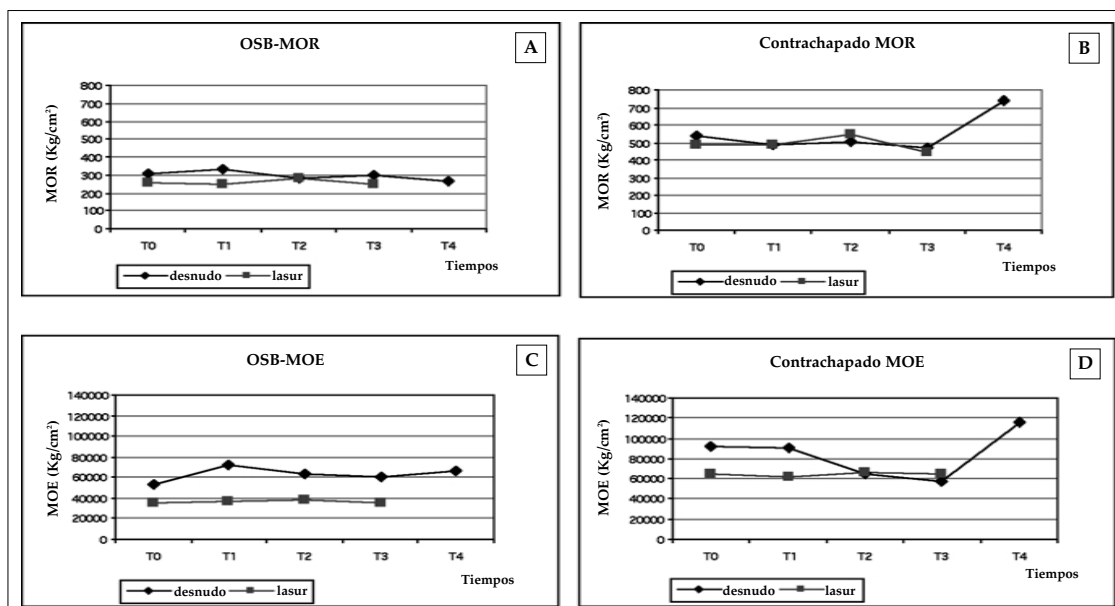
**Figura 5 (A-D):** Envejecimiento acelerado tableros OSB MOR/ contrachapados MOR / OSB MOE / contrachapados MOE.

Tabla 4: Análisis de Varianza propiedades mecánicas.

Propiedad	Factores			Duncan	
	A	B	AB	A	B
OSB. Flexión estática MOR	sí	sí	no	**	
Contrachapado. Flexión estática MOE	sí	sí	sí	*	*
OSB. Flexión estática MOR	sí	sí	sí	*	**
Contrachapado. Flexión estática MOE	sí	sí	sí	*	*

Fuente: Elaboración propia.

apreciar las variaciones de resistencia a la flexión, medida a través de MOR y MOE para ambos tipos de tableros, considerando el efecto del factor tiempo de exposición y factor de protección.

En la Figura 5 se observa, con respecto al factor protección, valores más bajos para lasur que los correspondientes a tableros desnudos. De la misma manera que se planteó para las propiedades físicas, esta tendencia será analizada estadísticamente. Se observa, además, que los valores alcanzados para el MOR en contrachapados son más altos que los correspondientes a tableros OSB. No se evidencia a través de los datos una disminución secuenciada de esta propiedad a través del tiempo de exposición.

Para los tableros OSB, los valores de MOE son en general más bajos que para contrachapados; llama la atención que el tablero desnudo presente mayores módulos de elasticidad que los que presenta con lasur, si esto se relaciona con las propiedades físicas analizadas, es posible que esta situación se explique por las variaciones de HEH alcanzada por los tableros, lo que provocó un juego de adsorción y desorción al interior del tablero que evidencia una rigidización de las uniones en la in-

terfase entre las hojuelas, dando como resultados tableros levemente menos elásticos.

Los tableros con lasur se comportaron bastante estables en el módulo elástico, a diferencia de lo ocurrido con los tableros desnudos particularmente al T4.

A continuación, en la Tabla 4 se presenta un resumen del Andeva para propiedades mecánicas.

En las propiedades mecánicas se observa que, salvo en un caso, existe significancia estadística para los factores en estudio, quiere decir que la propiedad mecánica está siendo influenciada estadísticamente por el tiempo de exposición y/o el tipo de protección. Además es más habitual que la significancia sea sólo de un 95% (*).

Tableros envejecimiento natural

Para la presentación de resultados de envejecimiento natural se emplea la nomenclatura siguiente:

Tiempos (meses)	T0 =inicio	T2=12	T3 = 24
Protección	P1 sin protección	P2 = Lasur	

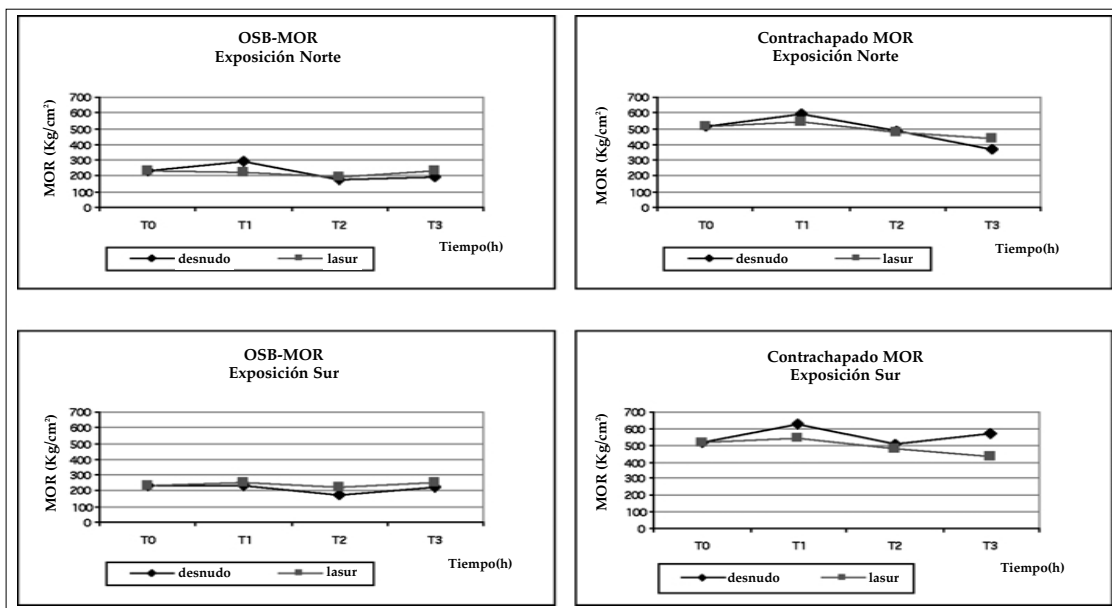


Figura 6: Exposición Norte de T0 a T3 Tablero OSB MOR /contrachapados MOR. Exposición Sur de T0 a T3 OSB MOR/ contrachapados MOR.

En la Figura 6 se puede ver que el efecto degradativo de intemperie en un plazo más largo, uno y dos años, suaviza el comportamiento errático observado en envejecimiento acelerado de esta propiedad, en donde las fluctuaciones pudieron observarse a tiempos más cortos. La estabilidad en el comportamiento dentro de los rangos normales de MOR y MOE para ambos tableros es lo que más destaca de estos gráficos. En cuanto a la protección con lasur, desde el punto de vista de la resistencia a la flexión no evidencia un efecto si se compara este comportamiento con un tablero desnudo.

De lo anterior resulta trascendente el que los tableros estructurales, luego de dos años de exposición, presentan una evolución de propiedades satisfactoria respecto a los parámetros establecidos por norma, del mismo modo que ocurrió para envejecimiento acelerado. Quedando como problema a resolver los aspectos estéticos y de pérdida de estabilidad dimensional de los tableros.

Propiedades estéticas

Ensayo tableros envejecimiento natural

En la Figura 7 es posible visualizar el estado general del ensayo al Tiempo 1, se observa un acercamiento con los defectos en tableros desnudos.

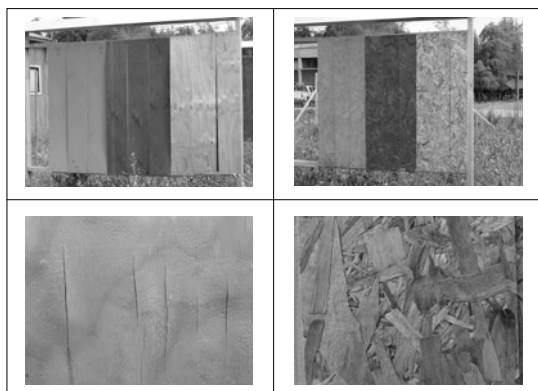


Figura 7: Contrachapado y OSB en envejecimiento acelerado Tiempo 1.

Ensayo tableros envejecimiento acelerado

Para el contrachapado desnudo el principal efecto observado es el oscurecimiento y presencia de manchas por efecto de la humedad, también se aprecia suciedad en la superficie. En contrachapado con lasur el cambio de color es menos significativo, aunque sí existe decoloración, en este caso la superficie del sustrato se ve en mejores condi-

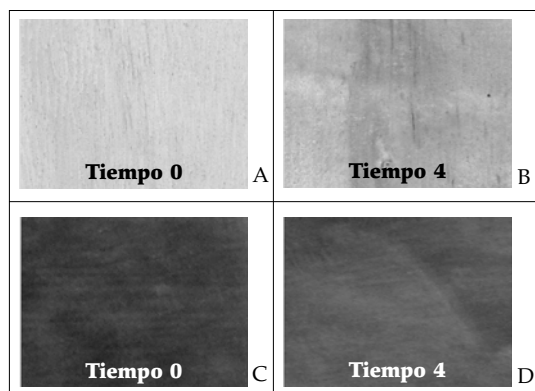


Figura 8: Comparación contrachapados entre T0 y T4.

A: Contrachapado desnudo Tiempo 0	C: Contrachapado Lasur Tiempo 0
B: Contrachapado desnudo Tiempo 4	D: Contrachapado Lasur Tiempo 4

ciones, sin la presencia de hongos de mancha.

En los tableros OSB se aprecia el alto grado de rugosidad de la superficie, producto de las variaciones dimensionales registradas, sin embargo, no se presentó desprendimiento de hojuelas en ninguno de los casos para el tiempo estudiado. La condición general de los tableros OSB desnudos denota un oscurecimiento del tablero, para luego registrar presencia de hongos de mancha y suciedad. También el tablero OSB con lasur presenta menos daño en superficie, comparado con el tablero desnudo, no encontrándose presencia de suciedad, manchas ni desprendimiento de hojuelas.

Desde el punto de vista estético, la protección con lasur resultó ser la mejor, se observa que al no formar una película rígida sobre el tablero permitió las variaciones dimensionales y no se produjo el desprendimiento o pérdida del protector, además las variaciones de color son menores.

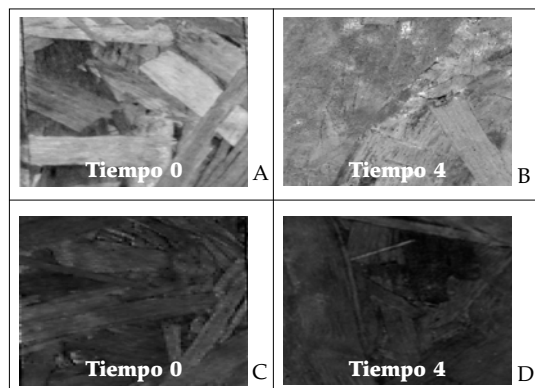


Figura 9: Comparación OSB entre T0 y T4.

A: OSB desnudo Tiempo 0	C: OSB Lasur Tiempo 0
B: OSB desnudo Tiempo 4	D: OSB Lasur Tiempo 4

DISCUSION

Diversos autores (Kollmann *et al.*, 1975; Maloney, 1977; Poblete, 2001; Linville, 2000, entre otros) destacan las diferencias en las propiedades físico-mecánicas de los tableros a base de madera, particularmente más importantes en los tableros estructurales. Atribuibles a una gran cantidad de factores: inherentes a las especies de madera que los forman, derivadas de las características de los adhesivos, influenciadas por las variables de proceso de fabricación y a características propias de cada tipo de producto tales como espesor y número de chapas u hojuelas, mezcla de especies y defectos admitidos, etc.

Durante el Congreso Woodcoating, organizado por la Asociación de investigación de pintura en La Haya, realizado entre el 25 al 27 de octubre de 2004, se analizaron productos innovadores, métodos de prueba y estandarización. Respecto a este último punto se presentaron trabajos por parte de institutos de investigación en madera de todo el mundo, USDA Forest Service (EE.UU.), CATA (Italia), CTBA (Francia), AIDIMA (España), entre otros. Lo que se persigue es unificar los métodos y la clave está en desarrollar pruebas y ensayos que sean repetibles y reproducibles. Entre las líneas que se mencionan está la definición de estándares que midan la resistencia a la humedad y temperatura (PROTECMA, 2005).

Los autores Feist (1988), Déglise (2002), Williams (2001), Beall (2002), Baldwin (1975), señalan que se obtiene una mayor duración de la madera o tableros expuestos a la intemperie o a condiciones severas de HR y T° si éstos se encuentran recubiertos con protectores superficiales; como se observa que los materiales lignocelulósicos juegan dimensionalmente se requiere como característica fundamental que el recubrimiento sea capaz de seguir este movimiento de hinchamiento y contracción sin perder la adherencia al sustrato por largos periodos, en ningún caso el objetivo es evitar tales movimientos; sin embargo, en sus investigaciones raramente realizan evaluaciones de las propiedades de los sustratos, se enfocan más en la evaluación de los protectores superficiales.

En Europa Occidental hay un interés creciente y un mercado en alza en el uso de la madera en construcción por su imagen ecológica y las ventajas que ofrece. Mientras la "construcción tradicional" está siendo conducida por grandes empresas fabricantes de hormigón, la construcción en madera es conducida por Pymes mayoritariamente. Quedan todavía muchas barreras que vencer para hacer que la madera sea competitiva y sea adoptada por un mayor número de consumidores.

Una de estas barreras indudablemente es la

degradación de la madera en condiciones climáticas que requieren de tratamientos específicos. Estos tratamientos químicos incluyen biocidas que se emplean para destruir y ejercer un efecto controlador sobre cualquier organismo degradante. Todavía están siendo extensamente utilizados en muchos países.

El lasur que se empleó en este estudio se encuentra en la línea de productos con aditivos químicos especiales para proveer protección integral frente a luz UV, frente a microorganismos, etc. Sin embargo, si se plantea como un producto que inhiba, bloquee y/o evite cambios dimensionales o de resistencia mecánica en los tableros ensayados, entonces claramente el protector superficial no cumple esa función y en este contexto actúa parcialmente prolongando la vida en servicio de estos materiales cuando ellos se encuentran expuestos a condiciones severas.

En consecuencia, de acuerdo a los resultados obtenidos, si fuese necesario recomendar un producto para protección lo primero que habría que decir es que aún no existe un producto formulado que satisfaga esta necesidad, claramente no resulta apropiado emplear un formador de película, los lasures en este sentido son mejores y más recomendables, sin embargo son objetados por la incorporación de compuestos químicos no siempre amigables con el ambiente, razón por la cual las investigaciones continúan.

Mirado en esta perspectiva, el tema investigado en este trabajo evidencia que se producen cambios en las propiedades físico-mecánicas de los tableros a través del tiempo y que aunque se protejan superficialmente, el problema no se resuelve, debido a que aún no se ha encontrado un producto protector completamente eficiente y porque además el envejecimiento en el tiempo de los productos en servicio depende de manera significativa de la severidad en las condiciones de exposición y es prioritario definir las clases de riesgo en servicio.

CONCLUSIONES

Protectores superficiales

Los productos empleados no satisfacen completamente la necesidad de protección bajo condiciones severas.

Los lasures son recomendables; sin embargo, son objetados por la incorporación de compuestos químicos no siempre amigables con el ambiente.

Se demostró que se producen cambios en las propiedades físico-mecánicas de los tableros a través del tiempo y que aunque se protejan superficialmente, el problema no se resuelve.

Propiedades físicas

Para todos los tiempos de exposición y tipos de protección se demostró estadísticamente que hay variaciones en el espesor y en el peso de los tableros estructurales, pero no siempre son crecientes.

Los valores determinados para las propiedades físicas se encuentran dentro de los rangos admisibles establecidos por las normas.

Las propiedades físicas evaluadas resultan mayores en tableros OSB que en tableros contrachapados.

Propiedades mecánicas

Se validó la hipótesis de trabajo: "Las propiedades mecánicas de los tableros se ven afectadas por los factores tiempos de exposición y protección".

Se observó un comportamiento errático de variaciones en las propiedades mecánicas.

Cuando los tableros se encuentran a niveles de humedad altos no necesariamente disminuyen su resistencia mecánica, como regla general.

La presencia de adhesivos, provoca que se generen microzonas al interior del tablero, las uniones encoladas se alteran, dependiendo de factores tales como la transición vítrea del adhesivo, focos de mayor o menor humedad y por ende, relajación o contracción de la interfase madera-adhesivo.

REFERENCIAS

ACAE, 2003. Compendio de catálogos. Sector construcción [en línea]. ACAE. <http://www.acae.es/acae1/m/met1/met1.html>. Consulta: 23 octubre 2003.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. ASTM, 1994. ASTM D 661-93. Evaluating degree of cracking of exterior paints. ASTM D 662-93. Evaluating degree of erosion of exterior paints.

BALDWIN, R. 1975. Plywood manufacturing practices. Miller Freeman Publications, Inc. USA. 256 p.

BARPIMO, 2002. Fabricante de barniz y pinturas. [en línea]. www.barpimo.es. Consulta: 10 agosto 2002.

BEALL, F. 2002. Preservación a través de degradación térmica. Primer Congreso Chileno de Ciencias Forestales, Seminario Protección de la Made-

ra, Oct. 24, 2002, Casa Central, Universidad de Chile. Santiago, Chile.

DEGLISE, X. 2002. Preservación y recubrimiento de la madera. Seminario de Protección de la Madera. Primer Congreso Chileno en Ciencias Forestales. Universidad de Chile. Santiago. Chile.

DIEGUEZ, J. 1994. Los lasures: protectores decorativos de la madera. *Rev AITIM* (170): 47-53 (España).

DIEGUEZ, J. 1997. Mecanismos de envejecimiento y temperatura de transición vítrea de los recubrimientos. *Rev AITIM* (188): 1-4.

DREYSE, C. 1979. Deterioro y envejecimiento de recubrimientos en la construcción. Tesis Ingeniero Civil. Universidad de Chile. Santiago, Chile.

ECOHABITO, 2003. Disponible en <http://www.ecohabito.com/teceind/pinturas-intro.htm>. [en línea]. Consulta: 15 septiembre 2003.

FEIST, W. 1988. "Role of pigment concentration in the weathering of semitransparent stains". *Forest Products J.* 38: 41-44.

EN 314-1. 1993. Norma europea. Calidad de encolado de tableros contrachapados. Parte I: métodos de ensayo. Parte II: especificaciones. Asociación Española de Normalización y Certificación AENOR. Madrid, España.

KOLLMANN, F. 1975. Principles of wood. Science and technology. Springer. New York. USA.

LINVILLE, J. 2000. The influence of a horizontal density distribution on moisture-related mechanical degradation of oriented Strand composites. Thesis Master of science in civil engineering. Washington State University, Washington. USA.

MALONEY, T.M. 1977. Modern Particleboard and dry-process. Fiberboard manufacturing. Miller Freeman Publications. USA.

POBLETE, H. 2001. Tableros de partículas. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Austral de Chile. Editorial El Kultrún, Valdivia, Chile.

RODRIGUEZ, B. 2004. Curso sobre lasures. Liganes (vehículos) para lasures. En: Jornada técnica sobre lasures para madera. 10 marzo 2004. Valencia, España.

WILLIAMS, R. SAM; KNAEBE, MARK T.; SOTOS, PETER G.; FEIST, WILLIAM C. 2001. Erosion rates of wood during natural weathering. Part I Effects of grain angle and surface texture. [en línea]. *Wood Fiber Sci.* 33(1): 31-42. Forest Products Laboratory. USDA. <<http://www.fpl.fs.fed.us/documents/pdf2001/willi01a.pdf>> [en línea]. Consulta 12 abril 2003.