

# Uniones endentadas y de canto con *Pinus radiata*: experiencias sobre su calidad

Finger and edge joints with *Pinus radiata*: experience on quality determination.

HERNAN POBLETE, HECTOR CUEVAS

Instituto de Tecnología de Productos Forestales, Universidad Austral de Chile, Casilla 567, Valdivia, Chile.

## SUMMARY

During the last five years the Institute of Forest Product Technology at Universidad Austral de Chile has worked on quality determinations for finger and edge joints of PVA bonded *Pinus radiata* blockboards. Two standards were applied, EN 204-205 and ASTM D 3110. Based on the accumulated experience, this note presents a comparison of both standards and the results of quality controls.

*Key words:* fingerjoints, edgejoints, blockboards.

## RESUMEN

Durante los últimos cinco años el Instituto de Tecnología de Productos Forestales de la Universidad Austral de Chile ha realizado controles de calidad de uniones endentadas y de canto para tableros enlistonados de *Pinus radiata* encolados con PVA. Los ensayos se han realizado con dos normas, EN 204-205 y ASTM D 3110. Sobre la base de la experiencia acumulada, en la presente nota se entrega una comparación de las normas y se presentan los resultados de los ensayos.

*Palabras claves:* uniones endentadas, uniones de canto, tableros enlistonados.

## INTRODUCCION

Los tableros enlistonados son un elemento importante en la fabricación de muebles. En Chile son numerosas las empresas que fabrican este producto con *Pinus radiata*, tanto para el mercado interno como para la exportación.

El control de calidad de este producto se realiza considerando el aspecto del tablero y las propiedades mecánicas de las uniones. Para el caso de la determinación de la calidad de las uniones se trabaja principalmente con la norma norteamericana ASTM (American Standard for Testing and Materials) y la norma europea EN (Europa Norm).

A continuación se presentan las principales características de las normas EN 204; EN 205 y ASTM D 3110, aplicadas hasta el presente por el Instituto de Tecnología de Productos Forestales para la determinación de la calidad de las uniones endentadas y de canto. Se analizan además los resultados obtenidos.

## CARACTERISTICAS DE LAS NORMAS APLICADAS

*Normas EN 204 y 205.* La norma EN ha sido desarrollada para ensayar uniones de canto, obligatorias en la fabricación de tableros enlistonados; no considera el ensayo de uniones endentadas.

*Clases de durabilidad y exigencias.* La norma EN 204 clasifica las uniones en clases de durabilidad tal como se especifica en el cuadro 1.

Considerando las clases de durabilidad señaladas en el cuadro 1, la norma EN 204 establece los tratamientos de acondicionamiento y las exigencias en resistencia que se señalan en el cuadro 2. El clima estándar corresponde a un acondicionamiento, hasta peso constante, a  $20 \pm 2^\circ \text{C}$  con una humedad relativa de  $65 \pm 5\%$ .

A modo de ejemplo, de acuerdo con el cuadro 2, para el caso de un tablero del tipo D4, se deben efectuar los tratamientos identificados como "A", "C", "E" y "F".

CUADRO 1

Clases de durabilidad según norma EN 204.  
Durability class in accordance to EN 204 standard.

Clase de durabilidad	Condiciones climáticas
D1	Interior, temperaturas máximas de 50° C por períodos cortos y humedad máxima en la madera de 15%
D2	Interior con exposición ocasional a humedad condensada o a condiciones con humedad alta que no den como resultado una humedad de la madera mayor al 18%
D3	Interior con exposición frecuente a períodos cortos con humedad condensada o con alta humedad. Exterior no expuesta
D4	Interior con exposición frecuente a períodos largos con humedad condensada. Exterior expuesta pero con protección superficial

CUADRO 2

Tratamientos de acondicionamiento y exigencias de la norma EN 204.

Conditionment treatments and minimum values for EN 204 standard.

Tratamiento de acondicionamiento	Exigencia (N/mm <sup>2</sup> ) por clase de unión			
	D1	D2	D3	D4
A) 7 días en clima estándar	≥ 10	≥ 10	≥ 10	≥ 10
B) 7 días en clima estándar 3 horas agua fría 7 días en clima estándar	-	≥ 8	-	-
C) 7 días en clima estándar 4 días agua fría	-	-	≥ 2	≥ 4
D) 7 días en clima estándar 4 días agua fría 7 días en clima estándar	-	-	≥ 8	-
E) 7 días en clima estándar 6 horas agua hirviendo 2 horas agua fría	-	-	-	≥ 4
F) 7 días en clima estándar 6 horas agua hirviendo 2 horas agua fría 7 días en clima estándar	-	-	-	≥ 8

Probetas y ensayos. La norma EN 205 exige sólo un ensayo de cizalle por tracción y especifica dos opciones para la confección de la probeta, éstas se presentan en la figura 1. Por la posición de la línea de cola en las probetas, el ancho (20 mm) corresponde al espesor del tablero.

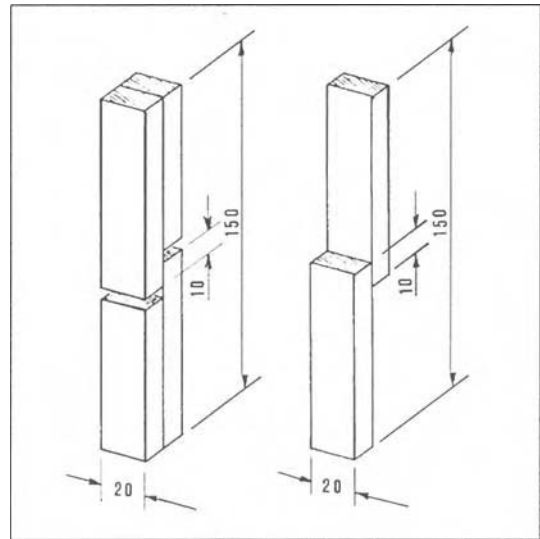


Figura 1. Opciones de forma para la probeta en norma EN 205.

Test pieces options in EN 205 standard.

Entre las condiciones mencionadas por la norma: • la dirección de las fibras debe ser paralela al eje (largo) de la probeta, • los anillos de crecimiento deben incidir sobre la superficie encolada con un ángulo de 30°, y • la madera a emplear debe ser de *Fagus sylvatica* con una densidad de 700 ± 100 kg/m<sup>3</sup>.

Al ensayar se deben registrar la resistencia y el porcentaje de desgarramiento de fibras (adhesión) en el plano ensayado.

Norma ASTM D 3110. La norma ASTM considera ensayos para las uniones de canto y para las uniones endentadas. En el caso de las uniones endentadas la norma exige realizar ensayos de tracción y flexión. Las uniones de canto se evalúan con un ensayo de cizalle por compresión.

Clases de durabilidad y exigencias. La norma reconoce dos tipos de uniones; de USO SECO, uniones no estructurales capaces de resistir hasta 16% de humedad de equilibrio y temperaturas inferior-

res a 74° C hasta por 6 horas o 60° C continuamente, y de USO HUMEDO, uniones no estructurales capaces de resistir una humedad de equilibrio superior a 16% y temperaturas hasta de 74° C en servicio. Considerando las clases anteriores se establecen los tratamientos y exigencias por clase de durabilidad que se presentan en los cuadros 3 y 4, respectivamente.

En cizalle (para uniones de canto) las exigencias son referidas a la madera sólida y corresponden a un porcentaje del promedio de una muestra sin unión. Para los ensayos de uniones endentadas

(flexión y tracción) la norma fija una resistencia promedio (MPa) que se debe cumplir. Para ambos tipos de uniones la norma establece porcentajes promedio de adhesión.

Se establece además un "Mínimo" que corresponde a la exigencia a la probeta de menor valor seleccionada luego de descontar el 10% de los valores más bajos de la muestra.

En general, para uniones de canto y endentadas en resistencia y adhesión, no se aceptan valores "cero". Si una probeta se despega se rechaza el tablero.

CUADRO 3

Tratamientos de acondicionamiento por clase de uso según norma ASTM D 3110.  
Conditionment treatments for each performance level in ASTM D 3110 standard.

Clase de uso	Tratamiento
<b>Uso seco</b>	1. Curado: Climatización (10-12%)
	2. Inmersión: 4 h HOH 18-27° C 19 h secado 41 ± 3° C aire forzado (Ciclo a repetir 3 veces)
	3. Elevación de temperatura (dos métodos): 6 h estufa 74 ± 3° C y 12 min 80 ± 1° C, o 6 h estufa 74 ± 3° C y ensayar a 74 ± 3° C
	4. Temperatura humedad (sólo para tracción) Climatizar a 27 ± 3° C y 80 ± 5% hra 12 a 20 min estufa 65 ± 1° C
<b>Uso húmedo</b>	1. Curado: Climatización (10 - 12%)
	2. Ebullición: 4 h HOH 100° C 20 h estufa 63 ± 3° C 4 h HOH 100° C 1 h HOH 18 - 27° C
	3. Vacío presión: 30 mm vacío 84.4 kPa en HOH 18 - 27° C 30 min presión 517 ± 14 kPa

CUADRO 4

Requerimientos de la norma ASTM D 3110 para calificar.  
Requirements for qualification in ASTM D 3110 standard.

USO	Tratamiento	Uniones de canto				Uniones endentadas			
		Cizalle				Tracción			Flexión
		Resistencia		Adhesión		Resistencia (MPa)	Adhesión		Resistencia (MPa)
		Media %	Mínimo %	Media %	Mínimo %		Media %	Mínimo %	
HUMEDO	• Curado	60	30	60	30	13.8	60	30	13.8
	• Ebullición	50	25	50	25	11.0	50	25	9.7
	• Vacío presión	50	25	50	25	11.0	50	25	9.7
SECO	• Curado	60	30	60	30	13.8	60	30	13.8
	• Inmersión	30	15	30	15	6.9	30	15	6.9
	• Elevación temperatura	40	20	40	20	6.9	s/e	s/e	s/e
	• Temperatura humedad	s/e	s/e	s/e	s/e	5.2	s/e	s/e	s/e

Media = promedio de todas las probetas.

Mínimo = valor de la probeta más defectuosa descontado el 10% más bajo,

s/e = Sin exigencia, no se realiza el ensayo.

*Probetas.* La figura 2 presenta la forma y dimensiones de las probetas para los ensayos de uniones de canto y endentadas según ASTM D 3110.

RESULTADOS

*Ensayos según Norma EN.* En el cuadro 5 se presentan los promedios de cizalle obtenidos para 1.240 probetas en cuatro de los tratamientos señalados por la norma EN.

Se observa que en el tratamiento "A" no se logra cumplir con la exigencia de 10 N/mm<sup>2</sup> que impone la norma. En los tratamientos "C" y "E" se exigen 4 N/mm<sup>2</sup>, cumpliéndose con la norma. En el último tratamiento, "F", se registra una recuperación por el climatizado final y se cumple con los 8 N/mm<sup>2</sup> exigidos por la norma.

Cabe tener presente que los valores de resistencia exigidos a las uniones están referidos a los que se obtengan con madera de haya, *Fagus sylvatica*, cuyas características son muy diferentes a las del *Pinus radiata* creciendo en Chile. Debido a lo anterior se efectuó un ensayo para determinar la resistencia de la madera de *Pinus radiata*. Las resistencias de la madera sin unión, sometida a las condiciones que indica la norma, se compararon con los resultados de las probetas con unión.

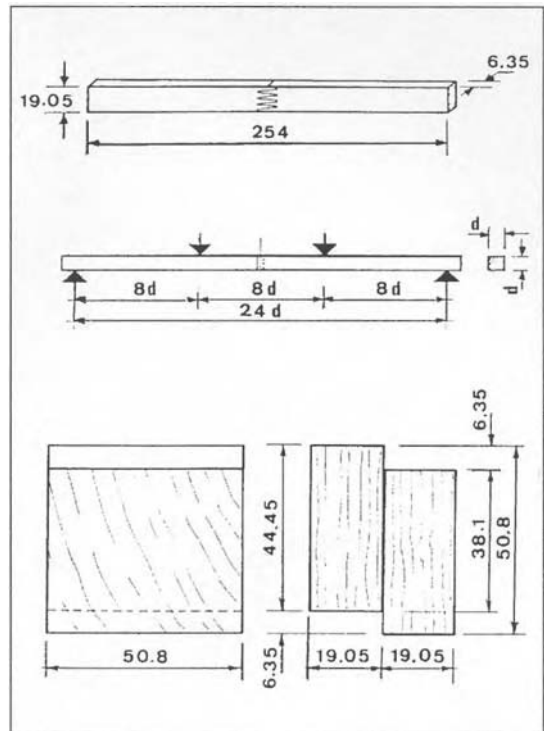


Figura 2. Forma y dimensiones de las probetas en la norma ASTM D 3110.

Test pieces shape and dimensions in ASTM D 3110 standard.

CUADRO 5

Resultados de cizalle obtenidos con norma EN 205.  
Shear strength values obtained with EN 205 standard.

Tratamiento "A" (N/mm <sup>2</sup> )	Tratamiento "C" (N/mm <sup>2</sup> )	Tratamiento "E" (N/mm <sup>2</sup> )	Tratamiento "F" (N/mm <sup>2</sup> )
9.00	7.46	6.07	8.83

El ensayo se llevó a cabo con las exigencias para la clase de durabilidad D4. En la confección de las probetas con unión se emplearon adhesivos PVA (tipo D4) de tres fabricantes. Los resultados del ensayo se presentan en el cuadro 6.

Los resultados demuestran que las normas EN presentan una exigencia que resulta ser muy alta para el caso del *Pinus radiata* en el tratamiento "A". La madera posee una resistencia cercana a lo exigido por la norma (10 N/mm<sup>2</sup>), lo que puede inducir a errores al momento de evaluar el tablero. Es posible que un tablero no alcance a cumplir con el límite de 10 N/mm<sup>2</sup> por una falla de la madera y no por una falla del adhesivo.

Los valores de cizalle obtenidos luego de los tratamientos "C" y "E" demuestran que no habría inconvenientes para evaluar los resultados ya que la madera no se ve afectada por el tratamiento, mientras que las uniones con adhesivo disminuyen a por lo menos un 50% de la resistencia sin unión.

CUADRO 6

Resistencias al cizalle (N/mm<sup>2</sup>) obtenidas con la norma EN en uniones con diferentes adhesivos y madera sin unión.

Shear strength (N/mm<sup>2</sup>) obtained with EN standard in joints with different adhesives and solid wood.

Tratamiento	Adhesivo 1	Adhesivo 2	Adhesivo 3	Madera sin unión
A	10.61	8.97	11.05	11.06
C	3.38	2.73	4.68	10.83
E	5.67	4.48	3.33	10.37
F	10.60	9.69	6.01	11.59

El tratamiento "F" de la norma tiene una exigencia de 8 N/mm<sup>2</sup>, lo que da un cierto margen de seguridad para atribuir las fallas al adhesivo antes que a la madera. Debe tenerse presente que en el caso de contar con madera de menor calidad, podría darse una situación similar a la mencionada en el caso del tratamiento "A".

En general, las condiciones planteadas por las normas EN son adecuadas para el control de calidad del adhesivo siempre que se utilice una especie que por sus características permita obtener valores mayores a 10 N/mm<sup>2</sup>. Además, tal como está diseñada, la norma EN no parece adecuada para calificar la calidad de tableros producidos en una línea industrial, donde es imposible controlar con exactitud la dirección de las fibras y el ángulo de los anillos. La ventaja destacable de las normas EN está en el tamaño de las probetas, que por el ancho considerado permite trabajar con tableros de espesores iguales o superiores a 20 mm.

*Ensayos según Norma ASTM D 3110. Uniones de canto.* La ventaja más importante de la norma ASTM es considerar las exigencias como proporción de lo alcanzado por madera sólida. Lo anterior significa que si la madera tiene una baja resistencia no afecta la posibilidad de aprobar la norma.

El cuadro 7 presenta los promedios de resistencia al CIZALLE de un total de 2.400 probetas (1.560 para uso seco y 840 para uso húmedo), mostrando el comportamiento de las uniones de canto obtenidas en Chile con *Pinus radiata*.

Tanto para USO SECO como HUMEDO, en CURADO, la media de resistencia de las probetas con unión supera el 60% de lo registrado por las probetas sin unión, requerimiento de la norma, en este caso aproximadamente 10 MPa.

En el cuadro 7 se aprecia que los tratamientos de envejecimiento para USO SECO (INMERSION y ELEVACION DE TEMPERATURA) provocan pérdidas similares de resistencia. En ambos casos se llega a niveles aproximados a un 50% del referente madera sólida. Si se considera que la norma exige 30% y 40%, se comprueba que el resultado de las uniones es positivo.

Los tratamientos para USO HUMEDO (EBULLICION y VACIO-PRESION) provocan pérdidas más acentuadas de la resistencia, alcanzando aproximadamente un 25% del valor de la madera sólida. En este ensayo la norma exige un 50%, por lo que en general los tableros no cumplen con la norma.

## CUADRO 7

Resultados de cizalle obtenidos con norma ASTM D 3110.

Shear strength values obtained with ASTM D 3110 standard.

Uso seco					
Curado		Inmersión		Elevación temperatura	
Resistencia (MPa)	Adhesión (%)	Resistencia (MPa)	Adhesión (%)	Resistencia (MPa)	Adhesión (%)
12.92	65.71	7.39	27.64	7.52	17.07

Uso húmedo					
Curado		Ebullición		Vacío-presión	
Resistencia (MPa)	Adhesión (%)	Resistencia (MPa)	Adhesión (%)	Resistencia (MPa)	Adhesión (%)
12.90	51.92	3.47	6.91	4.70	5.79
Promedio madera sólida en cizalle = 14.58 MPa					

En la evaluación de la adhesión, la muestra estudiada en USO SECO alcanza un 65.7% en CURADO, cumpliendo los requisitos (60%). La muestra presenta una adhesión promedio similar a la exigida por la norma en INMERSION. En ELEVACION DE TEMPERATURA la muestra no cumple, alcanzando sólo a un 50% de lo requerido. Resulta interesante notar que la norma exige más en ELEVACION DE TEMPERATURA que en INMERSION, mientras que los tableros responden en forma inversa.

En USO HUMEDO la muestra para CURADO, con 52%, no alcanza la exigencia (60%). Los tableros tratados en EBULLICION y VACIO PRESION no cumplen con la norma, alcanzando aproximadamente a un 15% de lo exigido.

*Uniones dentadas.* La norma ASTM impone valores fijos de resistencia para las uniones endentadas, no existe un referente madera sólida. Los resultados obtenidos para tracción en una muestra

de 2.100 probetas (1.200 para uso seco y 900 para uso húmedo) se presentan en el cuadro 8.

La muestra tanto de USO SECO como HUMEDO cumple con las exigencias de resistencia de la norma ASTM.

En adhesión la muestra de USO SECO cumple con la norma. En el caso de los tratamientos exigidos para USO HUMEDO (EBULLICION y VACIO PRESION) los tableros no cumplen con la norma y alcanzan a aproximadamente un 40% de lo requerido.

En el cuadro 9 se presentan los resultados de resistencia promedio obtenidos en FLEXION en una muestra de 1.500 probetas (600 para uso seco y 900 para uso húmedo). La norma no estipula exigencias para la adhesión en este ensayo.

Las exigencias de la norma son aprobadas en ambos tipos de adhesivo y en todos los tratamientos. Pese a lo anterior algunas probetas se despegaron luego de los tratamientos, lo que equivale a registrar valores de resistencia "cero", por este hecho se desclasifica el tablero.

CUADRO 8

Resultados de tracción obtenidos con norma ASTM D 3110.  
Tension values obtained with ASTM D 3110 standard.

Uso seco					
Curado		Inmersión		Elevación temp.	Temp. humedad
Resistencia (MPa)	Adhesión (%)	Resistencia (MPa)	Adhesión (%)	Resistencia (MPa)	Adhesión (MPa)
46.54	92.60	29.35	52.73	39.31	35.03

Uso húmedo					
Curado		Ebullición		Vacío-presión	
Resistencia (MPa)	Adhesión (%)	Resistencia (MPa)	Adhesión (%)	Resistencia (MPa)	Adhesión (%)
41.43	86.60	16.10	18.33	15.59	15.17

CUADRO 9

Resistencias a la flexión obtenidas con la norma ASTM D 3110.  
Flexure obtained with ASTM D 3110 standard.

Uso seco		Uso húmedo		
Curado (MPa)	Inmersión (MPa)	Curado (MPa)	Ebullición (MPa)	Vacío-presión (MPa)
50.49	30.66	46.32	20.12	22.57

## OBSERVACIONES

*Espesor de los tableros.* Una desventaja importante de la norma ASTM es que para el caso de las uniones de canto se requiere de un ancho de probeta de 50.8 mm (ver figura 2), dimensión que muy pocos tableros presentan en su espesor. Lo anterior significa que normalmente se deben preparar muestras especiales, no estándares en la producción, para evaluar el adhesivo. Para analizar este punto se encuentra en desarrollo una investigación tendiente a determinar la influencia de la sección de ensayo en la resistencia al cizalle.

Respecto a lo anterior, la norma EN presenta la ventaja de requerir un espesor de tablero de sólo 20 mm.

*Dirección de las fibras.* Se ha observado que la dirección de las fibras y la orientación de los anillos de crecimiento son factores que influyen sobre la resistencia de las uniones. Este aspecto lo estipulan las normas EN y ASTM pero es difícil controlarlo en los procesos industriales. Por lo anterior, es normal que los tableros presenten resistencias y adhesiones inferiores a las exigidas.

CUADRO 10

Pérdida de la resistencia por efecto del tratamiento en probetas de madera sin unión.

Decrease of resistance caused by treatments in test pieces without joints.

Ensayo	Tratamiento	Resistencia
Tracción	Curado	100
	Ebullición	73
	Vacío-presión	77
Flexión	Curado	100
	Ebullición	47
	Vacío-presión	53
Cizalle	Curado	100
	Ebullición	57
	Vacío-presión	64

*Efecto de los tratamientos sobre la madera.* Como se observara en el cuadro 6, la madera al ser sometida a los tratamientos de las normas EN no registra cambios importantes en su resistencia al cizalle. En un estudio paralelo con los tratamientos para USO HUMEDO de la norma ASTM se ha

determinado que los tratamientos provocan una disminución de la resistencia de la madera. Lo anterior es atribuible a la mayor rigurosidad de los tratamientos al compararlos con los de la norma EN. Los valores se presentan en el cuadro 10 como porcentaje de la resistencia lograda en CURADO.

BIBLIOGRAFIA

COMITE EUROPEO DE NORMALIZACION. 1993. Clasificación de adhesivos no estructurales para uniones de madera y productos derivados de la madera. Asociación Española de Normalización y Certificación. Madrid, 4 p.

COMITE EUROPEO DE NORMALIZACION. 1993. Método de ensayo para adhesivos para la madera de uso no estructural. Determinación de la resistencia a la cizalladura por tracción de juntas solapadas. Asociación Española de Normalización y Certificación. Madrid, 4p.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. 1990. "Standard Specification for Adhesives Used in Nonstructural Glued Lumber Products. D 3110-90", *Annual Book of AST Standards*: 198-206.

POBLETE, H. 1992. Calidad de las uniones en blockboards de *Pinus radiata*. En: Actas Simposio *Pinus radiata* investigación en Chile. B. OLIVARES, M. MENESES, G. PAREDES (eds.), Universidad Austral de Chile: 273-284.

PRUZZO, F., M. RAMOS. 1992. Estudio comparativo de uniones encoladas versus madera sólida de Pino radiata D. Don. En: Actas Simposio *Pinus radiata* investigación en Chile. B. OLIVARES, M. MENESES, G. PAREDES (eds.), Universidad Austral de Chile: 285-291.