

CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DE VIGAS I FABRICADAS CON TABLEROS OSB Y MADERA ASERRADA ESTRUCTURAL DE PINO RADIATA



CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DE VIGAS I FABRICADAS CON TABLEROS OSB Y MADERA ASERRADA ESTRUCTURAL DE PINO RADIATA

Luis Vásquez¹; Cristian Reyes; Jorge Catalán;
Raul Campos; Gonzalo Hernández y Patricio Elgueta

Financiamiento

Proyecto CORFO Fortalecimiento de Capacidades Tecnológicas del Instituto Forestal para el Desarrollo de la Industria Secundaria de la Madera, a Través de Bienes Públicos Orientados al Sector de la Construcción 2018.



INSTITUTO FORESTAL
Área Tecnología y Productos de Madera
2019

¹ Investigadores Instituto Forestal, Sede Bio Bio. luis.vasquez@infor.cl



INFOR

INSTITUTO FORESTAL
Sucre 2397, Ñuñoa, Santiago
Chile

F: 56 2 223667115

ISBN N° 978-956-318-157-9

Registro Propiedad Intelectual N° 2020-A-738

www.infor.cl

Se autoriza la reproducción parcial de esta publicación siempre y cuando se efectúe la cita correspondiente:

Vásquez, Luis; Reyes, Cristian; Catalán, Jorge; Campos, Raúl; Hernández, Gonzalo y Elgueta, Patricio, 2019. Caracterización Mecánica de Vigas I Fabricadas con Tableros OSB y Madera Aserrada Estructural de Pino Radiata. Instituto Forestal, Chile. Informe Técnico N° 226.
P. 18

PRÓLOGO

De acuerdo con la información proporcionada por el Anuario Forestal 2019 del Instituto Forestal (INFOR), la industria de aserrío a 2018 estaba conformada por 984 aserraderos, de los cuales 963 correspondían al estrato pyme, es decir, con una producción anual menor o igual a 100.000 m³/año. Estos aserraderos generaron en el año el 42% de la producción nacional de madera aserrada (3.602.859 m³) y destinaron el 59% al mercado interno. Los productos que generó la pyme corresponden a madera aserrada y productos de reproceso, tales como madera cepillada, molduras, blocks, blanks, puertas, piezas para muebles, embalajes, entre otros.

Dados los problemas de abastecimiento de materia prima y de mercado que experimenta la pyme de aserrío, surge la necesidad de desarrollar productos de valor agregado para la construcción de viviendas, como elementos de ingeniería en madera, que puedan ser fabricados por este segmento de la industria.

Los productos de ingeniería en maderas son aquellos que se fabrican con la participación de materias primas varias y que se caracterizan por su estabilidad dimensional, calidad uniforme y propiedades mecánicas conocidas. Algunos de estos productos corresponden a vigas de maderas laminadas, madera contralaminada (CLT), viga de chapas laminadas (LVL) y vigas compuestas, tales como *I-joist* y *open web joist*, entre otras.

El presente estudio tiene como objetivo determinar las propiedades mecánicas de tipologías de vigas I (*I-joist*) fabricadas con madera aserrada estructural de pino radiata, clasificada con métodos visual y mecánico, y tableros OSB.

Los ensayos mecánicos fueron realizados en el Laboratorio de Madera Estructural del Instituto Forestal (LME-INFOR); laboratorio de ensayos con acreditación NCh ISO 17025.

Este trabajo fue financiado con recursos del proyecto CORFO Fortalecimiento de las Capacidades del Instituto Forestal para el Desarrollo de la Industria Secundaria de la Madera, a través de Bienes Públicos al Sector de la Construcción, adjudicado a INFOR el año 2018.

Se espera que la información proporcionada contribuya a mejorar la tecnología y la rentabilidad de la pyme maderera, y a incrementar el uso de madera en la construcción en el país, con todas las ventajas económicas, sociales y ambientales que esto representa.

Fernando Raga Castellanos
Director Ejecutivo
Instituto Forestal

INDICE

1. INTRODUCCIÓN	1
2. OBJETIVO	1
3. MATERIALES Y MÉTODO	1
3.1. Diseño Experimental	1
3.2. Fabricación de las Vigas I	2
3.3. Dimensiones de las Probetas para los Ensayos Mecánicos	6
3.4. Montaje de los Ensayos Mecánicos	7
3.4.1. Ensayo de Flexión y Creep	7
3.4.2. Ensayo de Corte	8
3.4.3. Ensayo de Reacción	8
3.4.4. Ensayo a la Tracción de la Unión Finger	9
3.4.5. Ensayo a la Flexión de la Unión Finger	10
3.4.6. Ensayo de Corte a Través del Espesor del Tablero OSB	11
4. RESULTADOS	12
4.1. Resultados de los Ensayos de las Vigas I	12
4.2. Resultados de los Ensayos a Blanks	14
4.3. Resultados de los Ensayos a Tablero OSB	15
5. ANÁLISIS DE RESULTADOS	16
5.1. Capacidad de Servicio	16
5.2. Análisis Comparativo de la Capacidad de Servicio	17
6. CONCLUSIONES	18
7. REFERENCIAS	18

1. INTRODUCCIÓN

Una “I-Joist” o viga I es un elemento estructural conformado por dos alas y un alma.

Los materiales más utilizados en su fabricación son el tablero OSB para el alma y el LVL o la madera aserrada estructural en las alas.

El concepto de viga I fue desarrollado a principios de los años 60 por un empresario independiente de los Estados Unidos. Las primeras vigas doble T fueron fabricadas con tableros contrachapados y madera aserrada, desarrollo que fue abandonado debido a la restricción en la longitud de los materiales.

Hoy en día la viga I es ampliamente utilizada en construcciones residenciales y comerciales en Estados Unidos, Canadá y Europa. Es un producto de fácil y rápida instalación que permite mayor productividad, eficiencia y reducción de los costos de construcción.

Su uso permite desarrollar estructuras de piso con mayores luces, que responden a exigencias de proyectos que normalmente serían poco factibles de materializar con la madera aserrada tradicional.

En los Estados Unidos la fabricación y determinación de las capacidades mecánicas de las vigas I está controlada por la norma ASTM D 5055 (ASTM, 2016), que es reconocida por APA EWA, WIJMA y American Wood Council.

Chile cuenta con la materia prima necesaria para fabricar vigas I. Hay disponibilidad de madera aserrada estructural, tableros OSB y adhesivos estructurales para madera.

No obstante, no hay una normativa nacional que regule los parámetros de fabricación del elemento, los niveles de muestreo, y los criterios para determinar sus capacidades mecánicas y valores característicos.

2. OBJETIVO

El estudio tiene como objetivo determinar las propiedades mecánicas de tipologías de vigas I (*I-joist*) fabricadas con madera aserrada estructural de pino radiata, clasificada con métodos visual y mecánico, y tableros OSB.

3. MATERIALES Y MÉTODO

3.1. Diseño Experimental

El diseño experimental considerado en el estudio se indica en el Cuadro N° 1 donde se describe la cantidad de vigas y las características de sus diferentes componentes.

**Cuadro N° 1
DISEÑO EXPERIMENTAL VIGAS I**

Variable	Cantidad
Altura de viga I	2 (241 mm; 301 mm)
Escuadría alas	1 (35 x 69 mm, cepillado)
Contenido humedad alas	1 (alrededor del 16%)
Grado estructural alas	3 (G1 y más, G2, C24)
Espesor alma OSB	1 (12,4 mm)
Adhesivo alma/ala	1 (Fenol-Resorcinol-Formaldehido)
Adhesivo ala/ala	1 (Purbond)
Ensayos por tipología	80 (53 flexión, 15 corte, 2 creep, 10 reacción)
Total de ensayos vigas I	480 unidades

Otras 20 vigas I fueron fabricadas con alas que no responden a un grado estructural de la madera aserrada, sino que a su densidad aparente. Su altura corresponde a 301 mm.

Adicional al diseño experimental de las vigas I, se ensayó la unión *finger joint* de las alas (Cuadro N°2) y el tablero OSB del alma (Cuadro N°3).

**Cuadro N° 2
DISEÑO EXPERIMENTAL DE LA UNIÓN FINGER (BLANCKS)**

Variable	Cantidad
Escuadría	1 (38x71 mm)
Grados estructurales	3 (G1 y más, G2, C24)
Ensayos	2 (flexión, tracción)
Repeticiones	180
Total ensayos blancks	1.080 unidades

**Cuadro N° 3
ENSAYO DEL TABLERO OSB**

Ensayos OSB	45 corte, vertical*
	45 corte, horizontal**

(*) Respecto a la altura de la viga

(**) Respecto de la longitud de la viga

3.2. Fabricación de las Vigas I

Se utilizó madera aserrada de pino radiata grados estructurales G2, G1 y mejor, y C24 (NCh 1207) (INN, 2017) y madera aserrada de pino radiata con una densidad aparente superior a 500 kg/m³, sin grado estructural.

El tablero OSB utilizado en la fabricación de las vigas I, que cumple con las especificaciones de APA PS-2 (*The Engineered Wood Association, 2010*), fue confeccionado con una distribución de capas distinta al que presenta el tablero OSB tradicional.

La capa central, que mayoritariamente dispone una orientación vertical de las hojuelas, considero el 45% del espesor total. El 55% restante se distribuyó en las dos capas exteriores, con disposición de las hojuelas mayoritariamente horizontal.

Las vigas I se fabricaron en las instalaciones industriales de una planta de tableros OSB.

El proceso de fabricación de las vigas I se identifica en la Figura N° 1.

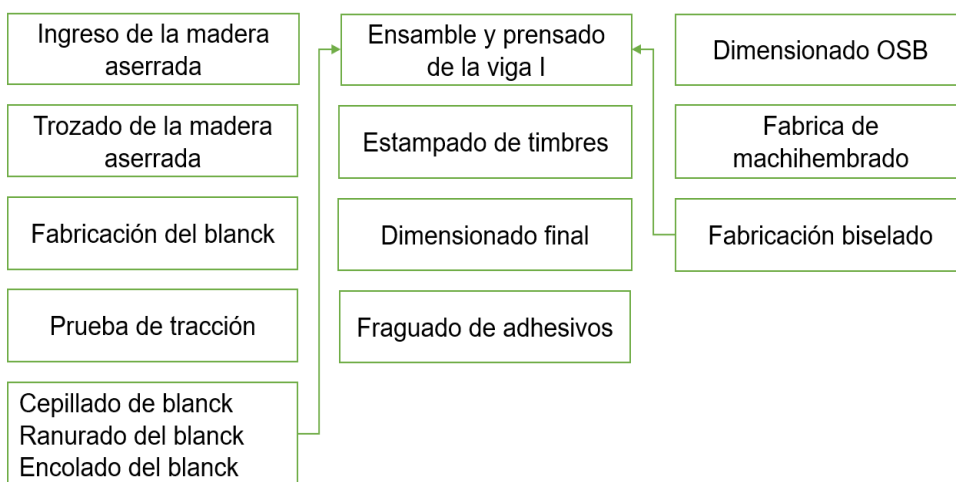


Figura N° 1
PROCESO DE FABRICACIÓN DE LAS VIGAS I

El detalle de las etapas de fabricación de las vigas I es el que se indica a continuación:

- a) Ingreso de la madera aserrada: Se controlaron los grados estructurales visuales y mecánicos, las dimensiones y el contenido de humedad.
- b) Trozado de la madera aserrada: La madera fue trozada en distintos largos, entre 1 y 1,5 m, procurando dejar libre de nudos una distancia de 150 mm desde cada extremo.

Algunas características de la madera aserrada que impiden la elaboración de la unión finger se registran en la Figura N°2.



Figura N° 2
CANTOS MUERTOS Y GRUPO DE NUDOS

c) Fabricación del blank: Este elemento lo componen entre 4 a 6 piezas de madera aserrada, adheridas con uniones dentadas (Figura N°3) y adhesivo en base a poliuretano, que se deja fraguar por 24 horas.

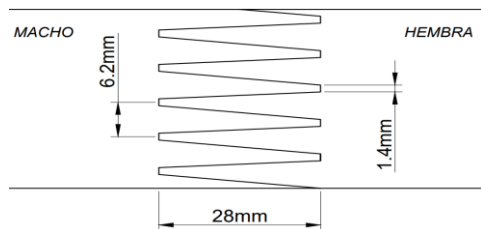


Figura N° 3
UNIÓN DENTADA Y ESQUEMA DE UNIÓN FINGER

d) Prueba de tracción: Cada uno de los blanks utilizados en la fabricación de las vigas I fue sometido a un control de calidad que consideró la aplicación de una carga de prueba a la tracción de 10,2 MPa, que corresponde a la solicitud de servicio esperada en el ala inferior, multiplicada por un factor de seguridad 2.

Nota: La carga de prueba superó en un 21% la tensión característica del grado G2 (8,4 MPa), lo que generó que un 14% de los blanks fabricados con este grado estructural fueran eliminados del proceso de fabricación de vigas I.

e) Cepillado, ranurado y encolado del blanck: Cada pieza de madera aserrada (38x71 mm) fue cepillada para ajustar su escuadría a 35 x 69 mm. Se generó una ranura trapezoidal de 13 mm de profundidad para su acople con el tablero OSB. En la ranura del blanck fueron aplicadas gotas equidistantes de adhesivo en base a Fenol-Resorcinol-Formaldehido.

f) Dimensionado del OSB: Piezas de 195 x 2.440 mm y 255 x 2.440 mm fueron utilizadas para la fabricación las vigas I de altura 241 y 301 mm, respectivamente.

g) Machihembrado del OSB: Se elaboró un sistema de machimbre encolado que permitió la continuidad del alma de OSB. La geometría del machihembrado se registra en las Figuras N° 4 y N° 5.

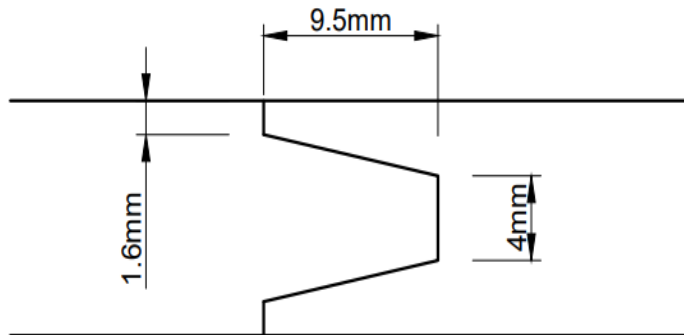


Figura N° 4
GEOMETRÍA DEL MACHIHEMBRADO DEL OSB



Figura N° 5
GEOMETRÍA DEL MACHIHEMBRADO DEL OSB

h) Fabricación de biselado del OSB: Se fabricó en el borde longitudinal del tablero, para permitir el calce con la ranura del blanck. Su geometría se registra en la Figura N° 6.

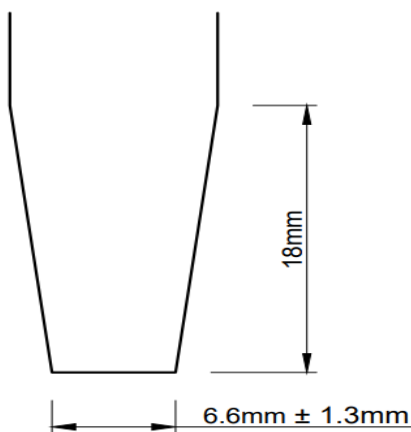


Figura N° 6
GEOMETRÍA DEL BISELADO DEL OSB

- i) Ensamble y prensado de la viga I: En la línea de armado de las vigas I, los componentes fueron dispuestos manualmente e ingresados a una prensa neumática para asegurar la posición final de las piezas.
- j) Estampado de timbres: El timbre aplicado considera información relacionada con su altura y capacidad estructural mínima.
- k) Dimensionado: Se cortaron los extremos de la viga I, considerando un largo de 6 m.
- l) Fraguado del adhesivo: El adhesivo utilizado en la fabricación de las vigas se dejó fraguar por un periodo de 24 horas, según los requisitos del fabricante.

3.3. Dimensiones de las Probetas para los Ensayos Mecánicos

Los Cuadros N°4, N°5 y N°6 registran el largo de las probetas viga I, blanks y OSB para los distintos ensayos mecánicos, respectivamente.

Cuadro N° 4
LARGO DE LAS PROBETAS ENSAYOS VIGAS I

Altura de Viga I	Tipo de Ensayo	Largo de la Probeta (mm)
241 mm	Flexión	6.000
	Creep	6.000
	Corte	1.560
	Reacción	743
301 mm	Flexión	6.000
	Creep	6.000
	Corte	1.910
	Reacción	923

**Cuadro N° 5
LARGO DE LAS PROBETAS ENSAYOS BLANCK**

Blank	Tipo de Ensayo	Largo de la Probeta (mm)
38 x 71 mm	Flexión	722
	Tracción	1.800

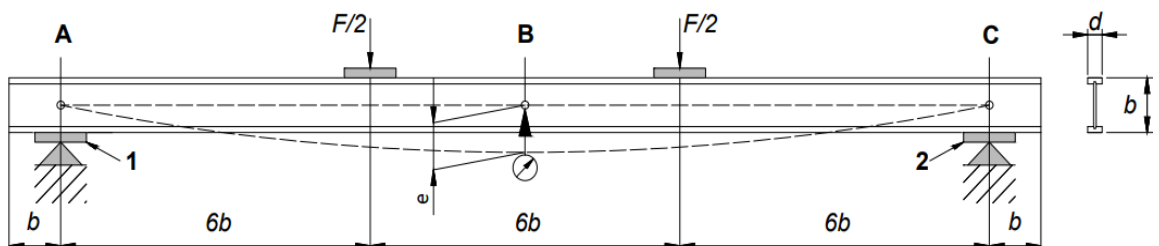
**Cuadro N° 6
DIMENSIONES DE LAS PROBETAS ENSAYOS OSB**

OSB	Tipo de Ensayo	Dimensión de la Probeta (mm)
OSB 12,4 mm	Corte, vertical	89 x 184
	Corte, horizontal	89 x 254

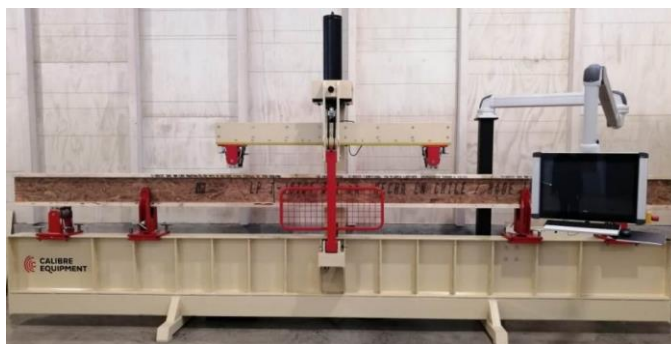
3.4. Montaje de los Ensayos Mecánicos

3.4.1. Ensayo de Flexión y Creep

El ensayo que se ejecuta según requisitos de ASTM D5055 (ASTM, 2016) y ASTM E4 (ASTM, 2016a) permite determinar los parámetros de momento máximo admisible y la deformación residual por cargas permanentes (Creep). Las Figuras N°7 y N° 8 registran el esquema del ensayo y su implementación en el laboratorio, respectivamente.



**Figura N° 7
ESQUEMA DEL ENSAYO DE FLEXIÓN Y CREEP**



**Figura N° 8
IMPLEMENTACIÓN DEL ENSAYO DE FLEXIÓN Y CREEP**

3.4.2. Ensayo de Corte

El ensayo ASTM D5055 permite determinar el parámetro de resistencia admisible al corte.

Las Figuras N°9 y N°10 registran el esquema del ensayo y su implementación en el laboratorio, respectivamente.

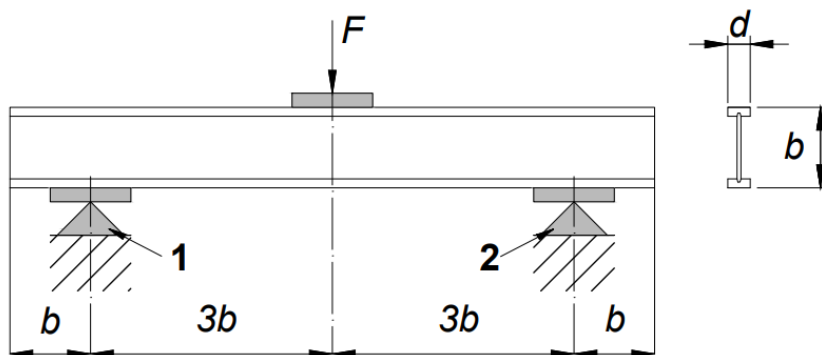


Figura N° 9
ESQUEMA DEL ENSAYO DE CORTE



Figura N° 10
IMPLEMENTACIÓN DEL ENSAYO DE CORTE

3.4.3. Ensayo de Reacción

El ensayo ASTM D5055 permite determinar el parámetro de resistencia admisible en el punto de reacción. Las Figuras N°11 y N°12 registran el esquema del ensayo y su implementación en el laboratorio, respectivamente.

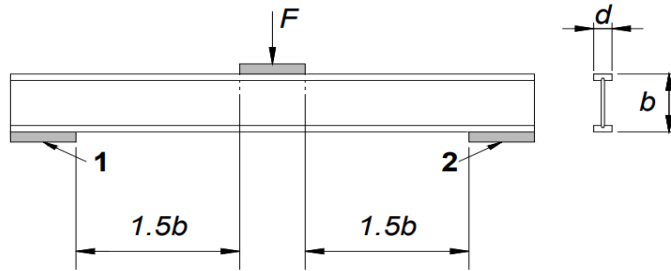


Figura N° 11
ESQUEMA ENSAYO DEL ENSAYO DE REACCIÓN



Figura N° 12
IMPLEMENTACIÓN DEL ENSAYO DE REACCIÓN

3.4.4. Ensayo a la Tracción de la Unión Finger

El ensayo se ejecuta según requisitos de ASTM E4, ASTM D5055, ASTM D198 (ASTM, 2015) y ASTM D4761 (ASTM, 2018). Se determina el parámetro de resistencia característica a la tracción paralela en piezas con presencia de uniones tipo finger. Las Figuras N°13 y N°14 registran el esquema del ensayo y su implementación en el laboratorio, respectivamente.

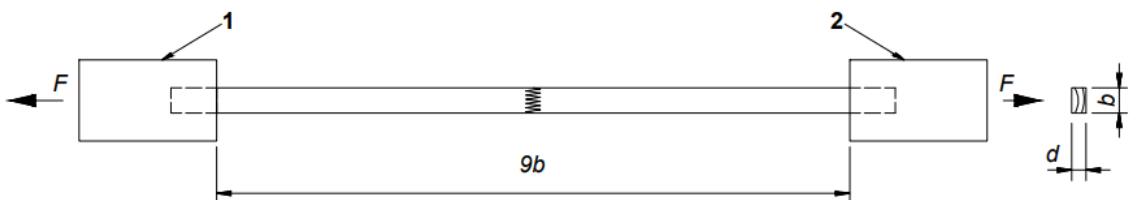


Figura N° 13
ESQUEMA DEL ENSAYO TRACCIÓN PARALELA EN PIEZAS CON UNIÓN FINGER



Figura N° 14
IMPLEMENTACIÓN ENSAYO TRACCIÓN UNIÓN FINGER

3.4.5. Ensayo a la Flexión de la Unión Finger

El ensayo EN 408 (AENOR, 2011) permite determinar el parámetro de resistencia característica en piezas con presencia de uniones tipo finger. Las Figuras N°15 y N°16 registran el esquema del ensayo y su implementación en el laboratorio, respectivamente.

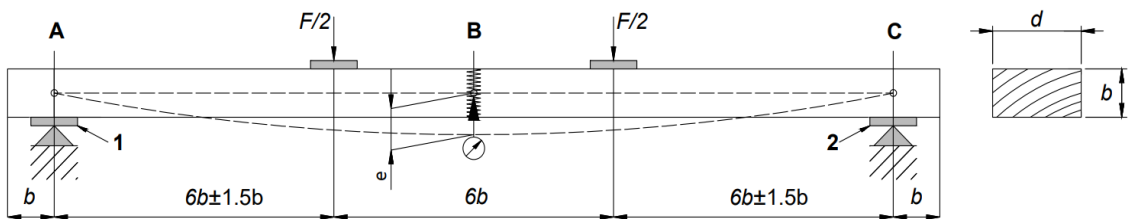


Figura N° 15
ESQUEMA DEL ENSAYO FLEXIÓN FLAT EN PIEZAS CON UNIÓN FINGER



Figura N° 16
IMPLEMENTACIÓN ENSAYO DE FLEXIÓN FLAT, PIEZAS CON UNIÓN FINGER

3.4.6. Ensayo de Corte a Través del Espesor del Tablero de OSB

El ensayo ASTM D1037 (ASTM, 2012) permite determinar el parámetro de resistencia máxima al corte a través del espesor del tablero OSB.

Las Figuras N°17 y N°18 registran el esquema del ensayo y su implementación en el laboratorio, respectivamente.

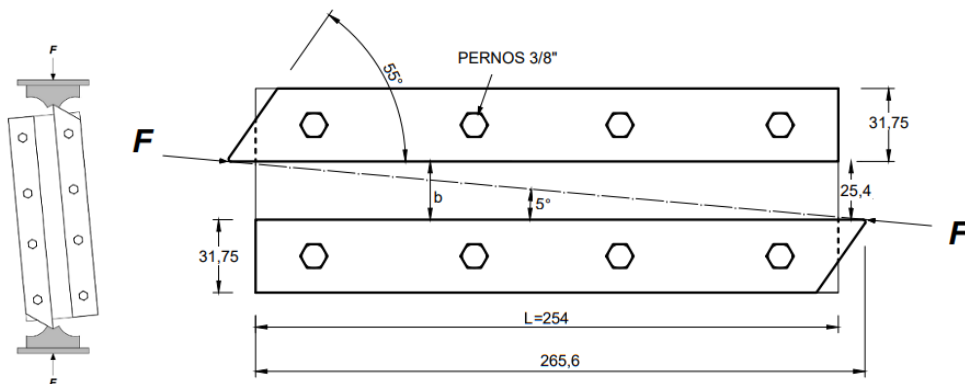


Figura N° 17
ESQUEMA DE ENSAYO DE CORTE A TRAVÉS DEL ESPESOR DEL TABLERO



Figura N° 18
IMPLEMENTACIÓN DEL ENSAYO DE CORTE A TRAVÉS DEL ESPESOR DEL TABLERO

4. RESULTADOS

4.1. Resultados de los Ensayos de las Vigas I

En el Cuadro N° 7 se indican los resultados obtenidos en los ensayos mecánicos de las vigas I.

En las vigas I ensayas a la flexión la falla típica se presenta en el borde traccionado, mientras que en el ensayo a corte la falla se desplaza a través del tablero OSB. En el ensayo de reacción la falla esperada se presentó tanto en el tablero OSB como en el ala de madera aserrada. Las Figuras N° 19 a N° 21 muestran las fallas típicas de los ensayos ejecutados.

**Cuadro N° 7
PROPIEDADES MECÁNICAS DE LAS VIGAS I**

Viga I	Altura <i>h</i> [mm]	Peso Propio [kg/m]	Rigidez <i>EI</i> [x10 ¹² Nmm]	Momento Admisible [kNm]	Corte Admisible [kN]	Reacción [kN]	Creep <10%
G2	241	3,8	0,40	3,65	3,96	6,01	Cumple
G1			0,44	3,93			
C24			0,53	4,8			
G2	301	4,2	0,70	4,19	4,15	5,32	Cumple
G1			0,71	4,26			
C24			0,92	5,51			
Densidad			1,04	7,77			

Nota: La capacidad en tracción del grado G2, de la madera utilizada en las alas, fue sesgado a valores mínimos de 10,2 MPa.



**Figura N° 19
FALLA TÍPICA EN EL ENSAYO DE FLEXIÓN ALA EN TRACCIÓN (FT)**



Figura N° 20
FALLA TÍPICA EN EL ENSAYO DE CORTE ZW EN OSB



Tipo "flange split" (FS)



Tipo "flange split" (FS)



Tipo "end rotation" (ER)



Tipo "web crushing" (WC)

Figura N° 21
FALLAS TÍPICAS EN EL ENSAYO DE REACCIÓN

4.2. Resultados de los Ensayos a Blancks

Los Cuadros N°8 y N°9 registran la estadística descriptiva de las propiedades mecánicas de los blancks ensayados a la tracción paralela y flexión flat, respectivamente.

**Cuadro N° 8
ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA ENSAYO TRACCIÓN PARALELA EN BLANCKS**

Descripción	Tracción Paralela		
	G2	G1	C24
Promedio [MPa]	22,66	26,91	30,73
Valor mínimo [MPa]	6,98	11,26	10,78
Valor máximo [MPa]	41,59	45,38	65,51
Rango [MPa]	34,61	34,13	54,73
Desviación estándar [MPa]	6,82	7,03	8,61
Coefficiente de variación (%)	30	26	28
Tamaño muestra	180	180	180
Percentil 5 [MPa]	11,08	16,51	17,15
Admisible [MPa]	5,28	7,86	8,17

**Cuadro N° 9
ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA ENSAYO FLEXIÓN FLAT EN BLANCKS**

Descripción	Flexión Flat		
	G2	G1	C24
Promedio [MPa]	38,81	46,64	48,03
Valor mínimo [MPa]	23,10	20,90	27,80
Valor máximo [MPa]	61,70	68,10	68,70
Rango [MPa]	38,60	47,20	40,90
Desviación estándar [MPa]	7,70	8,88	8,60
Coefficiente de variación (%)	20	19	18
Tamaño muestra	128	290	122
Percentil 5 [MPa]	26,4	31,9	34,2
Admisible [MPa]	12,57	15,19	16,29

En la Figura N°22 se muestran las fallas típicas registradas en los ensayos de tracción, las que se presentan principalmente en la madera.

En la Figura N°23 aparecen las fallas típicas registradas en los ensayos de flexión flat, las que se presentan principalmente en la unión finger.



Tipo 6, según ASTM D4688 (ASTM, 2013)

Figura N° 22
FALLA EN EL ENSAYO DE TRACCIÓN



Figura N° 23
FALLAS EN EL ENSAYO DE FLEXIÓN FLAT

4.3. Resultados de los Ensayos en Tablero OSB

En el Cuadro N° 10 se registra la estadística descriptiva del tablero OSB ensayado al corte y en la Figura N° 24 se muestra la falla típica del tablero de OSB ensayado al corte.

Cuadro N° 10
ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA ENSAYO AL CORTE OSB

Descripción	Cizalle	
	Horizontal	Vertical
Promedio [MPa]	9,31	9,29
Valor mínimo [MPa]	7,56	7,80
Valor máximo [MPa]	11,02	11,31
Rango [MPa]	3,46	3,51
Desviación estándar [MPa]	0,77	0,84
Coefficiente de variación (%)	8,29	9,02
Tamaño muestra	45	45
Percentil 5 [MPa]	7,89	7,80



Figura N° 24
FALLA EN ENSAYO DE CORTE

5. ANÁLISIS DE RESULTADOS

5.1. Capacidad de Servicio

Al comparar las tipologías de vigas I registradas en el Cuadro N° 7, para la de altura 241 mm se observa que el momento admisible de la fabricada con madera aserrada con grado estructural C24 es un 20% mayor que la fabricada con el grado estructural G1. Se observa, además, para la viga I de altura 301 mm que el momento admisible de la fabricada con madera aserrada con grado estructural C24 es un 29% mayor a la fabricada con el grado estructural G1.

En los Cuadro N° 11 y N° 12 se registran las longitudes máximas de viga I en condiciones de servicio, obtenidas a partir de las propiedades mecánicas registradas en el Cuadro N° 6.

Al comparar las tipologías de vigas I, alturas 241 y 301 mm, se observa que estas últimas proporcionan luces 20% superiores, que es una consecuencia natural de su diseño estructural. Al fabricar vigas I con madera aserrada de densidad aparente 500 kg/m³, se observa que estas proporcionan luces 14% superiores que las vigas I fabricadas con grado G1.

Cuadro N° 11
LUZ MÁXIMA ALCANZABLE POR GRADO ESTRUCTURAL Y ESPACIAMIENTO VIGA I DE 241 mm

Viga I altura 241 mm, luz máxima (m)						
Deformación	L/480 (200 kg/m ²)			L/360 (250 kg/m ²)		
Espaciamiento	305 mm	406 mm	610 mm	305 mm	406 mm	610 mm
G2	4,31	3,92	3,42	4,40	4,00	3,50
G1	4,42	4,02	3,51	4,51	4,10	3,58
C24	4,72	4,29	3,75	4,83	4,39	3,83

Nota: Cargas de piso, según NCh 1537 (INN, 2009)

Cuadro N° 12
LUZ MÁXIMA ALCANZABLE, POR GRADO ESTRUCTURAL Y ESPACIAMIENTO, VIGA I DE 301 mm

Viga I altura 301 mm, luz máxima (m)						
Deformación	L/480 (200 kg/m ²)			L/360 (250 kg/m ²)		
Espaciamiento	305 mm	406 mm	610 mm	305 mm	406 mm	610 mm
G2	5,18	4,71	4,11	5,29	4,81	4,20
G1	5,21	4,73	4,13	5,32	4,83	4,22
C24	5,67	5,16	4,50	5,80	5,27	4,60
Densidad	5,92	5,38	4,70	6,05	5,50	4,80

Nota: Cargas de piso, según NCh 1537

Del Cuadro N° 12 se deriva que la mayor sollicitación por corte y reacción es 3,59 kN y corresponde a la combinación de espaciamiento 610 mm y la tipología de viga I fabricada con alas con densidad aparente superior a 500 kg/m³. Esta sollicitación por corte y reacción es menor que la capacidad admisible señalada en el Cuadro N° 6.

5.2. Análisis Comparativo de la Capacidad de Servicio

En el Cuadro N° 13 se registran las luces máximas alcanzables para las vigas I y las vigas de madera solida maciza, de pino radiata con grado estructural.

Cuadro N° 13
LUCES MÁXIMAS ALCANZABLES CON VIGAS I Y MADERA ESTRUCTURAL MACIZA

Viga I/ madera	Grado Estructural	Espaciamiento	
		305 mm	610 mm
Altura 241mm	G2	4,4	3,5
	G1	4,5	3,6
	C24	4,8	3,8
Altura 301mm	G2	5,3	4,2
	G1	5,3	4,2
	C24	5,8	4,6
	D	6,1	4,8
2x8	G2	3,2	2,4
	G1	3,3	2,6
	C24	3,3	2,6
2x10	G2	4,0	2,9
	G1	4,1	3,3
	C24	4,1	3,0

Nota: Consideró carga piso 250 kg/m³, según NCh 1537, y madera estructural con 12% contenido humedad

6. CONCLUSIONES

En el proceso de fabricación de las vigas I es imprescindible controlar adecuadamente todas las variables involucradas, considerando el grado estructural y humedad de la madera aserrada estructural, maquinado de los componentes (OSB, blanks), encolado, ensamblado y prensado del elemento, para asegurar la correcta caracterización mecánica del elemento.

La capacidad en tracción de la unión finger, la resistencia a corte proporcionada por las uniones adhesivas del alma con el ala, y las propiedades mecánicas del OSB, permiten caracterizar la capacidad estructural en flexión de la viga I.

La capacidad estructural de la viga I mejora al utilizar en las alas blanks libres de defectos y con una densidad aparente mayor que la característica.

La capacidad a corte de todas las tipologías ensayadas permite obtener un potencial mejor desempeño si se aumenta la escuadría y/o la densidad de la madera.

La viga I permite cubrir luces mayores que las posibles de alcanzar con escuadrías de madera sólida de pino radiata, por ejemplo 2 x 8 y 2 x 10.

7. REFERENCIAS

- AENOR, 2011.** UNE-EN 408, 2011, A1. Estructuras de madera. Madera aserrada y madera laminada encolada para uso estructural. Determinación de algunas propiedades físicas y mecánicas.
- ASTM, 2018.** D4761. Test methods for mechanical properties of lumber and wood-base structural material.
- ASTM, 2012.** D1037. Standard test methods for evaluating properties of wood-base fiber and panel materials..
- ASTM, 2015.** D198. Test methods of static test of lumber in structural sizes.
- ASTM, 2013.** D4688. Evaluating structural adhesives for finger jointing lumber.
- ASTM, 2016.** D5055. Standard specification for establishing and monitoring structural capacities of prefabricated wood I-Joist.
- ASTM, 2016a.** E4. Practices for force verification of testing machines.
- The Engineered Wood Association. APA, 2010.** PS-2. Performance standard for wood-based structural-use panels.
- INFOR, 2019.** Anuario Forestal 2019. Instituto Forestal. Chile. Boletín Estadístico 168.
- INN, 2009.** NCh 1537 Of. 2009. Diseño estructural, cargas permanentes y cargas de uso.
- INN, 2017.** NCh 1207. Pino radiata. Clasificación visual para uso estructural. Especificaciones de los grados de calidad.



INFOR

www.infor.cl