



Encontro Brasileiro
em Madeiras e em
Estruturas de Madeira

8 A 10 DE MARÇO DE 2021 | FLORIANÓPOLIS - SANTA CATARINA

COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE MUROS DE CORTE: IMPORTANCIA DE LA RELACIÓN ALTURA/ANCHO Y DEL ANCLAJE

M. Rocío Ramos¹ (mrocio_ramos@hotmail.com); **Pamela Y. Fank**²
(pamela_fank@yahoo.com.ar); **M. Alexandra Sosa Zitto**³
(alexandrasosazitto@gmail.com); **Eduardo A. Torrán**⁴ (etorran@yahoo.com.ar); **Juan
C. Piter**⁵ (piterj@frcu.utn.edu.ar)

^{1,2,3,4,5} Universidad Tecnológica Nacional (UTN), Facultad Regional Concepción del Uruguay (FRCU), Argentina.

Resumen

En el marco de un proyecto orientado a estudiar el comportamiento de muros de corte sometidos a carga lateral, se ensayaron 2 muestras de 4 paneles cada una, siguiendo los lineamientos de la norma europea EN 594 (2011). En una muestra los paneles se construyeron con bastidor de madera aserrada de *Eucalyptus grandis* y en la otra de *Pinus taeda/elliottii*; en todos los casos, el tablero fue de madera contrachapada (plywood). En cada muestra un panel de referencia fue preparado con las dimensiones de 2,44m de alto y 1,22m de ancho, y los 3 restantes se prepararon con variantes en la relación entre altura y ancho o en la disposición del anclaje. Los resultados experimentales mostraron que: i) los paneles anclados en el parante traccionado, de igual altura pero con menor ancho que el de referencia, exhibieron una capacidad resistente proporcional al ancho de cada panel, en línea con el criterio de cálculo adoptado por el Eurocódigo 5; ii) los mismos paneles mostraron valores de rigidez marcadamente decrecientes al disminuir el ancho del panel, en relaciones altura/ancho igual a 3 y 4; iii) la muestra de *E.grandis* presentó mayor capacidad resistente que la de *P. taeda/elliottii*; y iv) los paneles anclados en la solera, de igual ancho al de referencia con el anclaje vinculado al parante traccionado, mostró significativas pérdidas de resistencia y rigidez.

Palabras clave: muro de corte, anclaje, resistencia y rigidez al descuadre

Abstract

Within the framework of a project aimed at studying the behavior of shear walls subjected to lateral load, 2 samples of 4 panels each were tested following the procedures of the European standard EN 594 (2011). One sample enclosed panels constructed with sawn timber frame of *Eucalyptus grandis* and the other of *Pinus taeda/elliottii*; in all cases with plywood boards. In each sample, a reference panel was prepared with dimensions of 2,44m height and 1,22m width, and the remaining 3 were prepared with variations in the relationship between height and width or in the anchorage arrangement. The experimental results showed that: i) the panels anchored in the tensile stud, with the same height but less width than the reference, exhibited a resistant capacity proportional to the width of each panel, in line with the calculation criteria adopted by Eurocode 5; ii) the same panels showed a markedly decreasing stiffness when the panel width decreases for height/width ratios equal to 3 and 4; iii) the *E. grandis* sample showed a higher resistant capacity than



Encontro Brasileiro
em Madeiras e em
Estruturas de Madeira

8 A 10 DE MARÇO DE 2021 | FLORIANÓPOLIS - SANTA CATARINA

that of *P. taeda/elliottii*; and iv) the panels anchored in the bottom rail, of equal width to the reference panel with the hold-down located in the tensile stud, showed significant losses of strength and rigidity

Keywords: shear wall, anchorage, racking strength and stiffness

1 Introducción

La construcción con madera en Argentina ha tenido un gran impulso en los últimos años, en línea con lo que sucede internacionalmente debido al mayor conocimiento de sus propiedades mecánicas y físicas, al desarrollo de nuevos productos derivados de este material, y a los beneficios ambientales tanto por la menor energía requerida para su transformación como por su capacidad de almacenamiento de carbono (VIHAVAINEN, 1995). A nivel local este proceso ha sido acompañado por disposiciones del gobierno nacional y la edición del primer Reglamento Argentino de Estructuras de Madera CIRSOC 601 (INSTITUTO NACIONAL DE TECNOLOGÍA INDUSTRIAL, 2016). En particular se ha promovido la construcción de viviendas, lo que motivó la edición de la Guía para el Proyecto de Estructuras de Madera con Bajo Compromiso Estructural en base al Reglamento Argentino de Estructuras de Madera Cirsoc 601 (INSTITUTO NACIONAL DE TECNOLOGÍA INDUSTRIAL, 2018) con el propósito de facilitar las soluciones estructurales de este tipo de construcciones.

La mayoría de las viviendas de madera en Argentina se construyen con una sola planta, siendo los muros de corte los sistemas constructivos encargados de equilibrar y trasladar a las fundaciones las fuerzas horizontales actuantes sobre este tipo de construcciones cuando se encuentran expuestas a la acción del viento y de los sismos. Habitualmente, en dichas viviendas, los muros de corte se fabrican con un bastidor de madera y tableros estructurales unidos al bastidor a través de clavos colocados neumáticamente (INSTITUTO NACIONAL DE TECNOLOGÍA INDUSTRIAL, 2018). En este país, la mayoría de los bastidores son construidos con madera aserrada de pino resinoso (*Pinus taeda* y *Pinus elliottii*) cultivado en el nordeste argentino y de *Eucalyptus grandis* forestado en la Mesopotamia, siendo éstas las especies de mayor importancia para fines estructurales (DIRECCIÓN DE PRODUCCIÓN FORESTAL 2016). Hasta la fecha, la capacidad resistente de estos muros ha sido calculada siguiendo lineamientos de diversas reglas de diseño, pero no se conocen resultados de programas experimentales orientados a verificar su comportamiento mecánico.

El objetivo de este trabajo es presentar y discutir los resultados obtenidos en un programa experimental llevado a cabo sobre un total de 8 muros de corte construidos con bastidor de las dos especies más importantes cultivadas en Argentina y tableros de madera contrachapada (plywood). En particular se analiza la influencia que ejercen sobre el comportamiento mecánico de los muros de corte: i) la relación entre la altura y el ancho del muro, ii) la especie de madera utilizada en el bastidor y iii) las características del anclaje a la fundación.

2 Revisión de la literatura

El Eurocódigo 5 (EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION, 2006) propone un método para el análisis simplificado de diafragmas de muro de corte denominado Método A. Los muros diseñados a través de este método deben cumplir ciertos requisitos fundamentales, entre los cuales se destacan que i) el muro debe estar adecuadamente anclado para evitar su vuelco y deslizamiento, necesariamente el parante traccionado debe estar conectado directamente a la construcción inferior; ii) la separación de los medios de fijación debe ser constante a lo largo del perímetro de cada tablero; iii) en coincidencia con el montante central, la separación de los medios de fijación no debe ser mayor a dos veces la separación adoptada para el perímetro, de modo que el parante funcione como un apoyo para el tablero; iv) el ancho de cada panel debe ser al menos $\frac{1}{4}$ de la altura; v) la relación entre la distancia entre parantes y el espesor del tablero debe ser menor o igual a 100, para evitar el pandeo del tablero; y vi) el panel debe estar libre de huecos.

Esta norma indica que la capacidad de carga al descuadre de un muro es igual a la suma de la capacidad de los paneles que lo componen. Para el cálculo de la capacidad de carga al descuadre de cada panel de muro, propone la siguiente Ecuación (1):

$$F_{i,v,Rd} = \frac{F_{f,Rd} b_i c_i}{s} \quad (1)$$

donde:

$F_{f,Rd}$: valor de cálculo de la capacidad de carga lateral de un elemento de fijación individual

b_i : ancho del panel del muro

s : separación entre medios de fijación

c_i : es un coeficiente de ajuste, cuyo valor es

$c = 1$ para $b_i \geq h/2$; $c = b_i/(h/2)$ para $b_i < h/2$;

siendo: h la altura del panel

Shadravan y Ramseyer (2018) investigaron experimentalmente la influencia de diversas variables sobre la resistencia de los muros de corte ante cargas horizontales monotónicas, encontrando que la de mayor importancia estuvo constituida por las características del anclaje al piso. Por su parte, Hoekstra (2012) destaca la importancia de vincular el anclaje a los parantes extremos y la necesidad de controlar la relación máxima entre la altura (h) y el ancho (b) de un panel de muro de corte, la cual no debería exceder de 4. Este límite, que está en línea con los requerimientos de las reglas de diseño europeas EN 1995-1-1 (EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION, 2006), se fundamenta en la pérdida de rigidez al descuadre que experimenta un muro de corte cuando crece la relación h/b . En cambio, para relaciones de h/b menores a 2, Hoekstra (2012) señala que la rigidez se vuelve constante mientras que la resistencia continúa siendo proporcional al ancho del panel.

La Guía para el Proyecto de Estructuras de Madera con Bajo Compromiso Estructural en base al Reglamento Argentino de Estructuras de Madera CIRSOC 601 (INSTITUTO NACIONAL DE TECNOLOGÍA INDUSTRIAL, 2018) provee soluciones para los

distintos componentes estructurales de viviendas de una planta ubicadas en zonas peligrosidad sísmica muy reducida (Zona 0). Para los muros de corte ofrece una tabla donde se indica la cantidad de paneles que deben disponerse en función de la superficie expuesta al viento, la velocidad básica de referencia del mismo para el lugar de implantación y la categoría de exposición. Para la elaboración de esta tabla se determinó la capacidad portante de un muro de corte de referencia de 2,44m de altura por 1,22m de ancho siguiendo los lineamientos del Método A descrito anteriormente.

3 Materiales y métodos

3.1 Materiales

Se diseñaron 2 muestras, cada una constituida por 4 paneles conformados por un bastidor de madera aserrada y un tablero. El bastidor, compuesto por soleras y parantes, fue preparado con piezas de 40mm x 90mm de sección transversal. Para la Muestra E se construyó con *E. grandis* de 14 años de edad cultivado en Entre Ríos y para la Muestra P con *P. taeda/elliottii* de 24 años de edad cultivado en Entre Ríos. El tablero en todos los casos estuvo conformado por madera contrachapada (plywood) de *E. grandis* con 11,2mm de espesor promedio.

En la Tabla 1 se detallan las características de los cuerpos de prueba que componen cada una de las muestras. Dentro de cada muestra, se preparó un panel de referencia (E_{Ref} y P_{Ref}) con dimensiones de 2,44m de alto (h) por 1,22m de ancho (b). Dos paneles (E_3 , E_4 , P_3 y P_4) se prepararon con variantes en la relación entre altura y ancho (h/b). Estos 6 paneles fueron vinculados con anclajes en el parante traccionado tal como lo prevé el método A del Eurocódigo 5. El panel restante de cada muestra (E_S y P_S), se preparó con idénticas características al de referencia pero se dispuso el anclaje únicamente en la solera (ver Tabla 1).

Tabla 1 Características de los cuerpos de prueba según muestra

Anclaje	Muestra E	Muestra P	h [m]	b [m]	Relación h/b
en el parante	E_{Ref}	P_{Ref}	2,44	1,22	2
	E_3	P_3	2,44	0,81	3
	E_4	P_4	2,44	0,61	4
en la solera	E_S	P_S	2,44	1,22	2

Nota. E: *E. grandis*; P: *P. taeda/elliottii*; h: altura del panel; b: ancho del panel.

Fuente: Elaboración propia.

El sistema de anclaje en el parante (ver Figura 1. Izq.) se materializó con una chapa plegada de 7,94mm de espesor unida al parante a través de 6 tirafondos de 7,94mm de diámetro y 50,8mm de longitud, y a la fundación de hormigón (atravesando la solera inferior) por medio de un anclaje metálico de expansión. El anclaje en la solera (E_S y P_S) consistió únicamente en el anclaje al hormigón, como se aprecia en la Figura 1. Der. con arandelas estándar.

La fijación del tablero al bastidor se realizó a través de clavos espiralados de 2,5mm de diámetro y 65mm de longitud colocados neumáticamente, con un espaciado uniforme de 100mm en el perímetro del tablero y de 200mm en coincidencia con el parante central. Como excepción, en los paneles de 0,61m de ancho (E₄ y P₄) no se colocó parante central.

Figura 1 - Anclaje del panel. Izq.: en el parante. Der.: en la solera



Fuente: Elaboración propia.

3.2 Métodos

Para la determinación de la resistencia y rigidez al descuadre de los paneles se adoptó el método de ensayo propuesto por la norma europea EN 594 (EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION, 2011) con carga horizontal monotónica y sin cargas verticales, puesto que el objetivo del estudio es conocer el comportamiento de muros de corte representativos de viviendas de una planta, en las cuales las cargas gravitatorias son de baja magnitud.

Figura 2 – Panel para ensayo. Izq.: 1,22m de ancho. Der.: 0,81m de ancho.



Fuente: Elaboración propia.

La carga (ver Figura 2 Izq.) fue aplicada a través de una placa metálica solidaria al

bastidor -sin involucrar al tablero- empleando un pistón de accionamiento hidráulico con capacidad de avance controlado. El dispositivo de medición de la carga aplicada (F) consistió en una celda de carga (marca Flexar) con 2 milivolt/volt de sensibilidad y 50kN de capacidad. Como puede observarse en la Figura 2, se dispusieron guías laterales para garantizar que el desplazamiento en la parte superior del panel se produzca únicamente en su plano.

Los desplazamientos del panel fueron registrados en tres posiciones: 1) en dirección horizontal a nivel de la solera superior; 2) en dirección horizontal a nivel de la solera inferior y 3) en dirección vertical en el parante traccionado entre solera inferior y base. Para la medición de los mismos se utilizaron transductores potenciométricos de 0,1mm de precisión. En la Figura 2 Der. se presenta una fotografía de un panel sobre la cual se indican el punto de aplicación de la carga F y las distintas posiciones para la medición de los desplazamientos.

El ensayo consistió en aplicar una carga en incremento hasta alcanzar la carga máxima de descuadre ($F_{m\acute{a}x}$), entendida como aquella carga que produce el colapso del panel o una deformación máxima de 100mm (lo que ocurriese primero). Ésta deformación v debe ser determinada como la diferencia entre el valor del desplazamiento correspondiente a la posición 1 menos el de la posición 2. Durante la prueba se registraron en forma simultánea la carga y los desplazamientos a través de un equipo QuantumX MX840B de HBM conectado a un ordenador con el software CatmanEasy. La velocidad de carga fue establecida de modo tal que permitiera alcanzar el 90% de $F_{m\acute{a}x}$ en un lapso de tiempo comprendido entre 300 ± 120 segundos.

Para la determinación de la humedad de los bastidores al momento de ensayo se utilizó un xilohigrómetro de resistencia eléctrica (HOLZMEISTER LG9) y para determinar la densidad media se prepararon muestras aleatorias del material de las piezas utilizadas para construir los bastidores. Tras la finalización de cada ensayo se extrajo un trozo del tablero para determinar el contenido de humedad y la densidad. Las determinaciones se realizaron según Normas ISO 3130 (INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, 1975) e ISO 3131 (INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, 1975) respectivamente.

Los resultados de cada ensayo incluyeron:

1. La resistencia al descuadre expresada como el valor de la carga $F_{m\acute{a}x}$
2. La rigidez al descuadre (R) del panel calculada mediante la Ecuación (2) provista por la norma EN 594 (EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION, 2011):

$$R = \left[\frac{F_4 - F_2}{v_4 - v_2} \right] \quad (2)$$

donde

F_2 : carga horizontal de descuadre de $0,2 F_{m\acute{a}x}$

F_4 : carga horizontal de descuadre de $0,4 F_{m\acute{a}x}$

v_2 : deformación del panel asociada a $0,2 F_{m\acute{a}x}$

v_4 : deformación del panel asociada a $0,4 F_{m\acute{a}x}$

siendo v_i la diferencia entre el desplazamiento en posición 1 menos 2.

4 Resultados

En los elementos componentes del bastidor el contenido de humedad promedio fue de 12,6 % para la Muestra E y de 11,7 % para la Muestra P, mientras que la densidad promedio de los bastidores de *E. grandis* resultó de 496 kg/m³ y la de *P. taeda/elliottii* de 497 kg/m³, valores que están en línea con publicaciones previas (SOSA ZITTO; KÖHLER; PITER, 2012, RAMOS *et al.*, 2016). En los tableros fenólicos la humedad promedio fue de 10,3% y la densidad promedio de fue de 692 kg/m³.

En la Tabla 2 se presenta, para cada panel, el valor de la carga máxima alcanzada (F_{max}), de la carga máxima por unidad de longitud (F_{max}/b) y de la rigidez (R) ordenados por tipo de anclaje, relación h/b y muestra.

Tabla 2 - Valores de carga máxima y rigidez de las muestras

Anclaje	h/b	b [m]	Muestra E			Muestra P				
			Panel	F_{max}	F_{max}/b	R	Panel	F_{max}	F_{max}/b	R
				[kN]	[kN/m]	[kN/mm]		[kN]	[kN/m]	[kN/mm]
en el parante	2	1,22	E _{Ref}	15,7	12,9	0,49	P _{Ref}	12,6	10,3	0,68
	3	0,81	E ₃	9,9	12,2	0,25	P ₃	7,2	8,9	0,23
	4	0,61	E ₄	7,4	12,1	0,12	P ₄	5,7	9,3	0,07
en la solera	2	1,22	E _S	3,4	2,8	0,11	P _S	3,0	2,4	0,25

Notas: E: *E. grandis*; P: *P. taeda/elliottii*; h: altura del panel; b: ancho del panel; $F_{máx}$: carga máxima; R: rigidez determinada de acuerdo a la EN 594.

Fuente: Elaboración propia.

4.1 Análisis de la influencia de la relación altura/ancho y de la especie

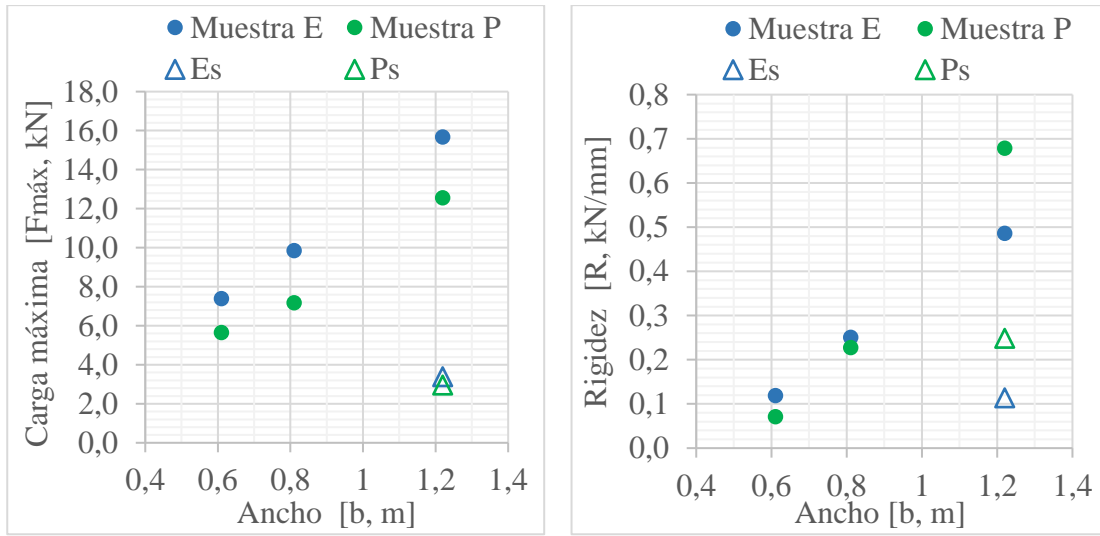
Para los paneles anclados en el parante, la información presentada en la Tabla 2 permite apreciar que, en ambas muestras, al disminuir el ancho (b) disminuye el valor de la carga máxima ($F_{máx}$) y de la rigidez al descuadre (R). Al observar la evolución de la relación $F_{máx}/b$ se advierte que la misma es prácticamente constante, con un valor promedio de 12,4 kN/m para los paneles con bastidor de *E. grandis* y de 9,5 kN/m para los paneles con bastidor de *P. taeda/elliottii*. Estos resultados prueban que la resistencia al descuadre de estos elementos queda definida por la capacidad de las uniones que vinculan el borde superior del tablero con la solera y, por lo tanto, crece linealmente con el ancho del panel.

El Gráfico 1 (izquierda) muestra con claridad la relación entre $F_{máx}$ y b encontrada experimentalmente para ambas muestras. Éstas exhiben una variación similar pero con un mayor valor de $F_{máx}$ en todos los casos para la muestra con bastidor de *E. grandis*, siendo de 31% la diferencia promedio expresada por unidad de longitud de panel (F_{max}/b).

El Gráfico 1 (derecha) también exhibe la relación entre R y b, confirmando, para una disminución del ancho de los paneles con anclaje en el parante, una disminución significativamente mayor de la rigidez que de la resistencia. Estos resultados prueban que

la disminución particular de la resistencia al descuadre que contempla el criterio europeo cuando la relación h/b es mayor a 2, en realidad expresa la importante pérdida de rigidez al descuadre experimentada en esos casos (HOEKSTRA, 2012). A su vez, los pequeños valores de R determinados para los paneles con $b = 0,61\text{m}$ (ver también la Tabla 2) validan la relación máxima de $h/b = 4$ adoptada por las reglas de diseño europeas (EN 1995-1-1 2006).

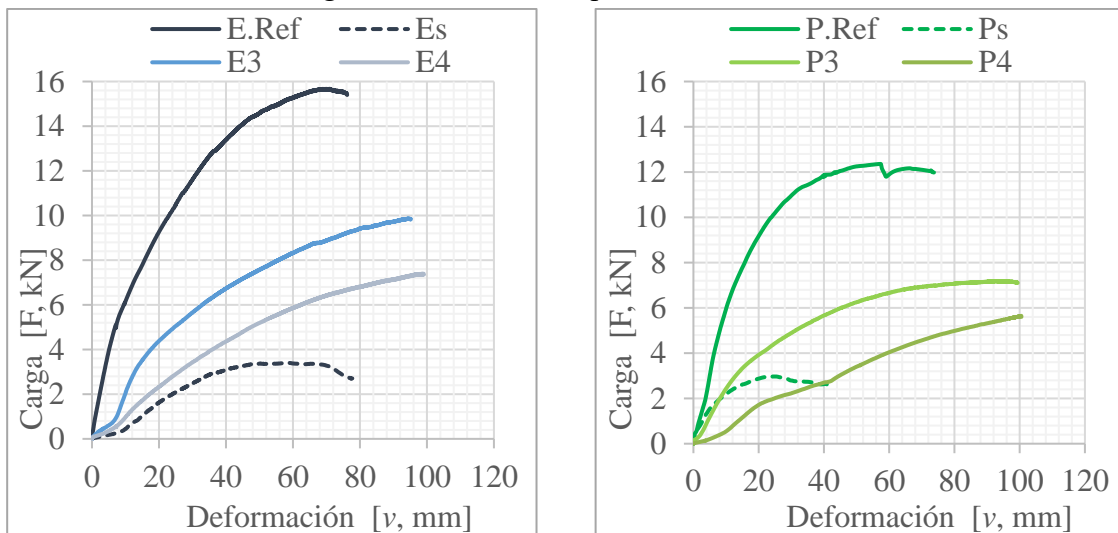
Gráfico 1 - Izquierda: Carga Máxima vs. Ancho. Derecha: Rigidez vs. Ancho



Fuente: Elaboración propia.

En el Gráfico 2 se presentan las curvas de evolución de la carga y la deformación a nivel de la solera superior de cada panel, discriminadas por muestra.

Gráfico 2 - Curvas carga - deformación. Izquierda: Muestra E. Derecha: Muestra P.



Fuente: Elaboración propia.

Las curvas representativas de los paneles con anclaje en el parante muestran en todos los casos un comportamiento dúctil hasta alcanzar $F_{máx}$, lo cual puede considerarse un factor

favorable desde el punto de vista de la seguridad estructural y de la disipación de energía. Para ambas especies puede observarse que el panel de referencia (E_{Ref} , P_{Ref}) alcanza su máxima capacidad resistente con un valor de v del orden de 60mm. Por su parte, los paneles con anchos reducidos alcanzan $F_{máx}$ con deformaciones del orden de 100mm y muestran curvas con menor pendiente general, lo cual está en línea con la acentuada disminución de la rigidez que acompaña a la reducción de b , ya señalada anteriormente.

4.2 Análisis de la influencia del tipo de anclaje

Tanto la información presentada en la Tabla 2 como en el Gráfico 1 muestran con claridad la significativa disminución de la resistencia y la rigidez al descuadre de los paneles anclados en la solera con respecto a los anclados en el parante, y presentando el mismo ancho (E_{Ref} , P_{Ref}). Para los dos paneles con bastidor de *E. grandis*, la resistencia cae desde 15,7kN en el panel de referencia anclado en el parante (E_{Ref}) hasta 3,4kN en el anclado en la solera (E_S), lo que implica una pérdida de capacidad portante de 78%. Los correspondientes valores de $F_{máx}$ en los dos paneles con bastidor de *P. taeda/elliottii* (P_{Ref} , P_S) alcanzan 12,6kN y 3kN, siendo de 76% la pérdida de resistencia en este caso. Los datos exhibidos en la Tabla 2 permiten advertir también que la pérdida de rigidez al descuadre (R) de los paneles anclados en la solera alcanza 78% y 63% para las muestras E y P, respectivamente.

Estos resultados prueban que el anclaje en la solera inferior, práctica constructiva que desafortunadamente se aplica frecuentemente, afecta significativamente el comportamiento mecánico de los muros de corte con las características descritas en este trabajo y afecta la seguridad de las estructuras que los destinan a equilibrar los esfuerzos horizontales.

Un análisis detallado del modo de rotura que se presentó en los ensayos explica la significativa pérdida de capacidad mecánica descrita anteriormente: i) la ausencia de un anclaje firme en el parante altera la transferencia de esfuerzos cortantes verticales desde el tablero al parante traccionado ya que éste se desvincula de la solera inferior, ii) como consecuencia, se altera el comportamiento previsto en el criterio adoptado por las reglas de diseño europeas en su Método A (EN 1995-1-1 2006), y la falla se origina tanto por el incremento como por el cambio de dirección de los esfuerzos que el tablero debe transmitir a la solera inferior a través de las conexiones clavadas.

La Figura 3 permite apreciar con claridad el modo de rotura descrito, que es congruente con reportes previos (HOEKSTRA, 2012).

La ventaja que emerge de exhibir un comportamiento dúctil es también visible para los paneles anclados en la solera, como puede apreciarse en las correspondientes curvas carga-deformación del Gráfico 2. No obstante, la excesiva pérdida de resistencia y de rigidez al descuadre que experimentan, sugieren la conveniencia de evitar su utilización en estructuras portantes destinadas a equilibrar esfuerzos horizontales, salvo que la elevación del parante traccionado (Figura 3) quede impedida por elementos o acciones no consideradas en este trabajo, tales como las cargas gravitatorias transmitidas de pisos superiores.

Figura 3 - Panel Es después del ensayo



Fuente: Elaboración propia.

5 Conclusiones

Los resultados experimentales probaron que la resistencia al descuadre de los paneles anclados en el parante quedó definida por la capacidad de las uniones que vinculan el borde superior del tablero con la solera, la cual crece linealmente con el ancho del panel. La muestra con bastidor de *E. grandis* mostró una resistencia al descuadre que en promedio fue 31% mayor que la muestra construida con *P. taeda/elliottii*.

La reducción del ancho de los paneles con anclaje en el parante exhibió una disminución significativamente mayor de la rigidez que de la resistencia en ambas muestras, validando tanto la pérdida de capacidad portante que contempla el criterio europeo cuando la relación altura/ancho es mayor a 2 como el establecimiento para esta relación de un valor límite igual a 4.

La comparación de los resultados obtenidos para los paneles de igual ancho pero anclados en el parante y en la solera, mostró significativas pérdidas de resistencia y rigidez en estos últimos respecto de los primeros. Las pérdidas de resistencia y rigidez alcanzaron 78% en los paneles con bastidor de *E. grandis*, siendo de 76% para la resistencia y 63% para la rigidez en los paneles con bastidor de *P. taeda/elliottii*. Estos valores sugieren la conveniencia de no utilizar bastidores anclados en la solera, salvo que la elevación del parante traccionado quede impedida por elementos o acciones no consideradas en este trabajo.

Se encontró un comportamiento mecánico dúctil para todos los paneles ensayados, lo cual debe considerarse una ventaja desde el punto de vista de la seguridad estructural y de la disipación de energía en el caso de presencia de cargas dinámicas.

Referencias

DIRECCIÓN DE PRODUCCIÓN FORESTAL 2016. Argentina: **Plantaciones forestales y gestión sostenible**. 15 pp. Disponible en <https://goo.gl/064alb>. Acceso el 05/12/2019.



Encontro Brasileiro
em Madeiras e em
Estruturas de Madeira

8 A 10 DE MARÇO DE 2021 | FLORIANÓPOLIS - SANTA CATARINA

EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION. **EN 1995-1-1**. Eurocode 5: Design of timber structures - Part 1-1: General. Common rules and rules for buildings. Brussels. 2006, 138 p.

EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION. **EN 594**. Estructuras de madera. Métodos de ensayo. Método de ensayo para la determinación de la Resistencia y rigidez al descuadre de los paneles de muro entramado. Bruselas, 2011, 20 p.

HOEKSTRA, T. **Multi-storey timber-frame building. Modelling the racking stiffness of timber-frame shear-walls**. Delft University of Technology. 2012. 49 p.

INSTITUTO NACIONAL DE TECNOLOGÍA INDUSTRIAL. **CIRSOC 601**. Reglamento argentino de estructuras de madera. Disposiciones generales y requisitos para el diseño y la construcción de estructuras de madera en edificaciones, Buenos Aires, 2016, 176 p.

INSTITUTO NACIONAL DE TECNOLOGÍA INDUSTRIAL. **Guía para el Proyecto de Estructuras de Madera con Bajo Compromiso Estructural en base al Reglamento Argentino de Estructuras de Madera CIRSOC 601**, Buenos Aires, 2018, 136 p.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, **ISO 3130** - Wood – Determination of moisture content for physical and mechanical tests, 1975.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, **ISO 3131** - Wood – Determination of density for physical and mechanical tests, 1975.

RAMOS, R.; FANK, P.; GÓMEZ, R.; TORRÁN E.; PITER J. Propiedades mecánicas y densidad de la madera de *Pinus elliottii* cultivado en la Mesopotamia. Análisis comparativo entre plantaciones cultivadas en Entre ríos y Misiones. **In: XXX Jornadas Forestales de Entre Ríos**, Concordia, 2016. 5 p.

SHADRAVAN, S.; RAMSEYER, C.R. Investigation of Wood Shear Walls Subjected to Lateral Load. **Structures** n.16, p. 82-96. 2018.

SOSA ZITTO, M.A.; KÖHLER J.; PITER J.C. Embedding strength in joints of fast-growing Argentinean Eucalyptus grandis with dowel-type fasteners. Analysis according to the criterion adopted by European standards. **European Journal of Wood and Wood Products** v.70, n.4, p. 433-440, 2012.

VIHAVAINEN, T. Environmental aspects of timber. **In: Timber Engineering STEP 1**. Centrum Hout, The Netherlands, 1995. p. A16/1- A16/8.