



EBRA14 - EST - 520 - CAPACIDAD PORTANTE DE UNIONES CON CLAVOS DE PEQUEÑO DIÁMETRO. ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS RESULTADOS DE ENSAYOS CON LOS CALCULADOS SEGÚN LAS REGLAS DE DISEÑO DEL EUROCÓDIGO 5, DEL REGLAMENTO CIRSOC 601 Y DE LA NORMA NBR 7190

¹**Piter J.C.** (piterj@frcu.utn.edu.ar), ²**Guillaumet A.** (aaguillaumet@rec.utn.edu.ar), ¹**Sosa Zitto A.** (sosazitto@frcu.utn.edu.ar), ¹**Ramos R.** (mrocio_ramos@hotmail.com)

¹**Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Concepción del Uruguay (Argentina)**

Departamento de Ingeniería Civil – Grupo de Estudio de Maderas (GEMA)

Profesor Investigador

²**Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Venado Tuerto (Argentina)**

Departamento de Ingeniería Civil

Profesor Investigador

RESUMEN: Las conexiones con clavos de pequeño diámetro son fáciles de ejecutar, requieren espacios reducidos y, adicionalmente, han probado desarrollar una elevada resistencia. La elevada esbeltez de los clavos ocasiona un comportamiento dúctil, que es congruente con los modernos criterios de seguridad estructural. Para analizar el comportamiento mecánico de estas conexiones se diseñó un proyecto experimental donde la capacidad portante de los cuerpos de prueba fue determinada a través de ensayos normalizados en laboratorio y de cálculos empleando reglas de diseño. Los resultados experimentales mostraron un valor característico de 1592N por cada clavo y los calculados alcanzaron valores de 1014N, 746N y 633N según el Eurocódigo 5, el Reglamento CIRSOC 601 y la norma NBR 7190, respectivamente. El modo de rotura y las importantes diferencias encontradas entre los resultados empíricos y los calculados son analizados en el marco de la normativa y las experiencias publicadas en el plano internacional. También se describe y analiza el desempeño de estas uniones en nodos de estructuras reticuladas construidas recientemente.

Palabras Clave: uniones, capacidad portante, clavos esbeltos, rotura dúctil, *Eucalyptus grandis*

LOAD-CARRYING CAPACITY OF JOINTS WITH NAILS OF SMALL DIAMETER. COMPARISON BETWEEN EMPIRICAL RESULTS AND THOSE OBTAINED ACCORDING TO THE DESIGN RULES OF THE EUROCODE 5, CIRSOC 601 AND NBR 7190

ABSTRACT: Joints with nails of small diameter are easy to make, require small geometrical parameters and, in addition, they have exhibited a high load-carrying capacity. The relatively high slenderness of the nails provokes a ductile behaviour which is line with the modern safety requirements. With the aim of studying the mechanical behaviour of these connections, and empirical project was designed. The load-carrying capacity of the specimens was determined by means of both standardized tests and design rules. The empirical results showed a characteristic value of 1592N per nail and those calculated reached values of 1014N, 746N y 633N according to the Eurocode 5, CIRSOC 601 and NBR 7190 respectively. The modes of failure and the important differences found between the empirical and the calculated results are analysed. The performance of these connections at nodes of trusses in structural sizes is also described and analysed.

Keywords: joints, load-carrying capacity, slender nails, ductile failure, *Eucalyptus grandis*

1. INTRODUCCIÓN

Las uniones clavadas han adquirido una importancia creciente en Argentina, principalmente en la construcción de estructuras reticuladas destinadas al soporte de techos. El diseño de este tipo de estructuras se ha optimizado empleando tablas para conformar las barras del reticulado, y en la actualidad se salvan con facilidad luces de 16m en construcciones para uso industrial, las cuales presentan numerosas ventajas relacionadas a aspectos tanto técnicos como económicos y al escaso mantenimiento que requiere la madera en ambientes corrosivos. Estas estructuras pueden soportar satisfactoriamente, además del peso propio, las sobrecargas de uso y la acción de vientos con una velocidad superior a los 100km/h. En numerosas ocasiones los problemas críticos se encuentran en el diseño de las uniones, ya que es ampliamente conocido que en los nudos de las estructuras reticuladas normalmente se dispone de un espacio reducido para resolver adecuadamente las conexiones mecánicas (Hartl 1995; Kessel 1995).

El modelo de Johansen (Hilson 1995a) ha sido adoptado por las reglas de diseño de numerosos países para estimar la capacidad portante de estas conexiones. Este modelo está basado -además de la configuración geométrica de la unión- sobre dos propiedades de los materiales que la integran: la resistencia al aplastamiento de la madera y el momento plástico de los elementos de fijación (INTI CIRSOC 2013; EN 1995-1-1 2005; NDS 2005; NCh 1198 2007). El comportamiento dúctil es preferido frente al frágil porque permite el desarrollo de articulaciones plásticas que facilitan la redistribución de los esfuerzos dentro de los elementos de la conexión, incrementando su capacidad portante y maximizando la disipación de energía. Contrariamente, la presencia de una rotura frágil, caracterizada por el desarrollo de fisuras y bloques de corte a niveles de carga inferiores a la máxima capacidad potencial de una unión múltiple, reduce su resistencia y su capacidad de disipar energía. Esta reducción ocurre porque las fisuras y los bloques de corte impiden una completa redistribución del esfuerzo entre los elementos de fijación (Blaß 1991, 1995; Johnsson and Stehn 2004; Stehn and Börjes 2004). En cambio, el criterio de diseño adoptado en Brasil (ABNT 2010) considera dos posibles modos de rotura de la conexión, estando uno caracterizado por el aplastamiento de la madera y el otro por la flexión del elemento de fijación. Este criterio, que redundaba en una mayor facilidad para el cálculo, no contempla la totalidad de los modos de rotura previstos en el modelo de Johansen antes mencionado.

Los resultados de una investigación experimental (Sosa Zitto et al. 2013) mostraron que el uso de uniones con clavos de pequeño diámetro colocados neumáticamente constituye una excelente alternativa para reducir el tamaño de las conexiones de tablas de *Eucalyptus grandis* que conforman las barras de estructuras reticuladas. La capacidad portante encontrada fue superior a la calculada según reglas de diseño de relevancia internacional y el modo de rotura exhibió un comportamiento dúctil. Considerando que la ejecución de estas conexiones es simple y rápida, las mismas presentan también una ventaja desde el punto de vista económico. En consecuencia, resulta de interés conocer el grado de precisión con el cual las reglas de diseño interpretan la capacidad portante real de este tipo de conexiones.

El objetivo de este trabajo es presentar y discutir los resultados de un proyecto orientado a investigar la capacidad portante de conexiones materializadas con tablas de *Eucalyptus grandis* unidas con clavos de 2,5mm de diámetro colocados neumáticamente. Los resultados obtenidos experimentalmente sobre uniones sometidas a corte doble por una fuerza lateral son presentados y discutidos en comparación con los valores calculados siguiendo los lineamientos de diseño del Eurocódigo 5 (EN 1995-1-1 2005), del Reglamento CIRSOC 601 (INTI CIRSOC 2013) y de la norma NBR 7190 (ABNT 2010).

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Programa experimental para determinar el comportamiento mecánico de las conexiones

Los cuerpos de prueba destinados a los ensayos de laboratorio fueron preparados con