

**VIII ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRAS E EM ESTRUTURAS DE MADEIRA
UBERLÂNDIA - JULHO DE 2002**

MODELACIÓN DE UNIONES APERNADAS SOMETIDAS A CARGAS CICLICAS

Peter Dechent (pdechen@udec.cl), **G. Mario Giuliano** (ggiulian@udec.cl), **Marsella Salgado**
Universidad de Concepción Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Civil, Chile.

RESUMEN: El uso cada vez mas frecuente de estructuras de madera, conduce a la necesidad de contar con metodologías de análisis y normas de diseño que permitan modelar y diseñar de manera confiable. Esto involucra el conocimiento de la capacidad resistente de los elementos y de las propiedades carga deformación de las uniones. Si bien el conocimiento sobre la capacidad de elementos de madera para estructuras de gran envergadura, se encuentra muy desarrollado, no es el caso de las uniones, existiendo para ellas solo recomendaciones para carga estática. Por tales razones basado en los resultados de un programa experimental se realiza la calibración de un modelo constitutivo que permite describir el comportamiento histerético de uniones apernadas de madera. El modelo permite considerar la pérdida de rigidez, la disminución de la capacidad de carga en ciclos sucesivos y el efecto pinching en función de la energía disipada acumulada. También se definen propiedades lineales equivalentes que permiten realizar cálculos lineales de las estructuras frente a cargas cíclicas y que consideran en promedio la rigidez y capacidad de disipación de la unión.

Palabras claves: Uniones en madera, Cargas cíclicas, Modelo Histerético, Energía disipada.

MODELING JOINT BOLTS UNDER CYCLE LOADS

ABSTRACT: The more frequent use of wood structures implies the need to count with analysis methodologies and design norms allowing a feasible modeling and designing. This involves the knowledge of the resistant capacity of the elements and load deformation properties of the joints. Although the knowledge on the capacity of wood elements in great structures is very developed, this is not the case of the joints, where only recommendations exist for static load. For these reasons and based on the results of an experimental program, the calibration of a constitutive model that allows to describe the hysteretic behavior of the bolted joints in wood is carried out. The model allows considering the stiffness loss, capacity load decrease in successive cycles and the pinching effect in function of the accumulated dissipated energy. In addition, equivalent linear properties that may allow realizing linear calculations of the structures under cyclic loads considering an average of stiffness and dissipation of the joints are defined.

Keywords: Wood joint bolts, Load cycle, Hysteresis modeling , Energy dissipated.

1. INTRODUCCION

Las respuestas de estructuras de madera frente a solicitaciones cíclicas causadas por eventos sísmicos, por efectos del viento o por cargas de operación, suele caracterizarse desde un comienzo por incursiones en el rango inelástico de las conexiones, produciéndose disipación de energía en mayor o menor medida dependiendo del tipo de conector empleado, del número de estos y de la especie maderera empleada entre otros. Para niveles muy bajos de sollicitación las estructuras de madera permanecen en un rango de deformación menor, que se puede aproximar como comportamiento lineal elástico. Para sollicitaciones mayores, la respuesta se vuelve inelástica y va acompañada con una degradación de rigidez de la estructura, que es influenciada de manera dominante por el comportamiento inelástico de las conexiones. Se puede asumir con bastante certeza, que los elementos resistentes de madera se mantienen en su rango elástico con una capacidad de disipación bastante menor a la correspondiente a las conexiones.

Cuando estructuras de madera se ven enfrentadas a un movimiento sísmico, se comportan de manera diferente a estructuras de acero o de hormigón armado. La principal diferencia es que la deformación en las conexiones produce estructuras flexibles, con lazos histeréticos en forma de S. Extensos estudios han demostrado que este aumento de flexibilidad en estructuras de madera, no hacen insegura a las estructuras, siempre y cuando las uniones no sean frágiles. En la práctica y en experiencias de laboratorio se ha demostrado que la ductilidad o capacidad de deformación de las estructuras de madera, con uniones utilizando elementos mecánicos como clavos, pernos y pasadores de diámetro moderado, esta dada precisamente por la capacidad de deformación de éstos elementos y principalmente por el aplastamiento de la madera en la zona próxima al elemento de unión. Lo anterior implica que la flexibilidad de las uniones, debe ser incorporada en la etapa de análisis en modelos para análisis y diseño de este tipo de estructuras.

2. OBSERVACIONES DE LOS ENSAYOS REALIZADOS

De las observaciones realizadas en las probetas durante y después de los ensayos y de las relaciones carga-deformación registradas, se infiere que en un comienzo la carga se distribuye de manera uniforme a lo largo del vástago del perno. Para cargas mayores se produce una flexión del eje del perno, provocando una concentración de tensiones en los bordes de las piezas de madera que conforman la probeta. Para grandes deformaciones, la capacidad de la unión pasa a depender de la resistencia al aplastamiento de la madera y de la flexión del perno. En la Figura 1 se observa una de las probetas con un perno de diámetro $\phi 10$ mm, después de un ensayo con una carga axial cíclica paralela a la fibra. La carga máxima aplicada alcanzó 1250 Kg, con una deformación de 6.8 mm. Para este nivel de deformación alcanzado existe un aplastamiento importante de la madera en contacto con el eje del perno, junto a una deformación permanente de este. Esta deformación esta caracterizada por flexión del perno y penetración de las arandelas en la madera producto del giro de estas últimas, inducidos por la flexión del perno. La utilización de pernos de diámetro menores a 12 mm, de manera que el eje del perno se pueda flectar sin inducir fractura en la madera, lleva a un comportamiento dúctil y permite que la carga se reparta entre el número de pernos dispuestos en la unión. Para pernos de gran diámetro, su gran rigidez conduce a menudo a una falla frágil en la madera, particularmente cuando se produce una componente de la carga perpendicular a la fibra. Estos pernos pueden precipitar una fractura en la madera y la pérdida de ductilidad de los pernos individuales, puede sobrecargar a uno dentro de un grupo.