

ENTREPISOS RESIDENCIALES DE MADERA MACIZA DE *Eucalyptus grandis* DE ARGENTINA. UNA PROPUESTA DESDE LO ESTRUCTURAL, LO ESTÉTICO Y LO CONSTRUCTIVO

Dr. Ing. Viviana Carolina Rougier⁽¹⁾, Ing. Alberto Daniel Cotrina⁽¹⁾, Dr. Ing. Juan Carlos Piter⁽²⁾

(1) Profesores e investigadores del Grupo de Estudio de Maderas (GEMA), (2) Profesor y Director del GEMA. Departamento de Ingeniería Civil, Facultad Regional Concepción del Uruguay (ER), Universidad Tecnológica Nacional.

RESUMEN

En este trabajo se presentan resultados de estudios teóricos y del comportamiento en servicio de un modelo de entrepiso residencial construido con madera maciza de *Eucalyptus grandis* cultivado en Argentina. Investigaciones previas llevadas a cabo con piezas de tamaño estructural de esta especie permiten conocer los valores característicos de las propiedades mecánicas de este material, con la confiabilidad que exigen las modernas normas de diseño. Es conocido que los mayores problemas que desde el punto de vista estructural han presentado los entrepisos de madera tradicionales se relacionan no solo con su resistencia sino con su rigidez, y se manifiestan en el estudio de las deformaciones instantáneas y diferidas así como de las vibraciones inducidas por el tránsito humano. Esta propuesta tiene por objetivo presentar y discutir un modelo que contempla estos aspectos del comportamiento estructural, requiere simples procedimientos de montaje y acabado, y realza el excelente aspecto de este material. Los estudios se llevaron a cabo de acuerdo con los criterios de normas de diseño de relieve internacional y en la ejecución se empleó madera clasificada por resistencia según la Norma IRAM 9662-2¹. Los resultados confirmaron un satisfactorio desempeño del modelo y alientan el estudio de nuevas alternativas constructivas.

Residential wooden floors of Argentinean Eucalyptus grandis. A proposal from a structural, aesthetic and constructive point of view

Abstract This paper presents the results of theoretical studies as well as the behaviour of an empirical model related to residential wooden floors of Argentinean *Eucalyptus grandis*. Previous researches carried out with structural-sized specimens of this timber species allow to know the characteristic values of the mechanical properties of this material. These values provide the reliability required by modern design rules. It is known that the most important problems related to the structural behaviour of traditional wooden floors are connected not only with their strength but with their stiffness and they appear when studying instantaneous and creep deflections as well as human-induced vibrations. The aim of this proposal is to present and discuss a model that considers these topics of the structural behaviour and requires simple procedures of assembly and finishing. The model also enhances the excellent visual appearance of this material. Studies were carried out by following the criteria adopted by outstanding design rules and the assembly of the analysed model was made by employing timber strength-graded according to the Argentinean standard IRAM 9662-2¹. Results confirmed a good performance of the model and encourage further studies regarding new assembly procedures.

INTRODUCCIÓN

Es conocida la riqueza forestal de Argentina y apreciada la calidad de sus maderas. No obstante, los conceptos modernos de diseño estructural que deben asegurar aspectos tales como la resistencia, la funcionalidad y la durabilidad del producto, entre otros, requieren la incorporación de tecnología en forma programada. Es decir que en la actualidad el aprovechamiento del recurso natural, que a su vez implica generación de riqueza nacional y un aporte al mejoramiento del medio ambiente cuando se lo lleva a cabo en forma planificada, requiere de un esfuerzo conjunto entre quienes poseen el conocimiento y quienes están en el sector productivo.

En nuestro país y durante los últimos años, tanto la madera aserrada como la madera laminada encolada de especies reforestadas han sido objeto de investigaciones orientadas a su uso estructural. En particular, para el *Eucalyptus grandis*, especie cultivada principalmente en las provincias de Entre Ríos y Corrientes ², se ha publicado un método para clasificar visualmente por resistencia piezas aserradas ³, fundamentado en resultados de estudios llevados a cabo con una adecuada base estadística. Los principales parámetros de clasificación y las propiedades mecánicas y físicas de las clases resistentes fueron adoptados por la norma IRAM 9662-2 ¹. A su vez, la evolución en la tecnología del secado y la decisión de algunas empresas de la región de comercializar madera de esta especie clasificada y secada técnicamente ofrecen la posibilidad de jerarquizar su utilización en la construcción y de proyectar estructuras con un adecuado grado de confiabilidad.

La construcción de entresijos de madera maciza de *Eucalyptus grandis* siguiendo criterios de diseño establecidos en normas de relevancia internacional y a su vez garantizando aspectos referidos a la durabilidad, estética, entre otros, es uno de los casos que ha sido posible por la conjunción de los resultados producidos por el sector científico-tecnológico y el productivo, como se mencionó anteriormente. Estos entresijos ofrecen condiciones de servicio de una calidad que no era habitual obtener en los tradicionales, realzan las naturales ventajas estéticas del material y permiten lograr su montaje con simples procedimientos constructivos.

Además de los requisitos referidos a la resistencia y a las deformaciones, tanto instantáneas como diferidas, este tipo de elementos debe satisfacer condiciones relacionadas al control de las vibraciones inducidas por el tránsito humano. Normas de diseño estructural tanto de Latinoamérica como de Europa y Norteamérica establecen lineamientos para tratar esta problemática. Las vibraciones inducidas por el tránsito humano constituyen un importante problema para este tipo de estructuras, ya que muchas de las actividades desarrolladas por las personas inducen fuerzas dinámicas con frecuencias comprendidas en el rango de 2 Hz a 6 Hz. Consecuentemente, las normas de diseño estructural recomiendan valores mínimos para la frecuencia natural de los entresijos destinados a viviendas que son superiores a los mencionados anteriormente ^{4 5 6}.

El objetivo de este trabajo es presentar y discutir los resultados, tanto del análisis teórico como de mediciones efectuadas sobre un modelo experimental, referidos al comportamiento estructural y a aspectos estéticos y constructivos de un modelo de entresijo construido con madera maciza de *Eucalyptus grandis* cultivado en la Mesopotamia de Argentina. Adicionalmente, comparar los resultados obtenidos con recomendaciones de normas de diseño de reconocimiento internacional.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para la ejecución del modelo experimental se emplearon tablas de *Eucalyptus grandis* cultivado en el Noreste de la Provincia de Entre Ríos, con dimensiones nominales iguales a 25,4 mm x 101,6 mm para su sección transversal y de 3,05 m para su longitud. Las tablas estuvieron libres de médula y otros defectos no permitidos por la norma IRAM 9662-2 ¹ pero la nudosidad no fue limitada. Su secado se efectuó técnicamente en la empresa proveedora y fueron provistas con un contenido de humedad de aproximadamente 12 %, es decir muy cercano al de equilibrio higroscópico correspondiente al ambiente interior de una vivienda típica en la Provincia de Entre Ríos.

Luego de producido el secado técnico, el material fue trasladado a una carpintería con el objeto de proceder a su preparación previa al montaje. Todas las tablas fueron maquinadas al mismo ancho para obtener un espesor uniforme del entepiso, el cual alcanzó 90 mm. Luego de cepillar las cuatro caras se efectuó el tomado de dos cantos adyacentes a un lado menor, con el objetivo de otorgar el efecto deseado a la vista inferior del cielorraso (Figura 1).

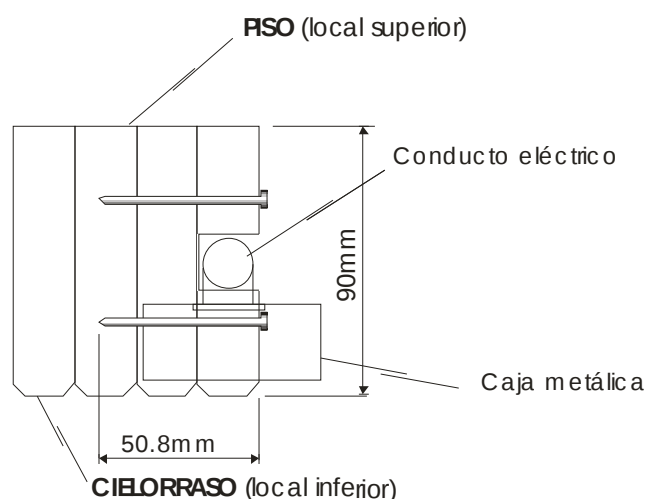


Figura 1: Sección transversal de las tablas que conforman el entepiso e indicación de la longitud de los clavos y de la ubicación del conducto eléctrico.

La unión de las tablas para conformar el entepiso se llevó a cabo empleando clavos espiralados de longitud igual a 50,8 mm, asegurando de esta manera que cada clavo atravesase completamente el espesor de dos tablas y se introduzca en la tercera en forma parcial. La separación entre los mismos en el sentido longitudinal de las tablas fue de aproximadamente 300 mm. Luego de conformado un bloque inicial, las tablas se colocaron individualmente con la intervención de dos personas. La sustentación de sus extremos se materializó sobre un alisado de cemento construido sobre vigas y muros, el cual aseguró un apoyo de 50 mm. La instalación eléctrica se materializó colocando la cañería en una canalización efectuada longitudinalmente en una tabla, lo cual permitió acceder a las bocas proyectadas en cada habitación. En la Figura 2 se complementan detalles de la descripción anterior.

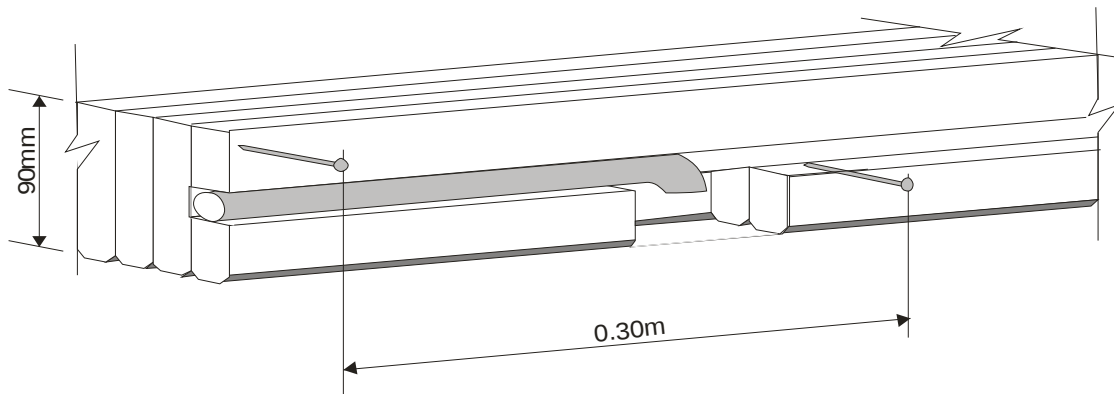


Figura 2: Detalle del espaciado de los clavos y de la posición de la instalación eléctrica.

El diseño estructural contempló el control de las tensiones actuantes y las deformaciones originadas tanto por la carga permanente como por la sobrecarga de uso. Los valores de la máxima tensión y de las deformaciones instantáneas se calcularon empleando las soluciones clásicas. Los valores de las deformaciones diferidas en el tiempo (creep) se obtuvieron siguiendo criterios particulares de las normas empleadas para el análisis de los resultados, y por lo tanto las expresiones empleadas para su cálculo se presentan en el capítulo de Resultados y discusión. Con el fin de controlar las vibraciones inducidas por el tránsito humano fue determinada la frecuencia fundamental de vibración del forjado (f) con la expresión:

$$f_1 = \frac{\pi}{2l^2} \sqrt{\frac{(EI)_l}{m}} \frac{1}{s}, \quad (1)$$

donde l es la luz de cálculo (m), EI_l es la rigidez en la dirección principal para un ancho colaborante igual a 1 m y m es la masa por unidad de área (kg/m^2).

Con el propósito de obtener con exactitud la deformación producida por una acción concentrada, correspondiente al peso de una persona, se llevó a cabo una prueba empírica con medición de deformaciones en período elástico. Con este fin se colocó una carga actuando sobre un área cuadrada de 0,30 m de lado en la zona central de la estructura. El valor inicial de la carga fue de 0,4 kN, al que se aplicaron incrementos sucesivos de igual valor hasta alcanzar un máximo de 2,4 kN. Para cada escalón producido en el valor de la carga se midieron las deformaciones producidas. Los registros de las deformaciones se tomaron en 6 puntos, equidistantes entre sí, de la parte inferior del entrepiso. Uno de los puntos se ubicó debajo del centro del área cargada y los restantes se localizaron a intervalos de 0,15m, distribuidos transversalmente a la dirección principal de la estructura, o sea perpendicularmente al eje longitudinal de las tablas. La distribución de los extensómetros, que puede apreciarse en la Figura 3, obedeció al propósito de conocer la extensión del ancho colaborante de la estructura en el sentido

transversal, el cual se relaciona a la transmisión de esfuerzos a través de las uniones clavadas que vinculan las distintas tablas. Las deformaciones se midieron con extensómetros con capacidad de registrar 0,01 mm.



Figura 3: Ubicación de los extensómetros para registrar las deformaciones durante el ensayo de carga.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 1 se presentan los principales resultados para las máximas tensiones y deformaciones instantáneas originadas por la flexión, considerando la carga distribuida constituida por el peso propio y la sobrecarga de uso. El peso propio del entrepiso ($G = 0,5 \text{ kN/m}^2$) se obtuvo considerando el valor medio de la densidad de la madera correspondiente a la clase resistente empleada y con un contenido de humedad del 12 %, el cual alcanza a 557 kg/m^3 según publicaciones de resultados correspondientes a investigaciones previas³. La sobrecarga de uso ($Q = 2,0 \text{ kN/m}^2$) es la adoptada por el Proyecto de Reglamento CIRSOC 101⁷ para locales destinados a dormitorios o salas de estar en viviendas.

Todos los resultados que se presentan en la Tabla 1 fueron obtenidos bajo la hipótesis de que la estructura posee una rigidez a flexión despreciable en la dirección transversal a las tablas. Esta hipótesis se fundamenta en que el valor del módulo de elasticidad longitudinal a las fibras en la madera puede estimarse en 30 veces el valor del módulo correspondiente a la dirección transversal^{8 9}. Por otro lado, el tipo de unión entre tablas no fue diseñado para transmitir esfuerzos originados por la flexión en la dirección transversal. Para el cálculo de las deformaciones se empleó el valor medio del módulo de elasticidad longitudinal para

un contenido de humedad del 12 %, el cual alcanza a 13500 N/mm² para madera de la clase resistente adoptada, según publicaciones previas³. La máxima tensión de flexión originada por la totalidad de las acciones ($\sigma_{m\acute{a}x} = 2,1$ N/mm²) representa solamente el 7,5 % del valor característico publicado para la especie en la calidad de madera empleada, el cual alcanza 28 N/mm² según Piter et al.³. Consecuentemente, carece de sentido presentar una verificación precisa conforme a los criterios de diseño actuales.

Tabla 1: Principales resultados para las tensiones y las deformaciones instantáneas

	$\sigma_{m\acute{a}x}$ (N/mm ²)	u_{inst} (mm)
G (0,5 kN/m ²)	0,4	0,6
Q (2,0 kN/m ²)	1,7	2,6
G + Q (2,5 kN/m ²)	2,1	3,2

Respecto de las deformaciones, la norma chilena NCh1198¹⁰ estipula para las construcciones habitacionales que las flechas máximas no deben superar $l/360$ cuando son producidas exclusivamente por la sobrecarga, y $l/300$ cuando son producidas por la carga total. Para el presente caso los límites establecidos alcanzan $3000/360 = 8,3$ mm y $3000/300 = 10$ mm. Estos son satisfechos por los resultados presentados en la Tabla 1 para las deformaciones instantáneas, donde se indican los valores de 2,6 mm y 3,2 mm para la sobrecarga y la carga total respectivamente. Según el criterio de esta norma, las deformaciones diferidas (creep) deben calcularse cuando las solicitaciones de naturaleza permanente exceden el 50 % de la solicitación total. En el presente caso la relación entre ambas solicitaciones alcanza el 20 % (ver Tabla 1) por lo cual no corresponde la verificación de las deformaciones diferidas en el tiempo.

El Eurocódigo 5⁶ recomienda que las cargas variables no provoquen una deformación instantánea superior a $l/300$ y una deformación final, teniendo en cuenta el creep, mayor que $l/200$. A su vez, recomienda que la deformación neta final originada por la totalidad de las cargas no supere $l/200$. Teniendo en cuenta que para el presente caso el límite de $l/300$ es 10 mm, el valor alcanzado por la deformación instantánea originada por la sobrecarga de uso (2,6 mm) satisface plenamente esa recomendación. Conforme al criterio de este Reglamento, la deformación final debe calcularse con la siguiente expresión: $u = u_{inst} (1 + k_{def})$, donde k_{def} es un coeficiente que varía en función de la duración de la carga y de la condición de servicio de la estructura. Para el caso analizado este coeficiente alcanza el valor de 0,6 para el peso propio y de 0,25 para la sobrecarga de uso, ya que la primera es una carga permanente y la segunda puede considerarse de media duración, actuando ambas sobre una estructura que se encuentra en el interior de la vivienda (condición de servicio 1). Aplicando este criterio, el resultado obtenido para la carga variable es $u = 2,6$ mm $(1 + 0,25) = 3,25$ mm, el cual es sustancialmente menor que el límite recomendado ($l/200 = 15$ mm). Para el peso propio es $u = 0,6$ mm $(1 + 0,6) = 1,0$ mm, de manera que la deformación final originada por la totalidad de las cargas alcanza 4,25 mm, valor que es también muy inferior al límite recomendado ($l/200 = 15$ mm). Por otra parte, investigaciones realizadas con vigas

sometidas durante un año a flexión bajo una carga permanente, en similares condiciones de exposición ambiental que la estructura que se analiza, han corroborado que los valores recomendados por el Eurocódigo 5 comparan razonablemente bien con el comportamiento real de esta madera frente a las deformaciones diferidas ^{11 12}.

Con referencia a los requerimientos relacionados a la pérdida de confort producida por las vibraciones inducidas por el tránsito humano, la norma de Brasil NBR 7190 ⁴ estipula que los entresijos residenciales deben poseer una frecuencia natural de vibración no menor a 8 Hz. En el presente caso de estudio esa condición se encuentra satisfecha pues el valor calculado empleando la ecuación (1) anteriormente indicada alcanzó 22,3 Hz considerando la masa correspondiente al peso propio y 9,9 Hz teniendo en cuenta el peso propio y la totalidad de la sobrecarga de uso. Además de lo anteriormente expresado, esta norma admite que los requerimientos se satisfacen cuando la deformación instantánea producida por la totalidad de las cargas actuantes ($G + Q$) no supera los 15 mm. Considerando que el valor obtenido en el presente caso alcanza 3,2 mm (Tabla 1) puede afirmarse que el modelo analizado satisface holgadamente el criterio adoptado por la norma NBR 7190 ⁴ para controlar las vibraciones inducidas por el tránsito humano.

Considerando la importancia que adquieren las deformaciones producidas por una carga concentrada representativa del peso de una persona (1 kN) en el análisis de las vibraciones inducidas por el tránsito humano, tanto para el criterio adoptado en Norteamérica ⁵ como en Europa ⁶, en la Tabla 2 se presentan los resultados del ensayo llevado a cabo para verificar experimentalmente la respuesta del modelo frente a ese tipo de cargas, el cual fue descrito anteriormente.

Tabla 2: Deformaciones registradas en la prueba de carga.
(1) valores obtenidos por interpolación lineal

Carga (kN)	Distancia al centro de la carga (m)					
	0	0,15	0,30	0,45	0,60	0,75
	Deformaciones registradas (mm)					
0,4	0,38	0,38	0,28	0,20	0,13	0,07
0,8	0,75	0,72	0,52	0,36	0,22	0,11
1 ⁽¹⁾	0,96	0,93	0,66	0,45	0,27	0,13
1,2	1,16	1,13	0,80	0,53	0,31	0,14
1,6	1,51	1,45	1,03	0,68	0,39	0,18
2	1,97	1,92	1,34	0,85	0,45	0,19
2,4	2,33	2,24	1,57	1,00	0,54	0,24

Para una mejor visualización, los resultados obtenidos por acción de la carga, que fue incrementándose escalonadamente hasta un máximo de 2,4 kN, se muestran graficados en la Figura 4. Los valores de las deformaciones correspondientes a 1 kN fueron calculados por interpolación lineal y señalados con una línea continua en la figura mencionada. Es posible apreciar que a 0,75 m del centro de la carga el valor de las deformaciones fue muy pequeño y, consecuentemente, puede aceptarse que las tablas ubicadas a partir de esa distancia no fueron solicitadas desde el punto de vista estructural. Por su parte, las

máximas deformaciones se registraron siempre debajo del centro de aplicación de la carga, correspondiendo a 1 kN el valor de 0,96 mm.

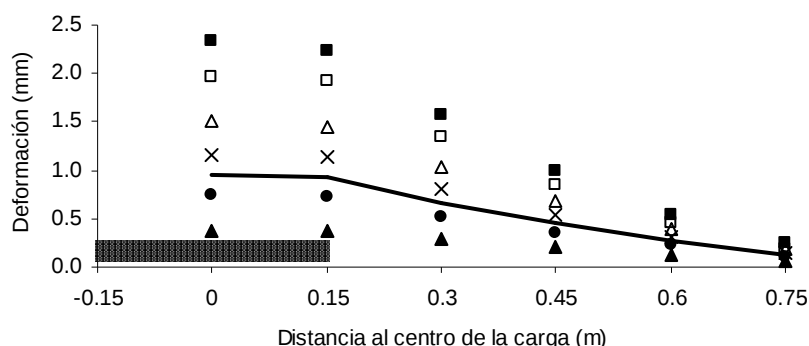


Figura 4: Deformaciones registradas en la prueba de carga.

▲, ●, x, △, □ y ■ representan las deformaciones producidas por cargas iguales a 0,4 kN, 0,8 kN, 1,2 kN, 1,6 kN, 2,0 kN y 2,4 kN respectivamente; la línea continua indica las deformaciones correspondientes a una carga de 1 kN; la línea horizontal de trazo grueso ubicada sobre el eje horizontal representa la zona de aplicación de la carga.

Conforme al criterio Norteamericano ⁵, la deformación producida por la carga de una persona constituye la mejor manera de identificar excesivas vibraciones cuando los entresijos son sometidos al tránsito humano. Según esos lineamientos, la frecuencia natural de vibración debe situarse por encima de 12 Hz, porque la sensibilidad humana a las vibraciones disminuye significativamente a partir de esta frecuencia. Este valor recomendado debe obtenerse bajo la acción del peso propio y de aquella parte de la sobrecarga que actúa durante un tiempo prolongado, es decir que puede suponerse una acción conjunta de ella con el peso propio. A su vez, para luces de cálculo inferiores 3 m la rigidez del forjado debe ser lo suficientemente elevada como para garantizar una deformación, producida por una carga concentrada equivalente al peso de una persona, menor a 2 mm. En el caso del modelo analizado la frecuencia natural resultó igual a 22,3 Hz cuando actúa el peso propio, y bajo el supuesto de que la mitad de la sobrecarga de uso (1 kN/m^2) participa de las acciones de larga duración, el resultado de la ecuación (1) antes mencionada alcanza a 12,8 Hz, lo que satisface el requerimiento de este Reglamento. Por su parte, la deformación producida por la carga de 1 kN medida experimentalmente, como ya se señaló, fue de 0,96 mm o sea menos de la mitad del límite superior recomendado.

De acuerdo al criterio adoptado por el Eurocódigo 5 ⁶ para controlar las vibraciones inducidas por el tránsito humano en este tipo de estructuras, los forjados con una frecuencia fundamental de vibración menor o igual a 8 Hz requieren de estudios especiales. Para aquellos casos en los cuales esa frecuencia supera los 8 Hz, como es el caso del presente trabajo, estipula que la máxima deformación producida por una carga vertical y puntual igual a 1 kN, representativa del peso de una persona, no supere el valor de 1,5 mm. Establece además un límite para la

máxima velocidad de vibración del entrepiso, causada por un impulso unitario (1 Ns), cuyo cálculo presenta la dificultad de estimar correctamente la colaboración transversal del forjado en esa respuesta ¹³. Tanto la frecuencia natural de vibración del modelo propuesto, como la deformación medida bajo la carga de 1 kN satisfacen holgadamente los requerimientos de este reglamento europeo.

Las cualidades estéticas del material permiten alcanzar un acabado del cielorraso realzando su belleza con una simple aplicación superficial, lográndose un aspecto cálido como el que se ilustra en la Figura 5. En lo referente a la terminación de la superficie correspondiente al piso del local superior, dos métodos simples pueden elegirse. Uno consiste en un pulido tradicional para luego aplicar cera o una terminación superficial en laca. Otra alternativa es la constituida por el alfombrado, el cual, si bien oculta la natural belleza de la madera, colabora en la absorción de la sensibilidad que puede producir el tránsito humano, cuyo cálculo fue expuesto anteriormente con resultados satisfactorios conforme a los criterios de diseño de relevancia internacional ya citados. Estos aspectos estéticos y de confort que brinda el modelo, sumados a la facilidad de preparación y montaje logrados tanto para el entrepiso como para sus instalaciones complementarias, ponen en evidencia ventajas competitivas del mismo frente a otras alternativas constructivas.



Figura 5: Vista inferior del cielorraso

CONCLUSIONES

Fue posible diseñar y ejecutar un modelo de entrepiso no tradicional con madera maciza de *Eucalyptus grandis* cultivado en la Mesopotamia de Argentina. El máximo valor calculado para las tensiones originadas por la flexión no superó el 7,5 % de la resistencia característica publicada para madera de la calidad y la especie empleada y, consecuentemente, carece de sentido presentar su verificación. Los

resultados del cálculo de las deformaciones, tanto instantáneas como diferidas, cumplieron con facilidad los requerimientos de la norma chilena NCh1198¹⁰ y del Eurocódigo 5⁶. El análisis de las vibraciones inducidas por el tránsito humano mostró que las características del modelo propuesto satisfacen los criterios de la norma de Brasil NBR 7190⁴, así como los adoptados en Norteamérica por el LRFD⁵ y en Europa por el Eurocódigo 5 ya mencionado. Las cualidades estéticas del material se evidenciaron aún sin alterar su natural aspecto, pero a través de la aplicación de simples tratamientos superficiales fue posible realzar determinadas tonalidades. Un simple método constructivo posibilitó la preparación del material y efectuar el montaje, así como realizar las instalaciones complementarias, lo cual destaca la competitividad del material para este tipo de usos.

REFERENCIAS

¹ IRAM 9662-2 (2006) Madera laminada encolada estructural, Clasificación visual de las tablas por resistencia, Parte 2: Tablas de *Eucalyptus grandis*. Instituto Argentino de Normalización y Certificación, Buenos Aires.

² INTA (1995) Manual para Productores de Eucaliptos de la Mesopotamia Argentina. Grupo Forestal, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, EEA Concordia, Argentina.

³ Piter JC, Zerbino RL, Blaß HJ (2004) Visual strength grading of Argentinean *Eucalyptus grandis*. Strength, stiffness and density profiles and corresponding limits for the main grading parameters. Holz als Roh- und Werkstoff 62:1-8.

⁴ NBR 7190 (1997) Projeto de estruturas de Madeira. Associação Brasileira de Normas Técnicas, Brasil.

⁵ LRFD (1996) Load and Resistance Factor Design – Manual for Engineered Wood Construction. American Forest & Paper Association, American Wood Council.

⁶ UNE-ENV 1995-1-1 (1997) Eurocódigo 5: Proyecto de estructuras de madera, Parte 1-1: Reglas generales y reglas para edificación. Asociación Española de Normalización y Certificación –AENOR-, Madrid.

⁷ CIRSOC 101 (2002) Proyecto de Reglamento Argentino de Cargas Permanentes y Sobrecargas Mínimas de Diseño para Edificios y otras Estructuras. Centro de Investigación de los Reglamentos Nacionales de Seguridad para las Obras Civiles. INTI, Buenos Aires.

⁸ EN 338 (1995) Madera estructural – Clases resistentes. Asociación Española de Normalización y Certificación –AENOR-, Madrid, España.

⁹ EN 384 (1995) Madera estructural – Determinación de los valores característicos de las propiedades mecánicas y la densidad. Asociación Española de Normalización y Certificación –AENOR-, Madrid, España.

¹⁰ NCh1198 (2007) Madera – Construcciones en madera – Cálculo. Instituto Nacional de Normalización – INN, Santiago, Chile.

¹¹ Piter J.C., Zerbino R. L., Blaß H. J. (2006) Deflections in beams of Argentinean *Eucalyptus grandis* under long-term loading. Holz als Roh- und Werkstoff 64(5): 351-355.

¹² Piter J.C., Calvo C.F., Cuffré A.G., Rougier V.C, Sosa Zitto M.A., Torrán E.A. (2007) Creep in structural-sized beams of Argentinean *Eucalyptus grandis*. Maderas: Ciencia y Tecnología 9(2): 117-126.

¹³ Ohlsson S. (1995) Serviceability limit states – Vibration of wooden floors. En: Timber Engineering STEP 1, Centrum Hout, The Netherlands, pp. A18/1-A18/8.