

Desarrollo de lineamientos de diseño estructural para la construcción de viviendas de entramado ligero con maderas de pino y eucalipto de Uruguay

LAURA MOYA, SILVIA BÖTHIG, JUAN JOSÉ FONTANA,
JORGE FRANCO, DANIEL GODOY, STEPHANY ARREJURÍA,
MARIANA SAURA, VIRGINIA VILA Y VALENTINA PENADÉS

PALABRAS CLAVE

CONSTRUCCIÓN CON MADERA; ESTRUCTURAS ARQUITECTÓNICAS; PROTOTIPO;
DISEÑO Y CÁLCULO; UNIONES

Arquitecta (FArq-Udelar, 1991). Magíster en Diseño y Construcción en Madera (FarCoDi-Universidad del Bío-Bío, Chile, 2001). Doctora en Gestión de Recursos Naturales (Department of Bioproducts and Biosystems Engineering, University of Minnesota, 2008). Profesora Titular de Estructuras 4, investigadora y coordinadora académica del Diploma de Especialización en Diseño, Cálculo y Construcción de Estructuras de Madera (Facultad de Arquitectura-Universidad ORT, Uruguay).

Introducción

A partir del proyecto «Documentos base para la estandarización de edificaciones y construcciones en madera», un grupo de docentes e investigadores del Equipo Multidisciplinario para la Madera Estructural [EMME] —pertenecientes a la Fundación Latitud del LATU; la Facultad de Arquitectura de la Universidad ORT Uruguay; la Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo [FADU] y la Facultad de Ingeniería de la Universidad de la República [Udelar]— desarrolló el documento *Lineamientos de diseño estructural para viviendas de entramado ligero construidas con maderas de pino y eucalipto de Uruguay. Soluciones estandarizadas basadas en normas nacionales y en el criterio del Eurocódigo 5*.

El proyecto fue financiado a través de una cooperación técnica con el Fondo Financiero para el Desarrollo de la Cuenca del Plata [Fonplata] y gestionado por el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura [IICA] y la Dirección General Forestal del Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca [MGAP] de Uruguay. Se contó, además, con el asesoramiento del Dr. Ing. Juan Carlos Piter y de la Ing. María Rocío Ramos, del Grupo de Estudio de Maderas de la Facultad Regional Concepción del Uruguay, de la Universidad Tecnológica Nacional de Argentina [UTN].

Si bien a nivel internacional existe una gran variedad de documentos referidos al tema, la creación de códigos y de normativa nacional adquiere especial importancia, ya que permite contemplar las características de los materiales

producidos en nuestro país y disponibles en el mercado local. El comité especializado UNIT de Madera para Uso Estructural está en proceso de adoptar el Eurocódigo 5 (Asociación Española de Normalización, 2016) y de crear un Anexo nacional que contemple estas especificidades locales. Considerando la experiencia de países de la región en relación con los pasos adoptados para la creación de documentos técnicos y normativa específica para diseño estructural en madera, el equipo investigador se propuso generar una guía técnica con un conjunto de reglas acordes a los materiales y tecnologías disponibles en el mercado nacional.

El documento está basado en las soluciones constructivas en madera más comúnmente utilizadas en el país, en normas nacionales para la determinación de acciones sobre las construcciones y en los criterios generales establecidos en el Eurocódigo 5 (Asociación Española de Normalización, 2016).

El objetivo general del trabajo es contribuir a la incorporación de madera de producción nacional en la construcción de viviendas, promoviendo la estandarización del proceso de diseño. Se espera que este documento brinde respaldo a los profesionales de la construcción, sirva como referencia para los técnicos involucrados en la aprobación de permisos de construcción y contribuya al desarrollo del sector industrial, al sistematizar procedimientos y otorgar confiabilidad a todos los interesados.

Antecedentes y justificación

Dentro de las metas consensuadas por el Consejo Sectorial Tripartito Forestal-Madera, se encuentra la incorporación de 100000 m³ de productos de madera en la construcción de viviendas, en la industria de la construcción en general y en la fabricación de muebles (Ministerio de Industria, Energía y Minería, 2012). Para alcanzar esta meta, se requieren fuertes políticas públicas de promoción del uso intensivo de madera y productos de ingeniería de madera en arquitectura e ingeniería civil. Estas políticas y acciones de promoción deben sostenerse en un mercado que ofrezca materiales estructurales adecuados, así como documentos técnicos y normativas que establezcan estándares de diseño y construcción específicos.

Estos factores, junto con la formación de recursos humanos y una estrategia de comunicación destinada a informar a los usuarios los beneficios de habitar espacios construidos con madera nacional, constituyen una base indispensable para el desarrollo de la tecnología de construcción con este material y, consecuentemente, para el desarrollo completo de la cadena forestal maderera.

La creación de este documento, consideramos, facilitará la correcta aplicación del citado Eurocódigo 5 en el país y brindará respaldo a los profesionales, contribuyendo a la sistematización de los distintos procedimientos, ya que ofrece al proyectista un instructivo que integra todas las etapas de diseño y establece, claramente, las especificaciones técnicas de los materiales a utilizar.

La propuesta está alineada con los objetivos de la Comisión Honoraria de la Madera que los autores integramos, que promueve el uso de maderas y productos de ingeniería de madera de origen nacional, provenientes de bosques renovables y manejados, de modo de garantizar el cumplimiento de las normas nacionales de calidad.

El documento *Lineamientos de diseño estructural para viviendas de entramado ligero construidas con maderas de pino y eucalipto de Uruguay. Soluciones estandarizadas basadas en normas nacionales y en el criterio del Eurocódigo 5*

El documento se focaliza en proyectos de edificaciones de viviendas con estructura de madera realizadas con el sistema constructivo de entramado ligero y centrado en viviendas unifamiliares de uno y dos niveles.

Se proponen soluciones a problemas típicos de diseño y cálculo que pueden ser aplicadas a casos estandarizados, contemplando la falta de experiencia en la aplicación de la normativa europea —Eurocódigos— a proyectos realizados con maderas nacionales.

Se consideran las características físicas y mecánicas de los materiales de producción nacional, las normativas locales complementarias para el cálculo de acciones, y aquellas prácticas constructivas que son habituales en el medio nacional.

El documento incluye el diseño de uniones y tablas de dimensionado para las unidades estructurales más relevantes, tanto de cubiertas como de muros, tabiques y entpisos, considerando las distintas clases resistentes de la madera nacional.

Las soluciones que se ofrecen en el documento están restringidas al siguiente campo de aplicación:

- La vivienda debe estar ubicada en Uruguay, ya que las acciones gravitatorias y la acción del viento fueron determinadas de acuerdo a las normas UNIT 33 (Instituto Uruguayo de Normas Técnicas, 1991) y UNIT 50 (Instituto Uruguayo de Normas Técnicas, 1984), respectivamente.
- La forma de la planta de la vivienda debe ser preponderantemente cuadrada o rectangular. Toda dimensión horizontal según sus direcciones principales debe ser igual o menor a 16 m y, la relación entre sus dimensiones [a/b], igual o menor a 2.
- La cubierta podrá tener una pendiente comprendida entre 15% y 30%.
- La altura máxima para viviendas de una planta deberá ser igual o menor a 5 m.
- La altura máxima para viviendas de dos plantas deberá ser igual o menor a 8 m.
- La dimensión mínima de los locales ubicados en la planta alta deberá ser igual o menor a 5 m.
- La calidad visual de la madera aserrada de pino —*Pinus taeda* o *Pinus elliottii*— deberá ser EC1 o ECO, y la de la madera aserrada de eucalipto

—*Eucalyptus grandis*— deberá ser EF1. La clase estructural de la madera laminada encolada deberá ser GL 20 h, GL 22 h o GL 24 h.

Se consideró una resistencia mínima de la estructura de 30 min en caso de incendio. Para el caso de elementos sin ninguna protección al fuego, la verificación de la seguridad fue realizada con el método de la sección reducida.

El documento presenta soluciones —dimensiones, especies y calidades— para los componentes típicos de las construcciones de entramado ligero empleados en la cubierta, en los cerramientos verticales y en los entrepisos.

La Fig. 1 muestra el prototipo de vivienda de dos niveles desarrollado como modelo en la Guía.

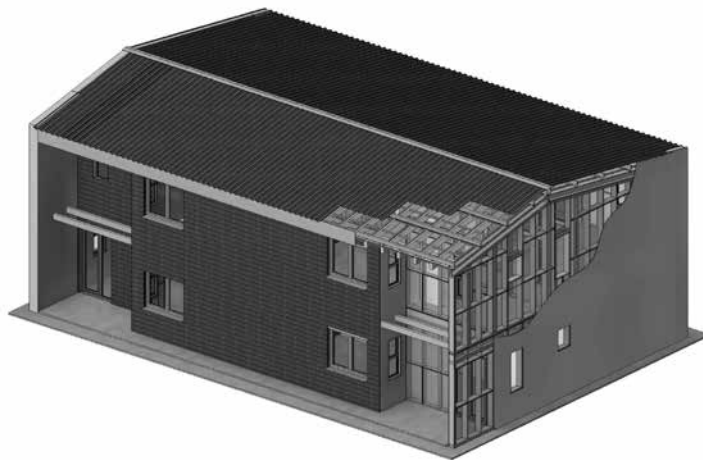


FIGURA 1. PROTOTIPO DE VIVIENDA DE DOS NIVELES CON ESTRUCTURA DE ENTRAMADO LIGERO DE MADERA.
FUENTE: DOCUMENTO COMENTADO EN EL ARTÍCULO

Se incluye una gran cantidad de detalles constructivos que abarcan empalmes, uniones en nudos —con placas de conexión de tablero contrachapado y clavos de acero—, anclajes, etc. Además, se proveen los esfuerzos de levantamiento para poder diseñar anclajes alternativos.

Componentes de cubierta: se presentan soluciones de correas de madera aserrada; vigas de madera aserrada con y sin protección frente al fuego —placas de yeso o protección superficial— y de madera laminada encolada sin protección frente al fuego; cerchas con una y dos pendientes de madera aserrada con protección frente al fuego, y diafragmas —planos rígidos inclinados sobre el borde superior de las vigas o planos rígidos horizontales debajo de los cordones inferiores de las cerchas—.

La Fig. 2 y la Fig. 3 muestran soluciones de cubiertas con vigas de madera laminada encolada y con cerchas de madera aserrada, respectivamente.

Componentes de los cerramientos verticales: se incluyen montantes de madera aserrada; se especifican longitudes necesarias de muros de corte, dinteles y pilares de madera aserrada y madera laminada encolada, con o sin protección

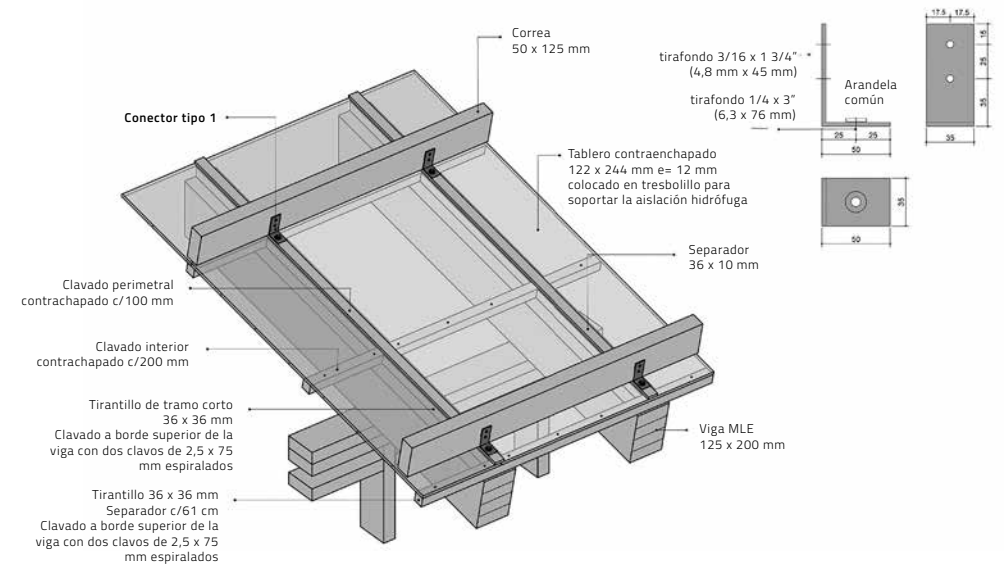


FIGURA 2. CUBIERTA CON VIGAS DE MADERA LAMINADA ENCOLADA. **FUENTE:** DOCUMENTO COMENTADO EN EL ARTÍCULO

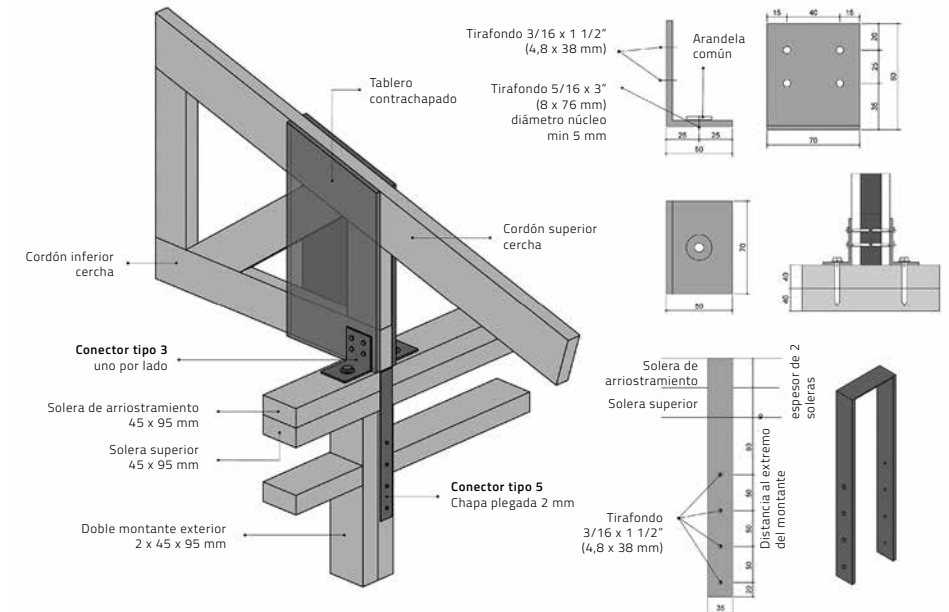


FIGURA 3. DETALLE DEL APOYO DE UNA CERCHA SOBRE LA SOLERA. **FUENTE:** DOCUMENTO COMENTADO EN EL ARTÍCULO

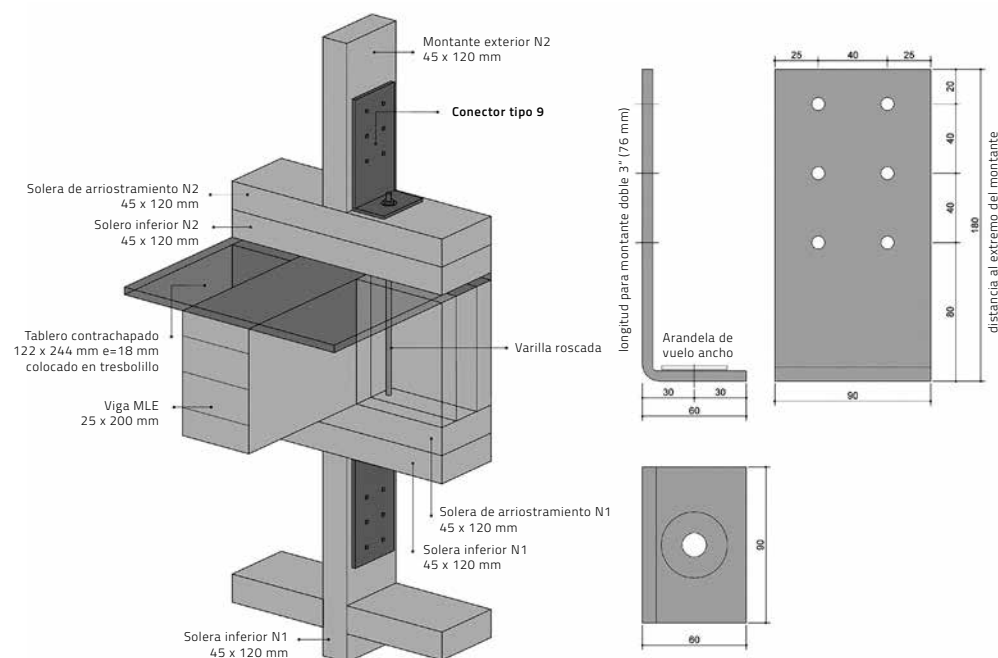


FIGURA 4. DETALLE DE CONECTORES ENTRE MONTANTES. FUENTE: DOCUMENTO COMENTADO EN EL ARTÍCULO

frente al fuego. Los muros portantes, en todos los casos, fueron considerados en el diseño estructural como elementos protegidos frente a la acción del fuego, ya que deben ser revestidos por placas de yeso.

La Fig. 4 muestra un detalle de conexión entre un montante de planta baja y otro de planta alta.

Componentes de los entrepisos: se ofrecen tres tipos de soluciones estandarizadas que tienen en consideración el adecuado control de las vibraciones inducidas por el tránsito humano. Entrepisos livianos sobre vigas —de madera aserrada y madera laminada encolada—; entrepisos compactos sobre vigas —de madera aserrada y madera laminada encolada—, y entrepisos macizos autoportantes —de madera aserrada—.

En las soluciones de entrepisos livianos y compactos, se proponen vigas que soportan el piso y se apoyan sobre las soleras de los muros portantes de la planta baja, en coincidencia con los montantes. Esta configuración de piso liviano es recomendable cuando no sea necesario alcanzar un nivel de aislación acústica elevado, mientras que la configuración de piso compacto es conveniente cuando se requiera un nivel de confort relativamente alto. Las soluciones de entrepisos macizos consisten en losas de tablas clavadas [NLT], cuyos extremos apoyan en forma continua sobre las soleras de los muros portantes de planta baja.

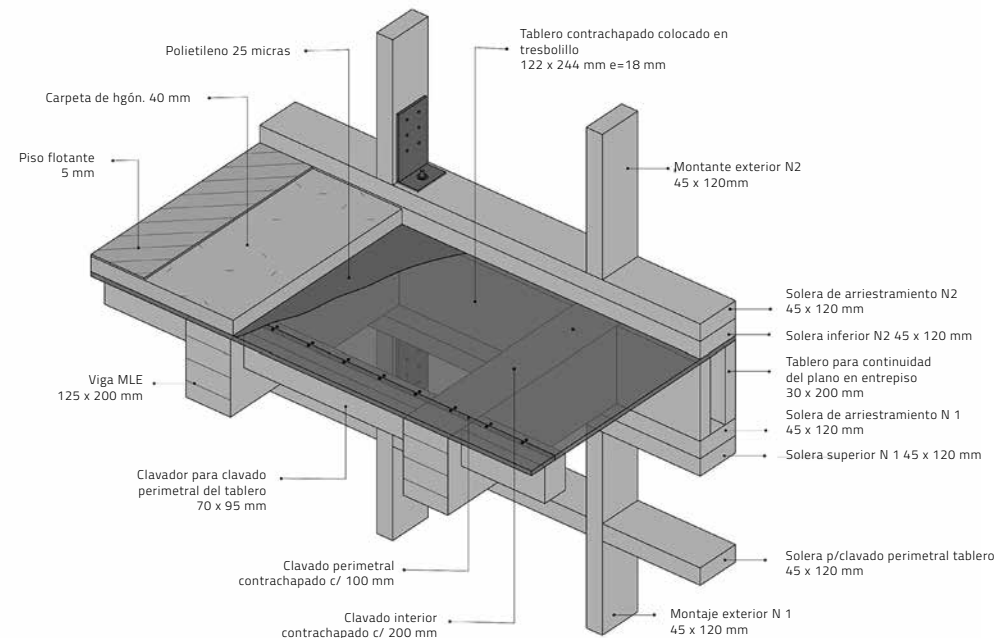


FIGURA 5. DETALLE DE UN ENTREPISO COMPACTO. FUENTE: DOCUMENTO COMENTADO EN EL ARTÍCULO

Se incluyen, además, soluciones de diafragmas de entrepiso.

La Fig. 5 muestra el detalle de un entrepiso compacto.

Impactos esperados

Se espera que la aplicación de los lineamientos descritos en este documento contribuya a una mejor comprensión del material y de su tecnología por parte de todos los actores involucrados en la cadena productiva, y —por tanto— a una mayor utilización de la madera nacional en el sector de la construcción.

Normas utilizadas para la elaboración del documento

UNIT 1261. (2018). *Madera aserrada de uso estructural - Clasificación visual - Madera de pino taeda y pino elliotti (Pinus taeda y Pinus elliotti)*. Montevideo: Instituto Uruguayo de Normas Técnicas.

UNIT 1262. (2018). *Madera aserrada de uso estructural - Clasificación visual - Madera de eucalipto (Eucalyptus grandis)*. Montevideo: Instituto Uruguayo de Normas Técnicas.

- UNIT 1264. (2019). *Estructuras de madera – Madera laminada encolada – Requisitos de fabricación*. Montevideo: Instituto Uruguayo de Normas Técnicas.
- UNIT 1265. (2020). *Estructuras de madera – Madera laminada encolada – Requisitos*. Montevideo: Instituto Uruguayo de Normas Técnicas.
- UNIT 33. (1991). *Cargas a utilizar en el proyecto de edificios*. Montevideo: Instituto Uruguayo de Normas Técnicas.
- UNIT 50. (1984), 2ª Revisión. *Acción del viento sobre construcciones*. Montevideo: Instituto Uruguayo de Normas Técnicas.
- UNE-EN 1995-1-1. (2016). *Eurocódigo 5: Proyecto de estructuras de madera. Parte 1.1: Reglas generales y reglas para edificación*. Madrid: AENOR.
- UNE-EN 1995-1-1. (2016). *Eurocódigo 5: Proyecto de estructuras de madera. Parte 1.2: Reglas generales. Proyecto de estructuras sometidas al fuego*. Madrid: AENOR.

Referencias bibliográficas

- Asociación Española de Normalización. (2016). *Reglas unificadas para el cálculo de estructuras de madera* (UNE-EN 1995-1-2). Madrid: AENOR.
- Instituto Uruguayo de Normas Técnicas. (1984). *Acción del viento sobre construcciones* (Norma UNIT n° 50:1984). <https://www.unit.org.uy/normalizacion/norma/697>
- Instituto Uruguayo de Normas Técnicas. (1991). *Cargas a utilizar en el proyecto de edificios* (Norma UNIT n° 33:1991). <https://www.unit.org.uy/normalizacion/norma/644>
- Ministerio de Industria, Energía y Minería. (2012). *Plan industrial, fase 1: automotor, biotecnológico, farmacéutico, forestal/madera, naval*. Montevideo: Mastergraf S.R.L.