

# COMUNICACIONES Científicas y Tecnológicas ANUALES 2024

Docencia  
Investigación  
Extensión  
Gestión



## **DIRECCIÓN GENERAL**

Decano de la Facultad de Arquitectura  
y Urbanismo - UNNE  
DR. ARQ. MIGUEL A. BARRETO

## **DIRECCIÓN EJECUTIVA FAU UNNE**

Secretaría de Investigación,  
DRA. ARQ. VENETTIA ROMAGNOLI

## **COMITÉ ORGANIZADOR**

MG. ARQ. HERMINIA ALÍAS  
DG CÉSAR AUGUSTO  
ARQ. MARÍA VICTORIA CAZORLA  
ESP. PROF. CECILIA DELUCCHI  
MG. ARQ. ANNA LANCELLE SCOCCO  
MG. ARQ. PATRICIA MARIÑO  
DG ANÍBAL PAUTAZZO  
LIC. LUCRECIA SELUY  
DG LUDMILA STRYCEK

## **CORRECCIÓN DE TEXTO**

IRINA WANDELOW

## **DISEÑO Y DIAGRAMACIÓN**

LARA MEYER

## **COORDINACIÓN EDITORIAL Y COMPILACIÓN**

DRA. ARQ. VENETTIA ROMAGNOLI

## **EDICIÓN**

Facultad de Arquitectura y Urbanismo  
Universidad Nacional del Nordeste  
(H3500COI) Av. Las Heras 727 •  
Resistencia • Chaco • Argentina  
Web site: <http://arq.unne.edu.ar>

## **ISSN 1666-4035**

Reservados todos los derechos.  
Resistencia, Chaco, Argentina. Octubre 2025

La información contenida en este volumen es absoluta responsabilidad de cada uno de los autores. Quedan autorizadas las citas y la reproducción de la información contenida en el presente volumen con el expreso requerimiento de la mención de la fuente.

# PRÓLOGO

Este nuevo número de las Comunicaciones Científicas y Tecnológicas Anuales, que contiene los trabajos presentados a las Jornadas de Comunicaciones Científicas y Tecnológicas 2024, organizadas por la Facultad de Arquitectura y Urbanismo en octubre de ese año, representa un paso más en el proceso de crecimiento de este espacio de difusión e intercambio que disponen los docentes, investigadores, becarios, estudiantes de grado y posgrado, no docentes y la comunidad académica en general perteneciente a nuestra facultad, otras unidades académicas de la Universidad Nacional del Nordeste y de la región, para dar a conocer sus producciones. Estas jornadas se nutren de trabajos realizados en los campos de Docencia, Investigación, Extensión, Gestión, y abarcan una amplia variedad temática, referida a las distintas áreas de las carreras de Arquitectura y de Diseño Gráfico como así también de la oferta de posgrado de esta casa de estudios. La consolidación y crecimiento de este espacio se ven reflejados en el volumen de producción que en estos últimos años se ha sostenido y acrecentado de manera sostenida, y que se plasman tanto en el material que contiene este nuevo libro como también en los contenidos de la revista institucional ADNéa, que al igual que en los últimos 12 años publicará este año una selección de los mejores trabajos

presentados en estas jornadas. Ambas publicaciones son producciones periódicas de la Editorial de la FAU. La importante producción evidencia el compromiso e interés que tiene la comunidad académica de nuestra facultad por compartir los resultados de sus actividades anuales tanto al interior de la FAU como al medio social en general, lo cual es valorado institucionalmente desde la perspectiva de que constituye un excelente ámbito de conocimiento y reflexión sobre las prácticas propias y de los demás colegas en general, que redundan en el continuo mejoramiento de la calidad de la facultad. A su vez, también es una excelente vidriera para mostrar la producción de lo que anualmente se realiza en las carreras de grado y posgrado que se imparten en nuestro ámbito. La edición 2024 de las jornadas se desarrolló con sesiones presenciales y exposiciones de poster de los trabajos en los pasillos de la FAU, con un alto grado de compromiso y participación de la comunidad académica. Por todo lo expuesto, quienes organizamos estas jornadas y dirigimos los pasos institucionales actuales de la facultad agradecemos esta labor realizada y alentamos a todos los docentes, investigadores, becarios y estudiantes de grado y posgrado de nuestra casa de estudios a continuar por esta senda de crecimiento y consolidación institucional.

# ESTUDIO DE LA MADERA LAMINADA CRUZADA Y ENSAYOS MECÁNICOS PARA SU APLICACIÓN EN CONSTRUCCIONES DEL NEA

## RESUMEN

Se analiza la factibilidad de producción de paneles de madera laminada cruzada (CLT) en el noreste argentino, enfocándose en Corrientes. Se destaca la sostenibilidad y eficiencia del CLT en la construcción. La investigación incluye un relevamiento normativo, visitas técnicas y ensayos de laboratorio, concluyendo que la región tiene capacidad para producir paneles de alta calidad y resistencia estructural. Los ensayos realizados se basan en la aplicación de normativa nacional e internacional, empleando el equipamiento disponible en la Facultad de Ingeniería de la UNNE.

## PALABRAS CLAVE

Factibilidad de producción; propiedades mecánicas; madera laminada cruzada.

## COMUNICACIÓN INVESTIGACIÓN 014

**Prado Lima, Juan M.; Cóceres, Héctor D.; Pilar, Claudia A.**

*juanpradolima@gmail.com*

Becario de grado, EVC-CIN, 2022, FI-UNNE.

Director de beca, Departamento Construcciones, FI-UNNE.

Codirectora de beca, Instituto de Investigaciones Tecnológicas para el Diseño Ambiental del Hábitat Humano (ITDAHu), FAU-UNNE.



## OBJETIVOS

### General:

- Estudiar la factibilidad de producción de CLT en la región NEA, especialmente en la provincia de Corrientes, analizando su aplicabilidad en estructuras y construcciones.

### Particulares:

- Realizar un relevamiento bibliográfico y de antecedentes a fin de construir un marco teórico sobre la temática.
- Estudiar ejemplos a nivel internacional, nacional y regional del material CLT y su aplicación.
- Revisar la capacidad de la cadena forestoindustrial de la provincia de Corrientes para indagar en el CLT.

## INTRODUCCIÓN

La madera es un recurso renovable, no contaminante, altamente reciclable, biodegradable y que fija dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) durante su crecimiento. Además, el proceso de prefabricación de los paneles acelera la construcción y disminuye los plazos de ejecución, reduciendo el costo de mano de obra.

El CLT (Madera Laminada Cruzada o Cross Laminated Timber, por sus siglas en inglés) posee numerosos aspectos estructurales favorables, sien-

do actualmente en el mundo un área de investigación y desarrollo central.

Por ello, la presente investigación tiene por propósito estudiar la viabilidad de la producción de paneles de CLT en la región NEA (Nordeste argentino), específicamente en la provincia de Corrientes.

Se analizó la normativa nacional e internacional, se realizó una visita técnica a la empresa Garupá SRL y se realizaron ensayos con los paneles de CLT. A partir de los resultados obtenidos, se concluyó que la región tiene capacidad para producir paneles de alta calidad y que la Facultad de Ingeniería de la UNNE cuenta con el equipamiento necesario para realizar ensayos en probetas a flexión y compresión.

## RESULTADOS

Se describe al panel CLT como un panel macizo, formado generalmente de tres a siete capas de tablas de madera aserrada estructural. Estas capas se disponen de manera alternada y contrapuesta en cuanto a la orientación de las fibras, se adhieren con pegamentos estructurales y se prensan para obtener un panel sólido y recto. (AGUIRRE, CABALLERO, CASELLI Y MUNITA, 2022)

Usualmente, los paneles fabricados con CLT se montan y cortan durante su producción, incorporando previamente las uniones, aberturas y perforaciones especificadas en el diseño. Luego, estas piezas se transportan al lugar de construcción para su ensamblaje final. (SOUZA, 2018)

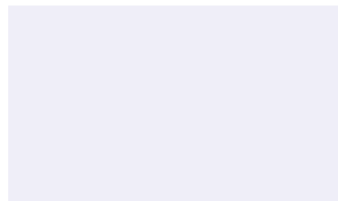
## Normativas de construcción y ensayos referidos al CLT

La normativa argentina de construcción con madera se basa en el reglamento CIRSOC 601, el cual no contempla la construcción con CLT. En contraste, en Europa se utiliza la norma española UNE-EN 16351:2021 para la madera contralaminada estructural. En Estados Unidos y Canadá se aplica la norma ANSI/APA PRG 320-2019, mientras que en Sudamérica se combina la normativa europea o estadounidense con las regulaciones locales sobre la calidad de la madera, diseño de uniones y otros aspectos.

## Producción de paneles de madera laminada cruzada en la región NEA

Se llevó a cabo una visita técnica a la empresa Garupá SRL, ubicada en la provincia de Corrientes, dedicada a la producción de paneles CLT. La empresa se destaca por utilizar madera proveniente de la región NEA en la producción de los paneles.

En la figura 1 se observa la presencia de maquinaria especializada para la confección de los paneles.



Ensayos realizados y maquinaria disponible

Se llevaron a cabo ensayos de compresión en probetas de sección rectangular, utilizando los procedimientos establecidos en la normativa IRAM 9663-1 para este tipo de ensayos. Por cuestiones de maquinaria disponible, los ensayos a flexión fueron realizados tomando de base a la normativa, realizando las adaptaciones necesarias al equipamiento de los laboratorios de la Facultad.

En la figura 2 se observa la maquinaria empleada para el ensayo de las probetas de CLT a esfuerzos de compresión.

Se recibieron dos grupos de probetas de madera contralaminada, de parte de la empresa Garupá SRL. Ambos grupos incluyeron probetas para ensayos a flexión y compresión. Las dimensiones nominales solicitadas se presentan en la tabla 1:

Las probetas del grupo 2, a diferencia del grupo 1, presentan una sola capa resistente, es decir, su capa central, implicando que las fibras de las capas externas son perpendiculares al eje de la probeta, lo que explica las menores resistencias obtenidas. De esta manera, el material fue ensayado en la dirección débil (G2), o sea, donde las capas exteriores son menos resistentes y en la dirección fuerte (G1).

Al variar las direcciones de acción de la carga y de las fibras del panel,



Figura 1. Maquinaria especializada de Garupá SRL. Fuente: elaboración propia.



Figura 2. Prensa de carga Humboldt, UNNE. Fuente: elaboración propia.

Tabla 1. Cantidades y dimensiones de probetas de CLT a ensayar

| Dimensiones (mm) | Grupo 1 |            | Grupo 2 |            |
|------------------|---------|------------|---------|------------|
|                  | Flexión | Compresión | Flexión | Compresión |
| Ancho (mm)       | 76,2    | 76,2       | 38,1    | 38,1       |
| Alto (mm)        | 38,1    | 38,1       | 63      | 63         |
| Largo (mm)       | 750     | 230        | 600     | 230        |
| Cantidad         | 10      | 8          | 4       | 5          |

Fuente: recepción de probetas, empresa Garupá SRL.

las probetas ensayadas se agrupan en las siguientes categorías:

- A flexión en la dirección de mayor inercia de las probetas y en la dirección débil del panel (G2).
- A flexión en la dirección de menor inercia de las probetas y en la dirección débil del panel (G2).
- A flexión en la dirección de mayor inercia de las probetas y en la dirección fuerte del panel (G1).
- A flexión en la dirección de menor inercia de las probetas y en la dirección fuerte del panel (G1).
- A compresión en la dirección débil del panel (G2).
- A compresión en la dirección fuerte del panel (G1).

La norma IRAM establece que: "La probeta se debe cargar en flexión sobre dos puntos simétricos con una luz igual a 18 veces la altura" (IRAM 9663-1, 2011).

Respecto al equipamiento para ensayos a flexión, el mismo tiene una luz máxima entre apoyos de 45 cm, lo que no permite cumplir con la luz que establece la normativa para este tipo de ensayos.

Además, el equipamiento disponible sólo permite la aplicación de la carga en un punto, en el centro de la luz entre ejes de apoyos, en lugar de dos puntos separados a una distancia de 6 veces la altura de la probeta, según lo indicado en la norma.

Estas recomendaciones de la normativa se justifican en que una luz



Figura 3. Prensa de carga Humboldt, con equipo para ensayos a flexión, UNNE. Fuente: elaboración propia.

considerable y carga en dos puntos permiten reducir la influencia del esfuerzo cortante sobre el elemento, permitiendo evaluar la resistencia a flexión con mayor precisión.

Para reducir la influencia del esfuerzo de corte en el ensayo, se cargaron las probetas en la dirección de menor inercia, es decir, donde la altura es menor.

Como comprobación práctica, se decidió seleccionar 7 probetas para cargarlas en la dirección de mayor inercia (mayor altura), manteniendo la luz de 45 cm, lo que incrementa la carga a flexión que se puede aplicar y el esfuerzo de corte actuante.

Al aumentar el cortante, algunas probetas fallaron en la zona de los apoyos, en donde los mismos alcanzan los máximos valores. Esto

permite observar que, para secciones de mayor inercia y poca luz, las probetas pueden fallar por esfuerzo cortante y que el mismo se dará en la zona de los apoyos, que es la zona a controlar.

En la figura 3 se observa la maquinaria empleada para el ensayo de las probetas de CLT a esfuerzos de flexión. Para la misma, se empleó la prensa Humboldt, con equipo para ensayos a flexión.

Los ensayos se realizaron según los lineamientos de la normativa IRAM 9663-1. Para los ensayos a compresión, se emplearon probetas de longitud igual a 6 veces la menor dimensión de la sección y un desplazamiento del cabezal de carga que permitió alcanzar la rotura de la pieza en un tiempo de  $(300 \pm 120)$  s.

La resistencia a la compresión de las probetas se obtuvo con la siguiente expresión:

$$Fc = \frac{P_{m\acute{a}x}}{A}$$

Donde:

- Pmáx = Carga máxima o de rotura [N].
- A = Área de la sección transversal de la probeta [mm<sup>2</sup>].
- Fc = Resistencia a la compresión de la probeta de sección rectangular [N/mm<sup>2</sup>].

Para los ensayos a flexión, por cuestiones de equipamiento disponible, el ensayo se realizó empleando una luz entre apoyos de 45 cm, lo que no cumple con la normativa IRAM 9663-1, que establece una longitud de 18±3 veces la altura de la pieza. Para la velocidad de carga a flexión, el desplazamiento del cabezal de carga fue constante y permitió alcanzar la rotura de la pieza en un tiempo de (300 ± 120) s.

El esfuerzo a flexión de las probetas se obtuvo con la siguiente expresión:

$$Fb = \frac{3 \cdot P \cdot M\acute{a}x \cdot L}{2 \cdot b \cdot h^2}$$

Donde:

- Pmáx = Carga máxima o de rotura [N].
- b = Ancho de la probeta [mm].
- h = Altura de la probeta [mm].
- L = Luz entre apoyos [mm].

- Fb = Esfuerzo de flexión en la probeta de sección rectangular [N/mm<sup>2</sup>].

Se resumen las resistencias promedio calculadas en la tabla 2.

CONCLUSIONES

A partir de los ensayos realizados se concluye que la resistencia promedio a compresión es de 30,8 N/mm<sup>2</sup> para el Grupo 1 y de 18,0 N/mm<sup>2</sup> para el Grupo 2. En comparación, la resistencia característica a los 28 días del hormigón H-30 es de 30 N/mm<sup>2</sup> y prácticamente duplica la del ladrillo cerámico que ronda los 10 N/mm<sup>2</sup>.

Se concluye que la resistencia promedio a flexión es de 53,6 N/mm<sup>2</sup> para el Grupo 1 y de 17,8 N/mm<sup>2</sup> para el Grupo 2. En comparación: “La resistencia admisible de la madera aserrada es de 12 N/mm<sup>2</sup>, del hormigón es 8 N/mm<sup>2</sup> y del acero 170 N/mm<sup>2</sup>” (ARGÜELLES ET AL., 1996).

Dichos valores son de resistencia admisible en servicio y no de rotura, como el caso de los ensayos, dado que en condiciones de estado último los valores de la madera aserrada, el hormigón y el acero serán mayores, existiendo una diferencia

menor con el CLT. Por ejemplo, la resistencia a rotura del acero a flexión es de 250-450 N/mm<sup>2</sup>.

La visita técnica a la empresa y los ensayos realizados en los paneles de CLT evidencian la sólida capacidad de producción en la región NEA, respaldada por el uso de materias primas locales y tecnología especializada. Se constató que existe capacidad instalada para la fabricación de paneles y que los mismos presentan suficiente resistencia estructural.

Los ensayos a flexión no fueron normalizados y en los mismos existió influencia del esfuerzo de corte. Los resultados a flexión deben considerarse como una primera evaluación del material al esfuerzo flector, siendo necesario realizar ensayos bajo aplicación rigurosa de la normativa vigente.

Resulta crucial incrementar la cantidad de ensayos a compresión y flexión, e incorporar ensayos a tracción y corte en las líneas de encolado de probetas, durabilidad, humedad e incendio para garantizar la idoneidad de los paneles ante diversas cargas durante su vida útil.

Tabla 2. Resistencias promedio de las probetas de CLT en N/mm<sup>2</sup>

| Grupo | Flexión [N/mm2] | Corte [N/mm2] | Compresión [N/mm2] |
|-------|-----------------|---------------|--------------------|
| 1     | 53,6            | 3,2           | 30,8               |
| 2     | 17,8            | 0,9           | 18,0               |

Fuente: ensayos en laboratorio de la Facultad de Ingeniería, UNNE.



## CITAS Y REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

**Aguirre, D. S., Caballero, W. M., Caselli, J. G. y Munita, J. C. B.** (2022). Productos de ingeniería en madera en Chile 2022. Ministerio de Agricultura.

**Argüelles Álvarez, R. y Arriaga Martitegui, F.** (1996). Estructuras de madera, diseño y cálculo. Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de la Madera y Corcho.

**IRAM** (2011). IRAM 9663-1: Estructuras de madera. Madera aserrada y madera laminada encolada para uso estructural. IRAM.

**Souza, E.** (2018). Madera Laminada Cruzada (CLT): qué es y cómo usarla. Arch Daily.