



## 1. IDENTIFICACIÓN DE LA ASIGNATURA

PROGRAMA	
1. Nombre de la actividad curricular:	Electivo de Pregrado (6º/7º semestre)
2. Nombre de la sección:	<i>Principios de Diseño y Construcción Sustentable con Madera Masiva</i>
3. Profesores:	<i>Gabriel Felmer</i> , Instituto de la Vivienda, Facultad de Arquitectura y Urbanismo. <i>Bárbara Rodríguez</i> , Facultad de Arquitectura y Urbanismo (Ministerio de Energía)
4. Ayudante:	<i>Patricia Gutierrez</i> , Facultad de Arquitectura y Urbanismo
5. Nombre de la actividad curricular en inglés:	<i>Principles of Sustainable Design and Construction with Mass-Timber</i>
6. Unidad Académica:	Escuela de Pregrado / Carrera de Arquitectura
7. Horas de trabajo de estudiante:	6 horas/semana
8. 7.1 Horas directas (en aula):	3 horas
9. 7.2 Horas indirectas (autónomas):	3 horas
10. Tipo de créditos:	Sistema de Créditos Transferibles
11. Número de créditos SCT –	6 créditos

### 1. Propósito general del curso

El objetivo de este electivo es aportar al alumno conocimientos teóricos y prácticos relativos al estado del arte internacional y futuras tendencias en el diseño y construcción con madera masiva desde una perspectiva de sustentabilidad ambiental de cara a la crisis climática global.

### 2. Resultados de Aprendizaje:

Los resultados de aprendizaje esperados para el curso son:

- Proporcionar un marco teórico conceptual sobre construcción y diseño sustentable de edificaciones con madera masiva
- Proporcionar conocimientos sobre el impacto ambiental de ciclo de vida (procesos de manufactura, diseño y edificación con madera laminada y madera contralaminada).

- Proporcionar conocimientos técnicos aplicados para el diseño y ejecución de este tipo de edificaciones con altos estándares de habitabilidad ambiental (confort térmico, acústico, calidad del aire, resistencia al fuego, etc.).

### 3. Descripción en detalle de las actividades a desarrollar

Esta electivo busca proporcionar al alumno una experiencia significativa en el ámbito del quehacer arquitectónico-constructivo con madera masiva (principalmente madera contralaminada y madera laminada). El objetivo es introducir conocimientos teóricos, habilidades profesionales y herramientas aplicadas para el desarrollo de proyectos de diseño arquitectónico e innovación con sistemas constructivos de madera masiva. Las actividades del curso incluirán clases expositivas con fundamentos técnicos y conocimientos teóricos relevantes en torno a la construcción con madera; una visita técnica a una obra construida en el Parque de Innovación del Centro Tecnológico para Construcción (CTeC), en la Laguna Carén (sólo si es posible por la contingencia); una unidad de diseño y gestión para la formulación proyectos en base al desarrollo hipotético de una torre experimental cuyo producto será expuesto dentro de las dependencias del parque de innovación a fines de año.

### 4. Saberes / contenidos:

#### Unidad 1: Introducción

Importancia del uso de la madera masiva como material de construcción sustentable, antecedentes históricos recientes, estado actual y proyecciones. Introducción casos de estudio, constitución de grupos.

- Sustentabilidad y edificación circular
- Política nacional de construcción sustentable
- Sistemas de calificación y certificación energética
- Estado del arte y tendencias de construcción con madera

#### Unidad 2: Recurso forestal

- Gestión del bosque
- Extracción de madera
- Procesos de manufactura
- Elaboración avanzada
- Construcción con madera
- Beneficios más allá del ciclo de vida

#### Unidad 3: Fundamentos de la madera

- Composición química
- Estructura microscópica
- Estructura macroscópica
- La madera como material anisotrópico
- La madera como material higroscópico
- La madera como material orgánico biodegradable
- Clasificaciones de la madera

#### **Unidad 4: Sistemas constructivos en madera masiva**

- Componentes de madera elaborada
- Procesos de elaboración y ciclo de vida
- Madera laminada
- Madera microlaminada
- Madera contralaminada entarugada
- Madera contralaminada enclavada
- Madera contralaminada encolada
- Construcción con madera masiva

#### **Unidad 5: Visita de obras**

- Introducción proyectos de arquitectura
- Introducción Parque de Innovación CTeC, Laguna Carén
- Diseño arquitectónico y detalles constructivos Prototipo Cero
- Principios estructurales y constructivos Prototipo Cero
- Estructura e instalación cubierta
- Aislación térmica y sellos envolvente
- Instalación de ventanas y puertas
- Ensayos de infiltraciones y puentes térmicos
- Colocación de fachada exterior

#### **Unidad 6: Desarrollo de anteproyecto**

- Detalles del encargo
- Referentes internacionales
- Torre experimental parque tecnológico laguna Carén  
Exhibición en el Parque de Innovación CTeC, Laguna Carén

<b>5. Calendario</b>		
<b>Semana</b>	<b>Fecha</b>	<b>Contenido/Actividades</b>
1	28-9-2020	Inducción (1hr.)
	05-10-2020	<b>Unidad 1- Marco Teórico</b> Clase expositiva (1hr.)
		<i>Política Nacional de Construcción Sustentable,</i> Marcos Brito de Construye 2025 (09-10)
		<i>"Sustentabilidad, economía y construcción circular"</i> Gabriel Felmer (9-10 am)
	06-10-2020	Clase expositiva (1hr.)
		<i>"Contexto nacional de Sistemas de Certificaciones"</i> Natalia Reyes de CTeC (11.30-13.00 pm)
	07-10-2020	Clase expositiva (1hr.)
		<i>"Construcción con madera masiva: estado del arte y futuras tendencias"</i> Gabriel Felmer (9-10 am)
	08-10-2020	Clase expositiva (1hr.)
	<i>"Reseñas sobre la industria nacional y marco normativo actual"</i>	

		Gabriel Felmer (9-10 am) "Alcances y distinciones en proyectos con Building Information Modeling (BIM)" Daniela Vásquez CTeC (11.00 -13 PM)
	09-10-2020	Clase expositiva (1hr.)
		"Certificación de viviendas sustentables" Natalia Reyes de CTeC (11.30-13.00 pm)
2	12-10-2020	<b>Unidad 2 – Obras de arquitectura</b> Clase expositiva (1hr.)
		"Introducción proyectos de arquitectura" Gabriel Felmer (9-10 am)
	13-10-2020	Clase expositiva (1hr.)
		"Parque de Innovación CTeC, Laguna Carén" Verónica Oyarzún CTeC (9-10 am)
	14-10-2020	Clase expositiva (1hr.)
		"Diseño arquitectónico y constructivo Prototipo Cero" Gabriel Felmer (9-10 am)
	15-10-2020	Clase expositiva (1hr.)
		"Principios estructurales y constructivos Prototipo Cero" Victor Palma (9-10 am)
	16-10-2020	Reunión coordinación (1 hr.)
		"Gestión y planificación de obras" Gabriel Felmer / Victor Palma (9-10 am)
3	23-10-2020	Reunión coordinación (1 hr.)
		"Corrección diseño de detalles" Gabriel Felmer (9-10 am)
4	30-10-2020	Reunión coordinación (1 hr.)
		"Organización y preparación trabajos" Gabriel Felmer (9-10 am)
5	02-11-2020 Lunes a viernes	<b>Unidad 3 - Ejecución de obras</b>
		Trabajo en obra (9 am-18 pm). El período de ejecución de obras incluye capacitaciones para instalaciones (aislación, termopaneles, sellos) y uso de herramientas de medición (ensayo de puerta sopladora, puentes térmicos, data-loggers)
6	Lunes a viernes	Trabajo en obra (9 am-18 pm) Capacitación <i>Volcán</i> (fecha por definir) Capacitación <i>CMPC</i> (fecha por definir) Capacitación <i>Veka</i> (fecha por definir) Capacitación <i>Rothoblaas</i> (fecha por definir) Capacitación <i>Infiltraciones (UCM)</i> (fecha por definir) Capacitación Monitoreo térmico (fecha por definir)
7	Lunes a viernes	Trabajo en obra (9 am-18 pm)
8	Lunes a viernes	Trabajo en obra (9 am-18 pm)
9	04-12-2020	<b>Unidad 5 - Desarrollo de anteproyectos</b> Reunión coordinación (1 hr.)
		"Planificación proyectos de arquitectura" Gabriel Felmer (9-10 am)
10	11-12-2020	Reunión avances (1 hr.)
		"Anteproyectos de arquitectura" Gabriel Felmer (9-10 am)
11	18-12-2020	Reunión avances (1 hr.)

		"Anteproyectos de arquitectura" Gabriel Felmer (9-10 am)
12	23-12-2020	Reunión avances (1 hr.)
		"Anteproyectos de arquitectura" Gabriel Felmer (9-10 am)
13	01-01-2021	Reunión avances (1 hr.)
		"Anteproyectos de arquitectura" Gabriel Felmer (9-10 am)
14	04-12-2020	<b>Unidad 5 - Desarrollo de anteproyectos</b> Reunión coordinación (1 hr.)
		"Anteproyectos de arquitectura" Gabriel Felmer (9-10 am)
15	15-01-2021	Reunión avances (1 hr.)
		"Anteproyectos de arquitectura" Gabriel Felmer (9-10 am)
16	22-01-2021	Reunión avances (1 hr.)
		"Anteproyectos de arquitectura" Gabriel Felmer (9-10 am)
17	29-01-2021	Recepción final (1 hr.)
		"Anteproyectos de arquitectura" Gabriel Felmer (9-10 am)
17	29-01-2021	Recepción final (1 hr.)
		"Anteproyectos de arquitectura" Gabriel Felmer (9-10 am)

## 6. Metodología

Se utilizarán principalmente las siguientes estrategias:

- Clases expositivas acompañadas de apuntes y material didáctico
- Clases de exploración práctica con maderas, sistemas constructivos y tecnologías asociadas.
- Dos visitas técnicas, guiadas por el equipo docente, a industrias y empresas relacionadas a la construcción en fechas a establecer según disponibilidad y cantidad de estudiantes inscritos.
- Desarrollo de proyecto de diseño constructivo en madera

## 7. Recursos

Trabajos prácticos se desarrollarán en base a materiales gestionados por equipo docente. Las clases expositivas, gestión y desarrollo de anteproyectos se realizarán en modalidad de teletrabajo. Las primeras semanas de inducción incluirán la revisión de los contenidos teóricos, presentación y organización de los proyectos en cuestión. Las visitas técnicas se llevarán a cabo en el Parque Tecnológico Laguna Carén de la Universidad de Chile, Pudahuel, Santiago. Esto implica el uso de elementos de protección personal y herramientas básicas de construcción.

## 8. Evaluación

1. Exposición individual investigativa 20%
2. Propuesta diseño individual 30%

4. Avance proyecto 10%
3. Proyecto de diseño constructivo en madera grupal 40%

### 9. Requisitos de aprobación

La asignatura será aprobada con nota superior o igual a 4.0 (cuatro).  
Se contemplará una asistencia mínima del 75% (de acuerdo a reglamento).  
La aceptación de certificados médicos (los cuales deben estar visados por el SEMDA) es discrecional del profesor.

### 10. Palabras Clave

Construcción en Madera; Madera Masiva; Prototipo de Vivienda; Parque Tecnológico Laguna Carén

### 11. Bibliografía

- Brandner, R. (2014). Production and Technology of Cross Laminated Timber (CLT): A state-of-the-art Report. Focus Solid Timber Solutions - Euro-pean Conference on Cross Laminated Timber (CLT), May 2013, 3–36.
- Cadorel, X., & Crawford, R. (2019). Life cycle analysis of cross laminated timber in buildings: a review. Engaging Architectural Science: Meeting the Challenges of Higher Density: 52nd International Conference of the Architectural Science Association 2018, January, 107–114.
- Crawford, R. H., & Cadorel, X. (2017). A Framework for Assessing the Environmental Benefits of Mass Timber Construction. *Procedia Engineering*, 196(June), 838–846. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.08.015>
- Heräjärvi, H. (2019). Wooden buildings as carbon storages—Mitigation or oration? *Wood Material Science and Engineering*, 14(5), 291–297. <https://doi.org/10.1080/17480272.2019.1635205>
- Karacabeyli, E., & Douglas, B. (Eds.). (2013). CLT Handbook: Cross-Laminated Timber (US Edition). US Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory, Binational Softwood Lumber Council (BSLC).
- Lehmann, S. (2012). Sustainable construction for urban infill development using engineered massive wood panel systems. In *Sustainability* (Vol. 4, Issue 10). <https://doi.org/10.3390/su4102707>
- Carre and E. Crossin. (2015). A comparative life cycle assessment of two multi storey residential apartment buildings. *Forest and Wood Products* (Vol.6)
- J. Darby, A. a. Elmualim, and F. Kelly. (2013). A case study to investigate the life cycle carbon emissions and carbon storage capacity of a cross laminated timber, multi-storey residential building. *Proc. World Sustain. Build. Conf.*, pp. 1–8,
- N. Emami and J. Heinonen. A life cycle assessment of two residential buildings using two different LCA database-software combinations: Recognizing uniformities and inconsistencies, *Buildings*, 9(1), pp. 1–20, 2019.
- H. Guo, Y. Liu, Y. Meng, H. Huang, C. Sun, and Y. Shao, “A Comparison of the energy saving and carbon reduction performance between reinforced concrete and cross-laminated timber structures in residential buildings in the severe cold region of China,” *Sustain.*, vol. 9, no 8, 2017, doi: 10.3390/su9081426.

- MINVU-DITEC. (2014). Requisitos y Mecanismos de Acreditación para el Acondicionamiento Ambiental de Edificaciones” Normativa Técnica del Ministerio de Vivienda y Urbanismo, Santiago, Chile.
- INN (Of. 2009). NCh-433: Diseño Sísmico de Edificios. Instituto Nacional de Normalización, Santiago, Chile.
- MINVU (2011). D.S. 61: Diseño Sísmico de Edificios. Ministerio de Vivienda y Urbanismo, Santiago, Chile
- G. Felmer and S. Yannas. (2020). Designing naturally-conditioned dwellings for warm and cold-temperate regions of Chile. Journal of Architectural Science Review. <https://doi.org/10.1080/00038628.2020.1764328>.
- MINVU-DITEC (2008-2014). Listados Oficiales de Soluciones Constructivas: E8 Acondicionamiento Térmico; E12 Aislamiento Acústico; E14 Comportamiento al Fuego. Santiago, Chile.
- WoodWorks. (2019). Acoustically-Tested Mass Timber Assemblies.
- Storaenso. (2016). CLT - Cross Laminated Timber Fire Protection
- INN. (2009). NCh-1537: Diseño Estructural de Edificios, Cargas Permanentes y Sobrecargas de Uso. Santiago, Chile,
- INN. (Of. 2006). NCh-1198: Madera, Construcciones en Madera y Cálculo. Instituto Nacional de Normalización, Santiago, Chile.

### IMPORTANTE

- Sobre la asistencia a clases:

La asistencia mínima a las actividades curriculares queda definida en el Reglamento General de los Estudios de Pregrado de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo (Decreto Exento N°004041 del 21 de Enero de 2016), Artículo 21:

*“Los requisitos de asistencia a las actividades curriculares serán establecidos por cada profesor, incluidos en el programa del curso e informados a los estudiantes al inicio de cada curso, pero no podrá ser menor al 75% (...) El no cumplimiento de la asistencia mínima en los términos señalados en este artículo constituirá una causal de reprobación de la asignatura.*

*Si el estudiante presenta inasistencias reiteradas, deberá justificarlas con el/la Jefe/a de Carrera respectivo, quien decidirá en función de los antecedentes presentados, si corresponde acogerlas”.*

- Sobre evaluaciones:

Artículo N° 22 del Reglamento General de los Estudios de Pregrado de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo (Decreto Exento N°004041 del 21 de Enero de 2016), se establece:

*“El rendimiento académico de los estudiantes será calificado en la escala de notas 1,0 a 7,0 expresado hasta con un decimal. La nota mínima de aprobación de cada asignatura o actividad curricular será cuatro (4,0)”.*

- Sobre inasistencia a evaluaciones:

Artículo N° 23 del Reglamento General de los Estudios de Pregrado de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo:

*“El estudiante que falte sin la debida justificación a cualquier actividad evaluada, será calificado automáticamente con nota 1,0. Si tiene justificación para su inasistencia, deberá presentar los antecedentes ante el/la Jefe/a de Carrera para ser evaluados. Si resuelve que la justificación es suficiente, el estudiante tendrá derecho a una evaluación recuperativa cuya fecha determinará el/la Profesor/a. Existirá un plazo de hasta 3 días hábiles desde la evaluación para presentar su justificación, la que podrá ser presentada por otra persona distinta al estudiante y en su nombre, si es que éste no está en condiciones de hacerlo”.*

RSO