

# ANÁLISIS DE LA RESPUESTA SÍSMICA DE ESTRUCTURA DE MEDIANA ALTURA EN BASE A MADERA CONTRALAMINADA CON SISTEMA DE AISLAMIENTO BASAL

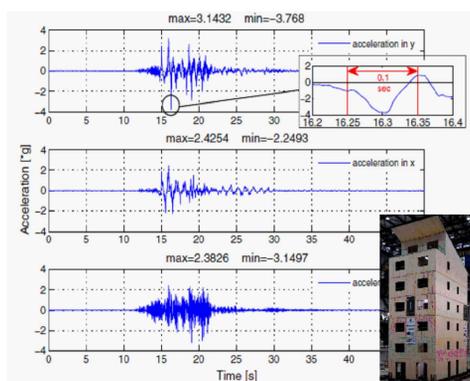
## Abstracto

Los sistemas constructivos en base a madera son variados en la actualidad, siendo uno de los más recientes el basado en madera contralaminada o CLT por sus siglas en inglés; los países de Europa central como Austria y Alemania fueron la cuna del sistema y son los pioneros en implementarlo en construcciones de mediana altura con resultados bastante favorables para sus estándares, el problema comienza cuando se analiza su respuesta sísmica, la cual ha sido estudiada tanto de forma teórica a través de modelos de elementos finitos como a través de ensayos a carga lateral y ensayos en mesas vibratorias a escala real, siendo estos últimos decisivos en cuanto a que la respuesta si bien es satisfactoria desde el punto de vista de no comprometer la integridad global de la estructura, existen algunos problemas como las altas aceleraciones en los pisos superiores, los altos desplazamientos relativos de entre pisos y de la baja ductilidad del sistema que se concentra en las conexiones; en la presente investigación se analizó la respuesta de un edificio de mediana altura en base a madera contralaminada provisto de un sistema de aislamiento basal versus su similar base fija.

El caso de estudio corresponde al edificio de siete pisos que constituye el eje principal de la investigación liderada por CNR-IVALSA de Italia titulada como "Sofie Project", estructura construida en base a paneles de madera contralaminada de espesor variable para muros y espesor constante para losas, provista de variadas uniones atornilladas y de conectores del tipo Angle Bracket(AB) y Hold-down(HD), y que a través de la normativa vigente en Chile para edificios con aislamiento sísmico (NCh2745:2013), se diseña y verifica para suelo tipo D y zona sísmica 3, un sistema conjunto de 12 aisladores elastoméricos dispuestos entre la fundación y una losa de hormigón armado de 70 cm de espesor que soportan el edificio. Se generaron modelos computacionales con alto grado de detallamiento considerando por ejemplo la ortotropía del CLT, así como las características no lineales de las conexiones y fenómenos no lineales cinemáticos como el contacto entre muro-losa y en las uniones muro-muro.

Los resultados para un análisis de respuesta en el tiempo para la estructura aislada con la demanda del sismo de Kobe1995 en sus 3 componentes muestran grandes reducciones en cuanto a los drift de entrepiso llegando estos a ser todos menores al 0.002 y reducciones de las aceleraciones en todos los niveles siendo estas como máximo 1 g versus los picos cercanos a 3.5 g para su similar base fija que se registraron tanto en los ensayos a escala real como en los modelos computacionales generados.

## Justificación



Aceleraciones registradas durante el sismo de Kobe1995 en los ensayos realizados por CNR-IVALSA, donde se evidencian aceleraciones de 3.8 g aprox.

**"El edificio de siete pisos mostró aceleraciones relativamente altas en los pisos superiores, que podrían provocar daños secundarios y que deben abordarse en futuras investigaciones" (Ceccoti et al. 2013)**

## Objetivo general y específicos:

- Analizar, mediante el desarrollo de modelos numéricos, el desempeño sísmico de una estructura de mediana altura en base a madera contralaminada con sistema de aislamiento basal.
- Establecer el estado del arte tanto de estructuras en base a madera contralaminada como de sistemas de protección sísmica en CLT.
- Determinar arquetipo y diseño de sistema de aislamiento basal a utilizar.
- Elaborar modelo numérico que permita simular el comportamiento dinámico de la estructura con y sin aislamiento basal.
- Comparar desempeño sísmico de estructura aislada con el comportamiento de su similar sin elementos de aislamiento.

## Conceptos clave:

CLT  
HOLD DOWN  
ANGLE BRACKET  
AISLADORES ELASTOMERICOS

## Metodología

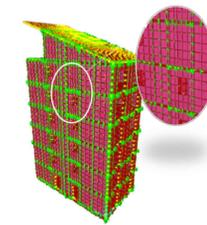
En general en la presente investigación se pueden diferenciar dos etapas, la primera de ellas es generar un modelo que permita simular la respuesta del ensayo ejecutado por CNR-IVALSA el cual fue diseñado acorde al Eurocodigo 8 y la segunda diseñar un sistema de aislamiento basal acorde a las normativas vigentes para posteriormente comparar los resultados del modelo base fija con el modelo provisto de este sistema de protección sísmica.



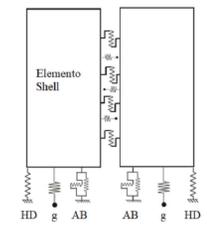
Cuadro que resume la metodología seguida en la presente investigación



Fuente: Adaptación de Ceccotti et al. 2013



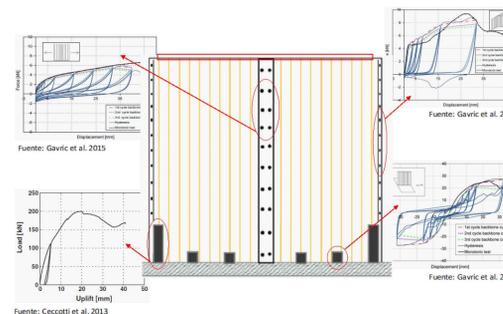
Modelo de elementos finitos generado



Enfoque de modelación

Como enfoque de modelación se optó por representar de manera detallada posible:

- Conexiones a través de 2 tipos de Hold downs.
- Conexiones a través de 2 tipos de Angle-brackets.
- Uniones atornilladas muro-muro en perpendicular.
- Uniones atornilladas muro-muro en vertical.
- Fenómenos de carácter no-lineal cinemático como el contacto entre paneles de CLT (representado por elementos tipo "Gap").



Ejemplo de algunas de las histeresis necesarias para modelar

Fue necesario reunir la bibliografía suficiente para caracterizar cada una de las conexiones utilizadas en "Sofie project" para representarlas mediante elementos tipo link con propiedades de curva multilineal plástica.

Si bien la madera contralaminada(CLТ) posee múltiples beneficios como:

- Su bajo peso (una quinta parte del peso del hormigón armado aproximadamente) lo que ayuda a reducir la demanda sísmica al ser esta directamente proporcional al peso del edificio.
- Posibilidad de prefabricar piezas y montar en terreno, lo que reduce enormemente la cantidad de mano de obra y de tiempos de trabajo.
- Ventajas desde el punto de vista del ahorro energético debido a su bajo coeficiente de transmitancia térmica.
- Además de sus múltiples beneficios desde el punto de vista medioambiental.

Se tienen algunos problemas desde el punto de vista de su serviciabilidad como por ejemplo: altas aceleraciones en los pisos superiores lo cual podría ser incomodo, inclusive peligroso, para los ocupantes de las estructuras basadas en este sistema constructivo, altos desplazamientos relativos de entrepiso que si bien no comprometen en el caso de la madera la integridad global están fuera de toda normativa sísmica y finalmente una baja capacidad de disipar energía lo cual se evidencia en los factores de modificación de respuesta(R) los cuales son bastante bajos (R=2 en Chile) lo que hace que las estructuras deban ser diseñadas prácticamente en el rango elástico.