

**Centro UC de Innovación en Madera**  
NOTA TÉCNICA TORRE PEÑUELAS

## Introducción

El proyecto Torre Experimental Peñuelas fue un proyecto ícono desarrollado por el Centro UC de Innovación en Madera (CIM UC), en conjunto al Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU), Corporación Nacional Forestal (CONAF), y la Municipalidad de Valparaíso; liderado por el arquitecto Juan José Ugarte Gurruchaga y finalizado a fines de 2019. Se ubicó en la Reserva Nacional Lago Peñuelas, en la región de Valparaíso, a 98 kilómetros de Santiago, y constaba de 5 pisos más cubierta transitable de mirador, construidos con 10 módulos prefabricados de madera en sistema de entramado ligero. La estructura fue una de las más altas en madera de Latinoamérica <sup>(1)</sup> y si bien el edificio era un proyecto de investigación no habitado, su diseño se hizo tomando en consideración los requisitos de edificaciones habitables de nuestro país.

El viernes 02 de febrero de 2024, un incendio de grandes dimensiones afectó a la Región de Valparaíso, cuyo primer atisbo fue identificado en el fundo Las Tablas, entre las 12:00 y 13:00 horas, ubicado frente a la reserva natural Lago Peñuelas. Según el catastro realizado por el Ministerio de Bienes Nacionales, la Secretaría Regional Ministerial de Bienes Nacionales de Valparaíso, y la Corporación Nacional Forestal (Conaf), las pérdidas causadas posteriormente por la llegada de este incendio al parque correspondieron a 3.000 hectáreas de bosque nativo e introducido destruidas, iguales al 37% de su superficie<sup>(2)</sup>.

El sábado 03 de febrero de 2024, cuando ya se combatía el incendio en la reserva, múltiples guardabosques y personas vieron fuego en la fachada y estructura de la Torre desde alrededor de las 11:00 am. Para el siguiente día, la torre se había consumido, dictaminada como pérdida total por peritajes posteriores.

Ante estos hechos, el Centro UC de Innovación en Madera contrató a la empresa Cortafuegos Ingeniería para realizar un estudio y peritaje del siniestro, empresa con experiencia en más de 180 casos de peritajes de incendio y/o evaluación de estructuras post incendio en Chile y Sudamérica. Los objetivos del peritaje eran establecer la causa y lugar de origen del incendio, así como definir el posible modo de desarrollo o propagación del incendio en la edificación. Los resultados del estudio se consignaron en un informe del cual se extrae la información que fundamenta esta nota.

La siguiente nota técnica comienza con una revisión de los estándares normativos nacionales aplicables sobre elementos de protección contra incendios en edificaciones. Posteriormente, introduce las especificaciones de la Torre Peñuelas y cuál era la resistencia al fuego de sus elementos constructivos principales. Finalmente, relata con base en los hallazgos del estudio de peritaje, los hechos ocurridos durante el 03 de febrero de 2024 en la Torre Experimental y cómo las soluciones constructivas en ella reaccionaron a este siniestro, indicando los hitos positivos y los aspectos críticos del desempeño de este sistema constructivo.

## Normativa chilena de seguridad ante incendios.

El instrumento que contiene el marco regulatorio sobre las condiciones de seguridad contra incendios en nuestro país es Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones, mejor conocida como OGUC, promulgada y publicada en 1992, y cuya última versión data de abril de 2024.

En su título 4 (De la arquitectura), capítulo 3 (De las condiciones de seguridad contra incendio), la ordenanza contiene la normativa mínima de seguridad contra incendios que debe cumplir todo edificio erigido en nuestro país, así como otras disposiciones. Su objetivo es reducir el riesgo de incendio, facilitar el rescate de ocupantes, prevenir la propagación a otras áreas y permitir su extinción <sup>(3)</sup>.

Para alcanzar estos objetivos, el texto señala dos tipos de protección: pasiva y activa. Protección pasiva refiere a elementos de construcción que aíslan a la estructura de los efectos durante un periodo determinado de tiempo gracias a sus condiciones físicas, logrando retardar el fuego, permitir la evacuación y la llegada de bomberos. Para esto, los elementos o sus revestimientos pueden ser de materiales no combustibles, tener capacidad propia de aislación, o efectos intumescentes o sublimantes frente a la acción del fuego.

La protección activa, por su parte, se compone de sistemas que, conectados a sensores o dispositivos de detección, entran en funcionamiento de manera automática frente a determinada temperatura o partículas, descargando extintores de fuego como agua, gases, espumas o polvos.

En el artículo 4.3.3 de la OGUC, se señala que, los edificios que requieran protegerse contra el fuego deben construirse en base a uno de cuatro tipos que señala la normativa (tipo A, B, C o D), y sus elementos deberán cumplir con la resistencia al fuego que esta indica para cumplir con los objetivos de la regulación. Esta resistencia varía en función del tipo de edificio y del tipo de elemento, variando entre F15 (resistencia de 15 minutos antes de colapsar) en soluciones como techumbres tipo D y escaleras tipo C, y F180 para muros cortafuego en edificios tipo A.

La ordenanza añade que, para aplicar lo dispuesto en el 4.3.3, debe considerarse, junto al uso del edificio y su número de pisos, la superficie edificada, carga de ocupación o densidad de carga combustible según corresponda. Igualmente, el artículo 4.3.5 añade una serie de normas especializadas para la determinación de las categorías descritas anteriormente, agregando 16 especificaciones que abarcan distintos tipos de elementos y soluciones constructivas.

Cabe destacar que el texto también señala la existencia de un “Listado Oficial de Comportamiento al Fuego” que registra mediante valores representativos las cualidades de materiales, elementos y componentes utilizados en la construcción ante la acción del fuego. Este texto contiene el detalle de múltiples productos en el mercado ya testeados, junto a su resistencia referencial a incendios <sup>(4)</sup>.

## **Estrategias de seguridad y protección contra el fuego en la Torre Peñuelas.**

Con base a las directrices señaladas en la OGUC y considerando que el edificio se diseñó como si fuese habitable, la Torre Experimental Peñuelas correspondía a un edificio de tipo B. Para esto, debía cumplir con los siguientes requisitos: sus elementos soportantes verticales debían tener una resistencia de F90, sus elementos horizontales de este mismo tipo, F60; y los muros no soportantes y tabiques, F15.

Según documentos públicos sobre las características técnicas de la torre <sup>(5)</sup>, se eligió una estrategia de protección pasiva contra incendios. Cada elemento contaba con una capacidad de resistencia específica determinada por la normativa: F90 para las losas (elementos horizontales), F120 para muros perimetrales y F15 para muros divisorios.

Los elementos constructivos aplicados en la torre fueron construidos con materiales de altas prestaciones y calidad, gran parte de éstos provenientes de las empresas socias del Centro. Entre estas, se contó con Pino Radiata estructural cepillado impregnado grado MGP10, Pino Radiata estructural cepillado impregnado grado C16, tableros de OSB tipo FlameBlock, ventanas Glasstech, y Pino Radiata Thermowood grado C24, entre otros.

La instalación de estos elementos en los módulos llevó a cabo durante la fase del proceso de construcción off-site<sup>(6)</sup> antes de su traslado a obra para montaje.

## Línea de tiempo de los sucesos asociados al incendio en la Torre Peñuelas.

La siguiente línea de tiempo tiene por objetivo alinear los sucesos ocurridos el día 02 y 03 de febrero de 2024, días en que se desencadenó el incendio y posterior siniestro que consumió la torre. Con esta base, la cronología de los hechos fue la siguiente:

### **Viernes 02/02/24:**

- 12:50: Sitio local de noticias alerta sobre incendio en un fundo cercano a la reserva (fundo Las Tablas).

### **Sábado 03/02/24:**

- 02:19: Personal de CONAF da aviso vía mensaje de audio de la presencia de fuego en el recinto de estación meteorológica colindante con la torre.
  - Si bien las mediciones de temperatura de la estación meteorológica se mantuvieron estables, las de humedad mostraron dos disminuciones notorias en un lapso de 4 horas.
- 05:40: Se produce un aumento continuo en los registros de temperatura de la estación meteorológica, y una drástica baja en la humedad ambiental.
- 06:46: La estación meteorológica deja de captar datos al respecto.

- 11:01: Se detectan las primera llamas en la terraza utilizada como mirador de la torre, llamas que inician su descenso por la esquina norte de la misma.
  - Las primeras llamas aparecen en la cubierta de la torre, extendiéndose hacia la esquina nororiente de la fachada, para así posteriormente avanzar desde el quinto hasta el segundo piso.
  - Los lugares antes mencionados destacan por no contar con el mismo tipo de muro portante que el resto de la fachada. Estaban conformados por elementos Thermowood a la vista sin protección pasiva.
- 11:23: Se observa fuego en la fachada del piso 5 del edificio.
  - Si bien la estructura de la terraza mirador mostraba daño considerable, su estructura continuaba en pie.
- 11:35: Primera fotografía en redes sociales del incendio, indicando que el fuego ya era visible desde la carretera en la cara suroccidente de la fachada.
- 11:48: Las llamas se propagan por la fachada de la torre.
  - La estructura de la terraza mirador colapsó después de alrededor de 47 minutos después del inicio del incendio.
  - Para este momento no se contabilizaba penetración del fuego más allá del piso 5, dado que los vidrios de pisos inferiores permanecían en buena condición.
  - Para este momento, los muros perimetrales del piso 5 llevaban 25 minutos ardiendo.
- 11:55: Un helicóptero realiza maniobras de extinción con agua sobre la torre, lo que causa la rotura de los vidrios de pisos inferiores y un aumento en la ventilación.
  - El ejercicio no logra extinguir el fuego.
  - El choque de temperaturas entre el agua y el fuego causaron la rotura de los vidrios de los pisos inferiores, acelerando así la vía de paso de las llamas hacia el interior de la edificación.
- 12:19: se oficializa que las llamas han alcanzado el interior de otros pisos de la torre.
  - Para este momento, los muros perimetrales de la torre llevan 56 minutos ardiendo.

- 13:45 en adelante: Carro de bomberos llega a la torre.
  - Para este momento, los muros perimetrales de la torre llevan 142 minutos ardiendo (2 horas con 22 minutos).
  - A estas alturas, los muros perimetrales superaron su tiempo límite de resistencia al fuego de diseño y seguían en pie. Las losas también ya habían superado su límite de diseño.
  - Hay antecedentes de que la torre resistió en pie una corta cantidad de tiempo después de la llegada de bomberos, por lo que el tiempo de resistencia de los elementos se extiende aún más allá de esta marca.
  - No es posible determinar la hora de la caída de la torre, dado que no había testigos, pero fue en una instancia posterior a la retirada de bomberos.

Según los resultados del estudio de peritaje del siniestro, la causa-origen del incendio determinada con los antecedentes que se tenían en ese momento (marzo del 2024), es que el incendio fue causado por pavesas (chispas o brasas transportadas por el viento) del incendio forestal colindante al otro lado de la Ruta 68.

## Conclusiones y comentarios finales.

El proyecto Torre Experimental Peñuelas representó un avance significativo en la construcción en madera en Chile. Sin embargo, el incendio que afectó a la región de Valparaíso el 2 de febrero de 2024 resultó en la destrucción de esta. La Torre Peñuelas fue diseñada considerando los requisitos de seguridad y resistencia al fuego establecidos por la normativa chilena. Desafortunadamente, la magnitud del incendio y el tiempo de exposición de la edificación al mismo superó las capacidades de resistencia de la estructura. No obstante, su desempeño fue dentro de lo esperado a lo largo de la línea de tiempo, entregando tiempos suficientes para una evacuación.

Cabe destacar en este punto, que los cuerpos de bomberos se encontraban enfocados en el combate y extinción de incendios en las zonas urbanas de la región de Valparaíso priorizando como debía de ser, las vidas humanas. Por tanto, no hubo posibilidad de contar con la asistencia de bomberos para contener el incendio antes de que el daño provocado por éste generara la pérdida total de la edificación. Al ser la torre una edificación no habitada, resultaba imposible priorizar actividades de extinción del fuego en la misma, criterio de acción que es completamente justificado ante la mirada de los desarrolladores de la torre. Este escenario de simultaneidad de incendios y la imposibilidad de contar con bomberos durante el desarrollo de un incendio, fue un imprevisto no imaginado y por tanto no considerado durante la etapa de diseño.

Según las pericias realizadas a la torre, el incendio fue causado por pavesas del incendio forestal colindante. Esto resalta la necesidad de revisar y fortalecer las normativas de seguridad contra incendios, se deben desarrollar mejores prácticas y tomar medidas adicionales para mitigar riesgos en contextos de exposición a incendios forestales.

A nivel científico quedan dos preguntas de investigación que son fundamentales para habilitar la construcción de edificios en altura de madera: Por un lado, se debe investigar el efecto que pudo tener la fachada ventilada en la propagación del incendio. La ventilación natural creada por la fachada ventilada trae importantes beneficios para el manejo térmico del edificio, pero el mismo efecto deseable puede traer graves consecuencias al propagar un incendio.

Por otro lado, la pregunta de cómo una pavesa puede encender toda una estructura de madera. Como centro tomaremos la responsabilidad de estudiar en una primera instancia, la capacidad que puedan llegar a tener las pavesas para desencadenar un incendio capaz de provocar la ignición de los componentes que yacían sobre la edificación de la torre. Para eso seguiremos con una línea de investigación en este sentido, vinculando especialistas de ingeniería de seguridad contra incendios, la disciplina forestal y el área de construcción, los resultados se estarán informando más adelante. Este tipo de estudios son importantes para desarrollar mejores prácticas y estándares que velen por la seguridad de futuras construcciones

## **Bibliografía:**

- (1) Ficha de proyecto “Torre experimental Peñuelas” (CIM UC).
- (2) “CDE recibe antecedentes del Ministerio de Bienes Nacionales por incendio en lago Peñuelas”, (sitio web del Consejo de Defensa del Estado, 07/03/2024).
- (3) Ordenanza General de Urbanización y Construcciones.  
(Biblioteca del Congreso Nacional de Chile, abril 2024).
- (4) Listado Oficial de Comportamiento al Fuego de Elementos y Componentes de la Construcción del Ministerio de Vivienda y Urbanismo (edición 15, 2022).
- (5) Resistencia al fuego y Madera, ficha de proyecto “Torre Experimental Peñuelas” (CIM UC)
- (6) Cómo se construyó esta torre, ficha de proyecto “Torre Experimental Peñuelas” (CIM UC)