

Taller de Investigación y Proyecto 2do Semestre 2018, ARQ 3602-1

“El Ciclo de la Madera en la Arquitectura”

Magíster en Arquitectura Sustentable y Energía

Profesores: Andrés Sierra y Juan Acevedo

Alumno: Gonzalo Zaror



ESCUELA DE ARQUITECTURA
FACULTAD DE ARQUITECTURA, DISEÑO
Y ESTUDIOS URBANOS

Núcleo de Madera Maciza que Rigidiza Estructuras

Uso del sistema Blockhaus para la construcción de un edificio de mediana altura en Valdivia

Taller de Investigación y Proyecto 2do Semestre 2018, ARQ 3602-1

“El Ciclo de la Madera en la Arquitectura”

Magíster en Arquitectura Sustentable y Energía

Profesores: Andrés Sierra y Juan Acevedo

Alumno: Gonzalo Zaror

ABSTRACT

A partir del estudio del sistema Blockhaus y la casa Andler, el diseño de un detalle constructivo, el estudio de referentes y sus innovaciones tecnológicas, se diseña una estructura híbrida entre núcleos rígidos y sistema de marcos.

Se buscará demostrar como núcleos rígidos, pueden soportar estructuras de sistema de marcos, sin arriostramientos en el sentido longitudinal, pudiendo estos tomar las cargas dinámicas.

Finalmente, se desarrollará al interior de esta estructura un proyecto de construcción de mediana altura en madera, en Valdivia, que albergará un museo de sitio y tendrá como programa un centro para el desarrollo cultural.

INDICE

Introducción	5
Marco teórico	6
Pregunta de Investigación /Hipótesis/ Objetivos/ Metodología	7
1. Capítulo 1: Casa Andler: Referente estructural	9
1.1_Experimento cubo de madera	10
1.2.1_Estudio histórico del referente estructural	11
1.2.2_Distribución Programática	13
1.2.3_Detalles constructivos relevantes al proyecto	15
1.3_Beneficios de construir con madera maciza	25
2. Capítulo 2: Estructura	26
2.1_Detalle constructivo e innovación	27
2.2_Repetición y escala	30
2.3_Tipología estructural	31
2.4_Iteración estructural	33
2.5_Conclusiones estructurales	54
3. Capítulo 3: Lugar y programa	55
3.1_Valdivia: capital regional, académica y cultural	56
3.2_Normativa y legislación	61
3.3_Centro de la cultura y de las artes	67
3.4_Estrategias de diseño	68
3.5_Definición y distribución del programa	70
3.6_Envolvente	71
3.7_Conclusión	72
3.8_Planimetría	73

INTRODUCCION

MARCO TEORICO

Para lograr hacer frente a la creciente población mundial es necesario construir con la conciencia enfocada en reducir el impacto ecológico y el consumo energético; incluidos todos los procesos en el ciclo de vida del material. “El Ciclo de la Madera en la Arquitectura” propone diseñar y trabajar con estructuras predominantemente en madera, lo cual reduciría las altas emisiones de CO2 y gases que provocan el efecto invernadero en la construcción. Esto para mejorar el desempeño ecológico y aprovechar el potencial forestal de Chile, contrastado con las bajas cifras de construcción con este material en nuestro país, sobre todo en la construcción en altura.

La construcción en madera se remonta a las civilizaciones más antiguas, y ha ido cambiando a través de la historia.

Antiguamente el sistema Blockhaus, ó de madera maciza, se empleaba en algunas de las construcciones en madera por facilidad y velocidad.

*“porque aquí eran casas construidas de block, así...de palo, palos labrados, árboles labrados; entonces se montaban uno sobre otro (...).”*¹

Con la llegada de los aserraderos, se empezaron a dimensionar industrialmente los elementos por lo que el sistema constructivo cambió y se desarrolló hacia un sistema de estructuración a partir de pie derecho, soleras, etc.

Hoy en día, se está reincorporando el sistema macizo de construcción, por ejemplo con los muros

de CLT (cross-laminated timber) que no solo cumplen un rol estructural, sino que también tienen un rol de acondicionamiento térmico, acústico, etc.

La construcción debe pasar a ser el motor del desarrollo sostenible, prosperando dentro de los límites renovables del planeta, y fundándose en el uso de energía y materiales renovables.

*“El modelo antiguo de extracción y transformación de materiales no es sostenible y genera una gran cantidad de residuos en el corto plazo. Solo hay una alternativa a este modelo y es el uso eficiente y sostenible de materiales renovables de origen biológico”.*²

Los bosques son una infraestructura biológica muy importante por ser una fuente de oxígeno, precipitaciones y biodiversidad, que podrían ayudar a hacer frente al cambio climático. Estos bosques son una fuente de recursos biológicos que necesitan espacio para su cultivación pero que se ve reducido por el uso de este espacio por la creciente población. Hay que entender que estos materiales son renovables pero no ilimitados. Por esto, se debe buscar maximizar la eficiencia en el uso de los recursos, optimizar el diseño de productos y materiales para maximizar la reutilización, el reciclaje y minimizar los residuos. Se debe considerar el capital financiero, tanto como el capital humano y natural.

Existen distintas industrias que tienen un impacto ecológico negativo. Una de ellas es la construcción. Los materiales empleados en esta y sus procesos constructivos no son pensados de manera consciente con el futuro. En nuestra época la

revolución digital va a ser la encargada de canalizar el desarrollo sustentable.

A falta de una normativa clara y precisa que se preocupe de las capacidades de la madera y permita construir en altura con restricciones específicas del material, es necesario por el momento, ocuparse de ella desde otra perspectiva. Esta otra perspectiva se enfoca en las “nuevas tecnologías” y mayor eficiencia en el empleo del material. Para lograr que se haga una normativa que se adapte a las cualidades de la madera y poder entrar en la escena global es necesario mostrar el potencial constructivo de la madera. Hoy en día la norma Nch 433 restringe la construcción en mediana altura en madera ya que se usan los parámetros de construcción de hormigón, lo cual hace que las estructuras de madera queden sobredimensionadas.

El diseño correcto de las estructuras y las innovaciones tecnológicas podrían aportar a la construcción de madera en mediana altura, dentro del contexto nacional, pero necesitan ir en paralelo a una normativa actualizada y probada. Si se logran ambas, la construcción en madera podría ser una solución a algunos de los temas medioambientales de nuestra época. Además, la construcción podría ser más rápida, y por ende presentar una solución al crecimiento poblacional.

¹ Entrevista a la sra. Haase en Puerto Octay. En D’ALENCON, Renato y PRADO, Francisco. Construcción en madera maciza en el sur de Chile: un sistema constructivo excepcional en peligro de extinción. 2012.

² Presentación de Marc Palahí. El Papel Transformador de la Madera. Semana de la madera 2018. Stgo, Chile.

PREGUNTAS DE INVESTIGACION

¿Cómo un núcleo de madera maciza, diseñado a partir del sistema Blockhaus, sería lo suficientemente rígido como para soportar un volumen articulado de pórticos, no arriostrados y sus respectivas cargas?

¿Por qué tendría sentido construir con madera maciza en la actualidad?

¿Qué condición o carácter arquitectónico –al aplicar un sistema tradicional de postes y vigas como el contenido en el caso de estudio, ahora elaborado con madera de ingeniería- es traspasado o posible de traspasar en un edificio de mediana altura en madera?

HIPOTESIS

Si en el pasado las razones para construir con madera maciza eran constructivas, hoy en día las razones no son solo constructivas, son también por acondicionamiento térmico, acústico ó su huella de carbono positiva.

La implementación de un núcleo de madera maciza, basado en el sistema Blockhaus el cual recibe las cargas estructurales horizontales de otra estructura soportada de sistema de pórticos, rigidiza la estructura lo suficiente, permitiendo que esta estructura esté libre de arriostramientos.

La ejecución de los conceptos de nuevas tecnologías reduciría notablemente sus dimensiones, esto nos permitiría liberar la estructura

de riostras, principalmente en el eje perpendicular al núcleo.

Al aplicar un sistema tradicional de postes y vigas como el contenido en el caso de estudio se pueden traspasar distintas condiciones arquitectónicas. Primero, el altillo generado en la techumbre-soportada por los muros macizos- y con una estructura de postes y vigas centrales que soportan los marcos del techo. Luego, la estructura de pilares que conforman- junto a la extensión del techo- una galería como recorrido perimetral.

OBJETIVOS

GENERAL

Se busca comprobar que una estructura de sistema de marcos soporta los esfuerzos horizontales al articularse con un núcleo de madera maciza, el cual rigidiza la estructura lo suficiente como para soportar las cargas.

A través del estudio de un referente, diseñar una estructura que incorpore las ventajas que tiene construir con madera maciza.

ESPECIFICOS

Experimentar uniones a través del desarrollo de prototipos.

Estudiar un referente estructural propio de la construcción de madera maciza en Chile.

Modelar e iterar mediante cálculos estructurales con parámetros ensayados internacionalmente y aplicados a la realidad nacional se buscará

demostrar la posibilidad de hacer construcciones en madera en mediana altura.

Desarrollar un proyecto de arquitectura en Valdivia, que en este caso contendrá un centro de la cultura el cual albergará un museo de sitio.

Definir algunas de las ventajas de construir con madera maciza en la actualidad.

METODOLOGIA

El enfoque del curso hace un giro respecto a la aproximación clásica de diseño arquitectónico donde el “partido general” es el inicio del proyecto; ahora es más bien el “invento tecnológico” ó el diseño de un detalle constructivo de una unión el que propone el desarrollo de un módulo constructivo estructural, el cual se pueda reproducir y eventualmente pueda albergar un programa respectivo.

Diseñar desde el detalle. Se busca lograr construir con madera en mediana altura, a partir del desarrollo de detalles de uniones. Se busca generar un proyecto que presente la implementación de los conceptos de las nuevas tecnologías en madera, sustentado en cálculos estructurales y un diseño considerado con el medioambiente. Esto será a partir de la repetición de una o varias uniones a través del proyecto.

En primer lugar, a través de ejercicios y el estudio de referentes estructurales, se definirá la tipología estructural. Se decidirá un sistema constructivo. En este caso se estudiará el sistema de madera maciza, en base al sistema Blockhaus, para un núcleo rígido,

como soporte estructural para una estructura de pórticos a través del uso de un software de cálculo estructural. A partir de los resultados obtenidos en el modelado de los distintos volúmenes, se concluirá respecto a la capacidad de un núcleo de madera maciza de articular un volumen y soportar sus cargas, ó estudiar las variaciones estructurales necesarias para que éste sea capaz de hacerlo.

Además se comentará sobre la ventaja construir con madera maciza en la actualidad; masa térmica, almacenamiento de dióxido de carbono, desempeño acústico y generar una fachada libre de riostras.

Se emplazará el proyecto en Isla Teja en Valdivia, por su pertinencia con el caso de estudio. Además albergará un programa relacionado con el desarrollo actual por el que está pasando la ciudad, desarrollo estudiantil, cultural y de las artes.

**CAPÍTULO 1: CASA ANDLER: REFERENTE
ESTRUCTURAL**

1.1_Experimento cubo de madera

El detalle constructivo de esta unión tiene sus primeras aproximaciones en el primer ejercicio que se llevó a cabo para el desarrollo del proyecto. Este ejercicio consistía en la elaboración de un cubo de 1m3, el cual debía soportar por si solo el peso de dos personas ó 100 kg puestos sobre él.

Se diseñó un cubo a partir de listones de madera todos de una misma sección de 1x2, los cuales fueron puestos y trabajados de distintas maneras. Se usaron dos tipos de uniones distintas, uno por encaje a media madera y otro con un sistema de pernos. Las vigas simples perimetrales y las vigas dobles centrales superiores e inferiores, se unieron por sistema de encaje, lo cual permitió tener una superficie plana la cual resistía las cargas por un trabajo mutuo entre las vigas y no dependía de pernos. Los pilares simples afirman las vigas simples en las cuatro esquinas del cubo y a las vigas dobles en los puntos medios de estos con uniones de pernos ϕ 5/8", uno por extremo del pilar. Estos elementos forman los cuatro marcos perimetrales, además del marco superior e inferior.

Para reducir las cargas en estos elementos, se complementó con cuatro riostras, entre el punto medio de las vigas y el centro de la cara inferior del cubo. En el centro del cubo se agregó una composición de cuatro columnas, las cuales reciben las riostras. Todas estas últimas uniones también fueron llevadas a cabo con pernos ϕ 5/8". De esta manera, el cubo de sistema de poste y viga fue complementado por un núcleo rígido el cual recibe las cargas a través de las riostras. La siguiente imagen grafica el resultado del cubo.

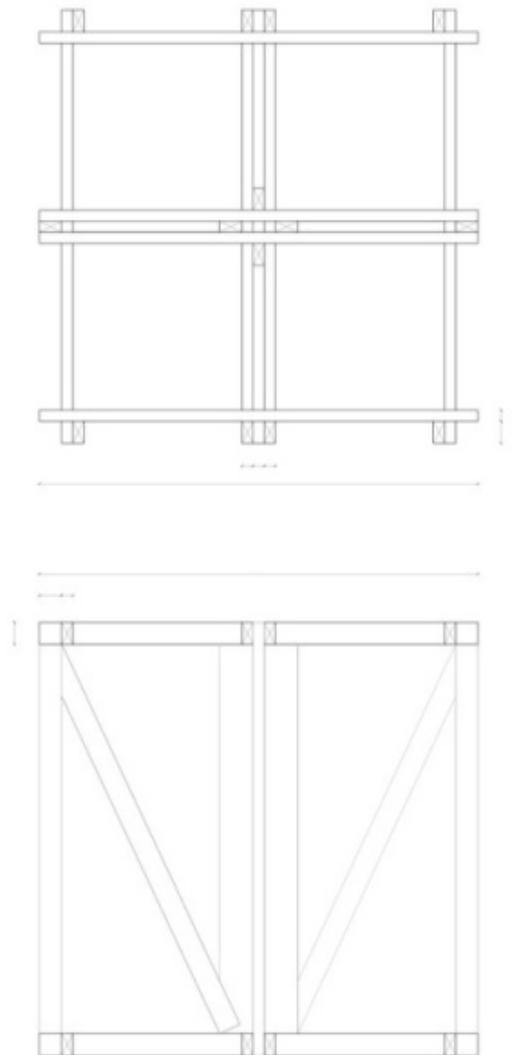


Fig. 1

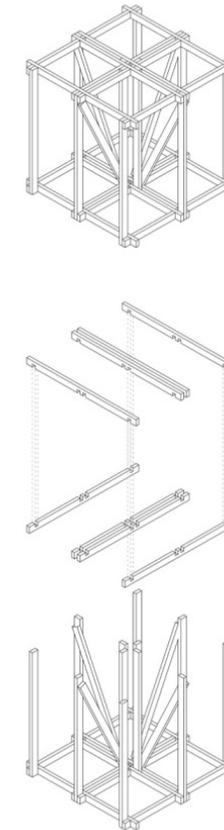


Fig. 2

Fig. 1 Elaboración propia. Planta y corte experimento.

Fig. 2 Elaboración propia. Axonometrica experimento.

1.2.1_Estudio histórico del referente estructural

Luego de este ejercicio se estudió un referente estructural para complementar lo implementado en el cubo y a partir de esto diseñar el primer detalle constructivo relevante. El caso estudiado fue la Casa Andler.

La casa Andler se sitúa en la ribera norte del Lago Llanquihue, Región de Los Lagos, Chile. El lago Llanquihue corresponde al segundo mayor lago de Chile, con una extensión de 860 km². Se desconoce con exactitud el año de construcción de la casa pero se estima que fue entre los años 1850-1870.

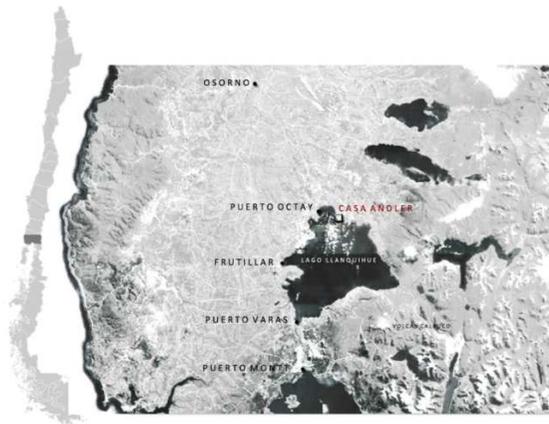


Fig. 3



Fig. 4

Se diferencia de las otras construcciones en madera en el sur de Chile por el sistema constructivo que utiliza; Madera Maciza (Blockhaus). El sistema de madera maciza es de origen de la zona noreste de la región de Bohemia, principalmente usado en casas rurales del siglo XVII y se caracteriza por la superposición de vigas. Este caso es emblemático porque es de los escasos ejemplos existentes de construcciones de madera maciza que datan de la llegada de las colonias alemanas al sur de nuestro país.

Comenta Krebs, Andrea² - La inmigración alemana en Chile forma parte del gran proceso durante el cual millones de europeos abandonaron su patria de origen y se trasladaron a todos los continentes. El principal móvil fue de carácter económico.

Para la composición de esta estructura se utilizaron alerces nacionales. Este tipo de estructura permite un mejor desempeño térmico, ideal para el clima lluvioso y frío de la zona, permitiendo una mejor aislación de los muros. Hoy las fachadas están cubiertas con zinc y tinglado posiblemente por el deterioro del material, a causa de un mal diseño, lo cual genera puentes térmicos.



Fig. 5

2 Krebs, Andrea. 2001. Los alemanes y la comunidad chileno-alemana en la historia de Chile. Santiago, Chile. p 6.

Fig. 3 Plano ubicación de la casa Andler en Lago Llanquihue. Solari, Fabiola. 2012. Casa Andler en Playa Maitén: de bohemia a Chile, la reconfiguración del sistema constructivo blockhaus. Santiago de Chile. p 9.

Fig. 4 Vista exterior del acceso y el soberado. (Fuente:http://www.portadores.uc.cl/destinos_llanquihue_garces.html).

Fig. 5 Casa Andler en los 90s. Matthews, M. 1993. Valdivia en Madera y Metal. Santiago de Chile: El Kultrún.



Fig. 6



Fig. 8



Fig.7



Fig. 9

Fig 6 Fachada norte casa Andler, unión muros exteriores con interiores. Guarda, Gabriel. 1993. Provincia de Osorno, arquitectura en madera 1850-1928. Santiago de Chile. p. 111.

Fig 7 Fachada oriente y acceso principal. Guarda, Gabriel. 1993. Provincia de Osorno, arquitectura en madera 1850-1928. Santiago de Chile. p. 110.

Fig 8 Corredor fachada norte. Guarda, Gabriel. 1993. Provincia de Osorno, arquitectura en madera 1850-1928. Santiago de Chile. p. 109.

Fig 9 Fachada oriente y puerta en fachada sur. Guarda, Gabriel. 1993. Provincia de Osorno, arquitectura en madera 1850-1928. Santiago de Chile. p. 108.

1.2.2_Distribución programática

El levantamiento estructural de la casa Andler fue realizado por Fabiola Solari y el desarrollo del referente se basa en torno a este levantamiento. Este tipo constructivo (Blockhaus) permite evidenciar mejor el material y el ensamble de sus uniones. A su vez existe un patrón de repetición de las piezas y su disposición, lo que genera espacios similares. En la casa Adler, la distribución del programa es en base a una planta rectangular con un corredor central y dos programas articulados por este corredor. Este corredor divide el programa en lo público donde se encuentra el estar y la cocina, y lo privado donde están los dormitorios. El corredor también alberga las circulaciones verticales las cuales te llevan al segundo piso. Este segundo piso era usado como bodega y se almacenaba la comida cosechada durante el invierno, por ende la gran cantidad de espacio destinada a este fin. La galería es la encargada de proteger la estructura de las lluvias laterales generadas por el viento, además también define el acceso principal del acceso trasero.

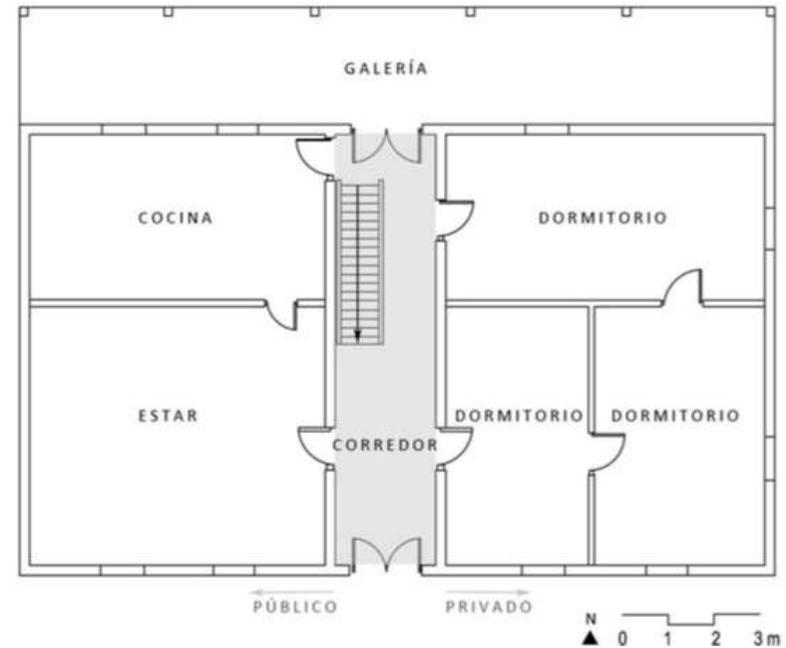


Fig. 10



Fig. 11

Fig 10 Planta casa Andler, contempla la primera etapa constructiva, sin ampliaciones. Solari, Fabiola. 2012. Casa Andler en Playa Maitén: de bohemia a Chile, la reconfiguración del sistema constructivo blockhaus. Santiago de Chile. p 12.

Fig 11 Elevación fachada poniente. Solari, Fabiola. 2012. Casa Andler en Playa Maitén: de bohemia a Chile, la reconfiguración del sistema constructivo blockhaus. Santiago de Chile. p 14.

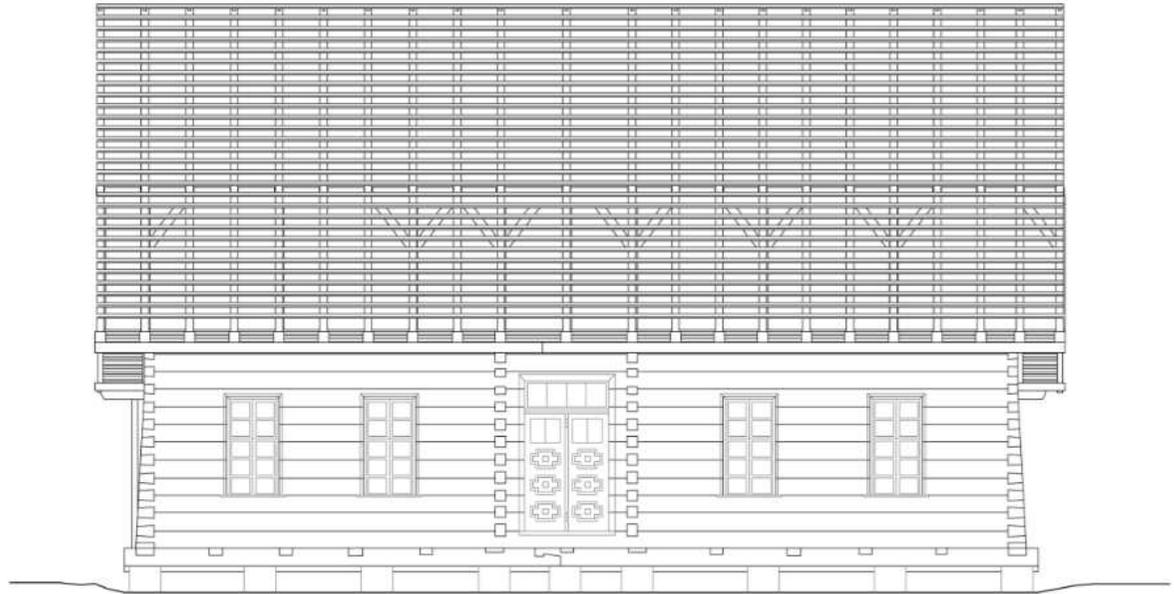


Fig. 12

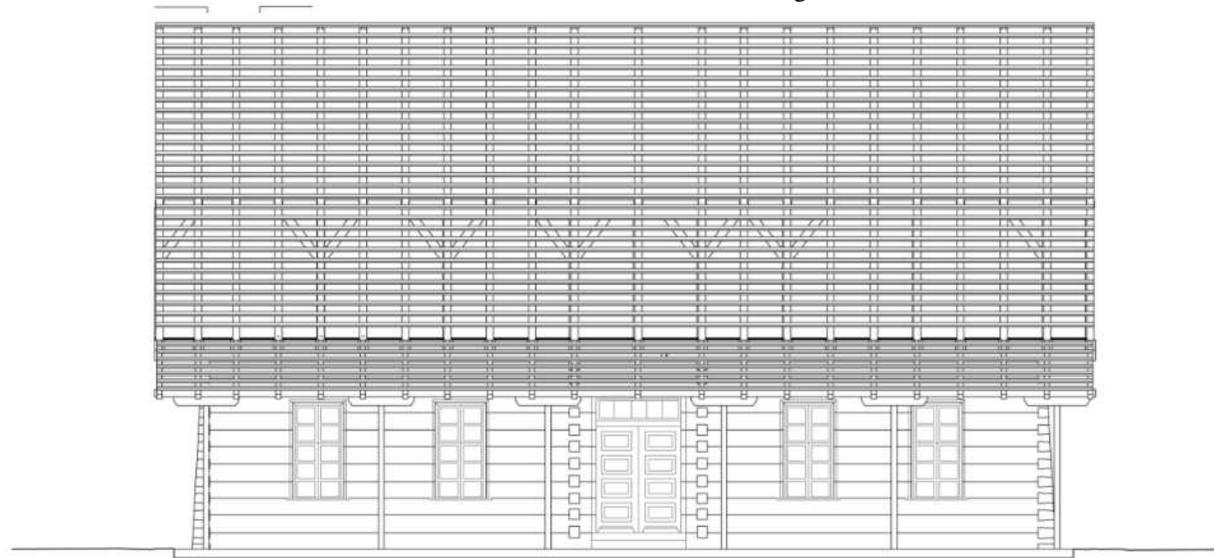


Fig. 13

Fig 12 Elevación fachada sur. Solari, Fabiola. 2012. Casa Andler en Playa Maitén: de bohemia a Chile, la reconfiguración del sistema constructivo blockhaus. Santiago de Chile. p 15.

Fig 13 Elevación fachada norte. Solari, Fabiola. 2012. Casa Andler en Playa Maitén: de bohemia a Chile, la reconfiguración del sistema constructivo blockhaus. Santiago de Chile. p 15.

1.2.3_Detalles constructivos relevantes al proyecto

El primer detalle relevante escogido del referente es el encuentro de dos muros perpendiculares de cuatro metros de altura, construidos con alerce, y que corresponde al sistema Blockhaus.

Sobre los muros masivos dice Oliver, Paul³ - Es un tipo de muro continuo basado en el estático principio del sistema por peso, con materiales colocados uno sobre el otro, alcanzando estabilidad estructural por medio del peso contenido desde la progresiva acumulación de carga.

Se usan maderos de gran escuadría para la estructura del primer piso (aproximadamente 35 cm de ancho y 20 cm de alto) y maderos de menor escuadría en la estructura del segundo piso y en la techumbre (24 cm de ancho y 12 cm de altura). Este sistema es una superposición de vigas con una unión de encaje más específicamente del tipo cola de milano.

En el entramado de muros y del piso es donde se notan las grandes secciones que componen los muros (12x12) y el trabajo de "calafateo". Se generan vanos en estos muros para puertas y ventanas. Estos vanos son de dimensiones pequeñas, siendo la luz salvada más grande correspondiente a una puerta de 1.65 m. Esto demuestra que en esta tipología constructiva se priorizó el desempeño térmico, conservando el calor interior, por sobre las vistas.



Fig. 14

Para el desarrollo del proyecto va a ser fundamental el estudio de esta unión ya que al avanzar en el proyecto, la implementación de las nuevas tecnologías se ve reforzada por una nueva idea; buscar imitar el sistema del CLT pero con vigas de madera laminada. Es el sistema constructivo y el detalle de la unión de este lo que se rescata para el desarrollo del proyecto.

³ Oliver, Paul. 1997. Encyclopedia of vernacular architecture of the world. Londres, Reino Unido. 1v. P 650.

Fig 14 Detalle del trabajo de calafateo en el encuentro perpendicular de dos muros.

(Fuente:http://www.portadores.uc.cl/destinos_llanquihue_garces.html).

Por el problema del volcamiento, en los muros de la casa Andler, se disminuye su sección a medida que va aumentando su altura, garantizando mayor estabilidad que si la sección fuese la misma. En la base la sección es de 35 x 35 cm y en la parte superior es de 20 x 35 cm.

A diferencia del sistema de postes tradicional, el cual transfiere sus cargas a través de los postes y rigidiza su estructura con el uso de riostras las cuales también transfieren las cargas, el sistema de madera maciza trabaja por acumulación de peso el cual se transfiere a través de las vigas superpuestas una sobre otra hacia el suelo, siendo más conveniente ponerlas en su sentido vertical para un mejor trabajo a flexión de la estructura.

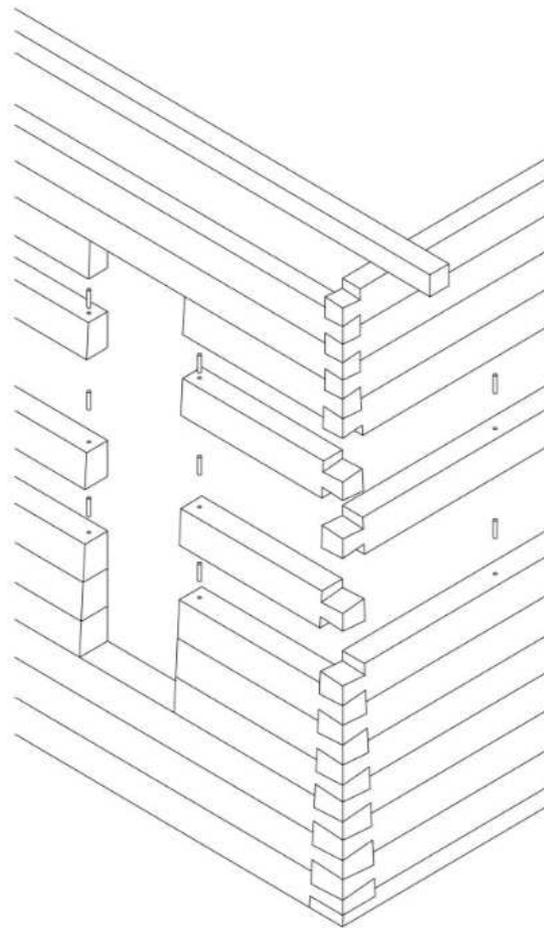


Fig. 15 Encuentro de esquina entre muros longitudinales y transversales. Solari, Fabiola. 2012. Casa Andler en Playa Maitén: de bohemia a Chile, la reconfiguración del sistema constructivo blockhaus. Santiago de Chile. p 29.

Fig. 15

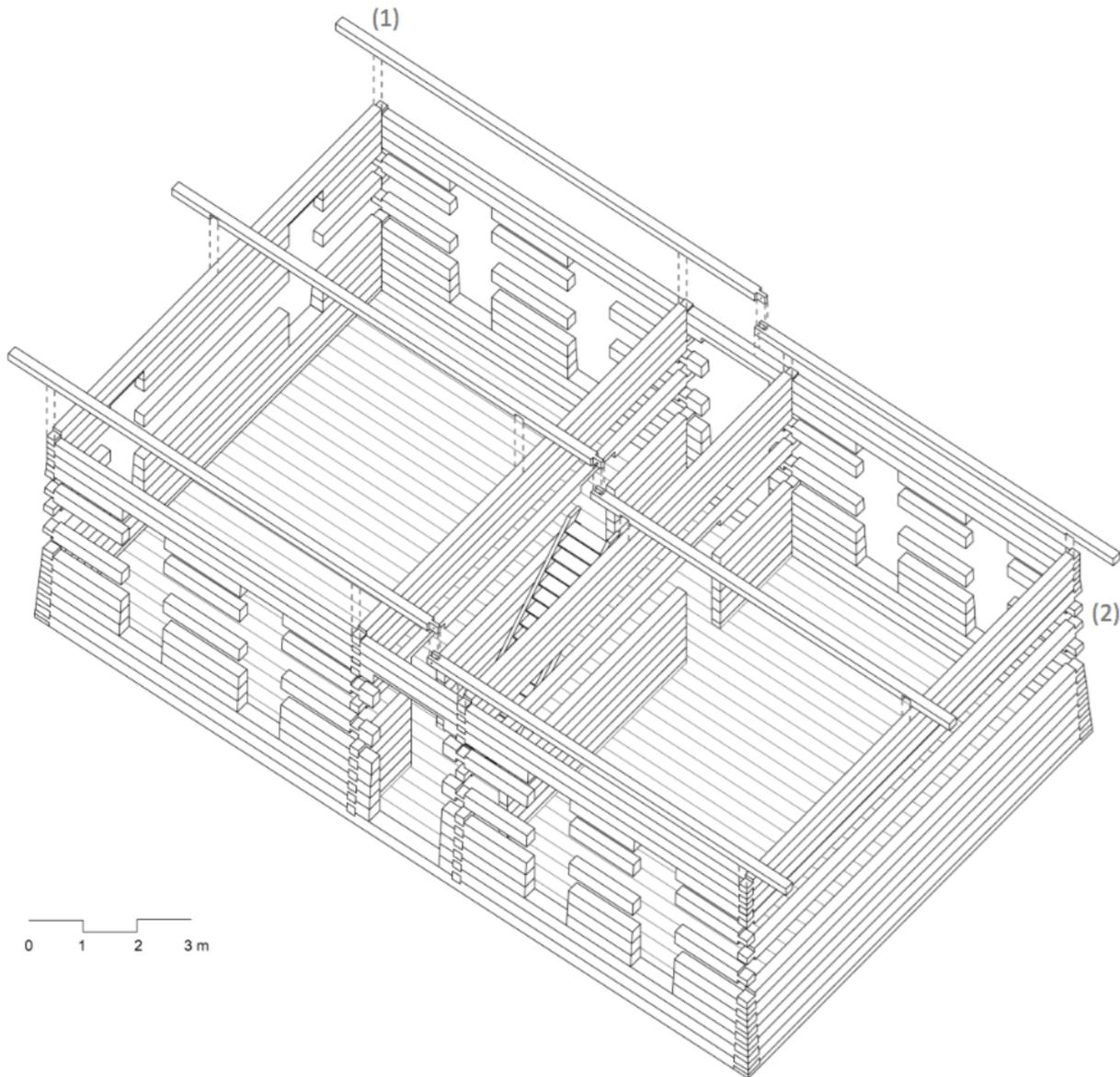


Fig. 16

Fig. 16 Isométrica explotada de muros. Solari, Fabiola. 2012. Casa Andler en Playa Maitén: de bohemia a Chile, la reconfiguración del sistema constructivo blockhaus. Santiago de Chile. p 21.

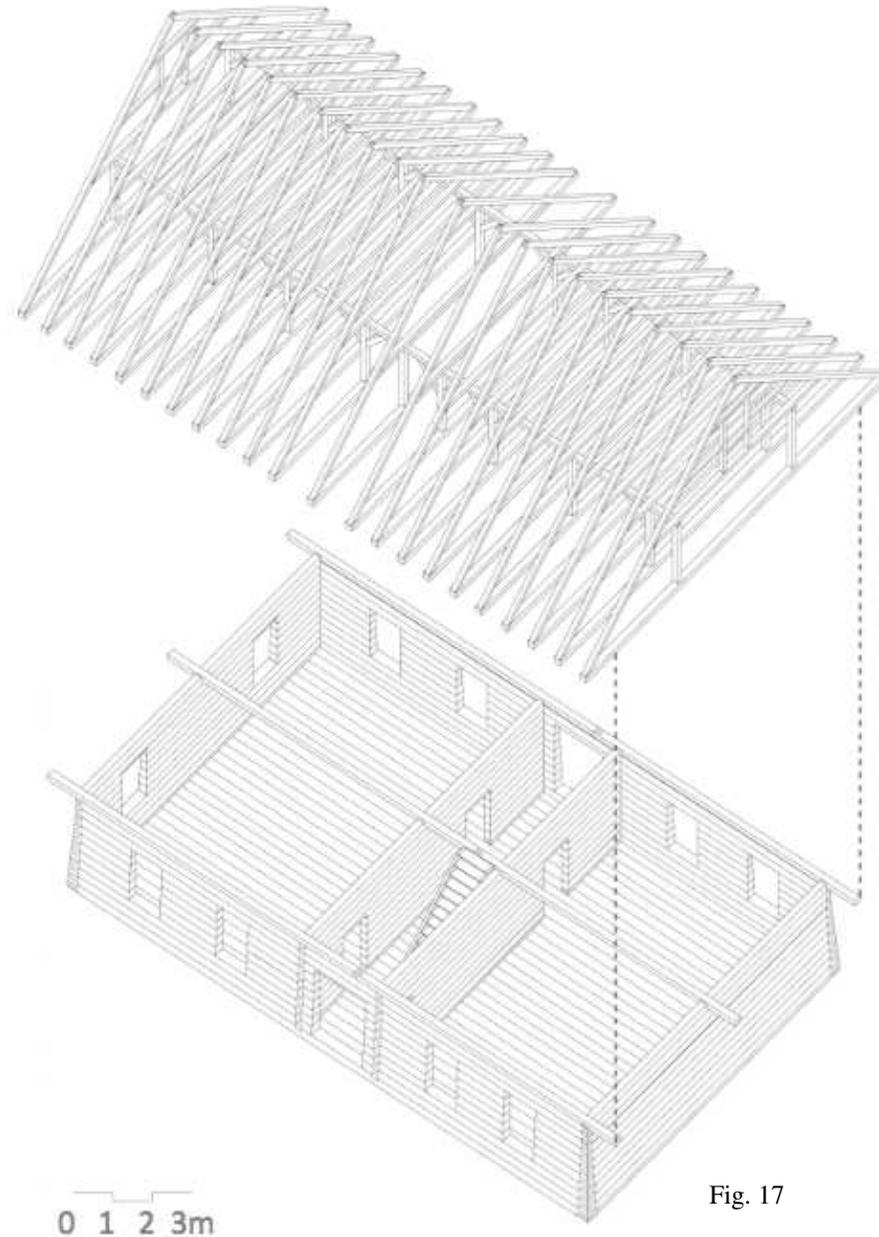
El segundo detalle relevante escogido es la estructura de techumbre. Esta estructura reposa sobre los muros de madera maciza. Es importante mencionar que las uniones de la techumbre son principalmente de encaje, usando clavos solo para fijar las costaneras y las tejuelas.

Solari, Fabiola⁴ describe la techumbre - Podemos entender las piezas que conforman la estructura de techumbre como distribuidas en 22 cerchas transversales, conformadas por pilares, tirantes y cabios que, a su vez se conectan mediante elementos longitudinales, tales como soleras, diagonales y costaneras. Si además consideramos que el suelo es de tablas de 30 cm de ancho machihembradas de madera de tepa y laurel.

Esta estructura de techumbres, la cual reposa sobre la estructura de muros y en su interior se desarrolla en base a postes y vigas, permite generar un altillo ó segundo (y tercer) piso, el cual en este caso es utilizado como bodega.

⁴ Solari, Fabiola. 2012. Casa Andler en Playa Maitén: de bohemia a Chile, la reconfiguración del sistema constructivo blockhaus. Santiago de Chile. p 30.

Fig. 17 Estructura de muros y techumbres. Solari, Fabiola. 2012. Casa Andler en Playa Maitén: de bohemia a Chile, la reconfiguración del sistema constructivo blockhaus. Santiago de Chile. p 39.



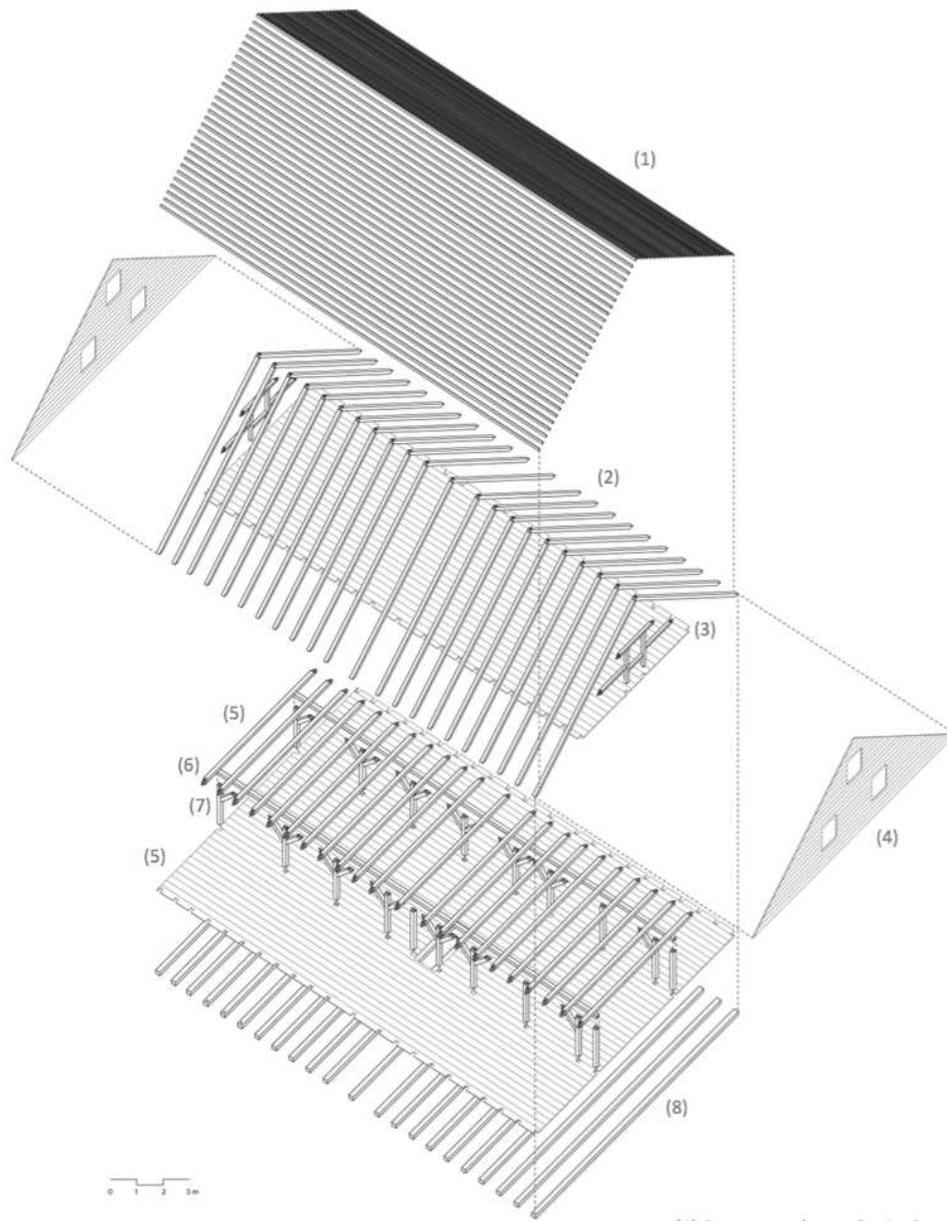


Fig. 18

Fig. 18 Estructura techumbre. Solari, Fabiola. 2012. Casa Andler en Playa Maitén: de bohemia a Chile, la reconfiguración del sistema constructivo blockhaus. Santiago de Chile. p 39.

Sobre este detalle se destaca para el proyecto, su función y espacialidad. Su función es arriostrar la techumbre en el sentido longitudinal. Estas riostras son acotadas en su dimensión ya que no nacen desde la base del pilar y terminan en la parte superior del siguiente, sino que nacen desde un poco más arriba del punto medio del pilar y terminan el punto medio de la viga entre los ejes de los pilares. La espacialidad generada es mayor ya que las riostras interrumpen solo en una pequeña parte la circulación fluida y además se forman umbrales que cruzan la estructura en el otro sentido. Esta estructura permite que se genere un altillo en el entretecho, pudiendo este espacio ser utilizado.

Fig. 19 Componentes relevantes de la estructura de techumbre. Solari, Fabiola. 2012. Casa Andler en Playa Maitén: de bohemia a Chile, la reconfiguración del sistema constructivo blockhaus. Santiago de Chile. p 34.

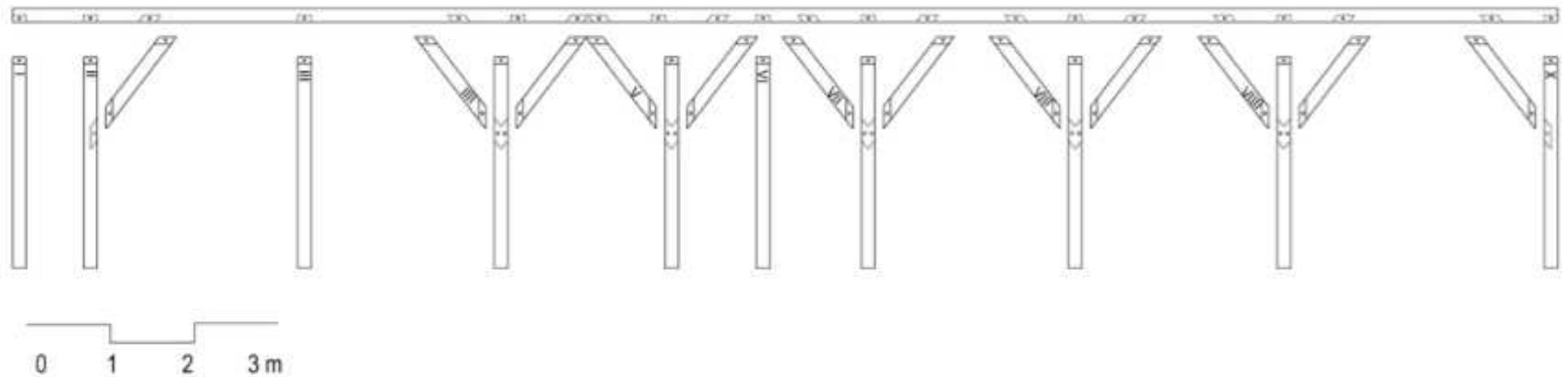


Fig. 19

ANALISIS ESTRUCTURAL REFERENTE

Primero se estudió el comportamiento estructural del referente. Se introdujo la grilla correspondiente a las dimensiones estudiadas de la casa Andler. Luego se definieron las características de los elementos. En este punto se hizo una pequeña variación. Se traspasó la estructura de muros a un sistema de marcos arriostrados que simulan los muros macizos, esto para facilitar el cálculo y el uso del programa. Luego de este cambio, las dimensiones de los elementos (postes y vigas) se definieron en 350 x 350 mm. Variando levemente la estructura ya que no disminuye su sección a medida que aumenta la altura. Además se definió la estructura de techumbres compuesta por los tirantes (200 x 200 mm), los cabios (140 x 140 mm) y las costaneras (40 x 80 mm).

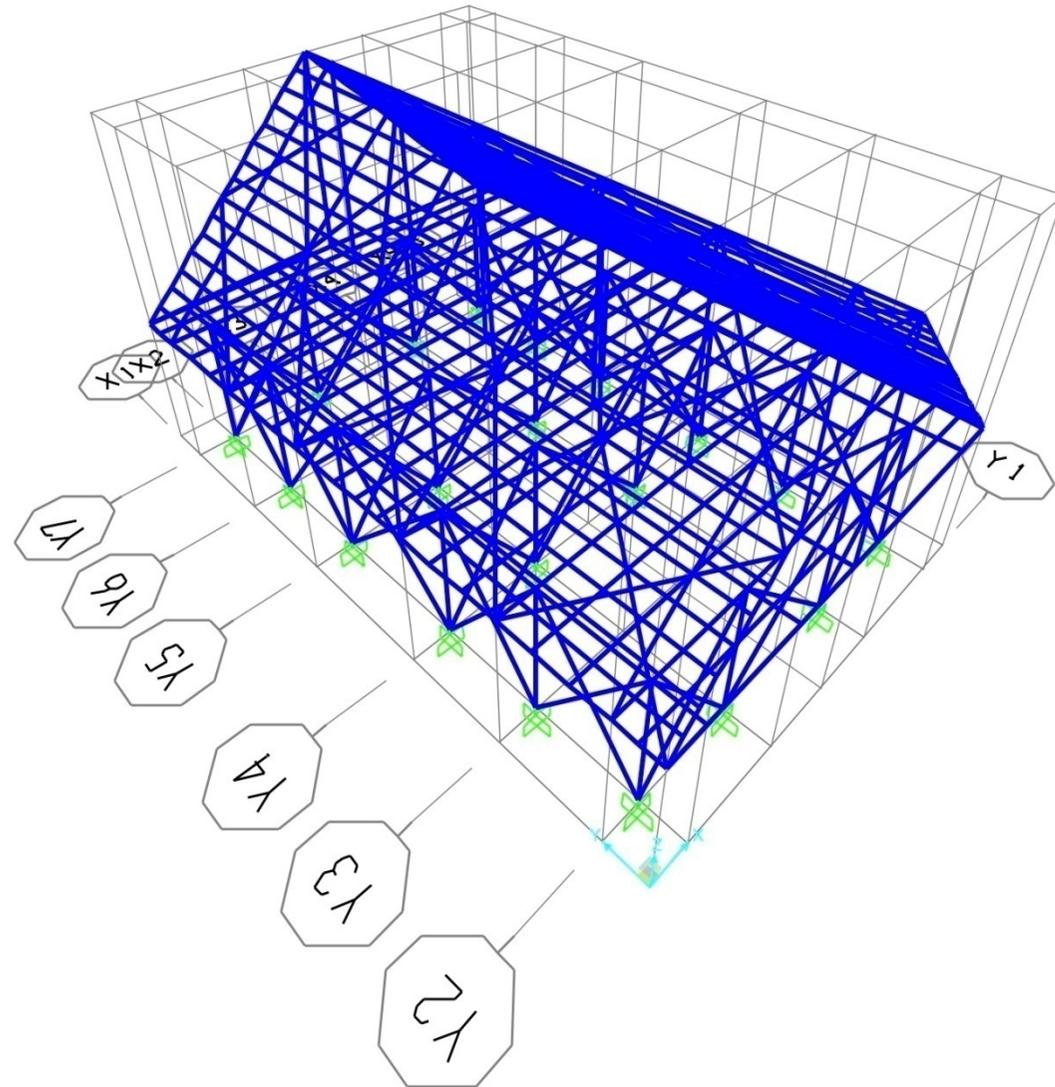


Fig. 20 Vista 3D del modelo. Elaboración propia.

Fig. 20

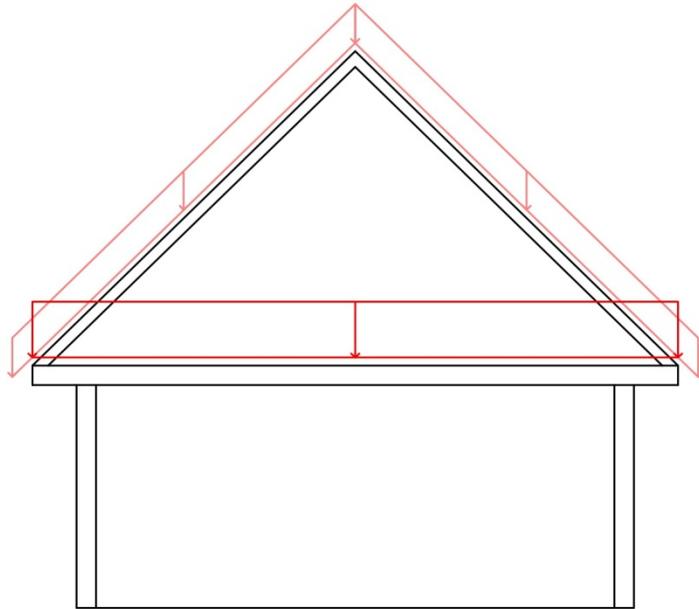


Fig. 21

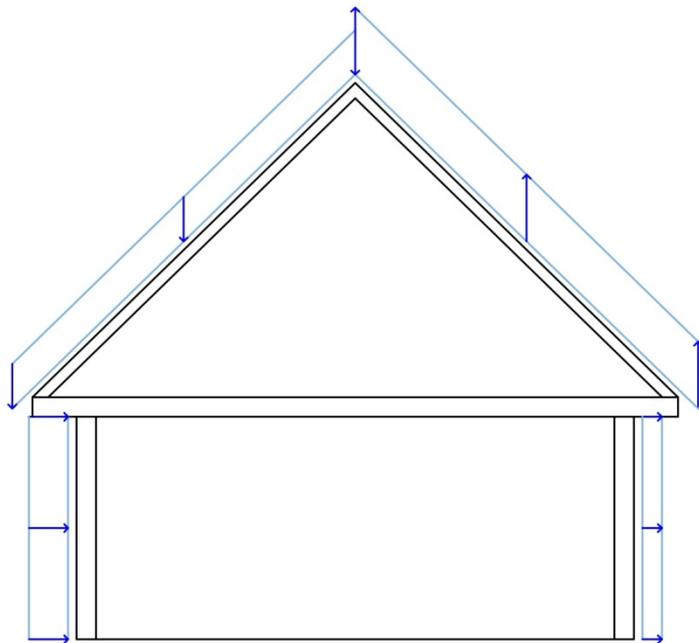


Fig. 22

Las cargas se asignaron según tres tipos; su peso propio (pp), sobrecarga (sc) y viento (w). Las cargas se asignaron de la siguiente manera;

Peso propio techo 50 KgF/m²;

Peso propio 170 KgF/m²;

Sobrecarga de uso de 300 KgF/m²;

Vientos de 70 KgF/m², 85 KgF/m² y 112 KgF/m².

Esto con el fin de evaluar la capacidad de la estructura de resistir las cargas más desfavorables, en este caso el viento y evaluar su deformación para saber si cumple con los parámetros requeridos. Además, se evaluó el volcamiento de la estructura, por lo que se hicieron ensayos en el software sobre el momento generado por el peso propio y la sobrecarga. También se le asignó un apoyo deslizante a la unión de los pilares con el suelo. Una vez que el volumen tuvo sus secciones, apoyos y cargas asignadas, se ejecutó el análisis del programa para poder concluir sobre los resultados.

Fig. 21 Diagrama cargas de peso propio y peso propio techo. Elaboración propia.

Fig. 22 Diagrama cargas de viento. Elaboración propia.

Para indagar sobre los resultados estructurales, se analizaron bajo las siguientes premisas:

- (1) Para cumplir con el momento, el resultado de $F=M/W$ debe ser menor o igual a 70 KgF/cm. (M=momento máximo y W=momento resistente).
- (2) Para cumplir con la deformación el resultado de L (altura)/500 debe ser mayor a la deformación máxima calculada.

Se concluyó, como era de esperar, que la estructura sí cumplía con las premisas. Tras calcular el valor del momento resistente W (7145 cm³) estos resultados demostraron que el momento máximo generado en la estructura es de 323 000 KgF/cm, generando un valor F de 45 KgF/m² inferior a los 70 KgF/m² permitidos. Además la deformación máxima fue de 0,26 cm, cuando la máxima deformación permitida por la estructura es de 0,8 cm ($L/500$ donde L es 400 cm).

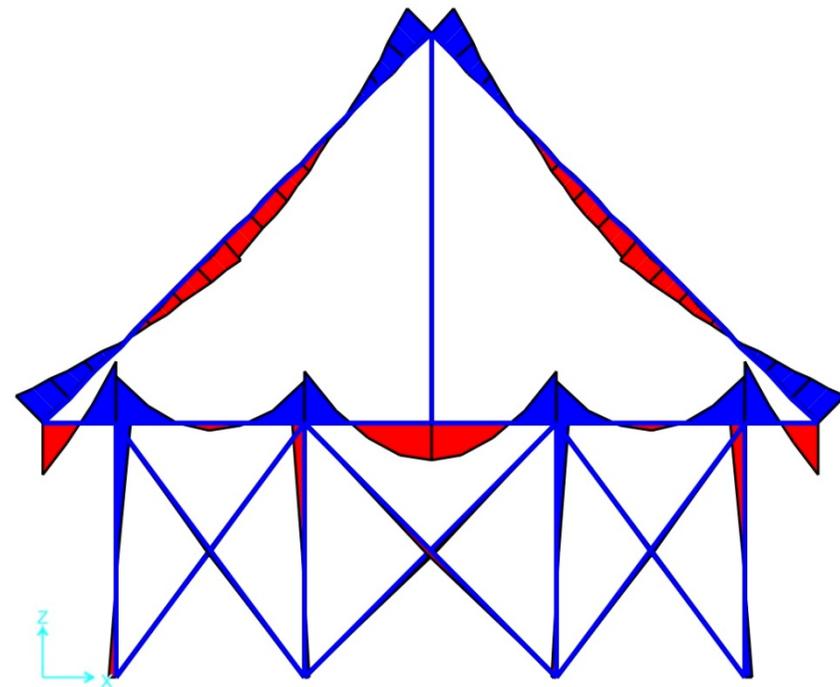


Fig. 23

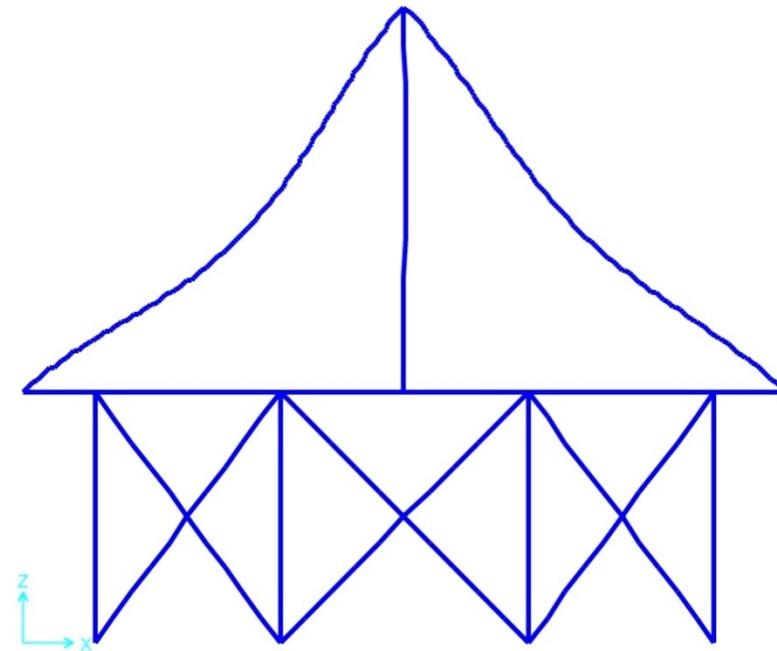


Fig. 24

Fig. 23 Diagrama momento máximo. Elaboración propia.

Fig. 24 Diagrama deformación. Elaboración propia.

Fig. 25 Tabla de resultados. Elaboración propia.

TABLA RESULTADOS				
REFERENTE				
Vigas madera laminada (mm)				
350x350				
Cargas				
	Peso propio	Sobrecarga	Viento	
	170	300	70	
PP + SC + W				
Momento				
	Mmax	W	F	
	323000	7145	45	<70 KgF/cm ²
Deformación				
	Umax	l/500	Umax < l/500	
	0,26	0,8	0,26 < 0,8	

Fig. 25

1.3_ Beneficios de construir con madera maciza

Teniendo en consideración la latitud donde se sitúa la casa Andler, en el sur de nuestro país, el clima de esta zona es principalmente frío y lluvioso. Uno de los beneficios de construir con madera maciza en la zona y en la época en que se construyó la casa Andler es su capacidad térmica. Uno de los grandes problemas de la carpintería actual es justamente su falta de masa, para un buen desempeño térmico. Generalmente el sistema constructivo en base a postes y vigas de madera no tiene una masa suficiente como para generar una inercia térmica, lo cual se traduce en mayor uso de sistemas modernos de calefacción ó el uso de una mayor cantidad de aislación para mantener las temperaturas interiores.

Otro de los beneficios de la madera maciza es su capacidad de aislación acústica. Siendo que mientras mayor densidad tenga la madera, mejor desempeño va a tener como aislante acústico

Finalmente es importante destacar la capacidad de la madera de almacenar dióxido de carbono. Para las construcciones con madera maciza se utilizan más cubos (m³) de madera, que con otros sistemas constructivos de madera. Esto quiere decir que mientras más madera se use en la construcción mayor cantidad de dióxido de carbono quedará atrapado en la estructura, de esta forma ayudando a mitigar el efecto invernadero que genera el dióxido de carbono.

CAPÍTULO 2: Estructura

2.1_Detalle constructivo e innovación

Este sistema de madera maciza y la unión de muros escogida se implementaron en el proyecto ya que se modificó el núcleo de pilares centrales compuestos del ejercicio del cubo de madera, por un núcleo rígido de madera maciza. Al ser más resistente este sistema como núcleo rígido, esto permitió liberar la estructura de riostras y tener una planta y fachada libres, ya que las riostras dejaron de ser las encargadas de llevar las fuerzas al núcleo sino que ahora son las mismas vigas las que transmiten estas fuerzas.

Se le pone énfasis al diseño de las uniones entre las vigas que componen el sistema de madera maciza, imitando un muro de CLT (cross-laminated timber).

Para adaptar esta innovación tecnológica a la realidad nacional, se diseñó un sistema de muros macizos que componen el núcleo rígido, el cual consiste en la superposición de las vigas de madera laminada y el atravesado de todas estas con un hilo metálico largo con pernos en los extremos. Un sistema de muro compuesto por vigas. Estas vigas son de madera laminada de 200 mm x 350 mm. Los pernos son ϕ 5/8", están dispuestos cada 180 cm y aplastan las vigas en el sentido horizontal, este sistema compone el núcleo rígido de madera maciza.

La estructura de pórticos se compone de elementos de madera laminada con la misma sección para pilares y vigas, 200 mm x 350 mm. Los pilares son compuestos y aplastan las vigas simples principales que transmiten las cargas al núcleo. Además se completa la estructura con vigas secundarias que

descansan en la parte superior del pilar, siendo necesario hacer un recorte en éste para el encaje de estas vigas. En este caso también se usan pernos ϕ 5/8" para sostener las maderas entre ellas. Las uniones de postes y vigas se mantienen dentro de un sistema de uniones tradicional con pernos. Esta estructura se complementó con riostras dobles que abrazan todos los componentes estructurales mencionados previamente, desde el punto medio del pilar hasta la cumbrera, esto unifica el marco. Todo está unido mediante pernos ϕ 5/8" y los pilares y las vigas son todas de 200 mm x 350 mm de madera laminada.

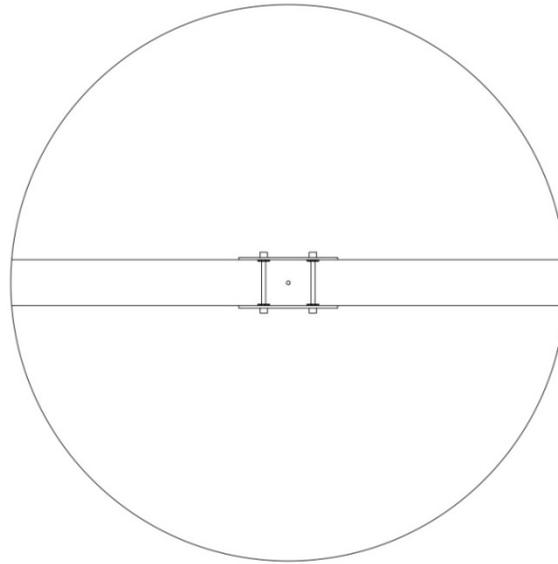
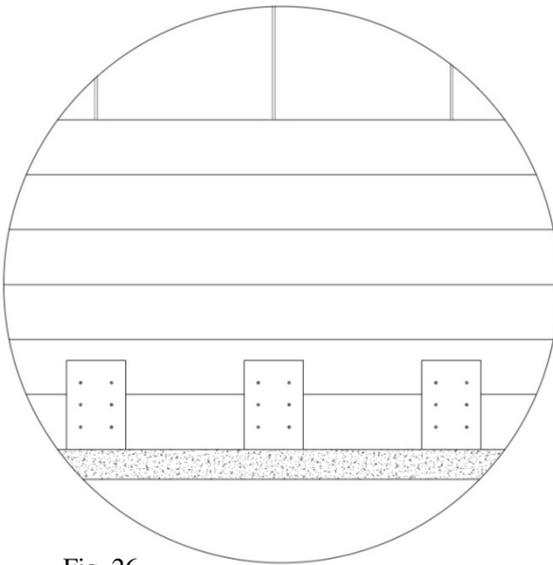
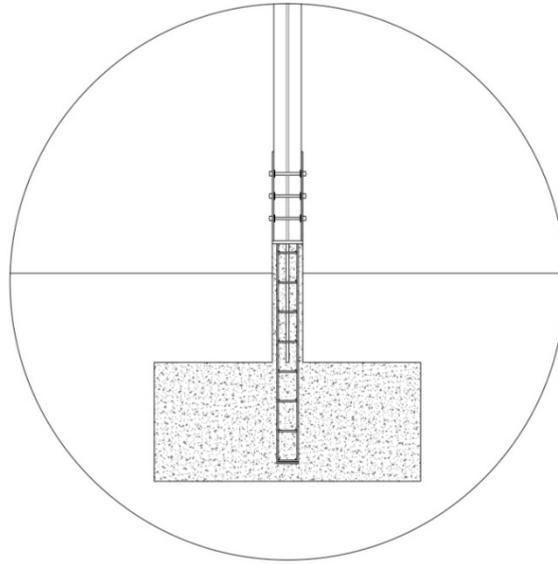
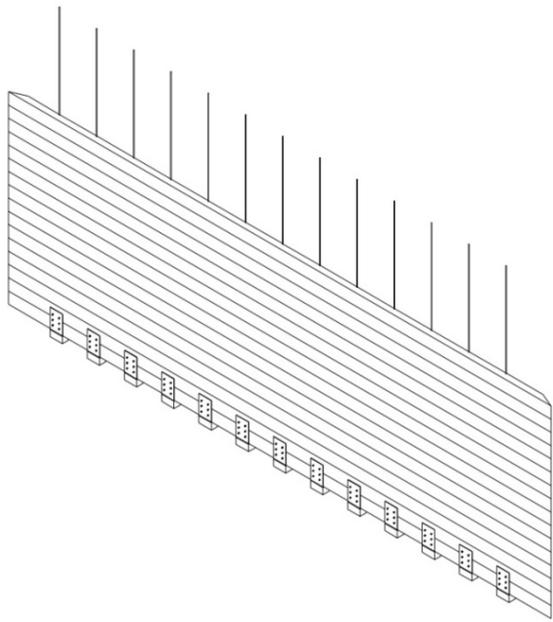


Fig. 26

Fig. 26 Detalles unión fundación y muros. Elaboración propia.

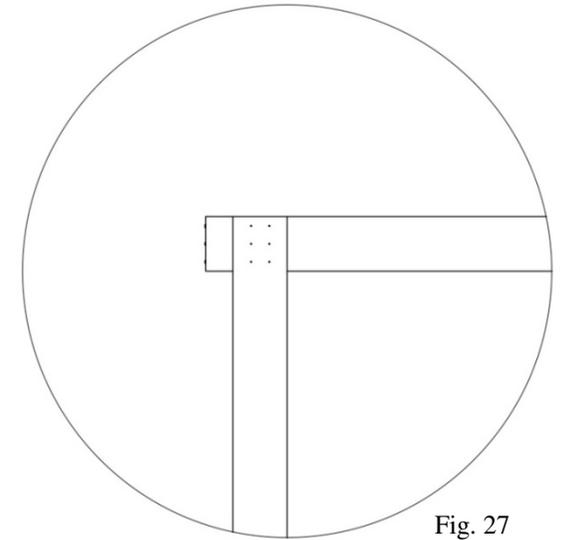
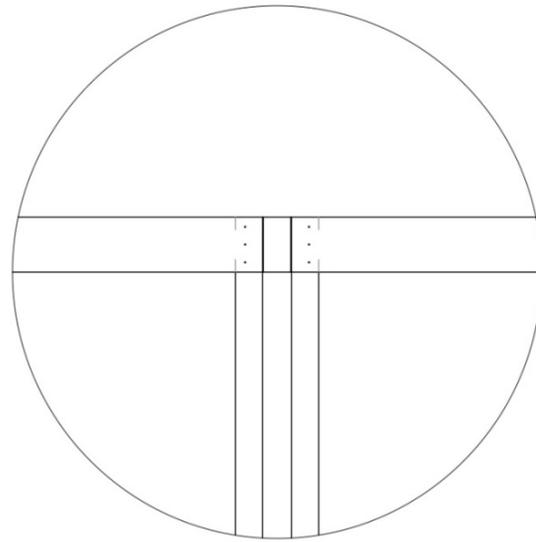
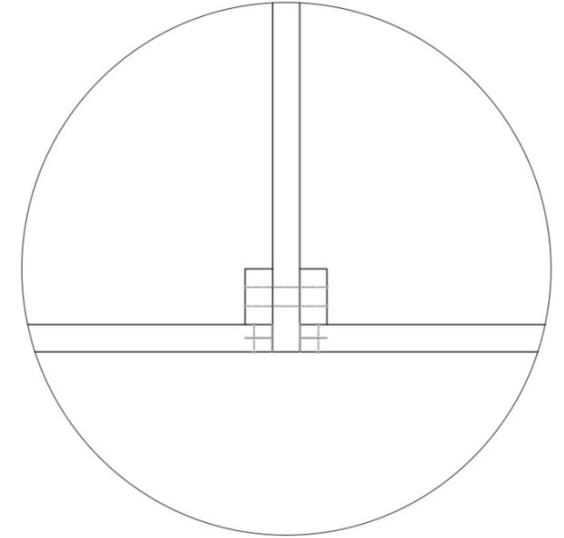
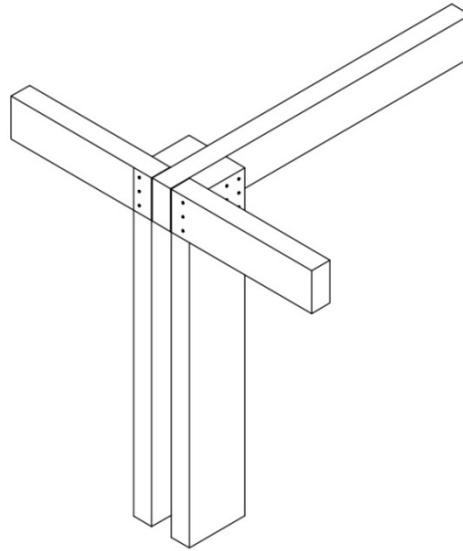


Fig. 27 Detalles unión tipo. Elaboración propia.

Fig. 27

2.2_Repetición y escala

A partir de lo anterior, se diseña un primer módulo estructural. Este módulo nace a partir de un marco estructural de poste y viga el cual se repite y luego se une entre sí, para formar un módulo el cual se distancia 610 cm de eje a eje en ambos sentidos.

Este módulo luego se repite y superpone en ambos sentidos, verticales y horizontales, logrando 6 pisos ó 21 metros de altura. En planta se repite dos veces en su sentido horizontal y diez veces en el sentido vertical. Se incorporó a este volumen un núcleo de madera maciza que rigidiza la estructura. El núcleo sigue la misma grilla de 610 x 610 cm, el cual en planta no se repite en el sentido horizontal por lo que no tiene la misma crujía del edificio y cuatro veces en el sentido vertical. El núcleo usa la totalidad de la altura del edificio, generando un altillo ó entretecho. Esto da un total de 20 módulos estructurales dispuestos en 2 x 10.

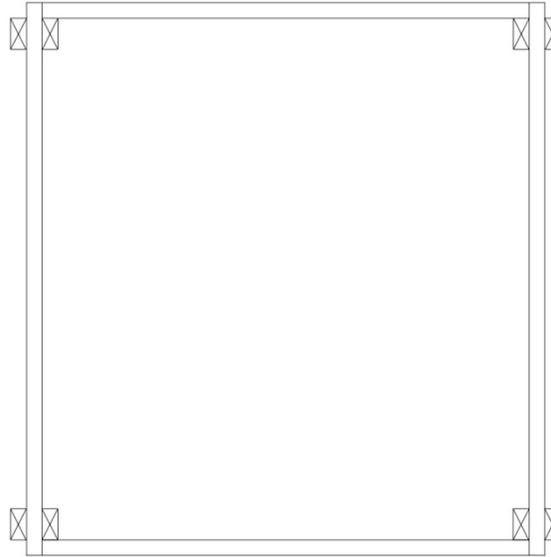


Fig. 28



Fig. 28 Planta modulo estructural. Elaboración propia.

Fig. 29 Elevación de dos caras laterales. Elaboración propia.

Fig. 29

2.3_Tipología estructural

Lo último, da paso a la tipología estructural escogida; un híbrido entre el sistema de pórticos y el sistema de madera maciza. Además se diseñan dos nuevas uniones importantes dentro del sistema estructural, la unión de las vigas con el núcleo rígido, y la unión del núcleo rígido con el suelo.

Para la unión entre las vigas y el núcleo rígido se usaron placas metálicas las cuales reciben a las vigas en el núcleo. Estas placas son de 30 mm de espesor y se componen de dos piezas laterales que afirman la viga entre ellas, y dos piezas perpendiculares que afirman la placa al núcleo. Además, en la parte superior e inferior de las piezas que componen la placa, existen dos atiesadores metálicos para rigidizar la unión. Esta unión rígida distribuye mejor y en mayor cantidad las cargas al núcleo. Todos estos elementos son unidos con los mismos pernos ϕ 5/8”.

La última unión a la cual se le puso énfasis en esta etapa fue la unión del suelo con el núcleo rígido. Para esto se diseñó una fundación corrida. Esta fundación se compone de un radier de hormigón para separar la estructura de la humedad, además de un conector metálico con un alma de 40 cm para separar la estructura del hormigón, y de 50 mm de espesor. Se usan pernos ϕ 5/8” para fijar el conector a los muros de madera maciza. Para toda la estructura se decidió usar madera laminada de 200 mm x 350 mm de sección ya que según cálculos estimativos, los cuales derivaron de la intuición de que la casa Andler al estar de pie aún, resiste las cargas sísmicas y de viento con sus secciones correspondientes, y con esta sección sería suficiente

para que el núcleo complementado por la estructura de postes y vigas, puedan resistir las cargas y sobrecargas, causadas por fenómenos naturales, sus usos ó ambos.

Luego de un proceso de desarrollo, en el cual se probaron distintas composiciones, se llegó a la composición actual. En un principio se probó un volumen con un núcleo central que soportaba una sola estructura. Luego, se experimentó con varios núcleos, principalmente tres, los cuales cada uno soportaba un volumen y luego estos volúmenes se unían entre sí. Luego se compuso de un núcleo rígido que soportaba dos volúmenes anexos a este. Actualmente, existe un volumen continuo el cual se compone por un núcleo de madera maciza, el cual resiste las cargas del volumen articulado del sistema de marcos. La modulación se mantiene en 610 x 610 cm.

El núcleo es de madera maciza está compuesto por la superposición de vigas de 200 x 350 mm de sección. Las dimensiones de este núcleo nacen a partir de la repetición del modulo estructural. El núcleo corresponde a 1x4 módulos superpuestos verticalmente cuatro veces.

El volumen de pórticos es de mayor altura que el núcleo debido a que este contiene el entretecho ó atillo correspondiente a una doble altura. Este volumen corresponde a 2x10 módulos superpuestos verticalmente seis veces, siendo el 5to y 6to piso un atillo con doble altura.

En definitiva, se podría decir respecto a la tipología estructural que es un sistema híbrido entre; madera maciza, la cual se compone por un núcleo rígido

rectangular, y el sistema de marcos que compone el resto del volumen, rigidizado por este núcleo. Las vigas que unen el núcleo y los volúmenes son las encargadas de dirigir las distintas cargas a la que es sometida la estructura hacia el núcleo rígido.

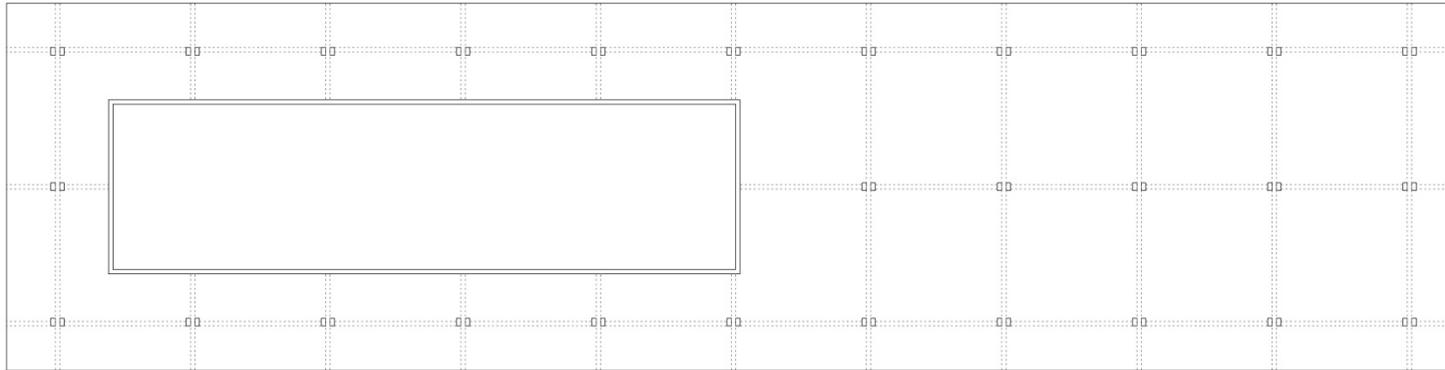


Fig. 30 Configuración de módulos en planta.
Elaboración propia.

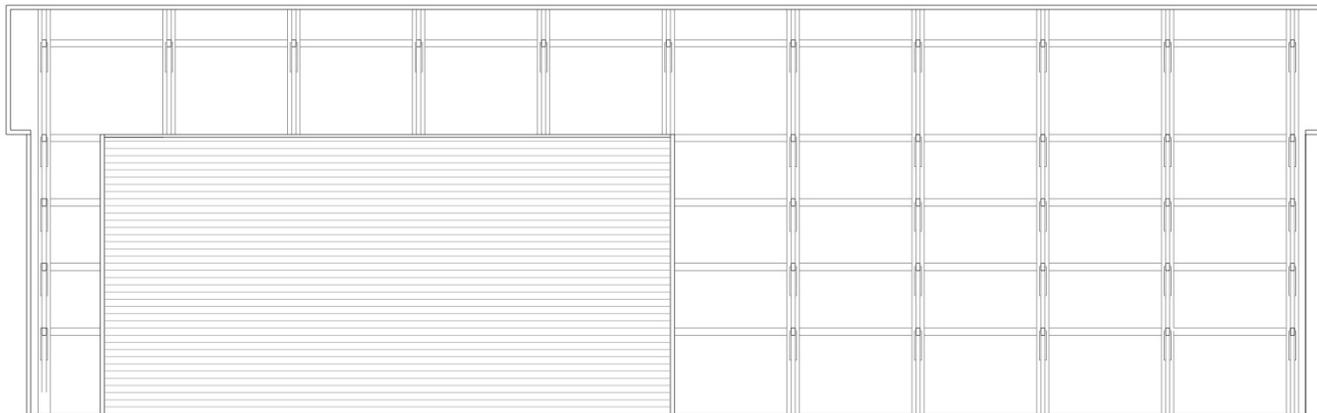


Fig. 31 Configuración de módulos, corte longitudinal.
Elaboración propia.

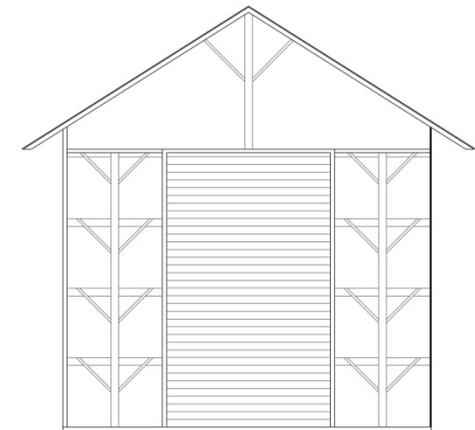


Fig. 32 Configuración de módulos, corte transversal.
Elaboración propia.

2.4 Iteración estructural

Para poder estudiar la factibilidad del proyecto, se estudió el comportamiento estructural en un software. En primer lugar se estudió el referente estructural y su comportamiento. Luego se procedió con la superposición del referente para estudiar su comportamiento en altura. En el cual se ensayó como un núcleo rígido habitable y no habitable. Además se vio la posibilidad de tener un núcleo con la menor crujía que pudiera resistir. Luego se analizaron los volúmenes de marcos rígidos, para ver su capacidad de resistir por si solos los esfuerzos estructurales. Finalmente se integró el volumen de sistema de marcos al núcleo para el cálculo y así ajustar las dimensiones par aque conjuntamente la edificación logre resistir el total de las cargas.

Previo al cálculo en el software se revisó la norma Nch 432 correspondiente al viento. La carga de viento es una carga importante que hay que considerar y va a ser una de las más desfavorables para el proyecto. Esta norma indica distintas fórmulas para el cálculo de las cargas de viento. Las fórmulas varían según la forma del edificio, siendo distintas las cargas en todos sus lados. Dependiendo de la altura y la dirección del viento se verán resultados diferentes.

Para trabajar con el software se definió una unidad de trabajo y luego se creó un sistema de grillas. Se introdujeron los valores necesarios para crear la madera como un material dentro del software, para que calcule con sus propiedades. Luego de definir los parámetros y medidas estimativos se sometió cada uno de los volúmenes a cálculo en el software.

Campo abierto o frente al mar		
	H, m	P _{máx.} kg/m ²
Hasta	4	70
	7	95
	10	106
	15	118
	20	126
	30	137
	40	145
	50	151
	75	163
	100	170
	150	182
	200	191
	300	209

Fig. 33

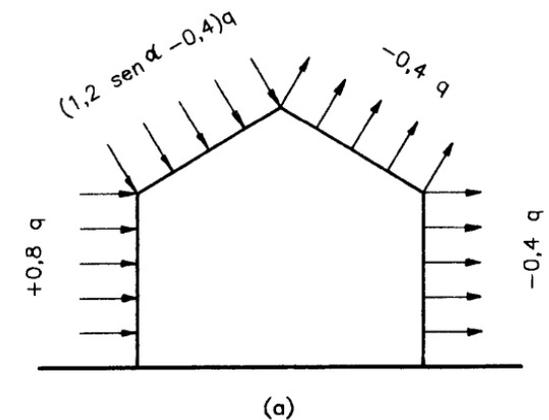


Fig. 34

Fig. 33 Tabla A.3.3 Nch 432. Norma Chilena Oficial; Cálculo de la acción del viento sobre las construcciones.

Fig. 34 Figura 9 Nch 432. Norma Chilena Oficial; Cálculo de la acción del viento sobre las construcciones.

ITERACION 1

Para la primera iteración se estudió el comportamiento estructural del referente en altura. Se utilizó la misma grilla y las mismas características de los elementos que se utilizaron para el análisis del referente. Esta vez se superpuso el piso 1 del referente sobre si mismo dos veces, para alcanzar una altura de 18 m.

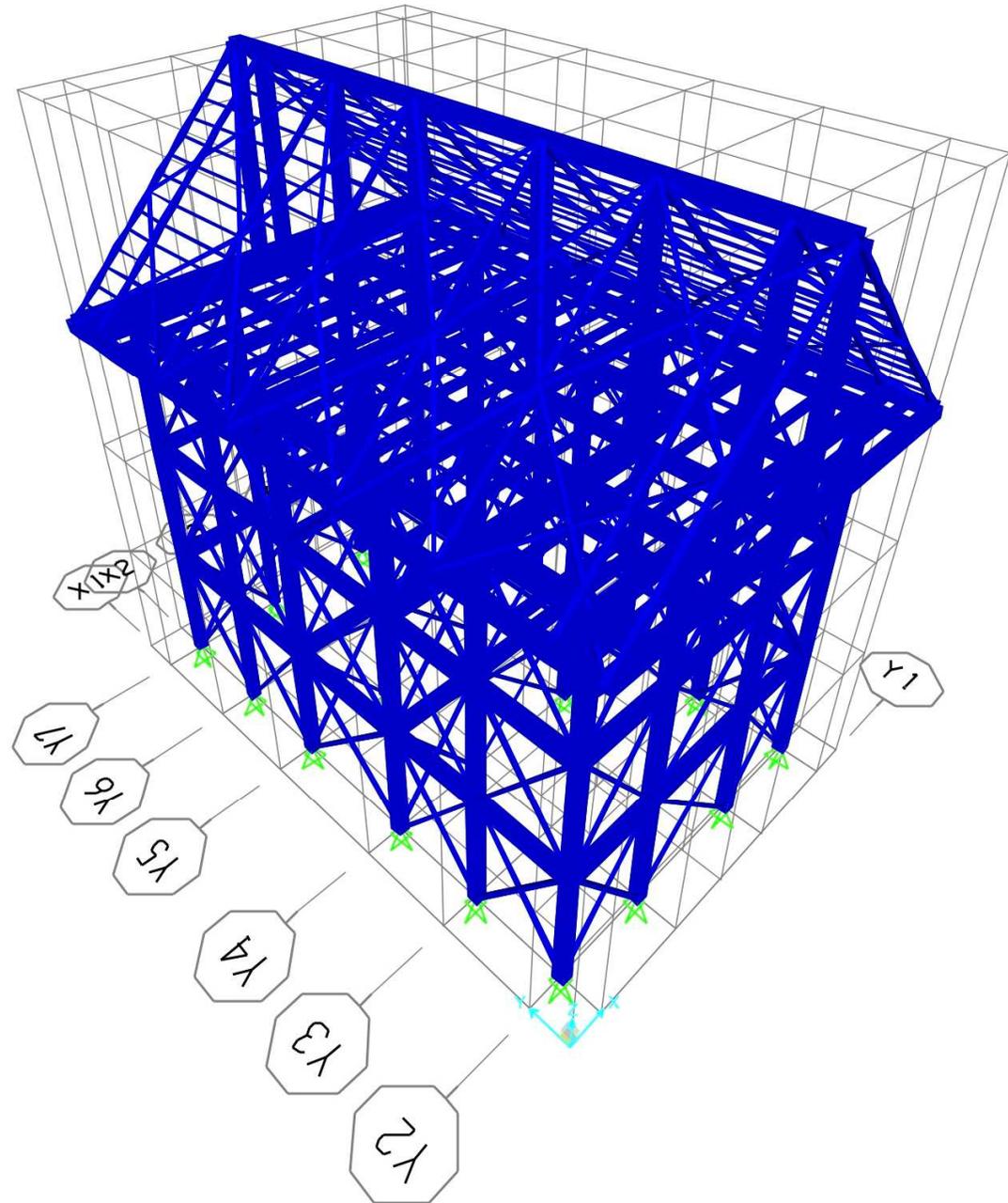


Fig. 35 Vista 3D del modelo. Elaboración propia.

Fig. 35

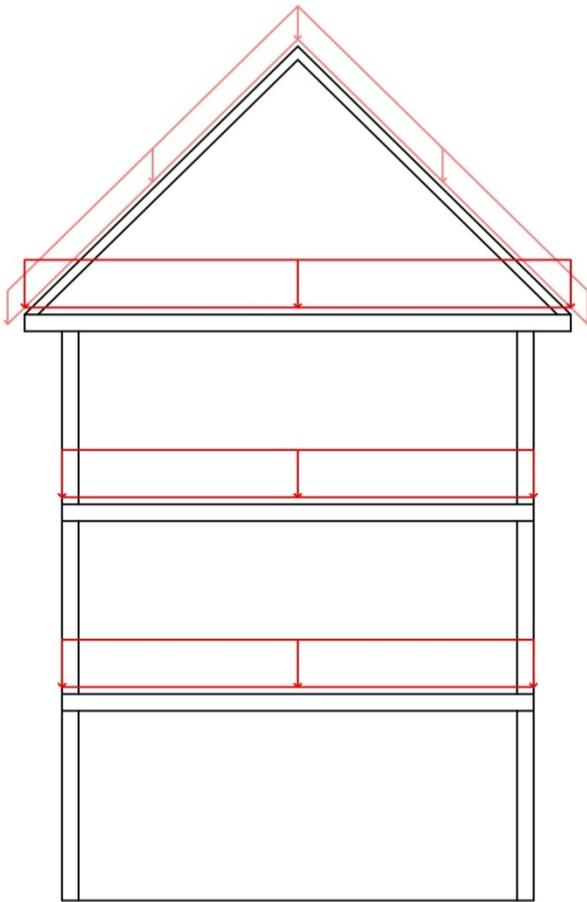


Fig. 36

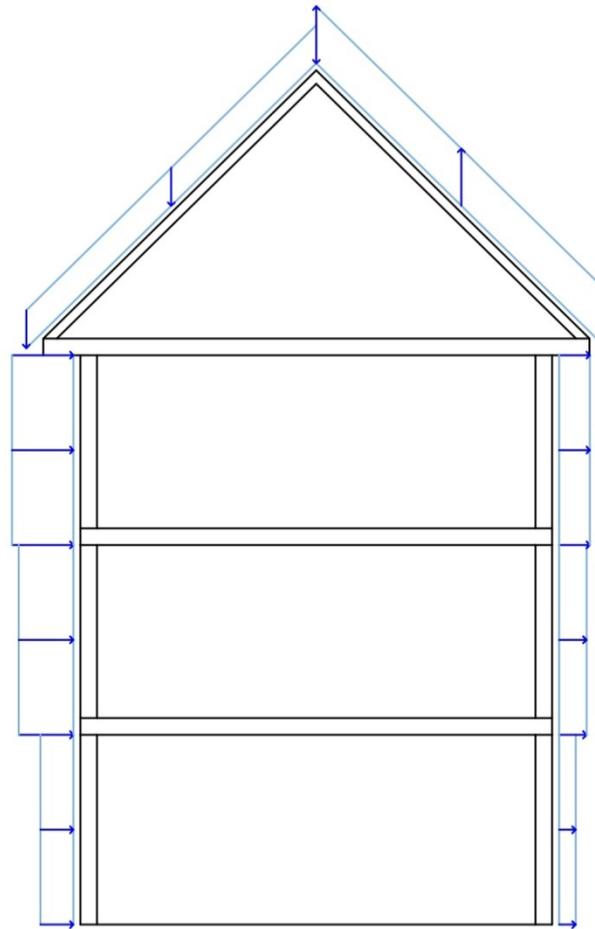


Fig. 37

Las cargas se asignaron de igual manera;

Peso propio techo 50 KgF/m²

Peso propio 170 KgF/m²

Sobrecarga de uso de 300 KgF/m²

Vientos de 70 KgF/m², 85 KgF/m², 106 KgF/m²
112 KgF/m², 118 KgF/m² y 126 KgF/m²

Esto con el fin de evaluar la capacidad de la estructura de resistir las cargas más desfavorables pero esta vez en altura. También se le asignó un apoyo deslizante a la unión de los pilares con el suelo. Una vez que el volumen tuvo sus secciones, apoyos y cargas asignadas, se ejecutó un nuevo análisis del programa para analizar los resultados.

Fig. 36 Diagrama cargas de peso propio y peso propio techo. Elaboración propia.

Fig. 37 Diagrama cargas de viento. Elaboración propia.

Se estudiaron los resultados bajo las mismas premisas dispuestas anteriormente y se concluyó que la estructura sí cumplía con las premisas. Tras calcular el valor del momento resistente W (7145 cm^3) estos resultados demostraron que el momento máximo generado en la estructura es de $464\,000 \text{ KgF/cm}$, generando un valor F de 65 KgF/m^2 inferior a los 70 KgF/m^2 permitidos. Además la deformación máxima fue de $0,41 \text{ cm}$, cuando la máxima deformación permitida por la estructura es de $0,8 \text{ cm}$ ($L/500$ donde L es 400 cm). Si se comparan estos resultados con los obtenidos anteriormente, se puede concluir que si bien ambos casos cumplen, en el primer caso hubo mayor holgura en los resultados. Esto se explica porque el viento a mayor altura tiene mayor incidencia en el resultado, generando un volcamiento mayor.

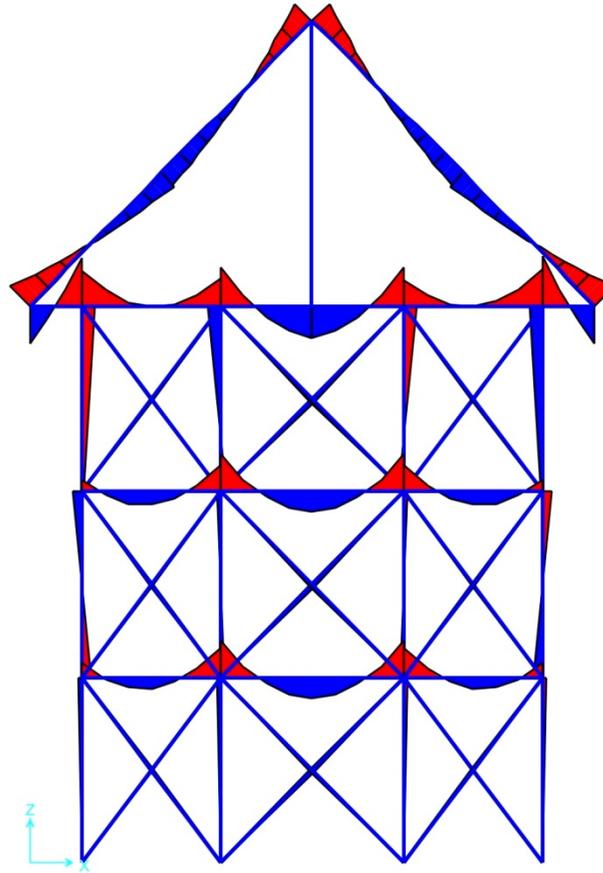


Fig. 38

Fig. 38 Diagrama momento máximo. Elaboración propia.

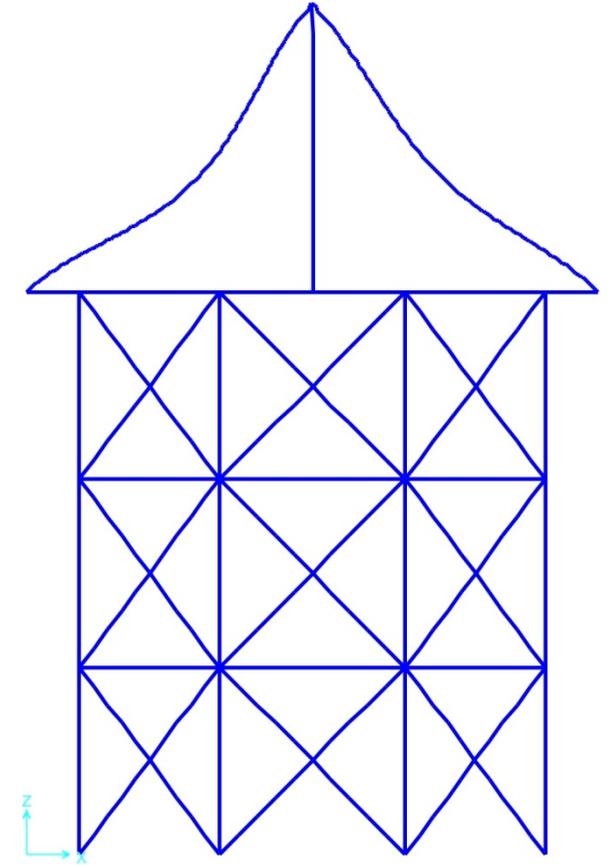


Fig. 39

Fig. 39 Diagrama deformación. Elaboración propia.

Fig. 40 Tabla de resultados. Elaboración propia.

TABLA RESULTADOS				
ITERACION 1				
Vigas madera laminada (mm)				
350x350				
Cargas				
	Peso propio	Sobrecarga	Viento	
	170	300	70-118	
PP + SC + W				
Momento				
	Mmax	W	F	
	464000	7145	65	<70 KgF/cm2
Deformación				
	Umax	l/500	Umax < l/500	
	0,41	0,8	0,41 < 0,8	

Fig. 40

ITERACION 2

En la segunda iteración se estudió el comportamiento estructural del referente en altura. Pero esta vez se estudió como un núcleo no habitable, por lo que no fue sometido a sobrecarga. Aún así, se mantuvo la misma grilla y las mismas características de los elementos que se utilizaron para el análisis del referente y la primera iteración.

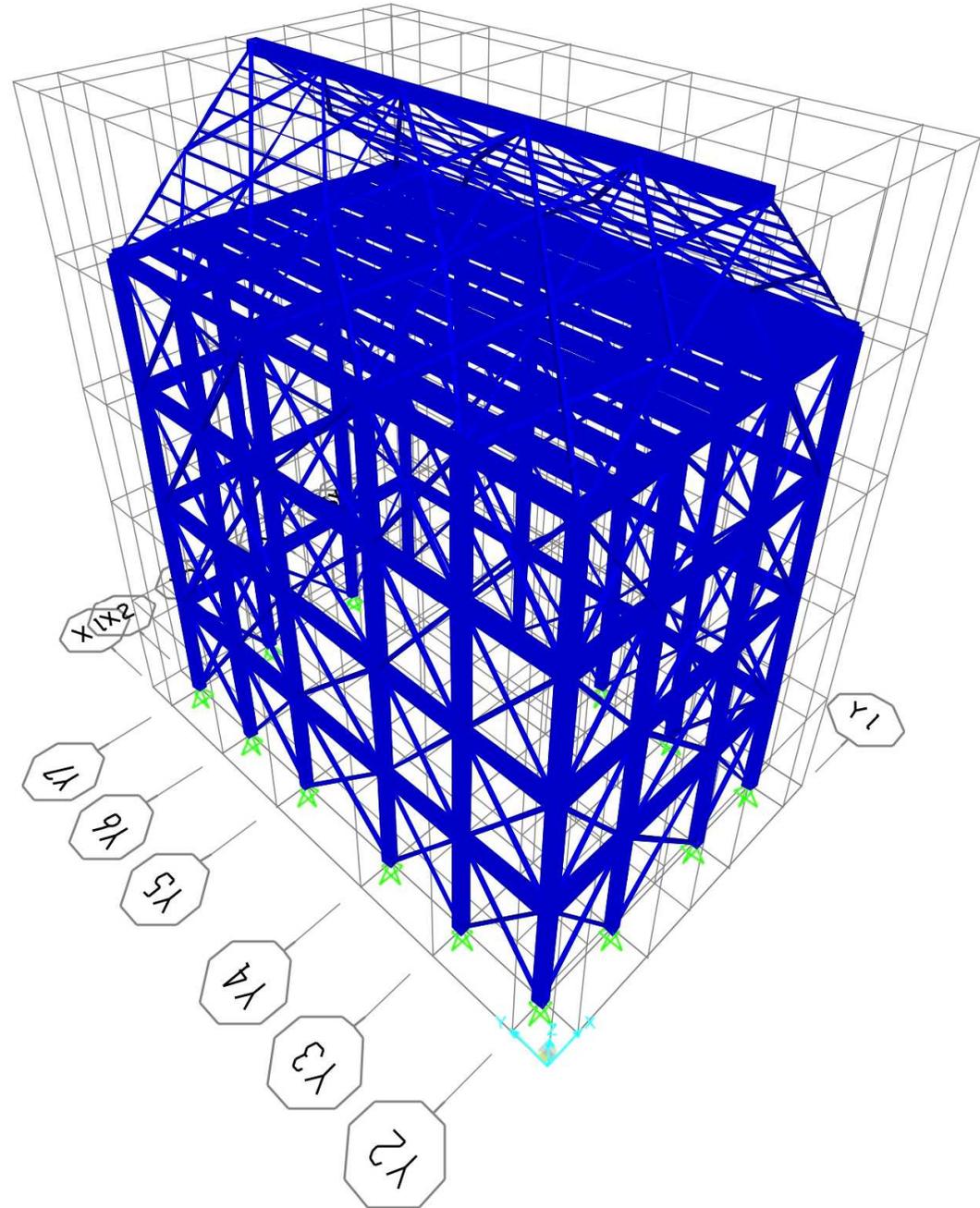


Fig. 41 Vista 3D del modelo. Elaboración propia.

Fig. 41

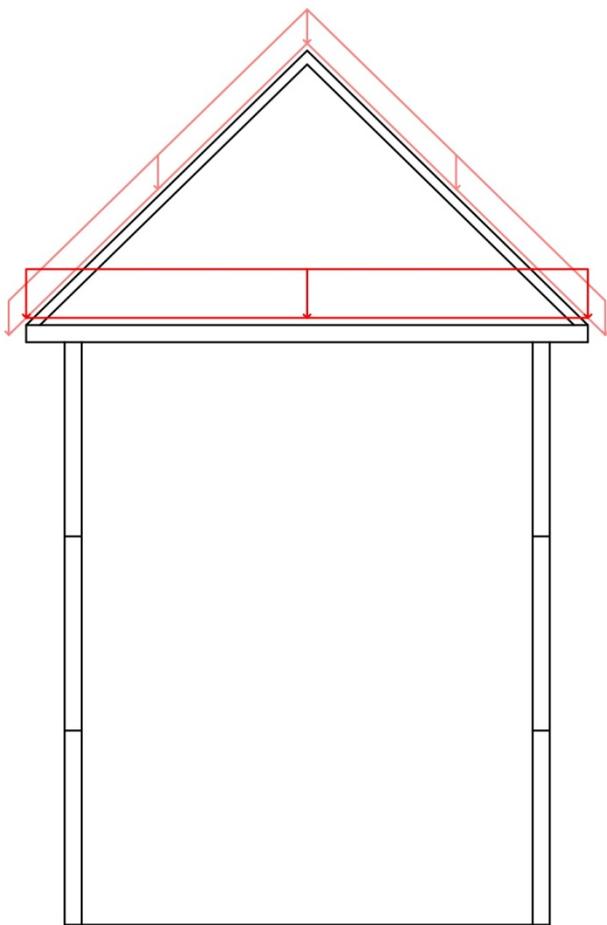


Fig. 42

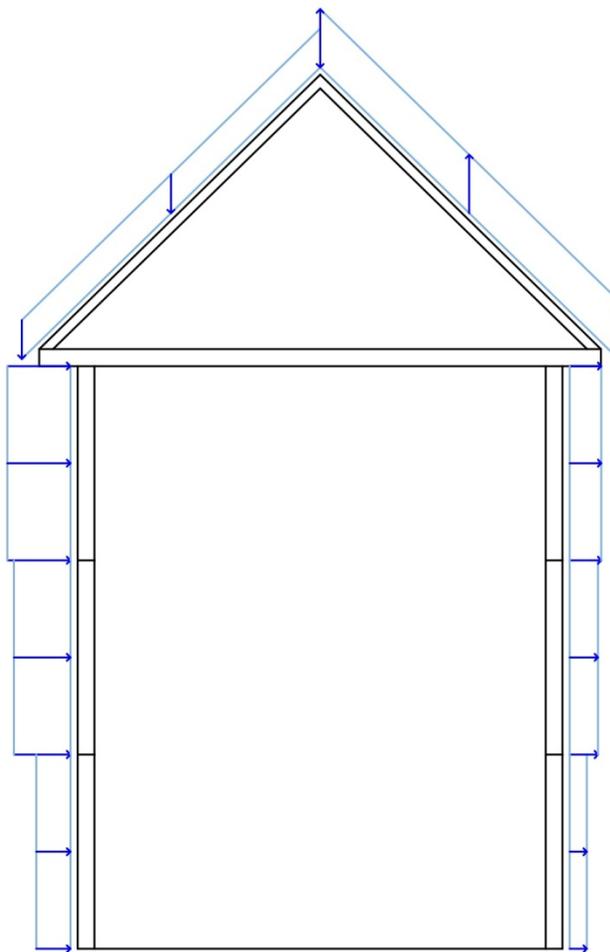


Fig. 43

Las cargas se asignaron de la siguiente manera;

Peso propio techo 50 KgF/m²

Peso propio 170 KgF/m²

Vientos de 70 KgF/m², 85 KgF/m², 106 KgF/m²
112 KgF/m², 118 KgF/m² y 126 KgF/m².

Esto con el fin de evaluar la capacidad de la estructura de resistir las cargas más desfavorables en altura pero sin las sobrecargas de uso. Al igual que en los casos anteriores se le asignó un apoyo deslizante a la unión de los pilares con el suelo. Una vez que el volumen tuvo sus secciones, apoyos y cargas asignadas, se ejecutó un nuevo análisis del programa para analizar los resultados.

Fig. 42 Diagrama cargas de peso propio y peso propio techo. Elaboración propia.

Fig. 43 Diagrama cargas de viento. Elaboración propia.

Se estudiaron los resultados bajo las mismas premisas dispuestas anteriormente y se concluyó que la estructura sí cumplía con las premisas. Tras calcular el valor del momento resistente W (7145 cm^3) estos resultados demostraron que el momento máximo generado en la estructura es de $223\,000 \text{ KgF/cm}$, generando un valor F de $31,2 \text{ KgF/m}^2$ inferior a los 70 KgF/m^2 permitidos. Además la deformación máxima fue de $0,14 \text{ cm}$, cuando la máxima deformación permitida por la estructura es de $0,8 \text{ cm}$ ($L/500$ donde L es 400 cm). Si se comparan estos resultados con los obtenidos en la primera iteración, se puede decir que en el primer caso hubo un F mayor ya que este tenía mayor peso y sobrecarga, por ende un mayor momento.

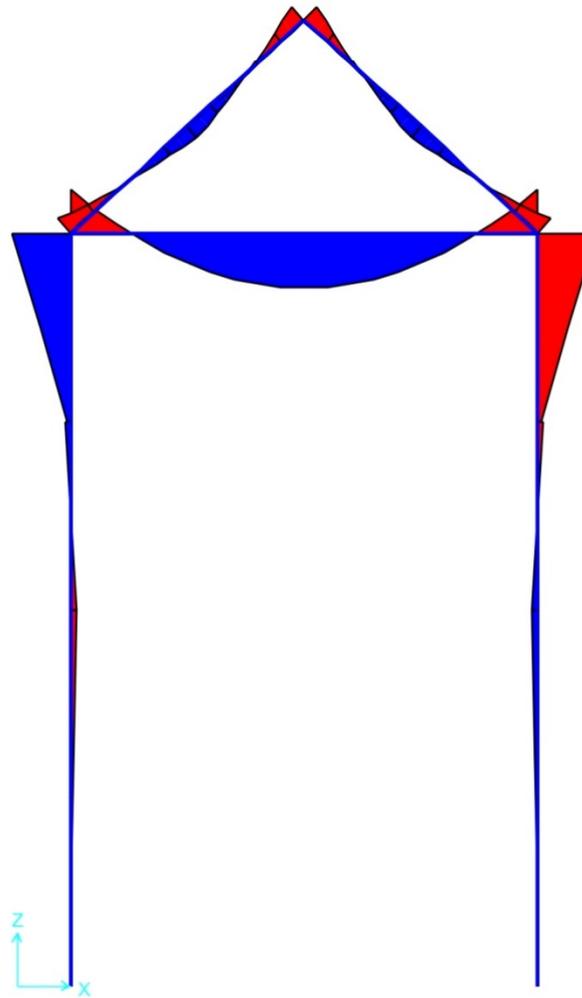


Fig. 44

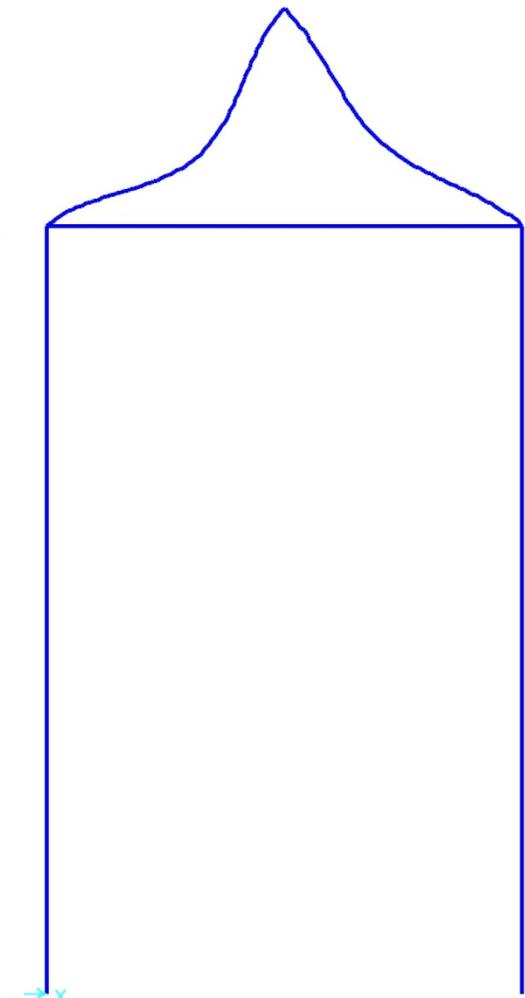


Fig. 45

Fig. 44 Diagrama momento máximo. Elaboración propia.

Fig. 45 Diagrama deformación. Elaboración propia.

Fig. 46 Tabla de resultados. Elaboración propia.

TABLA RESULTADOS				
ITERACION 2				
Vigas madera laminada (mm)				
350x350				
Cargas				
	Peso propio	Sobrecarga	Viento	
	170	300	70 - 118	
PP + SC + W				
Momento				
	Mmax	W	F	
	223000	7145	31,2 <70 KgF/cm2	
Deformación				
	Umax	l/500	Umax < l/500	
	0,14	0,8	0,14 < 0,8	

Fig. 46

ITERACION 3

Para la tercera iteración se estudió el comportamiento estructural del referente pero esta vez ajustado a la grilla y dimensión de los elementos del núcleo de madera maciza que rigidiza la estructura del proyecto. Aún así, se mantuvieron las mismas características de los elementos de techumbre que se utilizaron para el análisis del referente y la primera iteración. En este caso la nueva grilla es de 1220 x 610 cm correspondientes a 2 x 1 módulo estructural. Los postes y vigas usados para este análisis son de sección de 350 mm x 350 mm.

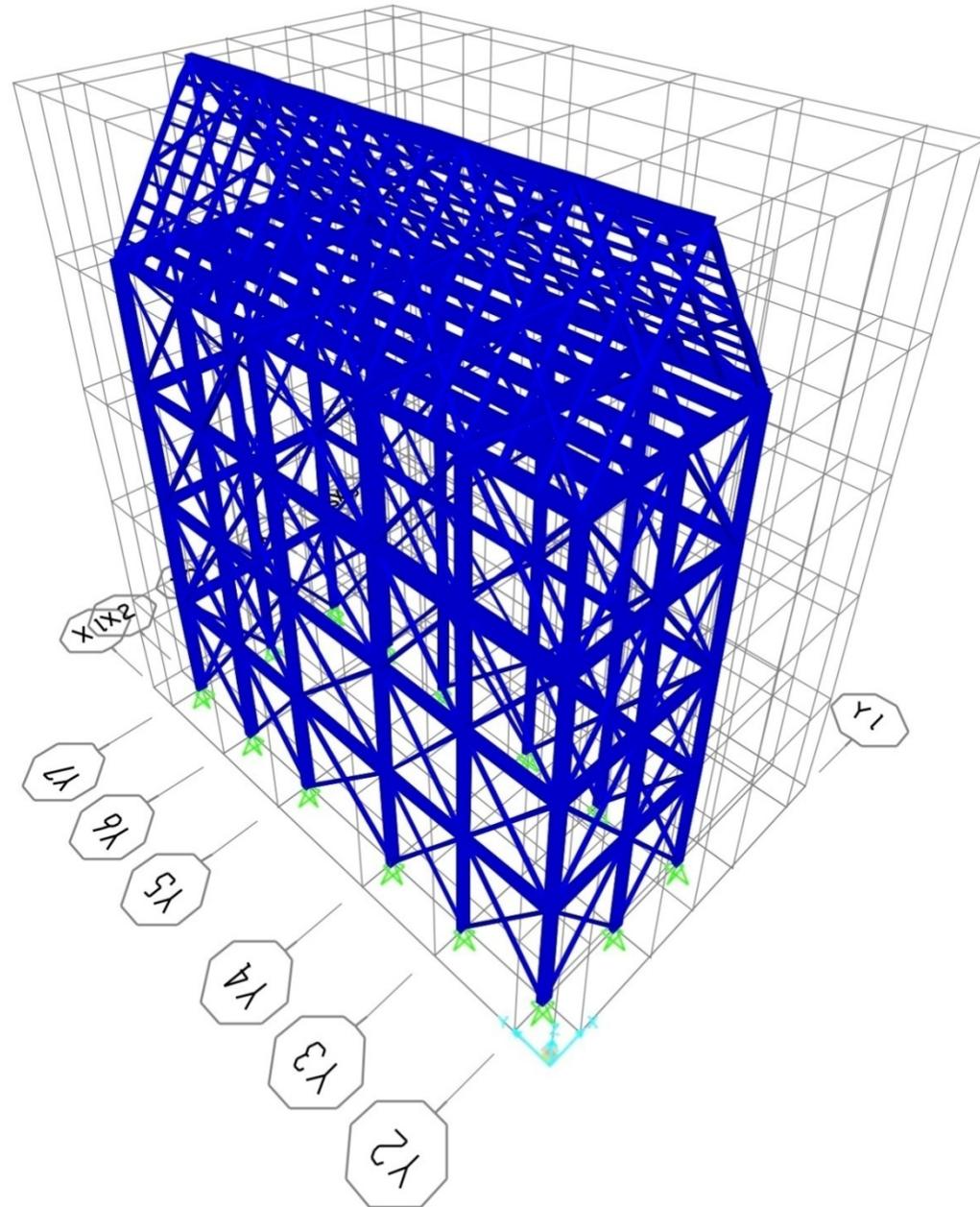


Fig. 47 Vista 3D del modelo. Elaboración propia.

Fig. 47

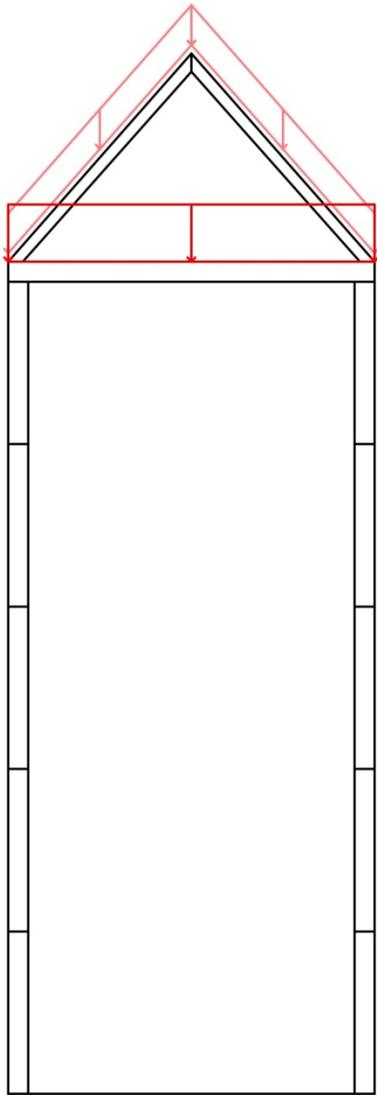


Fig. 48

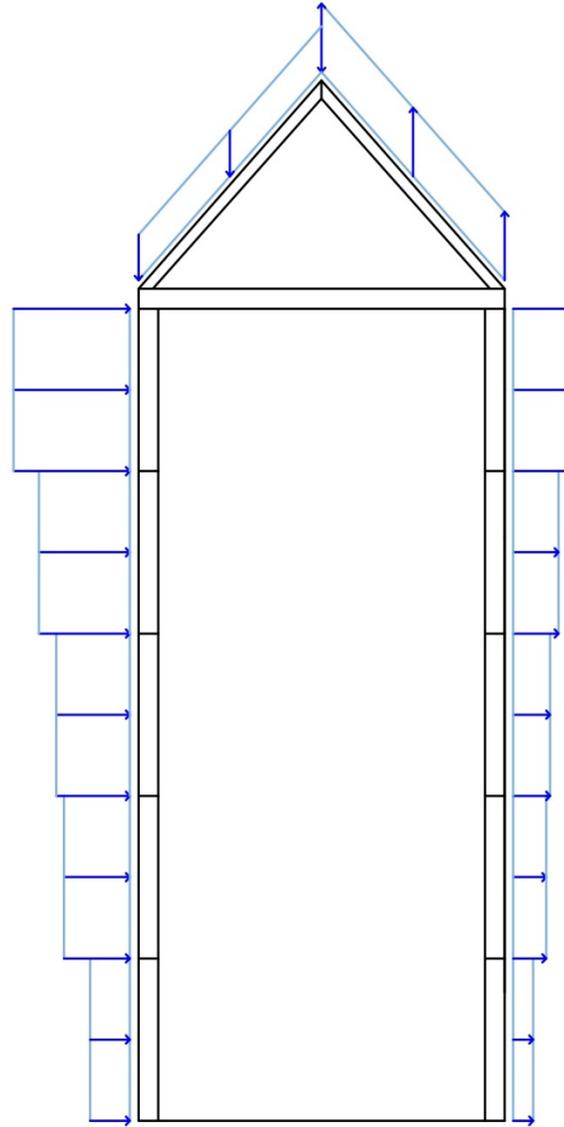


Fig. 49

Las cargas se asignaron de la siguiente manera;

Peso propio techo 50 KgF/m²

Peso propio 170 KgF/m²

Vientos de 70 KgF/m², 85 KgF/m², 106 KgF/m², 112 KgF/m², 118 KgF/m² y 126 KgF/m².

Esto con el fin de evaluar la capacidad de la estructura de resistir las cargas más desfavorables en altura pero con las dimensiones definidas para el proyecto según la repetición del módulo estructural. Al igual que en los casos anteriores se le asignó un apoyo deslizante a la unión de los pilares con el suelo. Una vez que el volumen tuvo sus secciones, apoyos y cargas asignadas, se ejecutó un nuevo análisis del programa para analizar los resultados.

Fig. 48 Diagrama cargas de peso propio y peso propio de techo. Elaboración propia.

Fig. 49 Diagrama cargas de viento. Elaboración propia.

Se mantuvieron las mismas premisas dispuestas anteriormente y se concluyó que la estructura sí cumplía con las premisas. Tras calcular el valor del momento resistente W (7145 cm^3) estos resultados demostraron que el momento máximo generado en la estructura es de $105\,000 \text{ KgF/cm}$, generando un valor F de 15 KgF/m^2 , muy por debajo de los 70 KgF/m^2 permitidos. Además la deformación máxima fue de $0,28 \text{ cm}$, cuando la máxima deformación permitida por la estructura es de $0,8 \text{ cm}$ ($L/500$ donde L es 400 cm).

Debido a los resultados positivos, se reajustó la sección de las vigas a una sección menor, para economizar la estructura y así obtener resultados más cercanos a los valores requerido para no quedar sobre estructurados. Aún así los resultados deben mantener cierta holgura para poder resistir las cargas eventuales de los volúmenes que corresponden a los sistemas de marcos. En este reajuste la sección de vigas y pilares quedó en $200 \times 350 \text{ mm}$. Tras calcular el valor del momento resistente W (7145 cm^3) estos resultados demostraron que el momento máximo generado en la estructura es de $223\,000 \text{ KgF/cm}$, generando un valor F de 32 KgF/m^2 , por debajo de los 70 KgF/m^2 permitidos, pero más ajustados al valor permitido. Además la deformación máxima fue de $0,37 \text{ cm}$, cuando la máxima deformación permitida por la estructura es de $0,8 \text{ cm}$ ($L/500$ donde L es 400 cm). La deformación nuevamente aumentó pero se mantiene dentro de los parámetros

Fig. 50 Diagrama momento máximo. Elaboración propia.

Fig. 51 Diagrama deformación. Elaboración propia.

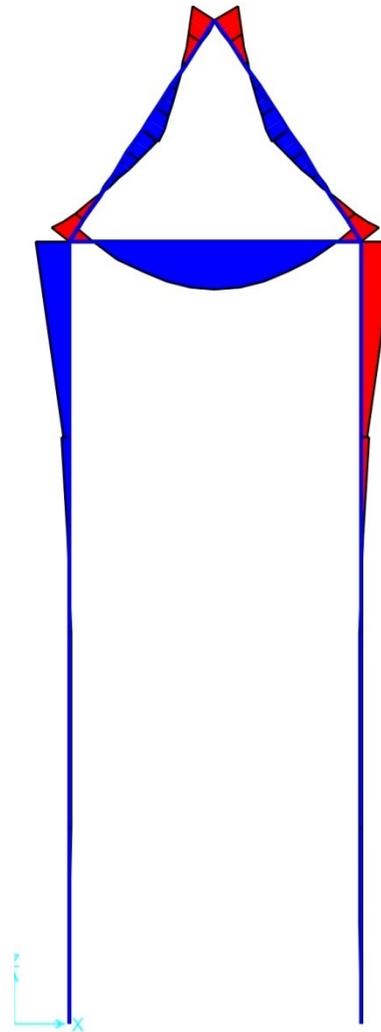


Fig. 50

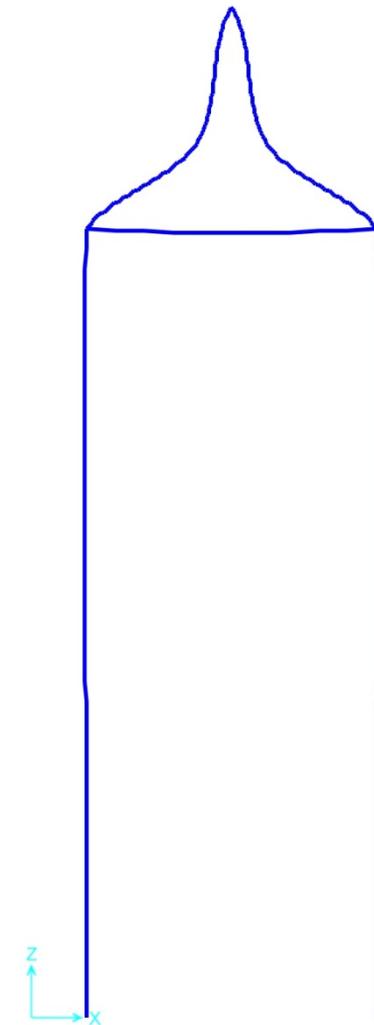


Fig. 51

Fig. 52 Tabla de resultados. Elaboración propia.

TABLA RESULTADOS				
ITERACION 3				
Vigas madera laminada (mm)				
200x350				
Cargas				
	Peso propio	Sobrecarga	Viento	
	170	300	70 - 126	
PP + SC + W				
Momento				
	Mmax	W	F	
	101500	7145	25 <70 KgF/cm ²	
Deformación				
	Umax	l/500	Umax < l/500	
	0,37	0,8	0,37 < 0,8	

Fig. 52

ITERACION 4

En la cuarta iteración se estudió el comportamiento estructural del sistema de marcos, sin riostras en las fachadas. Se aplicó la grilla del proyecto y se estudió el comportamiento del sistema por sí solo. Las características de los elementos que se utilizaron para este análisis fueron postes y vigas de 200 x 350 mm de sección.

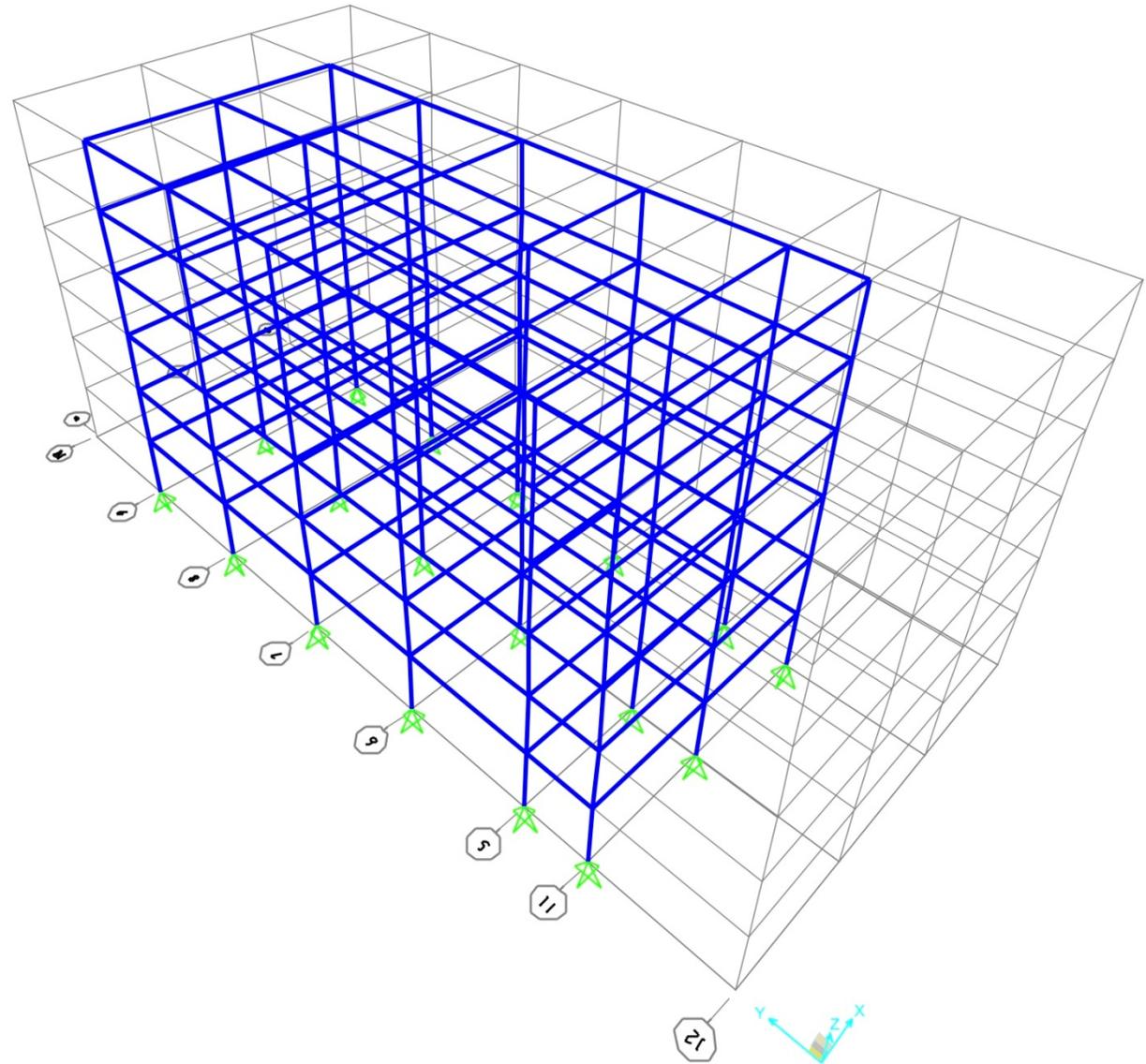


Fig. 53 Vista 3D del modelo. Elaboración propia.

Fig. 53

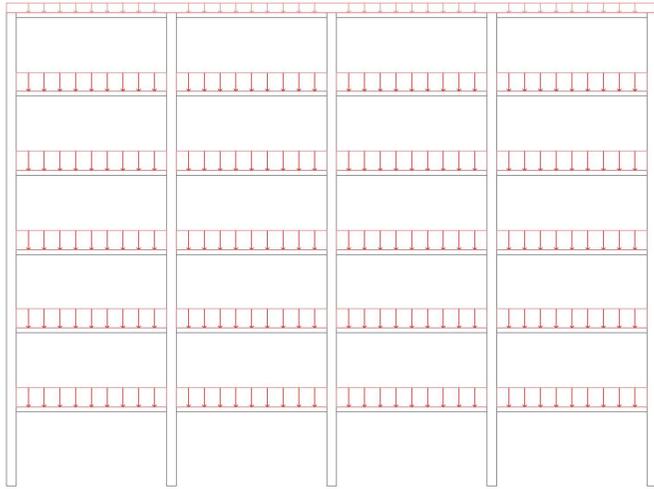


Fig. 54

Las cargas se asignaron de la siguiente manera;

Peso propio techo 50 KgF/m²

Peso propio 170 KgF/m²

Vientos de 70 KgF/m², 85 KgF/m², 106 KgF/m², 112 KgF/m², 118 KgF/m² y 126 KgF/m².

Al igual que en los casos anteriores se le asignó un apoyo deslizante a la unión de los pilares con el suelo. Una vez que el volumen tuvo sus secciones, apoyos y cargas asignadas, se ejecutó un nuevo análisis del programa para analizar los resultados.



Fig. 55

Fig. 54 Diagrama cargas de sobrecarga, peso propio y peso propio techo. Elaboración propia.

Fig. 55 Diagrama cargas de viento. Elaboración propia.

Se estudiaron los resultados bajo las mismas premisas dispuestas anteriormente y se concluyó que la estructura no cumplía con las premisas. Tras calcular el valor del momento resistente W (4221 cm^3) estos resultados demostraron que el momento máximo generado en la estructura es de $835\,000 \text{ KgF/cm}$, generando un valor F de 197 KgF/m^2 inferior a los 70 KgF/m^2 permitidos. Además la deformación máxima fue de $0,67 \text{ cm}$, cuando la máxima deformación permitida por la estructura es de $0,6 \text{ cm}$ ($L/500$ donde L es 400 cm). Se demuestra que no cumple.

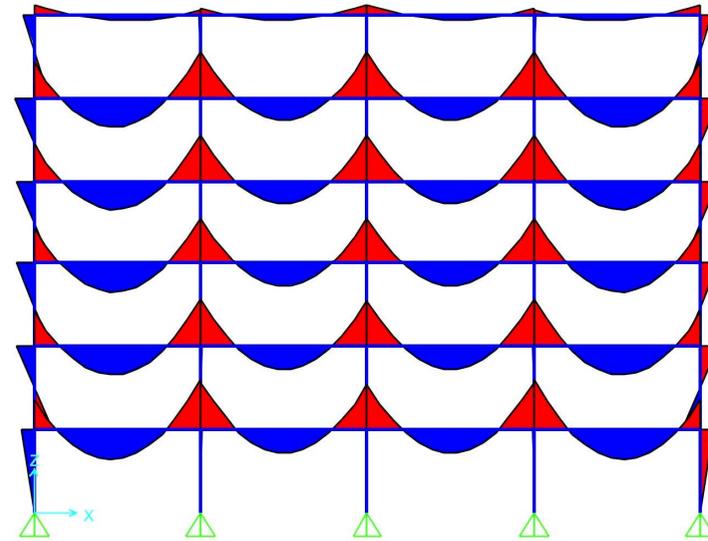


Fig. 56

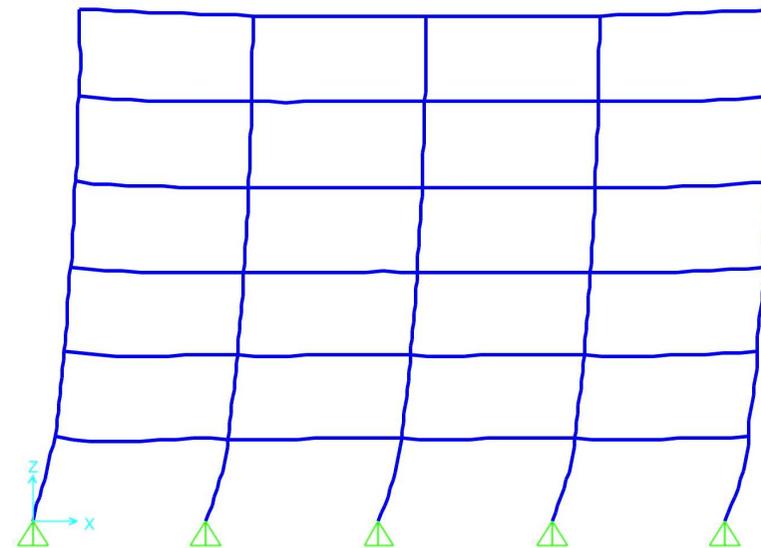


Fig. 57

Fig. 56 Diagrama momento máximo. Elaboración propia.

Fig. 57 Diagrama deformación. Elaboración propia.

Fig. 58 Tabla de resultados. Elaboración propia.

TABLA RESULTADOS				
ITERACION 4				
Vigas madera laminada (mm)				
200 x 350				
Cargas				
	Peso propio	Sobrecarga	Viento	
	170	300	70-126	
PP + SC + W				
Momento				
	Mmax	W	F	
	835000	4221	197	<70 KgF/cm ²
Deformación				
	Umax	l/500	Umax < l/500	
	0,67	0,6	0,67<0,6	

Fig. 58

ITERACION 5

Para la quinta y última iteración se estudió el comportamiento estructural del sistema de marcos con el núcleo de madera maciza. Se aplicó la grilla del proyecto y se estudió el comportamiento del sistema por sí solo. Las características de los elementos que se utilizaron para este análisis fueron postes y vigas de 200 x 350 mm de sección.

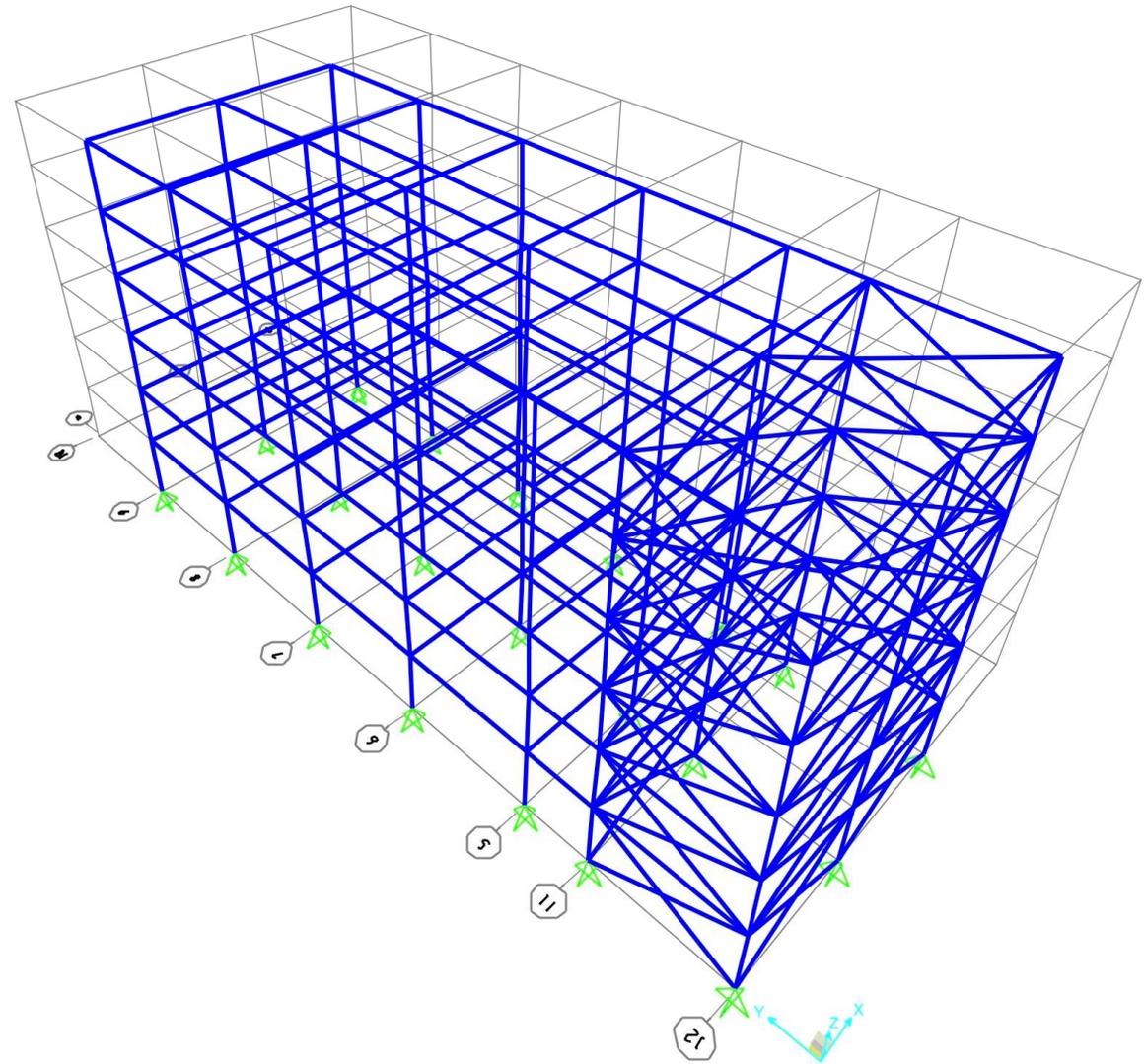


Fig. 59 Vista 3D del modelo. Elaboración propia.

Fig. 59

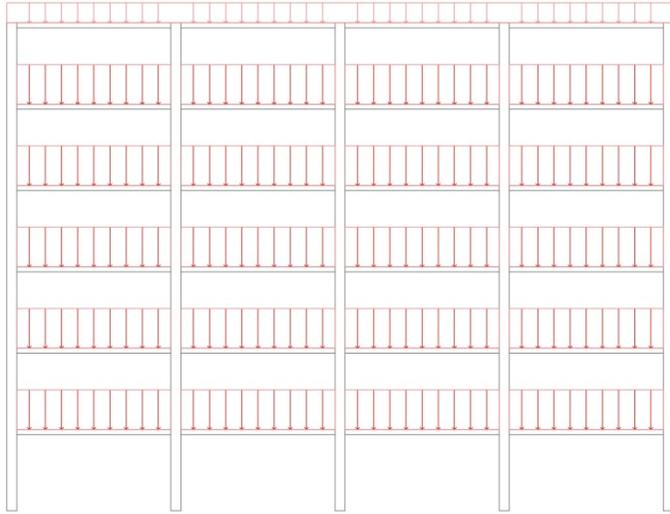


Fig. 60

Las cargas se asignaron de la siguiente manera;

Peso propio techo 50 KgF/m²

Peso propio 170 KgF/m²

Vientos de 70 KgF/m², 85 KgF/m², 106 KgF/m², 112 KgF/m², 118 KgF/m² y 126 KgF/m².

Al igual que en los casos anteriores se le asignó un apoyo deslizando a la unión de los pilares con el suelo. Una vez que el volumen tuvo sus secciones, apoyos y cargas asignadas, se ejecutó un nuevo análisis del programa para analizar los resultados.

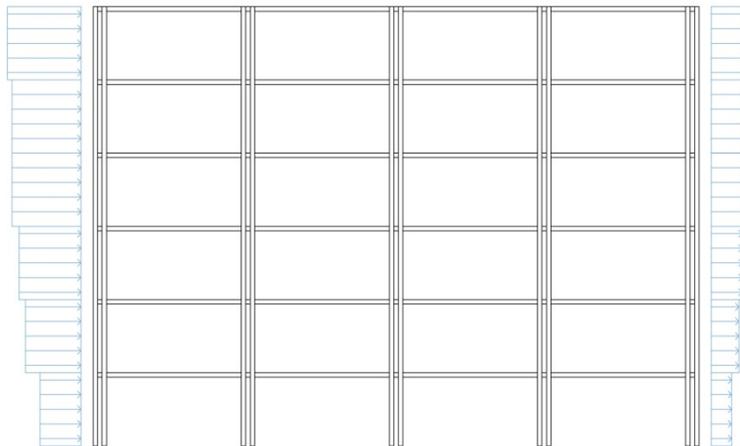


Fig. 61

Fig. 60 Diagrama cargas de sobrecarga, peso propio y peso propio techo. Elaboración propia.

Fig. 61 Diagrama cargas de viento. Elaboración propia.

Se estudiaron los resultados bajo las mismas premisas dispuestas anteriormente y se concluyó que la estructura sí cumplía con las premisas. Tras calcular el valor del momento resistente W (7145 cm^3) estos resultados demostraron que el momento máximo generado en la estructura es de $223\,000 \text{ KgF/cm}$, generando un valor F de $31,2 \text{ KgF/m}^2$ inferior a los 70 KgF/m^2 permitidos. Además la deformación máxima fue de $0,14 \text{ cm}$, cuando la máxima deformación permitida por la estructura es de $0,8 \text{ cm}$ ($L/500$ donde L es 400 cm). Para concluir, se podría decir que el núcleo de madera maciza es capaz de rigidizar la estructura lo suficiente que no es necesario arriostrar las fachadas del volumen correspondiente a los marcos. Esto permite generar una planta y fachadas libres de riostras. Aún así, se integraron al proyecto riostras en altura a partir de la observación hecha sobre el detalle de techumbres del referente. Estas riostras van paralelas al muro largo del núcleo, apoyando a la deformación generada en ese mismo sentido.

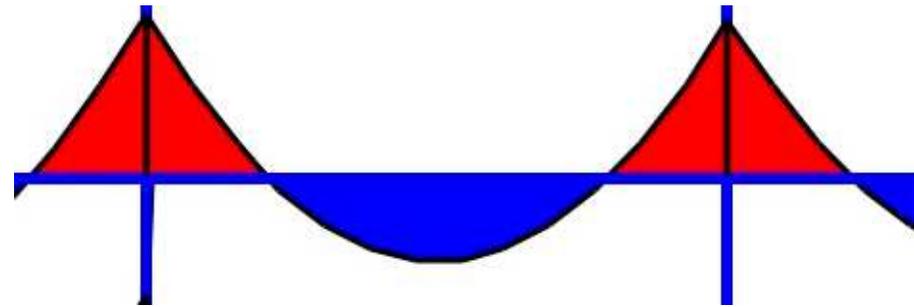


Fig. 62

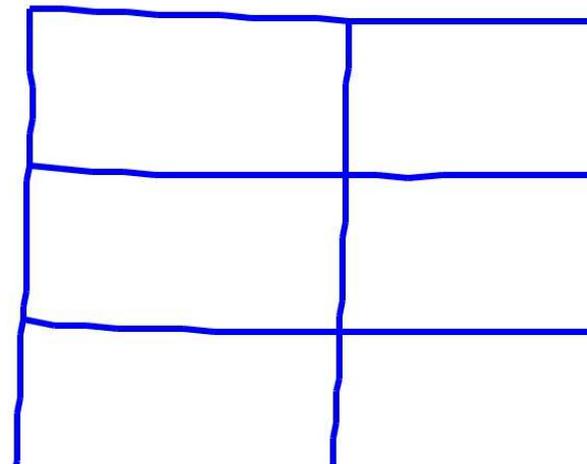


Fig. 63

Fig. 62 Diagrama momento máximo. Elaboración propia.

Fig. 63 Diagrama deformación máxima. Elaboración propia.

Fig. 64 Tabla de resultados. Elaboración propia.

TABLA RESULTADOS				
ITERACION 5				
Vigas madera laminada (mm)				
200 x 350				
Cargas				
	Peso propio	Sobrecarga	Viento	
	170	300	70-126	
PP + SC + W				
Momento				
	Mmax	W	F	
	276000	4221	65	<70 KgF/cm2
Deformación				
	Umax	l/500	Umax < l/500	
	0,58	0,6	0,58<0,6	

Fig. 64

2.5_Conclusión Estructural

Se podría concluir que al estudiar la Casa Andler, uno de los pocos referentes de madera maciza en Chile, y someter su estructura a cálculo mediante un software, esta casa presenta una gran resistencia estructural. A partir de las iteraciones, podemos entender que si usamos este referente para replicarlo en altura, la estructura sigue teniendo un buen comportamiento, aunque menos holgado que anteriormente. Esto nos permite usar la madera maciza para formar núcleos que rigidizan estructuras. Si estudiamos la posibilidad de hacer un núcleo mas esbelto, se puede llegar hasta dimensiones cercanas a los 3 metros de crujía, lo cual genera un espacio muy angosto. A partir de esta medida hacia arriba se puede diseñar el núcleo (Según dimensiones y cargas de este estudio). Por otra parte se estudió un sistema constructivo de marcos libre de riostras. Se concluyó respecto a este que sí funciona por sí solo no es capaz de resistir las cargas y falla. Para contrarrestar esto, se agregaron riostras interiores en el sentido transversal para apoyar a los marcos en cuanto a recibimiento de cargas. Luego para compensar el déficit de resistencia en el sentido longitudinal, se amarró la estructura al núcleo de madera maciza, el cual rigidizó la estructura lo suficiente como para que cumpla con los requisitos estructurales. El núcleo es el encargado de recibir las cargas dinámicas en el sentido longitudinal u horizontal. Finalmente, para permitir la visibilidad del escenario en el auditorio, se sacaron los pilares interiores. Esto produce una falla en la estructura ya que se genera una mayor luz que hay que cubrir. Para solucionar esto se aumentó la sección de las vigas principales pertinentes al doble, aumentando considerablemente

sus capacidades. En el proyecto esto se refleja en la incorporación del núcleo para rigidizar la estructura de marcos

CAPÍTULO 3: Lugar y programa



Fig. 67



Fig. 68



Fig. 69

Valdivia presenta dentro de sus principales actividades económicas, la industria de la construcción naval, maderera, papelera, cervecera, molinera y una planta de celulosa (Celco). El turismo desempeña un papel importante, principalmente en verano, debido a los atractivos naturales que presentan la ciudad y los alrededores, y a las celebraciones tradicionales que se celebran durante esta fecha, tales como la Semana Valdiviana.

Se comenta⁵ sobre Valdivia - Valdivia cuenta con múltiples eventos culturales y artísticos que se realizan hace varios años, como la Semana Valdiviana, durante el mes de febrero; el Festival Internacional de Cine de Valdivia; la Lluvia de Teatro; el Festival Internacional de Música Electroacústica AI-Maako, entre otros.

En el centro de la ciudad destaca el Mercado Municipal, que llama la atención tanto por su arquitectura como por el comercio que en él se desarrolla, enfocado principalmente en la artesanía y gastronomía local. También están el Paseo Costanera y la Feria Fluvial de Valdivia.

La comuna cuenta con varios lugares naturales de interés, tales como el Jardín Botánico dentro del campus de la Universidad Austral de Chile en Isla Teja, Curiñanco y el Parque Oncol, donde se puede practicar ecoturismo. El bosque valdiviano, también llamado el bosque siempre verde, es una eco región del sur de Chile y reductos fronterizos al sudoeste de Argentina. Se caracteriza por tener bosques siempre verdes de múltiples estratos.

También se cuenta⁶ que - La ciudad cuenta con la renombrada Universidad Austral de Chile, que a su vez posee varios museos, como son el Museo Histórico y Antropológico Maurice van de Maele y el Museo de Arte Contemporáneo de Valdivia. Además de esto, en la ciudad existe el Museo y Archivo Valdivia 1960, Terremoto y Tsunami.

⁵ <https://es.wikipedia.org/wiki/Valdivia>

⁶ <https://www.visitichile.com/es/guias-turisticas/valdivia/>

Fig. 67 Valdivia, paseo costanera y mercado. (Fuente:<https://es.wikipedia.org/wiki/Valdivia>)

Fig. 68 Valdivia, vista aérea del puente calle calle (Fuente: www.visionvaldivia.cl)

Fig. 69 Valdivia, Casa Prochelle, camino al Jardín Botánico de la Universidad Austral de Chile. www.turichile.cl. Oct. 2017. Jardín Botánico de la Universidad Austral de Chile.

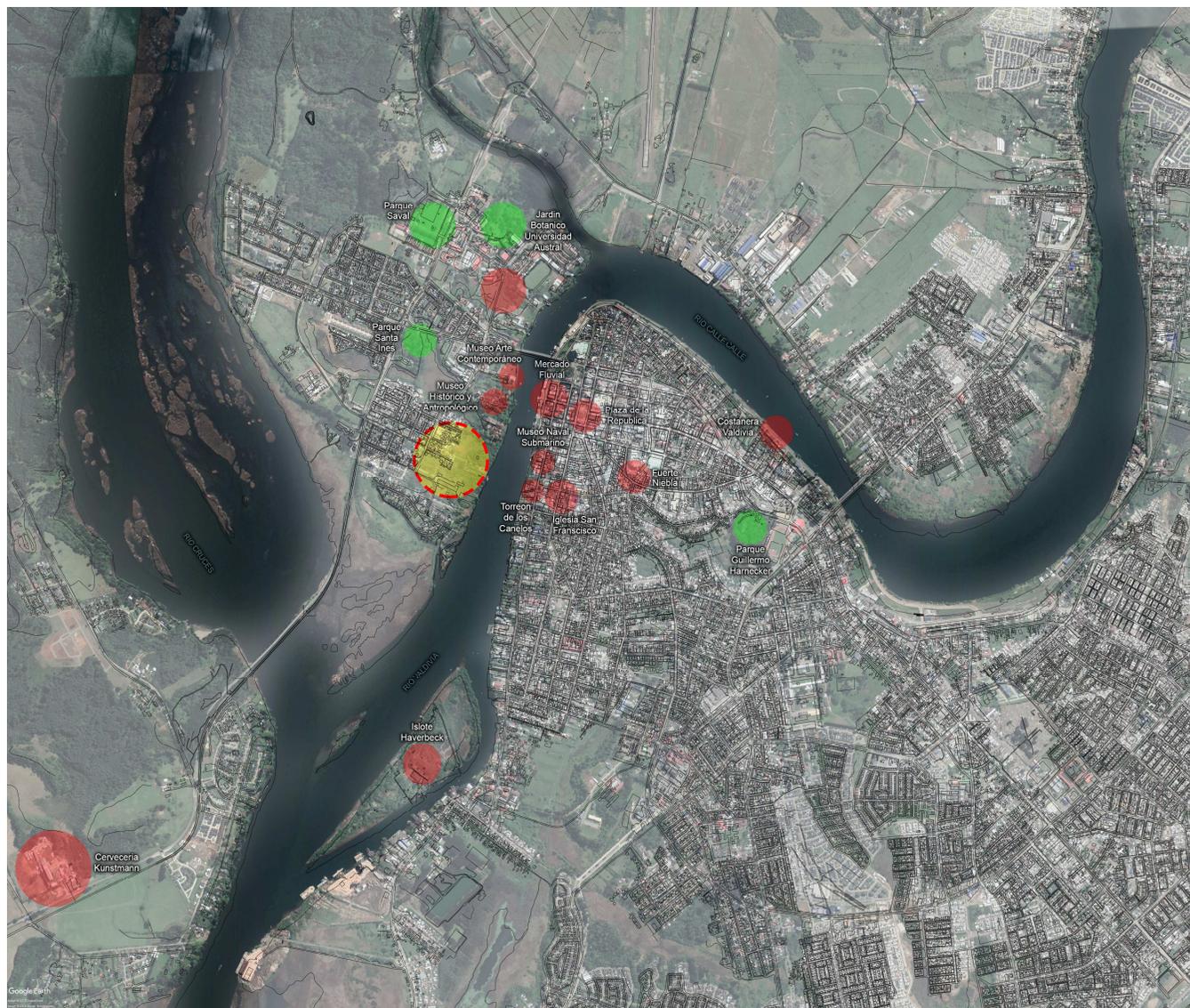


Fig. 70 Mapa de la ubicación de los hitos culturales de Valdivia, las áreas verdes y la ubicación del sitio escogido. Elaboración propia.

Fig. 70

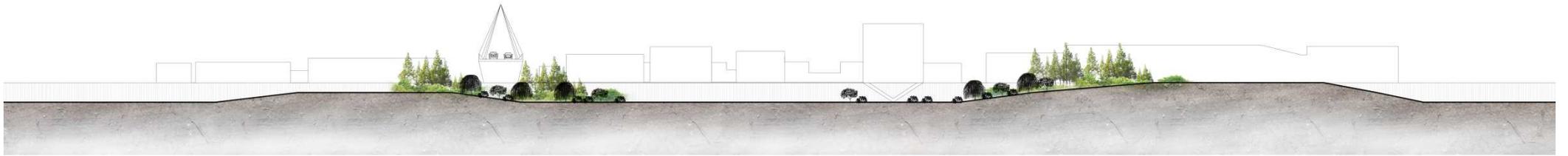


Fig. 71

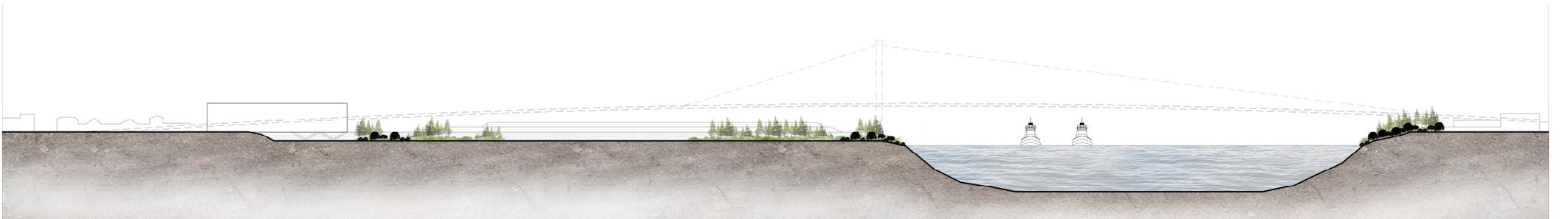


Fig. 72

Fig. 71 Corte geográfico de Valdivia pasado por el sitio, paralelo al río Valdivia. Elaboración propia.

Fig. 72 Corte geográfico de Valdivia pasado por el sitio y el río Valdivia. Elaboración propia.

Tiene un clima oceánico, lo que faculta la existencia de flora exuberante. El clima templado-lluvioso con influencia mediterránea, tiene abundante humedad relativa, bajas temperaturas y un alto registro pluviométrico, alcanzando los 2 200 mm anuales promedio, con mayor frecuencia entre mayo y agosto. Estas precipitaciones son las encargadas de originar los caudalosos ríos que dan nombre a la región. De hecho, Valdivia es una de las ciudades más lluviosas de Chile. Las temperaturas varían a lo largo del año y alcanzan una máxima que en invierno van de 0°C a 14°C. Las temperaturas sobrepasan los 20°C de máxima en los meses de verano (diciembre, enero y febrero), existiendo varios registros por sobre los 30°C.

Nos cuenta Martínez, Constanza⁷ - Valdivia ayer fue reconocida por el Bureau Internacional de Capitales Culturales (IBOCC) para ser la Capital Americana de la Cultura (CAC) en 2016.

El interés por este lugar nace justamente de la información entregada previamente. Por su potencial natural, dificultades climáticas las cuales resolver mediante el diseño, y su desarrollo como capital cultural y académica, con énfasis en las artes.

Parámetros climáticos promedio de Valdivia, Chile 													[ocultar]
Mes	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Anual
Temp. máx. abs. (°C)	36.3	34.0	30.0	26.0	20.0	24.2	19.4	20.0	25.1	29.2	29.4	32.5	36.3
Temp. máx. media (°C)	22.7	22.9	20.5	16.8	13.4	10.7	10.5	12.0	14.3	16.5	18.6	21.0	16.6
Temp. media (°C)	18.2	17.8	15.7	12.7	10.5	8.1	7.8	8.8	10.7	12.8	14.8	17.1	12.9
Temp. mín. media (°C)	10.5	9.6	8.3	6.9	6.9	5.1	4.6	4.5	5.2	6.8	8.6	10.4	7.3
Temp. mín. abs. (°C)	0.5	-2.0	-1.0	-3.6	-5.0	-8.0	-10	-7.5	-4.6	-3.3	-0.8	0.0	-10
Precipitación total (mm)	48.8	46.0	67.7	131.5	285.6	325.7	282.8	212.3	141.7	103.2	77.5	64.7	1787.5
Días de precipitaciones (≥ 1 mm)	8	7	10	15	22	22	22	21	16	14	11	9	177
Horas de sol	257.3	228.8	204.6	123.0	68.2	48.0	65.1	89.9	111.0	127.1	189.0	207.7	1719.7
Humedad relativa (%)	63	64	72	80	87	89	87	83	76	72	68	65	75.5

Fig. 73

⁷ Martínez, Constanza. Valdivia, capital americana de la cultura ¿Qué Significa? 11 junio 2014 publicado en www.plataformaurbana.cl

Fig. 73 Promedios anuales de clima en Valdivia. Dirección Meteorológica de Chile, Marzo 2016.

3.2_Normativa y legislación

El sitio elegido está emplazado en el sector de Isla Teja. Según el Plan Regulador Comunal de Valdivia vigente, el sitio escogido se ubica en la Zona ZU-7, pero se encuentra en zona de protección de laderas de ríos por lo que también se aplica la zona ZR-3. Esto implica las siguientes normas:

CERTIFICADO DE INFORMACIONES PREVIAS

I. MUNICIPALIDAD DE VALDIVIA
DIRECCION DE OBRAS



N° CERTIFICADO	DE FECHA
1 1028	26.02.2019
SOLICITUD N°	DE FECHA
2 192165	25.02.2019

CERTIFICADO DE NÚMERO

AVENIDA / CALLE / PASAJE	LOS PELUES	ROL DE AVALÚO S.U.	1261-49
LOTEO O POBLACIÓN	MANZANA	SITIO	LOCALIDAD
	ISLA TEJA	Sitio 1 (Según plano X-1-3401 S.U. del Ministerio de Bienes Nacionales).	VALDIVIA
LE HA SIDO ASIGNADO EL N°	50		

CONDICIONES TÉCNICO URBANÍSTICAS

CONTENIDAS EN (DECRETOS O RES. APROBADAS CON FECHAS)	D.S. N° 179 DEL 04.10.1988 - D.O. DEL 03.11.1988
ÁREA ZONA O SECTOR EN QUE SE EMPLAZA	ZU-7

LÍNEAS OFICIALES

NOMBRE DE LA VÍA	LOS PELUES	TIENE ANTEJARDÍN DE	5,00 MTS.
LA LÍNEA OFICIAL SE ENCUENTRA A	A 3,50 MTS. MEDIDOS DEL EJE DE LA POSTACIÓN DE ALUMBRADO PÚBLICO DEL LADO NORTE DE CALLE LOS PELUES		
LA PROPIEDAD SE ENCUENTRA AFECTA POR DECLARATORIA DE UTILIDAD PÚBLICA EN			
LA VÍA SE CLASIFICA EN	LOCAL	SU URBANIZACIÓN ES	INSUFICIENTE
PARA RESOLVER LA INSUFICIENCIA DE URBANIZACIÓN DEBEN EJECUTARSE LAS SIGUIENTES OBRAS	<input checked="" type="checkbox"/> PAVIMENTACIÓN <input type="checkbox"/> ALICANTARILLADO <input type="checkbox"/> AGUA POTABLE <input type="checkbox"/> ELECTRICIDAD <input type="checkbox"/> OTROS		

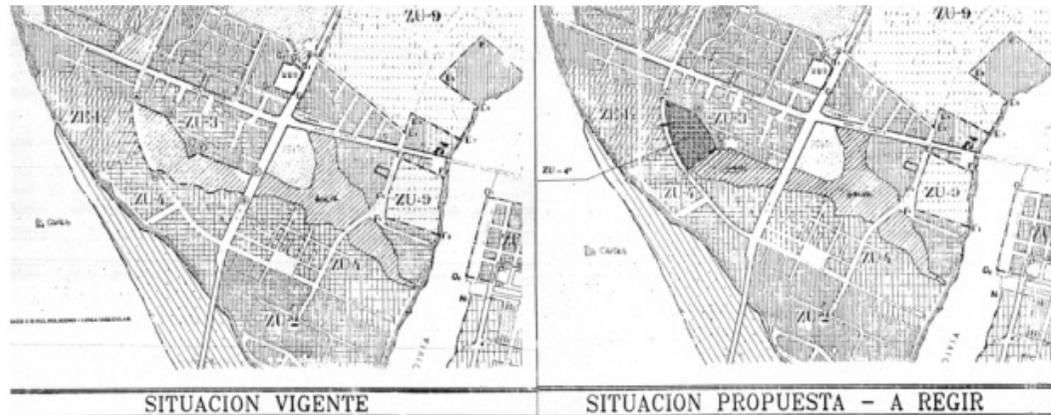
ZONA ZU-7

- a) Usos de suelo permitidos:
- Vivienda.
 - Equipamiento de todo tipo y escalas interurbana y comunal, con excepción del tipo Seguridad de escala interurbana.
 - Actividades complementarias a la vialidad y al transporte.
- b) Usos de suelo prohibidos : Todos los usos no mencionados precedentemente.
- c) Normas Específicas:
- 1.-Superficie predial mínima : 1.000 m².
 - 2.-Frente predial mínimo : 20 m.
 - 3.-Porcentaje máximo de ocupación de suelo: 40%
 - 4.-Sistema de agrupamiento : Aislado.
 - 5.-Altura máxima de edificación: Respetando rasantes.
 - 6.-Antejardín mínimo : 5 m.

PAGO DERECHOS	\$ 9.603.-
---------------	------------

FORM.DDM/INF.PREV./ELA/SCM/LVL.-

DIRECTOR DE OBRAS



ZONA ZR-3 (Mod 96-5 Res. N° 53 del 28.05.1997, D.O. del 16.07.1997)	
ZONA DE PROTECCION DE CAUCES Y LADERAS DE RIOS, ESTEROS, CANALES Y QUEBRADAS	
a) Usos de suelo permitidos :	Equipamiento del tipo Areas Verdes, de cualquier escala, con excepción de Juegos Infantiles.
b) Usos de suelo prohibidos :	Todos los usos no mencionados precedentemente.
c) Normas Específicas:	
1.- Superficie predial mínima :	10.000 m ² .
2.- Frente predial mínimo :	100 m.
3.- Porcentaje máximo de ocupación de suelo:	0%
Normas especiales	
a) Esta zona queda regulada además por las disposiciones contenidas en la Ley 11.402 de 1953	
b) Sin perjuicio de lo dispuesto sobre usos de suelo permitidos o prohibidos y coeficiente máximo de ocupación de suelo, podrán autorizarse construcciones de embarcaderos, muelles y cualquier tipo de obras de defensa, previa autorización de la autoridad competente.	
c) Si como consecuencia de la aplicación de los incisos a) y b) de las Normas Especiales de la zona ZR-2, se hubiesen realizados obras de relleno, defensa e ingeniería sobre los terrenos afectados por las restricciones de la zona ZR-3, se permitirá sobre estos terrenos el desarrollo de actividades recreativas y deportivas al aire libre y sus instalaciones respectivas; así mismo dichos terrenos podrán ser admitidos a tramitación de cambio de uso de suelo por otros diferentes a los aquí mencionados, siempre y cuando se cumpla con las mismas exigencias que, en la ciudadas Normas Especiales para la zona ZR-2, se aplican para los terrenos con riesgo de inundación.	
d) No obstante lo anterior, se mantiene vigente lo establecido en el artículo 25 de la Ordenanza Local el Plan Regulador Comunal de Valdivia.	

OBSERVACIONES:

- El presente certificado corresponde al lote resultante de la fusión de predios individualizados mediante roles 1261-46 y 1261-47, aprobado mediante Certificado N° 3680 del 16 de diciembre de 2004.
- La Zona ZU-7 corresponde a la parte relativamente alta y plana del terreno.
- La Zona ZR-3 corresponde a la parte del terreno de pendiente pronunciada, de borde de río.

ARTICULO 25: (Mod. 94-17 Res. N° 23 del 17.04.1995, D.O. del 22.05.1995):

- Establécese una línea de Edificación separada de los bordes de los ríos Calle - Calle, Valdivia, Cau - Cau y Cruces a ambos lados y medidos a partir de la línea de más alta Marea, de acuerdo con el siguiente criterio:
- a) La Línea de Edificación distará 15 m. Mínimo de la línea de más Alta Marea en los siguientes sectores:
- Por el Lado oriente del río Valdivia, desde la calle San Carlos hasta la prolongación hacia el río de la línea oficial de edificación del lado sur de la calle Cochran en el sector céntrico de la ciudad.
 - Por el lado Poniente del río Valdivia desde el Puente Pedro de Valdivia hasta la proyección hacia el río, del eje de la calle Los Pelues en la Isla Teja.
 - Por el lado Sur del río Calle-Calle, desde la Calle Alfonso Cañas hasta la proyección hacia el río de eje de la Avda. Argentina.
 - Por el lado norte del río Calle-Calle desde la proyección del eje de la Avda. Matta hasta la proyección hacia el río del camino Cabo Blanco.
- b) La línea de Edificación distará 5 m. Mínimo de la línea de más Alta Marea en todos los sectores ribereños restantes dentro del límite urbano.
- c) Entre las líneas de más Alta Marea y de Edificación se podrán autorizar la construcción de piscinas no cubiertas, miradores, embarcaderos, muelles, andenes de descarga y su respectiva infraestructura de transporte y cualquier tipo de obras de defensa.

PAGO DERECHOS	\$ 9.603.-
---------------	------------

FORM.DDM/INF.PREV./ELA/SCM/LVL.-

DIRECTOR DE OBRAS

Fig. 74 Certificado de Informaciones previas. (Fuente: Ilustre Municipalidad de Valdivia).



Fig. 75 Zonificación – Líneas punteadas rojas corresponden al sitio. Elaboración propia.



Fig. 76 Inundaciones. Elaboración propia.



Fig. 77 Ejes principales de transito. Elaboración propia.

Existe un proyecto que está en vías de desarrollo llamado puente Los Pelues. Este puente unificará Isla Teja con el centro de Valdivia, complementando la función que cumple el puente Calle Calle. Este proyecto tiene incidencia en el desarrollo del programa y la delimitación del sitio. Se conforma como un puente – mirador que dialoga con el potencial turístico urbano y fluvial. El sitio se encuentra en la zona poniente del puente. Sobre esto se afirma que:

Se rescata del Extracto de Impacto Ambiental⁸ - El acceso poniente corresponde a las obras de acceso al puente, ubicado en el sector Isla Teja. Estas obras abarcan la calle Los Pelúes desde el acceso al Puente hasta calle Los Laureles, calle Los Laureles desde la intersección con calle Los Pelúes en 100 m hacia el sur y el norte e intersección de las calles Los Boldos y Rudloff; y un Espacio Público en el sector de llegada del puente a la isla, caracterizado como Plataforma Interpretativa Isla Teja, albergando un Museo de Sitio para la puesta en valor histórica y fluvial del área.

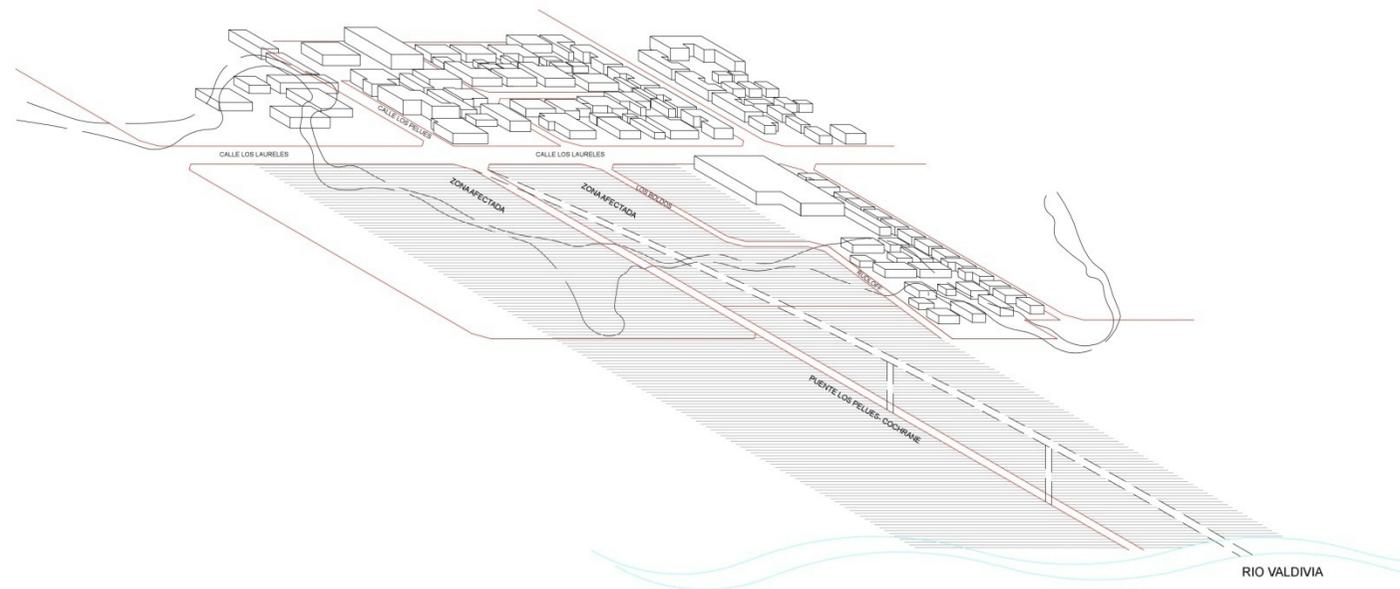


Fig. 78

⁸ Ilustre Municipalidad de Valdivia. Estudio de Impacto Ambiental Puente Cochrane v2. 6/22/2018.

Fig. 78 Isométrica del proyecto puente Los Pelues y requisitos normativos. Elaboración propia.

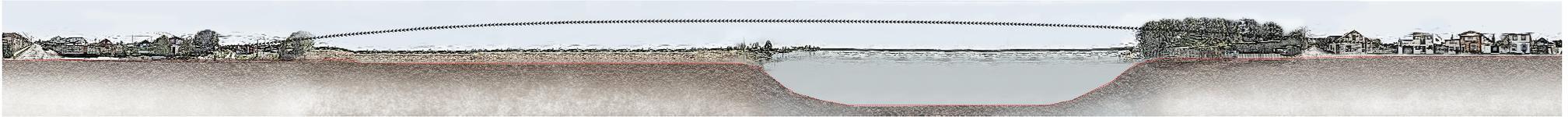


Fig. 79



Fig. 80

Fig. 79 Corte geográfico con la incorporación del puente Los Pelues. Elaboración propia.

Fig. 80 Corte calle Los Laureles. Elaboración propia.

3.3_Centro de la Cultura y de las Artes

Es pertinente el lugar para el programa elegido. El potencial cultural de Valdivia está creciendo y por ende es necesario estar creando y renovando espacios para el desarrollo cultural constantemente. Valdivia atrae cada vez a más jóvenes y estudiantes a visitar la ciudad y conocer sus museos y actividades culturales. Estas actividades culturales están generalmente relacionadas a las artes. Además, la Universidad Austral de Chile y otras universidades cuentan con sedes importantes en Valdivia, y son cada vez más los estudiantes que van hacia Valdivia a vivir y estudiar en alguna de estas universidades. El sitio se emplaza en Isla Teja y enfrenteado al centro de Valdivia, unidos por un puente, el cual también es parte del panorama. En Isla Teja se encuentran las sedes principales y de mayor tamaño de la Universidad Austral de Chile, junto con su Jardín Botánico. Es por estas razones, que un centro para el impulso cultural de la zona, y un espacio apto para el estudio, trabajo y desarrollo de las artes son pertinentes al lugar. Además, el lugar requiere de un museo de sitio, el cual permita exposiciones fijas y variables, y además se pueda complementar con otros programas.

3.4_Estrategias de diseño

En primer lugar se configura una plataforma interpretativa que abarcará las superficies afectadas por el puente, un espacio público que albergará un museo de sitio y otros programas relacionados. El proyecto de arquitectura se emplazará en el punto de la plataforma más alejado del puente, con el fin de evitar la contaminación acústica, que sirva de remate para el espacio público propuesto. Se accederá al proyecto por medio de una gran plataforma urbana que tendrá en uno de sus extremos el proyecto. Éste se colocará sobre un terreno de diferentes cotas por lo que se deberá adecuar al volumen y desde ese punto empezar a diseñar. Se adecúa el volumen a la cota del terreno existente, por lo que quedará el volumen en un nivel superior y se generará un voladizo en su extremo oriente. El volumen quedará a una cota fuera del riesgo de inundación, mientras que el voladizo quedará sobre esta cota y su estructura que lo soporta quedará expuesta. Se eleva la parte del volumen posicionado en la cota con riesgo de inundación de igual manera para que el proyecto tenga el menor impacto en su entorno. Además se hace la estructura que soporta el voladizo de hormigón para controlar mejor las inundaciones. Para mantener la altura de seis pisos y a su vez encargarse de la estructura inundable, se diseñó una estructura de pilares de hormigón para soportar la estructura de marcos. Existen dos universos dentro del proyecto. Una parte del volumen junto con la plataforma urbana colocada en la cota mayor forma el primero y la parte del volumen con el voladizo en la cota inferior el segundo. Se podría entender la estructura que está posicionada directo en la tierra como la estructura pesada, donde recae el mayor

peso y cargas, y el voladizo como la estructura liviana, que a su vez conlleva el programa más liviano. El volumen se orientará con su fachada predominante hacia el norte donde hay mayor incidencia solar durante el día. Esto permitirá un mayor aprovechamiento de la masa térmica del núcleo macizo. A su vez el núcleo presenta una fachada termotrada lo cual lo hace tener un color negro, el cual capta mejor el color. La fachada sur tendrá un tratamiento contra la contaminación acústica producida por el tránsito vehicular del puente. Las ventanas deben ubicarse preferentemente hacia el norte y el poniente, para captar energía calórica del sol y esta sea absorbida por la masa térmica de los materiales. Para zonas con tal intensidad de lluvia, se requieren pendientes del techo con la suficiente inclinación para el buen escurrimiento. La lluvia y temporales vienen con viento dirección norte. El proyecto debe considerar una impermeabilización completa del techo y de fachada de manera tal que no pueda haber ninguna infiltración debido a las condiciones del clima, ni que se generen puentes térmicos entre las uniones de los diferentes elementos. Para el control de las aguas lluvias, y la protección de la madera usada estructuralmente se propone una galería por el perímetro del proyecto que separa la estructura de las lluvias gracias a la extensión del alero. Además este alero permite generar un techo ventilado. Las fachadas se presentan como una envolvente exterior que protege la estructura principal del interior. El techo se presenta como una cubierta, soportada por postes y vigas, bajo la cual se desarrolla la estructura y el proyecto. El núcleo rígido y la estructura de la techumbre permiten generar un

altillo el cual presenta cualidades distintas al resto del volumen.

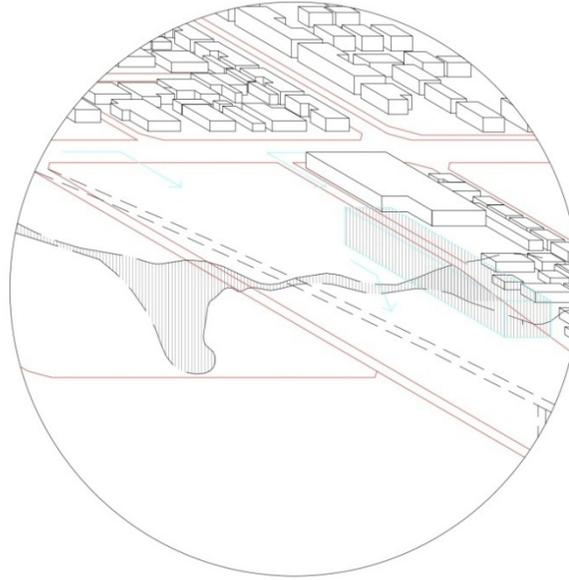
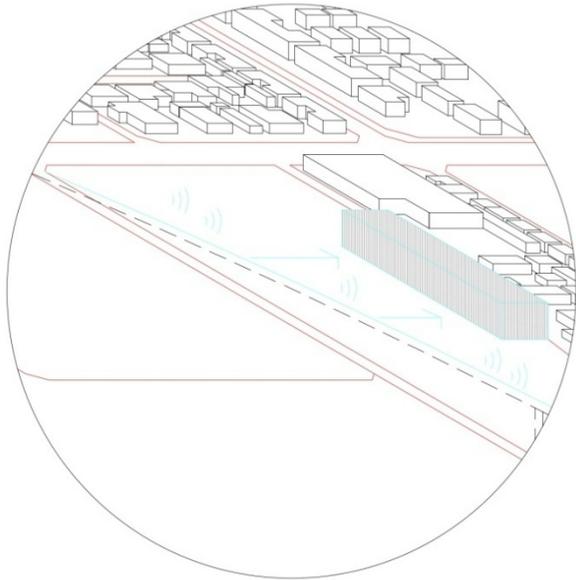
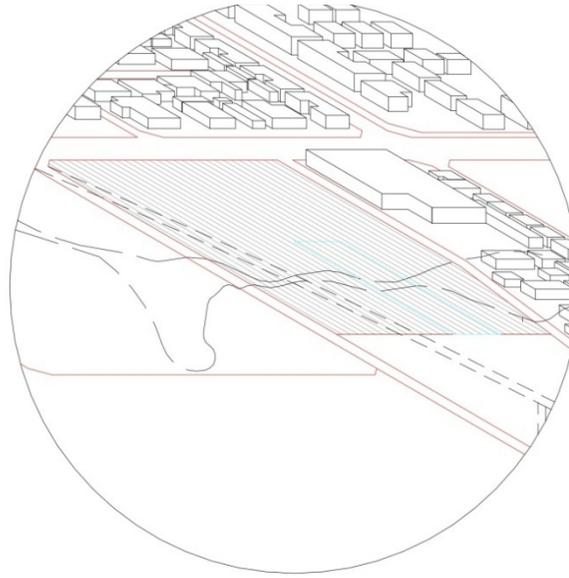
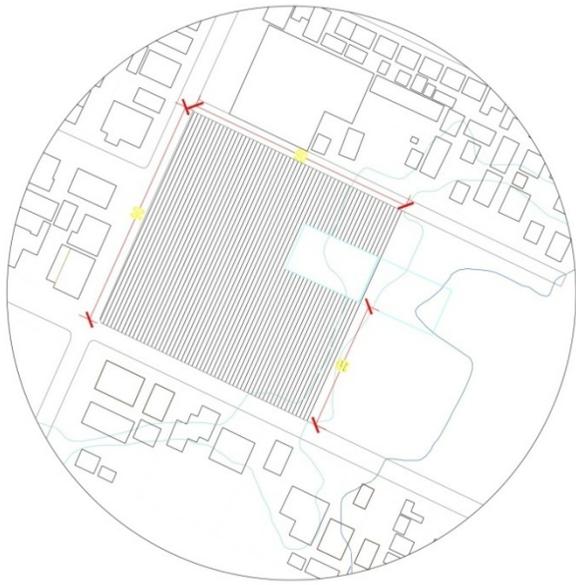


Fig. 81

Fig. 81 Esquema de emplazamiento y esquemas de algunas estrategias de diseño. Elaboración Propia.

3.5_Definición y distribución del programa:

El programa se definió en base a la información recopilada del lugar y de los referentes. El programa corresponde a un centro para el desarrollo cultural, el cual alberga un museo de sitio y un espacio público caracterizado como plataforma interpretativa. Además, en el programa se incluye un auditorio, sala de exposición variable, sala de exposición fija, cafetería, oficinas en estilo co-work, y un zócalo ó explanada. Se decidió la distribución del programa del núcleo. Se precisó este programa como el programa de la estructura pesada. En su extremo oriente se encuentran las circulaciones verticales y servicios que se repiten verticalmente en todos los pisos hasta el altillo. Además se incluyó el programa que tiene la mayor sobrecarga de uso en su extremo poniente que sería el auditorio, por su capacidad de personas y en el primer piso la sala de exposición variable. El auditorio es de 300 m2 en planta y puede recibir a más de cien personas. Los asientos en el auditorio están escalonados para permitir una mejor visión de los espectadores sentados en los asientos superiores. La sala de exposición variable, de 300 m2, es de planta libre y posee una doble altura, permitiendo generar más espacio en muros para exponer. El núcleo, de 220 m2 es uno de los lugares donde se puede apreciar la estructura y su altura completa, por lo que se genera una altura múltiple y se habita en lo mínimo posible en sus perímetros. Este núcleo tiene sus fachadas totalmente cerradas y se perfora lo mínimo posible ya que necesita privacidad acústica. Esto aporta privacidad al interior y permite la apreciación del sistema por acumulación de vigas de la madera maciza. Después, se definió el

programa que irá en la estructura liviana de marcos. Este considera un primer piso que acoge el museo de sitio y el acceso principal al edificio. Luego de acceder al edificio, uno se encuentra con el hall de acceso de triple altura, que expone la fachada oriente del núcleo macizo. Hacia el poniente el núcleo se puede recorrer perimetralmente, y al interior de este se encuentra la sala de exposición variable. El primer piso asume el museo de sitio y su exposición fija de acceso gratuito, el cual destaca el valor histórico y fluvial del área. Este es de 450 m2 y se propone una distribución con circulación fluida entre tabiques dispuestos perpendicularmente. En el segundo piso, unas oficinas en formato co-work con un total de 500 m2. Este distribuye principalmente mobiliario en el extremo oriente del volumen, generando distintas instancias y situaciones. En este piso y el siguiente, se sacó un pedazo de la losa, el cual genera la triple altura del hall, para permitir una mayor exposición de la estructura a la vista, y así poder apreciar mejor la altura del edificio. También se encuentra el acceso al auditorio por las fachadas sur y norte del núcleo. En el extremo poniente del tercer piso, se dispone la cafetería, de 360 m2 que al igual que el co-work muestra principalmente una distribución de mobiliario. Además esta cafetería se une visualmente con el piso inferior ya que la losa no llega hasta la fachada, sino que se genera un balcón que se asoma por sobre el primer piso, democratizando las vistas. En el último piso de este, en el altillo que se genera sobre el volumen macizo, está el centro de investigación cultural, el cual será proporcionado con el equipamiento requerido dentro de los 700 m2 de espacio que poseen una doble altura. Las medidas y dimensiones de los

espacios tienen en consideración una accesibilidad universal. En la planta baja, por el exterior, se llega a una explanada de hormigón que se encuentra debajo del voladizo del edificio. El núcleo tiene sus muros aislados acústicamente y retranqueados respecto a la envolvente, generando un recorrido perimetral, el cual permite aprovechar las vistas.

Este volumen funciona como “ojo” ó “periscopio” hacia el río Valdivia y el casco histórico de la ciudad.

3.6_Envolvente

Para la envolvente se definió un paquete constructivo el cual toma conciencia del uso y del lugar. En primer lugar se diseñó el cierre de las fachadas. Estas son una combinación de muros y ventanas. Aparece también en la fachada oriente una estructura secundaria vertical que es apoyo para la estructura de vidrio y filtrar el acceso de luz. Esto genera un ritmo y esbeltez en el proyecto. Para estos muros se definió un revestimiento exterior de madera termotratada la cual absorbe menos humedad (ideal para la humedad de Valdivia). Luego una cámara de aire, que aporta mayor respiración de la madera. Luego una barrera de humedad y una plancha de OSB. El aislante que se encuentra entre los pie derecho. Siguen en orden, la barrera de vapor, el yeso cartón para el control del fuego y el revestimiento interior de madera. Para la envolvente del auditorio se usó una estrategia similar. Esta estructura no cuenta con barrera de humedad ni barrera de vapor ya que ambas caras se encuentran expuestas al interior, por lo que deberían tener temperaturas iguales ó similares. El muro se compone en orden; revestimiento exterior de madera termotratada, una cámara de aire, plancha de yeso cartón, aislante térmico, plancha de yeso cartón y revestimiento acústico. Este revestimiento acústico es un panel “Stil Acoustic Timber” que rebota el sonido devuelta al interior debido a su forma.

Fig. 82 Detalle constructivo muro auditorio.
Elaboración propia.

Fig. 83 Detalle constructivo muro fachada.
Elaboración propia.

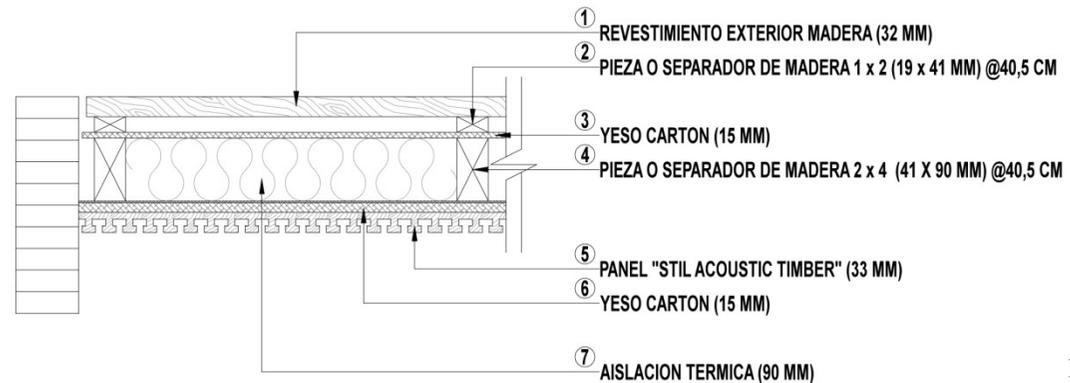


Fig. 82

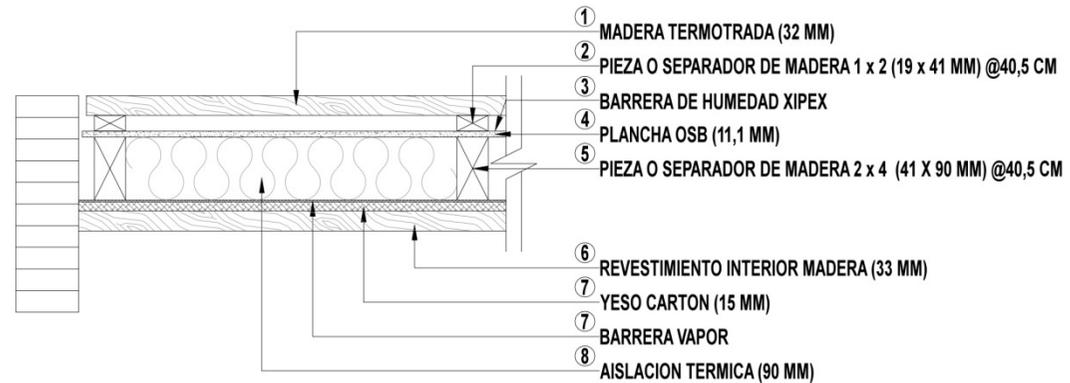


Fig. 83

3.7_Conclusiones

En conclusión se podría decir que a partir del estudio histórico del sistema Blockhaus presente en la casa Andler, se puede entender este sistema como un sistema de madera maciza. Este sistema es una superposición de vigas que funciona por acumulación de peso de las vigas de gran escuadría que transfieren sus cargas hacia el suelo.

Si se estudia con mayor detalle el referente, se pueden rescatar algunos aspectos importantes de éste.

En primer lugar, el sistema constructivo de madera maciza permite tener una estructura lo suficientemente resistente como para perdurar desde aproximadamente el año 1850 y tener resultados positivos al someterlo a un software de cálculo estructural. Por esto, la implementación de un núcleo de madera maciza, basado en el sistema Blockhaus, el cual recibe las cargas estructurales horizontales de otra estructura soportada de sistema de pórticos, rigidiza la estructura lo suficiente, permitiendo que esta estructura esté libre de arriostamientos en su sentido longitudinal.

En segundo lugar, algunas de las estrategias de diseño conscientes con el entorno. Entre ellas; La galería que se forma para proteger las fachadas de las lluvias y definir el acceso principal, el altillo que descansa sobre el muro de madera maciza y se reestructura en el interior de sus planos inclinados funcionando como bodega para las cosechas de invierno por el frío exterior.

Además, hay beneficios que conlleva la construcción con madera maciza en lugares fríos y lluviosos. En este sistema constructivo existe más masa, por lo que se desempeña mejor térmicamente, lo cual es un problema de la carpintería en la actualidad. Si se complementa con un color oscuro que atrapa mejor el calor y se diseña conscientemente, en este caso con una galería y alero que controlan la incidencia solar para un mejor confort en invierno y verano, se puede aprovechar aún más esta cualidad de la madera maciza.

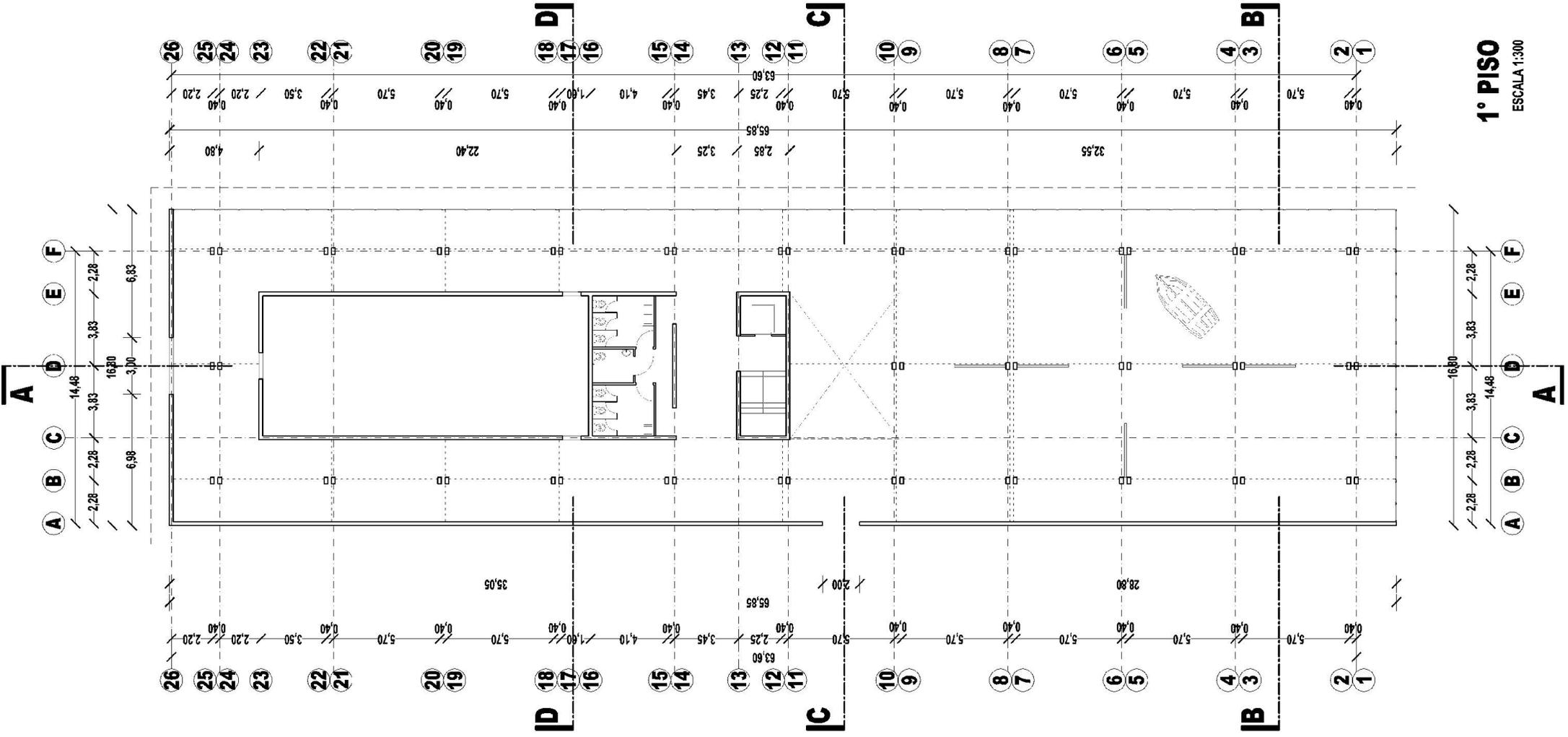
Otro beneficio de este sistema constructivo es su capacidad de aislación acústica. Mientras más densa es la madera mayor aislación. Esto es importante dentro del proyecto ya que una de las estrategias de diseños fue alejarse de un puente nuevo en vías de construcción que generará contaminación acústica en la zona. También está el auditorio que necesita privacidad acústica, por lo que el auditorio se situó dentro del núcleo de madera maciza.

Se destaca también la capacidad de la madera de almacenar dióxido de carbono. Ésta tiene una huella de carbono positiva, por lo que mientras más madera se emplee en la construcción, hay menos dióxido de carbono en la atmósfera y más en la estructura, ayudando a mitigar el efecto invernadero provocado por los gases tóxicos.

El emplazamiento del proyecto es resultado de estrategias de diseño conscientes con el contexto. El programa responde al desarrollo actual que está teniendo Valdivia. La estructura se desarrolla bajo la cubierta del techo y las fachadas fueron tratadas todas de manera distintas para un mejor

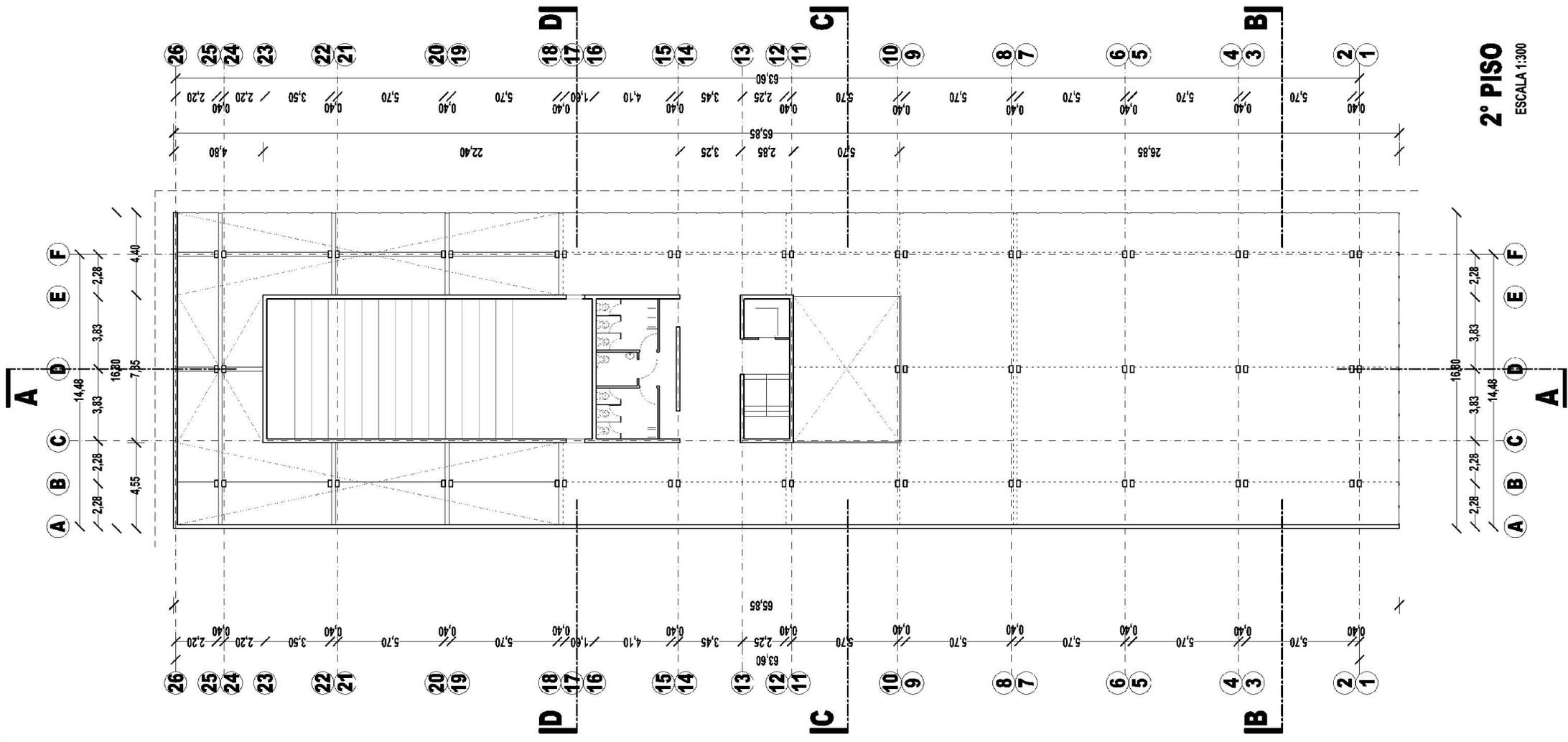
aprovechamiento térmico y acústico de la estructura.

3.8_Planimetría



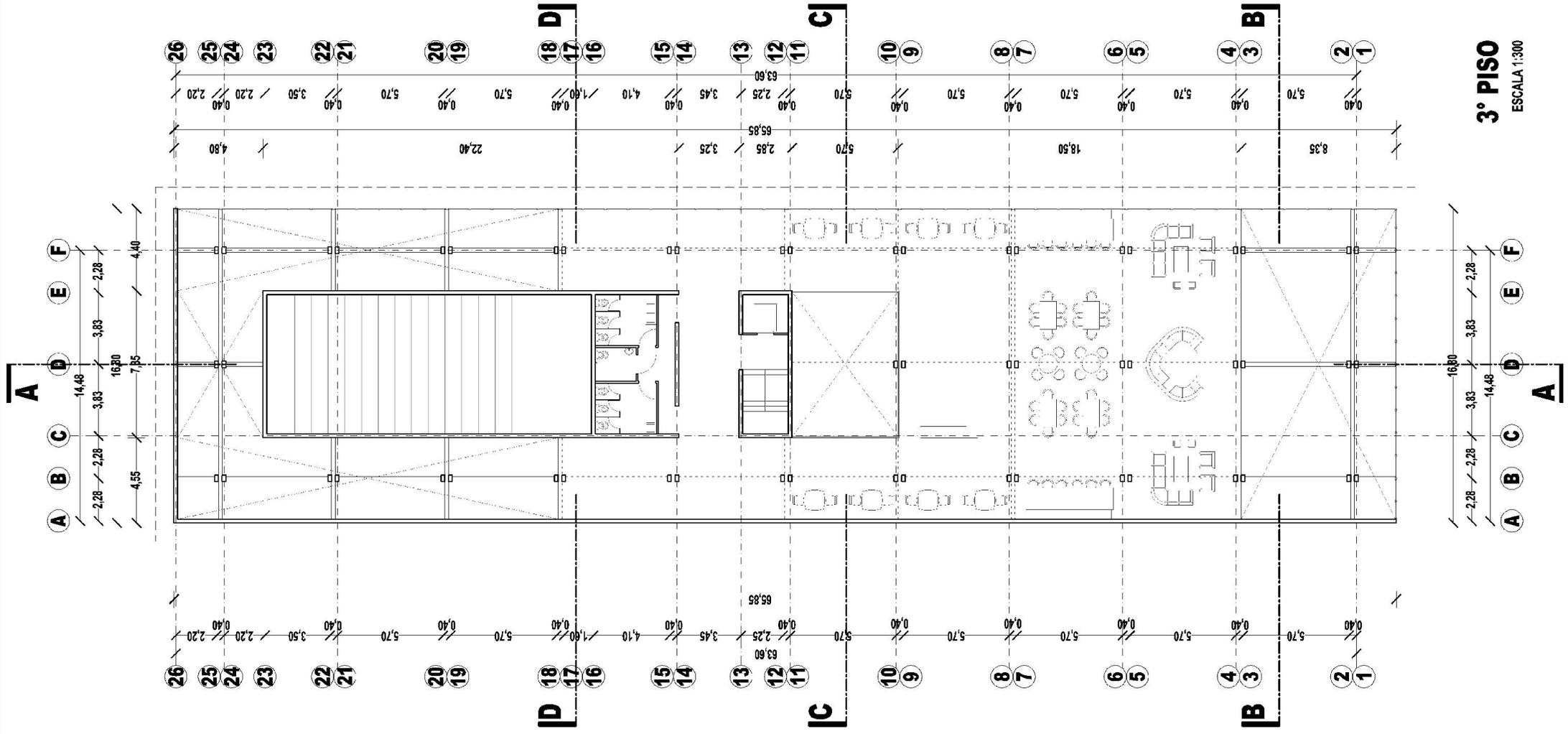
1° PISO
ESCALA 1:300

Planta Piso 1. Elaboración propia.



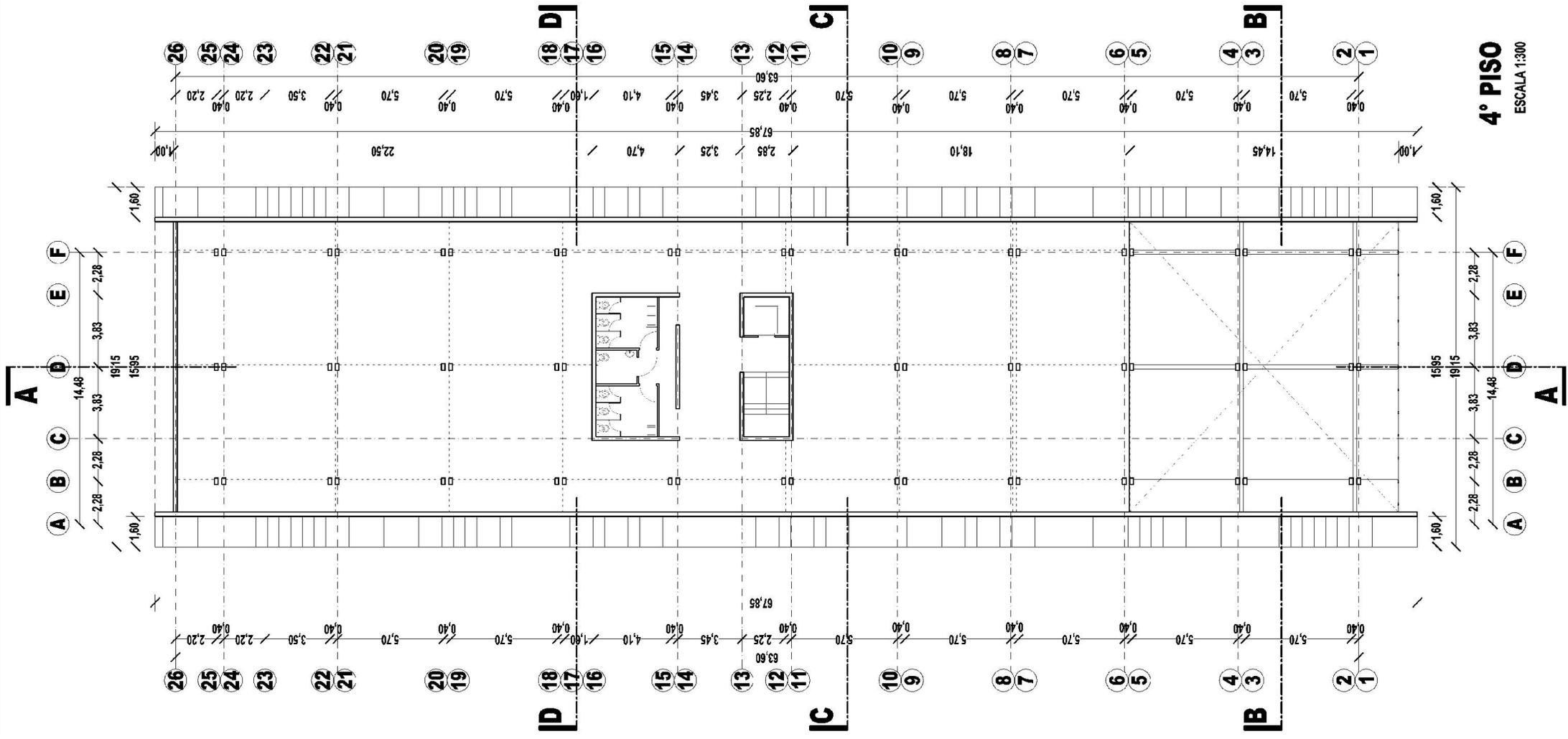
2° PISO
ESCALA 1:300

Planta Piso 2. Elaboración propia.



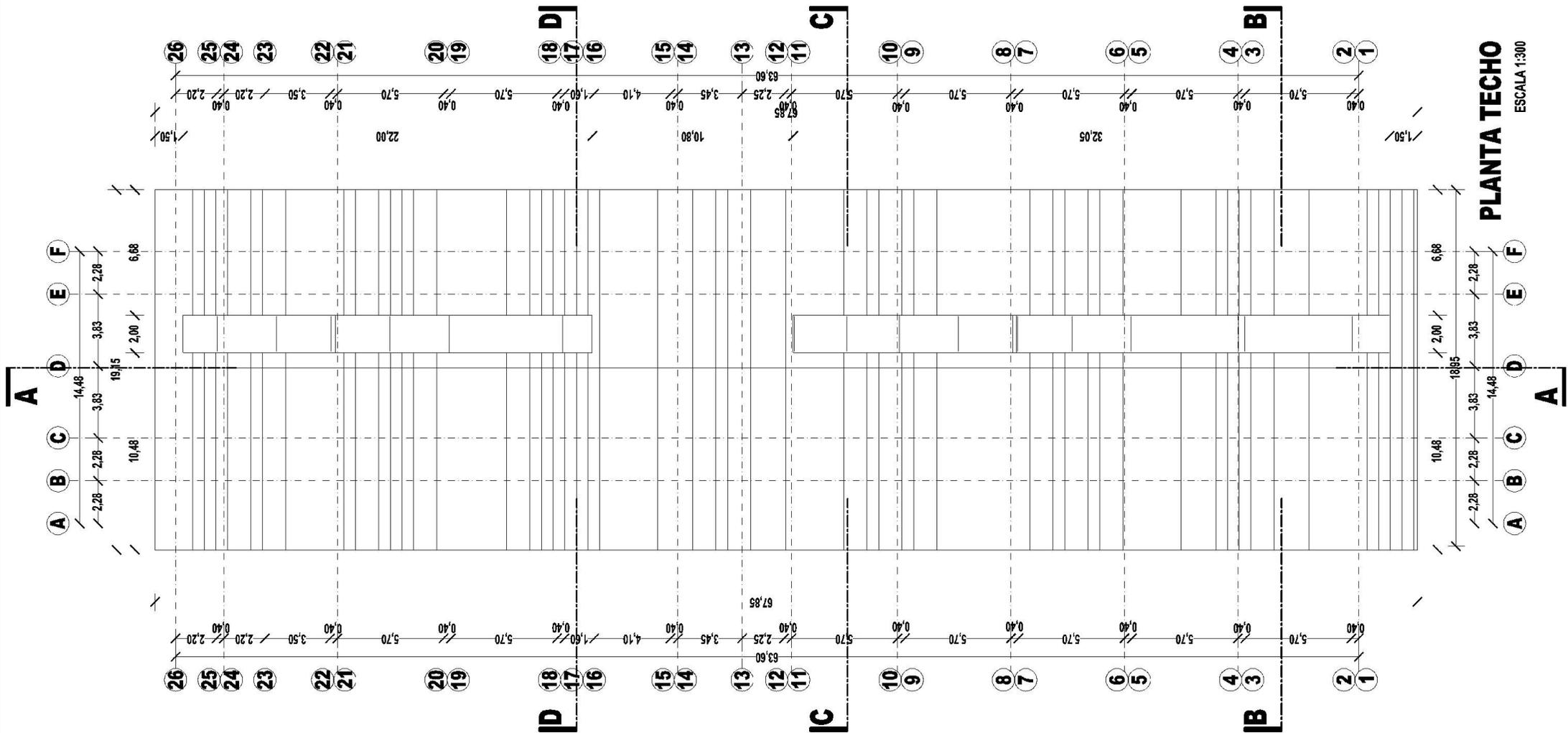
3° PISO
ESCALA 1:300

Planta Piso 3. Elaboración propia.

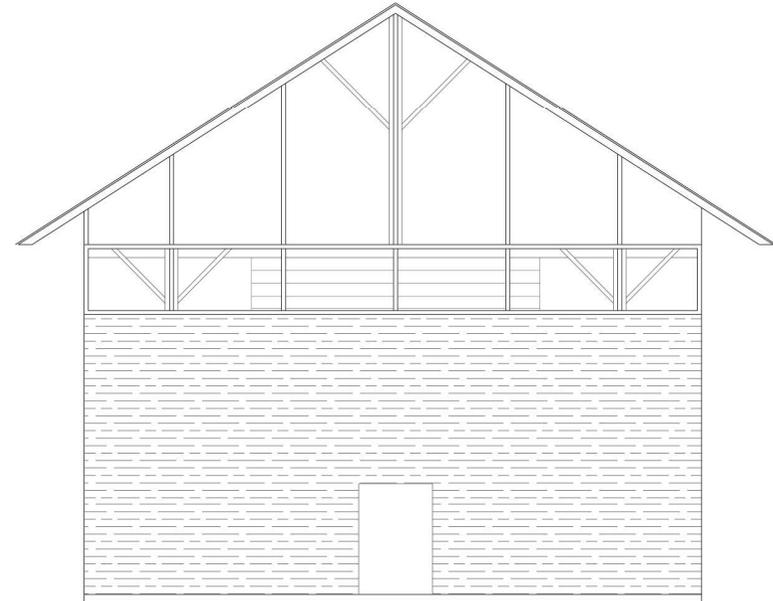
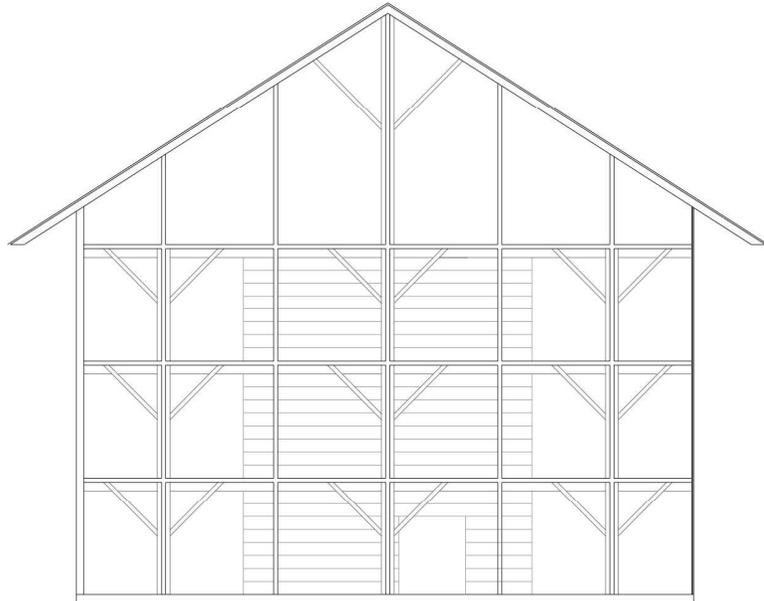


4° PISO
ESCALA 1:300

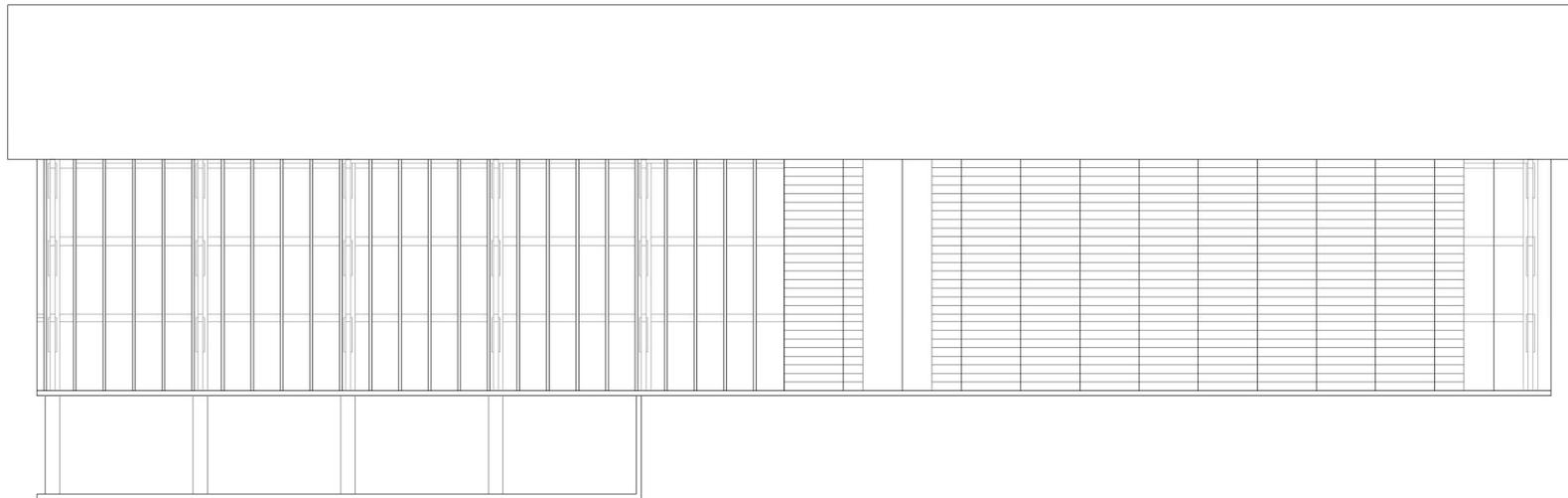
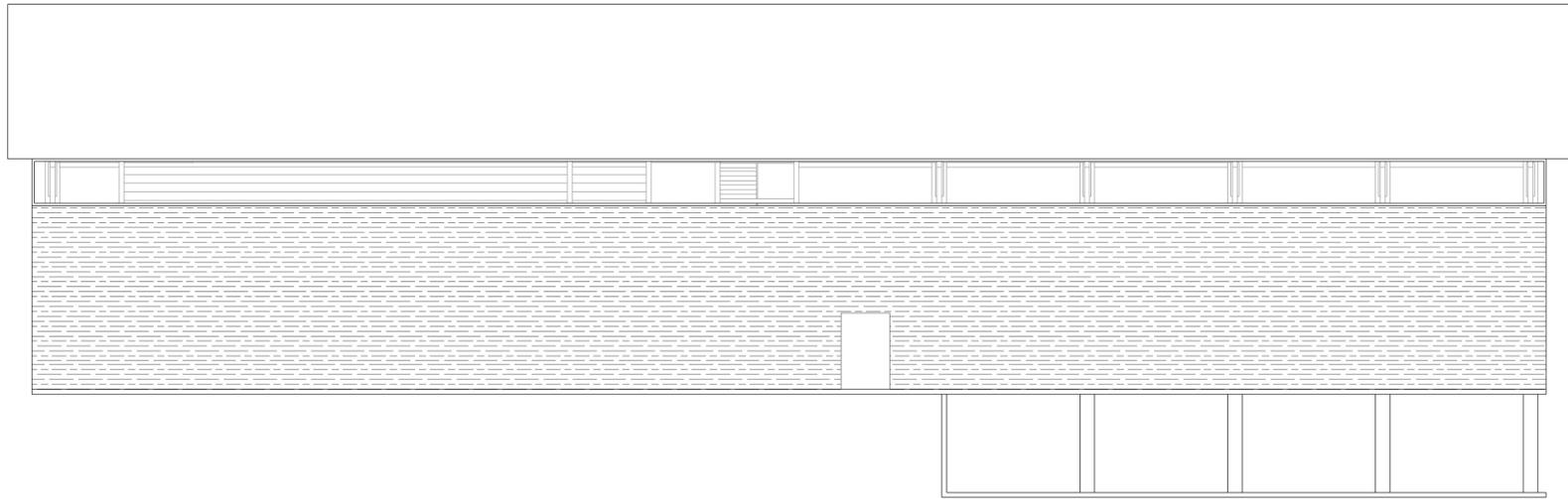
Planta Piso 4. Elaboración propia.



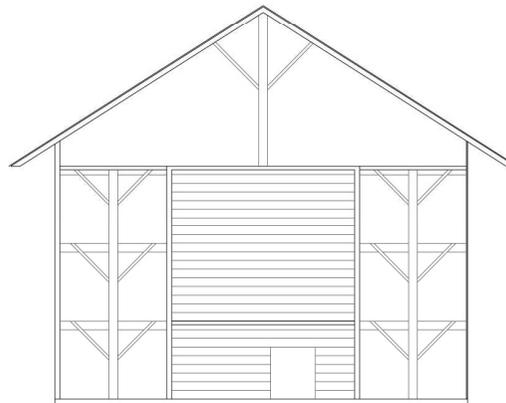
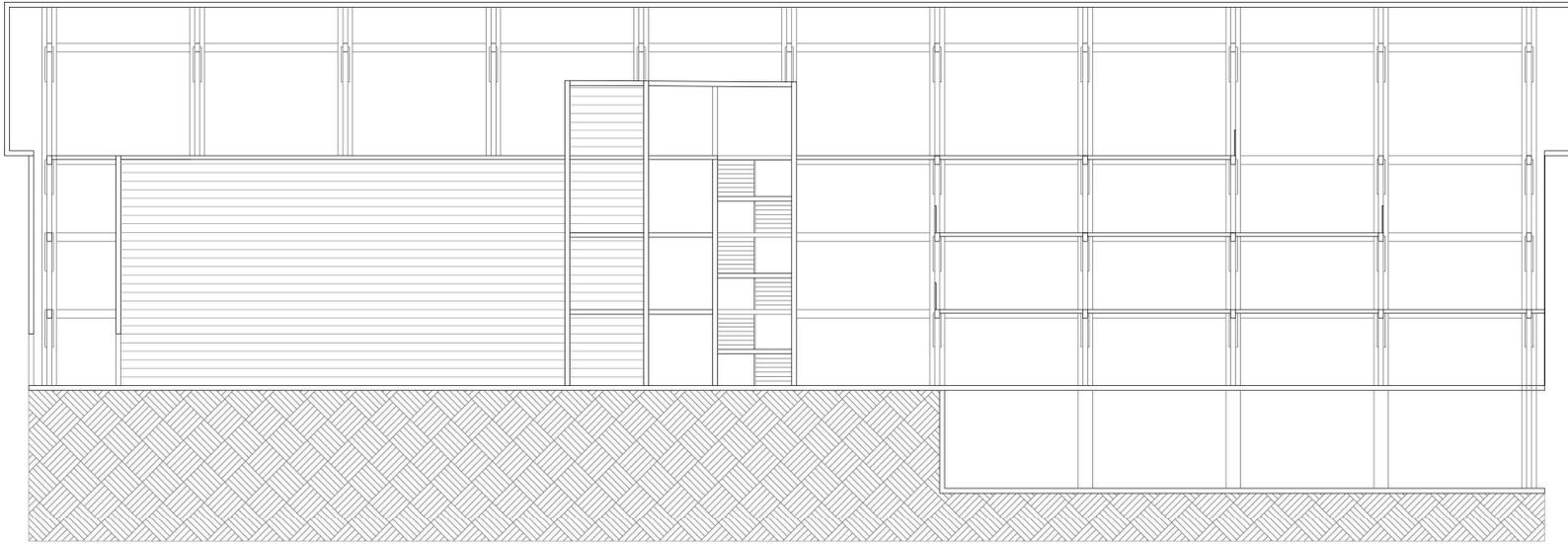
Planta techo. Elaboración propia.



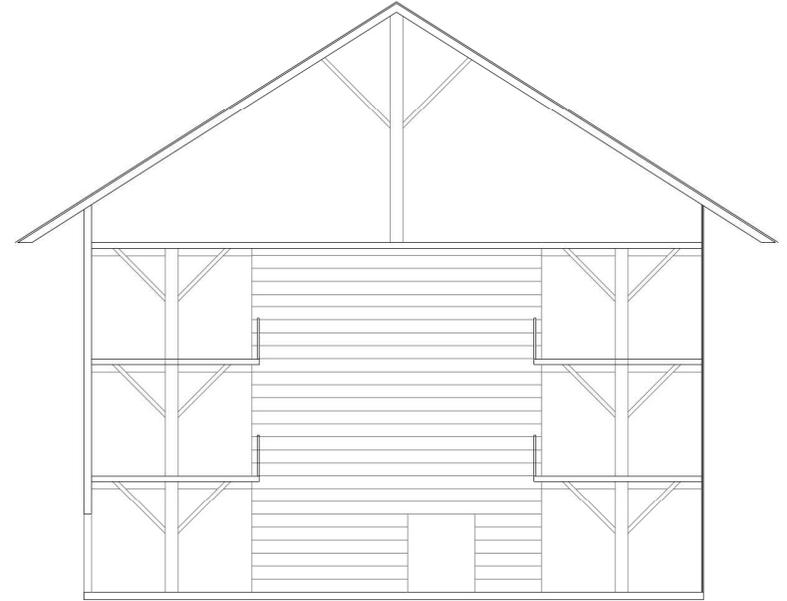
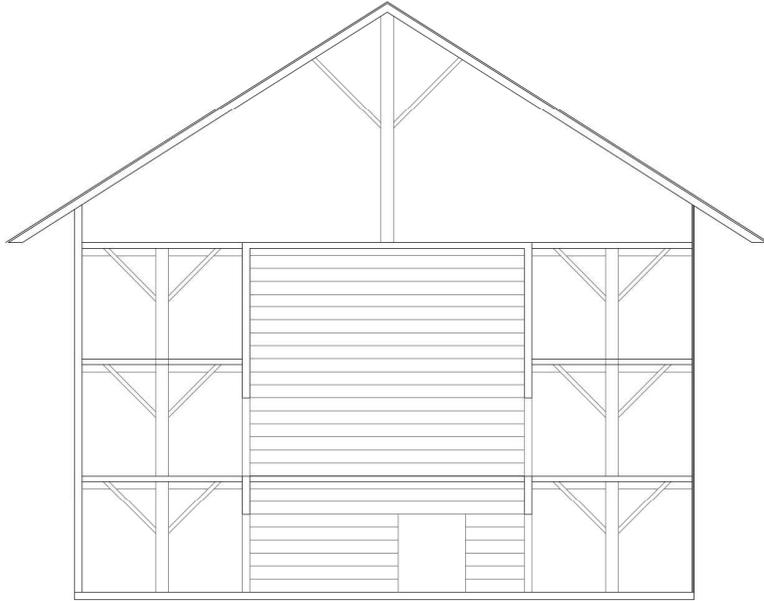
Elevaciones fachada oriente y poniente respectivamente. Elaboración propia.



Elevaciones fachada sur y norte respectivamente.
Elaboración propia.



Corte Longitudinal y corte transversal.
Elaboración propia.



Cortes transversales. Elaboración propia.



Imagen. Elaboración propia.



Imagen. Elaboración propia.



Imagen. Elaboración propia.



Imagen. Elaboración propia.

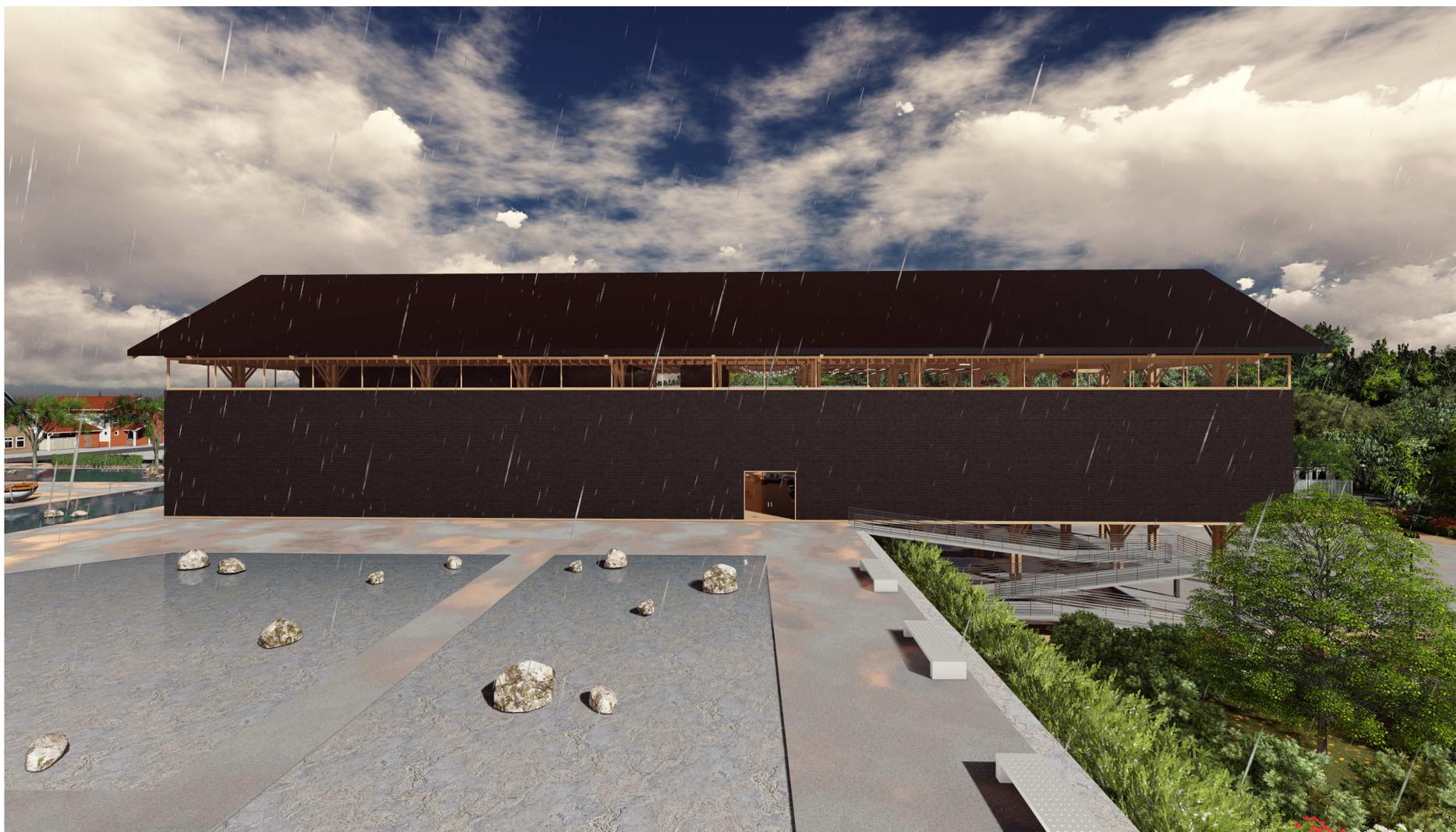


Imagen. Elaboración propia.



Imagen. Elaboración propia.



Imagen. Elaboración propia.



Imagen. Elaboración propia.



Imagen. Elaboración propia.



Imagen. Elaboración propia.



Imagen. Elaboración propia.



Imagen. Elaboración propia.

Bibliografía

Libros

1. SIERRA, Andrés y CHATEAU, Francisco. Anatomía de la construcción en madera en Chile: 12 casos notables. 2012.
2. D'ALENCON, Renato y PRADO, Francisco. Construcción en madera maciza en el sur de Chile: un sistema constructivo excepcional en peligro de extinción. 2012.
3. SOLARI, Fabiola. Casa Andler en Playa Maitén: de bohemia a Chile, la reconfiguración del sistema constructivo blockhaus. (Taller de investigación). Santiago de Chile: P. Universidad Católica de Chile. 2012.
4. BAIXAS, Juan Ignacio: Forma Resistente, Santiago, Chile, Ediciones ARQ, 2005.
5. BUSTAMANTE, Waldo: Guía de Diseño para la Eficiencia Energética en la Vivienda Social, Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago, 2009.
6. CRISPIANI, Alejandro [Editor]: Aproximaciones: de la arquitectura al detalle, ARQ, Santiago, Chile, 2001.
7. ENGEL, Heino: Sistemas de Estructuras, Barcelona, GG, 2001.
8. HERZOG, Thomas [et al]: Timber Construction Manual. Basel, Birkhäuser, 2004.
9. MCDONOUGH, W., & BRAUNGART, M. Cradle to cradle: remaking the way we make things. London, Vintage, 2009.

Conferencias

10. ABRAHAMSEN, R y KJELL, M.: Structural Design and Assembly of “Treet” -A 14- Storey Timber Residential Building in Norway. Quebec, WCTE 2014.
11. PAHALÍ, Marc. El Papel Transformador de la Madera. Presentación en la Semana de la Madera 2018. Stgo, Chile.

Documentos Electrónicos

11. ACTON OSTRY Architects: “Brock Commons Tallwood House”. Disponible en: <<http://www.actonstry.ca/project/brock-commons-tallwood-house/>>

12. CORFO: Hoja de Ruta Programa Construye 2025. Disponible en:

<<http://www.construye2025.cl/wp-content/uploads/2016/05/Hoja-de-Ruta-Construye-2025.pdf>>

13. DALHEIM, Robert: “How Cross Laminated Buildings are Built”. Disponible en: <<https://www.woodworkingnetwork.com/wood/panel-supply/how-cross-laminated-timber-buildings-are-built>>

14. FEARSON, Ami: “Architects embrace the beginning of the timber age”. Disponible en: <<https://www.dezeen.com/2015/11/09/cross-laminated-timber-construction-architecture-timber-age>>

15. INE: Anuario Construcción 2015

16. INFOR: Programa Elige Madera, 2016.

17. INN: Resumen Normas Chilenas en Torno a la Madera. Disponible en: <<http://www.madera21.cl/wp-content/uploads/2017/03/Normas-Chilenas-de-construcción-en-madera.pdf>>

18. REID, H. [et. al]: (2004) “Report on Using Wood Products to Mitigate Climate Change: A Review of Evidence and Key Issues for Sustainable Development”. International Institute for Environment and Development, London, 2004. Disponible en: <http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/rome2007/docs/Using_wood_products_to_mitigate_climate_change.pdf>

19. UNITED NATIONS | Department Of Economic and Social Affairs: “World Urbanization Prospects | The 2014 Revision”. Disponible en: <<https://esa.un.org/unpd/wup/Publications/Files/WUP2014-Report.pdf>>

20. <http://www.portadores.uc.cl/destinos_llanquihue_garcas.html>

21. <www.munivaldivia.cl>

22. <<http://www.plataformaurbana.cl/archive/2014/06/11/valdivia-capital-americana-de-la-cultura-en-2016-que-significa/>>

23. <<https://www.visitchile.com/es/guias-turisticas/valdivia/>>

24. <https://www.researchgate.net/publication/296691479_Construccion_en_Madera_Maciza_en_el_Sur_de_Chile_un_sistema_constructivo_excepcional_en_peligro_de_extincion>

25. <<https://www.corpartes.cl>>

26.

<<https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/879279/teatro-y-centro-cultural-corporates-renzo-zecchetto-architects>>