UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA

DEPARTAMENTO DE ARQUITECTURA
VALPARAÍSO – CHILE

PROPUESTA DE EDIFICIO DE MEDIANA ALTURA MODULAR E INDUSTRIALIZADO EN MADERA

VALERIA ALEJANDRA ROMERO CANTILLANA

MEMORIA DE TITULACIÓN PARA OPTAR AL TÍTULO DE ARQUITECTO

PABLO SILLS – FERNANDO HAMMERSLEY
AGOSTO – 2024

Material de referencia, su uso no involucra responsabilidad del autor o de la institución

AGRADECIMIENTOS

Al profe Pablo, por su constante guía, apoyo y preocupación.

DEDICATORIA

A mis papás,
que creyeron en mí cuando yo no lo hice,
y han estado siempre a mi lado apoyándome en todo.

A mi tata y a mi guela,
que me hacen falta todos los días,
y me hubiese gustado que me acompañaran en este proceso.

Espero haberlos hecho sentir orgullosos.

RESUMEN

Esta memoria describe el proceso de diseño de un conjunto habitacional ubicado en la ciudad de Rancagua. Posee un programa mixto ya que considera edificios multifamiliares, con distintas tipologías de vivienda enfocadas en distintos grupos etarios y espacios comunes; además de una planta comercial, donde también se ofrece una variedad de programas enfocados en la comunidad.

La propuesta se instala en un terreno de 20.940 m². Se compone de tres bloques de vivienda de 4 pisos con departamentos de tipo single y dúplex, más un bloque de 3 pisos pensado para adultos mayores y personas con movilidad reducida, que sólo incorpora departamentos de tipo single. Sumando un total de 174 viviendas en una variedad de 6 tipologías y 14.006,88 m² construidos, además de 2.964,96 m² de equipamiento mixto.

El proyecto utiliza un sistema constructivo mixto de poste y viga, que combina elementos de madera maciza para la estructura principal en los pisos 2, 3 y 4; con tabiquería ligera para los cerramientos y divisiones interiores. Que se posa sobre un primer nivel de hormigón armado con losa postensada.

Este sistema considera la industrialización de los componentes estructurales, en pilares y vigas de madera laminada y losas de CLT, así como también los paneles de muros interiores y exteriores, lo que permite pre instalar conexiones metálicas ocultas para el posterior montaje en obra, aumentando la velocidad de construcción y mejorando los estándares de calidad.

ABSTRACT

This document describes the design process of a housing complex located in the city of Rancagua. It has a mixed use program as it includes multifamily buildings, with different housing typologies focused on various age groups and common spaces, as well as a commercial area that offers a variety of community focused programs.

The proposal is situated on a 20,940 m^2 site. It comprises three 4 story residential blocks with single and duplex apartments, plus a 3 story block designed for seniors and people with reduced mobility, which only includes single apartments. In total, the complex has 176 housing units in a variety of 6 typologies and 14.006,88 m^2 of built area, in addition to 2,964,96 m^2 of mixed used facilities.

The project uses a mixed construction system of post and beam, combining mass timber elements for the main structure on the 2nd, 3rd and 4th floor, with light frame structure for the envelope and interior divisions. That sits on a level of reinforced concrete with a post-tensioned slab.

This system condiders the industrialization of structural components, using glulam columns and beams, and CLT floors, as well as interior and exterior panels, allowing for pre-intalled concealed metal connectors for the later on site assembly. This increases construction speed and improves quality standards.

GLOSARIO

Déficit cuantitativo: En términos habitacionales, se refiere a la cantidad de viviendas requeridas para cubrir las necesidades de la población.

Déficit cualitativo: Se refiere a la insuficiencia en la calidad de las viviendas existentes para cumplir con los estándares mínimos de habitabilidad.

Allegamiento / Hogares allegados: Un hogar es un grupo de personas que comparte un presupuesto de alimentación, si en una vivienda reside más de un hogar existe allegamiento.

Viviendas irrecuperables: Viviendas que son mediaguas, viviendas móviles u de otro tipo. Viviendas que por la materialidad de sus muros, pisos y/o techo deben ser reemplazadas.

Núcleos allegados y hacinados: Grupos familiares que pertenecen a un mismo hogar, pero que dado su parentesco se consideran unidades independientes. Hay déficit cuando estos hogares viven hacinados, es decir, que habitan 2,5 o más personas por dormitorio.

Hacinamiento no ampliable: Viviendas sin allegamiento, pero con hacinamiento que no pueden ser ampliadas por ser arrendadas o corresponder a departamentos, o piezas en casa contigua o conventillo.

Jefatura de hogar: Es la persona o integrante más 'importante' en un hogar, en función de un determinado criterio como autoridad o económico.

Hogar unipersonal: Se refiere a la estructura familiar en la que sólo una persona constituye el hogar.

Construcción industrializada: Es un método de construcción que tiene como objetivo optimizar el proceso de fabricación de componentes, mediante la integración de la automatización y mecanización en un entorno de producción controlado.

Madera de ingeniería: Es un tipo de material fabricado a partir de productos de madera (capas, fibras o partículas) que se procesan y ensamblan mediante técnicas industriales para mejorar sus propiedades mecánicas y estructurales.

Sistema tilt-up: Es una técnica de construcción en la que paneles prefabricados, generalmente de madera u hormigón son levantados para formar los muros una una estructura.

GLOSARIO

CLT: Por sus siglas en inglés (Cross Laminated Timber) o madera laminada cruzada, es un producto de madera maciza, compuesto de varias capas de madera (generalmente tres, cinco o siete) dispuestas perpendicularmente entre sí, lo que le proporciona una gran resistencia, rigidez y estabilidad dimensional; unidas con adhesivos industriales para formar un panel.

LSL: Laminated Strand Lumber o madera de hebras laminadas, es un tipo de madera de ingeniería fabricado a partir de hebras largas de madera dispuestas en capas paralelas, unidas con adhesivos industriales a alta presión y temperatura, lo que confiere al producto una gran resistencia y estabilidad.

LVL: Laminated Veneer Lumber o madera laminada enchapada, es un tipo de madera de ingeniería fabricado a partir de capas delgadas de chapa de madera, unidas con adhesivos industriales para formar un componente estructural sólido y uniforme.

ÍNDICE

Introducción 8
1.- Déficit Habitacional 9
2.- Déficit Habitacional en la Región de O'higgins 14
3.- Plan de Emergencia Habitacional 19
4.- Mercado y Subsidios 25
5.- Construcción Industrializada 33
Referentes Nacionales 36
Barrio Ecosustentable Oasis de Chañaral 36
Torre Experimental Peñuelas 39
Edificio Icónico de Rancagua 41
Horizonte del Pacífico 42
Viviendas Tipo Industrualizadas MINVU 43
6.- Madera 47
Biofilia 54
7.- Referentes 57
Superlofts 59
The Canyons 63
Carbon 12 67
8.- Proyecto 71
Sitio 73
Normativa 75
Partido general 76
Usuarios 88
Distribución programática 89
Tipologías 90
Fachada 96
Espacios comúnes entre tipologías 98
Sistema constructivo FFTT 100
Secuencia constructiva 103
Estructura 114
Uniones 116
Planimetría 118
Visualizaciones 136
Maqueta 140
Conclusión 142
Bibliografía 145

INTRODUCCIÓN

El déficit habitacional en Chile es una problemática que se viene arrastrando desde hace muchos años. Lo que partió con la migración de familias del campo, terminó provocando un rápido crecimiento en las ciudades y por ende aumentando la demanda de viviendas en áreas urbanas. Este problema ha obligado a los gobiernos a buscar soluciones, implementando políticas públicas en su mayoría deficientes en términos de calidad y acceso a equipamiento y servicios, a menudo relegando a familias a sectores periféricos.

En los últimos años esta situación ha aumentado de sobremanera, debido principalmente a factores como el allegamiento por la crisis económica que ha generado el covid, y más recientemente por el alto número de familias que han perdido sus viviendas debido a las inundaciones provocadas por las intensas lluvias e incendios intencionales.

Debido a lo anterior es que se hace necesario implementar soluciones rápidas y de calidad, innovando con un sistema constructivo que permita combatir el déficit de viviendas a través de la estandarización de procesos que permitan acortar los tiempos de ejecución, así como también mejorar los estándares de calidad.

Es por esto que el proyecto busca ayudar a combatir el déficit habitacional entregando viviendas cómodas, confortables y de calidad en aspectos térmicos, acústicos y estructurales, ubicadas en un sector accesible, con acceso a equipamiento y servicios que permitan el desarrollo de la vida en comunidad.

DÉFICIT HABITACIONAL

El déficit habitacional se define como la cantidad de viviendas nuevas que se necesitan para reemplazar las viviendas inhabitables y entregar una vivienda a las familias allegadas [1]. Pero también supone un conjunto de carencias que no sólo implican la falta de una vivienda, sino que también guarda relación con diversos factores que influyen en la calidad de vida de las personas que no han podido acceder a ella [2].

Figura 1: Déficit habitacional CASEN 2017



Fuente: Elaboración propia en base a encuesta CASEN 2017

Según el Centro de Políticas Públicas UC, y de acuerdo a la actualización metodológica para medir el déficit habitacional publicada por el MINVU (2022), este estaría conformado por tres componentes, el déficit cuantitativo, las familias de campamentos, y los hogares de personas en situación de calle. Por su parte, el déficit cuantitativo estaría compuesto por la suma de viviendas irrecuperables, hogares allegados, núcleos allegados y hacinados, y hacinamiento no ampliable.

Figura 2: Déficit habitacional cuantitativo



Fuente: Elaboración propia en base a encuesta CASEN 2020

Figura 3: Déficit habitacional total



Fuente: Elaboración propia en base a encuesta CASEN 2020, Catastro de campamentos 2020-2021, TECHO-Chile y Fundación vivienda, Cuantificando personas en situación de calle para RM+ 1459-2021

La crisis de acceso a la vivienda es un problema que ha ido aumentando en los últimos años. Si bien, de acuerdo a la encuesta CASEN, entre los años 2011 y 2015 hubo una baja en el número de viviendas en déficit, esta tendencia se revierte bruscamente en la medición del año 2017, producto de un importante aumento en los hogares allegados.[2] Lo mismo ocurre con las familias en campamentos, cuyo número ha aumentado de forma sostenida desde el año 2014. [3]

Pero ¿Por qué ha aumentado esta cifra?.

Principalmente por un explosivo crecimiento de las familias que viven allegadas.

Esto, debido a que existe una **preferencia por vivir en zonas centrales y bien localizadas** donde las familias optan por el allegamiento en busqueda de **mantener sus condiciones de acceso a servicios y equipamiento.**
Otra de las razones tiene relación con el **aumento sostenido del precio de las viviendas y la dificultad para acceder a financiamiento**. Las dificultades que enfrentan los sectores más vulnerables de la población para acceder a una vivienda, ya sea propia o en arriendo, se debe principalmente a la dispar relación entre el aumento en los precios de las viviendas y el de los ingresos de los hogares. De hecho, en los últimos 10 años, el precio de las viviendas ha aumentado más de 100% en la región metropolitana, mientras que los salarios han crecido solo cerca de 36%. [1] Además, 52% de los hogares a nivel nacional no cumplen con las condiciones mínimas para acceder a un crédito hipotecario para viviendas de hasta 1500 UF. [1]
Por último, **cambios demográficos que multiplican la tasa de jefatura de hogares**, tales como el envejecimiento poblacional, la conformación de hogares más pequeños, principalmente el aumento de hogares unipersonales y la migración externa.

Figura 4: Razones principales allegamiento y campamentos



Fuente: Elaboración propia

El estallido social del año 2019 y la crisis económica y sanitaria provocada por la pandemia del COVID-19, han visibilizado el rebalse de la vulnerabilidad habitacional que enfrenta nuestro país, generando un alza en campamentos y personas en situación de calle que se encuentran fuera del mercado de arriendo, poniendo urgencia a la necesidad de repensar una nueva política pública de vivienda, que entregue soluciones oportunas a las cientos de miles de familias que hoy necesitan mejorar su condición habitacional. [1]

Es importante señalar que tanto el alto costo de los arriendos, la necesidad de dejar de ser allegado y los bajos ingresos se señalan como los motivos mas importantes de las familias para vivir en campamentos. [2]

Si bien la política habitacional chilena ha disminuido el déficit habitacional cuantitativo, con diversos programas y la construcción de viviendas para las familias más vulnerables, la realidad es que con frecuencia se generan territorios poco equitativos con segregación hacia la periferia de las ciudades, lo que va de la mano con una infraestructura urbana deficiente y por consecuencia acceso limitado a bienes y servicios, lo que afecta la calidad de vida de las personas que los habitan. [3]

DÉFICIT HABITACIONAL EN LA REGIÓN DE O'HIGGINS

En la Región de O´higgins se necesitan 16.836 viviendas nuevas, de las cuales 8.310 corresponden a viviendas irrecuperables, 4.529 a allegamiento externo, y 3.997 a núcleos allegados con independencia económica en condiciones de hacinamiento.
El mayor número de requerimientos lo presentan las comunas de Rancagua, Rengo y San Fernando. [4]

Figura 5: Déficit habitacional en la región de O´higgins



Fuente: Caracterización y proyección del déficit habitacional, Centro de políticas públicas UC

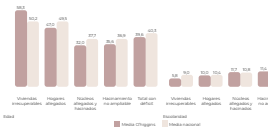
Figura 6: Déficit habitacional en la ciudad de Rancagua



Fuente: Déficit habitacional cuantitativo por zona censal, Centro de estudios de ciudad y territorio MINVU

En la región, se muestra una importante presencia de adultos mayores en una situación material precaria, y la situación de hogares jóvenes obligados a compartir vivienda con su núcleo familiar. [12]

Figura 7: Edad y escolaridad promedio en déficit cuantitativo regional



Fuente: Elaboración propia en base a encuesta CASEN 2020

En cuanto a la realidad de los campamentos en la región, el trabajo del catastro nacional de campamentos de TECHO y Fundación Vivienda (2021), señala la presencia de 36 campamentos que albergan a 900 familias. [13]

Figura 8: Familias en campamentos en la región de O'Higgins



Fuente: Caracterización y proyección del déficit habitacional, Centro de políticas públicas UC

Figura 9: Mapa de calor campamentos en la región de O'Higgins



Fuente: Caracterización y proyección del déficit habitacional, Centro de políticas públicas UC

Figura 10: Distribución de familias en campamentos en la región de O'Higgins

	Rancagua	Rengo	San Fernando	Chimbarongo
N° campamentos	6	4	4	5
N° campamentos	249	62	155	99
N° familias migrantes	4	20	10	0
N° niñ@s y adolescentes	111	50	234	56

Fuente: Elaboración propia en base a Catastro nacional de campamentos TECHO Chile 2021

En total, los hogares de personas en situación de calle son 449, ellos se concentran en la comuna de rancagua, con un 60% del total regional. [9]

Figura 11: Distribución de familias en campamentos en la región de O'Higgins



Fuente: Caracterización y proyección del déficit habitacional, Centro de políticas públicas UC

De este capítulo se desprenden los tipos de usuario al que está dirigido el proyecto, adultos mayores, hogares jóvenes, y familias en campamentos. El objetivo es ayudar a cubrir la necesidad de vivienda de distintos grupos de usuario, lo que también aplica para el primer nivel del edificio que albergará una diversidad de programas de equipamiento.

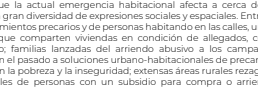
PLAN DE EMERGENCIA HABITACIONAL

Como es sabido, y tal como se señala en el **plan de emergencia habitacional,** Chile enfrenta una aguda **crisis de acceso a la vivienda,** así como **desiguales oportunidades de consumo de bienes y servicios urbanos.** Tal como en otras crisis, son los sectores populares y los hogares de sectores medios y de bajos ingresos los más afectados.
Tales situaciones se expresan tanto en la inequitativa distribución de equipamientos e infraestructura básica en barrios, ciudades y territorios, como en la dismil disposición de recursos humanos y monetarios que puedan compensar dichas deficiencias.

Por casi medio siglo, el estado ha tenido un rol secundario en estas materias, de carácter únicamente subsidiario, cuyas insuficiencias en relación a la vivienda se han agravado debido a la desregularización del mercado del suelo. Esto ha generado en nuestros territorios no solo las profundas desigualdades señaladas, sino una **oferta de vivienda segregada e inasequible,** que evidencia las dificultades de la actual política habitacional para responder a las necesidades de la población.

Se estima que la actual emergencia habitacional afecta a cerca de 650.000 hogares y presenta una gran diversidad de expresiones sociales y espaciales. Entre ellas, el incremento de los asentamientos precarios y de personas habitando en las calles, un persistente número de hogares que comparten viviendas en condición de allegados, con un alto grado de hacinamiento; familias lanzadas del arriendo abusivo a los campamentos; barrios que accedieron en el pasado a soluciones urbano-habitacionales de precaria calidad, donde hoy se concentran la pobreza y la inseguridad; extensas áreas rurales rezagadas de la acción del Estado, y miles de personas con un subsidio para compra o arriendo que no pueden materializar, ya que se enfrentan a un mercado privado de viviendas inasequibles.

Figura 12: Índice de precios de vivienda general y precios de arriendo sobre índice real de remuneraciones



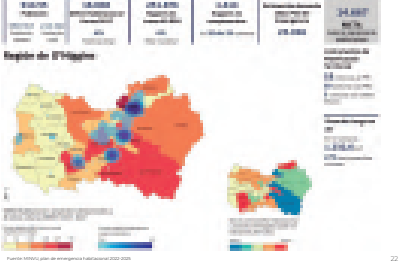
Fuente: Elaboración propia en base a Centro de estudios de ciudad y territorio, con base en datos del Banco Central de Chile

Hasta ahora no se ha incorporado la **necesidad de suelo bien localizado** para vivienda social. De esta manera, a pesar de los esfuerzos realizados por el Ministerio y los programas habitacionales, -basados fundamentalmente en la asignación de subsidios-, no se ha logrado responder a la creciente necesidad de vivienda adecuada y mejoramiento del entorno.

Si lo anterior se vincula con la crisis habitacional, otro factor que incide sobre ella de manera crucial es la **urgencia.** Esta se relaciona con las expectativas sociales surgidas del estallido social de 2019, un crecimiento económico desigual, la falta de alternativas de acceso a la vivienda en sus distintas modalidades, y los extensos tiempos de respuesta por parte del Estado.

Frente al escenario descrito, urge avanzar en la reducción del déficit habitacional acumulado, en todas las comunas del país, con particular foco en los hogares vulnerables y de bajos ingresos. **Es urgente producir más y mejores viviendas y territorios más equitativos que favorezcan la integración social y urbana** y atiendan prioritariamente las urgencias de los sectores más afectados.

Figura 13: Caracterización Región de O'Higgins



Fuente: MINVU, plan de emergencia habitacional 2022-2025

El plan de emergencia habitacional establece que para el desarrollo de proyectos urbano-habitacionales, el MINVU podrá instaurar un sistema especial de construcción de proyectos de viviendas sociales de gran escala y ejecución de obras de equipamiento para su integración social y urbana, como complemento de los programas que promueven la postulación individual o colectiva. Estos proyectos serán coordinados y ejecutados a través de las Secretarías Regionales Ministeriales (SEREMI) y SERVIU, sin perjuicio de la participación de otros actores en su presentación y ejecución (municipios, gobiernos regionales, cooperativas de vivienda, entidades patrocinantes, empresas u otras personas jurídicas de derecho público o privado).
Este sistema tiene por **objetivo** que la **producción de viviendas y el equipamiento necesario no dependan exclusivamente de la asignación de subsidios** a un número determinado de familias, sino que puedan ser financiados como proyecto y ejecutados de manera global. También se contempla la modalidad mixta de gestión y/o financiamiento, con aportes de fuentes diversas (otros órganos públicos, gobiernos regionales, municipios, empresas u otras personas de derecho público o privado)

Principios Rectores

Algunos de los principios rectores que se señalan en el plan de emergencia habitacional y que pueden incluirse en el desarrollo del proyecto son:

Equidad territorial: Debe garantizarse el acceso a la vivienda como parte de una estrategia planificada e integral, que permita a todas las personas desarrollarse plenamente en entornos seguros y bien localizados, conectados a equipamientos, áreas verdes y servicios de calidad, contribuyendo así a una mayor integración social y urbana. [8]

Diversidad: Implica una respuesta oportuna y efectiva a las diversas demandas y necesidades urbano-habitacionales de todas las personas, hogares, familias y grupos sociales, considerando sus ciclos y modos de vida, así como las distintas formas de organización social y cultural. [9]

Descentralización: Exige considerar las diversas realidades geográficas de los territorios, fomentando la autonomía de los servicios regionales y el desarrollo local sostenible, para mejorar las condiciones de habitabilidad en áreas urbanas y rurales. [10]

Sustentabilidad: Considerando el contexto de crisis ambiental y cambio climático, es crucial impulsar el desarrollo de planes y proyectos sustentables y territorialmente pertinentes, que promuevan el cuidado del medioambiente y mejoren las condiciones de habitabilidad y salud de las personas. [11]

En concordancia con lo descrito anteriormente, el proyecto busca incorporar los aspectos mencionados; **el fin no es erradicar el déficit habitacional, sino mas bien aportar a su disminución** a través de la construcción de viviendas de calidad, que mediante el concepto de **flexibilidad** sean capaces de adaptarse a las necesidades de distintos grupos familiares, ubicadas en un espacio bien localizado con acceso a equipamiento y servicios, a través de un **sistema constructivo innovador** que permita **acortar los tiempos de ejecución**, para así hacer frente a la urgencia con que se necesitan, y que además tiene un carácter de sustentabilidad debido a la utilización de materiales nobles.

MERCADO Y SUBSIDIOS

De acuerdo al Informe de actividad del sector inmobiliario del tercer trimestre de 2021 realizado por la Cámara Chilena de la Construcción (CChC), durante el último período no se han registrado ventas por viviendas menores a las 1.000 UF. De hecho, el segmento entre las 1.000 y 1.500 UF registra apenas un 1% de la actividad, mientras que en el segmento de 1.500 a 2.000 UF se alcanza un 4%. Así mismo, el grueso de las ventas se concentra en las propiedades de entre 2.000 a 3.000 UF y 3.000 a 4.000 UF, con 44% y 24% de la actividad del sector respectivamente. [7]

Según estimaciones de TECHO, si en 2012 una familia del quintil más bajo demoraba en promedio 20,49 años en pagar su vivienda, en 2020 esa misma familia tardará 51,47 años. [7,8]
Según estudios de la CChC, se explica que para adquirir una vivienda de 3.000 UF, antes en un escenario 'A', con una tasa de interés al 3% y en un plazo de 30 años, se necesitaba un ingreso familiar cercano a $1.540.000 para obtener el financiamiento hipotecario. Sin embargo, hoy en un escenario 'B', con una tasa cercana al 5% y un plazo máximo de 20 años, se necesita un ingreso familiar de $2.422.000, es decir, un aumento del 57% en el ingreso de la familia postulante al financiamiento, lo cual es prácticamente imposible de lograr para una familia promedio en Chile. [8]

D8-49

Subsidio habitacional para comprar una vivienda construída de hasta **950 UF.**
Permite a familias que no son dueñas de una vivienda y viven en una situación de vulnerabilidad social y necesidad habitacional, comprar una vivienda construída sin deuda hipotecaria, o bien, integrarse a una de las iniciativas de la nómina de proyectos habitacionales del SERVIU de la región.
El aporte del Estado está compuesto por un **subsidio base** de **314 UF,** el cual puede aumentar según la ubicación geográfica de la vivienda y subsidios complementarios que dependen de las características del grupo familiar que postula y la vivienda que se espera comprar.

Figura 14: ¿Cómo se financia la compra de una vivienda?



Fuente: Elaboración propia en base a MINVU

DS1 Tramo 1

Subsidio habitacional para comprar una vivienda de hasta **1100 UF.**
Permite a familias que no son dueñas de una vivienda y tienen capacidad de ahorro, acceder a una ayuda económica para comprar una casa o departamento nuevo o usado con un **ahorro mínimo** de **30 UF.**

Figura 15. Financiamiento DS1 tramo 1



Fuente: Elaboración propia en base a MINVU

Figura 16. Requerimientos tramo 1



Fuente: Elaboración propia en base a MINVU

DS1 Tramo 2

Subsidio habitacional para comprar una vivienda de hasta **1600 UF.**
Permite a familias que no son dueñas de una vivienda y tienen capacidad de ahorro, acceder a una ayuda económica para comprar una casa o departamento nuevo o usado con un **ahorro mínimo** de **40 UF.**

Figura 17: Financiamiento DS1 tramo 2



Fuente: Elaboración propia en base a MINVU

Figura 18: Requerimientos tramo 2



Zona extremo norte
Regiones de Arica y Parinacota hasta Atacama y Provincia de Chiloé

Zona regular
Regiones Coquimbo hasta Los Lagos

Zona extremo sur e insular
Regiones de Aysén, Magallanes y la Antártica Chilena, Provincia de Palena, Isla de Pascua y de Juan Fernández

Tramo 2
Ahorro mínimo
40 UF

Los postulantes pueden pertenecer hasta el tramo del 80% según el Registro Social de Hogares.
Permite comprar viviendas de hasta 1800 UF y el subsidio varía entre 350 y 650 UF según el precio de la vivienda.

Los postulantes pueden pertenecer hasta el tramo del 80% según el Registro Social de Hogares.
Permite comprar viviendas de hasta 1600 UF y el subsidio varía entre 250 y 550 UF según el precio de la vivienda.

Los postulantes pueden pertenecer hasta el tramo del 80% según el Registro Social de Hogares.
Permite comprar viviendas de hasta 1800 UF y el subsidio varía entre 400 y 700 UF según el precio de la vivienda.

Fuente: Elaboración propia en base a MINVU

DS1 Tramo 3

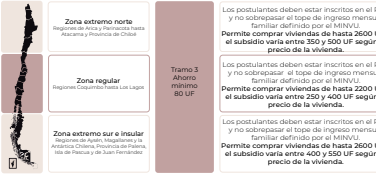
Subsidio habitacional para comprar una vivienda de hasta **2200 UF.**
Permite a familias que no son dueñas de una vivienda y tienen capacidad de ahorro, acceder a una ayuda económica para comprar una casa o departamento nuevo o usado con un **ahorro mínimo** de **80 UF.**

Figura 19: Financiamiento DS1 tramo 3



Fuente: Elaboración propia en base a MINVU

Figura 20: Requerimientos tramo 3

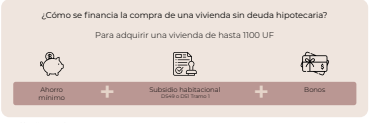


Fuente: Elaboración propia en base a MINVU

DS19 Programa de integración social y territorial

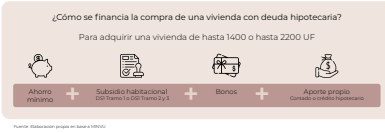
Permite a familias de diferentes realidades socioeconómicas que buscan adquirir su primera vivienda con apoyo del Estado, acceder a proyectos habitacionales en barrios bien localizados y cercanos a servicios, con estándares de calidad en diseño, equipamiento y áreas verdes.

Figura 21: Financiamiento DS19



Fuente: Elaboración propia en base a MINVU

Figura 22: Financiamiento DS19



Fuente: Elaboración propia en base a MINVU

DS10 Programa de habitabilidad rural

Permite a familias que necesitan una solución habitacional y viven en zonas rurales o urbanas de hasta 5.000 habitantes, construir una vivienda en el terreno donde residen. La vivienda deberá tener como mínimo dos dormitorios, cocina, baño y estar-comedor, a los cuales es posible adicionar dos obras tales como un tercer dormitorio en caso de requerirlo y/o un recinto de almacenamiento o productivo (leñera, invernadero, bodega, gallinero, otros)

Figura 23: Financiamiento DS10



Fuente: Elaboración propia en base a MINVU

CONSTRUCCIÓN INDUSTRIALIZADA

En Chile, la construcción industrializada se refiere a una forma de construir que busca lograr mejoras en la productividad, sostenibilidad, gestión de residuos de construcción, plazos, costos, entre otros; que además puede o no incluir elementos prefabricados. [19]
Es importante señalar que la prefabricación y la industrialización son conceptos diferentes.

La construcción industrializada corresponde al desarrollo en fábrica de la mayoría de los componentes y elementos que conforman un módulo o estructura, de forma estandarizada y bajo una secuencia de fabricación, traslado y montaje, tal como una producción en serie. La industrialización tiene un enfoque sistémico, y requiere que el diseño considere los requerimientos de instalación y compatibilización con la estructura, de tal manera de reducir el trabajo realizado en obra a actividades como ensamble y montaje, y no elaboración.

La construcción industrializada se diferencia de otras formas de construcción principalmente por características como:
-Mayor velocidad de construcción y reducción de los tiempos de ejecución de obra en relación a los sistemas constructivos tradicionales. La elaboración de componentes en fábrica a través de procesos estandarizados, permite el trabajo de manera simultánea con terreno, lo que implica su preparación y construcción de cimientos, mientras se producen los elementos o módulos para su posterior montaje in situ, haciendo más rápido el proceso constructivo. Además, la construcción en seco elimina los tiempos de espera de secado existentes en faenas como albañilería y hormigón.

-Reducción de residuos y menor impacto ambiental. Los procesos industrializados permiten un mejor aprovechamiento del material, lo que produce menor cantidad de residuos de construcción tanto en fábrica como en obra. Así mismo, al ser los tiempos de obra reducidos, y los procesos constructivos principalmente de montaje, se produce un menor impacto en el entorno, lo que se traduce en menor ruido, menos polvo, mínima cantidad de basura, y faenas más pequeñas ya que no se requiere almacenamiento de los elementos prefabricados, sino que estos son llevados a la obra según el avance de la misma, en un camión desde donde son tomados e instalados directamente en la estructura.

-Mayor control de procesos. Al desarrollar los componentes requeridos para la estructura en fábrica, a través de procesos estandarizados y maquinaria especializada, se genera un ambiente controlado que permite producir soluciones más sofisticadas y de mejor calidad, lo que aumenta la productividad y disminuye la probabilidad de accidentes. Además, los procesos de fabricación al no estar sujetos a las condiciones climáticas, se mantiene un flujo de producción más constante durante el año.

-Menor costo en mano de obra. Al ser los procesos industrializados, se necesita menos

mano de obra especializada y un nivel de habilidades más bajo en comparación con la construcción tradicional en obra, además los procesos de prefabricación en serie requieren un menor número de trabajadores, comparados con los necesarios para realizar las mismas labores en la construcción tradicional in situ.

Referentes nacionales

En la actualidad, se han construido algunos proyectos de mediana altura que han recurrido en mayor o menor medida a la industrialización para su desarrollo, y que han sido implementados como soluciones constructivas en situaciones de urgencia.

Barrio Ecosustentable Oasis de Chañaral (2017)

CIM UC – MINVU – CORFO | Chañaral, Región de Atacama

Figura 24: Barrio Ecosustentable Oasis de Chañaral



Fuente: CIM UC

Figura 25: Proceso constructivo



Fuente: Madera 21

El proyecto surge como respuesta a la serie de aluviones que afectaron al norte del país en el año 2015, y tiene por objetivo promover la construcción sustentable de viviendas sociales, incorporando materiales renovables como la madera, nuevas tecnologías, y procesos industriales que permitan optimizar las faenas en obra y minimizar el impacto sobre el medio ambiente

El conjunto habitacional se compone de 260 viviendas, construidas de madera industrializada, ordenadas en edificaciones contiguas de 2 y 3 pisos. Para el proyecto, se consideraron soluciones tipo y viviendas para familias con movilidad reducida, las que contemplan más de 50 m2. [19] La obra incorpora estrategias que fomentan la integración social a través de los espacios comunes, y pretende instalar la escala de barrio como unidad de desarrollo.

Debido a la necesidad de una respuesta rápida, se presenta la construcción industrializada en madera como una alternativa clave. Para este proyecto se trabajó con paneles

industrializados desarrollados en fábrica, elaborados con madera de pino radiata cepillado seco, impregnado al vacío, y arriostrados por una placa OSB de 11,1 milímetros. [11]
Para edificar la estructura de las viviendas se utilizó el sistema constructivo marco-plataforma, que consiste en un entramado liviano de madera para losas mediante un envigado de 2x8" para viviendas de dos pisos, y 2x10" para viviendas de tres pisos. El sistema permitió levantar la estructura de una casa en un día y medio aproximadamente, y el montaje se realizó por medio de un camión grúa, el cual izaba los paneles para su instalación. El uso de la madera como material predominante apoyó el proceso de industrialización ya que los paneles fueron fáciles de trabajar y transportar. [11]
Las soluciones constructivas de las viviendas fueron ensayadas para tener una resistencia al fuego mayor a F60, lo que está por sobre la norma actual para este tipo de viviendas; además, cuentan con soluciones acústicas para muros divisorios y entrepiso, las cuales consiguen desempeños por sobre el nivel de 45 decibeles de aislamiento del ruido aéreo que requiere la norma. En cuanto a aspectos térmicos, el desempeño de aislación es superior a la norma y permite que el 99% de las horas del año las viviendas tengan temperaturas bajo los 25°C y sobre los 19°C, gracias a la hermeticidad de la envolvente y la buena aislación del sistema de paneles de madera. [11]
Presente en todos los elementos del muro perimetral del edificio se encuentra una fachada ventilada, que corresponde a una cámara de aire ubicada en la última capa de terminación de la fachada, que consigue que el aire en movimiento reduzca el sobrecalentamiento asociado a la radiación solar que reciben. [11]

El proyecto goza de ser una experiencia de diseño sostenible única al contar con una planta de tratamiento de aguas grises, equipamiento comunitario con áreas de reciclaje y huertos. Así mismo, las viviendas fueron certificadas en consumo eficiente de energía clase A y A+, lo que significa un 91% de ahorro en las viviendas calificadas con A+. Esto debido a que la energía eléctrica utilizada en las casas proviene de paneles fotovoltaicos, mientras que el agua caliente sanitaria se obtiene a través de sistemas solares térmicos complementarios a las redes tradicionales. Esto significa un ahorro de un 85% de las cuentas de gas, y 40% en las de electricidad. [12]
A su vez, las aguas servidas serán recicladas para ser utilizadas como riego de las áreas verdes del complejo, favoreciendo el ahorro en los consumos domiciliarios de las familias en aproximadamente un 80% del costo del agua para el riego. [13]
El barrio como proyecto habitacional, también obtuvo calificación A, lo que significa un ahorro del 84% en sus consumos. [13]

Figura 26: Tipología módulo de 2 pisos



Fuente: Archdaily

Figura 27: Tipología módulo de 3 pisos



Fuente: Archdaily

Torre Experimental Peñuelas (2019)

CM UC – MMU | Reserva Nacional Peñuelas, Región de Valparaíso

Figura 28: Torre Peñuelas



Fuente: CM UC

Figura 29: Montaje de módulos



Fuente: CM UC

Figura 30: Fabricación de módulos



Fuente: CM UC

La Torre Peñuelas es una de las construcciones en madera más altas de Chile y Latinoamérica con cerca de 20 metros de altura y seis pisos que incluyen una terraza mirador. Fue construida con el sistema marco-plataforma, y la estructura se divide en pisos construidos como bloques, puestos uno sobre otro, en un tiempo de montaje de menos de una semana. [16]

Es una iniciativa a largo plazo enfocada en desarrollar y fortalecer el uso de la madera como material constructivo de viviendas en altura a gran escala, y su objetivo es probar el desarrollo de un sistema innovador de muros ventilados para edificios de vivienda de mediana altura en madera. [13]

Desde el punto de vista académico, el objetivo es medir el comportamiento físico-ambiental del edificio, a través de la instalación de sensores que monitorean una serie de variables tales como demanda energética, puentes térmicos, respuesta sísmica y comportamiento higrotérmico. Es por esto que durante los 18 meses siguientes a su inauguración, se estudiaron estas varibles para recabar información sobre la calidad y eficiencia de su desempeño como vivienda, midiendo de manera científica factores como el confort ambiental de los recintos interiores, el nivel de eficiencia energética, la capacidad de respuesta ante eventos sísmicos, así como también el estudio sobre la percepción de futuros usuarios de edificios equivalentes. Así mismo, se espera hacer una evaluación económica de los procesos de prefabricación y montaje de las estructuras, de manera de poder determinar los costos de los sistemas constructivos y evaluar su viabilidad económica en el contexto chileno. [13]

La construcción de los módulos se realizó en fábrica durante tres meses, al mismo tiempo que en el terreno se cimentó la zona; la edificación cuenta con una cimentación tradicional de hormigón de un metro y medio de profundidad, la mitad que una construcción tradicional. Además, cuenta con un recubrimiento hermético para que la madera no entre

en contacto con el subsuelo y así evitar la humedad. El montaje definitivo se completó en sólo cinco días.[14]

Para evitar el volcamiento se utilizó el sistema de anclaje ATS (Anchor Tie- Down System), que consiste en una barra de acero roscada (Strong Rod) instalada en el interior de los muros estructurales, que recorre el edificio en toda su altura; las barras se unen entre sí por placas de soporte, acopladores y tuercas, combinadas con dispositivos de compensación de contracción.[12]

Para evitar los desplazamientos de los módulos debido a las fuerzas de corte provocadas por los sismos, fue necesario conectar los muros y losas entre sí. Para esto se utilizaron conectores metálicos perimetrales diseñados especialmente para evitar realizar operaciones al interior de los muros, dado que los tabiques vienen terminados por ambas caras. Los conectores consisten en pares de pletinas de acero que fueron instaladas en la base de los muros, y sobre las losas inferiores en fábrica.[12]

Los distintos niveles de la torre se dividen en:

-1º piso, **Showroom** que exhibe por medio de pantallas, información gráfica y audiovisual, el comportamiento estructural y físico-ambiental de la torre en tiempo real.[13]

-2º, 3º y 4º piso, destinados exclusivamente a la **investigación** de la resistencia de la madera, por medio de sensores que miden índices de humedad, temperatura, corrientes de aire, nivel de luz, flujos de aire y ondas sísmicas, conectados a una estación meteorológica.[13]

-5º piso, **departamento piloto** tipo home-studio de 18 m2 habilitado para el público general, amoblado y con terminaciones como revestimientos de muro, artefactos eléctricos y piso de porcelanato.[13]

-6º piso, **terraza mirador** hacia la reserva Peñuelas, cubierta completamente de paneles solares bifaciales que generan energía eléctrica para el edificio.[13]

Figura 31: Corte programático



Fuente: Ficha técnica torre peñuelas, CIM UC

Figura 32: Materiales y componentes



Fuente: interpretación torre peñuelas, TKO Consultores

Figura 33: Sistema ATS



Fuente: Sistema ATS, Simpson Strong Tie

Edificio Icónico de Rancagua (2020)

CIN UC – MINVU | Rancagua, Región de O'Higgins

Figura 34. Visualización Edifico Icónico de Rancagua



Fuente: CIN UC

La licitación del proyecto busca mezclar la integración con la eco-sustentabilidad, así el edificio icónico sería el primer conjunto habitacional de integración social construido con madera de alto estándar y de mediana altura en Chile. [9]

Para su construcción se destinó un sitio eriazo perteneciente al Serviu, en avenida República de Chile a pocos metros de la nueva interconexión vial Machalí-Rancagua, donde hasta hace algunos años se encontraba la villa 'Los Parques', que fue demolida debido a los graves problemas estructurales que sufrió tras el terremoto del año 2010. En el terreno se proyecta la construcción de 110 unidades de vivienda, con un total de 8798 m² construidos, además considera la incorporación de áreas verdes y equipamiento de uso comunitario en un terreno de 5.263 m². [10][16]

El proyecto contempla dos torres de edificios, uno de 5 pisos y otro de 6 pisos, y cuenta con tres tipologías de vivienda. En la planta baja se contemplan unidades de 64,1 m² para personas con movilidad reducida, y en el quinto y sexto piso se contemplan departamentos dúplex, de 56 y 65 m² respectivamente. [16]

El conjunto incorporará cualidades de eficiencia energética y sustentabilidad tanto en su construcción como en su funcionamiento. Entre ellos se contempla una fachada ventilada para mejorar el confort térmico de la vivienda, disminuyendo su consumo energético; además, las soluciones constructivas de muros y entrepisos entregarán a la vivienda un confort acústico y térmico de alto rango en el interior. [16]

Para la edificación del proyecto se utilizará el sistema constructivo marco-plataforma, el cual consiste en la instalación de un entramado ligero de madera con placas estructurales. Este sistema se utiliza tanto en la construcción de paneles de muro como paneles de entrepiso, permitiendo su industrialización y por lo tanto poder levantar la estructura de un departamento en aproximadamente dos días. [17]

La edificación en altura en madera es viable gracias a la incorporación de la tecnología ATS, que ha sido testeada en la construcción de la Torre Peñuelas. [15]

Horizonte del Pacífico (2021)

E2E – Patagual Home | San Pedro de la Paz, Región del Bío–Bío

Figura 35: Edificio Horizonte del Pacífico



Fuente: Punta Cero Arquitectos

Figura 36: Proceso constructivo



Fuente: La Tribuna

Figura 37: Modelación de paneles



Fuente: E2E

Es el primer conjunto de edificios construidos íntegramente de madera en Chile con sistema industrializado de paneles. El condominio consta de 80 departamentos, dispuestos en cinco edificios de cuatro pisos y un total de 4.560 m² construidos; y cuenta con dos tipologías de vivienda, unidades de dos dormitorios de 43,37 m² y tres dormitorios de 54,34 m². [17]

La empresa E2E fue la encargada de la fabricación de los paneles, utilizando el sistema constructivo marco-plataforma, lo que los convierte en un producto eficiente en cuanto a montaje y faenas posteriores de terminación, de hecho el montaje de uno de los edificios tardó sólo cuatro semanas. [17]

En cuanto a los materiales y medidas de cada estructura, los muros están hechos de madera de calidad estructural MCP-10 de escuadría 164 mm x 62,86 x 62 mm, OSB de 11,1 mm, yeso cartón RF 15mm, ER 15 mm, ST 10 mm y lana de vidrio, la que va variando su espesor según el recinto y las restricciones de la normativa acústica y de fuego. El entrepiso está compuesto por vigas I-Joist de 241mm x 69 mm, lana de vidrio de 120 mm espesor, cielo doble de yeso cartón RF 15 mm y piso de terciado estructural de 18 mm; además de una sobrelosa seca, compuesta por un entramado de madera y una membrana acústica sobre ella, entre las cuales se ubica una colchoneta de lana de roca y terciado estructural de 18 mm. La cara exterior de las paredes se compone de paneles envolventes, cuyo interior contiene una membrana hidrófuga y una membrana para vapor. En cocinas y baños se instaló un producto de fibrocemento que simula la terminación de cerámica; mientras que el revestimiento exterior del edificio es de siding. [17]

Uno de los hitos del proyecto, es que se trata del primer edificio de madera industrializada adquirido por el MINVU bajo el marco del plan de emergencia habitacional, que será destinado al programa de arriendo a precio justo. [18]

En el marco del Plan de Emergencia Habitacional se ha adoptado un nuevo enfoque de gestión que apunta a fomentar la industrialización. Actualmente, se han establecido convenios con empresas industrializadoras para diseñar, en conjunto con el MINVU, viviendas tipo industrializadas. A esto se suma la certificación de empresas industrializadoras según Res. Ex. N°52, lo que les permitirá presentar proyectos de viviendas tipo industrializadas.
Como respuesta a la necesidad de contar con opciones de proyectos que permitan aprovechar de forma eficiente las cualidades positivas de la industrialización, el MINVU se encuentra impulsando el desarrollo de Proyectos de Vivienda Tipo Industrializados, los que de acuerdo a sus características pueden ser utilizados en las distintas zonas del país. [19]
Actualmente se dispone de los siguientes proyectos en altura:

Vivienda Tipo Industrializada BAUMAX

Programa Fondo Solidario de Elección de Vivienda (FSEV) regulado por DS-49

Figura 38: Visualización y plantas obra gruesa y terminaciones



Fuente: MINVU

Planta nivel tipo



Proyección de terminaciones a desarrollar por beneficiarios



-Sistema constructivo en base a muros y losas de hormigón prefabricado
-Menor tiempo de ejecución
-Menor producción de escombros, por lo tanto menor impacto ambiental
-Tipología: block de departamentos de 5 pisos
-Materialidad: hormigón armado
-Sistema constructivo hormigón armado
-Desarrollada para zona térmica D, suelo tipo C y zona sísmica 2

Superficie total depto 56,22 m²

Vivienda Tipo Industrializada BAUMAV

Programa Fondo Solidario de Elección de Vivienda (FSEV) regulado por DS-49

Figura 39: Visualización y planta obra gruesa habitable



Fuente: MINVU

Planta nivel tipo



Superficie
depto 56,42 m²
*Áreas comunes

1 Acceso
2 Estar-Comedor
3 Cocina
4 Logia
5 Baño
6 Dormitorio 1
7 Dormitorio 2
8 Dormitorio 3

-Sistema constructivo en base a muros y losas de hormigón prefabricado
-Menor tiempo de ejecución
-Menor producción de escombros, por lo tanto menor impacto ambiental
-Tipología: edificio departamentos 3 pisos
-Materialidad: hormigón armado
-Sistema constructivo hormigón armado
-Desarrollada para zona térmica A-B-C-D, suelo tipo D y zona sísmica 3

Vivienda Tipo Industrializada BAUMAX

Programa Fondo Solidario de Elección de Vivienda (FSEV) regulado por DS49

Figura 40: Visualización y plantas



Fuente: MINVU



1 Acceso/Estar-Comedor
2 Cocina
3 Logia
4 Baños
5 Baño
6 Dormitorio 1
7 Dormitorio 2
8 Dormitorio 3

Planta nivel tipo

-Sistema constructivo en base a muros y losas de hormigón prefabricado
-Menor tiempo de ejecución
-Menor producción de escombros, por lo tanto menor impacto ambiental
-Tipología: edificio departamentos 5 pisos
-Materialidad: hormigón armado
-Sistema constructivo hormigón armado
-Desarrollada para zona térmica A-B-C-D-E-F, suelo tipo D y zona sísmica 3

Superficie depto
57,80 a 58,07 m²
+1,29 m² balcon

Vivienda Tipo Industrializada Tecno Fast

Programa Fondo Solidario de Elección de Vivienda (FSEV) regulado por DS49

Figura 41: Visualización



Fuente: Tecno Fast

Figura 42: Montaje viviendas sociales Lo Espejo



Fuente: Tecno Fast

En septiembre de 2022, el MINVU licitó el diseño y ejecución de proyectos habitacionales industrializados para las comunas de Renca y Lo Espejo; Tecno Fast se adjudicó el proyecto que comprende el desarrollo de edificios de cuatro pisos, que constan de 103 y 60 viviendas para ambas comunas respectivamente. El diseño quedará como vivienda tipo en el registro de la División Técnica de Estudios y Fomento Habitacional del Ministerio de Vivienda y Urbanismo. [20]

Los proyectos están conformados por estructuras de madera, que dan como resultado dos módulos construidos en fábrica, los que están diseñados para ser dispuestos de forma adosada tanto en planta como en altura. Cada departamento se compone de dos o tres módulos que en conjunto conforman tres tipologías de vivienda; cada una de ellas tiene entre 59,41 y 68,77 m² distribuidos en 3 dormitorios, baño, living comedor y cocina completamente equipada. Además, se incluyen dos viviendas adaptadas para personas con movilidad reducida. Los departamentos están equipados con ventanas termo panel, aislación térmica y ventilación pasiva, contribuyendo a la eficiencia energética y confort interior durante todo el año. [21]

MADERA

La madera ha sido uno de los principales materiales de construcción por alrededor de 10.000 años. A finales del siglo XIX, la rápida adopción del hormigón y el acero en las ciudades estadounidenses precipitó el igualmente rápido declive de la construcción en madera. Más tarde, el aumento de las preocupaciones ambientales, específicamente la tala generalizada de bosques de una data de muchos años, restringió aún más el uso de la madera como material viable de construcción. Los productos de madera maciza fueron desarrollados como una alternativa al uso de árboles añosos para obtener la resistencia y dimensiones necesarias para proyectos de gran escala. [22][23]
Por más de un siglo, los edificios de media y gran altura alrededor del mundo se han construido predominantemente con acero y hormigón, estos dos materiales han sido excelentes opciones y continuarán siendo materiales importantes en la construcción de edificios en el futuro; entonces surge la pregunta:

¿Por qué la necesidad de una alternativa al acero y hormigón para edificios en altura?. ¿Y por qué ahora?.

La respuesta es simplemente el cambio climático, ya que el acero y hormigón tienen una huella de carbono considerable, además de ser materiales de alta demanda energética para producir. [23]

Los edificios altos de madera no son un concepto nuevo, hace 1400 años se construyeron las pagodas en Japón, estructuras de hasta 19 pisos de madera que hasta el día de hoy se mantienen en pie, en zonas altamente sísmicas y de clima húmedo.

La madera maciza es un término que describe una variedad de productos de madera de ingeniería que involucran la laminación y compresión de varias capas para crear paneles macizos de madera; estos paneles son utilizados para estructurar muros, pisos y techos de un edificio. Los productos de madera maciza ofrecen beneficios significativos sobre las técnicas de tabiquería ligera en madera en términos de rendimiento estructural, térmico, acústico, resistencia contra el fuego, escala, estabilidad material y eficiencia de construcción. [23]
En términos de sostenibilidad, el cambio de una industria basada en el hormigón y acero a una industria renovable basada en la madera, puede reducir significativamente la huella de carbono de nuestro entorno construido. Los elemntos de madera maciza no sólo requieren mucho menos combustible fósil durante su producción, sino que además secuestran carbono en su estructura, creando una reserva; secuestrar carbono es una de las formas más eficientes para mitigar nuestro impacto en el medio ambiente. [22][23]
Los árboles absorben dióxido de carbono durante su crecimiento, sacándolo de la atmósfera y almacenándolo dentro de la fibra de la madera. Cuando los árboles son procesados en madera para ser utilizada en construcción, el carbono se mantiene atrapado dentro de esta,

almacenado durante la vida útil del edificio.

Existen muchas ventajas constructivas al utilizar madera maciza, su naturaleza prefabricada simplifica el trabajo en el sitio, haciéndolo más rápido, más silencioso y más seguro de construir, debido a que sólo requiere una fracción de los camiones necesarios para transportar hormigón; hay significativamente menos ruido y menos disrupción en el sitio de trabajo. Los productos de madera maciza se posicionan en el lugar utilizando una grúa que requiere solamente de algunos carpinteros, esto reduce considerablemente los tiempos de ejecución y aumenta la velocidad de construcción, así como también la seguridad en obra. [22][23]

El CLT es un tipo de madera maciza, que se fabrica pegando madera dimensional en capas perpendiculares, resultando en un producto compuesto que puede ser de tres, cinco o siete capaz. En Chile, estos paneles pueden ser fabricados de dimensiones de hasta 3,5 x 13,5 m y 300 mm de espesor, los que vienen con el tamaño y forma exacta que se requiere. El CLT es uno de los materiales de construcción mas resistentes a los sismos, ya que las uniones entre paneles permiten que los edificios disipen energía eficientemente, minimizando el daño estructural durante un terremoto. [22][23]

Figura 4.3. CLT

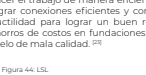


Fuente: The case for tall wood buildings, MGA

El manejo sustentable de los bosques y la certificación forestal son un precedente necesario para incrementar el uso de la madera, el concepto de utilizar más madera sólo será completamente aceptado cuando la recolección de esta se entienda como verdaderamente sostenible y responsable con el medio ambiente [21]

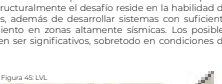
Una simple comparación de las propiedades de los materiales, basada en el área bruta entre LSL, LVL, CLT y una pared típica de hormigón, mostraría que los paneles de madera maciza tienen resistencias aproximadas a las del hormigón armado en todos los aspectos críticos, esto incluye capacidad axial, flexión, corte y rigidez. Considerando que la madera pesa una cuarta parte de lo que pesa el hormigón armado, resulta en cargas gravitacionales y sísmicas mucho menores en la estructura; por lo tanto, se puede concluir de una manera simple que desde un punto de vista material, la construcción con paneles de madera maciza podría hacer el trabajo de manera eficiente; estructuralmente el desafío reside en la habilidad de lograr conexiones eficientes y confiables, además de desarrollar sistemas con suficiente ductilidad para lograr un buen rendimiento en zonas altamente sísmicas. Los posibles ahorros de costos en fundaciones pueden ser significativos, sobretodo en condiciones de suelo de mala calidad. [28]

Figura 44: LSL



Fuente: The case for tall wood buildings, MGA

Figura 45: LVL



Fuente: The case for tall wood buildings, MGA

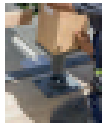
Debido al nivel de exactitud del proceso de fabricación de la madera maciza, es posible pre instalar uniones y conectores. A diferencia del acero, la madera es un mal conductor de calor, lo que permite que el interior de esta se mantega fresco y conserve su capacidad estructural.

La madera maciza se protege naturalmente del fuego a través del proceso de carbonización, dónde la falta de oxígeno dentro de un producto de madera maciza produce una capa de madera carbonizada en el exterior, la que aisla el interior del producto del calor; esta propiedad aislante permite que las conexiones de acero que se ubican dentro de la madera se mantegan protegidas. Las tasas de carbonización de la madera maciza permiten a los ingenieros estructurales incluir la capa carbonizada dentro del diseño de la estructura, construyendo una capa sacrificial en caso de incendio; la porción de la estructura que

Figura 46: Brock Commons Tall Wood House, conectores metálicos









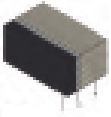
Fuente: Naturally Wood

queda sin carbonizar sostendrá de manera segura el edificio después del periodo que el elementodeba soportar según la norma. Los elementos de madera expuestos a un incendio, se carbonizan a tasas medidas de 0,65 mm/min para paneles de CLT y 0,63 mm/min para elementos de madera laminada; además se asume una zona adicional de pirólisis de 7 mm para madera laminada, 10 mm para paneles de piso y 16 mm para paneles de muro. [23]

Los edificios de madera maciza son significativamente diferentes a aquellos de tabiquería ligera en el rendimiento contra incendios, debido a la naturaleza sólida de los paneles de madera y su capacidad inherente de resistir al fuego sin la adición de barreras protectoras. Al utilizar métodos de cálculo de carbonización, se elimina la necesidad de encapsular, reduciendo tanto el peso como el costo del edificio, mientras se muestra la belleza natural de la madera expuesta. [23]

En comparación, a una temperatura crítica de 550°C, el acero se reducirá a aproximadamente el 60% de su resistencia original, disminuyendo aún más a medida que aumenta la temperatura. Mientras la madera se encenderá a temperaturas relativamente bajas, alrededor de 350°C, el efecto en elementos grandes es tal, que el acero colapsará más rápido a medida que la temperatura aumenta; una típica viga de madera maciza puede tener una resistencia al fuego de entre 45 y 60 minutos, en comparación a 10 minutos para el acero sin protección. [23]

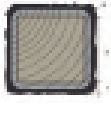
Figura 47: Diagrama de carbonización



1.- Capa carbonizada
2.- Zona de pirólisis
3.- Madera

Fuente: The case for tall wood buildings, MGA

Figura 48: Diagrama de diseño estructural de carbonización



1.- Capa sacrificial (sin capacidad estructural)
2.- Sección residual (capacidad estructural retenida)
3.- Esquina redondeada

Fuente: The case for tall wood buildings, MGA

Biofilia

Biofilia es el concepto detrás de la conexión biológica innata de los seres humanos con la naturaleza. A través de este se podría explicar por qué nos cautiva el fuego y el romper de las olas, por qué la vista de un jardín puede aumentar nuestra creatividad, por qué las sombras y alturas generan fascinación y miedo, y por qué la compañía animal al pasear por un parque tiene efectos restauradores y curativos; además de por qué algunos parques urbanos y edificios se prefieren sobre otros.

Investigaciones respaldan los impactos positivos y mesurables del diseño biofílico en la salud, este puede reducir el estrés, mejorar la función cognitiva y creatividad, mejorar nuestro bienestar y acelerar el proceso de curación. A medida que la población mundial continúa urbanizándose, estas cualidades son cada vez más importantes. [24]

La naturaleza en el espacio abarca siete patrones de diseño biofílico:

Figura 49: Patrones biofílicos

Patrones	Reducción de estrés	Función cognitiva	Emoción y estado de ánimo
Naturaleza en el espacio			
Conexión visual con la naturaleza: Vista a elementos de la naturaleza, sistemas vivos y procesos naturales.	Reduce presión arterial y frecuencia cardiaca	Mejora la atención	Impacto positivo en la actitud y felicidad en general
Conexión no visual con la naturaleza: Estímulos auditivos, olfativos, táctiles o gustativos que evocan una referencia a la naturaleza.	Reduce presión arterial sistólica y hormonas de estrés	Impacto positivo en el rendimiento cognitivo	Mejora en la salud mental y tranquilidad
Estímulos sensoriales no rítmicos: Estímulos sensoriales frecuentes de la naturaleza.	Impacto positivo en la frecuencia cardiaca, presión arterial sistólica y actividad del sistema nervioso	Mejora el comportamiento relacionado con la atención y exploración	
Variabilidad térmica y flujo de aire: Cambios sutiles en temperatura, humedad y flujo del aire sobre la piel que simulan entornos naturales.	Impacto positivo en la comodidad, bienestar y productividad	Impacto positivo en la concentración	Mejora en la percepción del placer temporal y espacial
Presencia de agua: Condiciones que mejoran la probabilidad de un lugar a través de ver, escuchar o tocar agua.	Aumento de tranquilidad, reducción de estrés, frecuencia cardiaca y presión arterial	Mejora en la concentración, restauración de la memoria, percepción y capacidad de respuesta	Respuestas emocionales positivas
Luz dinámica y difusa: Intensidades variables de luz y sombra que cambian con el tiempo para reunir condiciones que ocurren en la naturaleza.	Impacto positivo en el funcionamiento del sistema circadiano y aumento del confort visual		Impacto positivo en el funcionamiento del sistema circadiano y aumento del confort visual
Conexión con sistemas naturales: Conocimiento implícito evaluables, especialmente cambios estacionales y temporales característicos.			Respuestas positivas en salud y cambio en la percepción del entorno

Fuente: Elaboración propia en base a 14 patterns of biophilic design

Las analogías naturales abarcan tres patrones de diseño biofílico:

Figura 50: Patrones biofílicos

Patrones	Reducción de estrés	Función cognitiva	Emoción y estado de ánimo
Analogías naturales			
Formas y patrones biomórficos: Referencias a formas, patrones y procesos que existen en la naturaleza.			Preferencia observada de vistas
Conexión material con la naturaleza: Materiales y elementos naturales que mediante un proceso mínimo reflejan la naturaleza y/o el lugar específico del lugar.	Reduce presión arterial sistólica y hormonas de estrés	Reducción de la presión arterial diastólica, mejora en el rendimiento creativo	Mayor comodidad
Complejidad y orden: Información sensorial que se adhiere a una jerarquía espacial similar a la encontrada en la naturaleza.	Respuestas positivas al estrés		Preferencia observada de vistas

Fuente: Elaboración propia en base a 14 patterns of biophilic design

Las naturaleza del espacio abarca cuatro patrones de diseño biofílico:

Figura 51: Patrones biofílicos

Patrones	Reducción de estrés	Función cognitiva	Emoción y estado de ánimo
Naturaleza del espacio			
Perspectiva: Vista despejada a lo largo de una distancia.	Reducción de estrés	Reducción de aburrimiento, irritación y fatiga	Mejora en la comodidad y percepción de seguridad
Refugio: Lugar para retirarse de las condiciones ambientales circundantes y de la actividad, donde la persona está protegida.		Mejora en la concentración, atención y percepción de seguridad	
Misterio: Promesa de información ocultada a través de vistas parcialmente ocultas u otras disposiciones sensoriales que invitan a la persona a adentrarse en el entorno.			Respuesta de placer inducida
Riesgo/Peligro: Una amenaza identificable con una salvaguarda confiable.			Respuestas altas en dopamina

Fuente: Elaboración propia en base a 14 patterns of biophilic design

Gran parte de la evidencia de la biofilia se puede vincular a uno o más de los sistemas globales cuerpo-mente (cognitivo, psicológico y fisiológico), que se han explorado y verificado en distintos grados a través de estudios de laboratorio o de campo, para ayudar a explicar como la salud y bienestar de las personas se ven afectados por su entorno. [24]

Función cognitiva y rendimiento

El funcionamiento cognitivo abarca nuestra agilidad mental, memoria, y habilidad para pensar, aprender y producir de manera lógica o creativa; por ejemplo, la atención dirigida es necesaria para muchas tareas repetitivas tales como papeleo de rutina, lectura, cálculos o análisis, así como también para operar en entornos altamente estimulantes, como al cruzar calles de alto tráfico. La atención dirigida consume mucha energía, y con el tiempo puede resultar en fatiga mental y agotamiento de recursos cognitivos.
Las conexiones fuertes o rutinarias con la naturaleza, pueden proporcionar oportunidades para la restauración mental.

Salud psicológica y bienestar

Las respuestas psicológicas abarcan nuestra adaptabilidad, alerta, atención, concentración, emoción y estado de ánimo; esto incluye respuestas a la naturaleza que impactan la restauración y gestión del estrés. Por ejemplo, estudios empíricos han reportado que las experiencias en entornos naturales proporcionan mayor restauración emocional, con menores instancias de tensión, ansiedad, enojo, fatiga, confusión y perturbación del estado del ánimo que entornos urbanos con características de naturaleza limitadas.

Salud fisiológica y bienestar

Las respuestas fisiológicas abarcan nuestro sistema auditivo, musculoesquelético, respiratorio, circadiano, y el confort físico en general. Las respuestas fisiológicas desencadenadas por conexiones con la naturaleza incluyen relajación de los músculos, disminución de la presión arterial diastólica y niveles de la hormona del estrés (cortisol) en la sangre.
Se cree que el estrés a corto plazo, que aumenta la frecuencia cardiaca y los niveles de la hormona del estrés, es beneficioso para regular la salud fisiológica. Sin embargo, a pesar de que el sistema fisiológico necesita ser probado regularmente, debe ser sólo lo suficiente para que el cuerpo permanezca resiliente y adaptable. Las respuestas fisiológicas a factores estresantes ambientales pueden ser amortiguadas a través del diseño, permitiendo la restauración de los recursos corporales antes de que ocurra daño en el sistema.

REFERENTES

Superlofts

Marc Koehler Architects

Hoorn, Países Bajos | 2018 – En curso



Fuente: Marc Koehler Architects









Fuente: Marc Koehler Architects.

Superlofts es un sistema de vivienda que basado en los principios de Open Building posee un enfoque flexible, modular y co-creativo del espacio urbano, que permite adaptar programas y distribuciones a lo largo del tiempo. Combina el diseño modular con métodos de prefabricación en hormigón y madera, una mezcla de tipologías de lofts y programas flexibles, lo que extiende la vida útil del edificio y reduce los costos; explorando sistemas constructivos más 'sanos' y carbono neutrales como sistemas modulares de madera en masa 'off site'. [23]

El proyecto de 20.000 m² se plantea como un vecindario, donde el edificio de 14 pisos es el centro de atención, ya que los departamentos flexibles ofrecen a los propietarios la libertad de personalizar sus viviendas de acuerdo a como quieren vivir; optando por un loft completamente autodiseñado en los pisos más altos del edificio o por alguna de las tipologías que se ofrecen en los primeros 10 pisos, los que pueden ser de uno o dos niveles y van desde los 72 a los 149 m². [23]

Utilizando los principios de 'Open Building' se promueve una división física de los componentes del edificio que tienen diferentes ciclos de vida, así la estructura portante se encuentra físicamente separada de los componentes de la fachada, de los sistemas de instalaciones, y muros interiores. De esta forma, los distintos sistemas que componen el edificio pueden actualizarse de manera independiente, lo que permite a los residentes tener libertad para dividir los espacios; donde la estructura portante puede ser utilizada de por vida, las fachadas deben actualizarse cada 50 años, las instalaciones cada 25 años, y los interiores cada 15 años. Al hacer esto, el edificio no sólo incorpora criterios de flexibilidad que le permiten adaptarse a los ciclos de uso y mantenimiento, tendencias sociales, cambio climático, y nuevas regulaciones, sino que también forma la base para una economía de construcción circular. [24]

Superlofts Hoorn ofrece la máxima libertad de diseño dentro de las posibilidades técnicas, donde el diseño final del edificio se basa en 'un juego de tetris' según la demanda de los residentes.

Lo que rescato del proyecto es principalmente como este se conforma a partir de una estructura portante fija y durable en el tiempo, junto con elementos no estructurales que son modificables según las necesidades y preferencias del usuario.

El proyecto ofrece una variedad de tipologías de vivienda, además de un espacio exclusivo en los últimos pisos de la torre a modo de planta libre, destinado a aquellos que deseen armar su vivienda ideal; ambas modalidades pueden ser diseñadas por los usuarios a través de un servicio que ofrece Superlofts.

Esta metodología, junto con la forma en que se disponen las zonas húmedas y circulaciones hacia el centro o interior del edificio, permite la máxima flexibilidad en términos de organización y diseño de las tipologías, permitiendo incorporar departamentos de uno o más pisos, lo que otorga variedad y dinamismo tanto a la fachada como al edificio en sí.



Piso 1



Piso 5



Piso 3



Piso 7

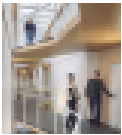
The Canyons

Kaiser + Path

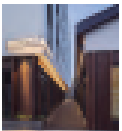
Portland, Estados Unidos | 2020



Fuente: Kaiser + Path









Fuente: Kaiser + Path

El proyecto es un edificio de tipo mixto basado en un concepto multifamiliar, con énfasis en la accesibilidad, independencia y vida urbana. Aunque surgió con el objetivo de proporcionar mejores opciones de vivienda para los adultos mayores, se presenta como una opción para cualquier persona que desee un estilo de vida activo, con servicios y comodidades que permiten envejecer cómodamente en el lugar o vivir con problemas de movilidad. The Canyons no tiene restricción de edad. [27]

El proyecto de 10.220 m² se estructura como un edificio principal de 6 pisos con 70 unidades de vivienda de entre 75 y 101 m², y espacio comercial en la planta baja, además de dos edificios más pequeños de 1 piso con 11 unidades de trabajo de entre 23 y 39 m² situados en la parte trasera del sitio, formando un callejón peatonal entre el proyecto y el edificio contiguo, basado en los callejones Yokocho de Japón que estan repletos de restaurantes y pequeñas tiendas. [28]

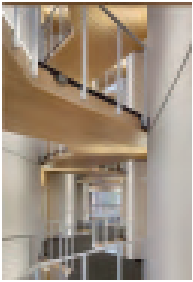
Construido con un sistema constructivo mixto que combina sistemas de piso y cielo de CLT, con muros estructurales de tabiquería ligera de madera, posados sobre un podio de hormigón postensado que alberga estacionamiento subterráneo. Posee revestimiento metálico liviano en la planta baja comercial, superpuesto por muros de tabiquería ligera revestidos de cedro teñido en los demás pisos. En el interior, una estructura de atrio iluminado naturalmente conecta los 5 niveles de vivienda a través del centro abierto del edificio, que hace circular aire exterior a través de la estructura proporcionando aire fresco en cada puerta de entrada. Presenta pasillos de CLT expuesto en forma de zigzag que van de entrada a entrada de cada una de las unidades a lo largo del edificio, los que se sostienen a través de paneles instalados en ángulos definidos que forman la estructura portante del edificio. [29]

Las dos tipologías de vivienda de 1 y 2 dormitorios son de planta libre, cada una de ellas posee su propio sistema HVAC (heating, ventilation and air conditioning), y ofrecen aparatos eficientes, cielos altos, unidades bien iluminadas y un diseño moderno centrado en la madera.

Lo que rescato del proyecto, además de la materialidad y su sistema constructivo mixto que combina elementos de madera maciza con tabiquería ligera; es este gran atrio que se utiliza como elemento conector a lo largo del edificio, y que a través de su forma zigzagueante genera vacíos que permiten el ingreso de luz natural y ventilación hacia cada una de las viviendas; conectando así, a través de este gran vacío todos los pisos del edificio.

El hecho de querer exhibir la materialidad elegida, dejando a la vista elementos de madera, le otorgan calidez a los espacios.

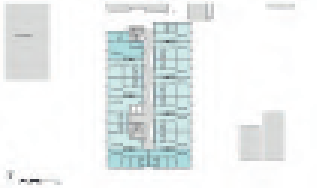
Destaco el que se haya pensado como un proyecto totalmente accesible, además de destinar espacios donde se ofrecen distintos servicios y comodidades pensados en el bienestar de los usuarios.







Piso 1



Piso Tipo 4 - 6

Carbon 12

Kaiser + Path

Portland, Estados Unidos | 2018

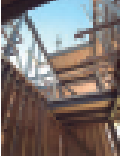


Fuente: Kaiser + Path









Fuente: Kalen + Patti

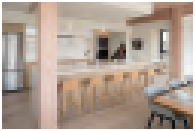
El proyecto es un edificio multifamiliar de tipo mixto, que combina lujo moderno, diseño sustentable, tecnología y madera. Fue el edificio más alto de CLT construido en Estados Unidos cuando se terminó en el año 2018. [32]
El proyecto de 3.900 m² se estructura como un volúmen de madera y vidrio de 8 pisos con 14 unidades de vivienda de 149 m² sobre una placa comercial. Está construido con el sistema constructivo de poste y viga, compuesto de vigas y columnas de madera laminada con conexiones metálicas ocultas y sistemas de piso y cielo de CLT, combinado con un núcleo estructural de acero Buckling Restrained Brace Frame que es un sistema prefabricado de conexiones atornilladas, con altos valores de resistencia lateral que proporciona soporte sísmico; y que permitió levantar la estructura en coordinacion con los tiempos de montaje del CLT, sobre una fundación de hormigón que alberga dos niveles de estacionamiento subterráneo. La fachada ventilada consta de muros sólidos con revestimiento metálico corrugado que hace referencia a la corteza de los árboles y ventanas de fibra de vidrio; en el interior para poder dejar la estructura de madera expuesta se diseño un sistema de piso en capas para mejorar el aislamiento acústico, y los sistemas MEPF se ocultaron sobre cielos falsos en los departamentos. [33]
La forma del edificio incluye un cañón profundo en la fachada que deja entrar luz hacia el interior, como un rayo de sol que penetra en un denso bosque. El concepto de un espacio abierto nació de la inherente flexibilidad del sistema estructural, dado que la madera maciza es capaz de crear espacios adaptables naturalmente debido a la gran luz de sus elementos, es por esto que la mayoría de los muros de las unidades se pueden quitar o agregar según como lo desee el propietario, lo que permite crear plantas libres bien iluminadas con ventanas de piso a cielo. Las unidades de vivienda se encuentran equipadas con sistemas de monitoreo y alerta de terremotos, balcones espaciosos y un ascensor que abre directamente en cada uno de los departamentos; el edificio también cuenta con paneles solares en el techo, un sistema de estacionamiento mecánico y sistemas altamente eficientes. [33]

Lo que rescato del proyecto es su sistema constructivo de poste y viga, que incorpora elementos de madera maciza con conexiones metálicas ocultas, y la forma de manejar las instalaciones a través de cielos falsos, ya que el sistema constructivo lo permite, creando espacios visualmente más limpios.

La apertura que se genera en el volúmen a modo de quiebre, lo que permite el paso de luz natural hacia las unidades.

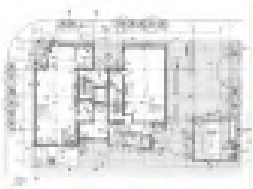
Con respecto a las tipologías, destaco el diseño de planta libre, que de igual manera permite agregar o quitar paneles para modificar los espacios de la vivienda según las necesidades del usuario, además de incorporar ventanas de piso a cielo generando unidades bien iluminadas.







Fuente: Kaiser + Path



Piso 1



Piso Tipo 3 - 8

PROYECTO

Sitio

La elección del sitio surge a partir de la búsqueda de un lugar disponible y accesible, que ofrezca una oportunidad con respecto al objetivo del proyecto. A pesar de que el mayor déficit de viviendas se produce en el centro de la ciudad, no existe suelo disponible; por lo que se hace necesario buscar un terreno más hacia la periferia, siempre teniendo en cuenta una zona central y bien localizada, con acceso a equipamiento y servicios.

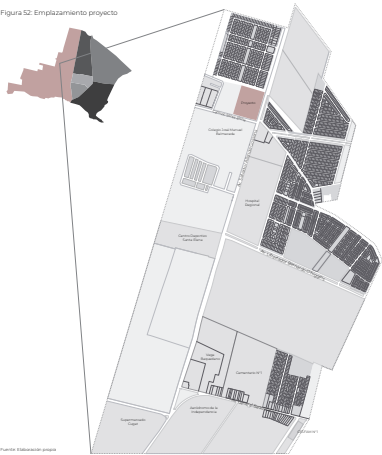
El predio elegido para desarrollar el proyecto, se ubica en el sector poniente de la ciudad de Rancagua, en la zona ZEUES del plano regulador intercomunal, que corresponde a una zona de extensión urbana de equipamiento y servicios, lo que constituye una zona de transición entre las zonas urbanas consolidadas y de extensión, y las zonas de restricción, destinada a equipamiento de apoyo al sistema intercomunal. Dentro de los usos permitidos se encuentra el residencial, equipamiento de servicios, comercio, áreas verdes y espacio público.

El predio se encuentra en una zona de expansión que surge como un nuevo centro dentro de la ciudad; el contexto inmediato al proyecto es principalmente habitacional, aunque también existe un establecimiento educacional en frente; en el contexto medio destacan el nuevo Hospital Regional, el centro deportivo Santa Elena, supermercado Cugat, vega Baquedano, cementerio n°1, y estaciones de combustible, entre otros como el CESFAM n°1, Aeródromo y planta de revisión técnica.

El terreno colinda con una vía principal hacia el este, la Avenida Salvador Allende Gossens o ruta H-210, que corresponde a una carretera rural que permite la conexión de la comuna de Rancagua con Graneros hacia el norte. Doñihue, San Fernando y Ruta 5 hacia el sur a través de la rotonda bypass. Y hacia el sur limita con la vía secundaria Camino Santa Elena, principalmente residencial que conecta con el sector agrícola del mismo nombre.

El alto tránsito vehicular de la avenida, sumado a la condición geográfica del sitio, que por su ubicación genera dos frentes libres, ofrece la oportunidad de activar el lugar a través de programas comerciales y servicios a disposición no solo de los habitantes del proyecto, sino que también de la comunidad, estableciendo un nuevo punto de encuentro.

Figura 52. Emplazamiento proyecto



Fuente: Elaboración propia

Normativa

Según el análisis normativo, las condiciones de edificación y normas urbanísticas se basan en lo indicado para la zona mencionada del PRI (ZEUES), con respecto a rasantes y distanciamientos se exige cumplir con lo establecido en la tabla del Art. 2.6.3 OGUC, además se debe distanciar 30 metros de la vía principal y 15 metros de la vía secundaria al encontrarse el predio afecto a utilidad pública, manteniendo 15 metros de antejardín en ambos casos. No se exigen límites con respecto a la altura de la construcción, pero considerando el contexto inmediato se opta por un edificio de mediana altura para no invadir el sector, sino que más bien integrarse con el entorno.
El predio elegido tiene un área total aproximada de 24.384 m², de los cuales 20.940 m² corresponden al área neta edificable.

Figura 53: Areas predio



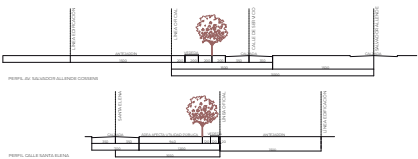
Fuente: Elaboración propia

Figura 54: Antecedentes

Antecedentes	
Porcentaje edificación (0,6)	12.564 m²
Porcentaje constructibilidad (2,0)	41.880 m²

Fuente: Elaboración propia

Figura 55: Perfiles de calle



Fuente: Elaboración propia

Partido General

La propuesta consta de un edificio de tipo mixto de 4 pisos, con una placa comercial en el primer nivel, busca sacar el máximo provecho a los frentes libres sin descuidar el entorno generando accesos amplios pero controlados, y diversos patios articuladores entre volúmenes, alrededor de los cuales se desarrollan los programas del proyecto

El proyecto se organiza alrededor de una serie de patios que se relacionan con el entorno; la transparencia del primer nivel permite una gran permeabilidad, creando una continuidad entre el interior y el exterior, donde los volúmenes independientes organizados en torno a un vacío verde enmarcan este nuevo paisaje, generando una secuencia de pequeños espacios urbanos, que en conjunto con el área comercial y de servicios crean un vecindario activo que invita tanto a residentes como visitantes a disfrutar de la atmósfera.

Una vez escogido el terreno a trabajar, el primer paso hacia el partido general fue definir los límites del predio, así como también los distanciamientos y rasantes establecidos en el CIP y OGUC.

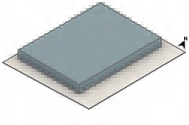
Figura 56: Definición de límites y rasantes



Fuente: Elaboración propia

Se genera el levantamiento de un volúmen de mediana altura, para tener una idea más clara de las dimensiones que abarcaría el proyecto.

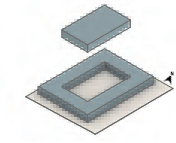
Figura 57: Levantamiento volúmen



Fuente: Elaboración propia

Teniendo en cuenta la historia de la ciudad de Rancagua, es que se toman elementos característicos de la tradicional casa chilena, cuya organización se genera en torno a un núcleo que es el patio, alrededor del cual se desarrolla la distribución general de la casa. Por lo que se tiene esta idea de un patio central articulador de los programas del proyecto.

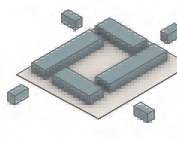
Figura 58: Generación patio central



Fuente: Elaboración propia

Se generan aperturas en el volúmen con la finalidad de crear distintas zonas donde se puedan dar los programas

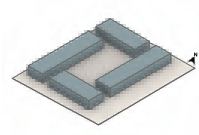
Figura 59: Apertura programas



Fuente: Elaboración propia

Para integrar el concepto de modularidad, es que se decide generar una grilla de 6x6 m que le dará escala al proyecto y permitirá obtener medidas conocidas al momento de realizar operaciones.

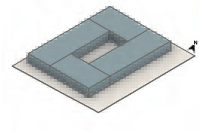
Figura 60: Generación grilla



Fuente: Elaboración propia

Manteniendo la forma anterior, se decide ampliar los volúmenes y de cierta manera repetir los pasos anteriores, para crear volúmenes más pequeños a través de la generación de nuevos patios. Esto permite generar volúmenes más esbeltos, que se adecuen de mejor manera a la escala de las personas, creando espacios más confortables y luminosos.

Figura 61: Ampliación volúmenes



Fuente: Elaboración propia

Es por lo anterior, que se prueban distintas proporciones teniendo en cuenta la grilla como base del ejercicio.

Figura 62: Distintas proporciones levantamiento de volúmenes



Fuente: Elaboración propia

Se opta por dos opciones para realizar una prueba material y más tangible de como resultaría el edificio.

Figura 63: Opción 1



Fuente: Elaboración propia

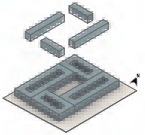
Figura 64: Opción 2



Fuente: Elaboración propia

Una vez elegida la opción, se genera el sacado de los patios interiores para así liberar suelo, con la finalidad de generar cierto grado de permeabilidad entre el interior y exterior, así como también una continuidad entre los volúmenes teniendo siempre en cuenta el proyecto como un conjunto.

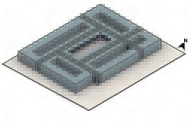
Figura 65: Generación patios interiores



Fuente: Elaboración propia

Posteriormente se definen posibles circulaciones entre patios y volúmenes, que permitan conectar los frentes libres del sitio con el resto del proyecto, generando accesos controlados hacia el interior, tomando en cuenta un segundo elemento característico de las casas chilenas, esta vez de la fachada como lo es la portada.

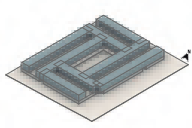
Figura 66: Circulaciones



Fuente: Elaboración propia

Luego, teniendo en cuenta la forma resultante, es que se levanta en primer lugar la placa comercial, donde la forma permite enmarcar los accesos; y posteriormente se levantan los niveles de vivienda que se posan sobre el primer nivel.

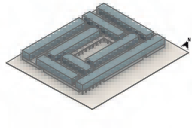
Figura 67. Massing



Fuente: Elaboración propia

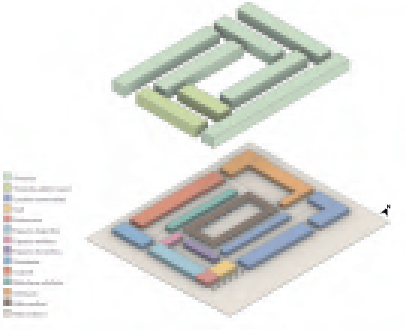
Finalmente, se ajustan los volúmenes de vivienda procurando cierta distancia entre ellos, lo que permite el paso de luz, aire y cierto grado de privacidad entre estas.

Figura 68. Partido general



Fuente: Elaboración propia

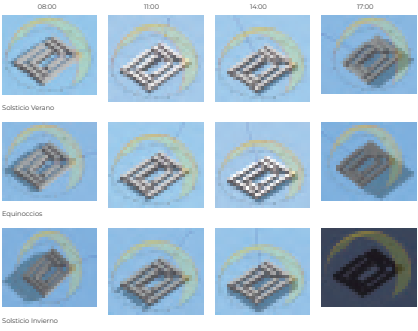
Figura 69: Distribución programática



Fuente: Elaboración propia

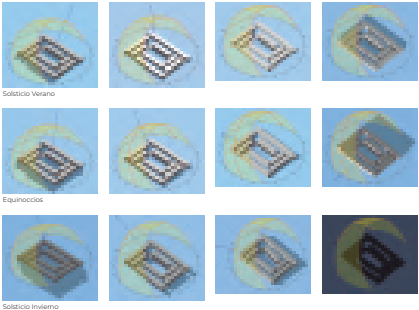
Se realiza un estudio solar del conjunto, para poder conocer las distancias óptimas entre bloques, como es el acceso del sol y cuales son las fachadas más y menos favorables.

Figura 70: Estudio solar fachada sureste



Fuente: Elaboración propia

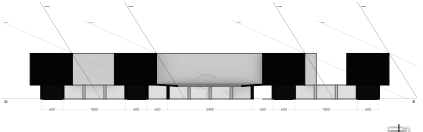
Figura 71: Estudio solar fachada noreste



Fuente: Elaboración propia

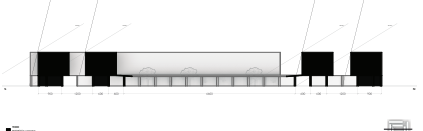
El estudio solar permite dar cuenta de que por la distancia o más bien cercanía entre volúmenes, es que hay blocks que principalmente en los meses de invierno no reciben luz solar directa en su totalidad, ya que generan sombra unos a otros; en caso contrario, en aquellos blocks con la fachada solar más desfavorable sobretodo en los meses de verano, se hace necesario implementar algún tipo de control solar en el diseño.

Figura 72: Estudio solar este-oeste



Fuente: Elaboración propia

Figura 73: Estudio solar norte-sur



Fuente: Elaboración propia

En correcciones posteriores se observa que es necesario bajar la densidad del conjunto, para descongestionar las zonas más desfavorables y con mayor concentración de habitantes, priorizando el confort y habitabilidad de los usuarios, generando así espacios con mayores estándares de calidad.

Figura 74: Evolución partido general



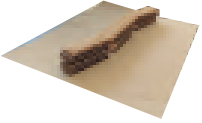


Fuente: Elaboración propia

Una de las desiciones importantes de proyecto es seccionar el volúmen principal, para aumentar su flexibilidad y mejorar su comportamiento en caso de sismo, ya que por sus dimensiones este sería muy rígido. En estos puntos donde se divide el bloque, se crean los núcleos de circulación y servicios, que actúan como articuladores y que sirven a modo de conexión, además de iluminar y ventilar.
Otra de las desiciones relevantes, es rotar 17º algunos de los nuevos volúmenes para brindar mayor acceso a luz solar, tomando en cuenta la orientación del predio.

Figura 75: Evolución volúmen principal





Fuente: Elaboración propia

Usuarios

De acuerdo a lo descrito en el capítulo 2, sobre el déficit habitacional en la región de O'higgins se desprende que, existe una importante presencia de adultos mayores en una situación material precaria y hogares jóvenes obligados a compartir vivienda con su núcleo familiar, además de un alto número de familias en campamentos. Es por esto que el diseño de las tipologías va dirigido a las personas anteriormente mencionadas, aunque el proyecto se presenta como una opción para cualquier tipo de usuario.

Figura 76: Tipos de usuario

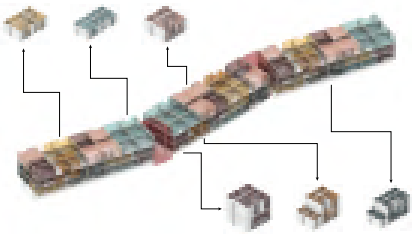


Fuente: Elaboración propia

Distribución programática

Para poder desarrollar el proyecto y hacerlo más abarcable debido a su gran escala, es que se decide tomar uno de los blocks para desarrollar en profundidad todos los aspectos técnicos y de diseño.
Para organizar las unidades de vivienda dentro del bloque, se elige en este caso una disposición aleatoria, ya que al diseñar las tipologías bajo el concepto de modularidad, se otorga al edificio un alto grado de flexibilidad, lo que permite ordenar las unidades de diversas maneras según las necesidades de los usuarios, manteniendo su funcionalidad en términos técnicos; además de la posibilidad de modificarse en el tiempo.

Figura 77: Distribución tipologías de vivienda en bloque



Fuente: Elaboración propia

Tipologías

El módulo de 6x6 m es el ordenador del proyecto, por lo tanto se toma como la unidad mínima a la cual se le van anexando otros módulos para crear distintas tipologías según las necesidades de los usuarios. El edificio se compone de distintos módulos, los que se van uniendo entre ellos para crear las unidades de vivienda.



Single 1D

Superficie total: 33,63 m²



Figura 78: Isométrica y planta tipología





Fuente: Elaboración propia

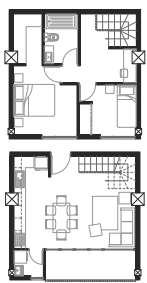
Dúplex 1D

Superficie total: 66,79 m²



Figura 79: Isométrica y planta tipología





Fuente: Elaboración propia

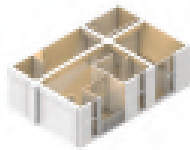


Single 2D

Superficie total: 50,10 m²



Figura 80: Isométrica y planta tipología





Fuente: Elaboración propia

Dúplex 2D

Superficie total: 79,20 m²



Figura 81: Isométrica y planta tipología







Fuente: Elaboración propia

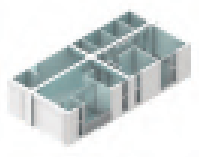


Single 3D

Superficie total: 67,21 m²



Figura 82. Isométrica y planta tipología





Fuente: Elaboración propia

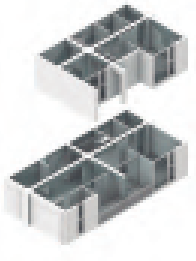


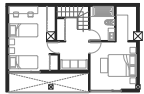
Dúplex 3D

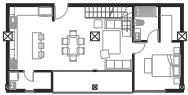
Superficie total: 110,39 m²



Figura 83: Isométrica y planta tipología





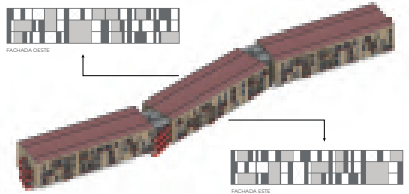


Fuente: Elaboración propia

Fachada

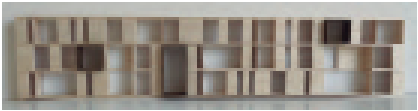
La fachada se compone en base a dos aristas, por una parte las proporciones de las tipologías en lo plano, donde existe una ventana como unidad mínima que varía en tamaño según el recinto donde se ubica; y por otra, las profundidades según el grado de publicidad, donde existen tres niveles: el balcón, que a pesar de ser abierto se concibe como un espacio privado por lo que se retrae de la línea de fachada; los cerramientos, que se mantienen en un nivel medio; y los espacios comúnes, que se perciben como públicos por lo tanto sobresalen de la línea de fachada.
En lo plano, se realiza una revisión y ajuste final con la finalidad de mantener estas proporciones que se repiten dentro de la fachada de manera estandarizada, pero también de crear una fachada más dinámica y cohesiva.

Figura 84: Fachadas



Fuente: Elaboración propia

Figura 85. Maqueta fachada este



Fuente: Elaboración propia

Espacios comunes entre tipologías

Debido a las dimensiones de los módulos que componen las tipologías es que, al ordenarlas dentro del bloque se generan espacios vacíos, incluso de doble altura. En el proyecto se decide destinarlos como espacios comúnes para los residentes; para esto se diseñan distintos tipos de amenities, que resaltan sobre la línea de fachada.

Figura 86: Fachada este



Fuente: Elaboración propia

Figura 87. Fachada oeste



Fuente: Elaboración propia

Estado del arte: Sistema constructivo FFTT

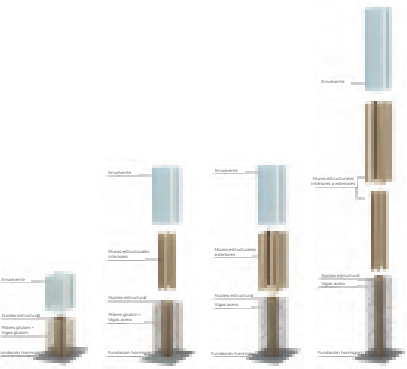
FFTT es un sistema tilt-up que aplica las bases del balloon frame, utilizando paneles de madera maciza de una manera simple y eficiente en términos de costos, para construir edificios de madera en altura. Fue desarrollado por Michael Green y Eric Karsh en el año 2008, y ha evolucionado al enfoque actual que se presenta. Se considera como un sistema estructural universal que permite una planificación flexible tanto del edificio como del diseño de fachada hasta una altura de 30 pisos. Es una solución viable en términos técnicos, estéticos y de planificación, que permite satisfacer las necesidades básicas del diseño de una torre, ya que es adaptable a distintos tipos de edificio, escalas y ubicaciones, permitiendo el rápido levantamiento de construcciones simples y estructuralmente sólidas. [21]

El sistema utiliza un enfoque estructural de columna fuerte y viga débil, empleando la resistencia integral de paneles de madera maciza (CLT, LSL o LVL) para pisos, muros y el núcleo del edificio, junto con columnas de madera de ingeniería para construcciones de hasta 12 pisos; además de vigas de acero integradas en los paneles de madera maciza para estructuras de más de 12 pisos. Esta solución permite que el sistema alcance alturas con una solución predominantemente de madera. [23]

Ofrece 4 posibles configuraciones estructurales, que además de determinar las alturas que pueden alcanzar los edificios, impactan tanto en el diseño de la planta como de la envolvente.
La opción 1, que permite levantar edificios de hasta 12 pisos de altura, empleando muros estructurales en núcleos y columnas de madera laminada en el perímetro como estructura auxiliar de soporte; es la que ofrece la mayor flexibilidad en el diseño de sus divisiones interiores, además es la que más se asemeja a la típica construcción de hormigón, en la que se utiliza un núcleo estructural y columnas perimetrales que permiten una planta libre.
Las opciones 2 y 3, que permiten alcanzar alturas de hasta 20 pisos, requieren de estructura adicional, combinando vigas de acero con muros estructurales interiores o exteriores respectivamente. La opción 4, que permite construir edificios de hasta 30 pisos, debe considerar muros estructurales interiores o exteriores como estructura adicional. Estas casos imponen restricciones en el diseño ya sea de las divisiones interiores o de la envolvente a medida que se aumenta la altura del edificio. Estas configuraciones pueden adaptarse de mejor manera a usos específicos, como aplicaciones residenciales donde los muros interiores pueden funcionar como muros divisorios entre unidades. [21]

Para el proyecto se tomará en cuenta la opción 1 considerando que sus dimensiones son las que más se asemejan a la escala del proyecto.

Figura 88. Configuraciones estructurales



Fuente: The case for tall wood buildings, MGA

Figura 89: Estructura



Opción 1 - Hasta 12 pisos **Opción 2** - Hasta 20 pisos **Opción 3** - Hasta 20 pisos **Opción 4** - Hasta 30 pisos

Fuente: The case for tall wood buildings, MGA.

En el sistema FFTT, la estructura principal es independiente del sistema de piso a diferencia de su contraparte de hormigón. Las vibraciones a menudo rigen el diseño de la construcción con paneles de madera, por lo que la sensación de un piso de paneles de madera adecuadamente diseñado, será mucho más parecido a una losa de hormigón que a un entramado ligero, el que tendrá un menor espesor, incluso utilizando un compuesto de madera-hormigón. La planta libre facilita realizar modificaciones interiores, lo que permite futuros cambios en términos de ocupación o uso; esta capacidad posiciona a esta opción de manera competitiva en términos de uso y planificación en comparación con su contraparte de hormigón. [23]

En conclusión, basándose en el caso de estudio y análisis preliminares, los autores consideran que las estructuras de madera maciza de 12 a 15 pisos pueden construirse de manera práctica y económica implementando únicamente la solución del núcleo de madera. [23]

Figura 90: Detalle encuentro poste y viga perimetrales



Fuente: The case for tall wood buildings, MGA.

Figura 91: Detalle encuentro muro estructural y losa



Fuente: The case for tall wood buildings, MGA.

Secuencia constructiva, estructura y uniones

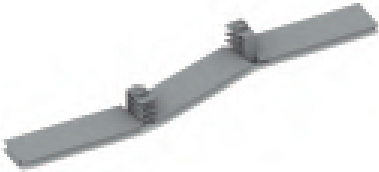
El proyecto utiliza un sistema constructivo mixto de poste y viga para los niveles de vivienda, que se basa en el sistema FFTT y combina madera en masa con tabiquería ligera. Se compone de pilares y vigas de madera laminada con conexiones metálicas ocultas, sistemas de piso y cielo de paneles de CLT y tabiquería ligera de madera para cerramientos interiores y exteriores; que se posa sobre un nivel de hormigón armado que además de dar estabilidad al proyecto, alberga una placa comercial, compuesto de una losa postensada y núcleos estructurales articuladores, donde se alojan las circulaciones y servicios.

Figura 92: Fundación, sobrecimiento y pilares de hormigón armado



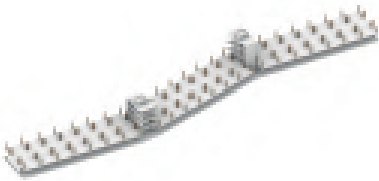
Fuente: Elaboración propia

Figura 93: Losa postensada y núcleos de hormigón



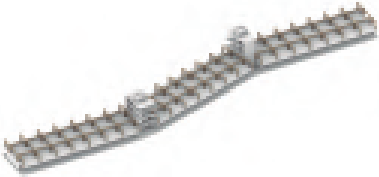
Fuente: Elaboración propia

Figura 94: Instalación pilares de madera laminada segundo nivel



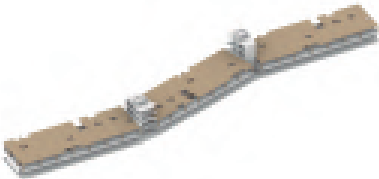
Fuente: Elaboración propia

Figura 95. Instalación vigas de madera laminada segundo nivel



Fuente: Elaboración propia

Figura 96. Instalación paneles de losa CLT tercer nivel



 Fuente: Elaboración propia

Figura 97: Instalación pilares de madera laminada tercer nivel



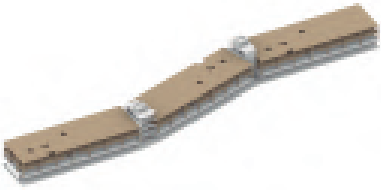
Fuente: Elaboración propia

Figura 98: Instalación vigas de madera laminada tercer nivel



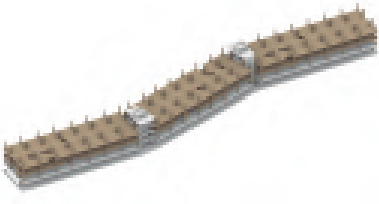
Fuente: Elaboración propia

Figura 99. Instalación paneles de losa CLT cuarto nivel



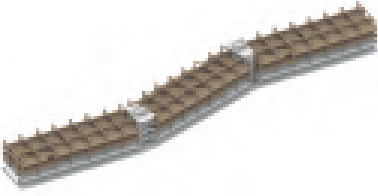
Fuente: Elaboración propia

Figura 100. Instalación pilares de madera laminada cuarto nivel



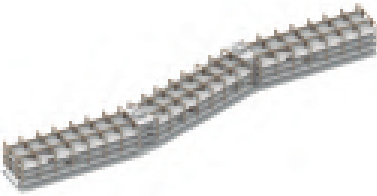
Fuente: Elaboración propia

Figura 101: Instalación vigas de madera laminada cuarto nivel



Fuente: Elaboración propia

Figura 102: Vertido sobrelosas de hormigón



Fuente: Elaboración propia

Figura 103. Instalación muros perimetrales



Fuente: Elaboración propia

Figura 103. Instalación paneles de cielo CLT cuarto nivel



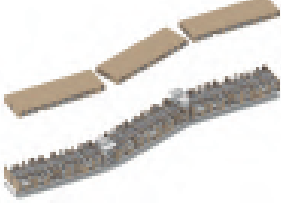
 Fuente: Elaboración propia

Figura 105. Instalación muros divisorios, muros interiores y tabiques segundo nivel



Fuente: Elaboración propia

Figura 106. Instalación muros divisorios, muros interiores y tabiques tercer nivel



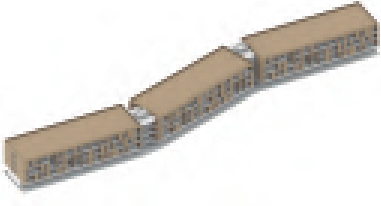
Fuente: Elaboración propia

Figura 107. Instalación muros divisorios, muros interiores y tabiques cuarto nivel



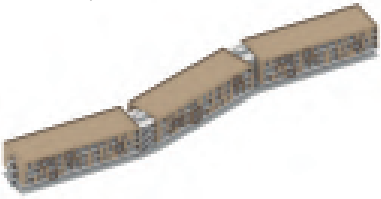
Fuente: Elaboración propia

Figura 108. Instalación muros perimetrales y tabiques primer nivel



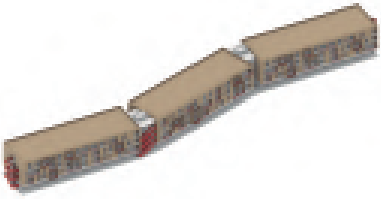
 Fuente: Elaboración propia

Figura 109. Instalación escaletas y marcos de CLT amenities



Fuente: Elaboración propia

Figura 110. Instalación barandas escaleras y balcones



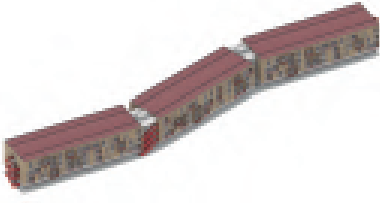
Fuente: Elaboración propia

Figura 111: Instalación techumbre, canales de aguas lluvias y hojalatería



Fuente: Elaboración propia

Figura 112: Instalación ventanas



Fuente: Elaboración propia

Figura 113. Componentes sistema constructivo

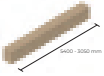
1.- Pilar madera laminada 600x600 mm



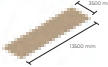
2.- Pilar madera laminada 300x300 mm

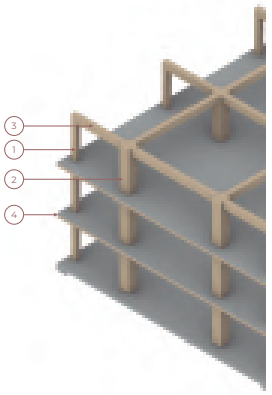


3.- Viga madera laminada 300x400 mm

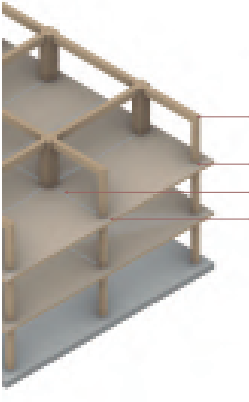


4.- Panel CLT 5 capas 150 mm





Fuente: Elaboración propia



5.- Sistema de conexión Pilar - Rothoblaas



6.- Conector UV T - Rothoblaas



7.- Placa Titan Plate T - Rothoblaas



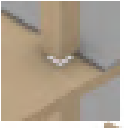
8.- Placa Titan Plate T - Rothoblaas



Figura 114: Uniones

1.- Unión madera - madera: pilar - pilar





2.- Unión madera - madera: panel CLT - panel CLT



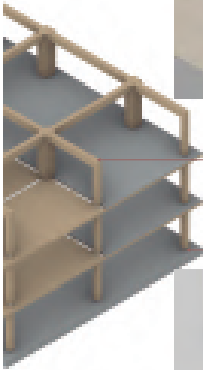
Fuente: Elaboración propia

3.- Unión madera - madera: pilar - viga



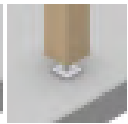






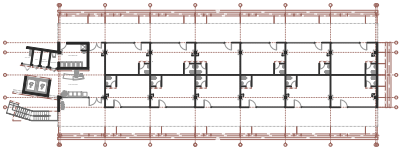
4.- Unión madera - hormigón: pilar - losa





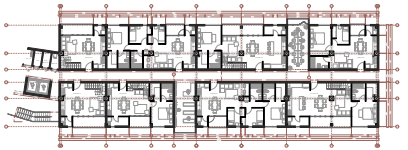
Planimetría

Figura 115. Planta piso 1 módulo tipo



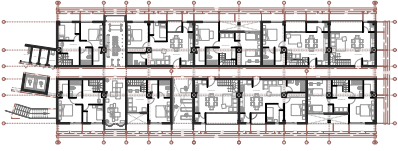
Fuente: Elaboración propia

Figura 116. Planta piso 2 módulo tipo



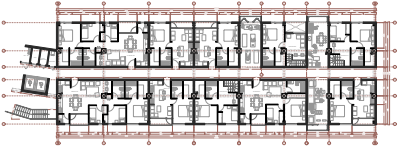
Fuente: Elaboración propia

Figura 117: Planta piso 3 módulo tipo



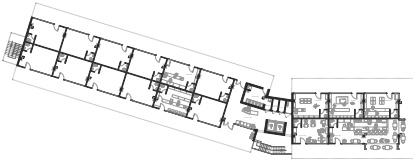
Fuente: Elaboración propia

Figura 118: Planta piso 4 módulo tipo



Fuente: Elaboración propia

Figura 119: Planta piso 1 edificio tipo



Fuente: Elaboración propia

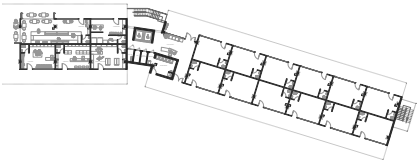


Figura 120: Planta piso 2 edificio tipo



Fuente: Elaboración propia



Figura 121. Planta piso 3 edificio tipo



Fuente: Elaboración propia



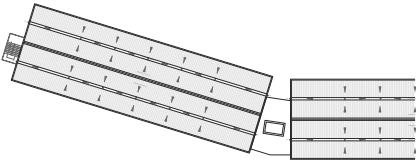
Figura 122: Planta piso 4 edificio tipo



Fuente: Elaboración propia



Figura 123. Planta cubierta edificio tipo



Fuente: Elaboración propia

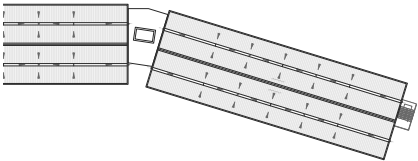
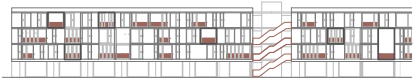
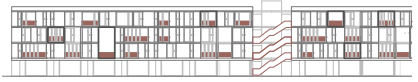


Figura 124: Elevación frontal edificio tipo



Fuente: Elaboración propia

Figura 125: Elevación posterior edificio tipo



Fuente: Elaboración propia

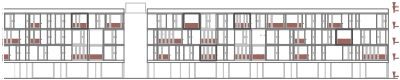


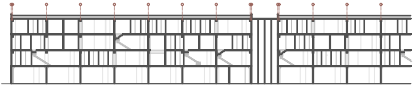


Figura 126. Corte 1-1' edificio tipo



Fuente: Elaboración propia

Figura 127. Corte 2-2' edificio tipo



Fuente: Elaboración propia



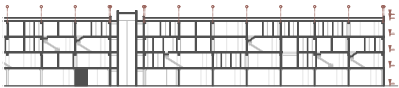
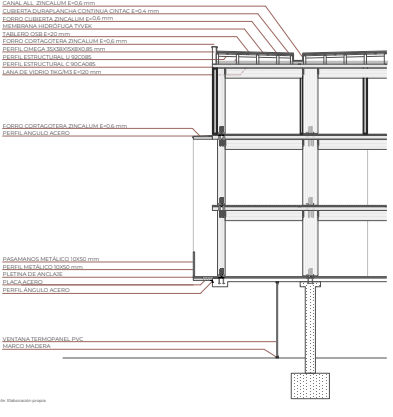
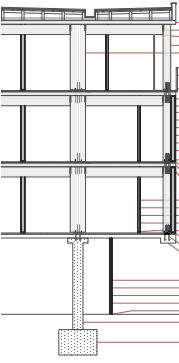
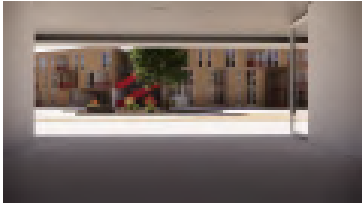


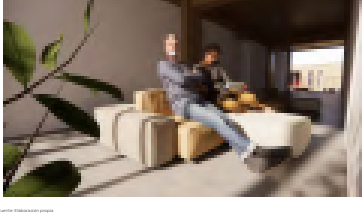
Figura 128: Escantillón edificio tipo

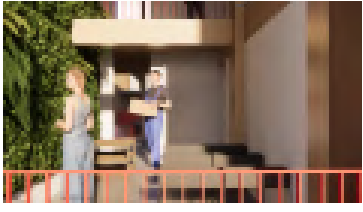


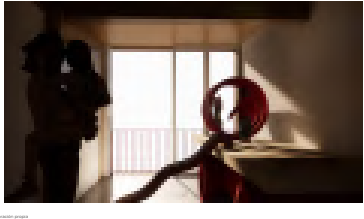
Fuente: Elaboración propia


FLT 5 CAPAS E=150 mm
CONECTOR OCULTO LM T 60/5 ROTHOBLAAS
VIGA MADERA LAMINADA 300X400 mm
PILAR MADERA LAMINADA 300X300 mm
PILAR MADERA LAMINADA 600X600 mm
PASAMANOS METÁLICO 10X50 mm
PERFIL METÁLICO 10X50 mm
PLETINA DE ANCLAJE
REV. MADERA ACETILADA REVÓ 5 LEAF PANEL 20X145 mm
DISTANCIADOR PINO RADIATA 1X2" (19X41 mm)
MEMBRANA HIDRÓFUGA TVVAL
TABLERO OSB E=11 mm
LANA DE VIDRIO PAPEL KRAFT 11 KG/M3 E=100 mm
PIE DERECHO PINO RADIATA 2X5" (47X114 mm) @ 40 cm
TABLERO OSB E=11 mm
PLACA YESO CARTÓN ST E=15 mm
SOLERA PINO RADIATA 2X5" (47X114 mm)
SOBRELOSA HORMIGÓN PULIDO E=50 mm
FLT 5 CAPAS E=150 mm
SISTEMA DE CONEXIÓN PILLAR PILIOSSKI ROTHOBLAAS
PLACA YESO CARTÓN ST E=125 mm
PIE DERECHO PINO RADIATA 2X5" (47X185 mm) @ 40 cm
LANA DE VIDRIO PAPEL KRAFT 11 KG/M3 E=150 mm
PLACA YESO CARTÓN BN E=125 mm
SOLERA PINO RADIATA 2X5" (47X185 mm)
SOBRELOSA HORMIGÓN PULIDO E=50 mm
SISTEMA CONEXIÓN PILLAR/OBO ROTHOBLAAS
LOSA HORMIGÓN POSTENSADA E=150 mm
TABLERO SMARTSIDE E=11 mm
LANA DE VIDRIO 11 KG/M3 E=90 mm
PERFIL ESTRUCTURAL C 60X40X5
PLACA YESO CARTÓN ST E=15 mm
PERFIL ESTRUCTURAL U 50X135
PILAR HORMIGÓN ARMADO 400X400 mm
FUNDACIÓN CORRIDA HORMIGÓN 1000X150 mm

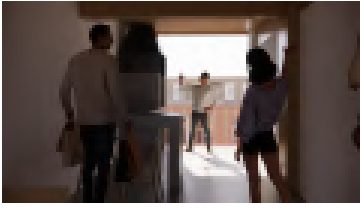


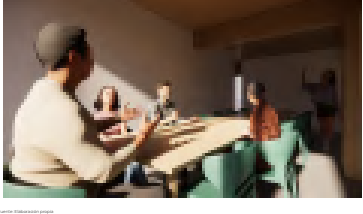


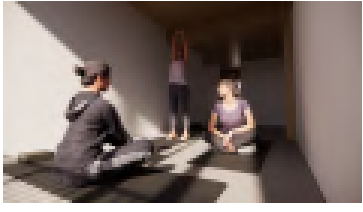


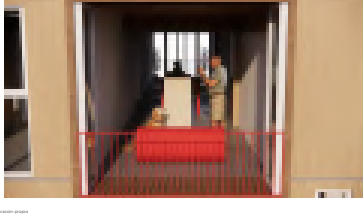


Fuente: Elaboración propia









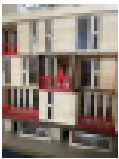
Fuente: Elaboración propia





140 Fuente: Elaboración propia







Fuente: Elaboración propia

CONCLUSIÓN

Como reflexión final, considero que este tipo de construcciones son una alternativa viable a la crisis habitacional. Recuerdo desde hace tiempo haber visto en la televisión notas sobre gente que llevaba años esperando por una vivienda social, y otros que cuando por fin la recibían denunciaban la mala calidad de la construcción, donde estas como mínimo se llovían o estaban al extremo de caerse y ser inhabitables.
La construcción industrializada permite entregar soluciones rápidas, y aún más importante de calidad. Esto es un hecho ya que hoy en día se está haciendo; con el apoyo del plan de emergencia habitacional -que considera su implementación para combatir el déficit habitacional-, y la incorporación de este tipo de construcciones a tipologías MINVU, hace posible que sean de fácil acceso a las personas e incluso el poder entregarlas con subsidios habitacionales.
Se está generando este 'boom' de la construcción industrializada, con empresas reconocidas como E2E, Patagual, Baumax, entre otras. Aunque he notado que en su mayoría las tipologías que se ofrecen son viviendas unifamiliares ya sea de uno o dos pisos, son pocas las opciones en altura, y de estas la materialidad de la mayoría es de hormigón, con la desventaja de que las terminaciones debe realizarlas el beneficiario. De pronto con la escazes de terreno disponible, se necesitan proyectos de mayor densidad, listos para ser habitados, siempre procurando ciertas condiciones mínimas que favorezcan la vida en comunidad.
Con respecto al proyecto, considero que es algo que sí se podría construir, obviamente con un nivel de desarrollo más profundo del que yo pude alcanzar, pero como punto de partida es totalmente realizable. La ventaja que considero que tiene el edificio, es que tiene como base esta modulación que es estructural, y dentro de ella las tipologías y espacios son modificables según las necesidades de los usuarios, lo que le otorga este carácter de flexibilidad y que le permite modificarse en el tiempo. Podrían utilizarse las tipologías ya diseñadas y reorganizarlas, o diseñar tipologías nuevas; e incluso cambiar de uso tomando como base la estructura, y el edificio seguiría funcionando ya que esta es la que perdura en el tiempo y el interior es modificable.
Espero que en un futuro cercano se implemente más el uso de la madera en construcción, ya que tiene muchas ventajas que se desconocen, de hecho se tiene una mala concepción de que las construcciones en madera son de mala calidad, dándose una alta preferencia por la construcción 'sólida', cuando en realidad tiene muchas ventajas tanto en términos constructivos como de habitabilidad, que le permiten competir con los materiales y formas de construcción tradicionales, sobre todo para edificaciones en altura.
La idea no es erradicar el hormigón o el acero, sino que más bien buscar un equilibrio donde estos se puedan complementar con materiales nobles como la madera, para así mejorar los estándares de calidad de las construcciones y entregar mejores espacios a las personas que lo necesitan.

BIBLIOGRAFÍA

[1] CChC Déficit habitacional [en línea]
<https://cchc.cl/assets/landings/2019/deficit-habitacional-downloads/cchc-estudio-deficit-habitacional.pdf>
[2] SIIT BCN Déficit Habitacional en Chile [en línea]
<https://arcgisxebad.bcn.cl/portal/apps/storymaps/stories/6681e48a90684902ae6a2f35625acd3>
[3] DÉFICIT CERO Déficit habitacional: ¿Cuántas familias necesitan una vivienda y en qué territorios? [en línea]
<https://deficitcero.cl/uploads/biblioteca/Minuta_EstimacionDelDeficit.pdf>
[4] CECT Déficit habitacional cuantitativo por zona censal [en línea]
<https://storymaps.arcgis.com/stories/9b91afdf19de45c1bafb308070ea8118>
[5] DÉFICIT CERO Análisis territorial del déficit habitacional [en línea]
<https://deficitcero.cl/uploads/biblioteca/AnalisisTerritorialDeficit.pdf>
[6] MINVU Plan de emergencia habitacional [en línea]
<https://www.minvu.gob.cl/wp-content/uploads/2022/07/Plan%20de%20Emergencia%20Habitacional.pdf>
[7] CChC Informe sector inmobiliario en el gran Santiago [en línea]
<https://cchc.cl/uploads/archivos/archivos/informe-37-2021-3-actividad-del-sector-inmobiliario-del-gran-santiago.pdf>
[8] LEAL Ignacio. ¿Cuanto cuesta una vivienda en Chile? [en línea] La Tercera. 9 de diciembre, 2021
<https://www.latercera.com/la-tercera-pm/noticia/cuanto-cuesta-una-vivienda-en-chile/TS3V3YFASZBD7JDKGFWMYCFD24/>
[9] BRITO Marcos. Ya podemos hablar de construcción industrializada en Chile. [en línea] Construye 2025. 30 de octubre, 2023
<https://construye2025.cl/2023/10/30/hch3744-ya-podemos-hablar-de-construccion-industrializada-en-chile-no-confundir-con-prefabricada/>
[10] CIM UC Barrio ecosustentable oasis de Chañaral y El Salado [en línea]
<https://madera.uc.cl/proyectos/proyectos-de-transferencia/finalizados/barrio-ecosustentable-oasis-de-chanaral-y-el-salado>
[11] SAAVEDRA Alfredo. Barrio ecosustentable de chañaral, un oasis en el desierto [en línea] Revista BIT. Mayo, 2019
<https://catalogo.extension.cchc.cl/documentos/documentos/43880-2.pdf>
[12] CIM UC Torre experimental Peñuelas [láminas] [en línea]
<https://madera.uc.cl/proyectos/proyectos-de-investigacion/finalizados/torre-experimental-penuelas>
[13] MADERA 21. Primer edificio en madera de Chile se inauguró en Peñuelas. [en línea] Madera 21. 8 de noviembre, 2018
<https://www.madera21.cl/blog/2018/11/08/primer-edificio-en-madera-de-chile-se-inauguro-en-penuelas/>
[14] EFE. El edificio chileno de madera que se convirtió en un modelo social sustentable para Latinoamérica [en línea] The Clinic. 3 de febrero, 2019
<https://www.theclinic.cl/2019/02/03/el-edificio-chile-no-de-madera-que-se-convirtio-en-un-modelo-social-sustentable-para-latinoamerica/>
[15] PULGARÍN Erika. Rancagua: Se construirá primer edificio habitacional en altura de madera en Chile [en línea] El tipografo. 25 de julio, 2019
<https://eltipografo.cl/2019/07/rancagua-se-construira-primer-edificio-habitacional-en-altura-de-madera-en-chile>

[16] CIM UC. Edificio icónico de Rancagua [en línea] CIM UC, 29 de noviembre, 2018 <https://madera.uc.cl/noticias/edificio-iconico-de-rancagua>
[17] ZUÑIGA Diego. Desarrollan paneles industrializados para el primer condominio construido integramente en madera en Concepción [en línea] Madera 21. 16 de septiembre, 2020 <https://www.madera21.cl/blog/2020/09/16/desarrollan-paneles-industrializados-para-el-primer-condominio-construido-integramente-en-madera-en-concepcion/>
[18] SERVIU BIOBÍO. Minvu anuncia proceso de adquisición de edificio industrializado en madera para destinarlo a arriendo [en línea] Serviu Biobío. 18 de agosto, 2022 <https://www.serviubiobio.cl/2022/08/18/minvu-anuncia-proceso-de-adquisicion-de-edificio-industrializado-en-madera-para-destinarlo-a-arriendo/>
[19] MINVU Construcción industrializada [en línea] <https://www.minvu.gob.cl/construccion-industrializada/>
[20] TECNOFAST. Tecno Fast se adjudica licitación para construir más de 160 viviendas modulares en la Región Metropolitana [en línea] Tecno Fast. 20 de febrero, 2023 <https://tecnofasthome.cl/tecno-fast-se-adjudica-licitacion-para-construir-mas-de-160-viviendas-sociales-modulares-en-la-region-metropolitana/>
[21] TECNOFAST. Primer edificio industrializado para viviendas sociales de Tecno Fast avanza a paso firme [en línea] Tecno Fast. 5 de julio, 2024 <https://tecnofast.cl/primer-edificio-industrializado-para-viviendas-sociales-de-tecno-fast-avanza-a-paso-firme/>
[22] KAISER+PATH Why wood? [en línea] <https://kaiserpath.com/why-wood>
[23] MCA. The case for tall wood buildings: How mass timber offers a safe, economical, and environmental friendly alternative for tall building structures. 2ª edición. Canada, Blurb, 2017. 272 p.
[24] TERRAPIN BRIGHT GREEN 14 patterns of biophilic design, improving health & well-being in the built environment [en línea] <https://www.terrapinbrightgreen.com/reports/14-patterns/>
[25] SUPERLOFTS Hoorn [en línea] <https://superlofts.co/project/holenkwatier-hoorn/>
[26] OPEN BUILDING Manifesto [en línea] <https://www.openbuilding.co/manifesto>
[27] KAISER+PATH The canyons [en línea] <https://kaiserpath.com/the-canyons>
[28] NEXTPORTLAND. Under construction: The canyons [en línea] Next Portland. 8 de noviembre, 2019 <https://www.nextportland.com/2019/11/08/the-canyons/>
[29] KULLA Josh. Builders digging into The Canyons [en línea] DJC Oregon. 21 de mayo, 2019 <https://djcoregon.com/news/2019/05/21/builders-digging-canyons/>
[30] KAISER+PATH Carbon 12 [en línea] <https://kaiserpath.com/carbon12>
[31] KAISER+PATH Building Carbon 12 [en línea] <https://buildingcarbon12.com>