PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CHILE

FACULTAD DE ARQUITECTURA DISEÑO Y ESTUDIOS URBANOS
ESCUELA DE ARQUITECTURA

GESTIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN EN MADERA PARA VIVIENDA SOCIAL.

Utilización de entramado ligero y estructuras metálicas complementarias para el desarrollo de conjuntos ambiental y economicamente competitivos para arriendo.

POR

ANÍBAL GALLARDO MUÑOZ

Tesis presentada a la Escuela de Arquitectura de la Pontificia Universidad Católica de Chile, para optar al grado de Magíster en Arquitectura Sustentable y Energía.

Profesores guía:
Juan José Ugarte, Andrés Sierra.

Enero 2023
Santiago, Chile

© 2022, Aníbal Gallardo Muñoz. Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento.

AGRADECIMIENTOS:

A los docentes Juan José Ugarte y Andrés Sierra

Al ayudante del taller Ronald Ambler

A mi familia, pareja y amigos

A mis compañeros de taller.

INDICE

Introducción. ... 3
Crisis climática. ... 3
Uso de madera. ... 3
Tipología estructural. ... 3
Crisis de vivienda. ... 4
Formulación de investigación. ... 7
Preguntas de investigación. ... 7
Hipótesis. ... 7
Objetivos. ... 7
Metodología. ... 7
Capítulo 1: Territorio, ciudad y distrito. ... 9
Escala geográfica. ... 9
Escala urbana. ... 9
El sitio y su contexto inmediato. ... 11
Estrategias a futuro. ... 11
Distrito de innovación: Vauban. ... 15
Conclusiones proyectuales. ... 16
Laboratorio de iteraciones. ... 18
Laboratorio estructural. ... 19
Hipótesis estructural 1: núcleos de hormigón. ... 21
Hipótesis estructural 2: muros interiores. ... 22
Conclusiones ... 25
Laboratorio climático. ... 26
Orientación y agrupamiento. ... 26
Fachada: estructura metálica complementaria. ... 28
Conclusiones. ... 30
Laboratorio urbano. ... 32
Conclusiones. ... 32
Consolidación proyectual: conjunto de vivienda para arriendo. ... 34
Conclusiones. ... 37
Referencias bibliográficas. ... 38
Anexos ... 42

Abstract.

La presente tesis proyectual tiene como tópico específico la gestión de la construcción para condominios de arriendo con interés social, con el objetivo de abordar el déficit habitacional desde la edificación en madera y generar tipologías edificatorias ambiental y económicamente competitivas en el actual marco regulatorio.

Esto se desarrolla a través del proyecto de un conjunto de vivienda bajo el marco normativo del DS-49 y la resolución exenta 12.432, emplazado en la ciudad de Talca para el cual se llevó a cabo un laboratorio de iteraciones en el cual se probaron distintas soluciones estructurales, de fachada y de agrupamiento urbano, las cuales fueron analizadas de acuerdo con las variables de presupuesto, huella de carbono, confort, densidad y habitabilidad.

El proyecto arquitectónico resultado de los procesos de modelación desarrolla las posibilidades de habitabilidad y espacialidad en un conjunto de dos volúmenes edificados de crujía simple de 5 pisos y 68 unidades de vivienda de 1, 2 y 3 dormitorios.

Introducción

Crisis climática

La crisis climática es una de las principales emergencias que enfrenta actualmente la humanidad. Un factor importante para entender esta crisis es su carácter antropogénico, vale decir, es producto de la actividad humana, al ser consecuencia directa de la utilización de combustibles fósiles y quema de carbono producida desde el periodo de la revolución industrial, lo que ha depositado grandes cantidades de gases de efecto invernadero en la atmósfera.

El año 2019 el sector de la construcción a nivel mundial emitió 12Gton. de CO2 equivalentes, correspondientes al 21% de las emisiones globales de gases de efecto invernadero, por lo que es imperante la materialización de cambios en esta industria de manera radical y parte importante de este cambio radica en la matriz material con la que actualmente se está edificando.

Si bien, es importante apuntar a la descarbonización de la energía requerida para la producción de acero y hormigón, los procesos químicos intrínsecos a la producción de estos materiales de por sí son altamente contaminantes y, si bien el concreto logra carbonatarse, el porcentaje de CO2 que logra reabsorber es tan solo *una fracción del carbono generado durante su proceso productivo* (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2022)

Frente a la necesidad de cambiar las actuales condiciones de la industria de la construcción emergen alternativas sustentables, como es el caso de la madera, que, debido a su composición permite no solo tener emisiones más bajas que materiales como el acero o el hormigón, sino que también permite almacenar carbono, llegando incluso a recomendarse como estrategias urbanas frente a la crisis climática la intensificación de la absorción de carbono en el entorno urbano a través de materiales bio-basados, como es el caso de la madera. (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2022)

Uso de madera

Si bien se entiende que la edificación en madera es un aporte a la problemática de las emisiones del sector construcción a nivel global, con tal de que logre ser efectiva una masificación de este material el camino más viable es a través de la industrialización de sus procesos, esto debido a que de esta manera se logran reducir las desventajas comparativas que tiene la madera (como problemáticas de infiltraciones, por ejemplo) respecto de otros materiales, gracias a la alta precisión que ofrece la industrialización.

Con esto no solo logran paliarse los puntos débiles de los sistemas basados en madera, sino que también se logra maximizar las ventajas que estos sistemas tienen respecto de otros, como lo son la reducción de tiempos en obra, reducción de mano de obra necesaria o prescindir de moldajes.

Si bien con hormigón también es posible producir de manera prefabricada, la prefabricación en madera, principalmente debido a que esta última es mucho más liviana, permite procesos de transporte y producción más competitivos.

Siguiendo esta misma línea, ya desde la década del 90 y más recientemente de la mano de tecnologías BIM y CNC, vienen desarrollándose sistemas constructivos y materiales basados en madera que se han puesto a la vanguardia en construcción. Es a través de ese paradigma que se orienta el presente trabajo, apuntando a la innovación más que a métodos tradicionales de construcción.

Tipología estructural

El sistema de construcción en entramado ligero en madera se ha desarrollado de manera tradicional en diversas zonas del planeta, rigiéndose por el principio fundamental de ordenamiento de elementos lineares similares en una grilla.

La industrialización y prefabricación de sistemas de entramado durante las últimas décadas ha permitido aumentar la altura de las edificaciones y elevar los estándares de la construcción de entramado, gracias a que la modularización ya sea en paneles o bloques permite una mayor precisión en la construcción, incorporación de elementos de aislación térmica y acústica *off-site* y una reducción general en los márgenes de error, logrando ventajas prácticas en comparación con otros sistemas constructivos que requieren la incorporación de estos elementos en obra.

Industrialización en el contexto nacional

Existe al día de hoy diversidad dentro de las posibilidades que ofrece la industria para la construcción en entramado de madera industrializada, teniendo a Tecnofast, E2E y Patagual como principales referentes.

Actualmente en Chile se fabrican módulos cerrados cuyas terminaciones son llevadas a cabo en fábrica, con tal de minimizar lo más posible las operaciones en obra, como es el caso de la empresa Tecnofast.

Sumado a lo anterior, esta empresa estuvo a cargo de la construcción de la Torre Experimental Peñuelas, uno de los principales referentes de aplicación de un sistema de entramado industrializado y uno de los edificios en madera más altos de Latinoamérica, con casi 20 metros de altura en sus 6 plantas. (fig.06)

Para la construcción de esta torre se utilizaron módulos abiertos que incluían los muros y la losa superior del piso. En este caso es un referente a nivel nacional pues además de ser el edificio en madera más alto del país, logra exponer las ventajas de la construcción prefabricada en madera, como la rapidez en las

Fig. 04: Fotografía condominio Las Pataguas en San Pedro de la Paz. (thlaspataguas.cl, 2022)

Fig.05: Fotografía condominio Horizonte del Pacífico en San Pedro de la Paz. (madera21.cl, 2020)

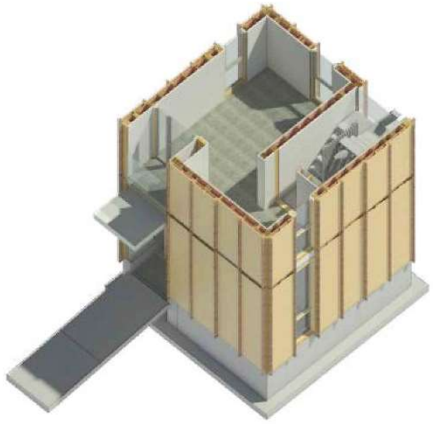


Fig.06: Axonométrica torre peñuelas. (Ugarte et al., 2018)

obras y la incorporación de elementos como instalaciones y terminaciones en el módulo (Ugarte et al., 2018), reduciendo al mínimo las operaciones en obra.

Complementario a lo anterior, la industria nacional también cuenta con referentes de utilización de tecnologías BIM para la construcción industrializada con alto nivel de detalle en los modelos computacionales con los que se trabaja, incluyendo instalaciones dentro de los módulos e instrucciones para la maquinaria robotizada.

Además de la ya mencionada construcción en base a módulos cerrados, también se han llevado a cabo proyectos cuya construcción se basa en paneles industrializados. Actualmente Patagual es proveedor del proyecto Las Pataguas, un condominio en proceso de construcción en San Pedro de la Paz, el cual cuenta con 104 viviendas de dos pisos de fachada continua, hechas en base a módulos cerrados. (fig.04)

Para efectos del tema de estudio, la construcción de condominios destinados a arriendo con interés social, es de particular interés el caso del conjunto Horizonte del pacífico, llevado a cabo por la empresa E2E, debido a que este año el Ministerio de Vivienda y Urbanismo confirmó la adquisición de dicho conjunto para ser destinado a arriendo a precio justo.

Este proyecto residencial está compuesto por 5 torres con 4 pisos cada una y 4 departamentos por piso. Su construcción comenzó en 2019 en la comuna de San Pedro de la Paz y fue llevada a cabo a través de paneles industrializados. (fig.05)

Estructuralmente los muros en este conjunto se componen de pino radiata MGP-10 y OSB 11,1. Mientras que el entrepiso se compone de vigas I-Joist (241x69mm) y terciado estructural de 18mm. (madera21.cl, 2020)

Crisis de vivienda

En Chile (y a lo largo del mundo también) otro de los grandes desafíos que se enfrenta es la crisis de vivienda, caracterizada principalmente por el déficit en la cantidad de unidades disponibles, provocando que las personas que no logran tener acceso a una vivienda tengan que recurrir al allegamiento o a viviendas informales, muchas veces en zonas de riesgo de desastres naturales o sin acceso a servicios básicos.

Al día de hoy en Chile el déficit de viviendas se estima que llega a las 641.421 (ver anexo 03), considerando familias allegadas, viviendas irrecuperables, hogares hacinados, campamentos y personas en situación de calle.

A pesar de ser una problemática contingente, es un tema con el que se viene lidiando desde hace mucho tiempo. Ya desde principios del siglo XX surgen los primeros atisbos de políticas públicas que apuntan a la vivienda con la promulgación de la Ley de Habitaciones obreras. Posteriormente el estado de Chile abordaría la problemática a través de múltiples estrategias, con

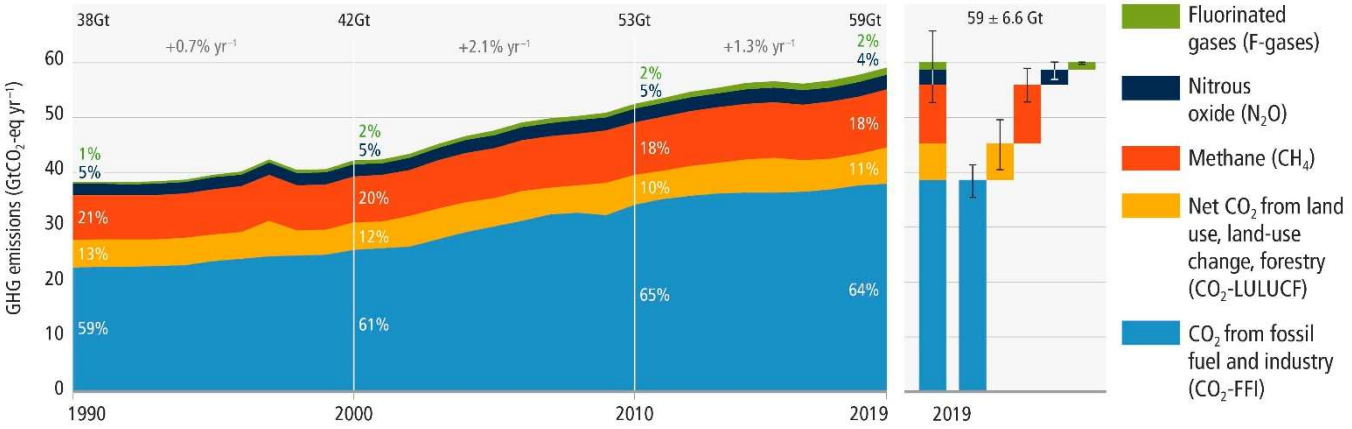


Fig. 01: Gáfico emisiones antropogénicas de gases de efecto invernadero durante el perioro 1990-2019. (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2022)

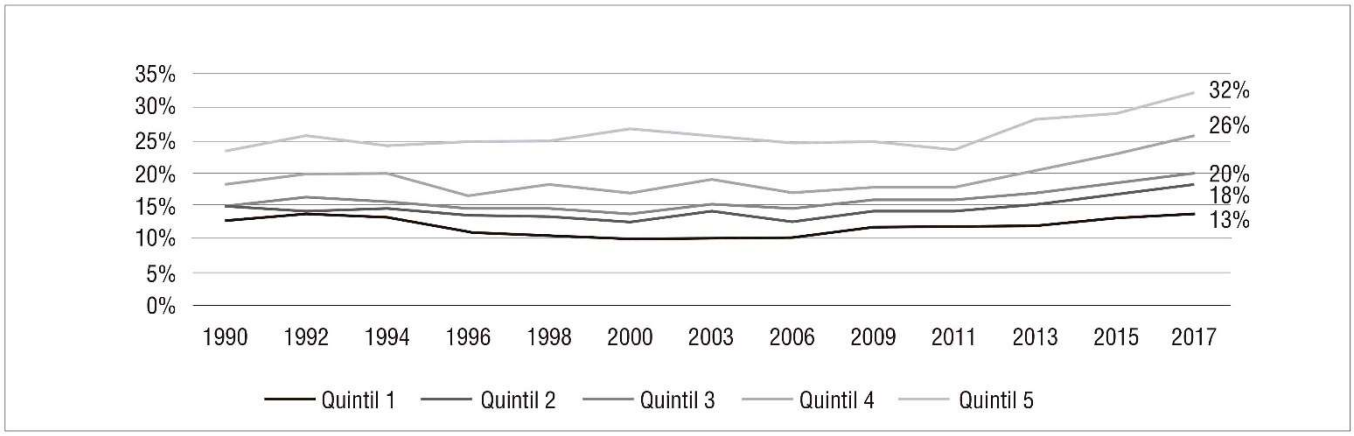


Fig.02: Porcentaje de arrendatarios por quintil de ingresos autónomos periodo 1990-2017.(Link et al., 2019)

Instrumento	Oportunidades	Desafíos
Programas directamente orientados al arriendo		
Subsidio de Arriendo (DS N° 52)	Subsidia directamente la demanda de arriendo.	Subutilización, por topes bajo valores de mercado, problemas de información y duración del beneficio. No ofrece seguridad en la tenencia. No incentiva oferta de arriendo. Limitaciones respecto de beneficiarios y viviendas compatibles.
Glosa 03, Ley de Presupuestos	Subsidio directo para la generación de oferta de arriendo, redireccionando subsidios de otros programas para tal fin (por ejemplo, DS N° 1 y N° 49). Se ha utilizado para proyectos de desarrollo privado y público (Programa de Regeneración de Áreas Centrales y Programa de Regeneración de Conjuntos Habitacionales de Viviendas Sociales). Las recientes glosas 10, 11 y 12 podrían complementar este instrumento, generando un modelo concesional y de colaboración público-privada.	Como glosa presupuestaria, no tiene carácter permanente. Limitado a beneficiarios del DS N° 52, manteniendo la lógica de la transitoriedad del arriendo. Tensión por redirección de recursos destinado a vivienda en propiedad, que además resultan insuficientes. Sujeto a la iniciativa pública.

Fig.03: Oportunidades para incentivar la oferta de arriendo en los instrumentos existentes. (Bresciani et al., 2021)

la conformación de instituciones como la Caja de la Habitación, la CORVI, o a través de políticas de autoconstrucción, la llamada "operación tiza" y más recientemente a través de subsidios habitacionales (solo por nombrar algunos ejemplos). Cada una de estas políticas públicas o aproximaciones a la problemática de la vivienda tiene su propio enfoque, sin embargo, todas han tendido a apuntar a un principio similar: la provisión de vivienda a través de la propiedad.

En contraste, durante las últimas décadas en Chile la modalidad de arriendo ha ido en aumento en general, siendo particularmente alto entre la población joven (63% entre 18 y 29 años y 47% entre 30 y 29) y entre población migrante, llegando al 56% en el caso de los migrantes internos y al 93% para externos. (Link et al., 2019)

Es en este contexto en que, como parte de la política nacional de desarrollo urbano el año 2014 se promulga el DS-52 (Decreto Supremo 52), medida pionera en Latinoamérica al ser el primer subsidio al arriendo. Originalmente se planteó como un subsidio que apunta a solucionar la situación habitacional de jóvenes allegados, sin embargo, esto se ha ido modificando hasta el marco que actualmente rige, enfocado en familias con jefe de hogar mayor de 18 años que pertenecen al 70% más vulnerable de la población. (Secretaría de Vivienda y Urbanismo, 2019)

Este subsidio, a pesar de ser una medida que apunta a diversificar la matriz desde la cual se aborda el problema de la vivienda, tiene ciertas deficiencias relacionadas principalmente a temas de mercado como la falta de oferta de arriendo de vivienda dentro de los requisitos del MINVU o la desconfianza de parte de los arrendadores. (Secretaría de Vivienda y Urbanismo, 2019)

En paralelo al desarrollo del DS-52 (subsidio a la demanda) se aplica por primera vez el año 2017 la resolución exenta 12.432, también denominada *Glosa 3*, a través de la cual se apunta al engrosamiento de la oferta de vivienda en arriendo con interés social, extendiendo el DS-49 a instituciones sin fines de lucro para la edificación de viviendas destinadas a ser arrendadas a beneficiarios del DS-52.

Es mediante esta figura que durante los años 2019 y 2020 se construyó, por ejemplo, el Conjunto Justicia Social I, por parte de la Municipalidad de Recoleta, sin embargo, casos como este, de conjuntos que complementen la oferta de vivienda asequible a través de instituciones sin fines de lucro son *incipientes y aislados.* (Bogolaski Fliman et al., 2021).

Más recientemente, durante el 2022 se anunció de parte del Ministerio de Vivienda y Urbanismo el lanzamiento del plan de viviendas de "arriendo a precio justo", que contempla la gestión de conjuntos dedicados a proveer de oferta de arriendo, gestionados por entes sin fines de lucro, Serviu, municipios o gobiernos regionales, siendo una de las principales características de este régimen de tenencia el valor del arriendo inferior al 25% de los ingresos de la familia arrendataria.

Uno de los primeros conjuntos adquiridos bajo este plan es el ya mencionado conjunto Horizontes del Pacífico, construido por E2E en la comuna de San Pedro de la Paz.

Dicho lo anterior, es relevante la comprensión de que la necesidad actual de edificación de vivienda en arriendo con interés social y la necesidad de un cambio en la matriz material de la industria de la construcción son hoy en día una enorme oportunidad de desarrollo por explorar.

Formulación de investigación

Preguntas de investigación

Pregunta general

Actualmente el hormigón armado representa la principal materialidad en lo que respecta a edificación de conjuntos de vivienda social de mediana altura (de hasta 5 pisos), sin embargo, los mecanismos de análisis de costos que históricamente se han manejado excluyen elementos como huella de carbono, tiempo de construcción en obra o desempeño energético, siendo dichas dimensiones de proyecto relevantes a la hora de abordar proyectos dedicados a arriendo. Dicho lo anterior:

¿De qué manera la edificación en madera logra ser económica y ambientalmente competitiva para la edificación de conjuntos de arriendo con interés social?

Preguntas específicas

¿cómo responde la edificación en madera a las necesidades programáticas de un edificio de departamentos para arriendo con interés social?

Respecto a las unidades de vivienda ¿qué combinaciones tipológicas permitirían el desarrollo eficiente y económico de conjuntos de vivienda social para arriendo? ¿de qué manera se puede lograr una diversificación programática dentro de un mismo conjunto?

¿qué decisiones de diseño influencian el desempeño energético de un conjunto con estas características?

Hipótesis

El entramado en madera aserrada es un sistema que permite un desempeño competitivo para la construcción de condominios destinados a arriendo con interés social, siempre y cuando esta sea llevada a cabo mediante parámetros de industrialización.

Es posible ahorrar en obra gruesa y mantención complementando la estructura de madera con circulaciones exteriores de acero, de esta manera se logra aportar al arriostramiento de la estructura de entramado, a la par de generar una fachada de mayor resistencia a la intemperie que también aporte al desempeño energético del conjunto.

Objetivos

Objetivo general

Producir conocimiento en formato de tesis proyectual que explore las posibilidades de la madera como elemento estructural en el marco específico de edificación de conjuntos habitacionales bajo estándares del MINVU.

Objetivos específicos

- Realizar levantamiento de la cuenca del Maule desde un punto de vista territorial y climático.
- Realizar estudio del sitio del regimiento de Talca como terreno de proyecto.
- Profundizar en las posibilidades de la construcción de conjuntos de vivienda enfocados en arriendo con interés social.
- Generar modelos que permitan optimizar el uso de la madera en edificaciones en altura.
- Iterar combinaciones tipológicas apuntando a la optimización y maximización del uso del material.
- Definir principios de diseño para la edificación de conjuntos de vivienda en madera para el DS-49
- Diseñar un sistema prefabricado que permita diversidad tipológica de vivienda.
- Desarrollar un estudio de carácter urbano que apunte a generar lineamientos tanto programáticos como de diseño.
- Desarrollar anteproyecto de distrito de innovación emplazado en el regimiento de Talca.

Metodología

1) Hacer levantamiento de la cuenca del maule a través de imágenes fotogramétricas y planimetrías del territorio.
2) Estudio del Plan Regulador de la ciudad de Talca, aspectos normativos y entrevistas con actores del sector.
3) Desarrollo de modelos que aborden las variables económicas, estructurales, energéticas y urbanas en el marco del DS-49.
4) Análisis de resultados de los modelos y evaluación de la competitividad de las distintas iteraciones.
5) Aplicación de los principios de diseño a un proyecto emplazado en el sitio estudiado.

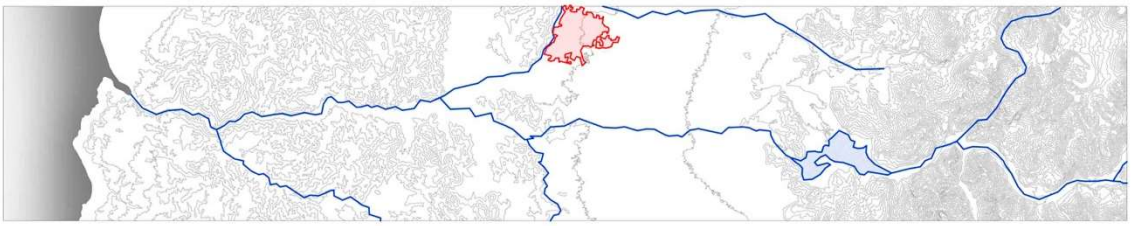


Fig.07: Representación cuenta rio Maule y mancha urbana de la ciudad de Talca. (Elaboración propia)

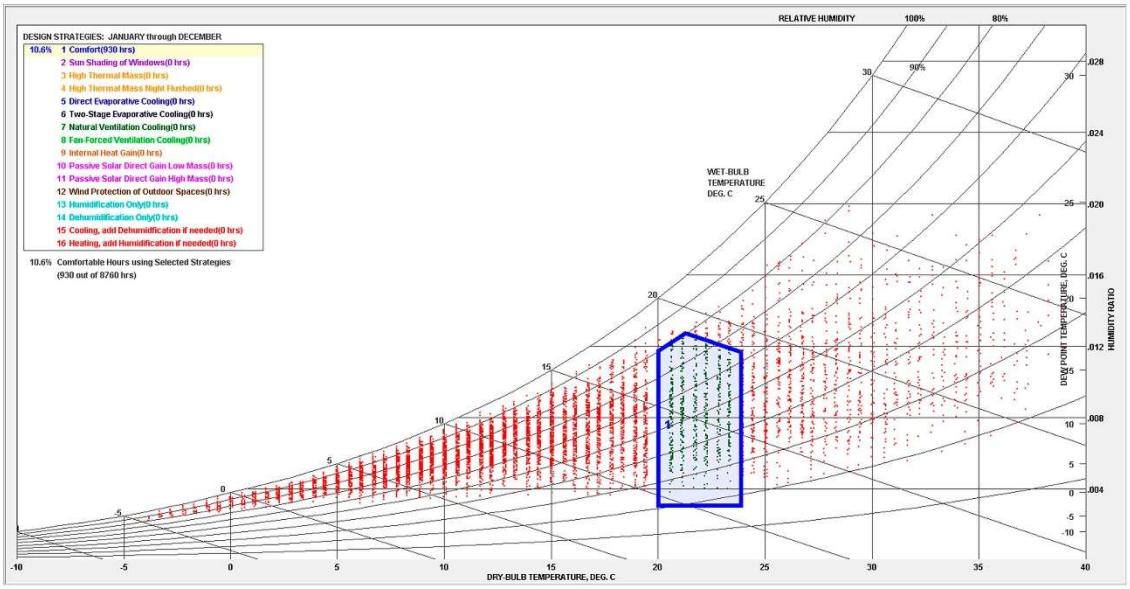


Fig.08: Carta psicométrica Talca (en grados Celsius). (Elaboración propia utilizando el software Climate Consultant)

Fig.09: Representación levantamiento de programas contexto inmediato. (Elaboración a cargo de compañera de taller Macarena Sandoval)

Capítulo 1: Territorio, ciudad y distrito

A modo de llevar a cabo un levantamiento acabado del territorio en el que se emplazará el anteproyecto, se hará una caracterización a distintas escalas. En primer lugar, se abordará la escala geográfica con sus implicancias topográficas, hidrológicas y climáticas, a escala urbana se observarán aspectos normativos, viales y correspondientes a áreas verdes, mientras que a escala barrial se analizará el contexto inmediato desde una caracterización programática, variables demográficas y su relación con las categorías previamente mencionadas, profundizando en el área del polígono en que se trabajará para el anteproyecto. Se revisarán de igual manera los lineamientos y propuestas que distintos organismos han planteado para el desarrollo futuro de la ciudad.

Posteriormente se analizará el caso del distrito sustentable de Vauban, en la ciudad de Freiburg, Alemania, desglosando sus principales estrategias distritales para finalmente aplicar estos principios al anteproyecto de distrito de innovación en madera en el sitio del regimiento de Talca.

Escala geográfica

La ciudad de Talca se ubica en la cuenca del río Maule, siendo parte del valle de la región con el mismo nombre y se emplaza en los 35° latitud sur. A diferencia de otras ciudades del valle central, el caso de Talca es particular, debido a que por proximidad se relaciona más con la cordillera de la costa que con la cordillera de Los Andes, situación que se evidencia también en su hidrología, pues el río Claro, con el cual colinda hacia el poniente, hace de borde de la ciudad en esta dirección, a la vez que es un río que “choca” con la topografía de la cordillera de la costa, para luego desviarse hacia el río Maule. De esta manera, se conforma como un elemento limítrofe entre la mancha urbana y la topografía, demarcando uno de los márgenes de la ciudad (ver fig.07).

Con respecto a sus características climáticas, Talca cuenta con un clima mediterráneo oceánico (CsB) según la clasificación de Köppen. De acuerdo con el análisis de su carta psicométrica, Talca cuenta con el 72% de las horas anuales con temperaturas por debajo de la zona de confort, teniendo una temperatura promedio de 15°C y una radiación promedio de 325 Wh/m2.

De lo anterior se desprende que, en principio las bajas temperaturas son una variable de diseño a considerar, por lo que se deberían tomar en cuenta medidas para abordar las ganancias necesarias en invierno, no obstante, debido al fenómeno del cambio climático es de esperarse un aumento generalizado de las temperaturas en el valle central, por lo que tampoco debiese despreciarse las posibilidades de sobrecalentamiento en los meses cálidos.

Por lo demás otra variable fundamental a considerar es la zona climática según la norma nch1079, la cual posiciona a la ciudad de Talca dentro de la zona 3, es decir, bajo el mismo marco normativo que la ciudad de Santiago en lo que refiere a, por ejemplo, estándares mínimos de aislación.

Escala urbana

La ciudad cuenta actualmente con dos ejes troncales principales en el sentido oriente-poniente, las avenidas Bernardo O´higgins y Dos Sur, y una en el sentido norte-sur la avenida Circunvalación Rio claro. En complemento a esto, está proyectada una troncal a modo de anillo alrededor de la ciudad y una red de vías colectoras.

El área rodeada por este anillo proyectado se caracteriza por tener en gran parte de su superficie un orden de damero relativamente estable, dentro del cual, hacia su mitad sur, se encuentra el centro histórico en un eje programático de comercio que se configura en sentido oriente-poniente. A medida que aumenta la distancia del eje previamente señalado, los usos de suelo se vuelven cada vez menos diverso y empiezan a primar usos habitacionales.

Según datos del catastro llevado a cabo por el INE el año 2018, Talca cuenta con 7,15 m2 de área verde por habitante, cifras que, a pesar de ser superiores a las de, por ejemplo, las comunas de Santiago o Las Condes, están por debajo del estándar del Consejo Nacional de Desarrollo Urbano, establecido en 10m2 de área verde por habitante. Las áreas verdes de la ciudad actualmente se materializan en 4 grandes zonas: la Plaza de Armas, la Plaza de la Victoria, el eje de la avenida Bernardo O´Higgins y el Parque Urbano Estero Piduco (Bresciani, 2020), además de pequeñas plazas de escala barrial distribuidas a lo largo de la ciudad.

Respecto a la trama de ciclovías, Talca es una de las comunas de Chile con mayor desarrollo, teniendo actualmente un total de 48,66 km. Correspondiente a vías construidas, en ejecución y proyectadas. Por lo demás, entre las capitales regionales, Talca cuenta con la mayor tasa de uso de bicicleta. (Bresciani, 2020)

> *El 8,23% de los viajes en Talca son en bicicleta, lo que transforma Talca en la ciudad del país donde más se usa la bicicleta como medio de transporte (Encuesta Nacional de Medio Ambiente, 2016), con el 15% de sus habitantes prefiriendo ese modo (Bresciani, 2020)*

El sitio de emplazamiento del anteproyecto se encuentra hacia el norte de la avenida Bernardo O’Higgins y colindando con la avenida Circunvalación hacia el oriente, en una zona principalmente residencial, pero que recientemente ha acogido desarrollos de proyectos relacionados con infraestructura educacional universitaria de parte de la Universidad Santo Tomás y la Universidad Autónoma a la orilla del Río Claro.

Fig.10: Plano vialidad estructurante en Talca. (Bresciani, 2020)

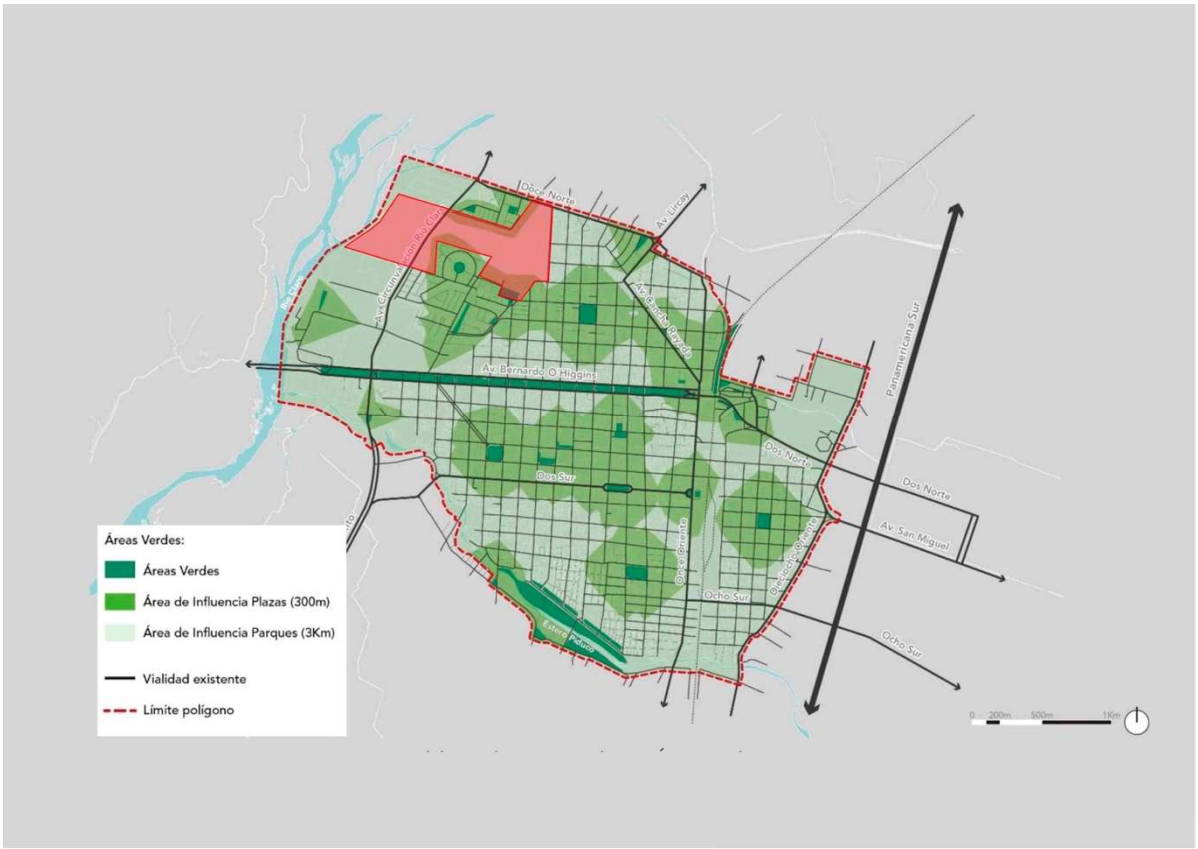


Fig.11: Influencia areas verdes en la ciudad de Talca según parques y plazas. (Bresciani, 2020)

Gran parte del sector, incluyendo el sitio del regimiento, actualmente se considera zona no consolidada, dándose situaciones como la presencia de faenas de extracción de áridos colindantes con usos habitacionales o la exclusión de la red de transporte público. No obstante, la zona adquiere un gran potencial al estar conectada por la avenida Circunvalación, la que además está inserta dentro de la red de ciclovías de la ciudad, dato no menor si consideramos la importancia que tiene este medio de transporte en Talca, además, por supuesto, de las posibilidades de potenciar el transporte no motorizado.

El sitio y su contexto inmediato

El sitio en el que se emplaza el anteproyecto corresponde actualmente al regimiento de Talca más una serie de sitios eriazos. Este polígono cuenta con aproximadamente 53 hectáreas y se despliega desde la calle 3 oriente hasta el río Claro, siendo atravesado por la Avenida Circunvalación.

Fig.14: Lotes propuesta PUH. (SERVIU Región del Maule, 2022)

El polígono se divide en 6 lotes. Los lotes C y D corresponden a las instalaciones del regimiento, en las que se encuentran edificaciones actualmente en uso por parte del ejército. Hacia el centro, entre avenida Canal de la Cruz y la circunvalación se encuentra el lote B, en el que no hay edificaciones, pero es utilizada para ejercicios militares y para efectos de este ejercicio académico, será la zona en que se profundizará en la propuesta.

El lote E corresponde a un sitio eriazo triangular al oriente de la circunvalación, mientras que desde ésta última hasta el río se despliegan los lotes A y F, los cuales fueron utilizados como vertederos de escombros resultantes del terremoto del 27 de febrero de 2010.

Debido a la condición de borde rio que tiene el polígono, su relieve avanza decrecientemente en el sentido oriente-poniente, pero con un par de zonas con diferencias abruptas producto de obras de relleno que históricamente se han llevado a cabo en el sector, estas zonas se encuentran en los extremos oriente y poniente del lote B y en el borde del río.

Dada su relación con el rio y el hecho de estar separado del resto de las zonas del polígono por la avenida circunvalación, es posible caracterizar los lotes A y F desde su relación con el río y el desarrollo que el borde de este está adquiriendo conforme avanza su urbanización de la mano de infraestructura de alcance comunal como los campus universitarios, el estadio o el Parque Rio Claro. En la contraparte, los sitios al oriente de la circunvalación apuntan a una escala más doméstica, al encontrarse insertos en una zona residencial.

Colindante con el lote B, hacia el norte y el sur se encuentran dos barrios actualmente separados por esta zona de ejercicios militares. En primer lugar, se observa que el barrio al norte cuenta con una densidad de vivienda por unidad de superficie mucho mayor que el barrio sur, albergando ambos vivienda unifamiliar, por lo que se infiere que los habitantes del barrio más denso cuentan con sitios más pequeños para sus viviendas, un espacio público más acotado o ambas.

En esta misma línea, el barrio norte se compone de familias de menores recursos, albergando familias del quintil C2, C3 y E, mientras que en el barrio sur prima el quintil ABC1.

Para la caracterización programática se dividieron los alrededores en base a 2 ejes, generando 4 sectores de análisis. Siendo los sectores norte y sur los más relevantes para la fracción del polígono en la que se está trabajando, cabe reconocer la presencia de usos industriales como parte de la condición “limítrofe” respecto de la ciudad que aún se tiene, sin embargo, la presencia de programas educativos y una irrupción de programas comerciales explicarían el carácter público que está adquiriendo el sector del borde del río. Es observable la primacía de usos habitacionales acompañada de una oferta de servicios muy acotada. (ver figura 13)

Respecto de la normativa, el Plan Regulador Comunal (PRC) establece 3 zonificaciones distintas para el polígono: R-3B, R-7A y U3. En general, la ordenanza local permite edificación de vivienda y otros usos en estas 3 zonificaciones, no obstante, una de las principales diferencias radica en la densidad habitacional permitida. La zonificación U-3, bajo la cual se categoriza el sector en el que se abordará el anteproyecto, permite densidades de hasta 1200 habitantes por hectárea, mientras que en las otras se permite de tan solo 450, permitiéndose además alturas de 17,5 a 28 metros, en edificación aislada, pareada o continua.

Estrategias a futuro

El plan regulador de la comuna de Talca del año 2011 contempla una serie de vías que se proyecta abrir o ensanchar en el sector estudiado. Una de las principales obras viales que se prevén en el PRC es la apertura (ya efectuada) de la circunvalación norte, la al conecta al sector directamente con el eje Bernardo O´Higgins. Paralela a esta vía, está trazada en el plano la apertura de la avenida canal de la luz, dándole continuidad hacia el norte, a la vez que secciona el terreno del regimiento, separando la zona de las instalaciones de la zona de ejercicios militares. Al sur de ésta última de igual manera se prevé el ensanche de la vía 10 Norte, que se extiende hasta el río. Finalmente, al borde del río se proyecta el trazado de la Avenida Costanera Rio Claro, la cual

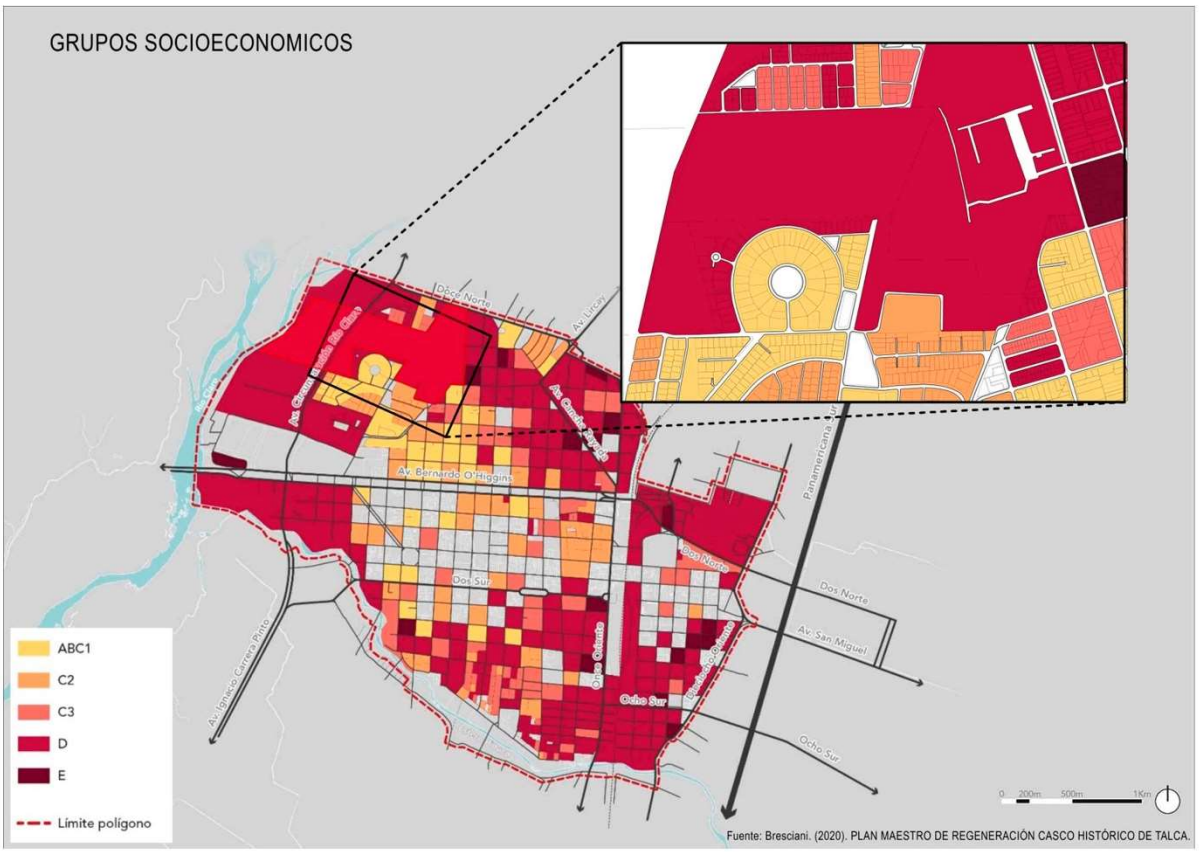


Fig.12: Manzanas en Talca según grupo socioeconómico. (Brseciani, 2020)

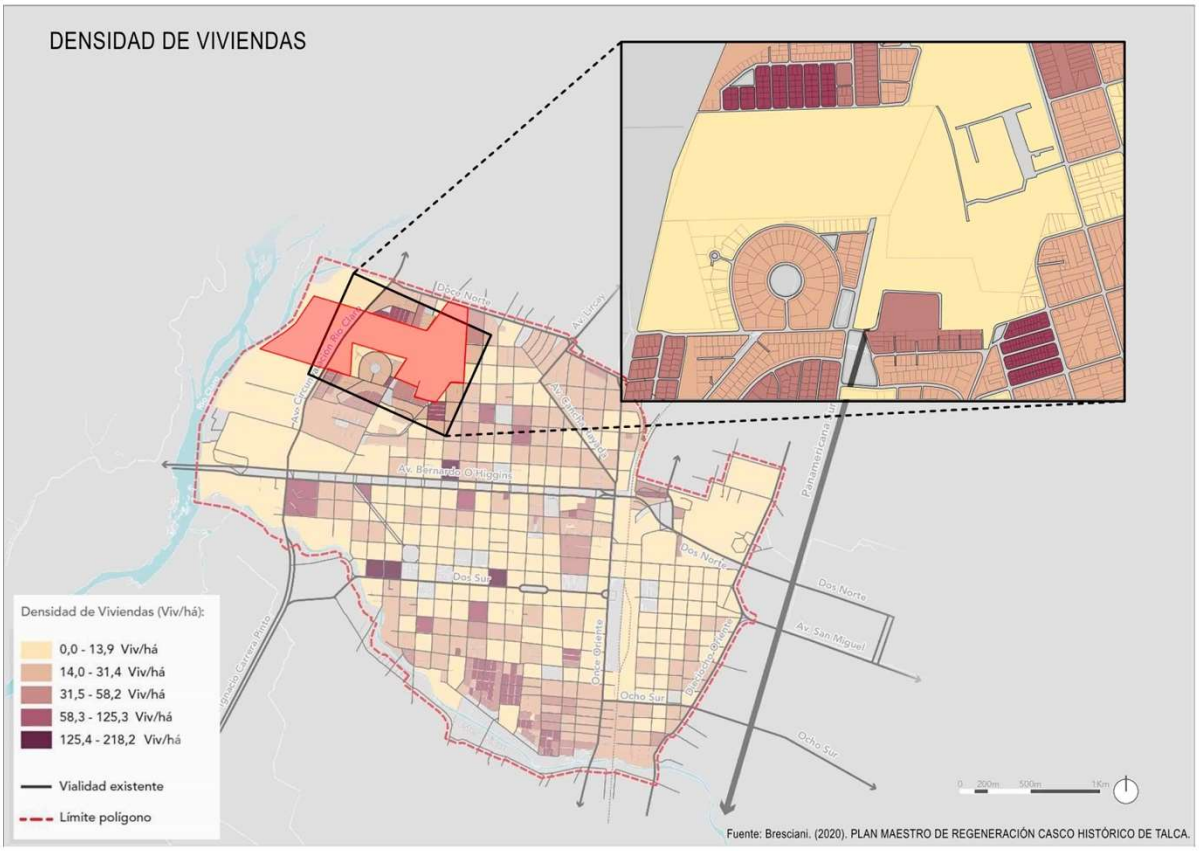


Fig.13: Manzanas según densidad de viviendas en Talca. (Bresciani, 2020).

además de aportar a la conectividad y urbanización de estos sitios, hace de amortiguador y barrera protectora frente a eventuales crecidas del río.

Respecto del Río Claro, ya en el Plan Maestro de Recuperación Urbana de Talca (posterior al terremoto del 27 de febrero de 2010) se incluye un plan de recuperación del borde del rio. En el plan de desarrollo comunal 2016-2020 se menciona que la población identifica este curso fluvial como un espacio de *gran potencial natural*, y en esta misma línea propone la creación de un programa de manejo/mantención. Finalmente, el año 2019 inician las obras del parque Rio Claro, contando con 9,1 hectáreas en total. El año 2020 culminó la primera etapa y se prevé que para finales de este año estén listas las obras finales.

Actualmente, como parte de los Planes Urbanos Habitacionales del MINVU, está pensado el desarrollo de un proyecto de barrio sustentable en dos etapas, la primera en el lote E y la segunda en el lote B, proponiendo la edificación de 270 y 2000 viviendas en estos sitios, respectivamente, además de comercio, equipamiento y áreas verdes.

Además, se contempla dejar los lotes A y F como parte del parque fluvial sin edificarlos, la propuesta del SERVIU incluye dos ejes de áreas verdes en el lote B, que lo atraviesan transversal y longitudinalmente, conectando con esta peatonal las avenidas Canal de la Luz y la circunvalación, pero también trazando un eje verde que une los barrios norte y sur.

A una escala macro, el Plan Maestro de Regeneración del Casco Histórico de Talca, si bien aborda, como su nombre lo indica, el casco histórico y tiene pocas referencias a la zona que en el presente trabajo se está estudiando, da luces de cómo el tratamiento y las transformaciones a escala ciudad afectarán al sitio. A pesar de que no incluye el sitio del regimiento dentro de las zonas de renovación urbana de uso habitacional, si lo incluye dentro de la propuesta de transformación del PRC, como parte de la zonificación correspondiente a densificación residencial.

Probablemente, dentro de la propuesta, el elemento que para efectos del futuro del sitio trabajado tiene mayor gravitación es el tratamiento de la avenida canal de la luz, pues en paralelo a que el PRC considera la apertura de esta calle, este plan maestro la considera zona de renovación urbana y da detalle de cómo debiese ser su tratamiento, en base al cual se infiere la jerarquía urbana que se proyecta tenga esta vía, pues el corte de calle de la propuesta incluye la ampliación del bandejón central, vías exclusivas para transporte público y edificios de altura de 12 pisos. (Ver fig.19)

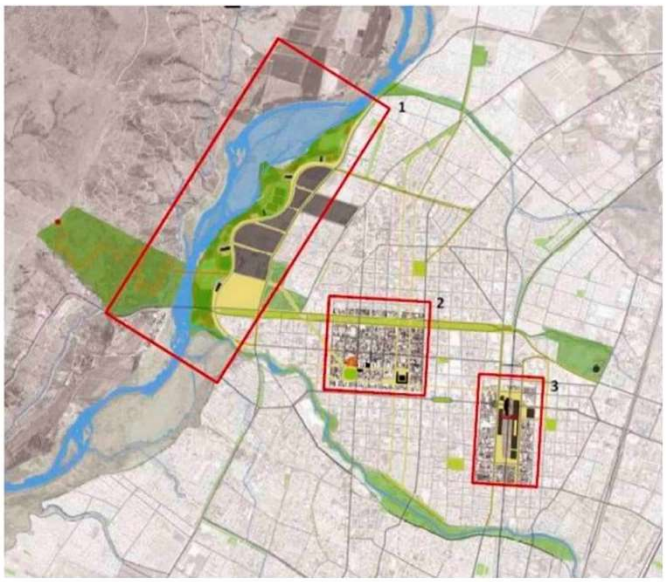


Fig.15: Plan Maestro de Recuperación Urbana de Talca (PRETALCA) a cargo de Dupla Consultores.
Fuente: (Bresciani, 2020)

Fig.16: Render proyecto parque Rio Claro. («Minvu diseña obras de mitigación ante amenazas naturales en parque Río Claro en Talca», 2020)

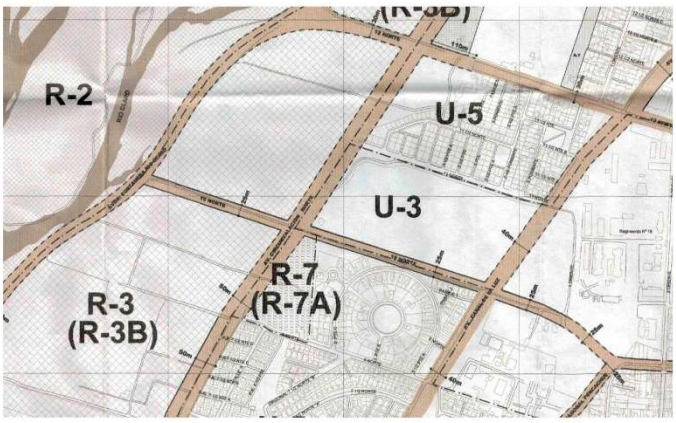


Fig.17: Zonificación 3-B Plan Regulador Comunal. (I. Municipalidad de Talca, 2011)

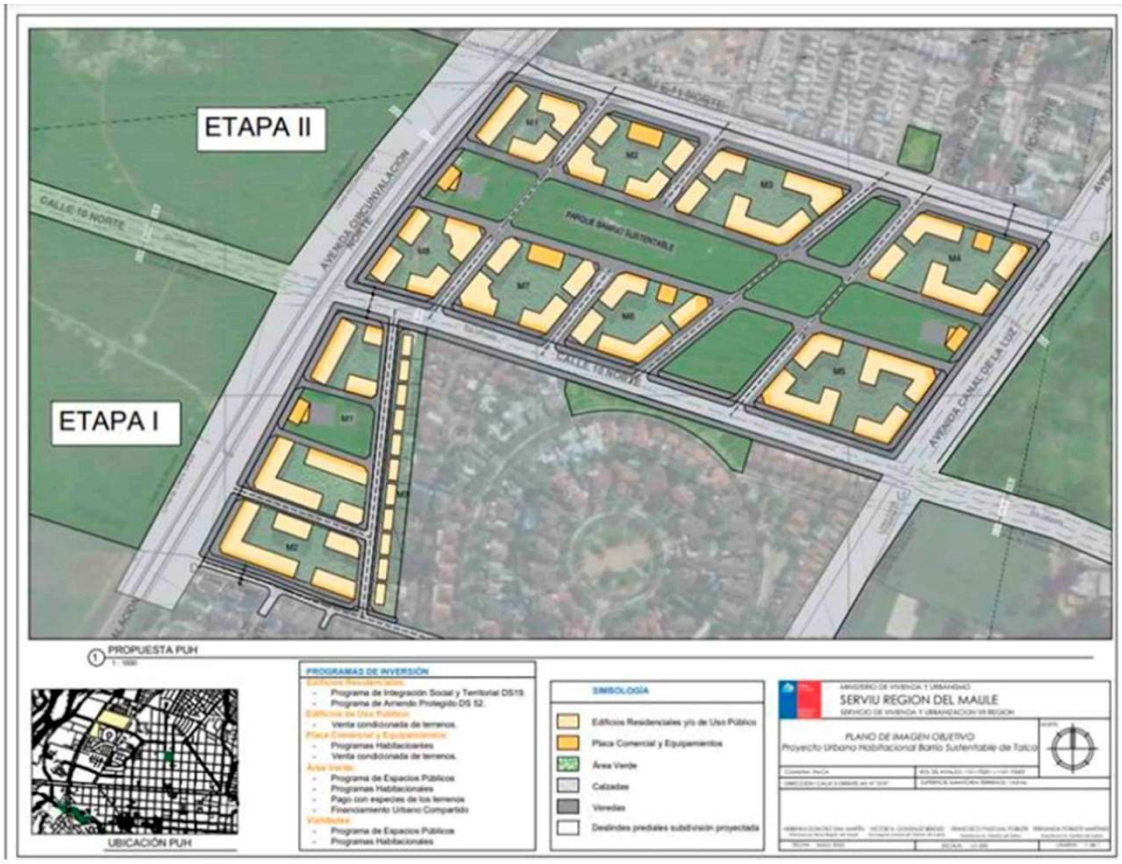


Fig.18: Imagen objetivo Plan Urbano Habitacional. (SERVIU REGION DEL MAULE, 2022)

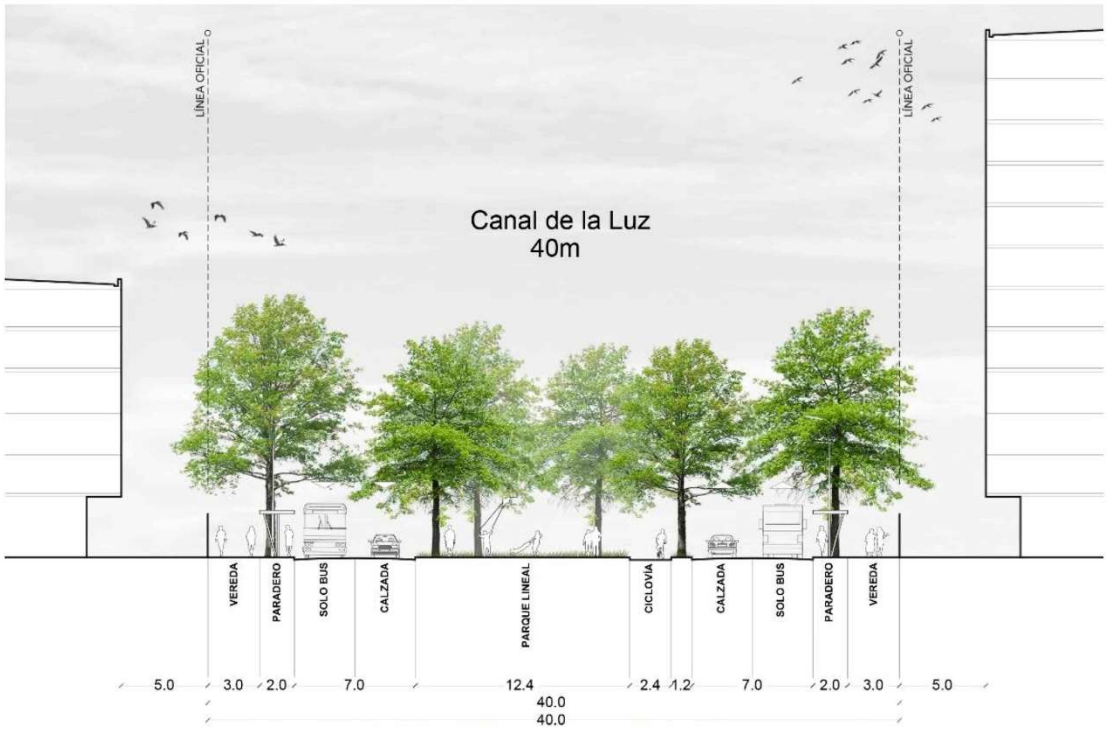


Fig.19: Corte de calle propuesta plan maestro de regeneración del casco histórico correspondiente a la avenida Canal de la Luz. (Bresciani, 2020)

Fig.20: Activistas ocupando el sitio de emplazamiento de la central nuclear (no construída) en Whyl en 1975.(Archiv Soziale Bewegungen, s. f.)

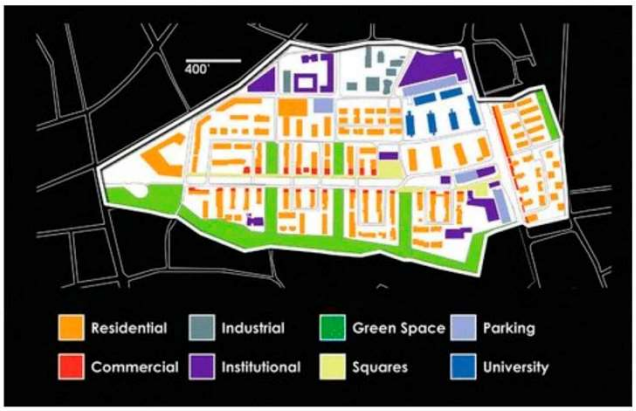


Fig.21: Plano de programas en Vauban. (Fraker, 2013)

Fig.22: Imagen satelital del Solarsiedlung. (obtenida de Google Earth)

Distrito de innovación: Vauban

Geográficamente, la ciudad de Friburgo, en donde se emplaza el distrito sustentable de Vauban, se ubica en el suroeste de Alemania en una zona boscosa que colinda con producción vitivinícola y agrícola. Climáticamente corresponde a una zona CFB de acuerdo con la clasificación de Koppen: oceánico templado, al igual que las ciudades chilenas de Castro o Valdivia. La temperatura promedio es de 11°C, contando con un 88% de las horas del año con temperaturas por debajo de la zona de confort. La ciudad de Vauban cuenta con una de las radiaciones solares más altas de Alemania, con una radiación promedio de 266 kWh/m2 a la par con ser una de las ciudades más lluviosas de dicho país.

La ciudad de Friburgo es un ejemplo internacional de transición sustentable a largo plazo, históricamente desde la década de 1970, movimientos ambientalistas se manifestaron en la región en contra de la instalación de una central nuclear en un poblado cercano (la cual no se construyó). Seguido de este activismo, durante la década siguiente se fundaron institutos especializados en energía y ecología, abordando la problemática de la eficiencia energética en la construcción y posteriormente normativas locales respecto del rendimiento energético de las edificaciones.

Uno de los primeros y más claros ejemplos de la normativa local que apunta a edificios *zero energy* es la materialización del distrito de Rieselfeld, construido durante la década del ´90 y principios de los 2000. Sin embargo, el paso siguiente al concepto de *zero energy* se da con la construcción del distrito de Vauban, el que sumado a estándares passive house, cuenta con zonas *plus-energy*, es decir, que logran producir más energía de la que consumen, a través de paneles fotovoltaicos.

Vauban se emplaza en una ex base militar ocupada por tropas francesas hasta la década de 1990, cuenta con 41 hectáreas y 5.500 habitantes, logrando una densidad poblacional aproximada de 135hab/há. Programáticamente cuenta con amplia diversidad, primando los usos residenciales, pero complementándose con comercio, edificios institucionales, universitarios e incluso industriales, generando ofertas de servicios y equipamiento, como farmacias, bancos o guarderías al alcance de los habitantes.

Como parte de una política local a escala de la ciudad de Friburgo, Vauban cuenta con medidas para acotar el uso de automóvil, partiendo por la prohibición de la construcción de estacionamientos en suelo privado, parte de la medida de *car free neighbourhoods*, complementada por la presencia de transporte público transmodal y emplazamiento pericentral. En paralelo, la trama urbana del barrio limita el tránsito de vehículos motorizados, generando una configuración heterogénea entre vías destinadas a los automóviles y vías solo peatonales.

The only continuous network is for bicyclists and pedestrians, giving them priority over cars, which are restricted to the discontinuous street network. (Fraker, 2013)

Una zona de particular interés dentro de Vauban es el Solarsiedlung, emplazado en el margen oriente del distrito, es una de las zonas desarrolladas que cuenta con estándares *plus-energy*. Es un sector separado del resto del distrito por la calle Merzhauser, a la cual enfrenta un bloque longitudinal que se le denomina la *nave*, detrás de la cual se emplazan las viviendas perpendicularmente a modo de peine, orientadas longitudinalmente en el sentido oriente-poniente (con leves variaciones entre cada bloque) con tal de aprovechar la radiación solar.

Estas viviendas se componen de bloques de 3 pisos, con el último siendo dúplex (4 pisos en total) con un ángulo en el techo, sobre el cual van apoyados los paneles fotovoltaicos. Materialmente, se conforman por una estructura de entramado ligero de madera, mientras que los accesos y los balcones se componen de una estructura metálica exterior.

Conclusiones proyectuales

Tras el análisis del caso de estudio (Vauban) y el emplazamiento en sus múltiples escalas, se desarrollaron una serie de reflexiones y estrategias proyectuales que apuntan a hacer dialogar estas dos realidades a través del proyecto de distrito.

Por su parte, debido a que el proyecto aborda más en detalle la temática de vivienda social, se escogió el Lote B como sitio de emplazamiento, debido a su carácter principalmente residencial, al encontrarse entre dos barrios que, a pesar de ser cualitativamente diferentes, comparten la condición de ser zonas habitacionales de vivienda unifamiliar.

Áreas verdes

En primer lugar, tras analizar la situación actual de la ciudad de Talca y el sitio de emplazamiento, se concluye la necesidad de abordar la falta de áreas verdes a través del master plan de proyecto, debido a que necesariamente el sitio de proyecto y, en particular el sitio B, requieren de áreas verdes en su interior, considerando que esta zona se encuentra fuera del área de influencia de plazas (ver fig.11).

Para estos efectos, se abordará la problemática desde la estrategia de franja central verde que divide el sitio longitudinalmente. Esta estrategia es posible encontrarla tanto en el caso de estudio como en la imagen objetivo del Plan Urbano Habitacional del SERVIU y debido al ancho del lote B, posicionar una franja de 30 metros de ancho permite la generación de manzanas de 90 metros de ancho aprox., siendo ésta una medida viable para la conformación de manzanas.

En complemento a lo anterior, considerando las condiciones disímiles entre los barrios ubicados hacia el norte y el sur del lote B, la propuesta se plantea desde la perspectiva de la generación de un espacio de cohesión y encuentro, por lo que la franja verde, de manera similar a la propuesta de SERVIU, cuenta con corredores de que conectan ambos barrios con la franja central, a modo de conforman una continuidad de áreas verdes.

Vialidad

A pesar de que actualmente el sitio de emplazamiento no está urbanizado, el desarrollo vial de la ciudad ha avanzado y avanzará hacia él, como se puede apreciar con la construcción de la avenida Circunvalación o con la extensión proyectada de la avenida Canal de la Luz y la apertura proyectada de las calles 10 Norte y 11 Norte.

De las previamente mencionadas, las avenidas Canal de la Luz y Circunvalación son vías de jerarquía mayor, teniendo importancia a escala ciudad, por lo que esos extremos del sitio se abordarán de manera cualitativamente diferente a cómo se aborda el interior del sitio.

Para el trabajo de bordes urbanos para el paño se propone una estrategia a través de volumetría y programa, similar a la vista en la manzana central en Vauban, debido a las similitudes de ambos paños tienen respecto de su contexto vial (ver fig.23). Esto consiste en generar volúmenes que configuren condiciones de hermeticidad hacia el interior del paño, una especie de biombo. Por lo demás las zonas de los extremos cuentan con programas públicos, vale decir, oficina pública, comercios, etc.

En contraparte, hacia el interior del paño la estrategia del eje central verde se complementa con la conformación de manzanas a través de la conformación de vías perpendiculares a este eje, con tal de generar permeabilidad hacia este último, de manera similar al paño de referencia en Vauban (ver fig.23)

De esta manera no solo se permite generar un sector residencial que no se vea afectado negativamente por las altas velocidades y flujo de estas vías principales, generando una gradiente de lo más público a lo más privado, sino que también se genera un frente urbano hacia las vías que tienen el potencial de tener mucho movimiento.

Edificación

En relación a las condiciones para la edificación, el masterplan desarrollado apunta a la generación de loteos y condiciones para la edificación aislada, pensando principalmente en las posibilidades de ventilación cruzada y soleamiento. A pesar de que esta estrategia es observable en el barrio de Vauban y es funcional, se consideraron modificaciones a las condiciones originales del caso de estudio, debido a que el contexto de Talca exige condiciones de mayor densidad que las presentes en Vauban.

Borde rio y regimiento

Finalmente, se abordaron los sectores ubicados al norponiente de la circunvalación y al suroriente de la avenida Canal de la Luz, estableciendo las estrategias generales mediante las cuales se urbanizarán.

En el caso de los lotes A y F, aquellos al norponiente de la circunvalación, de base se contempla la construcción de la costanera Rio Claro y la extensión del parque borde rio, lo cual posiciona este sector como un punto de atracción a escala ciudad. Es por esto que programáticamente se subentiende un carácter público, que va de la mano con vivienda en altura de alta densidad, dentro de los parámetros permitidos por la ordenanza local.

Por su parte, los sitios en los que actualmente se emplaza el regimiento están condicionados y caracterizados en gran medida por la presencia de la infraestructura con valor patrimonial perteneciente al mismo regimiento. Debido a esto la intervención en general de esta zona contará con un nivel de densidad inferior en comparación a la desarrollada en los otros sectores del distrito.

La presencia de edificios de valor patrimonial permite el desarrollo de programa cultural, como museos y centros culturales, lo cual tiene gran potencial de ser acoplado a áreas verdes. Es por esto que se optó por darle continuidad a la franja verde presente en el sitio B y conectarla con el sector cultural.

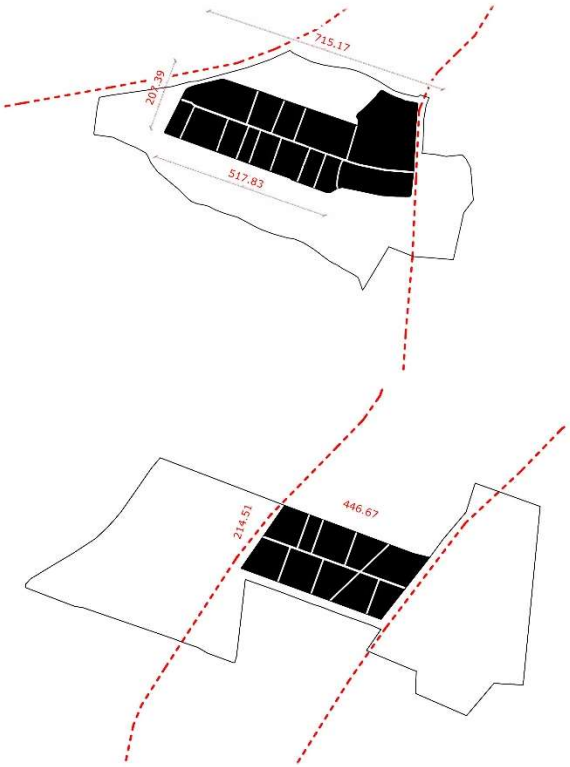


Fig.23: Imagen comparativa polígono de Vauban (arriba) y predio de proyecto(abajo). En rojo se demarcan las Vías de mayor jerarquía, mientras que en negro sólido se demarca el paño de referencia y el paño de proyecto. (Elaboración propia)

Fig.24: Imagen objetivo proyecto lote B. (Elaboración propia)

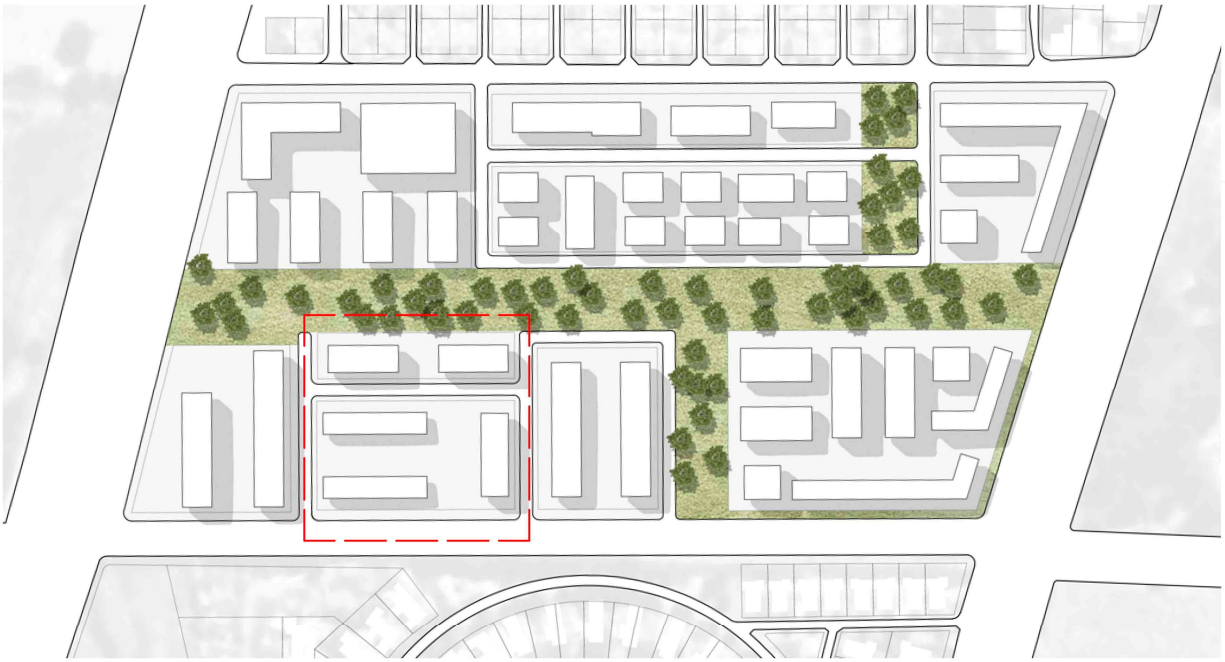


Fig.27: En rojo se demarca la ubicación de proyecto en base a la cual se llevarán a cabo los distintos laboratorios (Elaboración propia)

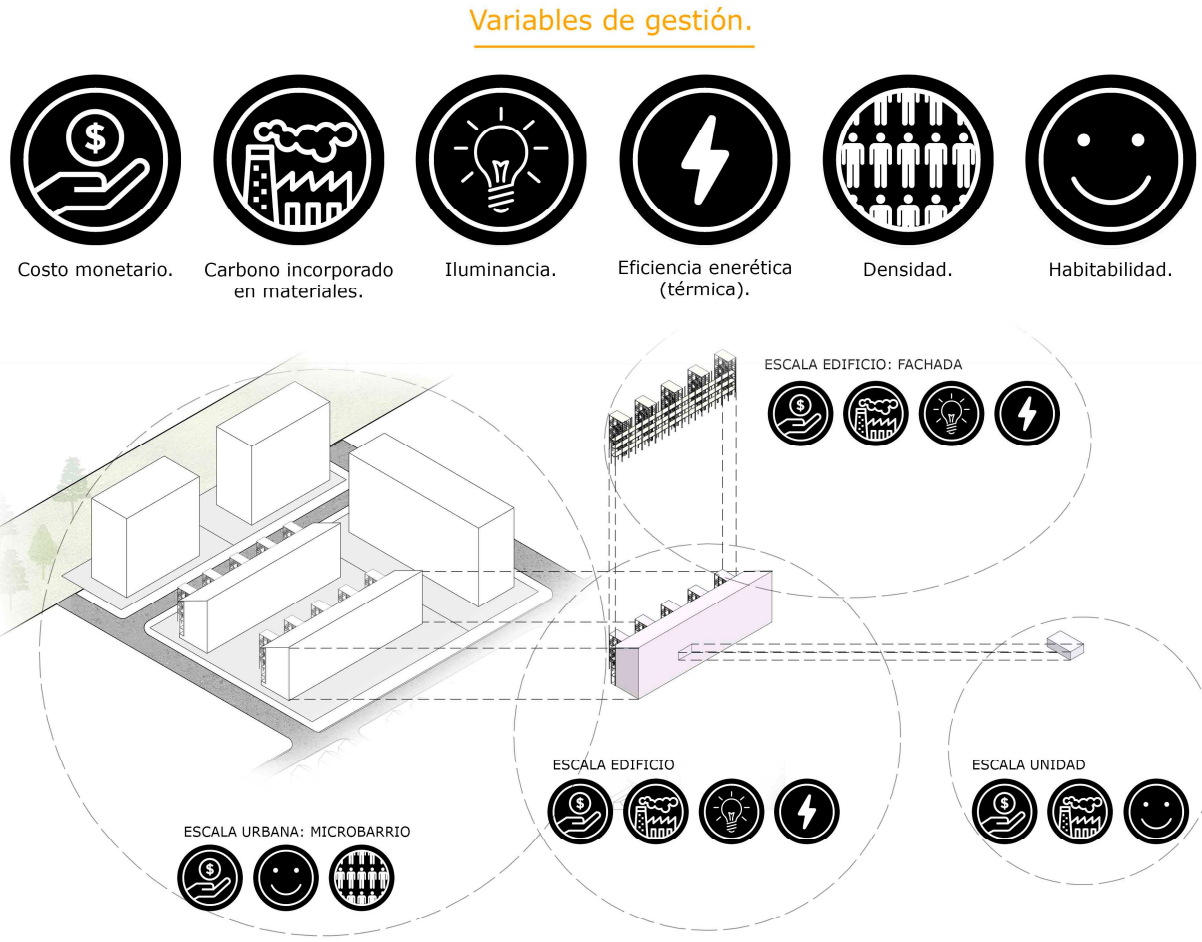


Fig.28: Esquemas variables analizadas en las distintas escalas del conjunto. (Elaboración propia)

Laboratorio de iteraciones

Como parte de la propuesta metodológica para el laboratorio de iteraciones, se toma como punto de partida el desarrollo de un conjunto de arriendo con interés social bajo el marco normativo del DS-49 (y la normativa asociada para este tipo de conjuntos) emplazado en la zona media de la mitad sur del paño B. (ver fig.27) que además cuente con las siguientes características de base:

- Crujía simple: con tal de lograr ventilación cruzada y mejores condiciones de soleamiento.
- Estructura de entramado ligero: debido a su bajo costo en comparación con otros sistemas constructivos basados en madera y a las posibilidades de industrialización de los procesos considerando el estado actual de la industria en Chile.
- Estructura metálica exterior complementaria: a modo de complemento de la estructura de madera frente a las cargas horizontales y con tal de generar superficies horizontales (pasillos o balcones) exteriores de un costo de mantención inferior al de la madera, dada la complejidad del uso de esta última en condiciones de intemperie.

En base a dichas condiciones se llevó a cabo el proceso de laboratorio de iteraciones en múltiples escalas, desde la unidad habitacional, pasando por la escala del volumen construido, hasta la escala urbana inmediata o microbarrio.

Estas múltiples escalas se abordan desde 3 laboratorios: estructural, climático y urbano, abordando las variables de huella de carbono, costo por concepto de material, eficiencia energética (térmica), iluminancia, densidad y habitabilidad.

En primer lugar, la modelación estructural se concentró en la comprobación de hipótesis generales, así como la búsqueda de reducción de material a lo mínimo posible, analizando el costo en que cada iteración se traduciría posteriormente en obra gruesa.

En la modelación energética, por su parte, se analizan las implicancias respecto de las distintas orientaciones que pueden tener las unidades, así como los elementos de fachada y cómo afectan el desempeño tanto térmico como lumínico de las unidades de vivienda.

Finalmente, el laboratorio de escala urbana se concentra en la identificación de aquellas combinaciones tipológicas que permiten generar mejores condiciones de densidad, a la vez que se analizan los costos monetarios por concepto de urbanización.

Laboratorio estructural

El foco principal de este laboratorio fue el análisis, en primera instancia, de la viabilidad estructural de las distintas iteraciones, seguido del análisis de huella de carbono, costo por concepto de material y habitabilidad, con el objetivo de generar esquemas viables y costo-eficientes en las variables estudiadas.

A lo largo del laboratorio se estudiaron dos principales hipótesis macro, que trazan un esquema general del edificio, dentro de las cuales se iteró sobre las combinaciones posibles de los elementos de menor escala, como muros, columnas y losa.

Definición de unidad base

En primera instancia, se buscó definir una unidad base que constituya un departamento de 1 dormitorio y sirva de modulo base para el edificio, pudiendo agruparse de distintas maneras y albergar distintos tipos de departamento.

De esta manera, en pos de la eficiencia en el uso del material, se iteró sobre distintas dimensiones posibles en base a una grilla que responde a las dimensiones de la plancha de OSB, optando finalmente por una unidad de 4.88x8.54m. (Ver fig. 30 y 31)

Tipologías	1 dormitorio	2 dormitorios	3 dormitorios	4 dormitorios
Casa	No aplica	42m^2	50m^2	60m^2
Departamento*	35m^2	45m^2	55m^2	65m^2

Fig.25: Tabla superficies mínimas según tipología de vivienda y número de dormitorios, Resolución Exenta 12432.

Esta dimensión es ligeramente superior que la superficie mínima para departamentos de 1 dormitorio según la normativa (ver fig.25), además, se comprobó que tuviese el ancho suficiente para albergar los recintos mínimos.

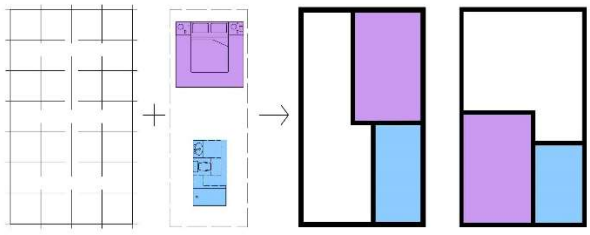


Fig.26: Esquema comprobación de anchos suficientes para recintos cerrados (baño y dormitorio) que además requieren acceso a ventana al exterior. Se concluyó que existen 2 principales distribuciones interiores de recintos, en base a las cuales se desarrolló la exploración estructural. (Elaboración propia)

Definición unidad base

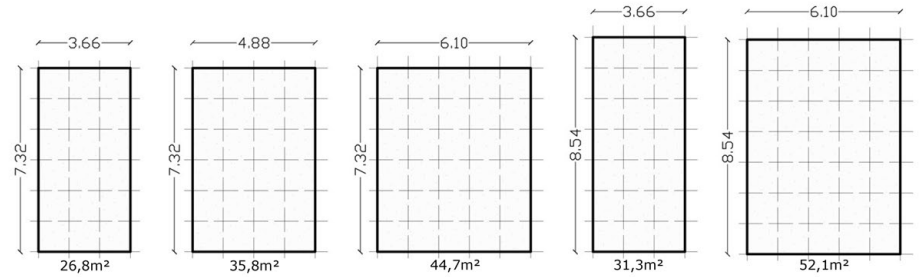


Figura 30. pruebas unidad base. (Elaboración propia)

Figura 31. unidad base escogida + esquema modularización en base a planchas de OSB. (Elaboración propia)

Hipótesis 1

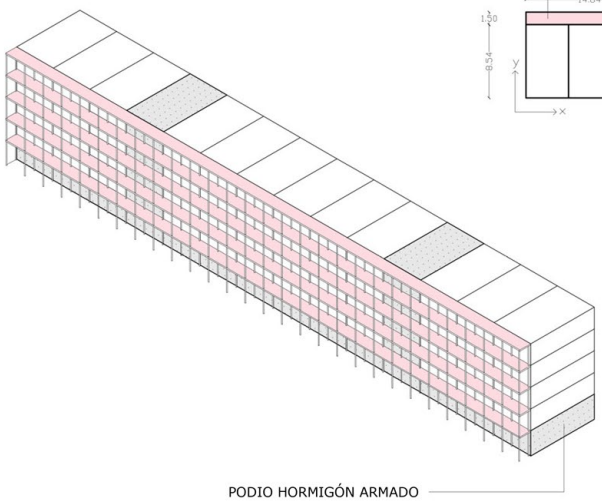


Figura 34. Axonométrica volumen hipótesis 1. (Elaboración propia)

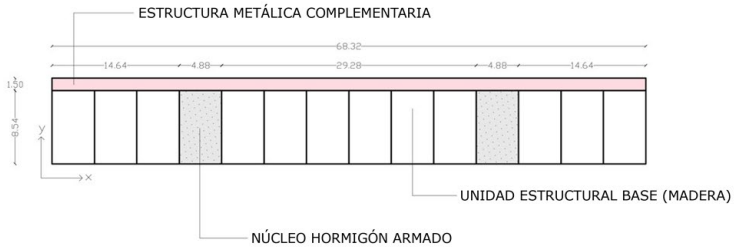


Figura 32: Planta esquema hipotesis 1.

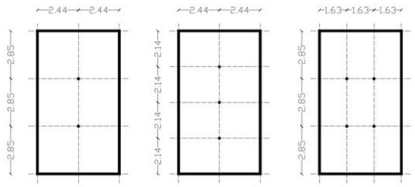


Figura 33 Iteraciones estructura interior hipótesis 1. (Elaboración propia)

Hipótesis 2

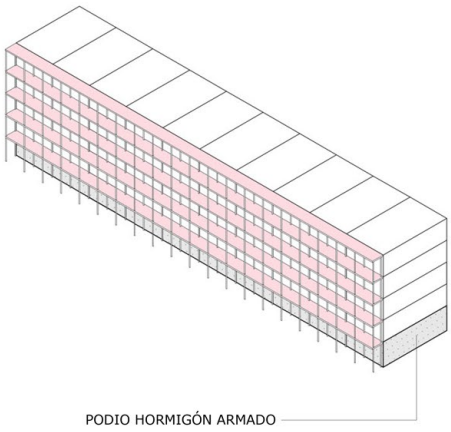


Figura 37. Axonométrica volumen hipótesis 2. (Elaboración propia)

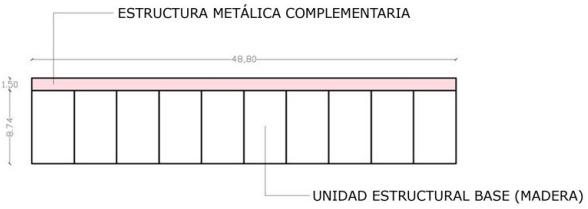


Figura 35: Planta esquema general hipotesis 2. (Elaboración propia)

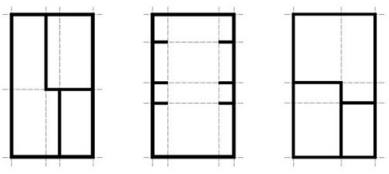


Figura 36. Iteraciones estructura interior hipótesis 2. (Elaboración propia)

Debido a que el ancho de la unidad base genera luces de 4,88 m, la estructura de la losa difícilmente se resuelve apoyándose solamente en los muros divisorios, por lo que la estructura interior de los departamentos pasa a ser parte del proceso iterativo, a través de distintas combinaciones de columnas o muros estructurales.

Hipótesis estructural 1: núcleos de hormigón

En primera instancia se desarrolló un esquema estructural basado en un sistema híbrido, en el cual la estructura de entramado de madera compone en los 4 pisos superiores los muros perimetrales del edificio y los muros divisorios entre las unidades, mientras que el interior de éstas últimas se estructura en base a columnas conformadas por 4 elementos de 2x6" de pino radiata.

Este modelo cuenta con un podio de hormigón armado, es decir, un primer nivel cuya estructura es de concreto, en pos de la protección frente a la humedad y también debido a que permite desarrollar plantas más flexibles para el desarrollo de vivienda para personas con discapacidad, lo que implica condiciones de diseño y normativa más estrictas.[1]

Además de lo anterior, posee dos núcleos estructurales verticales, los cuales tienen la función de soportar las cargas horizontales que enfrenta la estructura, teniendo en consideración la falta de muros interiores.

Los muros de entramado se conforman de pies derechos internos de pino radiata de 2x6" MGP10, con distancia de 30,5cm. entre ellos, mientras que los de los extremos del muro son de packs de 4 elementos de 2x6" de pino radiata (al igual que las columnas).

La cantidad de columnas, por su parte, se consideró un parámetro a iterar, resultando 3 configuraciones distintas, con 2,3 y 4 columnas, sujetas a comprobación estructural.

Con tal de lograr mayores densidades se apuntó a buscar el largo máximo posible, por lo que esta medida se definió en base a las posibilidades del emplazamiento, definiendo esta dimensión en los 68m, correspondiente a la medida que alcanzaría este volumen orientado en sentido norte-sur. [2]

Este primer proceso de modelación busca resolver las siguientes interrogantes:

- La efectividad de los núcleos de hormigón (en su labor de sostener las cargas horizontales).
- ¿Los muros de cada módulo son capaces de sostener las cargas tanto verticales como horizontales?
- ¿Es posible estructurar las unidades a través de pilares? ¿qué cantidad es necesaria para aquello?
- ¿De qué manera se logra estructurar el edificio con la menor cantidad de material posible?

Análisis estructural preliminar

Bajo el esquema de esta primera hipótesis estructural, las cargas verticales son soportadas principalmente por los muros estructurales de entramado y las columnas al interior de las unidades. Los esfuerzos horizontales por su parte son soportados por los muros de entramado y los núcleos de hormigón, pero teniendo estos últimos gran relevancia, debido a que la densidad de muros en el eje x (ver imagen 32) se ve reducido frente a la falta de muros interiores. En contraparte, los muros en el sentido del eje y cuentan con un largo de 8.54m además de carecer de vanos, por lo que el trabajo de los núcleos en este sentido es menos relevante.

Modelación

Se modeló en el software sap2000 una sección correspondiente a los 3 módulos de un extremo del edificio y a uno de los núcleos estructurales de hormigón. De este modelo se comprobará la deformación o drift, a la vez que se extraerán las cargas que afectan a los distintos elementos de madera, como muros y columnas, los cuales serán comprobados utilizando el software C+T.

A lo anterior se suma el cálculo de las emisiones de gases de efecto invernadero, el que se llevará a cabo utilizando la base de datos Quartz. Para efectos de la exploración estructural solo considerará el carbono (CO2-equivalente) en los materiales de obra gruesa.

Resultados

Respecto a si los núcleos de hormigón logran que el edificio soporte las cargas horizontales, los resultados fueron positivos, en todos los casos probados el *drift* se mantuvo debajo del 2‰ de la dimensión entrepisos que la normativa exige**. Los muros también arrojaron resultados positivos, tanto en esfuerzos de corte, como axiales. Sin embargo, en ninguna de las iteraciones las columnas lograron cumplir con los parámetros mínimos debido al aplastamiento, las cargas axiales eran demasiado grandes para ser soportadas por estos elementos, incluso en la iteración más conservadora (4 columnas).

Respecto a la huella de carbono, este esquema estructural arrojó un valor de 0.085 toneladas de CO2-equivalente por cada metro cuadrado de vivienda. (ver fig.29)

[1] Se prevé la incorporación de departamentos para personas con discapacidad en el conjunto, por lo que, debido a temas de accesibilidad, estos departamentos deberán ubicarse en el primer nivel.

[2] Si bien posteriormente en el laboratorio climático se iteró sobre la orientación del volumen, descartando la orientación norte-sur, en esta etapa del proceso se consideraron todas las posibilidades de orientación

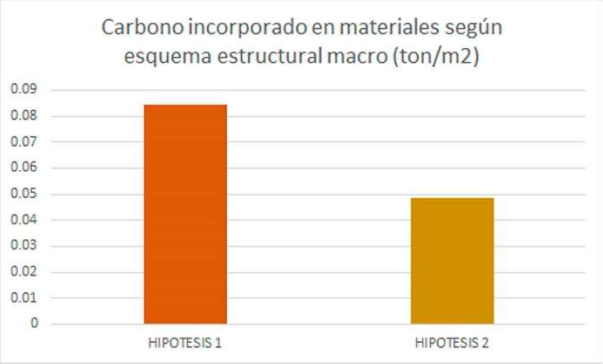


Fig.29: Gráfico de huella de carbono incorporada de acuerdo con el esquema estructural general de cada iteración. (Elaboración propia)

Conclusiones

Se concluye, en primer lugar, que la incorporación de núcleos de hormigón, en un escenario de baja densidad de muros en el sentido del eje x, es una estrategia viable, pues cumplen el objetivo de sostener las cargas horizontales.

A pesar de lo anterior, el esquema estructural propuesto no logra ser estructuralmente viable utilizando los pilares propuestos, lo cual era una de las principales ventajas de este modelo, pues permitía estructurar internamente las unidades en base a columnas compuestas por packs de pino radiata de 2x6", que es la misma dimensión que el pie derecho más robusto de los muros, lo que implicaría estructurar las cargas verticales en base a un número reducido de elementos económicos.

En este escenario, se desprenden 3 alternativas para abordar el escenario:

1) Aumentar el número de pilares
2) Aumentar la escuadría de las columnas
3) Incluir muros interiores.

Finalmente, para el desarrollo de la hipótesis 2, se optó por la tercera alternativa, debido a que aumentar el número de pilares supondría problemas a nivel arquitectónico, ya que se vuelve complejo conformar espacios en una planta de pilares tan densa. Por su parte, aumentar las escuadrías de los pilares supondría elementos bastante robustos, haciéndose difícil conformarlos con madera aserrada, entendiendo que, utilizar madera laminada supondría un aumento de los costos.

Hipótesis estructural 2: muros interiores

Esta segunda hipótesis estructural parte de la incorporación de muros interiores en las unidades de vivienda, de la mano con la eliminación de los núcleos de hormigón y reducción del largo del volumen a 50 metros.

En esta etapa de la modelación se busca resolver las siguientes interrogantes:

- ¿es estructuralmente viable el sistema de muros de entramado ligero sin núcleos de hormigón?
- ¿qué configuraciones de muros logran ser estructuralmente viables a la vez que permiten generar espacios habitables?
- ¿qué configuraciones de diafragma de losa resultan de las distintas configuraciones de muros estructurales?
- ¿cuál es el impacto de la aplicación de impuestos verdes en el presupuesto de obra gruesa?

Análisis estructural preliminar

En primer lugar, las cargas verticales serían soportadas en su totalidad por muros de entramado, los cuales además tienen la cualidad de arriostrar el edificio, permitiendo prescindir de los núcleos verticales, reduciendo la huella de carbono en la edificación.

La eliminación de los núcleos de hormigón armado supone la reducción del largo máximo posible del volumen construido, el cual, tras consultar con el docente ingeniero invitado se estableció en 50 metros, teniendo que reducir el largo del volumen en 20 metros respecto del esquema estructural anterior debido a que la posibilidad de control del movimiento horizontal del edificio a modo de *coletazo* por parte de los muros de entramado es reducida en comparación con los núcleos de hormigón.

Respecto del zócalo, se mantiene el esquema de un primer piso de hormigón armado y los pisos superiores de entramado ligero.

Modelación

Se modeló sobre 3 posibilidades de muros interiores y las implicancias que tienen en la configuración del diafragma de losa, el presupuesto, carbono incorporado y la habitabilidad de las plantas generadas, estableciendo 3 iteraciones (D1, D2 y D3) que configuran 3 combinaciones interiores de muros.

Las distribuciones de muros de las iteraciones responden a las dos principales maneras de distribuir la separación entre espacios comunes del departamento (estar-comedor-cocina) y los espacios privados (baño y dormitorio). Además, se desarrolló una tercera iteración (iteración D1). basada en un mayor número de muros, pero éstos cuentan con un largo menor que las otras iteraciones

Para la comprobación estructural, en primera instancia, utilizando el software SAP2000 se modeló una sección representativa del edificio correspondiente a 4 módulos en planta con tal de verificar que las deformaciones del edificio frente a las distintas cargas se encuentren dentro de lo permitido por la norma.

Posteriormente y utilizando la información extraída de la modelación en SAP 2000, se comprobó estructuralmente la

viabilidad de los muros y pies derechos empleando el software C+T.

Sumado a lo anterior, se desarrollaron una serie de iteraciones de diafragma de losa que responden a las distintas configuraciones de muro, los cuales son comprobados en el software C+T, a la vez que se modifican buscando la mayor esbeltez posible.

Finalmente, se realizó la cubicación de cada iteración, con tal de obtener información referencial de los costos de obra gruesa y huella de carbono incorporada en los materiales, utilizando las bases de datos de ONDAC y QUARTZ, respectivamente[3].

Cabe aclarar que la cubicación se realizó sobre la obra gruesa de un módulo aislado, sin considerar elementos como aislación, terminaciones, fachada o fundaciones. Respecto del cálculo de impuesto verde, se consideró un valor de 50 US$ por cada tonelada de CO2 equivalente, tomando en cuenta el valor *de entre 50 y 100 dólares* recomendado en la COP22 [4] (eldesconcierto.cl, 2019)

Resultados

Resultados: estructura

En general hubo una leve variación en lo que respecta a deformaciones entre las distintas iteraciones, sin embargo, todas contaron con deformaciones dentro de lo permitido por la norma. De igual manera todos los esquemas de muros al comprobarse en C+T cumplían con la normativa.

Resultados: presupuesto:

Es posible observar que los muros perimetrales (los cuales no varían según iteración) representan cerca del 50% del presupuesto analizado de obra gruesa. Le sigue la losa (36% en promedio), que se posiciona como la partida de mayor injerencia en las diferencias de presupuestos entre iteraciones. Finalmente, los muros interiores son en promedio el 17% del presupuesto.

Los resultados finales muestran una diferencia leve pero notoria entre las distintas iteraciones, siendo 0,2UF/m2 la diferencia entre las iteraciones de presupuesto más alto y bajo. La iteración D2 fue aquella de mejores resultados (1,21UF/m2) seguida por la iteración D1 (1,29UF/m2) y la D3 (1,41UF/m2).

Resultados: huella de carbono

Respecto a la huella de carbono incorporado en los materiales, se observa que los resultados son inversamente proporcionales a los resultados de presupuesto, vale decir, aquellas iteraciones con más altos presupuestos cuentan con una menor huella de carbono (o, mejor dicho, una mayor captura de carbono) y viceversa. Debido a que, si una estructura de madera es menos esbelta, el costo de obra gruesa aumentará, pero también aumenta la cantidad de madera y, por lo tanto, la captura de CO2 es mayor.

Más en detalle, es posible observar una diferencia de hasta 0.03ton/m2 de captura de carbono entre los resultados de las iteraciones, siendo la iteración D3 aquella con resultados más altos.[5]

A la hora de traducir estos datos en impuesto verde (más precisamente, ahorro en impuesto verde), los resultados de las distintas iteraciones se mantuvieron en la misma proporción, vale decir, la aplicación del cálculo de impuesto verde en ningún caso hizo que ninguna iteración se haya vuelto más competitiva que otra gracias a la aplicación de este impuesto.

A pesar de lo anterior, si es posible observar que al aplicarse el impuesto a 50 dólares por tonelada de CO2 equivalente incorporado en los materiales, el presupuesto de obra gruesa en promedio se redujo un 11%.

Finalmente, en el análisis del esquema estructural macro, es posible observar que, considerando el podio de hormigón armado y la estructura metálica exterior, el CO2 equivalente en general de la hipótesis 2 es de 0.048ton/m2, lo que corresponde a una reducción del 40% en huella de carbono respecto de la hipótesis 1, principalmente gracias a que se eliminaron los núcleos de hormigón, que representaban cerca del 20% de las emisiones de dicho esquema.

Análisis habitabilidad:

D1: El esquema de muros de la iteración D1 se adapta a una distribución del departamento similar a la de la iteración D3, los muros cortos no afectan en mayor medida las circulaciones interiores ni los recintos del estar-comedor-cocina.

Una de las principales ventajas de este esquema, a diferencia de la iteración D3, es que la estructura permite mayor flexibilidad en las distintas plantas, lo que facilita el desarrollo de distintos departamentos tipo.

D2: Gran parte de los recintos “comunes” del departamento (es decir, estar-comedor-cocina) se desarrollan en un ancho de 1.8m. esto además de generar espacios incómodos para la habitabilidad, hace prácticamente imposible la instauración del pasillo exigido por norma. En lo que respecta al resto del espacio común, aquél que posee un ancho mayor, es posible observar cierta calidad espacial en el que forman una unidad la cocina y el

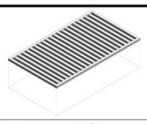
[3] El valor por concepto de material se extrajo de la base de datos de ONDAC en CHP, y fue convertido a UF en base al valor correspondiente al 31 de diciembre de 2022.

[4] Este cálculo se da dentro de un escenario hipotético, dado que actualmente el impuesto a emisiones de carbono es de 5 US$ y no considera el CO2 incorporado en materiales, solo las emisiones directas. Se definió el valor del dólar en 890 CLP y el valor UF correspondiente al 31 de diciembre de 2022 (CLP 35.110)

[5] Este cálculo no considera ni las fundaciones ni el podio de hormigón, solamente la estructura de madera.

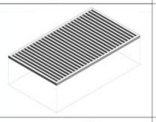
Iteraciones

D1



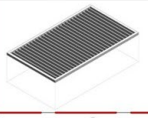
D.1.2.1:

Viga 1:2x8@40,7cm.
Costo envigado: 0,63UF/m2



D.1.2.2:

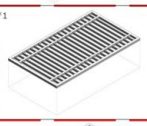
Viga1:2x8@30,5cm.
Costo envigado: 0,64UF/m2



D.1.2.3:

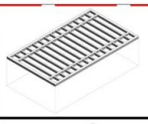
Viga1: I-joist 30,5cm.
Costo envigado: 0,75UF/m2

*1



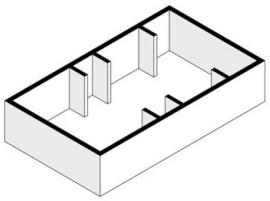
D.1.3.1:

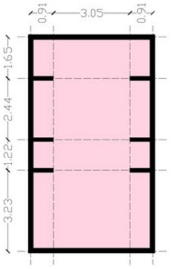
Viga1:3pack2x8.
Viga2:2x8 @40,7cm.
Costo envigado:0,32UF/m2



D.1.3.2:

Viga1:3pack2x8.
Viga2:2pack2x8@61cm.
Costo envigado:0,36UF/m2





D1:

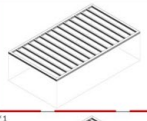
-Costo muros perimetrales: 0,62UF/m2.

-Costo muros interiores: 0,19UF/m2.

-Costo total losa: 0,48UF/m2.

-Costo total:*2 1,29UF/m2.

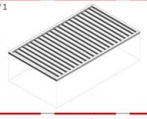
D2



D.2.1.1:

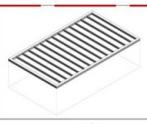
Viga1:2pack2x6@61cm.
Costo envigado:0,22UF/m2

*1



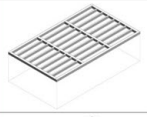
D.2.1.2:

Viga1:2x6@40,7cm.
Costo envigado:0,19UF/m2



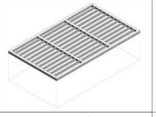
D.2.1.3:

Viga1:2x8@61cm..
Costo envigado:0,22UF/m2



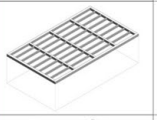
D.2.2.1:

Viga1:4pack2x8
Viga2:2pack2x8@61cm.
Costo envigado:0,49UF/m2



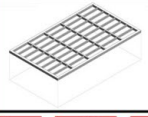
D.2.2.2:

Viga1:4pack2x8
Viga2:2x8@40,7cm.
Costo envigado:0,30UF/m2



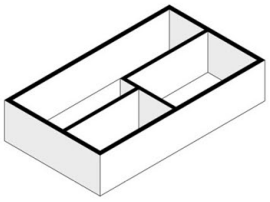
D.2.2.3:

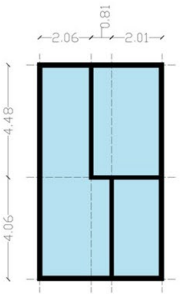
Viga1:3pack2x8.
Viga2:2x8@61cm.
Costo envigado:0,27UF/m2



D.2.2.4:

Viga1:2pack2x8.
Viga2:2x8@61cm.
Costo envigado:0,26UF/m2.





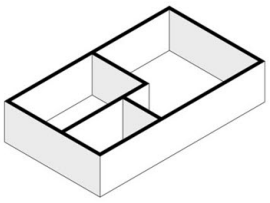
D2:

-Costo muros perimetrales: 0,62UF/m2.

-Costo muros interiores: 0,23UF/m2.

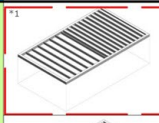
-Costo total losa: 0,35UF/m2.

-Costo total:*2 1,21UF/m2.



D3

*1

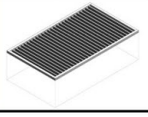


D.3.3.1:

Viga1:2x8@61cm.
Viga2:4pack2x8@40,7cm.
Costo envigado:0,42UF/m2

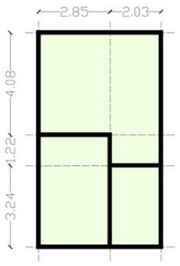
D.3.1.2:

Viga1:3pack2x8@30,5cm.
Viga2:2x8@61cm.
Costo envigado:0,44UF/m2



D.3.2.1:

Viga1:I-joist 30cm.
Costo envigado:0,66UF/m2



D3:

-Costo muros perimetrales: 0,62UF/m2.

-Costo muros interiores: 0,21UF/m2.

-Costo total losa: 0,57UF/m2.

-Costo total:*2 1,41UF/m2.

Resultados

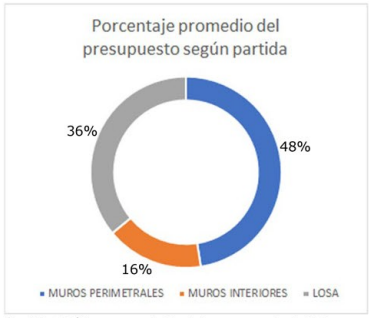


Fig.39: Gráfico porcentaje del presupuesto total según partida.*2 (Elaboración propia)

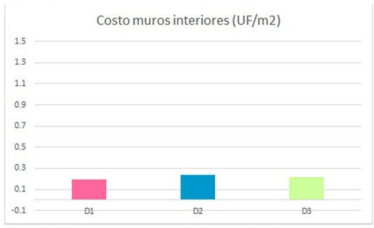


Fig.40: Gráfico presupuesto muros interiores. (Elaboración propia)

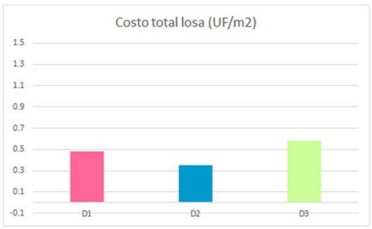


Fig.41: Gráfico presupuesto total losa, además del costo del envigado se consideró el costo de la placa arriostrante. (Elaboración propia)

Fig.42: Gráfico reducción de impuesto verde. En este caso el ejercicio es netamente hipotético, dado que actualmente no existe impuesto a las emisiones de carbono incorporado en los materiales. (Elaboración propia)

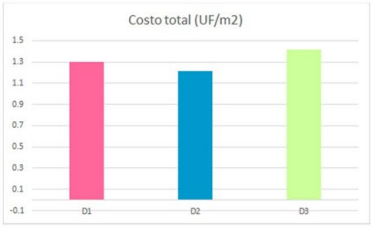


Fig.43: Gráfico presupuesto total por iteración.*2 (Elaboración propia)

*1: Las iteraciones seleccionadas en rojo representan aquellas de menor costo y, por ende, aquellas seleccionadas para el calculo del presupuesto total.
*2: El presupuesto total y en general todos los cálculos relacionados con el presupuesto están enfocados en la unidad base en madera y en la búsqueda de la unidad más costo-eficiente de acuerdo con las variables estudiadas, por ende en esta parte del proceso no se consideran ni el podio de hormigón ni la estructura metálica exterior complementaria.

Fig.38: Tabla iteraciones diafragma de losa con sus respectivos presupuestos y configuraciones de vigas. (Elaboración propia)

Fig44: Planta exploración programática esquema estructural D1. (Elaboración propia)

Fig45: Planta exploración programática esquema estructural D2. Se demarcaron en rojo aquellas zonas en que se producen incongruencias con la normativa o espacios de habitabilidad problemática. En el caso del estar, se dificulta la conformación de un pasillo y además de ser un espacio angosto para el estar. En el caso de la cocina, el ancho del recinto no es suficiente para generar los vanos del ventanal y la puerta hacia la logia. (Elaboración propia)

Fig46: Planta exploración programática esquema estructural D3. (Elaboración propia)

comedor. Sin embargo, el ancho del recinto no es suficiente para los vanos necesarios para el ventanal y la puerta de la logia, entrando en conflicto nuevamente con la normativa.

Finalmente, dada la distribución de los recintos y las medidas de ancho, se hace necesaria la presencia de dos estructuras metálicas exteriores complementarias: hacia un extremo del departamento a modo de pasillo y hacia el otro a modo de balcón.

D3: Esta iteración permite múltiples maneras de albergar los recintos exigidos por la normativa en un solo espacio unitario que posee todo el ancho del departamento (4.88m), el cual es suficiente para los vanos del ventanal, la puerta de acceso y la puerta de logia.

Además, este espacio unitario tiene las dimensiones suficientes para la generación del pasillo exigido por norma, por lo que al menos respecto de la norma es una iteración que cumple con los parámetros mínimos.

Por su parte, el hecho de que la división del departamento sea de manera transversal impide generar esquemas de circulaciones exteriores y de balcones como el de la iteración D2, debido a que el acceso y la cocina se encuentran en un mismo extremo del departamento, por ende, el pasillo exterior y el balcón se encontrarán uno al lado del otro.

Conclusiones

En primer lugar, se concluye que es estructuralmente viable la hipótesis estructural de muros de entramado, además, implica una reducción de las emisiones de CO_2 incorporado en materiales en un 40% respecto de la iteración anterior que contemplaba núcleos de hormigón.

A escala de departamento, se concluye que las configuraciones de muros estructurales son un elemento definitorio en el presupuesto, siendo más económicas aquellas que tienden a generar luces más acotadas.

En lo que respecta a la habitabilidad de las distintas configuraciones de muro, en primer lugar, se concluye que se relacionan directamente con el esquema de circulaciones exteriores y balcones que componen la estructura metálica, aquellas iteraciones que dividen el departamento transversalmente (D1 y D3) requieren que el pasillo exterior se encuentre a un costado del balcón, mientras que aquellas que lo hacen longitudinalmente (D2) requieren que estén uno a cada extremo del departamento.

Finalmente, se concluye que la división longitudinal del departamento (iteración D2) dificulta la aplicación del programa y su normativa asociada. En contraparte el sistema de muros cortos (D1) permite la división transversal del departamento de una manera comparativamente más económica y con mayores posibilidades de flexibilidad en las plantas de los distintos niveles.

Laboratorio climático

A modo de explorar las implicaciones energéticas y de confort de las distintas decisiones de proyecto a escala edificio, se llevó a cabo un proceso de modelación climática que lo informe respecto de las variables de iluminancia, consumo energético por concepto de climatización, costo monetario en materiales y emisiones de carbono incorporada en los materiales.

Este proceso se llevó a cabo en dos etapas principales, considerando como punto de partida la unidad base definida previamente, en base a la cual se iteró sobre distintas maneras de orientarla y agruparla, además del estudio de los esquemas de circulaciones y fachada que componen la estructura exterior metálica complementaria.

Modelación

La modelación contempla el análisis de las condiciones de un departamento tipo ubicado en el segundo piso en el centro del conjunto. Paralelo al volumen en que se emplaza este departamento, se posicionó otro bloque de las mismas características.

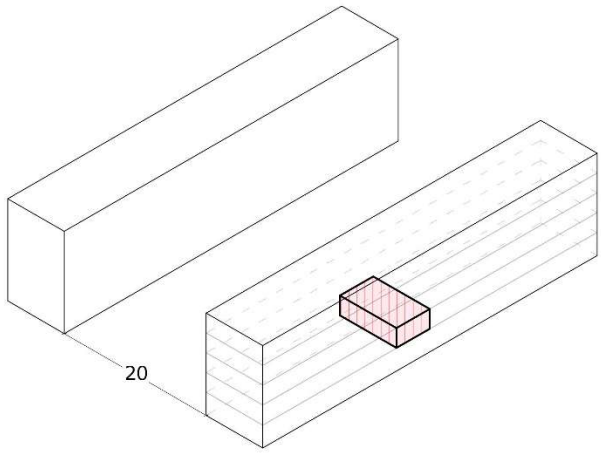


Fig.47: Esquema condiciones de la unidad utilizada para la modelación climática. (Elaboración propia)

Cabe aclarar que la simulación de demanda energética por concepto de climatización se llevó a cabo considerando las cargas resultantes de la presencia de personas, complementado con ventilación natural, la simulación no contempla la carga térmica de los aparatos electrónicos que suele poseer una vivienda y generan ganancias térmicas.

Con respecto a las simulaciones de iluminancia, los resultados consideran los valores UDI, vale decir, el porcentaje de la grilla (la superficie estudiada) que se encuentra dentro de los parámetros establecidos como deseables. La modelación contempla los resultados específicos durante 3 momentos del día (mañana, mediodía y tarde) durante las cuatro estaciones del año.

Ambas simulaciones, de demanda energética por concepto de climatización y las de iluminancia, fueron llevadas a cabo utilizando el software Climate Studio.

El análisis de costos por concepto de material, se llevó a cabo utilizando la base de datos de ONDAC, mientras que para el cálculo de emisiones de gases de efecto invernadero (CO2 equivalente) se utilizó la base de datos QUARTZ.

Orientación y agrupamiento

Una vez definida la unidad base que conforme el edificio, se hace necesario definir los principios y estrategias para la definición del volumen del edificio, así como la manera en que se ubican en su contexto.

Es por esto que en esta etapa del laboratorio climático se busca responder las preguntas:

- ¿qué orientación deben tener las unidades y el volumen edificado en general?
- ¿de qué manera se agruparán las unidades?

Para resolver estas interrogantes se buscó aplicar el criterio de maximización de confort lumínico y térmico, modificando el volumen edificado para este propósito.

Para la definición de las combinaciones a iterar, se consideraron 2 orientaciones posibles: norte-sur y oriente poniente, cada una con un ángulo de rotación de 17° en sentido horario, dadas las condiciones del sitio de emplazamiento.

Para el agrupamiento de las unidades se definieron dos combinaciones principales: un esquema recto y uno escalonado (ver fig.48).

Complementario a lo anterior se añadieron elementos externos al volumen, a modo de elementos de fachada como balcones, pasillos y protecciones solares, a modo de que el modelo a simular contemple estos elementos. [6]

Cabe mencionar que la modelación de iluminancia contempla para los valores UDI cualquier valor superior a 150, pues es el valor establecido como mínimo adecuado para un dormitorio.

[6] Se simularon por cada una de las 4 iteraciones 4 combinaciones de fachada, sin embargo, para efectos de esta etapa del laboratorio se promediaron los resultados ya que el objeto de estudio no es la fachada, la cual se aborda en la etapa siguiente del laboratorio.

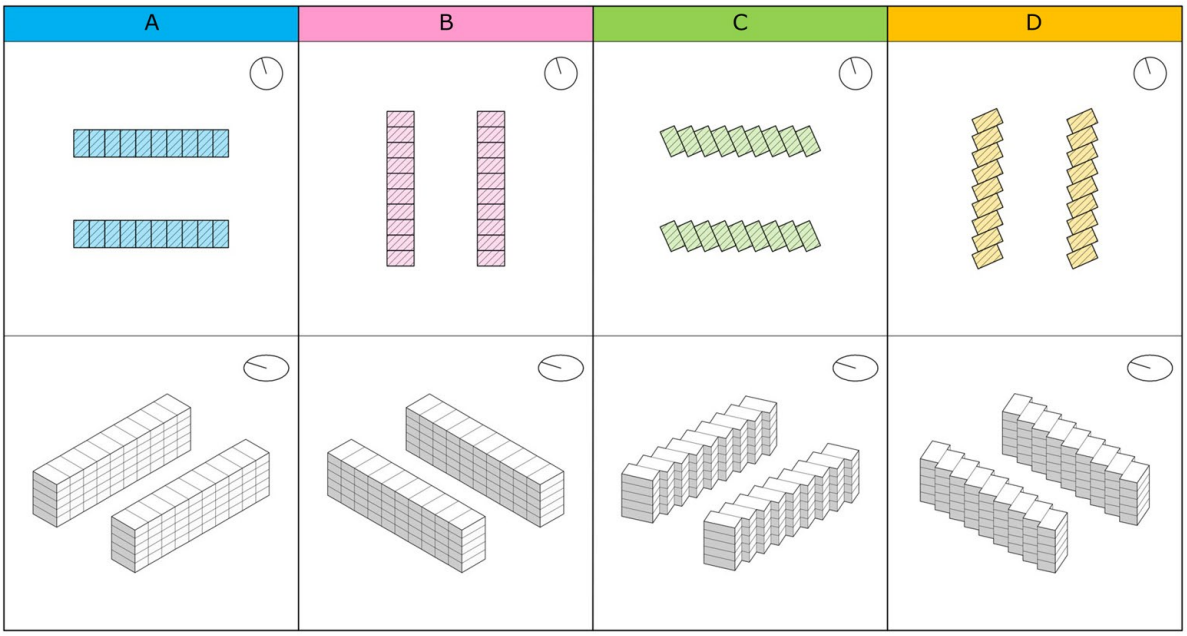


Fig.48: Tabla iteraciones agrupamiento y orientación. (Elaboración propia)

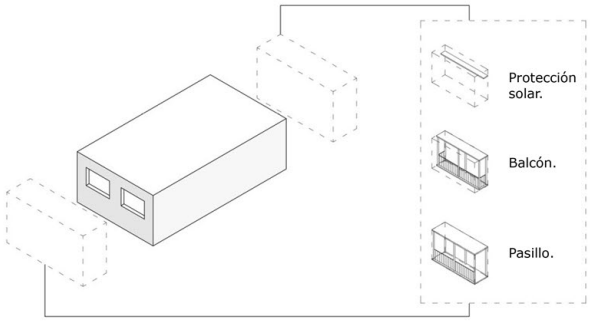


Fig.49: Elementos de fachada. Para emular las condiciones de obstrucción al soleamiento se incluyeron en la modelación estos elementos y se iteró sobre distintas combinaciones de los mismos. Los resultados finales fueron promediados, debido a que en la siguiente etapa de modelación se aborda la fachada de manera específica y detallada, de todas formas se incluyeron los resultados en detalle en el anexo. (Elaboración propia)

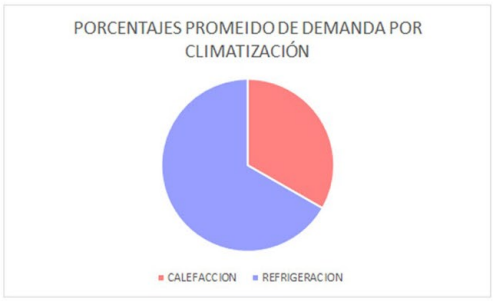


Fig.50: Gráfico porcentajes de demanda por concepto de climatización. (Elaboración propia)

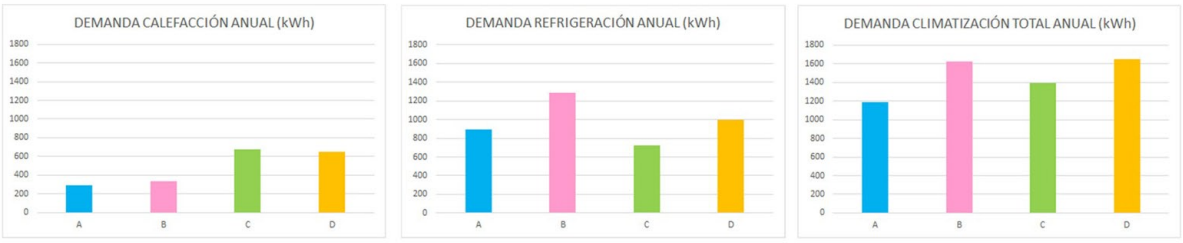


Fig.51, 52 y 53: Graficos resultados demanda energética por concepto de climatización. (Elaboración propia)

Fig.54, 55, 56 y 57: Graficos resultados UDI iluminancia, indica el procentaje de la grilla estudiada cuya iluminancia durante la simulación obtuvo valores superiores a los 150 lux. (Elaboración propia)

Resultados eficiencia térmica

Una de las primeras observaciones que se logran extraer del análisis de la climatización es que ésta no está homogéneamente distribuida, pues en promedio el 67% corresponde a demanda por concepto de refrigeración, mientras que el 33% corresponde a demanda por calefacción.

Respecto al desempeño de cada iteración, se identifica un desempeño más pobre en aquellas en que las caras expuestas de la unidad apuntan al oriente y poniente (las iteraciones "B" y "D"). Las iteraciones restantes presentan un mejor desempeño, siendo la iteración "A" aquella con los mejores resultados. (ver fig.48)

Se observa, de igual manera, que la demanda de calefacción responde al esquema de agrupación, teniendo resultados similares entre sí las iteraciones de esquema recto y escalonado.

Por el contrario, la refrigeración tiende a responder más a la orientación del volumen, resultando en menores demandas en las iteraciones cuyas caras expuestas enfrentan al norte y sur ("A" y "C").

Resultados iluminancia

En primera instancia, se observa que en el promedio anual de valores UDI de cada iteración es posible distinguir una diferencia relativamente pequeña entre cada iteración, teniendo el valor mínimo cerca del 70% y el máximo bordeando el 85%. A pesar de ser una diferencia identificable, no logra ser del todo esclarecedora ni representativa del desempeño de cada iteración durante el año, por lo que se hizo necesario desglosar los resultados según época del año y hora del día. (ver anexo 44 en página 62).

En verano las diferencias entre cada iteración son marginales, todos los resultados arrojan cifras cercanas al 100% tanto en mañana, mediodía y tarde. En otoño, por su parte, las diferencias acrecientan, no obstante, todos los valores logran posicionarse sobre el 80%, posicionando a todas las iteraciones dentro de un rango aceptable (a la vez que imposibilita descartar alguna por mal rendimiento).

En contraste a lo anterior, durante primavera, pero sobre todo en invierno, se identifican momentos clave para la definición del desempeño de las distintas combinaciones, pues son los momentos del año en los que la luz natural más se ve reducida. De esta manera se consideró para el análisis de este "periodo crítico" los datos de la mañana, mediodía y tarde de invierno y la tarde de primavera.

Periodo crítico

Con respecto a la orientación de las unidades, no es posible establecer mayores diferencias entre las iteraciones con orientación norte-sur y aquellas con orientación oriente-poniente, pues en promedio tienen resultados muy similares, a la vez que las iteraciones "A" y "D" resultaron ser aquellas con mejores resultados, teniendo una orientación norte-sur y la otra oriente-poniente, respectivamente.

Las iteraciones de agrupamiento escalonado que estaban orientadas en sentido norte-sur resultaron aquellas con peor desempeño, algo que podría explicarse por la configuración en planta a modo de "escalera", pues genera un bloqueo a la luz natural (tanto directa como difusa) proveniente desde el suroriente y norponiente. A pesar de lo anterior, la combinación C4 presentó un desempeño muy superior al del resto de las iteraciones con esta orientación, siendo la única viable de las iteraciones de estrategia de agrupamiento escalonado.

Fachada: estructura metálica complementaria.

En esta segunda etapa se buscó analizar en detalle las posibilidades de fachada de la estructura metálica complementaria, abordando las implicancias de los distintos esquemas de ordenamiento de los elementos, partiendo de la base de un agrupamiento recto y orientación norte-sur, derivado de la modelación anterior.

En primer lugar, se definieron 2 posibilidades de base: el "andamio simple" y el "andamio doble". El primero está presente en un solo extremo del volumen, alberga circulaciones y balcón uno al lado del otro (ver iteraciones F2 y F3 en fig.60), estando obligado a contar con un alto número de escaleras (una cada dos unidades en planta) mientras que, el esquema de "andamio doble" permite tener una sola escalera para muchos departamentos, pues cuenta con dos corredores: uno destinado a balcones y otro a circulaciones, pero con el costo de tener el doble de estructura metálica complementaria. (ver fig.60)

Dicho lo anterior se buscó responder a las siguientes preguntas:

- ¿Con qué combinación de fachada se logra mayor confort lumínico y térmico?
- ¿Qué estrategia de fachada genera menores costos de obra gruesa?
- ¿Qué estrategia representa la menor huella de carbono incorporado en los materiales?

Para responder a estas preguntas se iteró sobre ambos esquemas de fachada, incluyendo la variable orientación, generando un total de 3 iteraciones: F1, F2 y F3.

Los balcones y pasillos se modelaron de un ancho de 1,4metros, además se incluyeron en la modelación escaleras, logia y otros elementos que representan una obstrucción al soleamiento. En el caso de la iluminancia, se contemplaron valores UDI como cualquier valor superior a 300 lux, para que la modelación logre ser más selectiva que aquella del proceso de modelación previo y para hacer una modelación más detallada y enfocada en los recintos que componen los espacios comunes de la vivienda (estar, comedor, cocina).

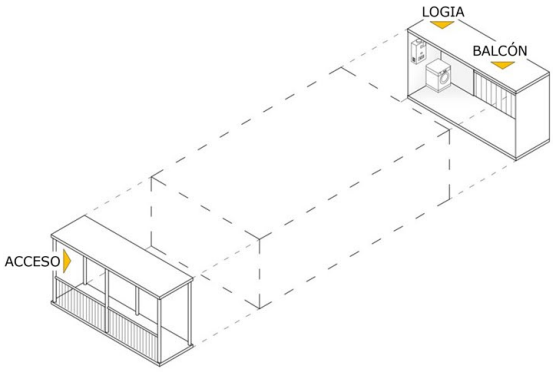


Fig.58: Axonométrica esquema elementos de fachada de acuerdo con modelo de andamio doble. (Elaboración propia)

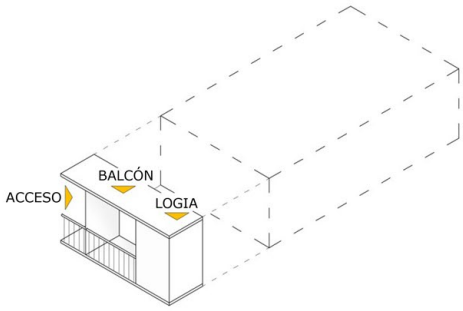


Fig.59: Axonométrica esquema elementos de fachada de acuerdo con modelo de andamio simple. (Elaboración propia)

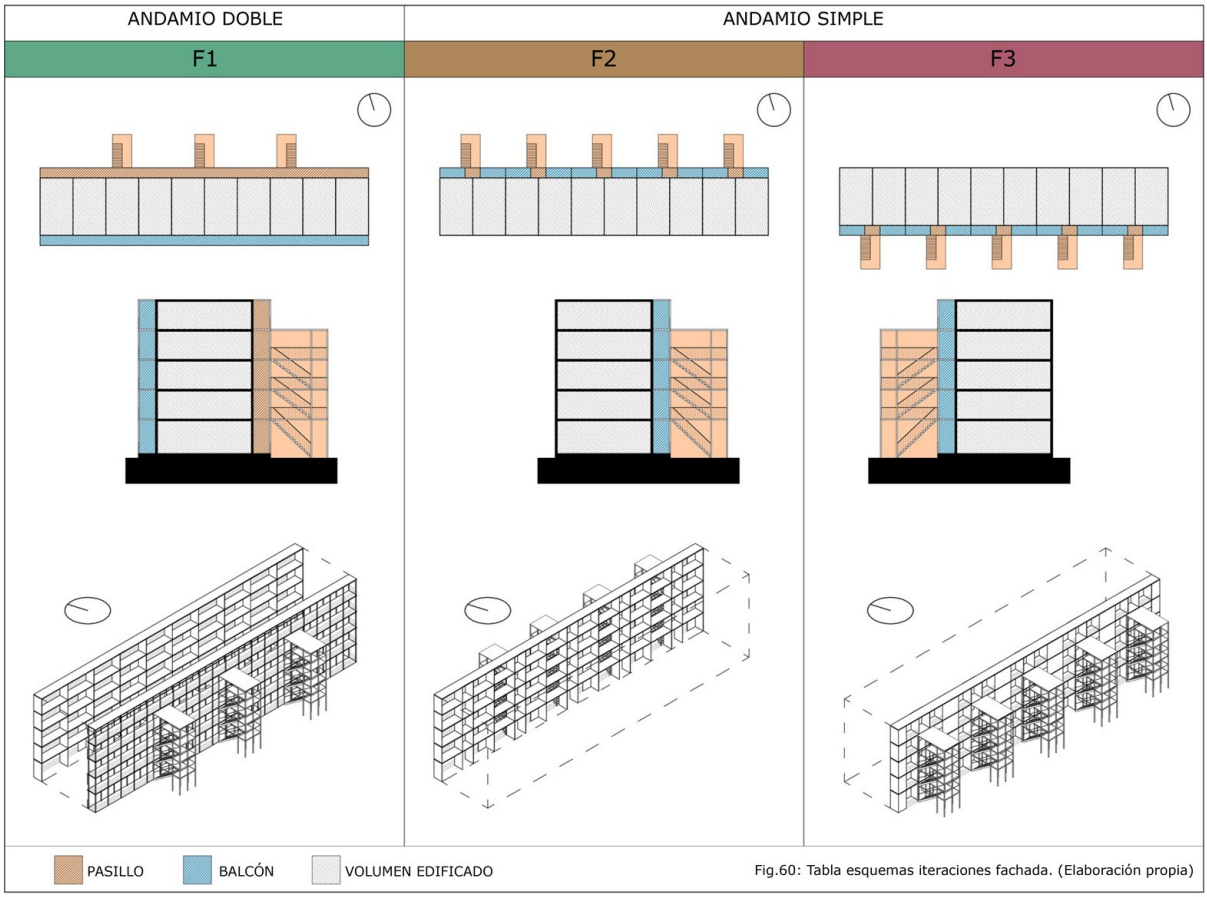


Fig.60: Tabla esquemas iteraciones fachada. (Elaboración propia)

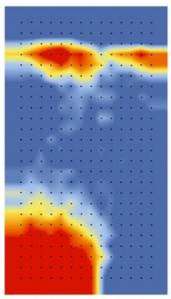


Fig.61: Grilla promedio anual iluminancia iteración F1. (Elaboración propia)

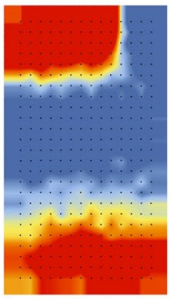


Fig.62: Grilla promedio anual iluminancia iteración F2. (Elaboración propia)

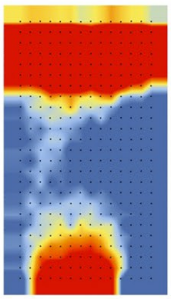


Fig.63: Grilla promedio anual iluminancia iteración F3. (Elaboración propia)

Resultados iluminancia

Primeramente, en los resultados promedio se observa que la estrategia de andamio doble genera resultados bajos respecto de la estrategia de andamio simple, teniendo un promedio UDI cercano al 40%, mientras que las iteraciones de andamio simple rondan el 50% y 60%.

En el denominado previamente como periodo crítico, se observa que en invierno la iteración F3 (andamio simple) cuenta con un valor UDI de 60%, mientras que las otras dos cuentan con valores cercanos al 40%.

En el periodo de primavera, ambas iteraciones de andamio simple obtienen resultados cercanos al 40%, mientras que el andamio doble cuenta con resultados notoriamente inferiores (menos del 20%).

Cualitativamente, las condiciones lumínicas que se generan en las distintas iteraciones responden a la presencia de los vanos, generando dos núcleos de luz a cada extremo de los departamentos, uno responde al ventanal y otro a ventanas.

El área iluminada que se corresponde con las ventanas es notoriamente inferior en el caso de la iteración F1 en comparación con las otras dos.

Por su parte el área iluminada por el ventanal (asociada a la cocina, comedor y estar) es ligeramente mayor en el caso de la iteración F2, siendo similar en el caso de las otras dos iteraciones. (ver fig.62)

Resultados eficiencia térmica

Analizando el total de la demanda energética por concepto de climatización, no se observan mayores diferencias entre las iteraciones, pues todas bordean los 1200 kwh anuales, siendo la estrategia de andamio doble aquella con mejores resultados.

Con respecto a la demanda por calefacción, se observa que las iteraciones con obstrucciones hacia el norte (ya sean balcones o pasillos) presentan resultados mas altos, sin importar si cuentan con andamio doble o simple.

Por su parte, la demanda por concepto de refrigeración responde al esquema de fachada, es decir a si cuenta con andamio doble o simple, siendo éste último el que cuenta con menor demanda.

Análisis de presupuesto

Tras la cubicación y cálculo de presupuesto por obra gruesa de cada modelo de circulación, no se observaron mayores diferencias de presupuesto, siendo la estrategia de andamio simple levemente más económica que la estrategia de andamio doble, con un presupuesto de 0,11UF/m2 y 0,12UF/m2 respectivamente.

Análisis CO2

Es observable que el esquema de andamio simple (iteraciones F2 y F3), a pesar de contar con un número mayor de escaleras, tiene una huella de carbono incorporado en materiales notoriamente menor, contando con la mitad de emisiones que el esquema de andamio doble (iteración F1) con 0,03 y 0,06ton/m2 de CO2 equivalente respectivamente.

Aplicando estos resultados al esquema macro del edificio, vale decir, considerando las huellas de carbono del podio de hormigón, los muros de entramado y la losa, se observa que el los resultados del esquema de andamio simple representan una reducción de más del 30% de aquellos de andamio doble. (ver fig.70)

Conclusiones

En conclusión, tras el análisis se opta por descartar la estrategia de orientación oriente poniente, debido a que, si bien lograban buenos resultados de iluminancia, la presencia del sol poniente encarece las condiciones de demanda energética. En parte también es posible optar por la orientación norte-sur gracias a que el edificio se plantea de base como un conjunto de crujía simple y todos los departamentos contarán con orientación norte.

La iluminancia, por su parte no responde tanto a una variable en particular como a la suma de las mismas. Mientras que con orientación norte-sur la agrupación escalonada juega en contra, en el caso de la orientación oriente-poniente juega a favor.

En conclusión, debido a que cuenta con los mejores desempeños tanto en iluminancia como eficiencia térmica y logra un balance entre ambos, para efectos de proyecto se optó por la iteración “A”.

Respecto a las estrategias de fachada, si bien no hay mayores diferencias ni en los presupuestos ni en la demanda energética por climatización, el análisis de confort lumínico sí permite descartar la estrategia de andamio doble, debido a las pobres condiciones lumínicas que se producen por la presencia de obstrucciones solares a modo de pasillo y balcón en las dos caras expuestas del departamento.

En el caso de las iteraciones de andamio simple, la iteración F3, es decir, aquella que cuenta con las circulaciones y balcones hacia el sur y una pequeña protección solar hacia el norte, es aquella con los mejores resultados, tanto de iluminancia como de eficiencia térmica, sin embargo, los resultados no son considerablemente distintos a los de la iteración F2, por lo que se tomarán ambas como modelos viables para proyecto.

Eficiencia energética (térmica)

Fig.64: Gráfico demanda energética anual por concepto de calefacción. (Elaboración propia)

Fig.65: Gráfico demanda energética anual por concepto de refrigeración. (Elaboración propia)

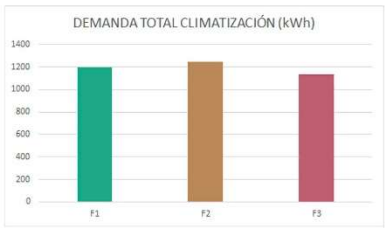


Fig.66: Gráfico demanda energética anual por concepto de climatización total. (Elaboración propia)

Iluminancia

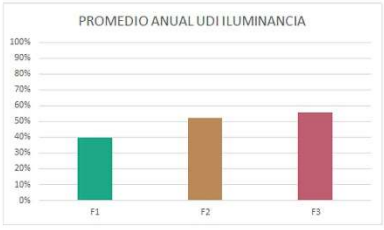


Fig.67: Gráfico promedio UDI anual de iluminancia. (Elaboración propia)

Fig.68: Gráfico promedio UDI invierno iluminancia. (Elaboración propia)

Fig.69: Gráfico promedio UDI primavera iluminancia. (Elaboración propia)

Carbono incorporado en materiales

Fig.70: Gráfico comparativo de huellas de carbono incorporado en materiales según esquema de circulaciones. El gráfico muestra la diferencia de huellas de carbono del edificio completo según qué tipo de circulaciones tiene, no es un gráfico de las huellas de carbono de la estructura metálica aislada. (Elaboración propia)

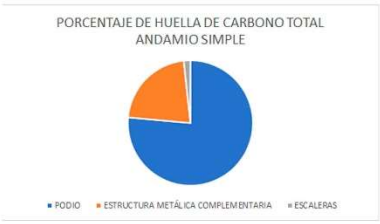


Fig.71: Porcentajes de aporte al total de la huella de carbono del edificio bajo esquema de andamio simple. (Elaboración propia)

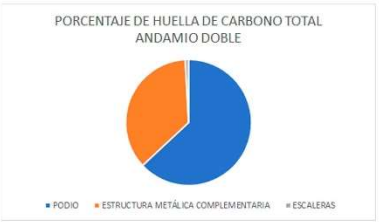


Fig.72: Porcentajes de aporte al total de la huella de carbono del edificio bajo esquema de andamio doble. (Elaboración propia)

Costo monetario

Fig.73: Comparacion costo presupuesto de estructura metálica complementaria. (El costo expresado corresponde al de la estructura metálica aislada). (Elaboración propia)

Laboratorio urbano

Con tal de abordar la escala urbana inmediata del conjunto a desarrollar, se exploraron distintas estrategias y configuraciones de manzana y loteo que permitiesen generar las condiciones de mayor densidad posible dentro de la normativa, de la mano con condiciones de habitabilidad y bajo costo de urbanización.

De esta manera se iteró en base al volumen base desarrollado en las etapas anteriores del laboratorio de iteraciones, el cual cuenta con 50 metros de largo y 9 de ancho, más las circulaciones y escaleras.

De esta manera se probaron combinaciones con 2 y 3 volúmenes base para vivienda en arriendo con interés social, de la mano con distintos ordenamientos además de incluir edificación con otros programas que complementen el conjunto desarrollado de vivienda para arriendo con interés social.

Para el desarrollo de las iteraciones se consideraron las alturas máximas y anchos de antejardín establecidos en la ordenanza local, así como también la cantidad de estacionamientos (1 por cada unidad de vivienda), los cuales se redujeron según la fórmula establecida en la OGUC (ver normativa en anexo 56). Además, se abordaron otros elementos normativos básicos, como rasantes y anchos de vías, tanto de las proyectadas en el plan regulador como aquellas propuestas para efectos del proyecto.

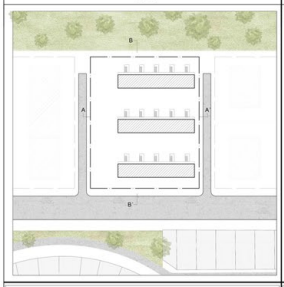
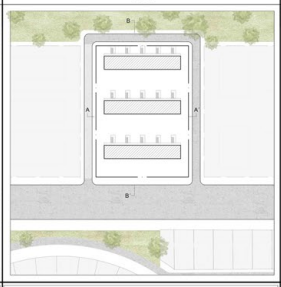
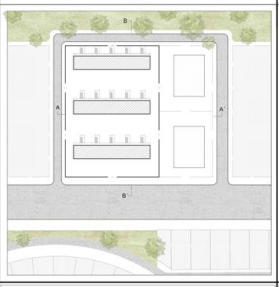
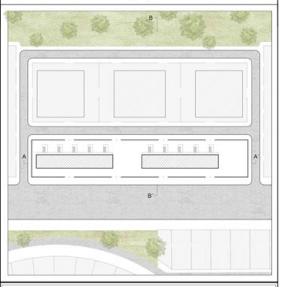
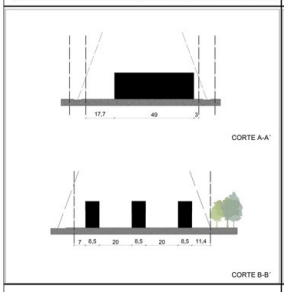
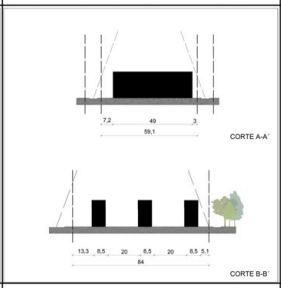
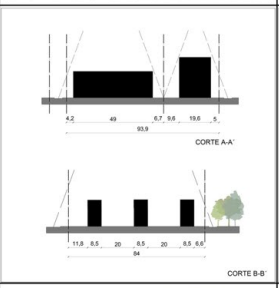
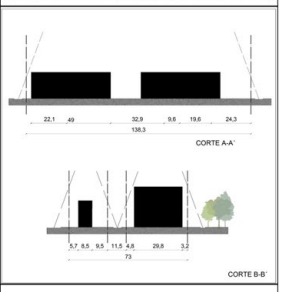
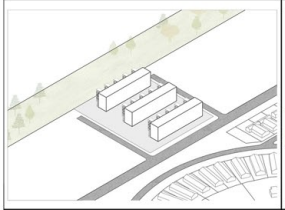
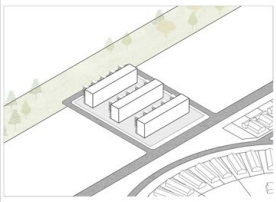
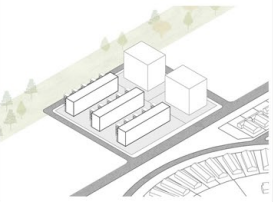
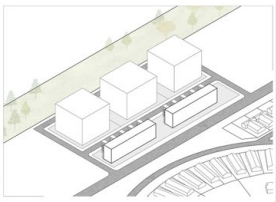
Finalmente, la distancia entre volúmenes se estableció en 20 metros aproximadamente, y responde a la distancia requerida para posicionar estacionamientos no subterráneos entre ellos. Por su parte, la densidad de los volúmenes cuyo programa no es vivienda para arriendo con interés social se asignó en base a la cantidad de personas por piso que logra albergar algún edificio de planta similar (ver anexo 57).

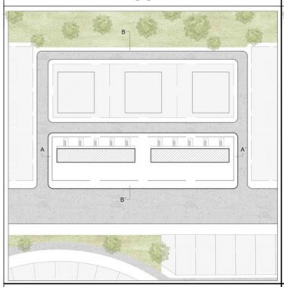
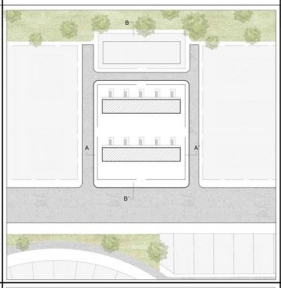
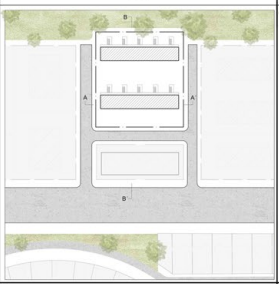
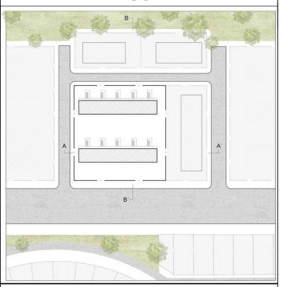
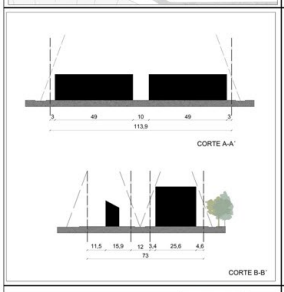
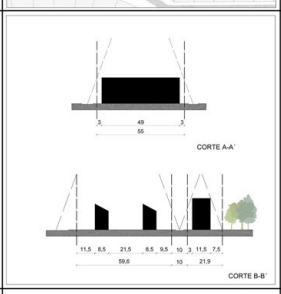
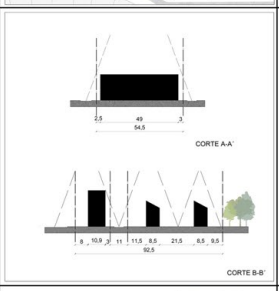
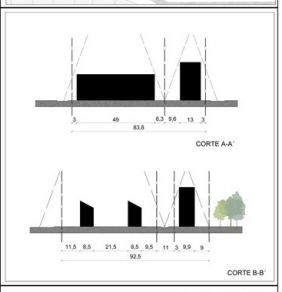
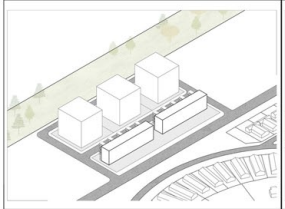
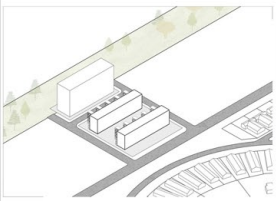
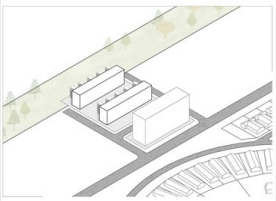
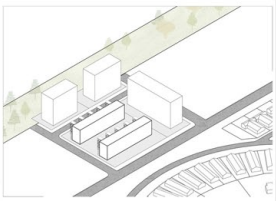
Conclusiones

En general es observable que la estrategia de incluir en la manzana programas externos, vale decir, vivienda comercial, resultó efectivo para el fin de lograr mayores condiciones de densidad, a la par que el costo de urbanización por metro de calle se reduce para el proyecto de vivienda para arriendo con interés social.

Por lo demás, esta estrategia permite que la manzana tenga mayor diversidad no solo en lo que respecta al programa, sino también en alturas y morfología, considerando que los edificios de vivienda no social no cuentan con la problemática de los costos por ascensor, por lo que pueden tener mayor altura.

Dicho lo anterior, se optó por el esquema U4 de manzana para el desarrollo de proyecto, pues es aquel que presenta una de las mayores densidades y permite diversidad tipológica en los volúmenes edificados anexos al proyecto de arriendo con interés social.

U1	U2	U3	U4
			
			
			
-Densidad manzana: 351 hab/há -Metros calle: 235m.	-Densidad manzana: 404 hab/há -Metros calle: 338m.	-Densidad manzana: 510 hab/há -Metros calle: 328m.	-Densidad manzana: 515 hab/há -Metros calle: 474m.

U5	U6	U7	U8
			
			
			
-Densidad manzana: 415 hab/há -Metros calle: 430m.	-Densidad manzana: 535 hab/há -Metros calle: 322m.	-Densidad manzana: 535 hab/há -Metros calle: 322m.	-Densidad manzana: 590 hab/há -Metros calle: 383m.

Consolidación proyectual: conjunto de vivienda para arriendo

. La investigación y posteriores conclusiones decantaron finalmente en un proyecto de conjunto para arriendo con interés social emplazado en el borde sur del lote B, en una de las manzanas conformadas entre el eje verde propuesto y la calle 10 Norte.

La manzana resultante tiene una densidad de 559 hab/há y se compone de 5 volúmenes edificados, de los cuales 3 son de vivienda social DS19, contando con alturas de 7 a 8 pisos, mientras que los dos volúmenes restantes componen el conjunto destinado a arriendo con interés social y se orientan de manera paralela entre ellos, generando áreas verdes comunes en este espacio intermedio.

La propuesta contempla que dicho conjunto albergue a 64 familias en sus dos volúmenes, además de tener 46 estacionamientos en su superficie, 124 estacionamientos de bicicletas, dos espacios destinados a la comunidad, áreas verdes y zona de juegos.

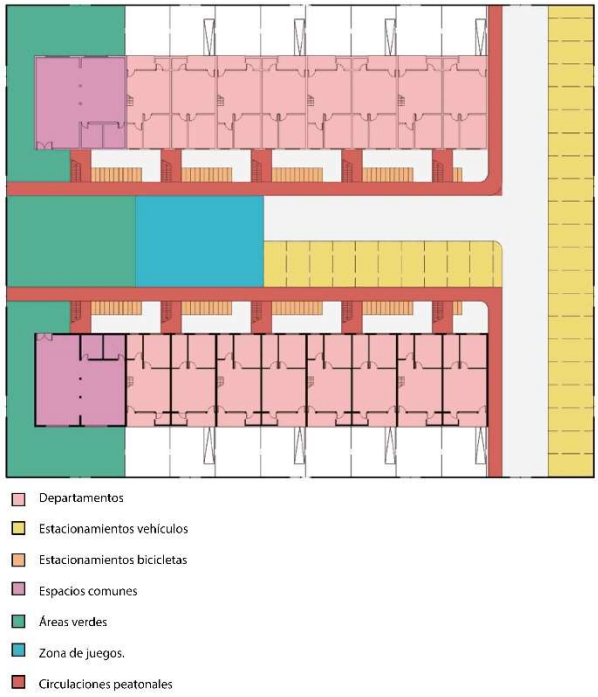


Fig.75: Equipamiento conjunto. (Elaboración propia)

Cada volumen edificado del conjunto de vivienda para arriendo cuenta con 5 tipologías de departamento, de las cuales dos son destinadas a personas con discapacidad y cuentan con uno y dos dormitorios. Las otras 3 tipologías cuentan con uno, dos y tres dormitorios en departamentos simples y dúplex.

Los departamentos destinados a personas con discapacidad se ubican en el primer piso y se accede a ellos a través de la calle, vale decir desde el exterior del conjunto y cada uno cuenta con un antejardín propio. Por su parte, a los departamentos de los pisos superiores se accede desde el interior del conjunto a través de las escaleras anexas a la estructura metálica complementaria.

Estructuralmente el edificio es un híbrido compuesto por un primer nivel o zócalo de hormigón armado, la estructura de los departamentos superiores en entramado en madera y la estructura metálica complementaria que arriostra el edificio.

Los muros de entramado se distribuyen de acuerdo con el esquema definido en la modelación estructural y se componen de elementos de pino radiata MGP10 de 2x6” ubicados cada 40,7cm. arriostrados mediante placas de OSB de 11,1mm. de espesor.

En el caso de el entrepiso, este se compone de elementos de pino radiata MGP10 de 2x8” y se arriostra mediante elementos de terciado estructural de 15mm de espesor, complementado con una sobrelosa de hormigón por motivos de aislación acústica.

Fig.76: Planta emplazamiento conjunto a escala microbarrio.

Fig. 77: Sección transversal conjunto.

Fig.78: Planta departamento tipo 1 dormitorio.

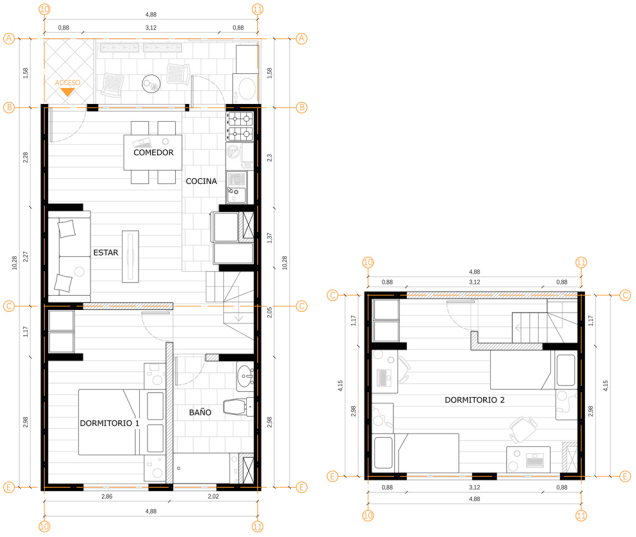


Fig.79: Planta departamento tipo 2 dormitorios. (Izquierda: primer nivel. Derecha: segundo nivel)

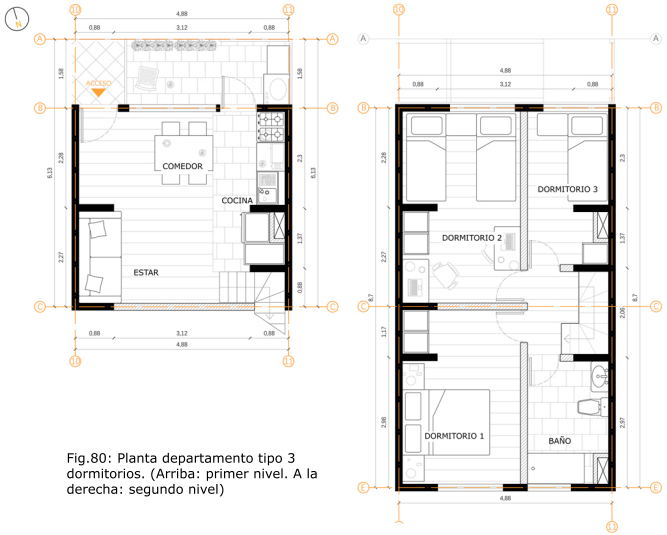


Fig.80: Planta departamento tipo 3 dormitorios. (Arriba: primer nivel. A la derecha: segundo nivel)

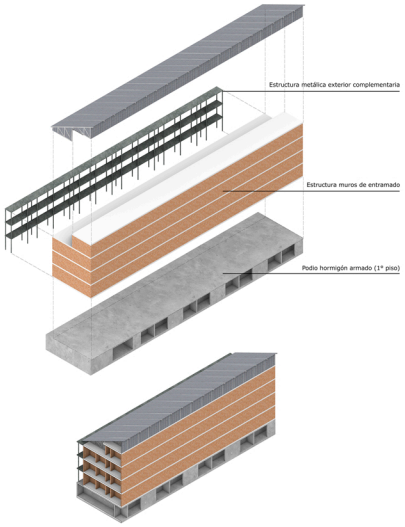


Fig.81: Esquema híbrido estructural entramado en madera, hormigón y acero.

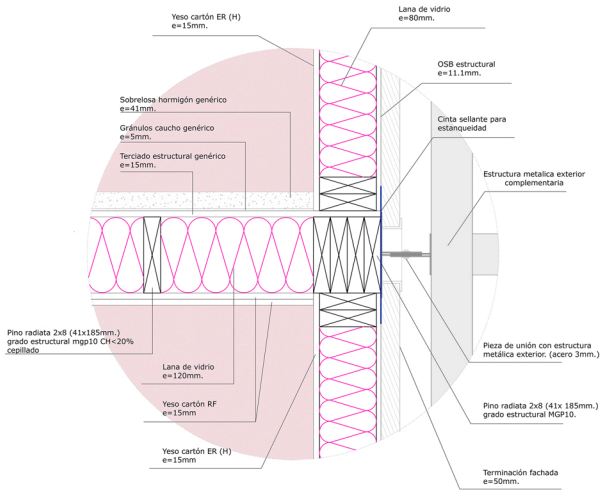


Fig.82:Detalle unión muro-piso. Además se especifica la unión con la estructura metálica complementaria.

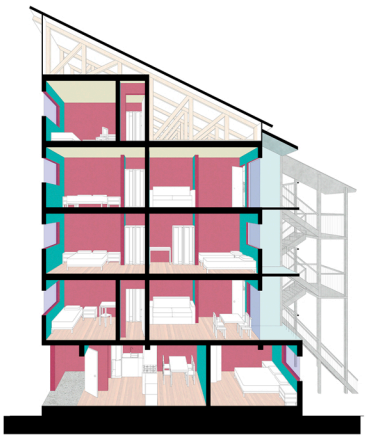


Fig.83: Corte transversal fugado.

Conclusiones

Primeramente, es posible concluir que, con tal de generar diversidad en el distrito, una estrategia viable es la diferenciación programática por zonas, lo que permite amoldar las condiciones urbanas a los objetivos planteados, estableciendo una zona de carácter residencial en el espacio del "lote B".

La inclusión de áreas verdes en el proyecto de distrito, por su parte, es una estrategia que responde no solo a requerimientos del contexto urbano inmediato, sino que también aportan en el déficit de áreas verdes con el que cuenta la ciudad en su totalidad.

Se concluye también que es posible la definición de estrategias que van en pos de la eficiencia energética y el confort, desde una escala urbana, a través de decisiones como utilización de edificación aislada, la distancia entre lotes, etc.

Con respecto a los sistemas estructurales iterados, para el caso propuesto no fue viable la combinación de muros de entramado con columnas de madera aserrada y núcleos de hormigón (correspondiente a la hipótesis 1 del laboratorio estructural), debido a las cargas axiales sobre las columnas. Sin embargo, la posibilidad de ahondar en aquel híbrido estructural es un tema interesante para abordar en futuras investigaciones.

Respecto del esquema de muros estructurales, es posible concluir que la utilización de muros cortos de manera perpendicular a los muros divisorios entre unidades y adosados a los mismos, no solo resulta una alternativa estructuralmente viable, sino que también resulta ser una opción de gran flexibilidad para la planta, permitiendo desarrollar variaciones utilizando la misma planta de muros estructurales.

Esto último cobra particular relevancia para el proyecto, pues uno de los desafíos para este conjunto habitacional es desarrollo de una oferta diversa de departamentos, por lo que la solución estructural está obligada a responder a condiciones programáticas diversas.

En paralelo, se concluye que uno de los principales elementos que afectó a los distintos presupuestos de unidades de vivienda es la distribución de muros, pues afectan directamente las luces que deben cubrir las vigas y éstas últimas representan una fracción importante del presupuesto.

Respecto de las emisiones de carbono, a pesar de que el podio del edificio es el principal elemento emisor de CO_2 incorporado en los materiales, la estrategia de prescindir de los núcleos verticales de hormigón armado permite reducir considerablemente la huella de carbono.

En el caso de la estructura de madera, no se identificaron grandes diferencias entre iteraciones, no obstante, se concluye que en el caso hipotético de aplicación de impuestos al CO_2 incorporado en materiales, se aumentaría la competitividad de la madera, llegando a reducir el costo del material un 11% por conceptos de impuestos.

Se concluyó que, para edificios de crujía simple, a la hora de hablar de condiciones energéticas y de confort, la mejor orientación es longitudinalmente en sentido oriente-poniente (con las caras expuestas orientadas al norte y sur), pues permite buenas condiciones de iluminancia sin generar sobrecalentamiento, de la mano con un mayor control de las condiciones solares hacia la fachada norte.

Respecto a los tipos de agrupamiento, en general se concluyó que no eran competitivas las iteraciones de agrupamiento escalonado. A pesar de que en un principio se pensó que las ventanas laterales (sobre 3 de las 4 caras del departamento) permitirían el acceso de más luz, la morfología total del edificio merma las condiciones de iluminancia dentro de los departamentos.

Dicho lo anterior, se concluye que el agrupamiento recto tiene los mejores resultados en lo que respecta a iluminancia y eficiencia térmica.

Tras el análisis de las posibilidades de circulaciones y fachada, la conclusión a la que se llegó es que el esquema de andamio doble, además de ser ligeramente más costoso, es poco viable desde la perspectiva del confort lumínico, debido a que genera demasiadas obstrucciones al soleamiento. En contraparte, la utilización de estructura exterior metálica para pasillos y balcones hacia un solo extremo del volumen edificado permite la generación de condiciones de confort y eficiencia térmica.

La estrategia urbana de combinar distintos tipos de programas residenciales dentro de una misma manzana se configura como una estrategia eficaz en su objetivo de generar manzanas densas en las que emplazar el conjunto habitacional desarrollado, puesto que la presencia de tipologías de mayor densidad compensa la densidad moderada del conjunto.

Finalmente, y a modo de conclusión general, es posible el desarrollo de conjuntos de vivienda social de madera en mediana altura, no obstante, es muy relevante el estudio de las variables que afectan tanto el presupuesto de construcción como las distintas variables que afectan su funcionamiento a largo plazo (como eficiencia térmica, confort lumínico, etc.).

A lo anterior también se suma una reflexión respecto de la necesidad de abordar más en profundidad variables energéticas, de confort y de huella de carbono a la hora de evaluar las distintas propuestas de vivienda social, debido a que considerar netamente el ámbito monetario genera análisis parciales que pueden derivar en soluciones habitacionales de baja calidad y habitabilidad.

Referencias bibliográficas

Álamos Domeyko, N. (2020*) El edificio híbrido, un modelo alternativo para la provisión de vivienda: La cohabitación como incentivo para la transición multiescalar* [Tesis presentada a la Escuela de Arquitectura de la Pontificia Universidad Católica de Chile para optar al título de Arquitecto y Magister en Arquitectura]. https://search.proquest.com/docview/2465443593?pq-origsite=primo

Aragon, G. (2020). *PREFAB SPEEDS MASS TIMBER BUILD*. ENR, 284(6), 76–. https://buscador.bibliotecas.uc.cl/permalink/56PUC_INST/c08o86/cdi_proquest_reports_2429070931

Bachtold, P. (2013). *The Space-Economic Transformation of the City Towards Sustainability* (1st ed. 2013.). Springer Netherlands. https://doi.org/10.1007/978-94-007-5252-8

Bagaeen, S. G. (2006). *Redeveloping former military sites: Competitiveness, urban sustainability and public participation*. Cities, 23(5), 339-352. https://doi.org/10.1016/j.cities.2006.05.002

Freiburg im Breisgau. (s. f.). *Barrio de Vauban*. Recuperado 19 de abril de 2022, de https://www.freiburg.de/pb/site/Freiburg/get/params_E1376322761/647926/Infotafeln_Vauban_sp.pdf

Bogolaski Fliman, F., López Davidson, R., & Mora Camus, M. P. (2021). Housing crisis and renting in Chile: Trends and challenges for the development and consolidation of a Rental Housing Policy. Facultad de Ciencias Sociales. Escuela de Trabajo Social. https://revistatrabajosocial.uc.cl/index.php/RTS/article/view/45097/37307

Bresciani. (2020). *PLAN MAESTRO DE REGENERACIÓN CASCO HISTÓRICO DE TALCA*. https://www.talca.cl/espacio-civico-Talca/anexos/Informe_n2_Plan_Maestro_de_Regeneracion_Casco_Historico_de_Talca.pdf

Bresciani, L. E., Gil, Di., Link, F., Rasse, A., & Ruiz-Tagle, J. (2021). *Arriendo asequible en Chile: Propuestas para implementar un sistema de vivienda basado en el bienestar social*. Temas de la Agenda Pública, 1-16. https://politicaspublicas.uc.cl/publicacion/arriendo-asequible-en-chile-propuestas-para-implementar-un-sistema-de-vivienda-basado-en-el-bienestar-social/#:~:text=el%20bienestar%20social-,Arriendo%20asequible%20en%20Chile%3A%20propuestas%20para%20implementar%20un%20sistema%20de,basado%20en%20el%20bienestar%20social&text=La%20pol%C3%ADtica%20habitacional%20chilena%20ha,dar%20respuesta%20al%20d%C3%A9ficit%20habitacional.

Carmona, M. (2017). *The formal and informal tools of design governance*. Journal of Urban Design, 22(1), 1-36. https://doi.org/10.1080/13574809.2016.1234338

Castillo, M. J., & Forray, R. (2014). *La vivienda, un problema de acceso al suelo*. ARQ (Santiago), 86, 48-57. https://doi.org/10.4067/S0717-69962014000100007

Climatedata.org. (s.f.). *Clima Fribourg—Freiburg: Climograma, Temperatura y Tabla climática para Fribourg—Freiburg*. Climate-Data.org. Recuperado 18 de abril de 2022, de https://es.climate-data.org/europe/suiza/fribourg-freiburg-1158/

Climate.onebuilding.org. (s.f.). *climatewebsite**WMO_Region_6_Europe**DEU_Germany*.. Recuperado 17 de abril de 2022, de https://climate.onebuilding.org/WMO_Region_6_Europe/DEU_Germany/index.html

Cooperativa. (8 de Octubre del 2020). *Concluida 1ra etapa de acceso al Parque RIO CLARO DE TALCA*. Cooperativa. *https://cooperativa.cl/noticias/pais/region-del-maule/concluida-primera-etapa-de-acceso-al-parque-rio-claro-de-talca/2020-10-08/101416.html#gal_id&slide=foto_3*

Cooperativa.cl. (18 de agosto del 2020). *El plan «Arriendo a Precio Justo» del Gobierno comenzará en la Región del Biobío.* Cooperativa.cl. (s. f.). Recuperado 31 de octubre de 2022, de https://cooperativa.cl/noticias/pais/vivienda/viviendas-sociales/el-plan-arriendo-a-precio-justo-del-gobierno-comenzara-en-la-region/2022-08-18/233420.html

Centro UC de Innovación en Madera. (s.f.) *Torre experimental Peñuelas*. https://madera.uc.cl/es/investigacion/proyectos-de-investigacion/249-torre-penuelas

Deficit Cero. (2022). *ANÁLISIS TERRITORIAL DEL DÉFICIT HABITACIONAL: ANALISIS TÉCNICO DE LA PROPUESTA DE DÉFICIT CERO* (BOLETÍN N°2). https://deficitcero.cl/uploads/biblioteca/AnalisisTerritorialDeficit.pdf

D.S. N° 109 [Ministerio de Vivienda y Urbanismo]. Modifica Decreto Supremo N°47, de 1992, Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones en materia de ciclovías y estacionamientos para bicicletas. 04 de junio de 2015.

Environment & Society Portal. (s.f.). *The New Watch on the Rhine: Anti-Nuclear Protest in Baden and Alsace*. Recuperado el 08 de enero de 2023. https://www.environmentandsociety.org/arcadia/new-watch-rhine-anti-nuclear-protest-baden-and-alsace

El Mostrador. (16 de julio del 2020). *«Arriendo a precio justo»: Conoce quiénes pueden postular y cuánto pagarán los beneficiados gracias al plan que busca solventar crisis habitacional*. El Mostrador. https://www.elmostrador.cl/dia/2022/07/15/arriendo-a-precio-justo-conoce-quienes-pueden-postular-y-cuanto-pagaran-los-beneficiados-gracias-al-plan-que-busca-solventar-crisis-habitacional/

Fastenrath, S., & Braun, B. (2018). *Sustainability transition pathways in the building sector: Energy-efficient building in Freiburg (Germany)*. Applied Geography, 90, 339-349. https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2016.09.004

Fernández Per, A., & Mozas, J. (2008). *Hybrids*. A+t Eds.

Fontúrbel, F. (2021). *Académico del Instituto de Biología analizó efectos del cambio climático en Chile*. [www.pucv.cl]. https://www.pucv.cl/pucv/noticias/primera-persona/academico-del-instituto-de-biologia-analizo-efectos-del-cambio-climatico

Fraker, H. (2013). *The hidden potential of sustainable neighborhoods: Lessons from low-carbon communities* (1st ed. 2013.). Island Press. https://doi.org/10.5822/978-1-61091-409-3

Freytag, T., Gössling, S., & Mössner, S. (2014). *Living the green city: Freiburg's Solarsiedlung between narratives and practices of sustainable urban development*. Local Environment, 19(6), 644-659. https://doi.org/10.1080/13549839.2013.868872

Green, M. (2017). *Tall wood buildings: Design, construction and performance*. Birkhäuser.

Hamiduddin, I. (2015). *Social sustainability, residential design and demographic balance: Neighbourhood planning strategies in Freiburg, Germany*. Town Planning Review, 86(1), 29-52. https://doi.org/10.3828/tpr.2015.3

Herzog, T. (2004). *Facade construction manual*. Birkhauser-Publishers for Architecture.

Hidalgo Dattwyler, R. A., Paulsen Bilbao, A. G., & Santana Rivas, L. D. (2016). *El neoliberalismo subsidiario y la búsqueda de justicia e igualdad en el acceso a la vivienda social: El caso de Santiago de Chile (1970-2015*). Andamios, 13(32), 57-81. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-00632016000300057&lng=es&tlng=es.

Hidalgo, R. (2002*). Vivienda social y espacio urbano en Santiago de Chile: Una mirada retrospectiva a la acción del Estado en las primeras décadas del Siglo XX*. EURE (Santiago), 28(83), 83-106. https://doi.org/10.4067/S0250-71612002008300006

Intergovernmental Panel on Climate Change. (2022). *Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change*. https://report.ipcc.ch/ar6wg3/pdf/IPCC_AR6_WGIII_FinalDraft_FullReport.pdf

Jaque Astorga, C. (2019). *La vivienda en arriendo centralizado: Lineamientos proyectuales para el arriendo en comunidad en Santiago Poniente* [tesis presentada para optar al grado de Magister en Arquitectura sustentable y energía]. Universidad de Chile. [ProQuest Dissertations Publishing]. https://search.proquest.com/docview/2455760515?pq-origsite=primo

Kasioumi, E. (2011). *Sustainable Urbanism: Vision and Planning Process Through an Examination of Two Model Neighborhood Developments*. Berkeley Planning Journal, 24, 91-114. https://doi.org/10.5070/BP324111867

Kaufmann, H., Krotsch, S., & Winter, S. (2018). *MANUAL of Multi-Storey Timber Construction*. Detail.

Kawazoe, I. A. (2019). *Renovación Urbana en Barrios Patrimoniales: Modelo de Gestión del Suelo Urbano Para la inserción de Vivienda Colectiva de Arriendo Subsidiado en Sitios Eriazos de Pequeñas Dimensiones en Santiago Centro* [tesis

presentada para optar al grado de magister de arquitectura en sustentabilidad y energía]. Universidad Catolica. [ProQuest Dissertations Publishing]. https://search.proquest.com/docview/2622780982?pq-origsite=primo

Link, F., Valenzuela Ormeño, F. E., & Marín Toro, A. (2019). *Diagnóstico y propuestas para un sistema integral de vivienda en arriendo con interés socia*l. Centro de Políticas Públicas UC. 14 (114) 18. https://repositorio.uc.cl/handle/11534/45744

La Nación. (10 de septiembre del 2020). *Minvu diseña obras de mitigación ante amenazas naturales en parque Río Claro en Talca*. (2020, septiembre 10). http://www.lanacion.cl/minvu-disena-obras-de-mitigacion-ante-amenazas-naturales-en-parque-rio-claro-en-talca/

Madera21. (16 de septiembre del 2020). *Desarrollan paneles industrializados para el primer condominio construido íntegramente en madera en Concepción*. (s. f.). Madera 21. Recuperado 30 de octubre de 2022, de https://www.madera21.cl/blog/2020/09/16/desarrollan-paneles-industrializados-para-el-primer-condominio-construido-integramente-en-madera-en-concepcion/

Madera 21. (20 oct 2022). *El desafío de la industrialización en vivienda* [Archivo de Vídeo]. Youtube. https://youtu.be/WcVsPKCv5i0

Mariman Ramos, C. (29 de junio de 2018). *Clásicos de Arquitectura: Conjunto Habitacional Matta Viel / Bresciani Valdés Castillo Huidobro*. ArchDaily en Español. https://www.archdaily.cl/cl/897285/clasicos-de-arquitectura-conjunto-habitacional-matta-viel-bresciani-valdes-castillo-huidobro> ISSN 0719-8914

Municipalidad de Talca. (2011). *Plano de Zonificación y Vialidad Plan Regulador Comunal de Talca* [Map].

Ministerio de Vivienda y Urbanismo CHILE. (2022, enero 12). *SEGUNDA ETAPA PARQUE RÍO CLARO DE TALCA*. [Archivo de Vídeo] https://www.youtube.com/watch?v=fzM0TmFND9g

Organización Meteorológica Mundial, & GLobal Atmosphere Watch. (2014*). BOLETÍN DE LA OMM SOBRE LOS GASES DE EFECTO INVERNADERO* (N.º 10). https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=7237

Quintana, F. (2014). *Urbanizando con tiza*. ARQ (Santiago), 86, 30-43. https://doi.org/10.4067/S0717-69962014000100005

Resolución exenta N°7712 [Ministerio de Vivienda y Urbanismo]. Modifica resolución exenta N°6.625 (V. Y U.), de fecha 13 de octubre de 2016, que aprueba cuadro normativo y tabla de espacios y usos mínimos para el mobiliario, para proyectos del programa fondo solidario de elección de vivienda D.S. N°49 (V. Y U.) de 2011. 16 de junio de 2017.

Resolución exenta 12432 [Ministerio de Vivienda y Urbanismo]. LLAMA A PROCESO DE SELECCIÓN EN CONDICIONES ESPECIALES PARA EL OTORGAMIENTO DE SUBSIDIOS DEL PROGRAMA HABITACIONAL FONDO SOLIDARIO DE ELECCIÓN DE VIVIENDA, REGULADO POR EL DS Nº 49 (V. Y U.), DE 2011, Y SUS MODIFICACIONES, PARA PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN EN NUEVOS TERRENOS EN LAS COMUNAS QUE INDICA, A PERSONAS JURÍDICAS DE DERECHO PÚBLICO Y PRIVADO SIN FINES DE LUCRO, EN EL MES DE NOVIEMBRE DE 2017. 20 de octubre de 2017.

Saravia, C. (s. f.). (14 de julio del 2022*). Plan de viviendas de arriendo «a precio justo» del Minvu contempla obras en nueve regiones y una inversión por $61 mil millones*. Recuperado 31 de octubre de 2022, de https://www.df.cl/empresas/industria/minvu-lanza-concurso-para-viviendas-de-arriendo-a-precio-justo-en

Secretaría de Vivienda y Urbanismo. (2019). *RESUMEN EJECUTIVO EVALUACIÓN FOCALIZADA DEL ÁMBITO DE DISEÑO PROGRAMA SUBSIDIO AL ARRIENDO*. https://www.dipres.gob.cl/597/articles-189331_r_ejecutivo_institucional.pdf

SERVIU REGION DEL MAULE. (2022*). PLANO DE IMAGEN OBJETIVO Proyecto Urbano Habitacional Barrio Sustentable de Talca* [Map].

Silva, D. (20 de diciembre del 2020). *Hoy comienzan las obras de mejoramiento del Parque Río Claro en Talca*. La Tercera. https://www.latercera.com/nacional/noticia/hoy-comienzan-las-obras-mejoramiento-del-parque-rio-claro-talca/946583/

Town House Las Pataguas. (s.f.) *Avances de obra septiembre*. https://thlaspataguas.cl/avances/avances-de-obra-septiembre-2/

Ugarte, J. J., Wiegand, E., Montaño, J., Cárcamo, S., & Delucchi, C. (2018). *LIGHT FRAME TIMBER TOWER: INTERDISCIPLINARY DESIGN OF PREFABRICATED AND ANTI- SEISMIC 5- STORY EXPERIMENTAL BUILDING*. World Conference on Timber Engineering. https://drive.google.com/file/d/1KqXv3qO27uxFf8xs0EVLYFDrarFJZC2S/view

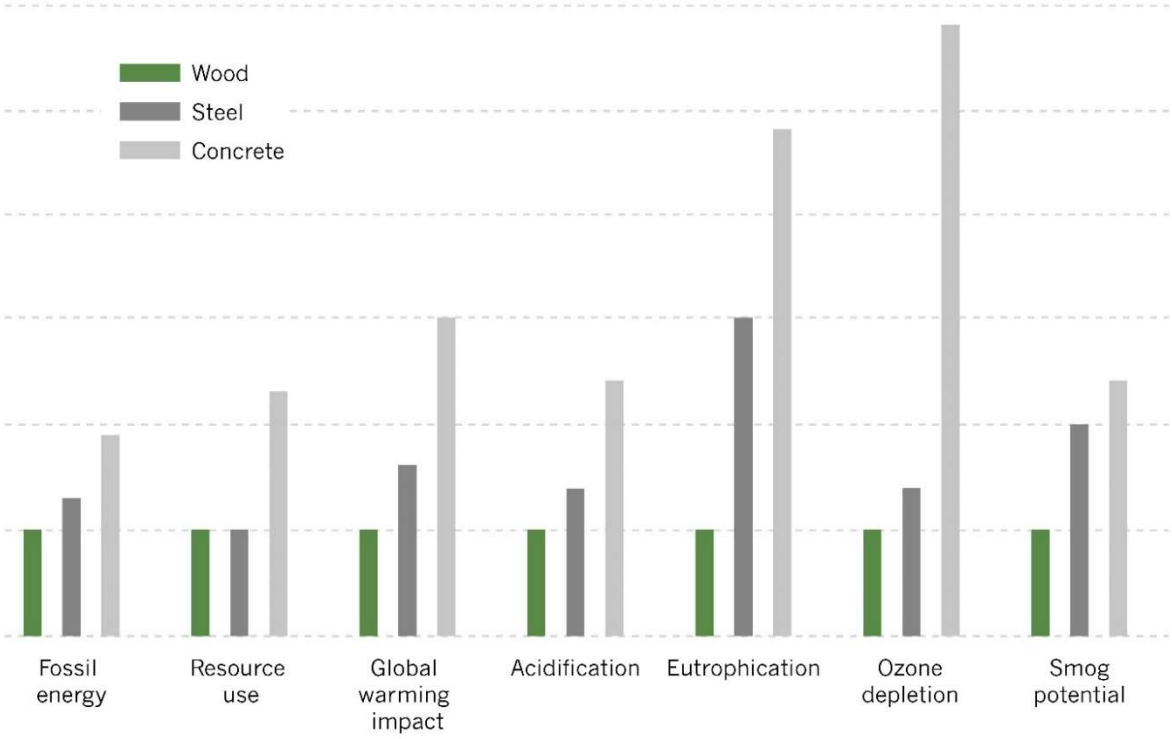
Zilic, F. (2019). *POLOMADERA MUESTRA LAS VENTAJAS DE LA MADERA CON LA CONSTRUCCIÓN DE UN EDIFICIO DE OCHO PISOS EN CLT*. Madera 21. https://www.madera21.cl/blog/2019/11/13/polomadera-muestra-las-ventajas-de-la-madera-con-la-construccion-de-un-edificio-de-ocho-pisos-en-clt/

Cálculo de huellas de carbono realizado con base de datos de Quartz (www.quartzproject.org)

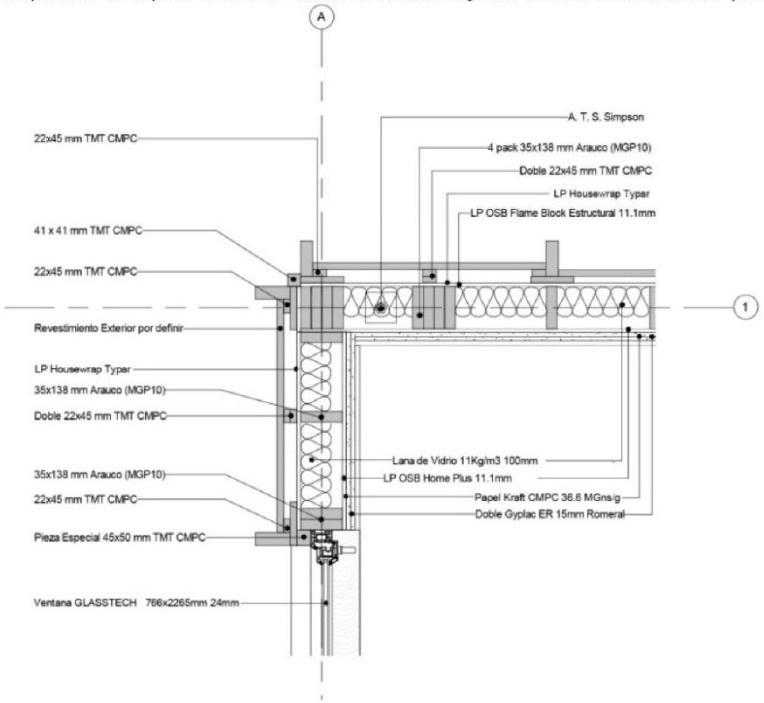
Los presupuestos han sido calculados a través del software online de presupuestos de ONDAC (https://ondac.com/)

Anexos

Anexos: madera como material de construcción.



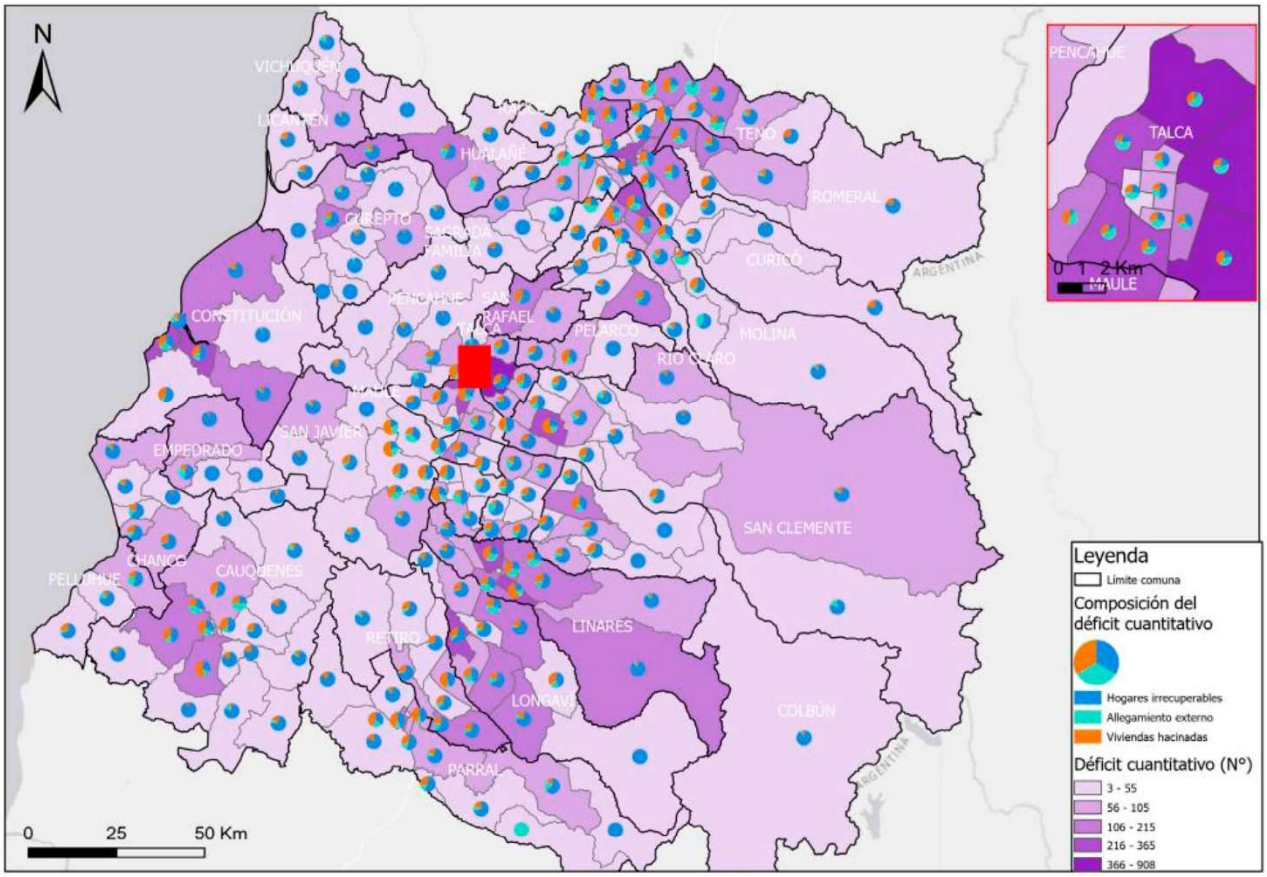
Anexo 01: Tabla comparación del impacto de ciclo de vida de los edificios según su material de construcción. (Green, 2017)



Anexo 02: Detalle constructivo tore Peñuelas. (Ugarte et al, 2018)

Anexos: Crisis de vivienda.

Anexo 03: Esquema deficit habitacional cuantitativo. (Déficit cero, 2022)



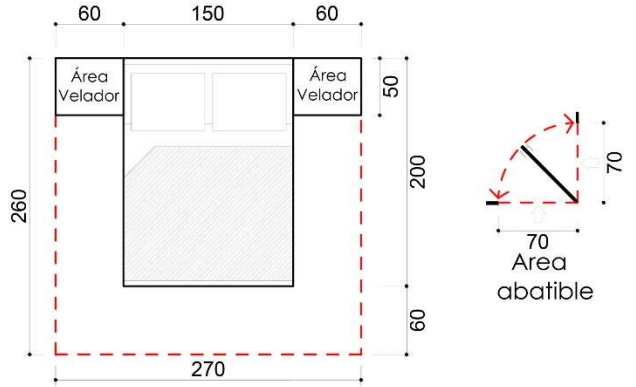
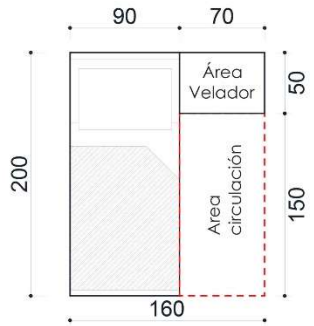
Anexo 04: Distribución déficit habitacional en la región del Maule. (Déficit cero, 2022)

	Nombre proyecto	Comuna	Nº de viviendas
2017	Portales 2805	Santiago	18 viviendas
	Justicia Social I	Recoleta	38 viviendas
2018	Abate Molina 601	Santiago	21 viviendas
	Conjunto Esperanza	Independencia	14 viviendas

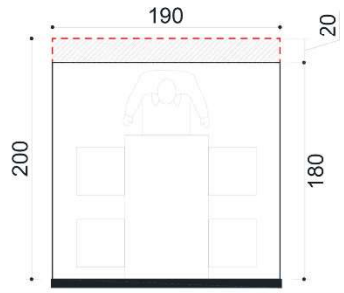
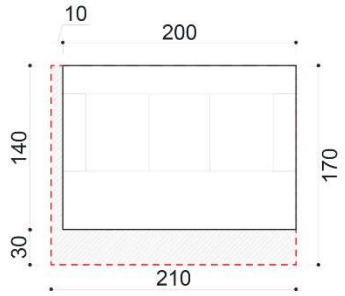
Anexo 05: Proyectos asociados a la resolución exenta N° 12.432, años 2017 y 2018. (Link et al, 2019)

Vivienda social: DS-49.

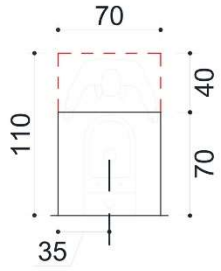
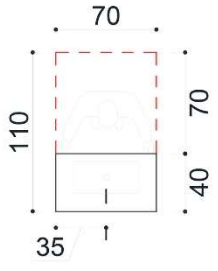
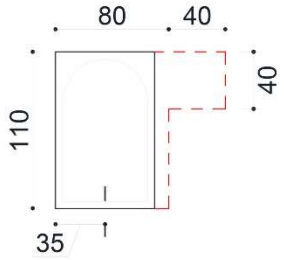
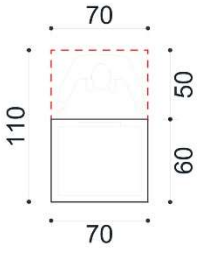
DORMITORIO

Modulo A (cama de 2 plazas y 2 veladores)	**Módulo B** (1 cama de 1 plaza y 1 velador)
	

ESTAR-COMEDOR

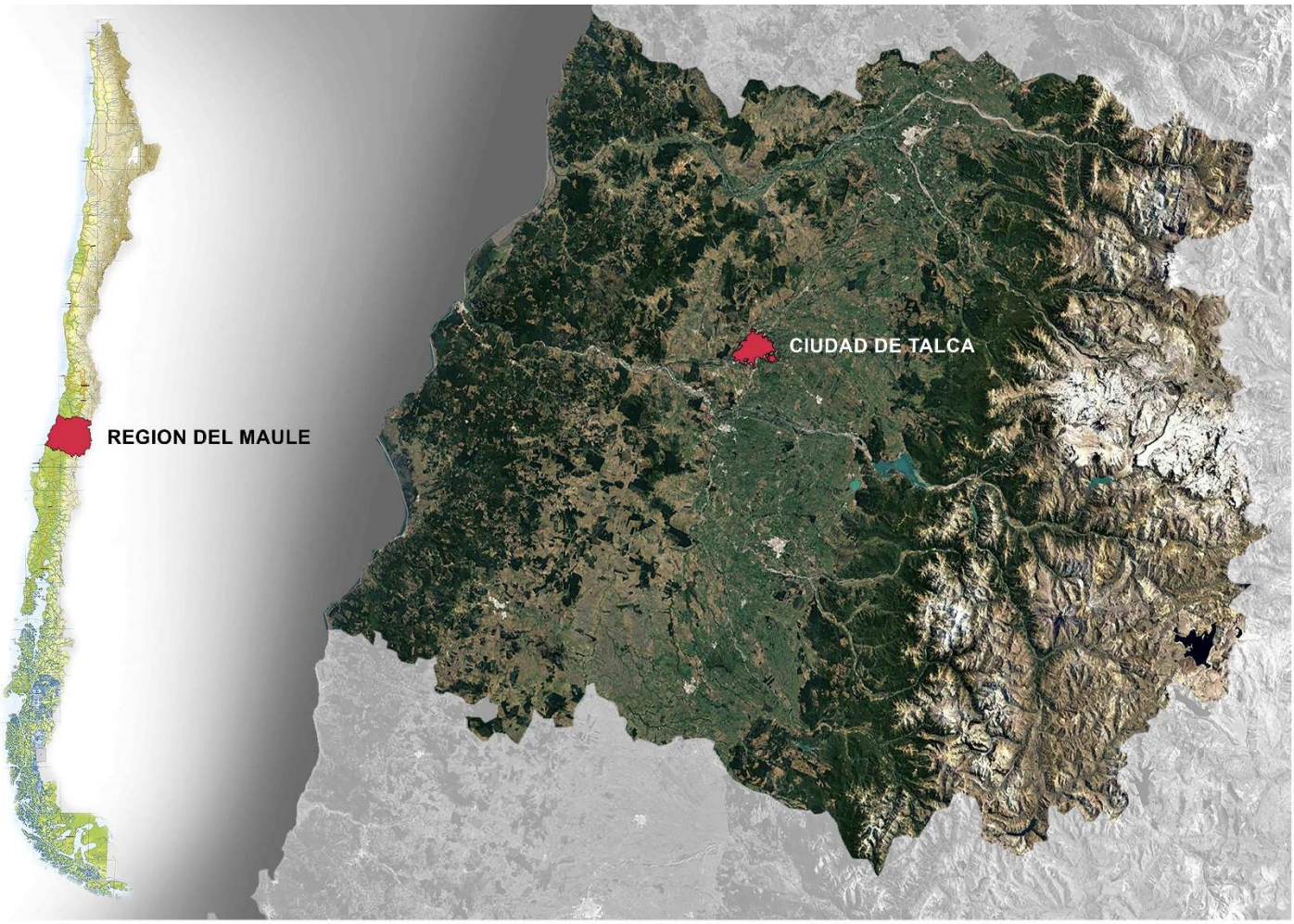
COMEDOR		**ESTAR**
Alternativa 1	**Alternativa 2**	
		

BAÑO

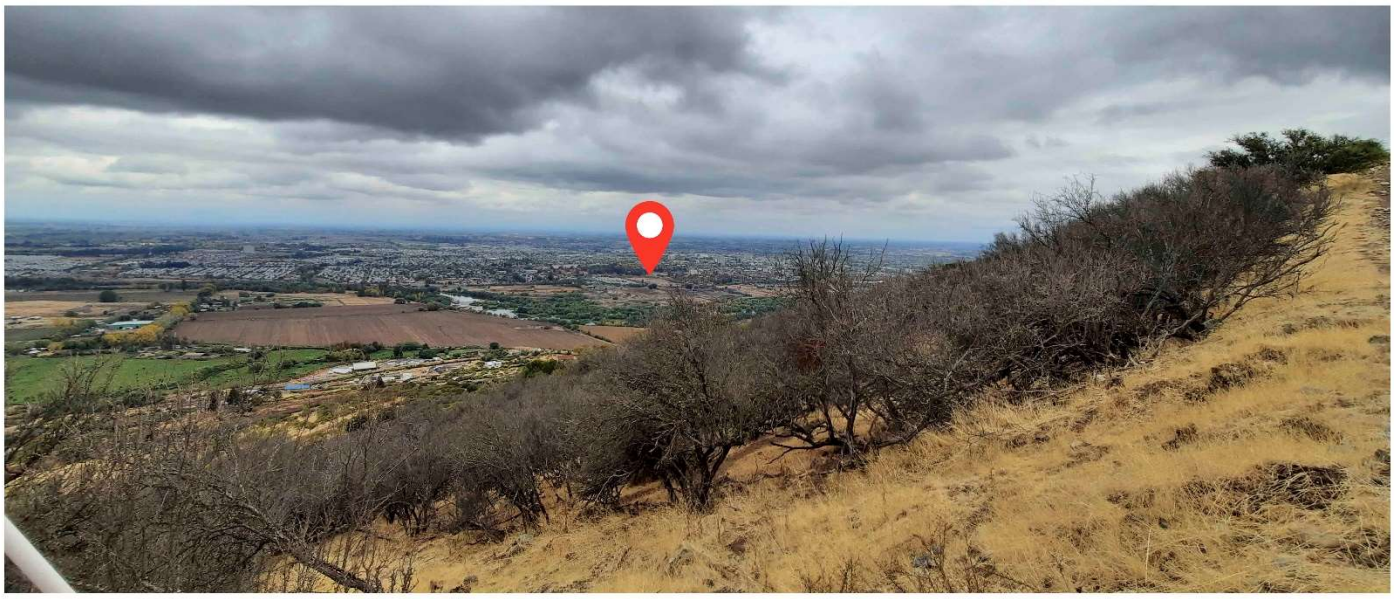
Inodoro	**Lavamanos**	**Tina**	**Lavadora**
			

Anexo 06: Fragmentos de cuadro normativo y tabla de espacios y usos mínimos para el mobiliario para proyectos del Fondo SOlidario de Elección de Vivienda regulado por el D.S. N°49, (V. y U.),2011. Se incluyeron en el anexo los principales para efectos de la comprensión del trabajo llevado a cabo, pero no la totalidad de los recintos que aborda la normativa. (Resolución exenta 7712. Ministerior de vivienda y Urbanismo, 2017)

TERRITORIO CIUDAD Y DISTRITO: Talca.



Anexo 07: Emplazamiento escala regional y nacional del proyecto. (Elaboración propia)

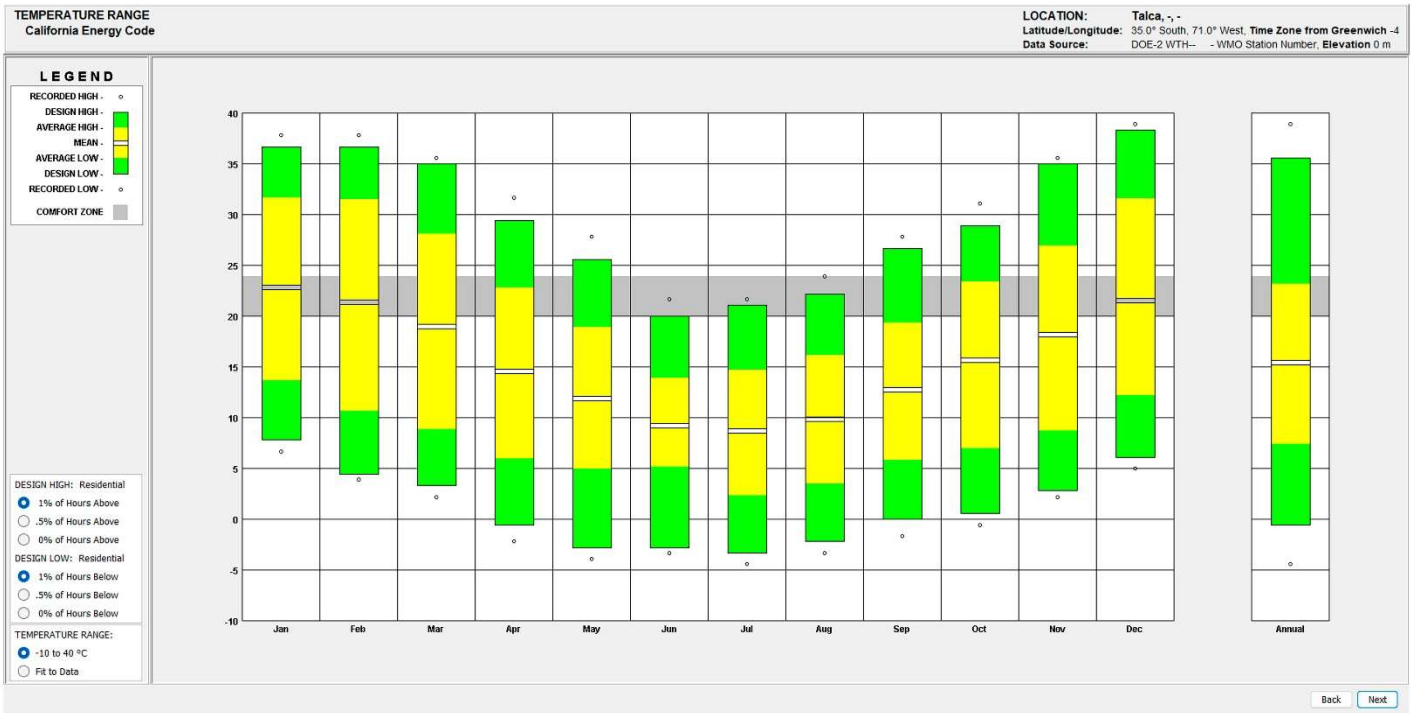


Anexo 08: Fotografía del sitio de proyecto durante visita a terreno, tomada en el cerro Peñon (al poniente del rio) . (Elaboración propia)

TERRITORIO CIUDAD Y DISTRITO: Talca.

Anexo 09: Emplazamiento urbano sitio de proyecto, contexto inmediato. (Elaboración propia)

Anexo 10: Fotografía del sitio de proyecto durante visita a terreno, tomada en el extremo suroriente del lote B, mirando hacia el poniente. (Elaboración propia)



Anexo 11: Gráfico de rango de temperaturas de la ciudad de Talca. (Elaboración propia utilizando software Climate Consultant)

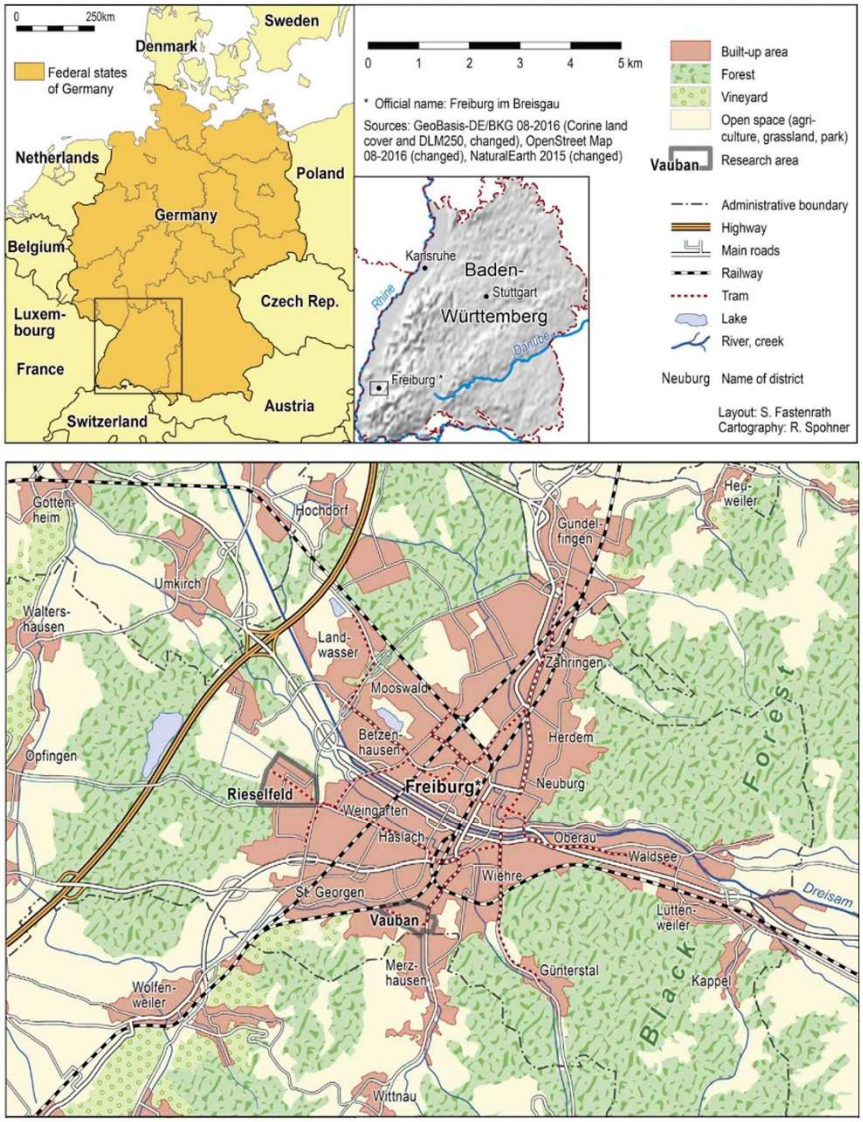
TERRITORIO CIUDAD Y DISTRITO: Fotografías sitio de proyecto.

Anexo 12: Fotografía del sitio de proyecto durante visita a terreno, tomada en el lote E, en su encuentro con el barrio contiguo. (Elaboración propia)

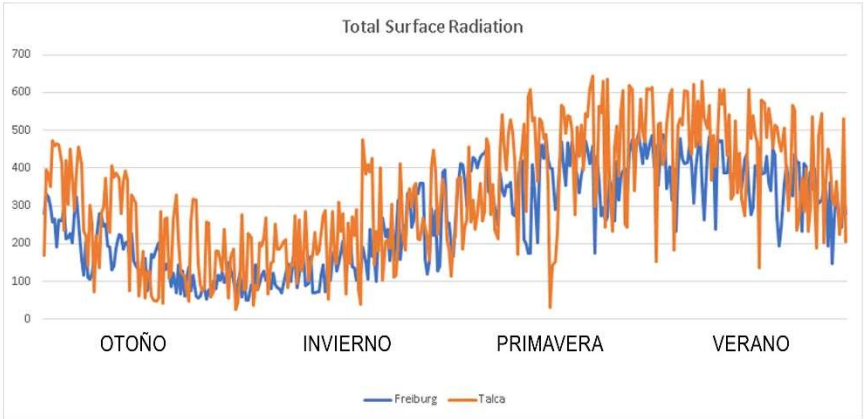
Anexo 13: Fotografía del sitio de proyecto durante visita a terreno, tomada en el lote A, mirando hacia el poniente. (Elaboración propia)

Anexo 14: Fotografía del sitio de proyecto durante visita a terreno, tomada en el lote A en su encuentro con el Rio Claro. (Elaboración propia)

TERRITORIO CIUDAD Y DISTRITO: Vauban.

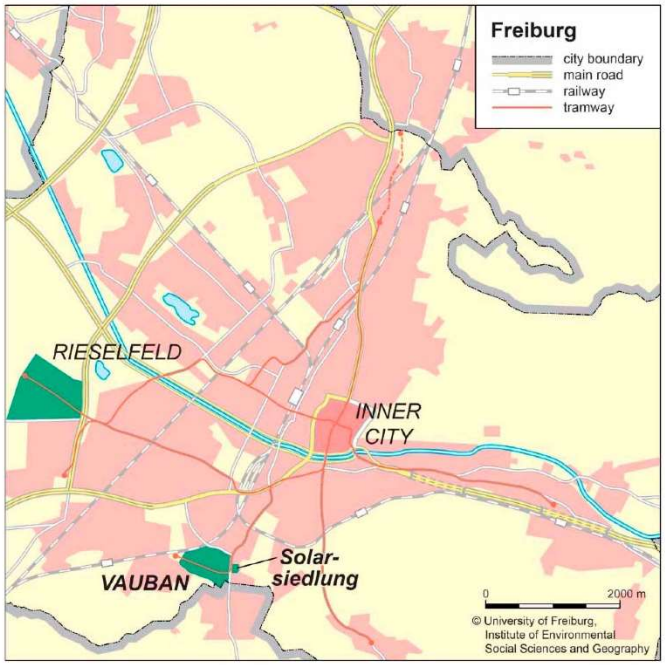


Anexo 15: Mapa emplazamiento y ubicación geográfica del distrito Vauban en la ciuad de Friburgo. (Fastenrath et al, 2018)



Anexo 16: Gráfico comparativo de radiación solar total Fribrgo y Talca. se modificaron los datos con tal de que coincidan en el gráfico las estaciones del año, dado que una de las ciudades se encuentra en el hemisferio norte y la otra en el hemisferio sur. (Elaboración propia)

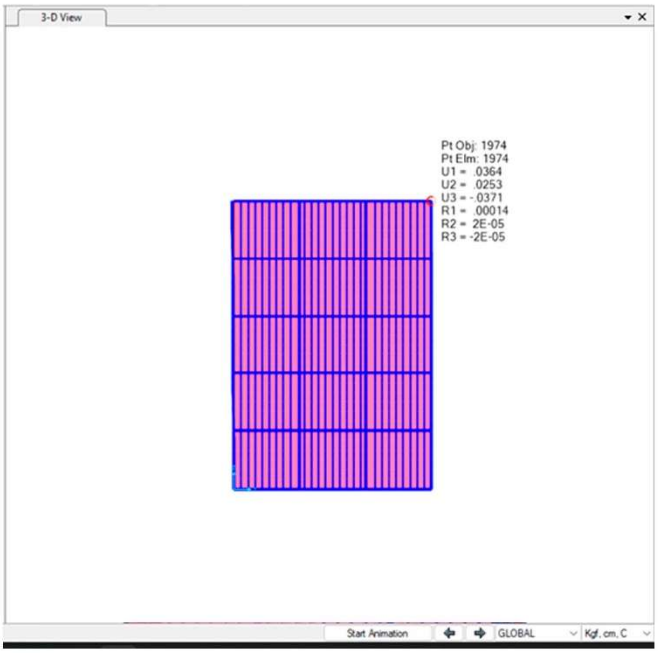
TERRITORIO CIUDAD Y DISTRITO: Vauban.



Anexo 17 (izquierda): Mapa emplazamiento y ubicación del distrito Vauban dentro de Friburgo. (Fraker, 2013).

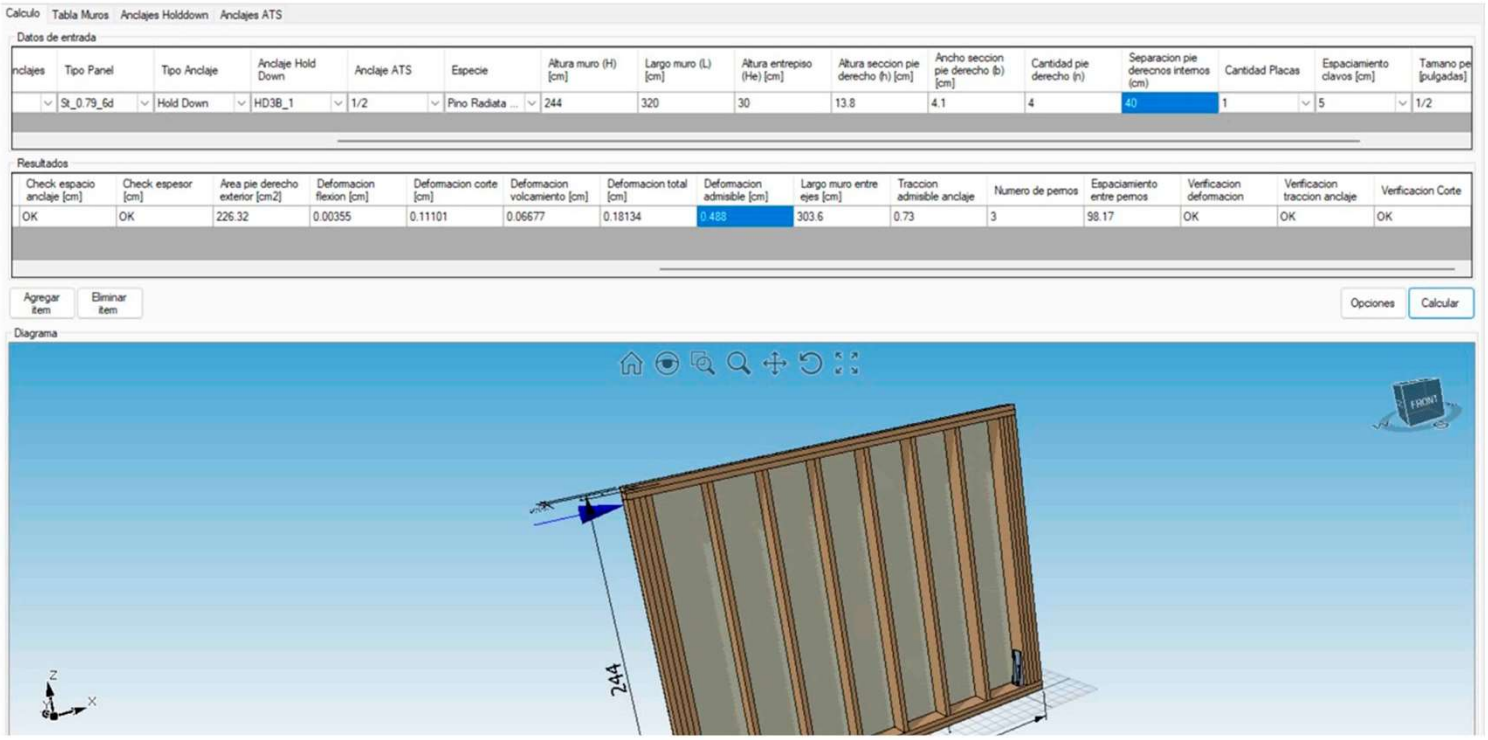
Anexo 18 (abajo): Plano descriptibo del distrito de Vauban. (Freiburg im Breisgau, s.f.)

LABOTARORIO ESTRUCTURAL: Comprobación estructural hipótesis 1.



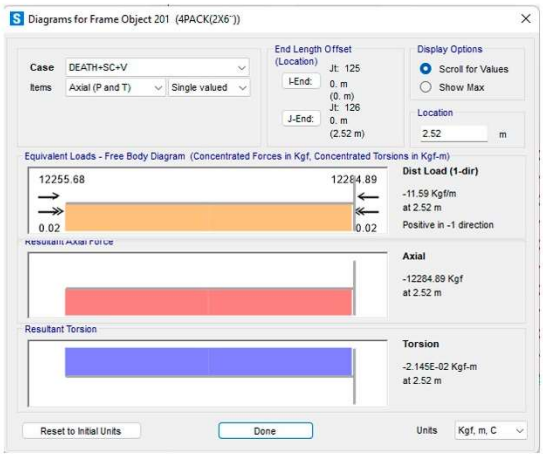
Anexo 19: Modelación en SAP2000 de iteración de hipótesis 1. Se muestran las deformaciones en centímetros en cada eje del vértice superior de la estructura. Al considerarse una altura promedio de 2,6 metros, el desplazamiento máximo es de 5,2 cm. (0,2% de la altura entre pisos) por lo que la iteración en este sentido es viable estructuralmente.
(Elaboración propia)

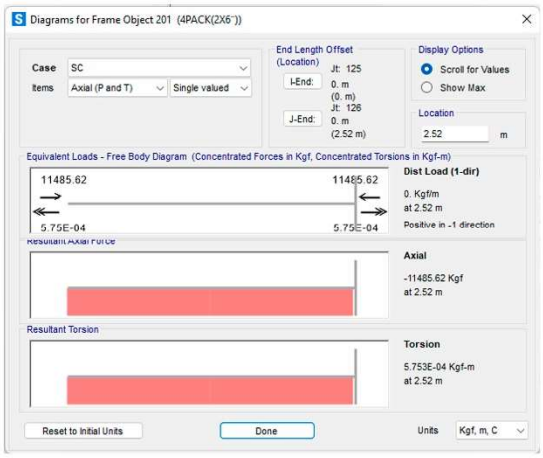
Anexo 20: Esquema de modelación en SAP2000. En esta captura de pantalla se muestra la manera en que se modeló en el software, se conectaron los elementos de madera representartivos de los 5 pisos superiores al suelo mediante uniones articuladas, de igual manera a modo de emular el nucleo de hormigón se aplicaron uniones articuladas en el extremo derecho de la estructura, simulando la rigidez de dicho nucleo. (Elaboración propia)

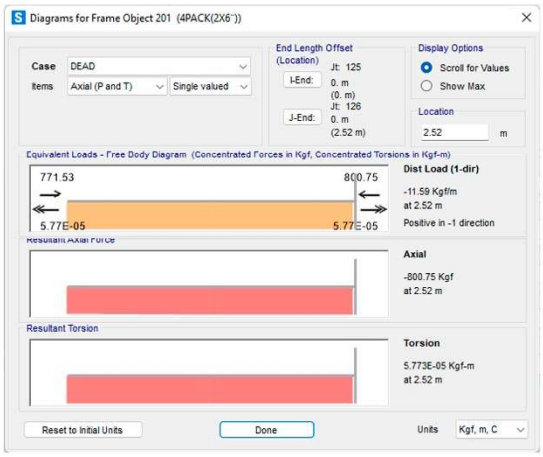


Anexo 21: Verificación estructural muro hipótesis 1 en software C+T. En todas las iteraciones comprobadas se observaron resultados positivos. Los valores correspondientes al corte y al momento se extrajeron de la modelación en SAP2000, considerando la tensión en el muro más desfavorecido (uno de los muros muros del 1° nivel). (Elaboración propia)

LABOTARORIO ESTRUCTURAL: Comprobación estructural hipótesis 1.





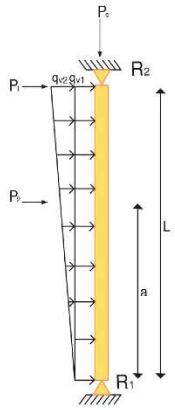


Anexo 22: Cargas axiales para la columna interior más desfavorecida (columna en el primer nivel) extraídas de la modelación en software SAP2000.
(Elaboración propia)

Software C+T. Versión 1.5.2 - Full

Nombre del proyecto : Cálculo columna aserrada
Tipo de elemento : Columna aserrada
Norma de cálculo : NCh 1198 (Chile)

Tipo de apoyo : Articulado articulado
Restricción al pandeo eje X-X : Ninguna
Restricción al pandeo eje Y-Y : Ninguna



Cargas impuestas

Peso propio : 800.75 [kg]
Sobrecarga de techo : 1.48 [kg]
Sobrecarga de piso : 11485 [kg]
Carga nieve : 0 [kg]

Cargas viento eje x uniformes

Descripción	Carga	Unidad	Longitud
Carga uniforme tramo 1	0	[kg/m2]	2440
Carga uniforme tramo 2	0	[kg/m2]	0
Carga uniforme tramo 3	0	[kg/m2]	0
Carga uniforme tramo 4	0	[kg/m2]	0

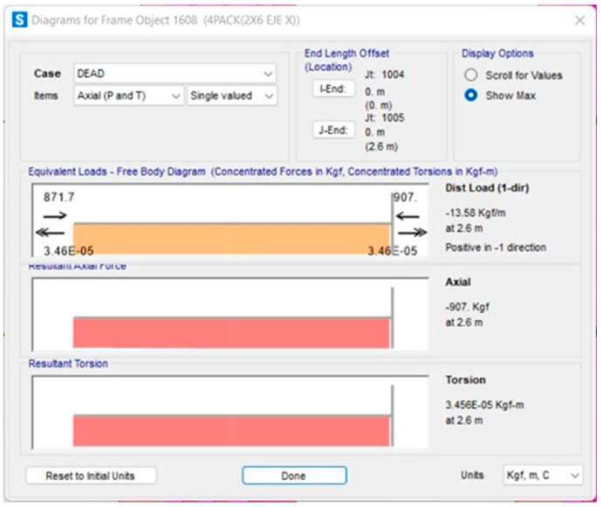
Página 2 de 6

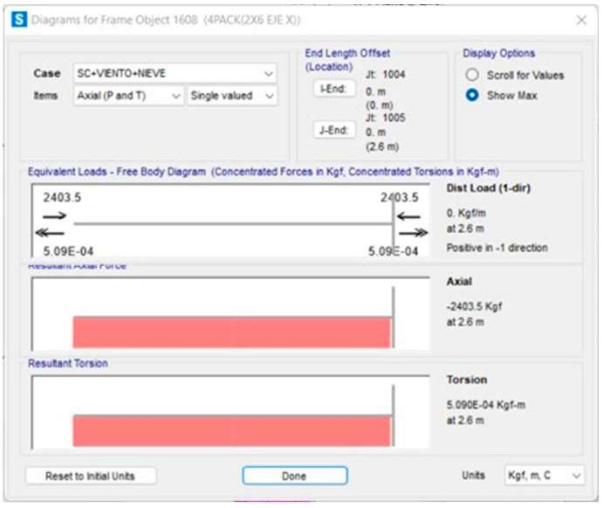
Valores de diseño, valores de trabajo y verificación de cálculo estructural

Propiedad	Valor diseño	Valor trabajo	Utilización	Verificación
Tensión en compresión paralela [MPa]	5.17	$6.24	121	No cumple

Anexo 23: Informe verificación estructural columnas interiores utilizando software C+T. Las cargas a las que está sometida esta columna se definieron en el software SAP2000 (las cargas en la imagen a la izquierda).
(Elaboración propia)

LABOTARORIO ESTRUCTURAL: Hipótesis 2, comprobación estructural pies derechos iteración D1.



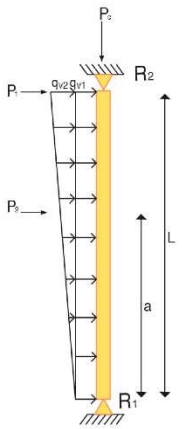


Anexo 28: Cargas obtenidas en modelación de iteración D1 en software SAP2000, correspondientes a las cargas axiales que recibe el pie derecho más desfavorecido de los muros de entramado del 1° piso.
(Elaboración propia)

Software C+T. Versión 1.5.2 - Full

Nombre del proyecto	:	Cálculo columna aserrada
Tipo de elemento	:	Columna aserrada
Norma de cálculo	:	NCh 1198 (Chile)

Tipo de apoyo	:	Articulado articulado
Restricción al pandeo eje X-X	:	Continua
Restricción al pandeo eje Y-Y	:	Ninguna



Cargas impuestas

Peso propio	:	907 [kg]
Sobrecarga de techo	:	806 [kg]
Sobrecarga de piso	:	1550 [kg]
Carga nieve	:	50 [kg]

Cargas viento eje x uniformes

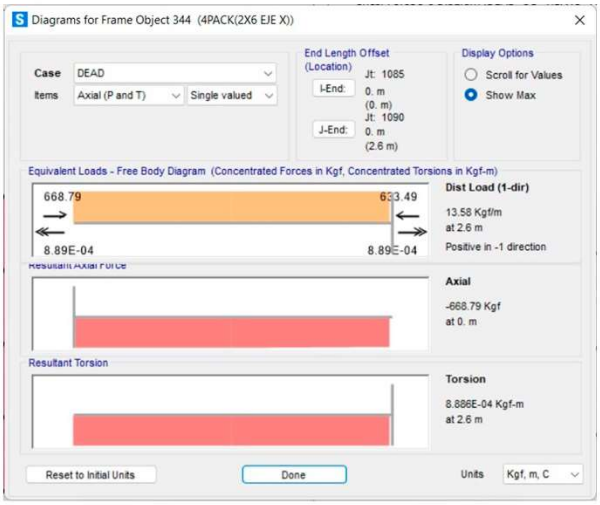
Descripción	Carga	Unidad	Longitud
Carga uniforme tramo 1	0	[kg/m2]	2440
Carga uniforme tramo 2	0	[kg/m2]	0
Carga uniforme tramo 3	0	[kg/m2]	0
Carga uniforme tramo 4	0	[kg/m2]	0

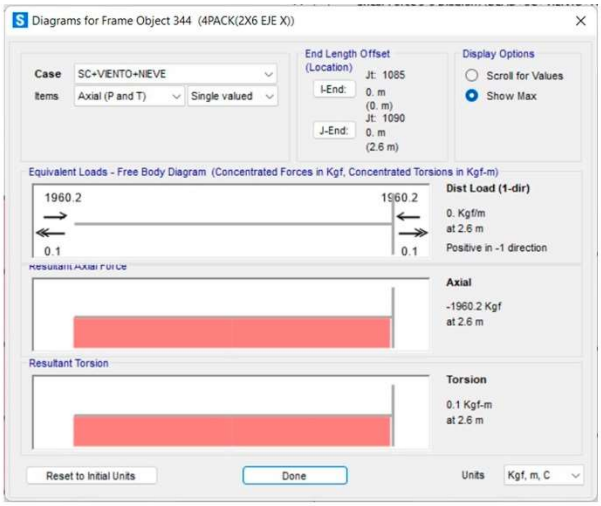
Página 2 de 6

Propiedad	Valor diseño	Valor trabajo	Utilización	Verificación
Tensión en compresión paralela [MPa]	6.06	$2.54	42	Cumple

Anexo 29: Comprobación estructural pie derecho más desfavorecido de entre los muros de entramado de iteración D1 utilizando software C+T. Para su calculo se emplearon las cargas obtenidas en la modelación en SAP2000 (imagen de la izquierda).
(Elaboración propia)

LABOTARORIO ESTRUCTURAL: Hipótesis 2, comprobación estructural pies derechos iteración D2.



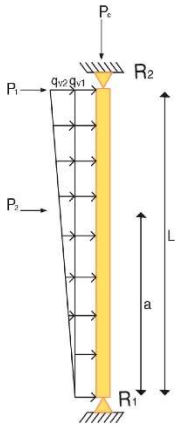


Anexo 26: Cargas obtenidas en modelación de iteración D2 en software SAP2000, correspondientes a las cargas axiales que recibe el pie derecho más desfavorecido de los muros de entramado del 1° piso.
(Elaboración propia)

Software C+T. Versión 1.5.2 - Full

Nombre del proyecto	:	Cálculo columna aserrada
Tipo de elemento	:	Columna aserrada
Norma de cálculo	:	NCh 1198 (Chile)

Tipo de apoyo	:	Articulado articulado
Restricción al pandeo eje X-X	:	Continua
Restricción al pandeo eje Y-Y	:	Ninguna



Cargas impuestas

Peso propio	:	668 [kg]
Sobrecarga de techo	:	1606 [kg]
Sobrecarga de piso	:	330 [kg]
Carga nieve	:	23 [kg]

Cargas viento eje x uniformes

Descripción	Carga	Unidad	Longitud
Carga uniforme tramo 1	0	[kg/m2]	1800
Carga uniforme tramo 2	0	[kg/m2]	0
Carga uniforme tramo 3	0	[kg/m2]	0
Carga uniforme tramo 4	0	[kg/m2]	0

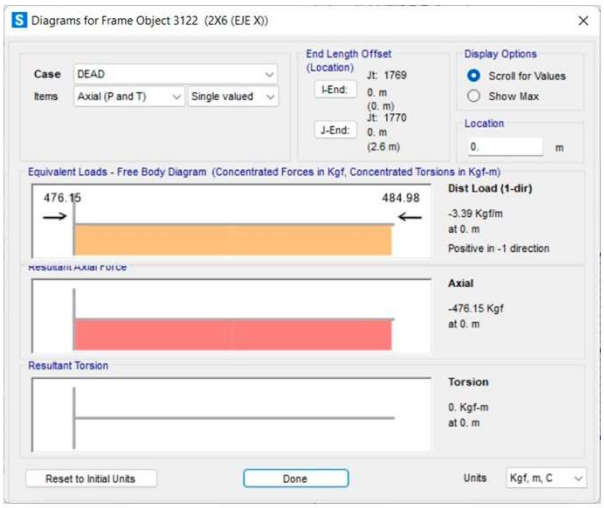
Página 2 de 6

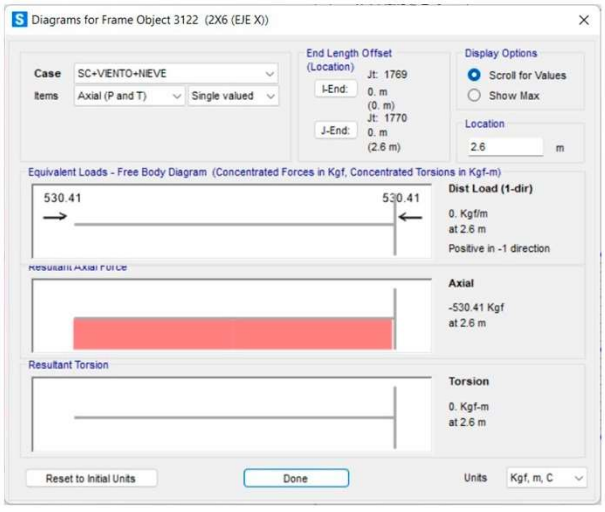
Valores de diseño, valores de trabajo y verificación de cálculo estructural

Propiedad	Valor diseño	Valor trabajo	Utilización	Verificación
Tensión en compresión paralela [MPa]	7.95	$4.03	51	Cumple

Anexo 27: Comprobación estructural pie derecho más desfavorecido de entre los muros de entramado de iteración D2 utilizando software C+T. Para su calculo se emplearon las cargas obtenidas en la modelación en SAP2000 (imagen de la izquierda).
(Elaboración propia)

LABOTARORIO ESTRUCTURAL: Hipótesis 2, comprobación estructural pies derechos iteración D3.



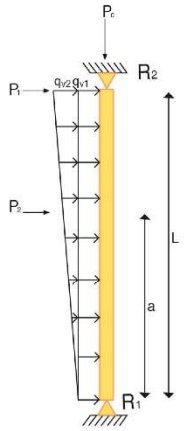


Anexo 24: Cargas obtenidas en modelación de iteración D3 en software SAP2000, correspondientes a las cargas axiales que recibe el pie derecho más desfavorecido de los muros de entramado del 1° piso.
(Elaboración propia)

Software C+T. Versión 1.5.2 - Full

Nombre del proyecto : Cálculo columna aserrada
Tipo de elemento : Columna aserrada
Norma de cálculo : NCh 1198 (Chile)

Tipo de apoyo : Articulado articulado
Restricción al pandeo eje X-X : Continua
Restricción al pandeo eje Y-Y : Ninguna



Cargas impuestas

Peso propio : 476 [kg]
Sobrecarga de techo : 22.24 [kg]
Sobrecarga de piso : 486 [kg]
Carga nieve : 23 [kg]

Cargas viento eje x uniformes

Descripción	Carga	Unidad	Longitud
Carga uniforme tramo 1	0	[kg/m2]	2440
Carga uniforme tramo 2	0	[kg/m2]	0
Carga uniforme tramo 3	0	[kg/m2]	0
Carga uniforme tramo 4	0	[kg/m2]	0

Página 2 de 6

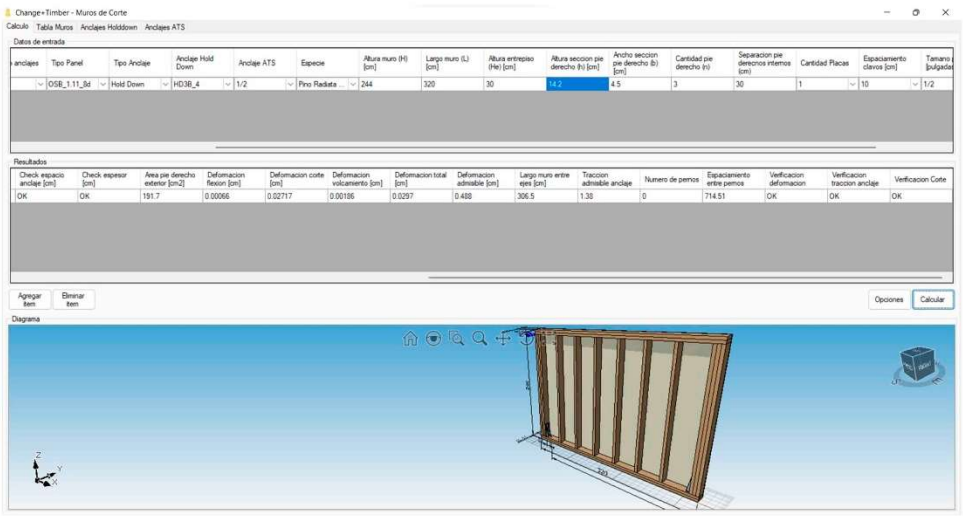
Valores de diseño, valores de trabajo y verificación de cálculo estructural

Propiedad	Valor diseño	Valor trabajo	Utilización	Verificación
Tensión en compresión paralela [MPa]	5.31	$1.48	28	Cumple

Anexo 25: Comprobación estructural pie derecho más desfavorecido de entre los muros de entramado de iteración D3 utilizando software C+T. Para su calculo se emplearon las cargas obtenidas en la modelación en SAP2000 (imagen de la izquierda).
(Elaboración propia)

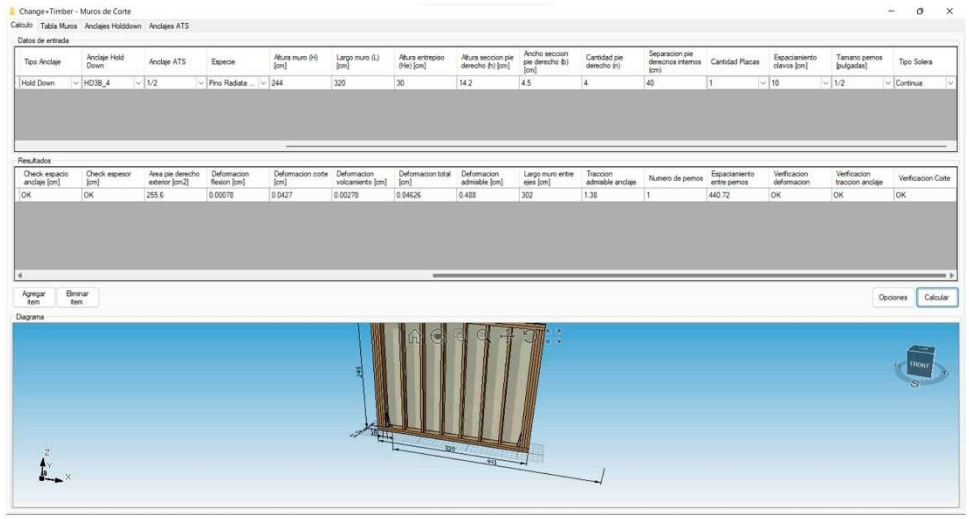
LABOTARORIO ESTRUCTURAL: Hipótesis 2, comprobación estructural muros.

D1



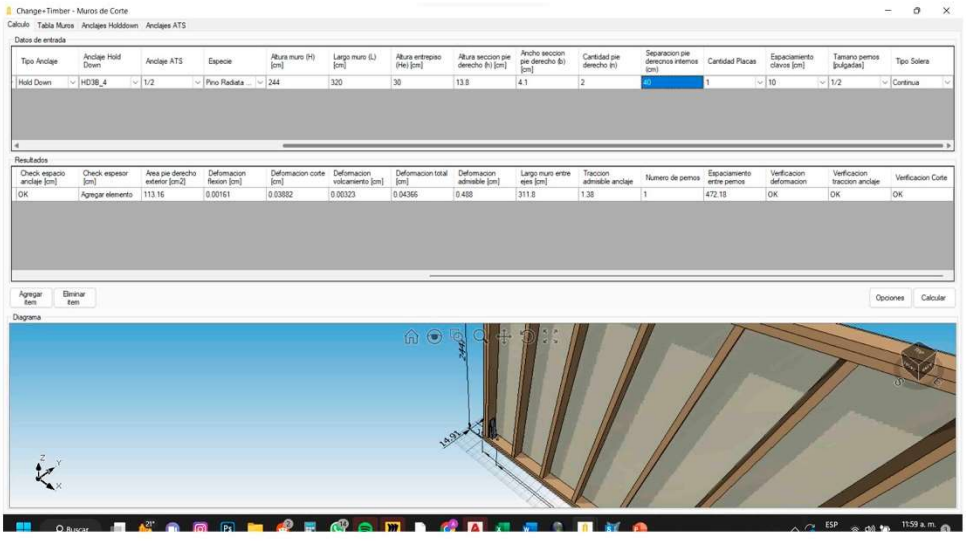
Anexo 30: Comprobación estructural muro de entramado más desfavorecido en iteración D1 utilizando software C+T en base a corte y momento obtenidos de modelación en SAP2000.
(Elaboración propia)

D2



Anexo 31: Comprobación estructural muro de entramado más desfavorecido en iteración D2 utilizando software C+T en base a corte y momento obtenidos de modelación en SAP2000.
(Elaboración propia)

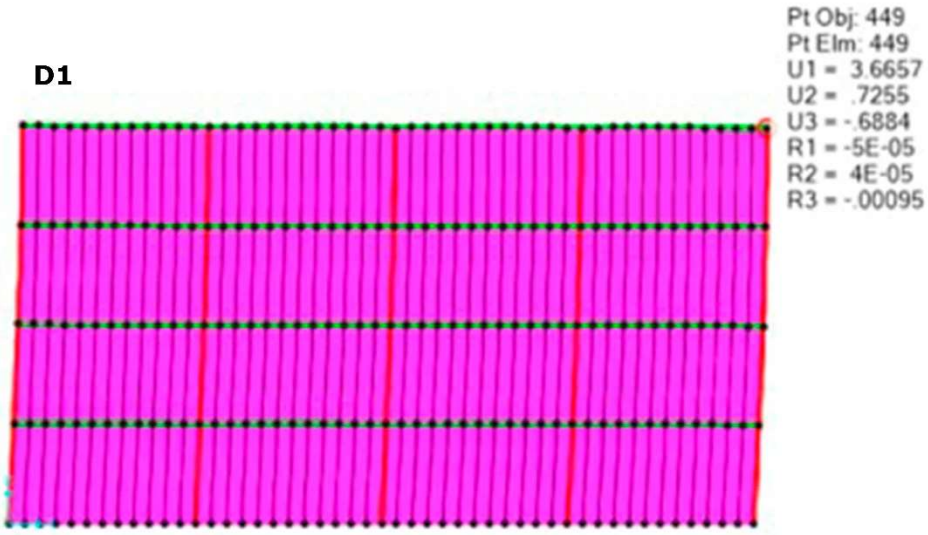
D3



Anexo 32: Comprobación estructural muro de entramado más desfavorecido en iteración D3 utilizando software C+T en base a corte y momento obtenidos de modelación en SAP2000.
(Elaboración propia)

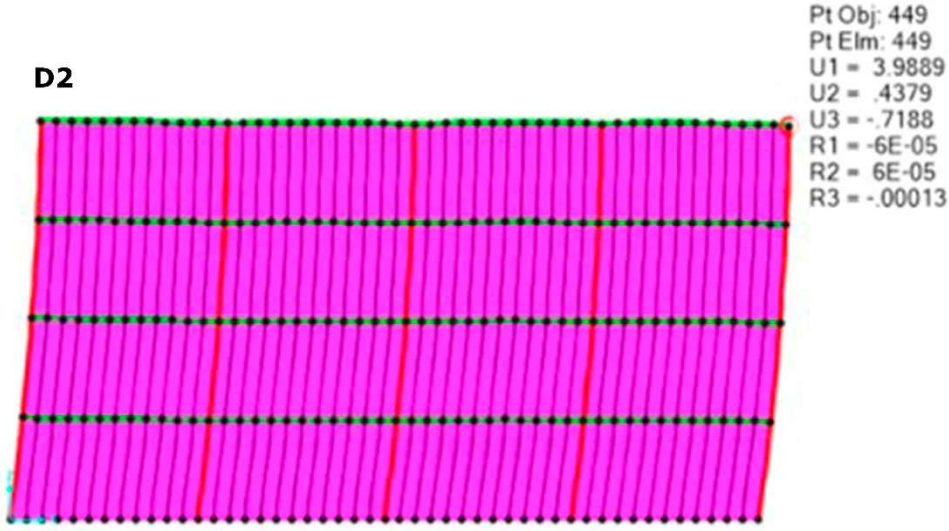
LABOTARORIO ESTRUCTURAL: Hipótesis 2, comprobación estructural iteraciones de muros D1, D2 y D3

D1



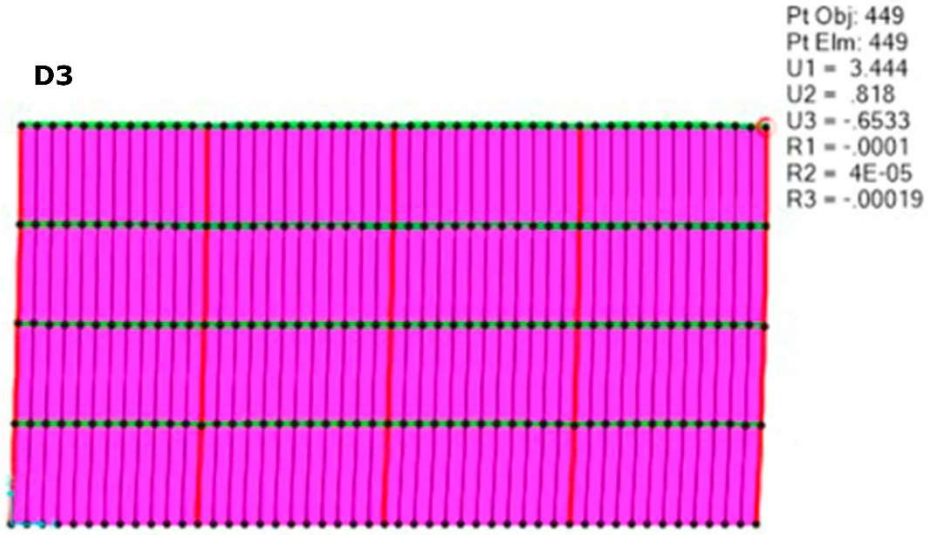
Anexo 33: Comprobación deformaciones iteración D1. Al tener una altura entre pisos de 2,6m., el drift o deformación máxima permitida es 5,2mm. Esta captura de pantalla del software SAP2000 es en mm. por lo que se cumple la normativa, al tener 3,66mm. de deformación máxima alcanzada aunque de manera menos holgada que en la hipótesis 1. (elaboración propia)

D2



Anexo 34: Comprobación deformaciones iteración D2. Al tener una altura entre pisos de 2,6m., el drift o deformación máxima permitida es 5,2mm. Esta captura de pantalla del software SAP2000 es en mm. por lo que se cumple la normativa, al ser 3,9 mm. la deformación máxima alcanzada.
(Elaboración propia)

D3



Anexo 35: Comprobación deformaciones iteración D3. Al tener una altura entre pisos de 2,6m., el drift o deformación máxima permitida es 5,2mm. Esta captura de pantalla del software SAP2000 es en mm. por lo que se cumple la normativa, al ser 3,44 mm. la deformación máxima alcanzada.
(Elaboración propia)

ENVIGADO										
	ITERACION		VIGA	LARGO (M)	CANTIDAD	LARGO TOTAL (M)	PRECIOXMETRO(	PRECIO TOTAL($)	$ENVIGADO TOTAL	COSTO UF/M2
D1	D1.1	D1.1.1	X	X	X	X	X	X		X
	D.1.2	D1.2.1	4PACK2X8@40,7	4.88	22	107.36	7343	788344	913763	
			4PACK2X8@40,8	8.54	2	17.08	7343	125418		0.63
		D1.2.2	3PACK2X8@30	4.88	27	131.76	5507	725602	922688	
			4PACK2X8@30	4.88	2	9.76	7343	71668		
			4PACK2X8@31	8.54	2	17.08	7343	125418		0.64097397
		D1.2.3	IJOIST	4.88	27	131.76	6723	885822	1082909	
			4PACK2X8@40,7	4.88	2	9.76	7343	71668		
			4PACK2X8@40,8	8.54	2	17.08	7343	125418		0.752275844
	D.1.3	D1.3.1	3PACK2X8	8.54	2	17.08	5507	94060	470339	
			4PACK2X8	4.88	2	9.76	7343	71668		
			4PACK2X8	8.54	2	17.08	7343	125418		
			2X8@40	4.88	20	97.6	1836	179194		0.326735681
		D1.3.2	3PACK2X8	8.54	2	17.08	5507	94060	524034	
			4PACK2X8	4.88	2	9.76	7343	71668		
			4PACK2X8	8.54	2	17.08	7343	125418		
			2PACK2X8@61	4.88	13	63.44	3671	232888		0.364036318
			3PACK2X8	8.54	2	17.08	5507	94060	947310	
			4PACK2X8	4.88	2	9.76	7343	71668		
			4PACK2X8	8.54	2	17.08	7343	125418		
			IJOIST@40	4.88	20	97.6	6723	656165		0.658078429
D2	D2.1	D2.1.1	4PACK2X8@40,7	4.88	2	9.76	5556	54227	325359	
			4PACK2X6@40,8	8.54	2	17.08	5556	94896		
			2PACK2X6@61	4.88	13	63.44	2778	176236		0.22602091
		D2.1.2	4PACK2X6@40,7	4.88	2	9.76	5556	54227	284689	
			4PACK2X6@40,8	8.54	2	17.08	5556	94896		
			(2X6)@40	4.88	20	97.6	1389	135566		0.197768296
		D2.1.3	4PACK2X8@40,7	4.88	2	9.76	7343	71668	313562	
			4PACK2X8@40,8	8.54	2	17.08	7343	125418		
			(2X8)@60	4.88	13	63.44	1836	116476		0.217825482
	D2.2	D2.2.1	4PACK2X8	4.88	2	9.76	7343	71668	707718	
			4PACK2X8	8.54	2	17.08	7343	125418		
			4PACK2X8	4.88	2	9.76	7343	71668		
			2PACK2X8@61	8.54	7	59.78	7343	438965		0.491638363
		D2.2.2	M.4PACK2X8	4.88	2	9.76	7343	71668	441228	
			M.4PACK2X8	8.54	2	17.08	7343	125418		
			V1.4PACK2X8	4.88	2	9.76	7343	71668		
			V2.(2X8)@40	8.54	11	93.94	1836	172474		0.306512383
		D2.2.3	M.4PACK2X8	4.88	2	9.76	7343	71668	387465	
			M.4PACK2X8	8.54	2	17.08	7343	125418		
			V1. 3PACK(2X8)	4.88	3	14.64	5507	80622		
			V2. (2X8)@61	8.54	7	59.78	1836	109756		0.269164285
		D2.2.4	M.4PACK2X8	4.88	2	9.76	7343	71668	378500	
			M.4PACK2X8	8.54	2	17.08	7343	125418		
			V1. 2PACK(2X8)	4.88	4	19.52	3671	71658		
			V2. (2X8)@61	8.54	7	59.78	1836	109756		0.262936777
			M.4PACK2X6	4.88	2	9.76	5556	54227	286384	
			M.4PACK2X6	8.54	2	17.08	5556	94896		
			V1. 2PACK(2X6)	4.88	4	19.52	2778	54227		
			V2. (2X6)@61	8.54	7	59.78	1389	83034		0.198945488
D3	D3.1	D3.1.1	M.4PACK2X8	4.88	2	9.76	7343	71668	609183	
			M.4PACK2X8	8.54	2	17.08	7343	125418		
			V1. (2X8)	4.88	6	29.28	1836	53758		
			V2. 4PACK(2X8)@40	4.88	10	48.8	7343	358338		0.423187474
		D3.1.2	M.4PACK2X8	4.88	2	9.76	7343	71668	627082	
			M.4PACK2X8	8.54	2	17.08	7343	125418		
			V1. 3PACK(2X8)@30	4.88	14	68.32	5507	376238		
			V2. (2X8)	4.88	6	29.28	1836	53758		0.435622149
	D3.2	D3.1.3	M.4PACK2X8	4.88	2	9.76	7343	71668	951676	
			M.4PACK2X8	8.54	2	17.08	7343	125418		
			V1. IJOIST	4.88	23	112.24	6723	754590		0.661110822

Anexo 36: Tabla cálculo presupuesto iteraciones de diafragma de losa. Las iteraciones con casillas marcadas con una "x" fueron iteraciones estructuralmente inviables. (Elaboración propia)

Tabla cálculo presupuesto estructural iteración D1.

D1									
PARTIDA			ITEM	MATERIAL	DIMENSION	CANTIDAD	PRECIOXDIMENSION	PRECIO TOTAL ITEM	SUBTOTAL TOTAL ($)	total (UF/m2)
MUROS D1			PIES DERECHOS EXT	4PACK2X6	2.44	2	5556	27113.28	972674	1.298
			PIE DERECHO INT.	2X6	2.44	1	1389	3389.16		
			PLACA ARRIOSTRANTE	OSB	1	1	15966	15966		
				TOTAL				46468.44		
				TOTAL MODULO (X6)				278810.64		
LOSA			VIGAS	3PACK2X8	8.54	2	5507	94060		
				4PACK2X8	4.88	2	7343	71668		
				4PACK2X8	8.54	2	7343	125418		
				2X8@40	4.88	20	1836	179194		
			PLACA ARRIOSTRANTE	OSB11mm.	1	14	15966	223524		
				TOTAL MODULO				693863		
MUROS PERIMETRALES	M0A	MURO GENERAL	PLACA ARRIOSTRANTE	OSB	1	4	15966	63864	896351.16	
			DINTEL	2PACK2X6	4.88	1	2778	13556.64		
			SOLERA	2PACK2X6	4.88	1	2778	13556.64		
			PIE DERECHO INT. (@61)	2X6	2.44	11	1389	37280.76		
			PIE DERECHO EXT.	4PACK2X6	2.44	2	5556	27113.28		
		PUERTA	PIE DERECHO PUERTA	2PACK2X6	2.44	2	2778	13556.64		
			DINTEL PUERTA	2PACK2X6	0.9	1	2778	2500.2		
		VENTANAL	PIE DERECHO VENTANAL	2PACK2X6	2.44	2	2778	13556.64		
			DINTEL VENTANAL	2PACK2X6	2	1	2778	5556		
	M0B	MURO GENERAL	PLACA ARRIOSTRANTE	OSB	1	4	15966	63864		
			DINTEL	2PACK2X6	4.88	1	2778	13556.64		
			SOLERA	2PACK2X6	4.88	1	2778	13556.64		
			PIE DERECHO INT.	2X6	2.44	20	1389	67783.2		
			PIE DERECHO EXT.	4PACK2X6	2.44	2	5556	27113.28		
		VENTANA	PIE DERECHO VENTANA	2PACK2X6	2.44	4	2778	27113.28		
			DINTEL VENTANA	2PACK2X6	1.5	2	2778	8334		
	M0C	MURO GENERAL	PLACA ARRIOSTRANTE	OSB	1	7	15966	111762		
			DINTEL	2PACK2X6	8.54	1	2778	23724.12		
			SOLERA	2PACK2X6	8.54	1	2778	23724.12		
			PIE DERECHO INT.(@61)	2X6	2.44	13	1389	44059.08		
			PIE DERECHO EXT.	4PACK2X6	2.44	2	5556	27113.28		
	M0C	MURO GENERAL	PLACA ARRIOSTRANTE	OSB	1	7	15966	111762		
			DINTEL	2PACK2X6	8.54	1	2778	23724.12		
			SOLERA	2PACK2X6	8.54	1	2778	23724.12		
			PIE DERECHO INT.(@61)	2X6	2.44	20	1389	67783.2		
			PIE DERECHO EXT.	4PACK2X6	2.44	2	5556	27113.28		

Anexo 41: Tabla cálculo presupuesto estructura de madera iteración D1. Se consdieran el costo de los muros de entramado interiores y perimetrales, así como también el costo de la losa (se definió la iteración de losa en base a aquella con menor costo). (Elaboración propia)

Tabla cálculo impuesto verde iteración D1.

D1														
PARTIDA			ITEM	MATERIAL	DIMENSION	CANTIDAD	LARGO TOTAL	PESOXMETRO	MASA TOTAL	POTENCIAL CO2 EQUIV.	CO2EQUIV (KG)	TOTAL CO2 EQUIV. (KG/M2)	IMPUESTO VERDE (US$)	IMPUESTO VERDE (UF)
MUROS D1			PIES DERECHOS EXT	4PACK2X6	2.44	2	4.88	10.3	50.264	-1.5	-75.396	-54	-2.72	-0.137
			PIE DERECHO INT.	2X6	2.44	1	2.44	2.6	6.344	-1.5	-9.516			
			PLACA ARRIOSTRANTE	OSB	1	1	1	22.8	22.8	-1.34	-30.552			
LOSA			VIGAS	3PACK2X8	8.54	2	17.08	13.2	225.456	-1.5	-338.184			
				4PACK2X8	4.88	2	9.76	17.5	170.8	-1.5	-256.2			
				4PACK2X8	8.54	2	17.08	17.5	298.9	-1.5	-448.35			
				2X8@40	4.88	20	97.6	4.4	429.44	-1.5	-644.16			
			PLACA ARRIOSTRANTE	OSB11mm.	1	14	14	22.8	319.2	-1.34	-427.728			
MUROS PERIMETRALES	M0A	MURO GENERAL	PLACA ARRIOSTRANTE	OSB	1	4	4	22.8	91.2	-1.34	-122.208	-53.65	-2.68	
			DINTEL	2PACK2X6	4.88	1	4.88	5.2	25.376	-1.5	-38.064			
			SOLERA	2PACK2X6	4.88	1	4.88	5.2	25.376	-1.5	-38.064			
			PIE DERECHO INT. (@61)	2X6	2.44	11	26.84	2.6	69.784	-1.5	-104.676			
			PIE DERECHO EXT.	4PACK2X6	2.44	2	4.88	10.3	50.264	-1.5	-75.396			
		PUERTA	PIE DERECHO PUERTA	2PACK2X6	2.44	2	4.88	5.2	25.376	-1.5	-38.064			
			DINTEL PUERTA	2PACK2X6	0.9	1	0.9	5.2	4.68	-1.5	-7.02			
		VENTANAL	PIE DERECHO VENTANAL	2PACK2X6	2.44	2	4.88	5.2	25.376	-1.5	-38.064			
			DINTEL VENTANAL	2PACK2X6	2	1	2	5.2	10.4	-1.5	-15.6			
	M0B	MURO GENERAL	PLACA ARRIOSTRANTE	OSB	1	4	4	22.8	91.2	-1.34	-122.208			
			DINTEL	2PACK2X6	4.88	1	4.88	5.2	25.376	-1.5	-38.064			
			SOLERA	2PACK2X6	4.88	1	4.88	5.2	25.376	-1.5	-38.064			
			PIE DERECHO INT.	2X6	2.44	20	48.8	2.6	126.88	-1.5	-190.32			
			PIE DERECHO EXT.	4PACK2X6	2.44	2	4.88	10.3	50.264	-1.5	-75.396			
		VENTANA	PIE DERECHO VENTANA	2PACK2X6	2.44	4	9.76	5.2	50.752	-1.5	-76.128			
			DINTEL VENTANA	2PACK2X6	1.5	2	3	5.2	15.6	-1.5	-23.4			
	M0C	MURO GENERAL	PLACA ARRIOSTRANTE	OSB	1	7	7	22.8	159.6	-1.34	-213.864			
			DINTEL	2PACK2X6	8.54	1	8.54	5.2	44.408	-1.5	-66.612			
			SOLERA	2PACK2X6	8.54	1	8.54	5.2	44.408	-1.5	-66.612			
			PIE DERECHO INT.(@61)	2X6	2.44	13	31.72	2.6	82.472	-1.5	-123.708			
			PIE DERECHO EXT.	4PACK2X6	2.44	2	4.88	10.3	50.264	-1.5	-75.396			
	M0C	MURO GENERAL	PLACA ARRIOSTRANTE	OSB	1	7	7	22.8	159.6	-1.34	-213.864			
			DINTEL	2PACK2X6	8.54	1	8.54	5.2	44.408	-1.5	-66.612			
			SOLERA	2PACK2X6	8.54	1	8.54	5.2	44.408	-1.5	-66.612			
			PIE DERECHO INT.(@61)	2X6	2.44	20	48.8	2.6	126.88	-1.5	-190.32			
			PIE DERECHO EXT.	4PACK2X6	2.44	2	4.88	10.3	50.264	-1.5	-75.396			

Anexo 42: Tabla cálculo impuesto verde iteración D1. Recordar que es un cálculo hipotético, pues actualmente no hay impuesto a las emisiones incorporadas. Se estableció el valor de 50 dólares por tonelada de CO2 equivalente y se realizó la conversión a pesos chilenos en base al valor de finales del 2022 (890 pesos chilenos= 1 dolar).
(Elaboración propia)

Tabla cálculo presupeusto estructural iteración D2.

D2										
PARTIDA			ITEM	MATERIAL	DIMENSION	CANTIDAD	PRECIOXDIMENSION	PRECIO TOTAL ITEM	SUBTOTAL TOTAL ($)	total (UF/m2)
MUROS D2	M1	MURO GENERAL	PIE DERECHO EXT	4PACK2X6	2.44	2	5556	27113.28	849390.18	1.213
			PIE DERECHO INT.	2X6	2.44	10	1389	33891.6		
			PLACA ARRIOSTRANTE	OSB	1	4	15966	63864		
			DINTEL	2PACK2X6	4.5	1	2778	12501		
			SOLERA	2PACK2X6	4.5	1	2778	12501		
		PUERTA	PIE DERECHO	2PACK2X6	2.44	2	2778	13556.64		
			DINTEL	2PACK2X6	0.9	1	2778	2500.2		
	M2	MURO GENERAL	PIE DERECHO EXT	4PACK2X6	2.44	1	5556	13556.64		
			PIE DERECHO INT.	2X6	2.44	6	1389	20334.96		
			PLACA ARRIOSTRANTE	OSB	1	2	15966	31932		
			DINTEL	2PACK2X6	2.84	1	2778	7889.52		
			SOLERA	2PACK2X6	2.84	1	2778	7889.52		
	M3	MURO GENERAL	PIE DERECHO EXTERIOR	4PACK2X6	2.44	2	5556	27113.28		
			PIE DERECHO INTERIOR	2X6	2.44	8	1389	27113.28		
			DINTEL	2PACK2X6	3.9	1	2778	10834.2		
			SOLERA	2PACK2X6	3.9	1	2778	10834.2		
		PUERTA	PIE DERECHO	2PACK2X6	2.44	2	2778	13556.64		
			DINTEL	2PACK2X6	0.9	1	2778	2500.2		
	TOTAL MODULO							339482.16		
LOSA	VIGAS			M.4PACK2X6	4.88	2	5556	54226.56		
				M.4PACK2X6	8.54	2	5556	94896.48		
				V1. 2PACK(2X	4.88	4	2778	54226.56		
				V2. (2X6)@61	8.54	7	1389	83034.42		
	PLACA ARRIOSTRANTE			OSB11mm.	1	14	15966	223524		
	TOTAL MODULO							509908		
MUROS PERIMETRALES	M0A	MURO GENERAL	PLACA ARRIOSTRANTE	OSB	1	4	15966	63864	896351.16	
			DINTEL	2PACK2X6	4.88	1	2778	13556.64		
			SOLERA	2PACK2X6	4.88	1	2778	13556.64		
			PIE DERECHO INT. (@61)	2X6	2.44	11	1389	37280.76		
			PIE DERECHO EXT.	4PACK2X6	2.44	2	5556	27113.28		
		PUERTA	PIE DERECHO PUERTA	2PACK2X6	2.44	2	2778	13556.64		
			DINTEL PUERTA	2PACK2X6	0.9	1	2778	2500.2		
		VENTANAL	PIE DERECHO VENTANAL	2PACK2X6	2.44	2	2778	13556.64		
			DINTEL VENTANAL	2PACK2X6	2	1	2778	5556		
	M0B	MURO GENERAL	PLACA ARRIOSTRANTE	OSB	1	4	15966	63864		
			DINTEL	2PACK2X6	4.88	1	2778	13556.64		
			SOLERA	2PACK2X6	4.88	1	2778	13556.64		
			PIE DERECHO INT.	2X6	2.44	20	1389	67783.2		
			PIE DERECHO EXT.	4PACK2X6	2.44	2	5556	27113.28		
		VENTANA	PIE DERECHO VENTANA	2PACK2X6	2.44	4	2778	27113.28		
			DINTEL VENTANA	2PACK2X6	1.5	2	2778	8334		
	M0C	MURO GENERAL	PLACA ARRIOSTRANTE	OSB	1	7	15966	111762		
			DINTEL	2PACK2X6	8.54	1	2778	23724.12		
			SOLERA	2PACK2X6	8.54	1	2778	23724.12		
			PIE DERECHO INT.(@61)	2X6	2.44	13	1389	44059.08		
			PIE DERECHO EXT.	4PACK2X6	2.44	2	5556	27113.28		
	M0C	MURO GENERAL	PLACA ARRIOSTRANTE	OSB	1	7	15966	111762		
			DINTEL	2PACK2X6	8.54	1	2778	23724.12		
			SOLERA	2PACK2X6	8.54	1	2778	23724.12		
			PIE DERECHO INT.(@61)	2X6	2.44	20	1389	67783.2		
			PIE DERECHO EXT.	4PACK2X6	2.44	2	5556	27113.28		

Anexo 40: Tabla cálculo presupuesto estructura de madera iteración D2. Se consdieran el costo de los muros de entramado interiores y perimetrales, así como también el costo de la losa (se definió la iteración de losa en base a aquella con menor costo). (Elaboración propia)

Tabla cálculo impuesto verde iteración D2.

D2														
PARTIDA			ITEM	MATERIAL	DIMENSION	CANTIDAD	LARGO TOTAL	PESOXMETRO	MASA TOTAL	POTENCIAL CO2 EQUIV.	CO2EQUIV (KG)	TOTAL CO2 EQUIV. (KG/M2)	IMPUESTO VERDE (US$/M2)	IMPUESTO VERDE (UF/M2)
MUROS D2	M1	MURO GENERAL	PIE DERECHO EXT	4PACK2X6	2.44	2	4.88	10.3	50.264	-1.5	-75.396	-51.06	-2.55	-0.133
			PIE DERECHO INT.	2X6	2.44	10	24.4	2.6	63.44	-1.5	-95.16			
			PLACA ARRIOSTRANTE	OSB	1	4	4	22.8	91.2	-1.34	-122.208			
			DINTEL	2PACK2X6	4.5	1	4.5	5.2	23.4	-1.5	-35.1			
			SOLERA	2PACK2X6	4.5	1	4.5	5.2	23.4	-1.5	-35.1			
		PUERTA	PIE DERECHO	2PACK2X6	2.44	2	4.88	5.2	25.376	-1.5	-38.064			
			DINTEL	2PACK2X6	0.9	1	0.9	5.2	4.68	-1.5	-7.02			
	M2	MURO GENERAL	PIE DERECHO EXT	4PACK2X6	2.44	1	2.44	10.3	25.132	-1.5	-37.698			
			PIE DERECHO INT.	2X6	2.44	6	14.64	2.6	38.064	-1.5	-57.096			
			PLACA ARRIOSTRANTE	OSB	1	2	2	22.8	45.6	-1.34	-61.104			
			DINTEL	2PACK2X6	2.84	1	2.84	5.2	14.768	-1.5	-22.152			
			SOLERA	2PACK2X6	2.84	1	2.84	5.2	14.768	-1.5	-22.152			
	M3	MURO GENERAL	PIE DERECHO EXTERIOR	4PACK2X6	2.44	2	4.88	10.3	50.264	-1.5	-75.396			
			PIE DERECHO INTERIOR	2X6	2.44	8	19.52	2.6	50.752	-1.5	-76.128			
			DINTEL	2PACK2X6	3.9	1	3.9	5.2	20.28	-1.5	-30.42			
			SOLERA	2PACK2X6	3.9	1	3.9	5.2	20.28	-1.5	-30.42			
		PUERTA	PIE DERECHO	2PACK2X6	2.44	2	4.88	5.2	25.376	-1.5	-38.064			
			DINTEL	2PACK2X6	0.9	1	0.9	5.2	4.68	-1.5	-7.02			
LOSA	VIGAS			M.4PACK2X6	4.88	2	9.76	10.3	100.528	-1.5	-150.792			
				M.4PACK2X6	8.54	2	17.08	10.3	175.924	-1.5	-263.886			
				V1. 2PACK(2X	4.88	4	19.52	5.2	101.504	-1.5	-152.256			
				V2. (2X6)@61	8.54	7	59.78	2.6	155.428	-1.5	-233.142			
	PLACA ARRIOSTRANTE			OSB11mm.	1	14	14	22.8	319.2	-1.34	-427.728			
MUROS PERIMETRALES	M0A	MURO GENERAL	PLACA ARRIOSTRANTE	OSB	1	4	4	22.8	91.2	-1.34	-122.208	-53.65	-2.68	
			DINTEL	2PACK2X6	4.88	1	4.88	5.2	25.376	-1.5	-38.064			
			SOLERA	2PACK2X6	4.88	1	4.88	5.2	25.376	-1.5	-38.064			
			PIE DERECHO INT. (@61)	2X6	2.44	11	26.84	2.6	69.784	-1.5	-104.676			
			PIE DERECHO EXT.	4PACK2X6	2.44	2	4.88	10.3	50.264	-1.5	-75.396			
		PUERTA	PIE DERECHO PUERTA	2PACK2X6	2.44	2	4.88	5.2	25.376	-1.5	-38.064			
			DINTEL PUERTA	2PACK2X6	0.9	1	0.9	5.2	4.68	-1.5	-7.02			
		VENTANAL	PIE DERECHO VENTANAL	2PACK2X6	2.44	2	4.88	5.2	25.376	-1.5	-38.064			
			DINTEL VENTANAL	2PACK2X6	2	1	2	5.2	10.4	-1.5	-15.6			
	M0B	MURO GENERAL	PLACA ARRIOSTRANTE	OSB	1	4	4	22.8	91.2	-1.34	-122.208			
			DINTEL	2PACK2X6	4.88	1	4.88	5.2	25.376	-1.5	-38.064			
			SOLERA	2PACK2X6	4.88	1	4.88	5.2	25.376	-1.5	-38.064			
			PIE DERECHO INT.	2X6	2.44	20	48.8	2.6	126.88	-1.5	-190.32			
			PIE DERECHO EXT.	4PACK2X6	2.44	2	4.88	10.3	50.264	-1.5	-75.396			
		VENTANA	PIE DERECHO VENTANA	2PACK2X6	2.44	4	9.76	5.2	50.752	-1.5	-76.128			
			DINTEL VENTANA	2PACK2X6	1.5	2	3	5.2	15.6	-1.5	-23.4			
	M0C	MURO GENERAL	PLACA ARRIOSTRANTE	OSB	1	7	7	22.8	159.6	-1.34	-213.864			
			DINTEL	2PACK2X6	8.54	1	8.54	5.2	44.408	-1.5	-66.612			
			SOLERA	2PACK2X6	8.54	1	8.54	5.2	44.408	-1.5	-66.612			
			PIE DERECHO INT.(@61)	2X6	2.44	13	31.72	2.6	82.472	-1.5	-123.708			
			PIE DERECHO EXT.	4PACK2X6	2.44	2	4.88	10.3	50.264	-1.5	-75.396			
	M0C	MURO GENERAL	PLACA ARRIOSTRANTE	OSB	1	7	7	22.8	159.6	-1.34	-213.864			
			DINTEL	2PACK2X6	8.54	1	8.54	5.2	44.408	-1.5	-66.612			
			SOLERA	2PACK2X6	8.54	1	8.54	5.2	44.408	-1.5	-66.612			
			PIE DERECHO INT.(@61)	2X6	2.44	20	48.8	2.6	126.88	-1.5	-190.32			
			PIE DERECHO EXT.	4PACK2X6	2.44	2	4.88	10.3	50.264	-1.5	-75.396			

Anexo 39: Tabla cálculo impuesto verde iteración D2. Recordar que es un cálculo hipotético, pues actualmente no hay impuesto a las emisiones incorporadas. Se estableció el valor de 50 dólares por tonelada de CO2 equivalente y se realizó la conversión a pesos chilenos (y a U.F.) en base al valor de finales del 2022 (890 pesos chilenos= 1 dolar). (Elaboración propia)

Tabla cálculo presupeusto estructural iteración D3.

D3										
PARTIDA			ITEM	MATERIAL	DIMENSION	CANTIDAD	PRECIOXDIMENSION	PRECIO TOTAL ITEM	SUBTOTAL TOTAL ($)	total (UF/m2)
MUROS D3	M1	MURO GENERAL	PIE DERECHO EXTERIOR	4PACK2X6	2.44	2	5556	27113.28	1146685	1.419
			PIE DERECHO INTERIOR	2X6	2.44	4	1389	13556.64		
			PLACA ARRIOSTRANTE	OSB	1	1	15966	15966		
			DINTEL	2PACK2X6	1.95	1	2778	5417.1		
			SOLERA	2PACK2X6	1.95	1	2778	5417.1		
		PUERTA	PIE DERECHO	2PACK2X6	2.44	2	2778	13556.64		
			DINTEL	2PACK2X6	0.9	1	2778	2500.2		
	M2	MURO GENERAL	PIE DERECHO EXTERIOR	4PACK2X6	2.44	2	2778	13556.64		
			PIE DERECHO INTERIOR	2X6	2.44	5	1389	16945.8		
			DINTEL	2PACK2X6	2.846	1	2778	7906.188		
			SOLERA	2PACK2X6	2.846	1	2778	7906.188		
			PLACA ARRIOSTRANTE	OSB	1	3	15966	47898		
	M3	MURO GENERAL	PIES DERECHOS EXTERIOR	4PACK2X6	2.44	1	5556	13556.64		
			PIES DERECHOS INTERIOR	2X6	2.44	10	1389	33891.6		
			DINTEL	2PACK2X6	4.47	1	2778	12417.66		
			SOLERA	2PACK2X6	4.47	1	2778	12417.66		
			PLACA ARRIOSTRANTE	OSB	1	3	15966	47898		
		PUERTA	PIES DERECHOS	2PACK2X6	2.44	2	2778	13556.64		
			DINTEL	2PACK2X6	0.9	1	2778	2500.2		
	TOTAL MODULO							313978.176		
LOSA	VIGAS			M.4PACK2X8	4.88	2	7343	71667.68		
				M.4PACK2X8	8.54	2	7343	125418.44		
				V1. (2X8)	4.88	6	1836	53758.08		
				V2. 4PACK(2X	4.88	10	7343	358338.4		
	PLACA ARRIOSTRANTE			OSB11mm.	1	14	15966	223524		
	TOTAL MODULO							832707		
MUROS PERIMETRALES	M0A	MURO GENERAL	PLACA ARRIOSTRANTE	OSB	1	4	15966	63864	896351.16	
			DINTEL	2PACK2X6	4.88	1	2778	13556.64		
			SOLERA	2PACK2X6	4.88	1	2778	13556.64		
			PIE DERECHO INT. (@61)	2X6	2.44	11	1389	37280.76		
			PIE DERECHO EXT.	4PACK2X6	2.44	2	5556	27113.28		
		PUERTA	PIE DERECHO PUERTA	2PACK2X6	2.44	2	2778	13556.64		
			DINTEL PUERTA	2PACK2X6	0.9	1	2778	2500.2		
		VENTANAL	PIE DERECHO VENTANAL	2PACK2X6	2.44	2	2778	13556.64		
			DINTEL VENTANAL	2PACK2X6	2	1	2778	5556		
	M0B	MURO GENERAL	PLACA ARRIOSTRANTE	OSB	1	4	15966	63864		
			DINTEL	2PACK2X6	4.88	1	2778	13556.64		
			SOLERA	2PACK2X6	4.88	1	2778	13556.64		
			PIE DERECHO INT.	2X6	2.44	20	1389	67783.2		
			PIE DERECHO EXT.	4PACK2X6	2.44	2	5556	27113.28		
		VENTANA	PIE DERECHO VENTANA	2PACK2X6	2.44	4	2778	27113.28		
			DINTEL VENTANA	2PACK2X6	1.5	2	2778	8334		
	M0C	MURO GENERAL	PLACA ARRIOSTRANTE	OSB	1	7	15966	111762		
			DINTEL	2PACK2X6	8.54	1	2778	23724.12		
			SOLERA	2PACK2X6	8.54	1	2778	23724.12		
			PIE DERECHO INT.(@61)	2X6	2.44	13	1389	44059.08		
			PIE DERECHO EXT.	4PACK2X6	2.44	2	5556	27113.28		
	M0C	MURO GENERAL	PLACA ARRIOSTRANTE	OSB	1	7	15966	111762		
			DINTEL	2PACK2X6	8.54	1	2778	23724.12		
			SOLERA	2PACK2X6	8.54	1	2778	23724.12		
			PIE DERECHO INT.(@61)	2X6	2.44	20	1389	67783.2		
			PIE DERECHO EXT.	4PACK2X6	2.44	2	5556	27113.28		

Anexo 38: Tabla cálculo presupuesto estructura de madera iteración D3. Se consdieran el costo de los muros de entramado interiores y perimetrales, así como también el costo de la losa (se definió la iteración de losa en base a aquella con menor costo). (Elaboración propia)

Tabla cálculo impuesto verde iteración D3.

D3														
PARTIDA			ITEM	MATERIAL	DIMENSION	CANTIDAD	LARGO TOTAL	PESOXMETRO	MASA TOTAL	POTENCIAL CO2 EQUIV.	CO2EQUIV (KG)	TOTAL CO2 EQUIV. (KG/M2)	IMPUESTO VERDE (US$/M2)	IMPUESTO VERDE (UF/M2)
MUROS D3	M1	MURO GENERAL	PIE DERECHO EXTERIOR	4PACK2X6	2.44	2	4.88	10.3	50.264	-1.5	-75.396	-83.52	-4.18	-0.106
			PIE DERECHO INTERIOR	2X6	2.44	4	9.76	2.6	25.376	-1.5	-38.064			
			PLACA ARRIOSTRANTE	OSB	1	1	1	22.8	22.8	-1.34	-30.552			
			DINTEL	2PACK2X6	1.95	1	1.95	5.2	10.14	-1.5	-15.21			
			SOLERA	2PACK2X6	1.95	1	1.95	5.2	10.14	-1.5	-15.21			
		PUERTA	PIE DERECHO	2PACK2X6	2.44	2	4.88	5.2	25.376	-1.5	-38.064			
			DINTEL	2PACK2X6	0.9	1	0.9	5.2	4.68	-1.5	-7.02			
	M2	MURO GENERAL	PIE DERECHO EXTERIOR	4PACK2X6	2.44	2	4.88	10.3	50.264	-1.5	-75.396			
			PIE DERECHO INTERIOR	2X6	2.44	5	12.2	2.6	31.72	-1.5	-47.58			
			DINTEL	2PACK2X6	2.846	1	2.846	5.2	14.7992	-1.5	-22.1988			
			SOLERA	2PACK2X6	2.846	1	2.846	5.2	14.7992	-1.5	-22.1988			
			PLACA ARRIOSTRANTE	OSB	1	3	3	22.8	68.4	-1.34	-91.656			
	M3	MURO GENERAL	PIES DERECHOS EXTERIOR	4PACK2X6	2.44	1	2.44	10.3	25.132	-1.5	-37.698			
			PIES DERECHOS INTERIOR	2X6	2.44	10	24.4	2.6	63.44	-1.5	-95.16			
			DINTEL	2PACK2X6	4.47	1	4.47	5.2	23.244	-1.5	-34.866			
			SOLERA	2PACK2X6	4.47	1	4.47	5.2	23.244	-1.5	-34.866			
			PLACA ARRIOSTRANTE	OSB	1	3	3	22.8	68.4	-1.34	-91.656			
		PUERTA	PIES DERECHOS	2PACK2X6	2.44	2	4.88	5.2	25.376	-1.5	-38.064			
			DINTEL	2PACK2X6	0.9	1	0.9	5.2	4.68	-1.5	-7.02			
LOSA	VIGAS			M.4PACK2X8	4.88	2	9.76	17.5	170.8	-1.5	-256.2			
				M.4PACK2X8	8.54	2	17.08	17.5	298.9	-1.5	-448.35			
				V1. (2X8)	4.88	6	29.28	4.4	128.832	-1.5	-193.248			
				V2. 4PACK(2X	4.88	10	48.8	17.5	854	-1.5	-1281			
	PLACA ARRIOSTRANTE			OSB11mm.	1	14	14	22.8	319.2	-1.34	-427.728			
MUROS PERIMETRALES	M0A	MURO GENERAL	PLACA ARRIOSTRANTE	OSB	1	4	4	22.8	91.2	-1.34	-122.208	-53.65	0.00	
			DINTEL	2PACK2X6	4.88	1	4.88	5.2	25.376	-1.5	-38.064			
			SOLERA	2PACK2X6	4.88	1	4.88	5.2	25.376	-1.5	-38.064			
			PIE DERECHO INT. (@61)	2X6	2.44	11	26.84	2.6	69.784	-1.5	-104.676			
			PIE DERECHO EXT.	4PACK2X6	2.44	2	4.88	10.3	50.264	-1.5	-75.396			
		PUERTA	PIE DERECHO PUERTA	2PACK2X6	2.44	2	4.88	5.2	25.376	-1.5	-38.064			
			DINTEL PUERTA	2PACK2X6	0.9	1	0.9	5.2	4.68	-1.5	-7.02			
		VENTANAL	PIE DERECHO VENTANAL	2PACK2X6	2.44	2	4.88	5.2	25.376	-1.5	-38.064			
			DINTEL VENTANAL	2PACK2X6	2	1	2	5.2	10.4	-1.5	-15.6			
	M0B	MURO GENERAL	PLACA ARRIOSTRANTE	OSB	1	4	4	22.8	91.2	-1.34	-122.208			
			DINTEL	2PACK2X6	4.88	1	4.88	5.2	25.376	-1.5	-38.064			
			SOLERA	2PACK2X6	4.88	1	4.88	5.2	25.376	-1.5	-38.064			
			PIE DERECHO INT.	2X6	2.44	20	48.8	2.6	126.88	-1.5	-190.32			
			PIE DERECHO EXT.	4PACK2X6	2.44	2	4.88	10.3	50.264	-1.5	-75.396			
		VENTANA	PIE DERECHO VENTANA	2PACK2X6	2.44	4	9.76	5.2	50.752	-1.5	-76.128			
			DINTEL VENTANA	2PACK2X6	1.5	2	3	5.2	15.6	-1.5	-23.4			
	M0C	MURO GENERAL	PLACA ARRIOSTRANTE	OSB	1	7	7	22.8	159.6	-1.34	-213.864			
			DINTEL	2PACK2X6	8.54	1	8.54	5.2	44.408	-1.5	-66.612			
			SOLERA	2PACK2X6	8.54	1	8.54	5.2	44.408	-1.5	-66.612			
			PIE DERECHO INT.(@61)	2X6	2.44	13	31.72	2.6	82.472	-1.5	-123.708			
			PIE DERECHO EXT.	4PACK2X6	2.44	2	4.88	10.3	50.264	-1.5	-75.396			
	M0C	MURO GENERAL	PLACA ARRIOSTRANTE	OSB	1	7	7	22.8	159.6	-1.34	-213.864			
			DINTEL	2PACK2X6	8.54	1	8.54	5.2	44.408	-1.5	-66.612			
			SOLERA	2PACK2X6	8.54	1	8.54	5.2	44.408	-1.5	-66.612			
			PIE DERECHO INT.(@61)	2X6	2.44	20	48.8	2.6	126.88	-1.5	-190.32			
			PIE DERECHO EXT.	4PACK2X6	2.44	2	4.88	10.3	50.264	-1.5	-75.396			

Anexo 37: Tabla cálculo impuesto verde iteración D3. Recordar que es un cálculo hipotético, pues actualmente no hay impuesto a las emisiones incorporadas. Se estableció el valor de 50 dólares por tonelada de CO_2 equivalente y se realizó la conversión a pesos chilenos en base al valor de finales del 2022 (890 pesos chilenos= 1 dolar).
(Elaboración propia)

LABOTARORIO ESTRUCTURAL: CO2 equivalente incorporado en materiales.

ITERACION	PARTIDA			MATERIAL	DENOMINACIÓN QUARTZ	VOLUMEN/LARGO	DENSIDAD(KG/M3)*	MASA ESQUEMA TOTAL	POTENCIAL CO2 EQUIV	CO2 EQUIV. (KG)	SUBTOTAL POR PARTIDA
HIPOTESIS 1	PODIO		MUROS	HORMIGON ARMADO	Ready Mixed Concrete (Strai	104.58	2300	240534	0.242	58209.2	
			RADIER	HORMIGON ARMADO	Ready Mixed Concrete (Strai	249.592	2300	574061.6	0.242	138922.9	283959.0
			LOSA	HORMIGON ARMADO	Ready Mixed Concrete (Strai	155.995	2300	358788.5	0.242	86826.8	
	NUCLEOS		MUROS	HORMIGON ARMADO	Ready Mixed Concrete (Strai	57.984	2300	133363.2	0.242	32273.9	81889.2
			LOSA	HORMIGON ARMADO	Ready Mixed Concrete (Strai	89.14	2300	205022	0.242	49615.3	
	UNIDADES MADERA	MURO CORTO	PLACA ARRIOSTRANTE	OSB	'06-16-33 Wood Board Shea	4	22.8	4377.6	-1.34	-5866.0	
			DINTEL	2PACK2X6	'06-11-00 Wood Framing	4.88	5.2	1218.048	-1.5	-1827.1	
		MURO GENERAL	SOLERA	2PACK2X6	'06-11-00 Wood Framing	4.88	5.2	1218.048	-1.5	-1827.1	
			PIE DERECHO INT. (@61)	2X6	'06-11-00 Wood Framing	26.84	2.6	3349.632	-1.5	-5024.4	
			PIE DERECHO EXT.	4PACK2X6	'06-11-00 Wood Framing	4.88	10.3	2412.672	-1.5	-3619.0	
		PUERTA	PIE DERECHO PUERTA	2PACK2X6	'06-11-00 Wood Framing	4.88	5.2	1218.048	-1.5	-1827.1	
			DINTEL PUERTA	2PACK2X6	'06-11-00 Wood Framing	0.9	5.2	224.64	-1.5	-337.0	
		VENTANAL	PIE DERECHO VENTANAL	2PACK2X6	'06-11-00 Wood Framing	4.88	5.2	1218.048	-1.5	-1827.1	
			DINTEL VENTANAL	2PACK2X6	'06-11-00 Wood Framing	2	5.2	499.2	-1.5	-748.8	
			PLACA ARRIOSTRANTE	OSB	'06-16-33 Wood Board Shea	4	22.8	4377.6	-1.34	-5866.0	
		MURO GENERAL	DINTEL	2PACK2X6	'06-11-00 Wood Framing	4.88	5.2	1218.048	-1.5	-1827.1	-81601
			SOLERA	2PACK2X6	'06-11-00 Wood Framing	4.88	5.2	1218.048	-1.5	-1827.1	
		MURO CORTO	PIE DERECHO INT.	2X6	'06-11-00 Wood Framing	48.8	2.6	6090.24	-1.5	-9135.4	
			PIE DERECHO EXT.	4PACK2X6	'06-11-00 Wood Framing	4.88	10.3	2412.672	-1.5	-3619.0	
		VENTANA	PIE DERECHO VENTANA	2PACK2X6	'06-11-00 Wood Framing	9.76	5.2	2436.096	-1.5	-3654.1	
			DINTEL VENTANA	2PACK2X6	'06-11-00 Wood Framing	3	5.2	748.8	-1.5	-1123.2	
			PLACA ARRIOSTRANTE	OSB	'06-16-33 Wood Board Shea	7	22.8	7660.8	-1.34	-10265.5	
			DINTEL	2PACK2X6	'06-11-00 Wood Framing	8.54	5.2	2131.584	-1.5	-3197.4	
		MURO LARGO MURO GENERAL	SOLERA	2PACK2X6	'06-11-00 Wood Framing	8.54	5.2	2131.584	-1.5	-3197.4	
			PIE DERECHO INT.(@61)	2X6	'06-11-00 Wood Framing	31.72	2.6	3958.656	-1.5	-5938.0	
			PIE DERECHO EXT.	4PACK2X6	'06-11-00 Wood Framing	4.88	10.3	2412.672	-1.5	-3619.0	
		COLUMNAS	COLUMNA	4PACK2X6	'06-11-00 Wood Framing	7.32	10.3	3619.008	-1.5	-5428.5	
		LOSA	VIGAS	3PACK2X8	'06-11-00 Wood Framing	17.08	13.2	10821.888	-1.5	-16232.8	
				4PACK2X8	'06-11-00 Wood Framing	9.76	17.5	8198.4	-1.5	-12297.6	
				4PACK2X8	'06-11-00 Wood Framing	17.08	17.5	14347.2	-1.5	-21520.8	-101502
				2X8@40	'06-11-00 Wood Framing	97.6	4.4	20613.12	-1.5	-30919.7	
			PLACA ARRIOSTRANTE	OSB11mm.	'06-16-33 Wood Board Shea	14	22.8	15321.6	-1.34	-20530.9	
	EXO-ESTRUCTURA		VIGAS	PERFIL 100X100X2	'05-12-23 Structural Steel fo	0.01578976	7850	8676.47312	0.938	8138.5	
			PILARES	PERFIL 100X100X3	'05-12-23 Structural Steel fo	0.121056	7850	66520.272	0.938	62396.0	81236.2
			SUELO	PLANCHA ACERO DIAMANTADO	'05-12-23 Structural Steel fo	7.64	21.3333	11409.04884	0.938	10701.7	
	TOTAL BRUTO (TON)									264 0	
	TOTAL TON/M2									0.09198	

ITERACION	PARTIDA			MATERIAL	DENOMINACIÓN QUARTZ	VOLUMEN/LARGO	DENSIDAD(KG/M3)*	MASA ESQUEMA TOTAL	POTENCIAL CO2 EQUIV	CO2 EQUIV. (KG)	SUBTOTAL POR PARTIDA
HIPOTESIS 2	PODIO		MUROS	HORMIGON ARMADO	Ready Mixed Concrete (Strai	74.7	2300	171810	0.242	41578.0	
			RADIER	HORMIGON ARMADO	Ready Mixed Concrete (Strai	178.28	2300	410044	0.242	99230.6	
			LOSA	HORMIGON ARMADO	Ready Mixed Concrete (Strai	111.425	2300	256277.5	0.242	62019.2	202827.8
	MUROS PERIMETRALES	MURO CORTO	PLACA ARRIOSTRANTE	OSB	'06-16-33 Wood Board Shea	4	22.8	3648	-1.34	-4888.3	
			DINTEL	2PACK2X6	'06-11-00 Wood Framing	4.88	5.2	1015.04	-1.5	-1522.6	
		MURO GENERAL	SOLERA	2PACK2X6	'06-11-00 Wood Framing	4.88	5.2	1015.04	-1.5	-1522.6	
			PIE DERECHO INT. (@61)	2X6	'06-11-00 Wood Framing	26.84	2.6	2791.36	-1.5	-4187.0	
			PIE DERECHO EXT.	4PACK2X6	'06-11-00 Wood Framing	4.88	10.3	2010.56	-1.5	-3015.8	
		PUERTA	PIE DERECHO PUERTA	2PACK2X6	'06-11-00 Wood Framing	4.88	5.2	1015.04	-1.5	-1522.6	
			DINTEL PUERTA	2PACK2X6	'06-11-00 Wood Framing	0.9	5.2	187.2	-1.5	-280.8	
		VENTANAL	PIE DERECHO VENTANAL	2PACK2X6	'06-11-00 Wood Framing	4.88	5.2	1015.04	-1.5	-1522.6	
			DINTEL VENTANAL	2PACK2X6	'06-11-00 Wood Framing	2	5.2	416	-1.5	-624.0	
			PLACA ARRIOSTRANTE	OSB	'06-16-33 Wood Board Shea	4	22.8	3648	-1.34	-4888.3	
		MURO GENERAL	DINTEL	2PACK2X6	'06-11-00 Wood Framing	4.88	5.2	1015.04	-1.5	-1522.6	
			SOLERA	2PACK2X6	'06-11-00 Wood Framing	4.88	5.2	1015.04	-1.5	-1522.6	
		MURO CORTO	PIE DERECHO INT.	2X6	'06-11-00 Wood Framing	48.8	2.6	5075.2	-1.5	-7612.8	
			PIE DERECHO EXT.	4PACK2X6	'06-11-00 Wood Framing	4.88	10.3	2010.56	-1.5	-3015.8	
		VENTANA	PIE DERECHO VENTANA	2PACK2X6	'06-11-00 Wood Framing	9.76	5.2	2030.08	-1.5	-3045.1	
			DINTEL VENTANA	2PACK2X6	'06-11-00 Wood Framing	3	5.2	624	-1.5	-936.0	
			PLACA ARRIOSTRANTE	OSB	'06-16-33 Wood Board Shea	7	22.8	6384	-1.34	-8554.6	
			DINTEL	2PACK2X6	'06-11-00 Wood Framing	8.54	5.2	1776.32	-1.5	-2664.5	
		MURO LARGO MURO GENERAL	SOLERA	2PACK2X6	'06-11-00 Wood Framing	8.54	5.2	1776.32	-1.5	-2664.5	
			PIE DERECHO INT.(@61)	2X6	'06-11-00 Wood Framing	31.72	2.6	3298.88	-1.5	-4948.3	
			PIE DERECHO EXT.	4PACK2X6	'06-11-00 Wood Framing	4.88	10.3	2010.56	-1.5	-3015.8	-63477.1
		MUROS INTERIORES	PIES DERECHOS EXT	4PACK2X6	'06-11-00 Wood Framing	4.88	10.3	2010.56	-1.5	-3015.8	
			PIE DERECHO INT.	2X6	'06-11-00 Wood Framing	2.44	2.6	253.76	-1.5	-380.6	
			PLACA ARRIOSTRANTE	OSB	'06-16-33 Wood Board Shea	1	22.8	912	-1.34	-1222.1	-4618.6
		LOSA	VIGAS	3PACK2X8	'06-11-00 Wood Framing	17.08	13.2	9018.24	-1.5	-13527.4	
				4PACK2X8	'06-11-00 Wood Framing	9.76	17.5	6832	-1.5	-10248.0	
				4PACK2X8	'06-11-00 Wood Framing	17.08	17.5	11956	-1.5	-17934.0	
				2X8@40	'06-11-00 Wood Framing	97.6	4.4	17177.6	-1.5	-25766.4	
			PLACA ARRIOSTRANTE	OSB11mm.	'06-16-33 Wood Board Shea	14	22.8	12768	-1.34	-17109.1	-84584.9
	EXO-ESTRUCTURA		VIGAS	PERFIL 100X100X2	'05-12-23 Structural Steel fo	0.01578976	7850	6197.4808	0.938	5813.2	
			PILARES	PERFIL 100X100X3	'05-12-23 Structural Steel fo	0.121056	7850	47514.48	0.938	44568.6	
			SUELO	PLANCHA ACERO DIAMANTADO	'05-12-23 Structural Steel fo	7.64	21.3333	8149.3206	0.938	7644.1	58025.9
	TOTAL (TON)									108.2	
	TOTAL TON/M2									0.05277	

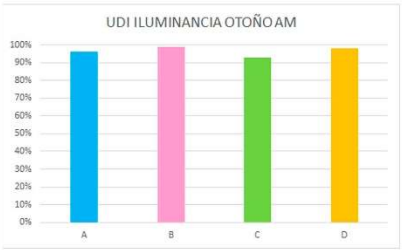
Anexo 43: Tabla cálculo emisiones de CO2 equivalente incorporado en materiales hipótesis 2. Para el cálculo de los muros de entramado se consideraron los resultados de la iteración de muros interiores D1. (Elaboración propia)

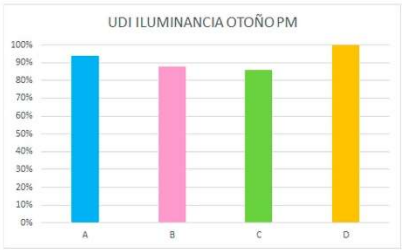
*: en el caso de elementos de madera se considera peso por metro lineal, no densidad propiamente tal, mientras que la plancha metálica se considera peso por metro cuadrado.

LABOTARORIO CLIMÁTICO: Gráficos UDI iluminancia a lo largo del año, modelación agrupamiento y orientación.

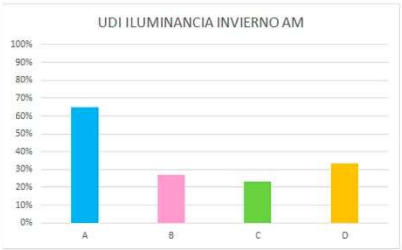
VERANO

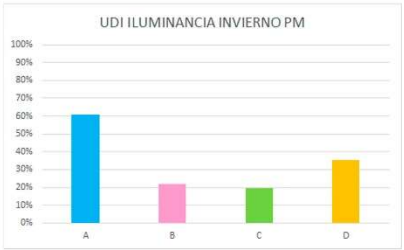
OTOÑO



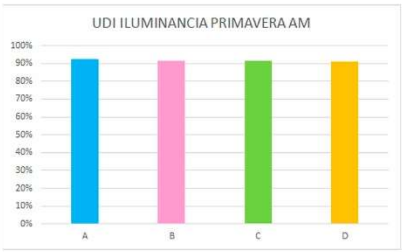


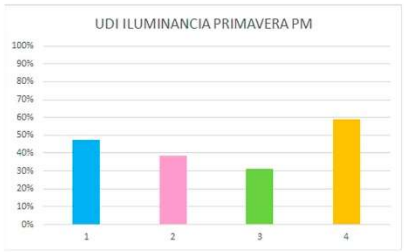
INVIERNO





PRIMAVERA

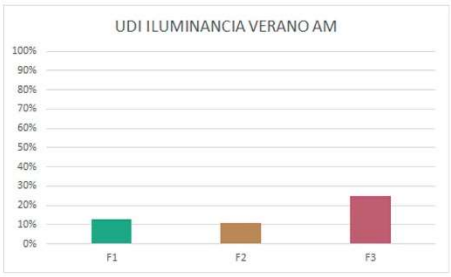


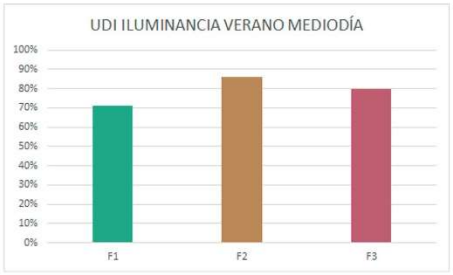


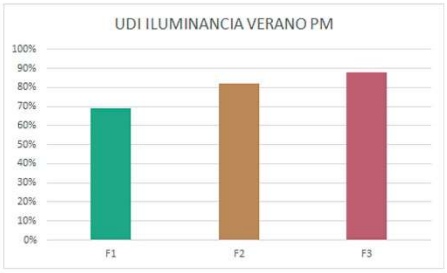
Anexo 44: Gráficos resultados valores UDI iluminancia según estación del año y hora del día. Se demarcó el previamente denominado como "periodo crítico". En este caso el valor UDI indica el porcentaje de la grilla estudiada cuya iluminancia durante la simulación arrojó resultados sobre los 150 lux. (Elaboración propia).

LABOTARORIO CLIMÁTICO: Gráficos UDI iluminancia a lo largo del año, modelación fachada.

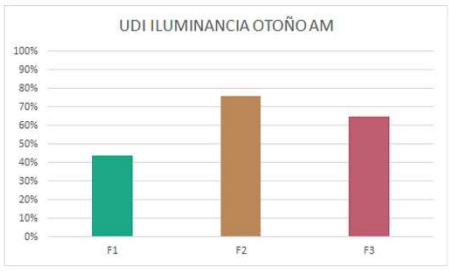
VERANO

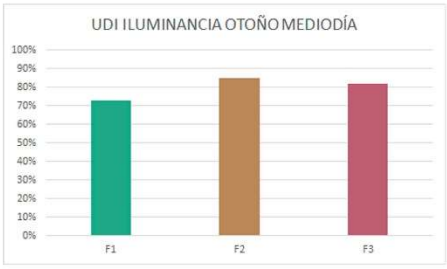


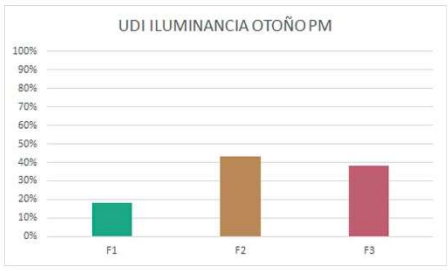




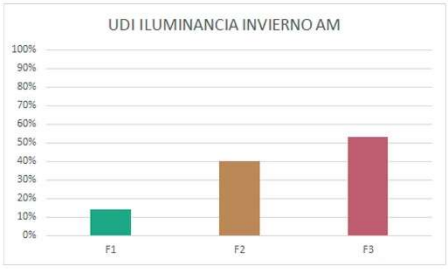
OTOÑO

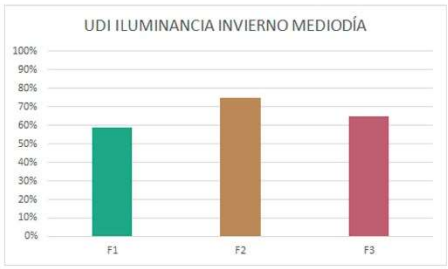


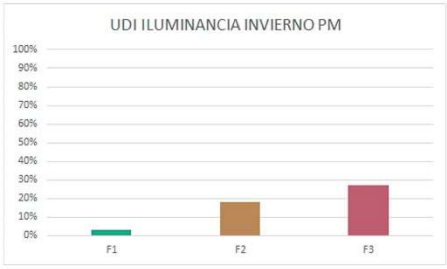




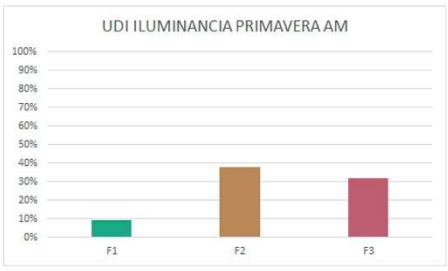
INVIERNO

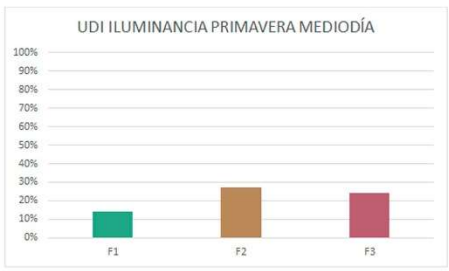


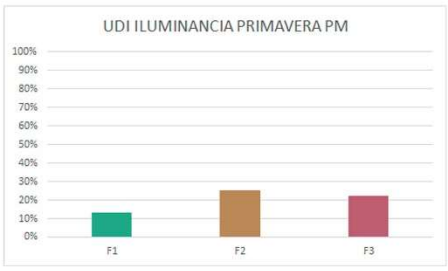




PRIMAVERA

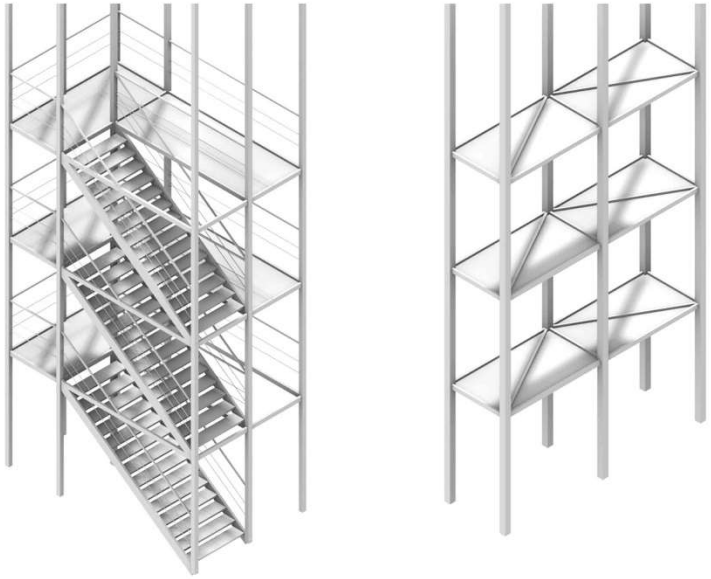






Anexo 45: Gráficos resultados valores UDI iluminancia según estación del año y hora del día. En este caso el valor UDI indica el porcentaje de la grilla estudiada cuya iluminancia durante la simulación arrojó resultados sobre los 150 lux. (Elaboración propia).

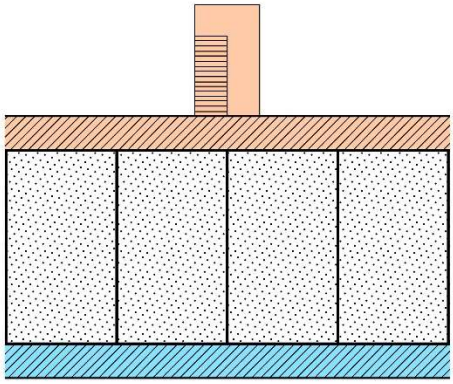
LABOTARORIO CLIMÁTICO: Modelación presupuestaria de estructura metálica exterior complementaria.



Anexo 46: Esquema 3D de elementos modelados. A la derecha: Escalera metálica tipo. A la izquierda: "andamio" o pasillo tipo. Se calculó el presupuesto de estas secciones de la estructura y posteriormente se dividió por la superficie de departamento que le corresponde a cada una, de esta manera se logró llegar a un valor en UF/m2 que sea punto de comparación entre iteraciones. (Elaboración propia)

pasillo balcón departamentos

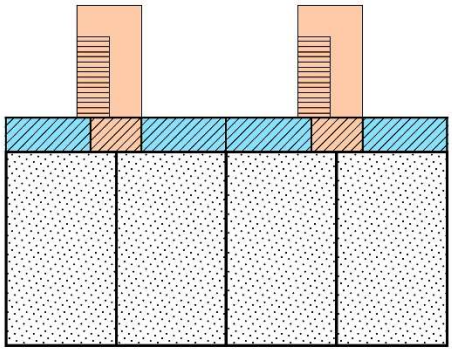
Andamio doble.



Anexo 47: Esquema en planta de sección modelada del esquema de andamio doble. (Elaboración propia)

Anexo 48: Catura de pantalla de presupuesto llevado a cabo en el sitio web ondac.com, correspondiente a la iteración de andamio doble. (Elaboración propia).

Andamio simple.



Anexo 49: Esquema en planta de sección modelada del esquema de andamio simple. (Elaboración propia)

Anexo 50: Catura de pantalla de presupuesto llevado a cabo en el sitio web ondac.com, correspondiente a la iteración de andamio simple. (Elaboración propia).

LABOTARORIO CLIMÁTICO: Tabla cálculo CO2 equivalente incorporado en materiales modelo andamio simple

ITERACION	PARTIDA				MATERIAL	DENOMINACIÓN QUARTZ	VOLUMEN/LARGO	DENSIDAD(KG/M3)*	MASA ESQUEMA TOTAL	POTENCIAL CO2 EQUIV	CO2 EQUIV. (KG)	SUBTOTAL POR PARTIDA
ANDAMIO SIMPLE	PODIO			MUROS	HORMIGON ARMADO	Ready Mixed Concrete (Stra	74.7	2300	171810	0.242	41578.0	
				RADIER	HORMIGON ARMADO	Ready Mixed Concrete (Stra	178.28	2300	410044	0.242	99230.6	
				LOSA	HORMIGON ARMADO	Ready Mixed Concrete (Stra	111.425	2300	256277.5	0.242	62019.2	202827.8
	MUROS PERIMETRALES	MURO CORTO	MURO GENERAL	PLACA ARRIOSTRANTE	OSB	'06-16-33 Wood Board Shea	4	22.8	3648	-1.34	-4888.3	
				DINTEL	2PACK2X6	'06-11-00 Wood Framing	4.88	5.2	1015.04	-1.5	-1522.6	
				SOLERA	2PACK2X6	'06-11-00 Wood Framing	4.88	5.2	1015.04	-1.5	-1522.6	
				PIE DERECHO INT. (@61)	2X6	'06-11-00 Wood Framing	26.84	2.6	2791.36	-1.5	-4187.0	
				PIE DERECHO EXT.	4PACK2X6	'06-11-00 Wood Framing	4.88	10.3	2010.56	-1.5	-3015.8	
			PUERTA	PIE DERECHO PUERTA	2PACK2X6	'06-11-00 Wood Framing	4.88	5.2	1015.04	-1.5	-1522.6	
				DINTEL PUERTA	2PACK2X6	'06-11-00 Wood Framing	0.9	5.2	187.2	-1.5	-280.8	
			VENTANAL	PIE DERECHO VENTANAL	2PACK2X6	'06-11-00 Wood Framing	4.88	5.2	1015.04	-1.5	-1522.6	
				DINTEL VENTANAL	2PACK2X6	'06-11-00 Wood Framing	2	5.2	416	-1.5	-624.0	
		MURO CORTO	MURO GENERAL	PLACA ARRIOSTRANTE	OSB	'06-16-33 Wood Board Shea	4	22.8	3648	-1.34	-4888.3	
				DINTEL	2PACK2X6	'06-11-00 Wood Framing	4.88	5.2	1015.04	-1.5	-1522.6	
				SOLERA	2PACK2X6	'06-11-00 Wood Framing	4.88	5.2	1015.04	-1.5	-1522.6	
				PIE DERECHO INT.	2X6	'06-11-00 Wood Framing	48.8	2.6	5075.2	-1.5	-7612.8	
				PIE DERECHO EXT.	4PACK2X6	'06-11-00 Wood Framing	4.88	10.3	2010.56	-1.5	-3015.8	
			VENTANA	PIE DERECHO VENTANA	2PACK2X6	'06-11-00 Wood Framing	9.76	5.2	2030.08	-1.5	-3045.1	
				DINTEL VENTANA	2PACK2X6	'06-11-00 Wood Framing	3	5.2	624	-1.5	-936.0	
		MURO LARGO	MURO GENERAL	PLACA ARRIOSTRANTE	OSB	'06-16-33 Wood Board Shea	7	22.8	6384	-1.34	-8554.6	
				DINTEL	2PACK2X6	'06-11-00 Wood Framing	8.54	5.2	1776.32	-1.5	-2664.5	
				SOLERA	2PACK2X6	'06-11-00 Wood Framing	8.54	5.2	1776.32	-1.5	-2664.5	
				PIE DERECHO INT.(@61)	2X6	'06-11-00 Wood Framing	31.72	2.6	3298.88	-1.5	-4948.3	
				PIE DERECHO EXT.	4PACK2X6	'06-11-00 Wood Framing	4.88	10.3	2010.56	-1.5	-3015.8	-63477.1
	MUROS INTERIORES			PIES DERECHOS EXT	4PACK2X6	'06-11-00 Wood Framing	4.88	10.3	2010.56	-1.5	-3015.8	
				PIE DERECHO INT.	2X6	'06-11-00 Wood Framing	2.44	2.6	253.76	-1.5	-380.6	
				PLACA ARRIOSTRANTE	OSB	'06-16-33 Wood Board Shea	1	22.8	912	-1.34	-1222.1	-4618.6
	LOSA		VIGAS		3PACK2X8	'06-11-00 Wood Framing	17.08	13.2	9018.24	-1.5	-13527.4	
					4PACK2X8	'06-11-00 Wood Framing	9.76	17.5	6832	-1.5	-10248.0	
					4PACK2X8	'06-11-00 Wood Framing	17.08	17.5	11956	-1.5	-17934.0	
					2X8@40	'06-11-00 Wood Framing	97.6	4.4	17177.6	-1.5	-25766.4	
				PLACA ARRIOSTRANTE	OSB11mm.	'06-16-33 Wood Board Shea	14	22.8	12768	-1.34	-17109.1	-84584.9
	EXO-ESTRUCTURA			VIGAS	PERFIL 100X100X2	'05-12-23 Structural Steel fo	0.01578976	7850	6197.4808	0.938	5813.2	
				PILARES	PERFIL 100X100X3	'05-12-23 Structural Steel fo	0.121056	7850	47514.48	0.938	44568.6	
				SUELO	PLANCHA ACERO DIAMANTADO	'05-12-23 Structural Steel fo	7.64	21.3333	8149.3206	0.938	7644.1	58025.9
	ESCALERA		PILARES		PERFIL 100X100X3	'05-12-23 Structural Steel fo	0.103005	21.3333	10.98718283	0.938	10.3	
			VIGAS		PERFIL 100X100X2	'05-12-23 Structural Steel fo	0.045162	21.3333	4.817272473	0.938	4.5	
			VIGAS ESCALERA		PERFIL C 200X50	'05-12-23 Structural Steel fo	0.02376	21.3333	2.53439604	0.938	2.4	
		PELDAÑOS	VIGAS		PERFIL C 100X50	'05-12-23 Structural Steel fo	0.061884	21.3333	6.600949686	0.938	6.2	
			PISO(M2)		PLANCHA ACERO DIAMANTADO	'05-12-23 Structural Steel fo	18.45	21.3333	1967.996925	0.938	1846.0	
		SUELO(M2)			PLANCHA ACERO DIAMANTADO	'05-12-23 Structural Steel fo	26.61	21.3333	2838.395565	0.938	2662.4	4531.8
	TOTAL (TON)										112.7	
	TOTAL TON/M2										0.055	

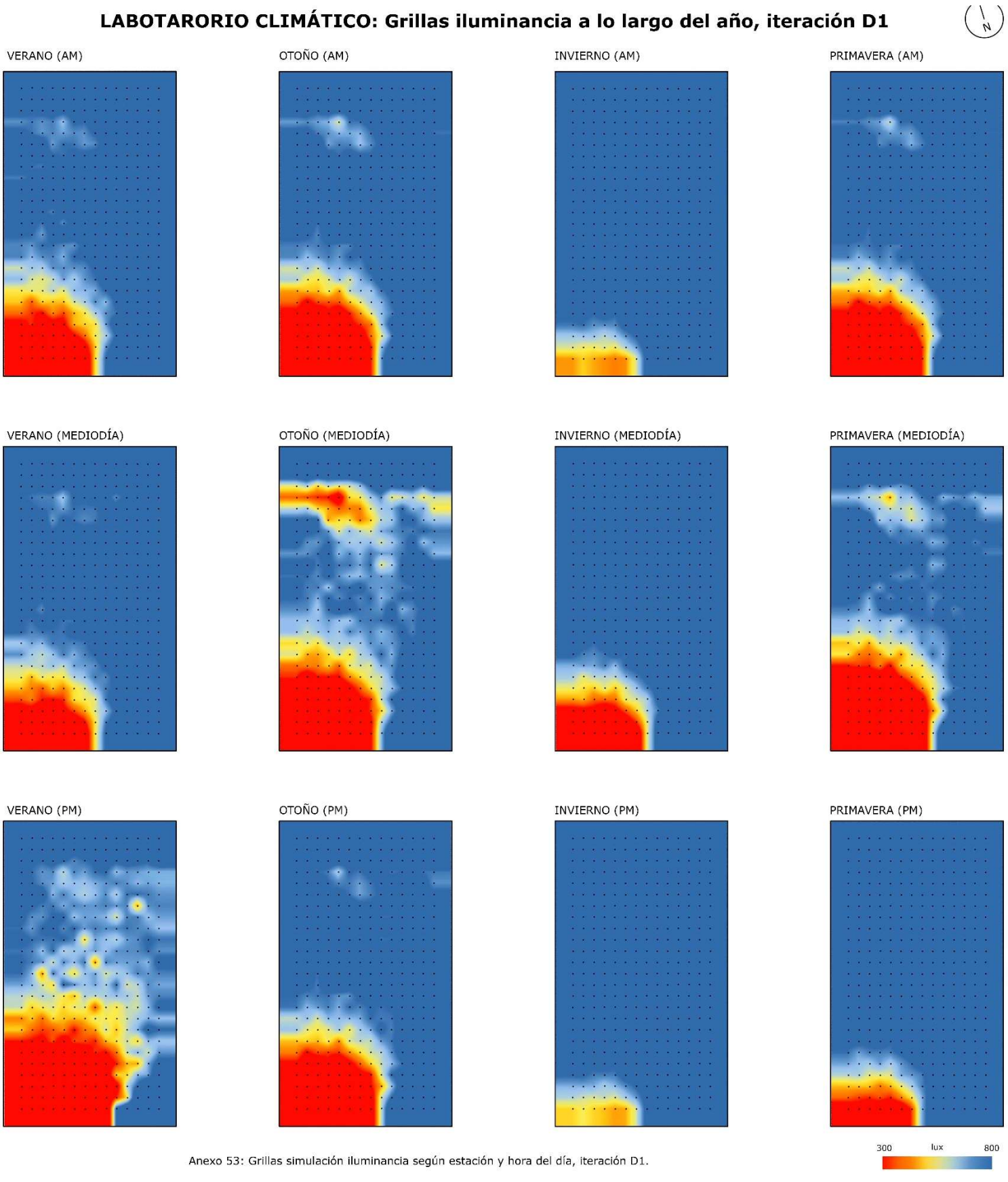
Anexo 51: Tabla cálculo CO2 incorporado en materiales andamio simple. Se partió calculando en base a un módulo habitacional y posteriormente se dividió por la superficie de la misma. Se le sumó la huella de carbono calculada para la hipótesis 2, y la iteración D1, por lo que el cálculo contempla el CO2 equivalente en los materiales de la obra gruesa de la totalidad del edificio. (Elaboración propia).

LABOTARORIO CLIMÁTICO: Tabla cálculo CO2 equivalente incorporado en materiales modelo andamio doble.

ITERACION	PARTIDA				MATERIAL	DENOMINACIÓN QUARTZ	VOLUMEN/LARGO	DENSIDAD(KG/M3)*	MASA ESQUEMA TOTAL	POTENCIAL CO2 EQUIV	CO2 EQUIV. (KG)	SUBTOTAL POR PARTIDA
ANDAMIO DOBLE	PODIO			MUROS	HORMIGON ARMADO	Ready Mixed Concrete (Stra	74.7	2300	171810	0.242	41578.0	
				RADIER	HORMIGON ARMADO	Ready Mixed Concrete (Stra	178.28	2300	410044	0.242	99230.6	
				LOSA	HORMIGON ARMADO	Ready Mixed Concrete (Stra	111.425	2300	256277.5	0.242	62019.2	202827.8
	MUROS PERIMETRALES	MURO CORTO	MURO GENERAL	PLACA ARRIOSTRANTE	OSB	'06-16-33 Wood Board Shea	4	22.8	3648	-1.34	-4888.3	
				DINTEL	2PACK2X6	'06-11-00 Wood Framing	4.88	5.2	1015.04	-1.5	-1522.6	
				SOLERA	2PACK2X6	'06-11-00 Wood Framing	4.88	5.2	1015.04	-1.5	-1522.6	
				PIE DERECHO INT. (@61)	2X6	'06-11-00 Wood Framing	26.84	2.6	2791.36	-1.5	-4187.0	
				PIE DERECHO EXT.	4PACK2X6	'06-11-00 Wood Framing	4.88	10.3	2010.56	-1.5	-3015.8	
			PUERTA	PIE DERECHO PUERTA	2PACK2X6	'06-11-00 Wood Framing	4.88	5.2	1015.04	-1.5	-1522.6	
				DINTEL PUERTA	2PACK2X6	'06-11-00 Wood Framing	0.9	5.2	187.2	-1.5	-280.8	
			VENTANAL	PIE DERECHO VENTANAL	2PACK2X6	'06-11-00 Wood Framing	4.88	5.2	1015.04	-1.5	-1522.6	
				DINTEL VENTANAL	2PACK2X6	'06-11-00 Wood Framing	2	5.2	416	-1.5	-624.0	
		MURO CORTO	MURO GENERAL	PLACA ARRIOSTRANTE	OSB	'06-16-33 Wood Board Shea	4	22.8	3648	-1.34	-4888.3	
				DINTEL	2PACK2X6	'06-11-00 Wood Framing	4.88	5.2	1015.04	-1.5	-1522.6	
				SOLERA	2PACK2X6	'06-11-00 Wood Framing	4.88	5.2	1015.04	-1.5	-1522.6	
				PIE DERECHO INT.	2X6	'06-11-00 Wood Framing	48.8	2.6	5075.2	-1.5	-7612.8	
				PIE DERECHO EXT.	4PACK2X6	'06-11-00 Wood Framing	4.88	10.3	2010.56	-1.5	-3015.8	
			VENTANA	PIE DERECHO VENTANA	2PACK2X6	'06-11-00 Wood Framing	9.76	5.2	2030.08	-1.5	-3045.1	
				DINTEL VENTANA	2PACK2X6	'06-11-00 Wood Framing	3	5.2	624	-1.5	-936.0	
		MURO LARGO	MURO GENERAL	PLACA ARRIOSTRANTE	OSB	'06-16-33 Wood Board Shea	7	22.8	6384	-1.34	-8554.6	
				DINTEL	2PACK2X6	'06-11-00 Wood Framing	8.54	5.2	1776.32	-1.5	-2664.5	
				SOLERA	2PACK2X6	'06-11-00 Wood Framing	8.54	5.2	1776.32	-1.5	-2664.5	
				PIE DERECHO INT.(@61)	2X6	'06-11-00 Wood Framing	31.72	2.6	3298.88	-1.5	-4948.3	
				PIE DERECHO EXT.	4PACK2X6	'06-11-00 Wood Framing	4.88	10.3	2010.56	-1.5	-3015.8	-63477.1
	MUROS INTERIORES			PIES DERECHOS EXT	4PACK2X6	'06-11-00 Wood Framing	4.88	10.3	2010.56	-1.5	-3015.8	
				PIE DERECHO INT.	2X6	'06-11-00 Wood Framing	2.44	2.6	253.76	-1.5	-380.6	
				PLACA ARRIOSTRANTE	OSB	'06-16-33 Wood Board Shea	1	22.8	912	-1.34	-1222.1	-4618.6
	LOSA		VIGAS		3PACK2X8	'06-11-00 Wood Framing	17.08	13.2	9018.24	-1.5	-13527.4	
					4PACK2X8	'06-11-00 Wood Framing	9.76	17.5	6832	-1.5	-10248.0	
					4PACK2X8	'06-11-00 Wood Framing	17.08	17.5	11956	-1.5	-17934.0	
					2X8@40	'06-11-00 Wood Framing	97.6	4.4	17177.6	-1.5	-25766.4	
				PLACA ARRIOSTRANTE	OSB11mm.	'06-16-33 Wood Board Shea	14	22.8	12768	-1.34	-17109.1	-84584.9
	EXO-ESTRUCTURA			VIGAS	PERFIL 100X100X2	'05-12-23 Structural Steel fo	0.01578976	7850	12394.9616	0.938	11626.5	
				PILARES	PERFIL 100X100X3	'05-12-23 Structural Steel fo	0.121056	7850	95028.96	0.938	89137.2	
				SUELO	PLANCHA ACERO DIAMANTADO	'05-12-23 Structural Steel fo	7.64	21.3333	16298.6412	0.938	15288.1	116051.8
	ESCALERA		PILARES		PERFIL 100X100X3	'05-12-23 Structural Steel fo	0.103005	21.3333	6.5923097	0.938	6.2	
			VIGAS		PERFIL 100X100X2	'05-12-23 Structural Steel fo	0.045162	21.3333	2.890363484	0.938	2.7	
			VIGAS ESCALERA		PERFIL C 200X50	'05-12-23 Structural Steel fo	0.02376	21.3333	1.520637624	0.938	1.4	
			PELDAÑOS	VIGAS	PERFIL C 100X50	'05-12-23 Structural Steel fo	0.061884	21.3333	3.960569812	0.938	3.7	
				PISO(M2)	PLANCHA ACERO DIAMANTADO	'05-12-23 Structural Steel fo	18.45	21.3333	1180.798155	0.938	1107.6	
			SUELO(M2)		PLANCHA ACERO DIAMANTADO	'05-12-23 Structural Steel fo	26.61	21.3333	1703.037339	0.938	1597.4	2719.1
	TOTAL (TON)										168.9	
	TOTAL TON/M2										0.082	

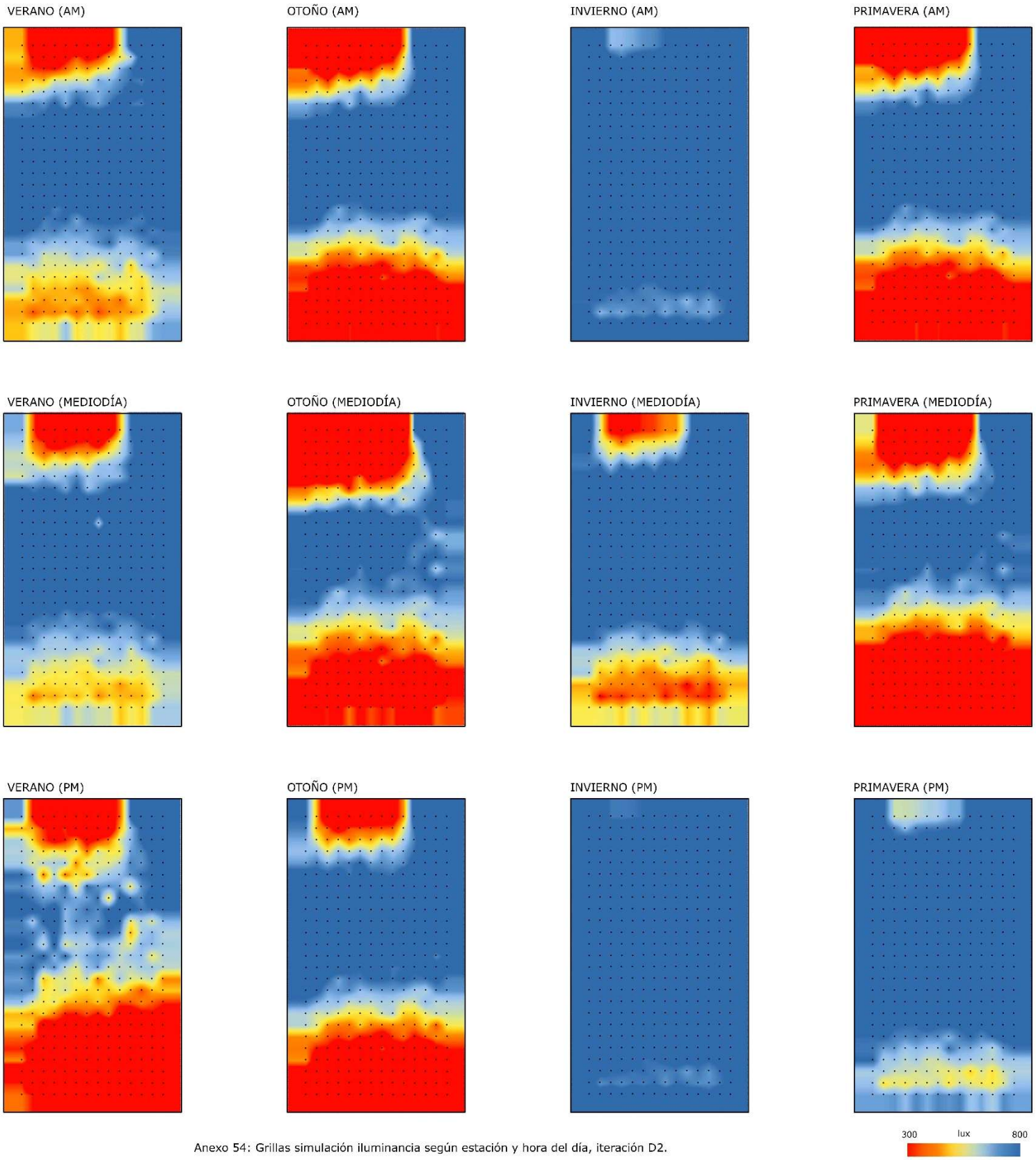
Anexo 52: Tabla cálculo CO2 incorporado en materiales andamio doble. Se partió calculando en base a un módulo habitacional y posteriormente se dividió por la superficie de la misma. Se le sumó la huella de carbono calculada para la hipótesis 2, y la iteración D1, por lo que el cálculo contempla el CO2 equivalente en los materiales de la obra gruesa de la totalidad del edificio. (Elaboración propia).

LABOTARORIO CLIMÁTICO: Grillas iluminancia a lo largo del año, iteración D1



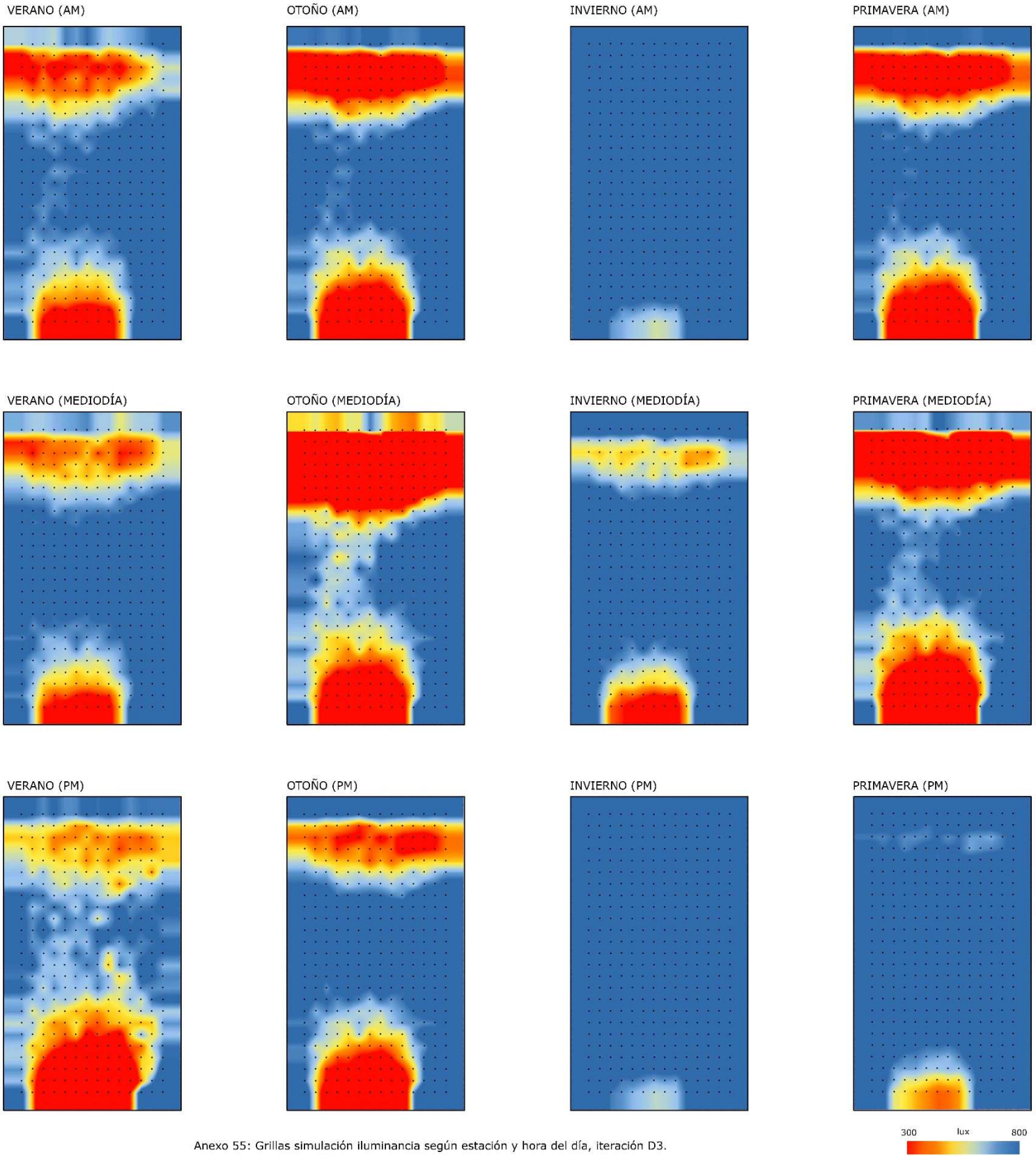
Anexo 53: Grillas simulación iluminancia según estación y hora del día, iteración D1.

LABOTARORIO CLIMÁTICO: Grillas iluminancia a lo largo del año, iteración D2.



Anexo 54: Grillas simulación iluminancia según estación y hora del día, iteración D2.

LABOTARORIO CLIMÁTICO: Grillas iluminancia a lo largo del año, iteración D3.



Anexo 55: Grillas simulación iluminancia según estación y hora del día, iteración D3.

LABOTARORIO MICROBARRIO: Normativa estacionamientos bicicletas.

Artículo Transitorio, esquema de aplicación ilustrativo:

Primer Inciso:

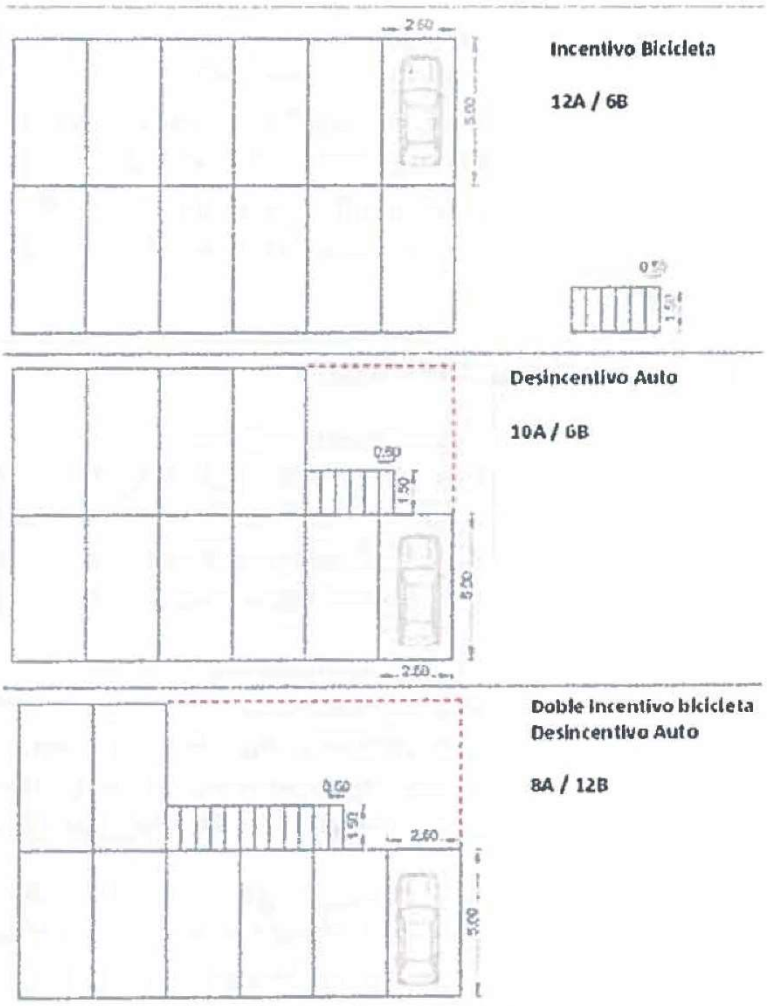
En tanto los Planes Reguladores Comunales no establezcan la dotación de estacionamientos para bicicletas a que se refiere el artículo 2.4.1. bis de la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones, todos los edificios que se proyecten con una carga de ocupación superior a 50 personas deberán incluir, como mínimo, 1 estacionamiento para bicicletas por cada 2 estacionamientos para automóviles que contemple el proyecto, cumpliendo los requisitos de diseño y emplazamiento señalados en el citado artículo.

Segundo Inciso

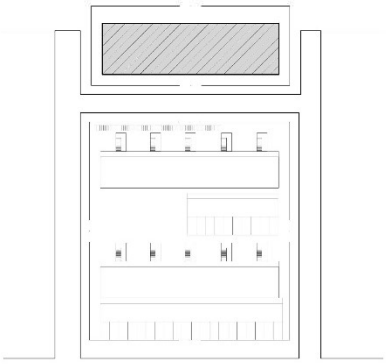
La señalada exigencia, podrá cumplirse descontando parte de los estacionamientos requeridos para automóviles, a razón de un estacionamiento de automóviles por cada 3 estacionamientos de bicicletas.

Tercer Inciso

Adicionalmente, se podrá descontar hasta un tercio la cantidad de estacionamientos requeridos para automóviles, en la misma proporción, por estacionamientos de bicicletas adicionales.

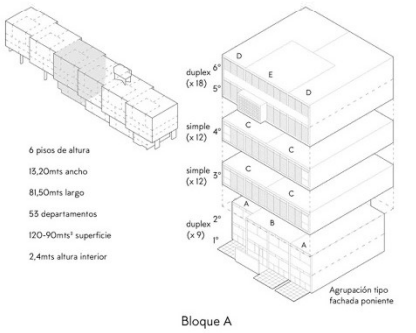


Anexo 56: Normativa para estacionamientos de bicicletas y reducción de estacionamientos para vehículos. (D.S. N°109, 2015)



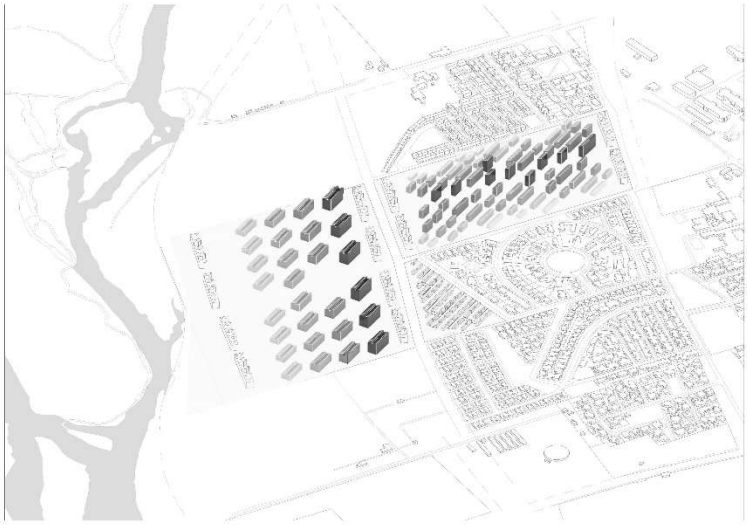
Volumen "externo".
En algunas iteraciones se encuentran este tipo de volúmenes, que representan edificios cuyo programa es habitacional, a pesar de no ser vivienda para arriendo con interés social.
Debido a que son volúmenes cuyas características interiores no se desarrollaron en el laboratorio estructural y frente a la necesidad de desfinir la densidad de las manzanas que componen, se acudió a un referente para la definición de cuántas personas puede acoger.
Se definió el conjunto habitacional Matta Viel como referente, estableciendo para efectos del cálculo 21 personas en los 674m2 por piso del volumen resultante de en esta iteración (U6).
Esta medida de 0,031 hab/m2 por piso se empleó para simplificar los cálculos de densidad en las iteraciones siguientes que consideran volúmenes externos.

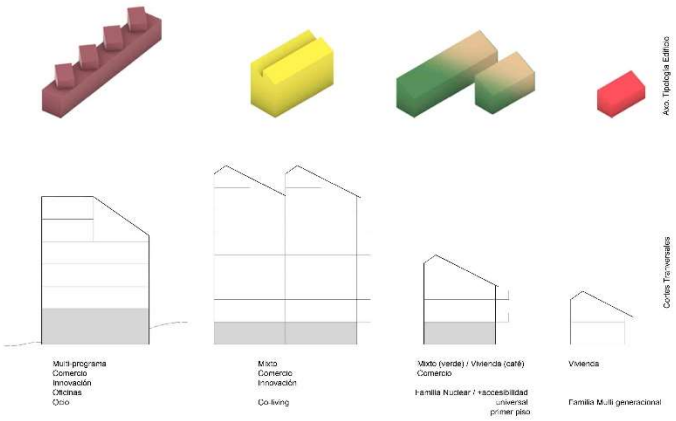
Anexo 57: Esquema general iteración U6. Achurado y en gris se demarca el volumen "externo". (Elaboración propia).

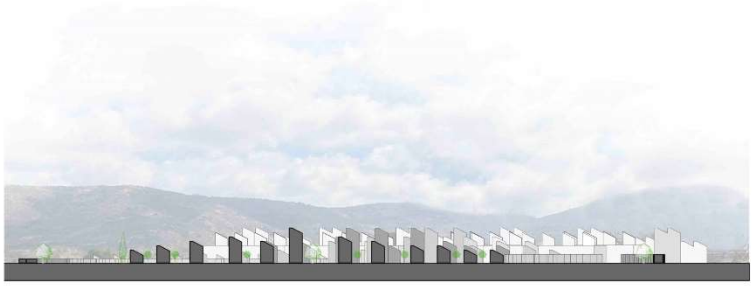


Anexo 58: Esquema 3D conjunto habitacional Matta-Viel. (Mariman, 2018)

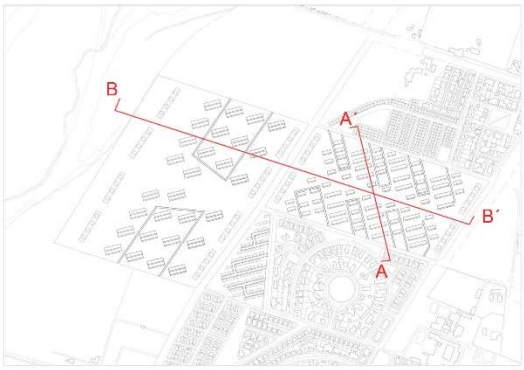
Anexos: Propuesta masterplan previa.

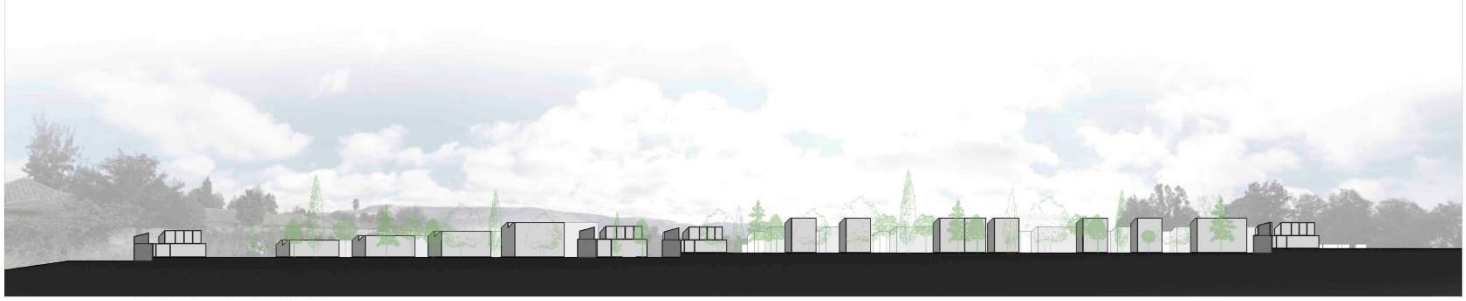






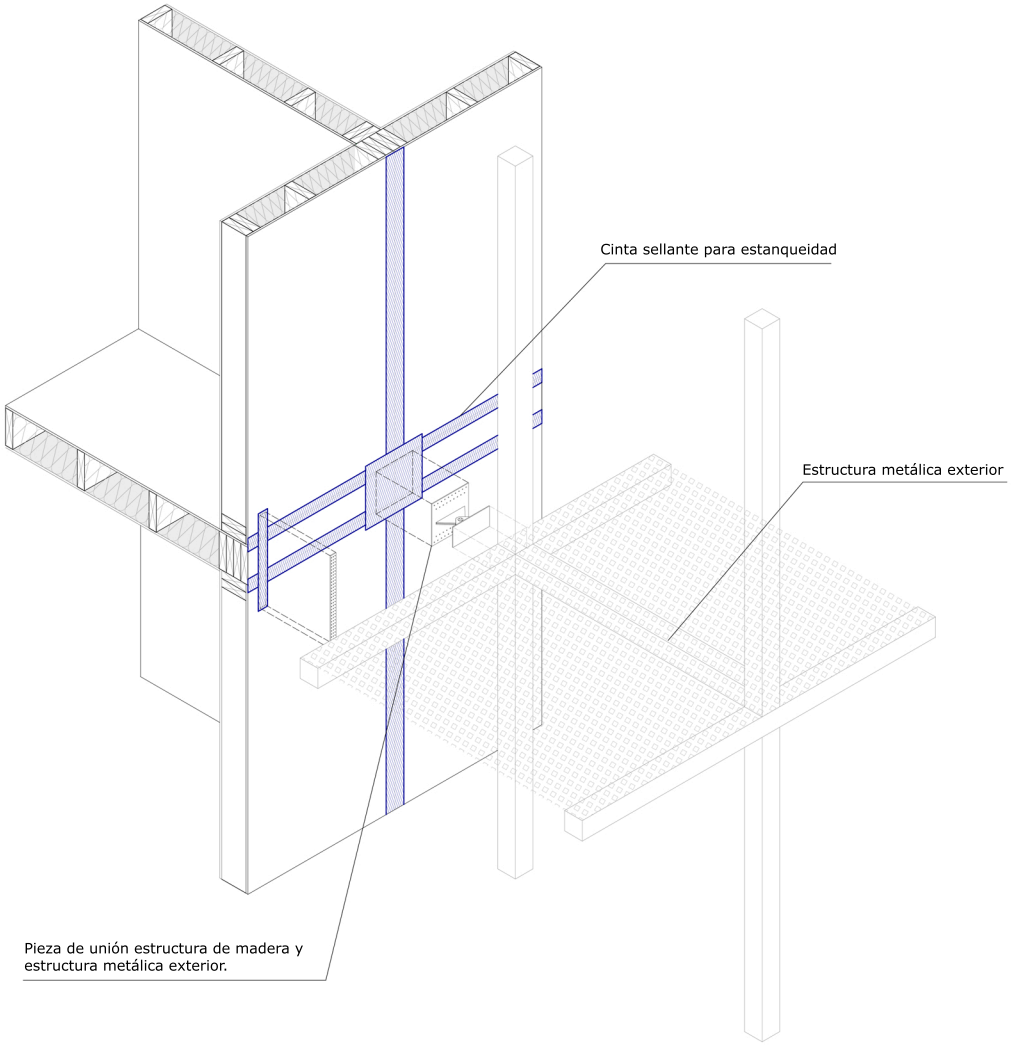
Corte Transversal A-A´





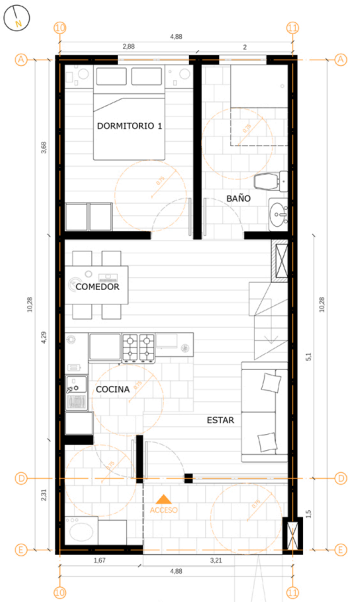
Corte Longitudinal B-B´

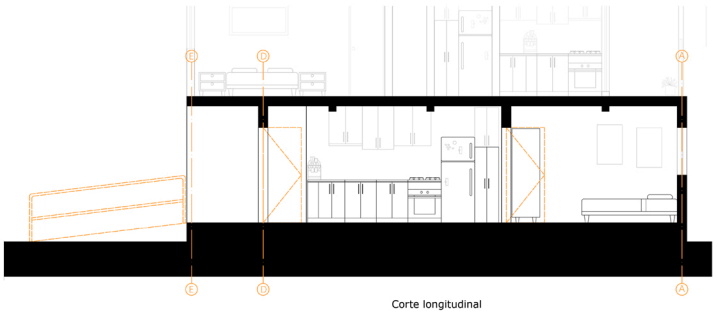
Anexo 59: Planimetrías masterplan anteproyecto presentado durante el Taller de Investigación y Proyecto. Gran parte de los principios aquí presentados se vieron modificados, sin embargo el trabajo posterior, en el que se basó gran parte del trabajo de tesis se basó en el trabajo en detalle de la tipología "mixto-comercio-innovación, la amarilla, pero aplicada al programa de arriendo con interés social. (Elaboración propia, trabajo en grupo con compañeras Javiera Cabezas y Macarena Sandoval)



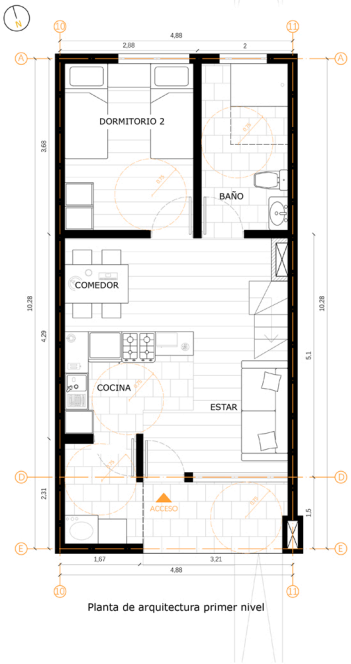
Anexo 60: Axonométrica detalle de la unión entre estructura metálica y estructura de entramado de madera.

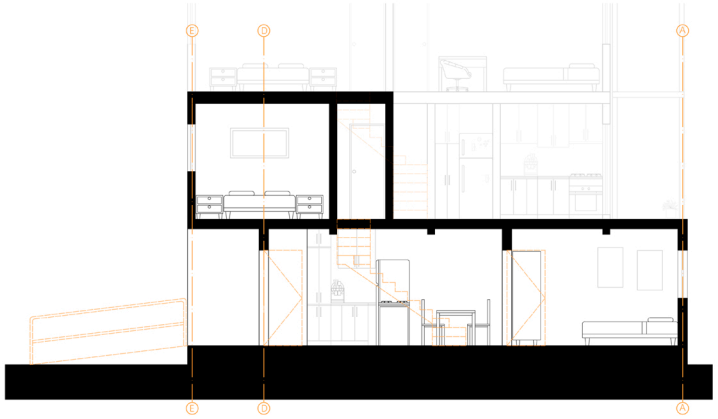
Anexo 61: Vista interior departamento



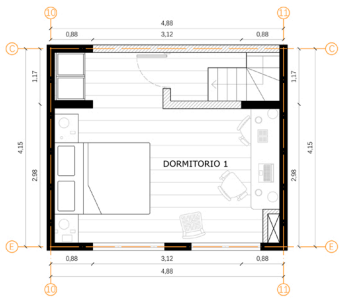


Anexo 62: Planimetría departamento 1 dormitorio destinado a personas con discapacidad. (Izquierda: planta de arquitectura. Arriba: corte longitudinal)



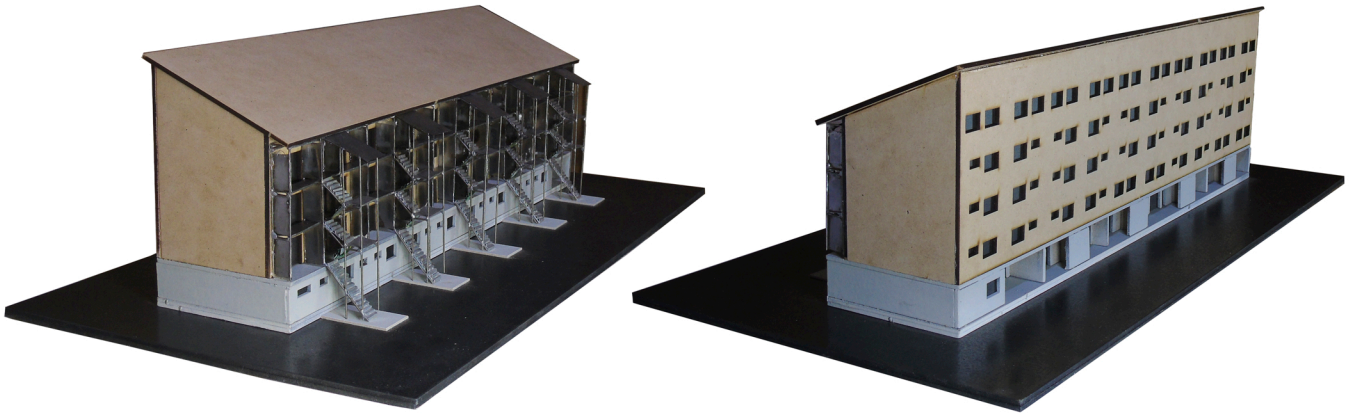


Anexo 63: Planimetría departamento 2 dormitorio destinado a personas con discapacidad. (Izquierda: planta de arquitectura primer y segundo nivel. Arriba: corte longitudinal)



Anexo 64: Vista interior del conjunto.

Anexo 65: Fotografía maqueta detalle estructural, aislación y terminaciones.



Anexo 66: Fotografía maqueta volumen edificado y estructura metálica complementaria.