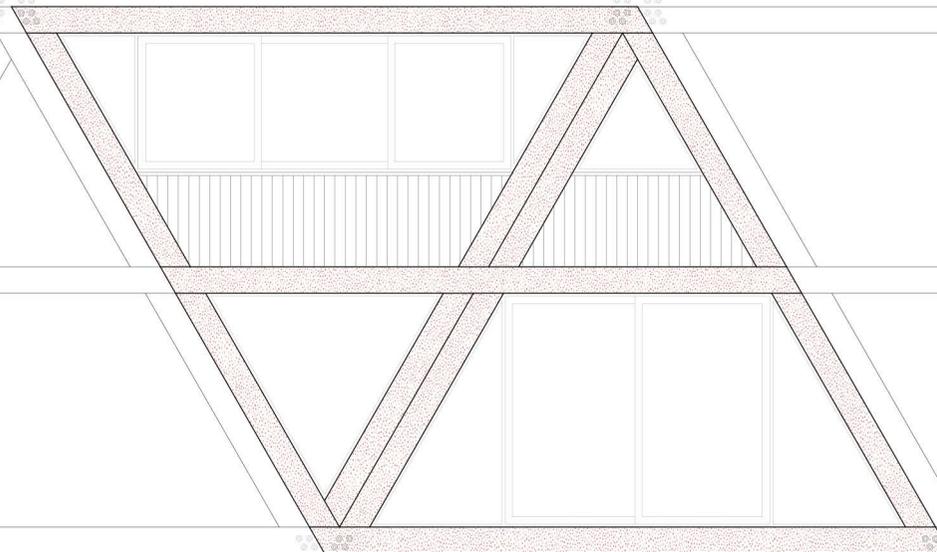




Pontificia Universidad Católica de Chile
Facultad de Arquitectura, Diseño y Estudios Urbanos
Escuela de Arquitectura
Magíster de Sustentabilidad y Energía

LO INDIVIDUAL EN LO COLECTIVO

Edificación Modular de Mediana Altura en Madera a
partir del Caso de la Casa A-frame en la Alta Montaña



LO INDIVIDUAL EN LO COLECTIVO

Edificación Modular de Mediana Altura en Madera a partir del Caso de la Casa A-frame en la Alta Montaña

Tesis para optar al Título Profesional de Arquitecto y Grado Académico de Magíster de Sustentabilidad y Energía
Profesores Guía: Andrés Sierra | Juan Acevedo



Gracias a mi familia y amigas por el apoyo y compañía durante todo el proceso del desarrollo de este trabajo. Especialmente a los que estuvieron siempre pendientes y ofreciendo ayuda.

Índice

Resumen.....	5	3.4 Iteración 4, Acercamiento a Estructura Final a partir de Módulos de Madera Laminada en Modelo de seis pisos.....	54
Introducción.....	7	3.5 Iteración 5, Ajuste de Dimensiones.....	60
1.1 Discusión Bibliográfica.....	9	3.6 Iteración Fuego.....	66
1.2 Preguntas e Hipótesis.....	11	3.8 Uniones.....	68
1.3 Objetivos.....	11	3.8.1 Unión Tipo, Encuentro repetición de Triángulos.....	70
1.4 Metodología.....	11	3.8.2 Unión Fundación.....	72
Capítulo 1: La Casa A-Frame.....	13	Capítulo 3: Edificio Modular de Vivienda como Refugio de Montaña.....	75
2.1 Antecedentes Históricos, Importación de un Modelo Histórico.....	15	4.1 La Parva, Condiciones del Lugar para Estrategia de Emplazamiento.....	81
2.2 Estructura Triangular Indeformable.....	19	4.2 Sitio, Trazado Emplazamiento.....	83
2.3 Desarrollo Programático.....	23	4.3 Estrategias de Proyecto, Factores que Condicionan al Diseño.....	87
2.3.1 Casa A Individual ¿Cómo la estructura repercute en el interior?.....	23	4.3.1 Estrategias para Diseño del Volumen del Edificio.....	87
2.3.2 Casa A Colectiva ¿Cómo se ha visto configurada como conjunto?.....	27	4.3.2 Estrategias Programáticas para Desarrollo Interior.....	87
2.4 Comportamiento Estructural, a partir de las Condiciones del Lugar.....	29	4.4 Propuesta Proyectual.....	89
Capítulo 2: Comportamiento Configuraciones Superposición Modular.....	37	4.5 Detalles Constructivos.....	114
3.1 Iteración 1, Módulos de Madera Aserrada en Modelo de cuatro pisos.....	39	Conclusiones.....	121
3.2 Iteración 2, Módulos de Madera Laminada en Modelo de cuatro pisos.....	44	Referencias Bibliográficas.....	123
3.3 Iteración 3, Módulos de Madera Laminada en Modelo de seis pisos.....	49	Anexos.....	124

Resumen

A partir del estudio estructural y espacial de las casas A-frame, se busca diseñar un edificio de mediana altura en alta montaña de carácter modular en madera, donde la estructura de la casa A-frame caracterizada como individual tanto estructural como programáticamente será utilizada como módulo para superponerlos entre ellos, estructurando un edificio de carácter colectivo.

Luego de variadas iteraciones de superposiciones de los módulos, se llega a un diseño estructural de un edificio de mediana altura (6 pisos) modular, donde la estructura de la casa A ajustada a nuevas dimensiones, debido al aumento de cargas responde a correctamente, creando distintas dimensiones de espacialidades que las da ese único módulo.

Finalmente el proyecto de arquitectura responde a esa estructura de tipología A-frame tomada en su totalidad, tanto sus marcos triangulares estables como sus planos arriostrantes inclinados. Siendo capaz de mantener esa condición estructural y lograr que se identifique el módulo individual programático espacial de la casa A-frame dentro del proyecto de carácter colectivo.

Palabras Claves: Construcción en Madera, Estructuras Modulares, Edificios de Mediana Altura, Casa A-Frame

INTRODUCCIÓN

1.1 Discusión Bibliográfica

La arquitectura en la alta montaña es un desafío para el diseño y la construcción debido a la poca accesibilidad, incorporación de cargas de nieve, normas de constructibilidad con ciertas limitaciones. Sin embargo, la motivación está en tomar todas esas características nombradas anteriormente como oportunidades de diseño más que impedimentos. En Chile, las casas A, fueron un boom de construcción en alta montaña, siendo considerada como una segunda vivienda, donde su forma geométrica se adapta a las condiciones del clima como también se destacaba su fácil y rápido armado, la cual aparenta ser industrializada.

En palabras de Luis Bravo¹ la industrialización y la prefabricación toma importancia luego de la Segunda Guerra Mundial donde fue necesario la construcción a corto plazo de todas las viviendas que se habían deteriorado en Europa. Movimiento que en Chile su apogeo fue en la década de los 60' en el ámbito de la vivienda, creándose incentivos de incremento en la construcción, haciendo que las industrias fabricaran uno o más elementos que componían las viviendas. Lo cual significó mejora de diseños, mejora de flujo en la producción y disminución de costos.

En junio del año 1966 en el artículo “Prefabricación en Chile” de Revista Auca², se afirma que la prefabricación consta de la elaboración y ejecución de elementos ya sea dentro o fuera de la obra con el objetivo de facilitar la construcción. Teniendo unidades tipos repetitivas que se acoplan o montan con sistemas simples o complejos. El proceso se desarrolla en dos etapas. La primera es la fabricación de los elementos. La segunda, el montaje de los elementos en terreno.

Las ventajas que trae la prefabricación o construcción modular son que se acortan los tiempos de duración de la obra tal como menciona Koncz³, se disminuye la cantidad de material debido a que no hay residuos, se reduce el coste de la mano de obra debido a la disminución de operarios, mejora la calidad de los elementos por el constante control de calidad en fábrica y

la construcción no se ve mayormente afectada por condiciones climáticas. Todas las ventajas traen como consecuencia reducción de precios en general, pero dificulta el traslado de los elementos.

Los sistemas constructivos determinan el proceso de montaje de una obra como también la producción del material. Se divide en varias etapas que son complementadas para un buen desarrollo de la obra en términos de tiempos y costos. La tecnología ha ido evolucionando teniendo como objetivo la estabilidad dimensional para grandes estructuras, así a través de la experiencia e innovaciones se busca cada vez más mayor eficiencia en cada uno de los sistemas constructivos.

En cuanto a los tipos de prefabricación existe la construcción modular según lo señalado en Tecnofast⁴, la construcción modular logra optimizar un 50% los plazos de tiempo gracias al proceso de fabricación en línea realizado en planta, además de su grado de automatización y velocidad que logra reducir costos del proyecto en términos de tiempo. Hay un mayor control de calidad y disminución de desperdicios por lo que es mayor aún si es desarrollado en la materialidad presentada.

La materialidad principal que se trabaja en el proyecto es la madera, que tiene atributos medioambientales. Teniendo una huella de carbono positiva, entregando oxígeno durante su proceso de plantaciones. Siendo el único material de construcción que lo hace. Al ser un material renovable capaz de generar diálogo con el ecosistema, se destaca por su ciclo de vida de carácter circular debido a que el material no llega a su fin, sino que se quema transformándolo en biomasa (energía) o se reutiliza. Además del desempeño ecológico⁵, se caracteriza por ser un material de buen funcionamiento estructural resistente a sismos y material aislante.

1 Luis Bravo y Sven Jacob, Viviendas Industrializadas (Publiart, 196-).

2 Auca 4, “Prefabricación en Chile”, *Revista Auca* (1966).

3 Tihamer Koncz, Manual de la Construcción Prefabricada (Madrid - Barcelona: Blame, 1968).

4 Empresa que provee soluciones modulares que requieren habilitar espacios funcionales con rapidez, poniendo énfasis en la innovación, calidad y seguridad.

5 Reemplazando un m3 de otros materiales, por madera, se está salvando una tonelada de CO2. Fuente: REID, H. [et. al]: (2004) “Report on Using Wood Products to Mitigate Climate Change: A Review of Evidence and Key Issues for Sustainable Development”. International Institute for Environment and Development, London, 2004. Disponible en: http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/rome2007/docs/Using_wood_products_to_mitigate_climate_change.pdf

El estudio de caso escogido trata los principios de la prefabricación descrita anteriormente desarrollado en madera. Las casas A-frame en Chile fueron un caso emblemático debido al nuevo concepto de segunda vivienda que se creó. Tal como se mencionó, llegando como refugio de alta montaña en los años 60' construidas en Farellones.

Caso que se caracteriza por su individualidad tanto constructiva por no ser una prefabricación abierta a la ampliación o modificación siendo una estructura completamente cerrada; y también su individualidad arquitectónica con respecto al programa que se desarrolla en su interior siendo familiar y privado.

1.2 Preguntas e Hipótesis

¿Cómo trasladar las estructuras triangulares tipo A-Frame a un edificio de mediana altura? ¿Cómo mantener la condición de individualidad arquitectónica de ésta, dentro del carácter colectivo del proyecto?

Mediante la configuración de una superposición de estructuras triangulares tomadas como módulos manteniendo los principios estructurales de la casa A, es posible construir una edificación de mediana altura en madera, sin perder su condición arquitectónica individual de vivienda dentro del proyecto de carácter más colectivo por ser un conjunto de viviendas.

1.3.1 Objetivo General

- Diseñar un edificio en mediana altura (6 pisos) con una estructura predominante en madera mediante una construcción modular según los criterios de la casa A-Frame. Innovando en su sistema constructivo modular y prefabricado a partir de módulo triangular, resolviendo tanto en la unión, dimensión de los elementos y cantidad, como la manera de apilar los módulos estructurales prismáticos generando distintas espacialidades según la necesidad del programa que se desarrolla en su interior.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Elaborar una descripción de los aspectos relevantes a considerar de la casa A-Frame analizando su programa y estructura.
- Elaborar una descripción de dos Casos de configuraciones de conjuntos de casa A-Frame.
- Modelar completamente el caso de estudio (casa A-Frame) para entender su comportamiento estructural.
- Modelar e iterar resultados de configuración de superposición de módulos, concluyendo en el proyecto mediante software de cálculo estructural.
- Diseñar y desarrollar un proyecto de arquitectura emplazado en la alta montaña el cual surge a partir de la experimentación estructural previa. Llegando a un resultado a partir de las iteraciones, ajustándose a las condiciones que nos da el programa y las características del lugar donde se sitúa.

1.4 Metodología

El estudio comienza con analizar un caso de estudio en Chile construido en madera entre los años 1850 y 1980 con el objetivo de entender sus antecedentes históricos, su estructura, programa, configuraciones de conjuntos y su comportamiento estructural a través del software de cálculo estructural.

Se modelan e iteran resultados de la configuración de superposición de estos módulos dimensionando sus elementos para ser transportados. Teniendo en cuenta la normativa del terreno donde va emplazado, principalmente la sobrecarga de nieve. Se analizan los comportamientos de estructuras tanto en madera aserrada como laminada, probando en dos, cuatro y seis pisos de altura.

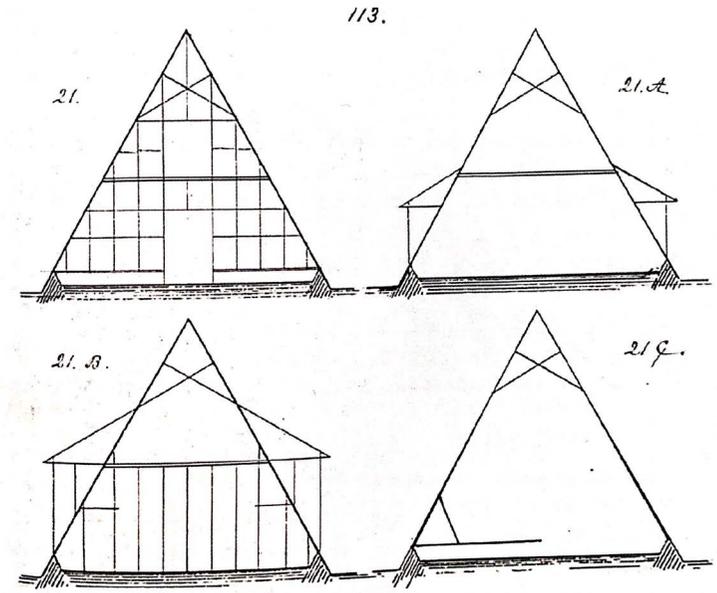
A partir de las iteraciones se diseña un edificio modular de seis pisos en madera emplazado en la alta montaña de la Region Metropolitana desarrollando programa habitacional. Tomando como modulo la tipología de la casa a-frame, configurando 2 o 3 de ellos en distintos tipos de departamentos que se desarrollan.

CAPÍTULO 1: La Casa A-Frame

El presente capítulo estudia la casa A-Frame como caso de estudio considerado “patrimonial estructural” construida en Chile en los años 60’ principalmente como refugio de montaña en Farellones. Surge como segunda vivienda familiar caracterizándose por su estructura en madera de marcos triangulares, los cuales determinan la forma y espacialidades contenidas que se generan en el interior. A partir de la cual también aparecen conceptos como prefabricación e industrialización.

2.1 Antecedentes Históricos, Importación de un Modelo Histórico

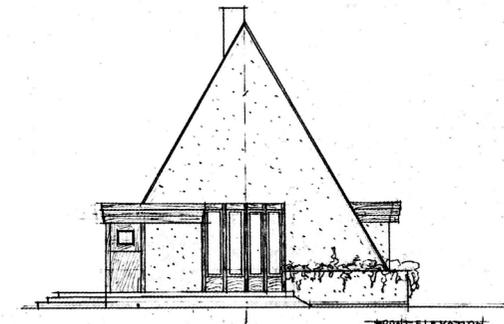
De acuerdo con Chad Randl⁶ –destacando las influencias de la tipología A-frame en su llegada a Chile. Los primeros acercamientos a la estructura y forma de cómo se conocen las casas A, fueron las estructuras trianguladas. En 1340 en un manuscrito sueco “The Romance of Alexander” registra las primeras estructuras con apariencias y espacialidades de prismas triangulares, seguidas por el siglo XIX en Inglaterra proyectos como el Teapot Hall en Lincolnshire (Img 1) que data en 1870. Luego hacia 1871-1872 están los registros de cotos de caza en Suecia y Dinamarca (Img 2) que pertenecen a Victor Von Gegerfelt que para esos años las estructuras triangulares eran utilizadas como



Img 2

graneros en Alemania, Holanda, Escandinavia, Holanda, Inglaterra, España e Italia. Por otro lado, en Estados Unidos existían previos registros a esta época en el Noroeste las utilizaban entre 1820 y 1904 como bodegas o cuartos de refrigeración.

Posteriormente en el Siglo XX en los años 20’ se desarrolla el uso del marco tipo A en Suiza y Alemania para casas vacacionales en Los Alpes con aspecto antiguo y vernáculo siendo más bien arquitectura nacionalista. En 1914 con la llegada a América del austriaco Rudolf Schindler se inicia la reedición, desarrollo y masificación de los marcos en A.



Img 3

6 Chad Randl, A-frame (New York: Princeton Architectural Press, 2004).

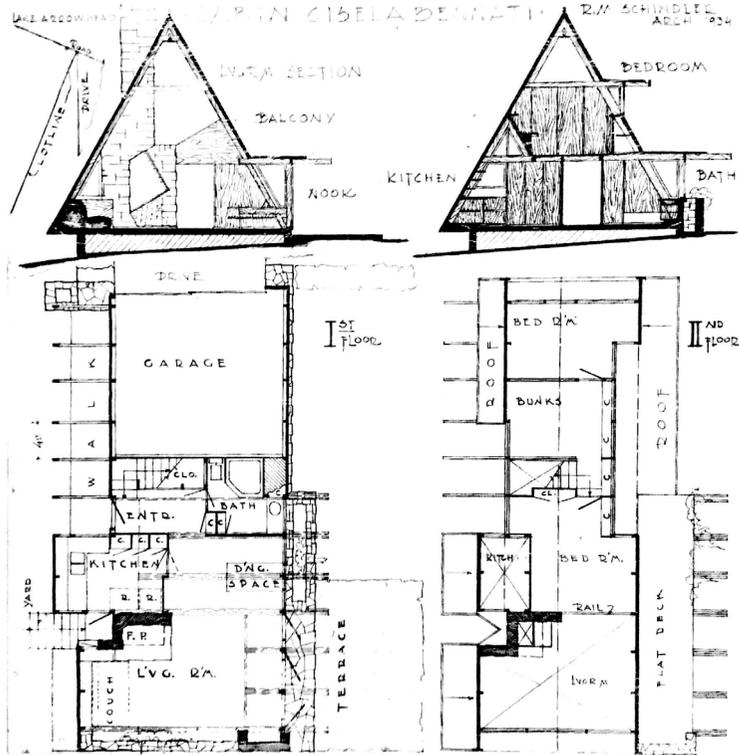
Img 1 Teapot Hall, Lincolnshire. Chad Randl, “A-frame” (New York: Princeton Architectural Press, 2004), página 20.

Img 2 Cotos de Caza en Dinamarca y Suecia, Victor Von Gegerfelt. Chad Randl, “A-frame” (New York: Princeton Architectural Press, 2004), página 22.

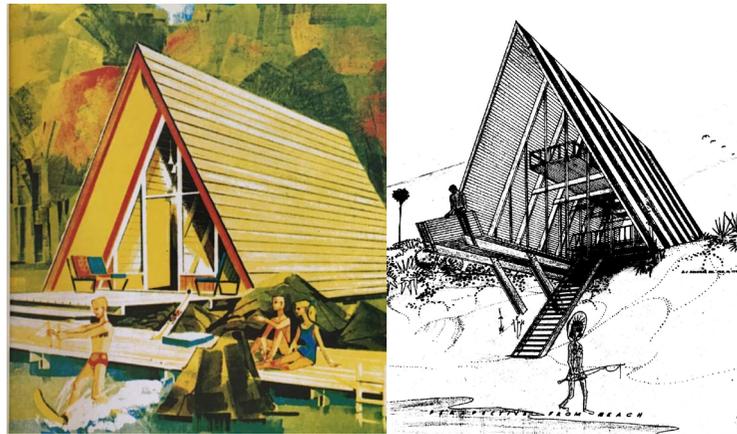
Img 3 Proyecto de Rudolf Schindler para Laura Davies, 1922-24. Chad Randl, “A-frame” (Princeton Architectural Press, New York, 2004), página 25.



Img 1



No fue él quien los originó, pero si lo introdujo en la modernidad. Primero con un proyecto no construido para Laura Davies entre los años 1922-1924 (Img 3). Y un segundo proyecto sí construido, la Casa Bennati (Img 4) en 1934 ubicada en California (proyecto típico de los años de apogeo de las casas A, pero 20 años antes, siendo punto de inicio de la masificación de estas). Proyecto que fue publicado en 1944 y 1946 como inicio del apogeo de las casas A como vivienda vacacional (Img 5).



Img 5



Img 4



Img 6

Img 4 Casa Benatti. Chad Randl, “A-frame” (New York: Princeton Architectural Press, 2004), página 26.

Img 5 Propaganda de Casa A como segunda vivienda vacacional. Chad Randl, “A-frame” (New York: Princeton Architectural Press, 2004), página 37 y 76.

Img 6 Folletos Vivienda para Ocio. Chad Randl, “A-frame” (New York: Princeton Architectural Press, 2004), página 37 y 76.

Luego de la Segunda Guerra Mundial en Estados Unidos viene el crecimiento económico promoviendo tiempos de ocio (como recreación) donde la casa A aparece como vacacional para sociedad media por su bajo costo y fácil armado, concepto clave que aparece como valor principal de su surgimiento. Sugiriendo naturaleza y supervivencia rústica pareciendo apropiado para cualquier entorno, siendo diferente con una individualidad que sugiere relajación y escape del mundo laboral. La Versión de Casa A de John Campbell, Leisure House (Img 7), fue la que despertó el interés popular y aceleró la propagación del marco A en todo el País, destacándose su pureza y apareciendo como kit por demanda de casa de ocio. La Leisure House fue influyente en la historia de las A-frame por la forma en que fue empaquetada y promovida presentada como diseño natural para montaña o playa asequible. Donde la industria de la construcción se acopló a la divulgación⁷.

7 Old-House Journal, The Mania of A-frame. *Old House Online*, (26 de Octubre de 2018), <https://www.oldhouseonline.com/house-tours/the-mania-for-a-frames>

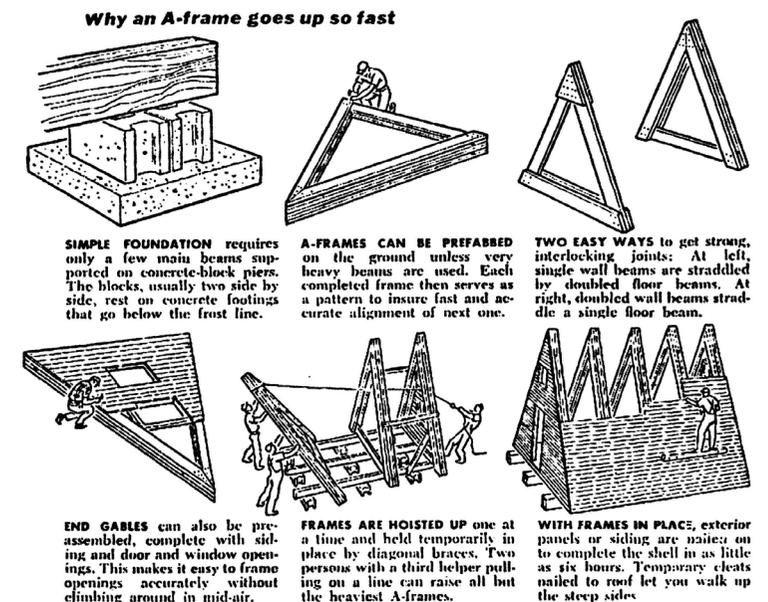
Img 7 Leisure House, John Campbell. Chad Randl, "A-frame" (New York: Princeton Architectural Press, 2004).

Img 8 "Armatélo tú mismo". Chad Randl, "A-frame" (New York: Princeton Architectural Press, 2004), página 81.

Paralelo a esto en la década de los 50' un conjunto de arquitectos comienza a diseñar a medida construyéndose en Europa. Alcanzando en los 60' su mayor éxito, popularizando la producción de kits (Img 8), abarcando más programas hacia finales de esa misma década. Llegando a ser un icono cultural y de marketing. Ya en 1970 el marco en A es un anacronismo debido a que las casas de vacaciones habían aumentado su tamaño y los precios inmobiliarios aumentaron, lo que no tenía sentido construir casa barata en lotes 8 veces más costosos.



Img 7



Img 8

A Chile llega diez años más tarde por Luis Middleton bajo influencia cultural junto con desarrollo tecnológico nacional siendo desarrolladas varias en Farellones como refugio de montaña (Img 9). Luis incorporó la idea y desarrolló un prototipo que instaló en la calle Apoquindo. Empezó a vender mucho, fabricaba los kits en Chile. Las cuales alcanzan su punto culmine en los años 80' hasta que la tipología y producción quedaron obsoletas por ser difíciles de modificar y por la disminuida habitabilidad interior que da la espacialidad de una estructura triangular. Con excepción algunos proyectos realizados con esa tipología, por ejemplo, la casa A de Smiljan Radic, Vilches, 2008 (Img 10).

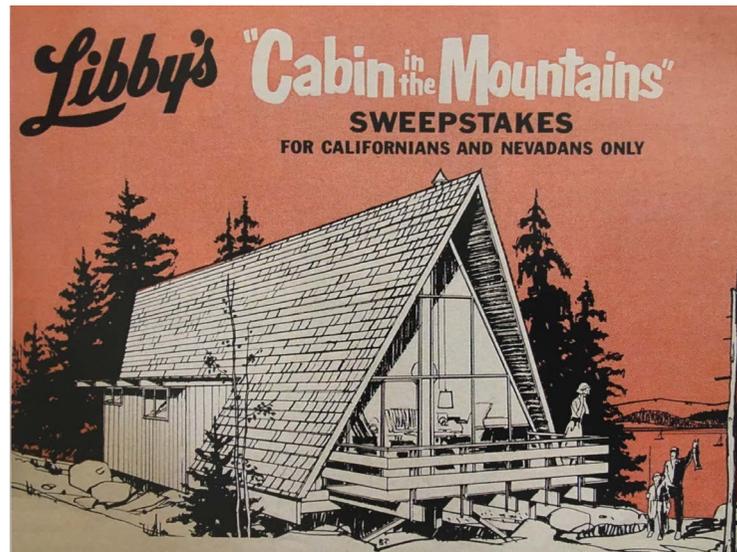
Son caracterizadas como buenos refugios de alta montaña debido a que principalmente responden a las condiciones climáticas del lugar. Su forma estructural aporta a las condiciones térmicas de temperatura donde la nieve actúa como masa térmica pero que a su vez no se acumula en grandes cantidades por la pendiente de inclinación del techo.



Img 9



Img 10



Img 11

Img 9 Unas de las primeras Casas A en Chile Arquitecto Luis Middleton. Belén Larrondo, Las Nuevas Vacaciones Obreras: Análisis Arquitectónico de los Balnearios Populares en Chile: 1970-1973 (Chile: Pontificia Universidad Católica, 2012).

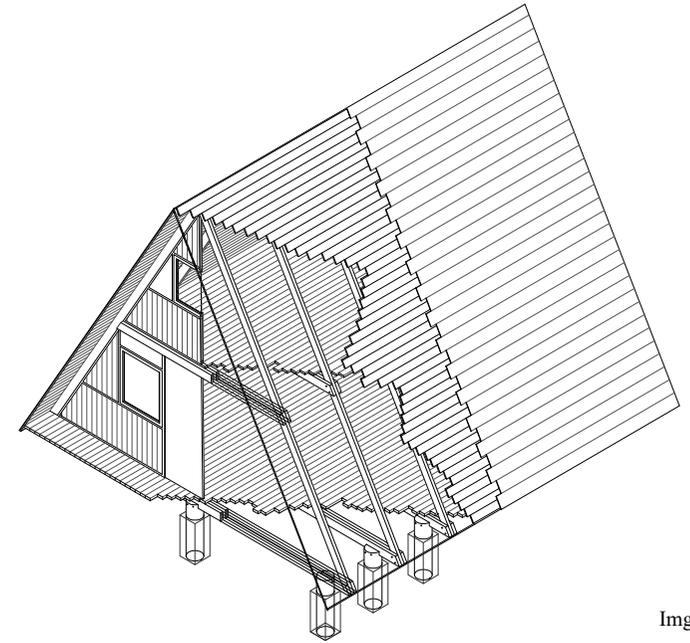
Img 10 Casa A Smiljan Radic, Vilches, 2008. (Chilearq, S. (2018, June 08). Casa A. Retrieved from <https://www.chilearq.com/gallery/architecture/955/casa-A/>)

Img 11 "Se caracterizan por ser Refugio de Montaña". Chad Randl, "A-frame" (New York: Princeton Architectural Press, 2004), página78.

2.2 Estructura Triangular Indeformable

El triángulo es la geometría predominante en el sistema estructural de las casas A, siendo una forma estructural óptima de carácter indeformable. Su forma se atribuye a la intuición donde las diagonales se sustentan por sí solos (tecnificación del refugio primitivo)

Las casas A de aproximadamente 40 m² de superficie y 5,2 metros de altura se caracterizaban por su proceso de prefabricación generando una simpleza tecnológica y constructiva. Estructurada en base a la geometría del triángulo equilátero indeformable que logra la estabilidad por sí solo sin necesidad de arriostramientos en el marco, siendo su revestimiento lo que le da su estabilidad en su tridimensionalidad (Img 12).



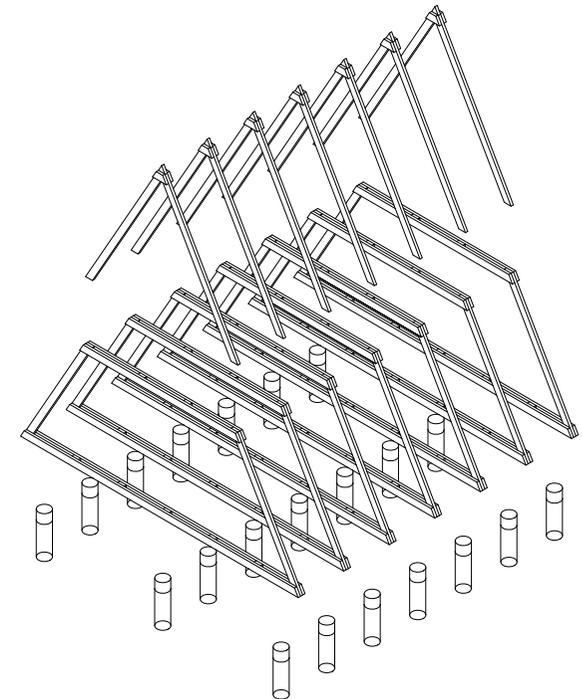
Img 12

“Por su forma ha sido muy eficiente para cuidarse sola. Sin ninguna mantención ha pasado 40 años y está relativamente bien. Porque minimiza exposición de fachada de madera y al ser solo techo de fierro galvanizado es muy resistente a la humedad, rayos UV y viento”⁸

Martín Hurtado

Las dimensiones de sus elementos son de igual medida tanto para los pilares en diagonales como su doble envigado, lo cual trae como beneficios la facilidad y rapidez en el proceso de producción. La prefabricación se define como la yuxtaposición y ensamble de los elementos que estructuran un total. Siendo también muy simple de arreglar y mantener siempre y cuando se respeten sus leyes geométricas⁹.

Las primeras fueron más chicas por la magnitud de los elementos. Las dimensiones dependen de los máximos largos de vigas que se podía fabricar. Por lo mismo el proceso de armado en Chile se adaptó a las dimensiones de piezas de madera aserrada que se fabricaban en Chile, el cual constaba de tres etapas (Img 13): (1) Las fundaciones, (2) La construcción del marco estructural del primer piso y (3) El marco estructural del segundo piso.



Img 13

⁸ Entrevista Personal vía Mail a Arquitecto Martín Hurtado

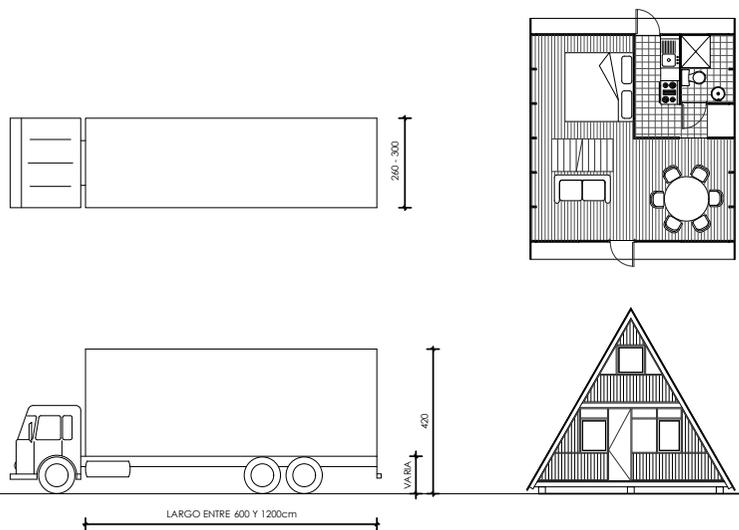
⁹ Entrevista Personal vía Mail a Arquitecto Martín Hurtado

Img 12 Axonométrica Constructiva Casa A Tipo. Nicolás Cruz, “Casa A / A-frame”, en Anatomía de la Construcción en madera en Chile: 12 Casos Notables, Andrés Sierra y Francisco Chateau (Santiago: Pontificia Universidad Católica, 2012)

Img 13 Axonométrica Estructural Casa A Tipo. Nicolás Cruz, “Casa A / A-frame”, en Anatomía de la Construcción en madera en Chile: 12 Casos Notables, Andrés Sierra y Francisco Chateau (Santiago: Pontificia Universidad Católica, 2012)

Teniendo tres tipos de uniones de carácter simple: (a) La unión techo cumbreira, (b) La unión de viga segundo piso con vigas de techo y (c) La unión de las vigas del primer piso con las vigas techo.

Las etapas tienen que ver con el módulo transportable posible en Chile y con las escuadrías de madera presentes en el mercado nacional. Donde el máximo módulo transportable por tierra es de 260 cm de ancho hasta 300 cm (previo aviso a autoridades), 420 cm de alto incluida la altura de plataforma del camión y el largo varía entre 600 cm y 1200 cm (Img 14).



Img 14

En términos estructurales las especificaciones de materiales, elementos y armado de la casa A como vivienda prefabricada considera una estructura de marcos de madera, en forma de triángulo equilátero con pendiente de 60° y distanciados cada 100 cm a eje. Cada marco está conformado por vigas de pino cepillado de primera calidad en dimensiones detalladas en planimetría adjunta, las cuales van empalmadas entre ellas y unidos en base a pernos.

Existen tres tipos de empalmes para marcos nombrados en previa descripción de la estructura que la conforman:

a. Unión vigas de techo y cumbreira:

Las vigas principales serán de pino cepillado en dimensiones 2 x 6, unidas en forma de “Z” en la cúspide, abrazadas con doble viga de pino cepillado en dimensiones 2 x 6 y unidas con doble perno, golilla y tuerca de ½ x 6 (Img 15).

b. Unión vigas de segundo piso con vigas de techo:

Las vigas principales serán de pino cepillado en dimensiones 2 x 6, unidas en forma de “Z” en el nivel de segundo piso, abrazadas y conformando el envigado de piso con doble viga de pino cepillado en dimensiones 2 x 6 y unidas con doble perno, golilla y tuerca de ½ x 6 (Img 16).

c. Unión vigas de primer piso con pilares de fundaciones:

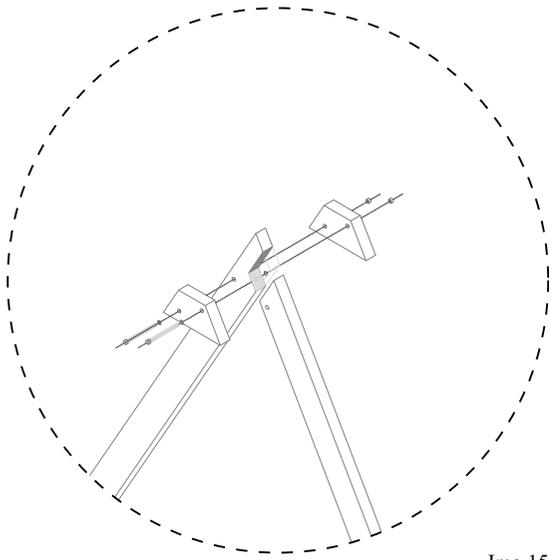
Las vigas principales serán de pino cepillado en dimensiones 2 x 6, unidas de tope en el nivel de piso, abrazadas y conformando el envigado del primer piso con doble viga de pino cepillado en dimensiones 2 x 6 y unidas con doble perno, golilla y tuerca de ½ x 6. Adicionalmente este doble envigado que conforma el envigado de piso del marco estructural se une a los pilares de fundación en 3 ejes. Cada unión entre el envigado de piso y el pilar de fundación va unida con doble perno, golilla y tuerca de ½ x 6 (Img 17).

Img 14 Comparación Dimension Casa A vs Camión. Nicolás Cruz, “Casa A / A-frame”, en Anatomía de la Construcción en madera en Chile: 12 Casos Notables, Andrés Sierra y Francisco Chateau (Santiago: Pontificia Universidad Católica, 2012)

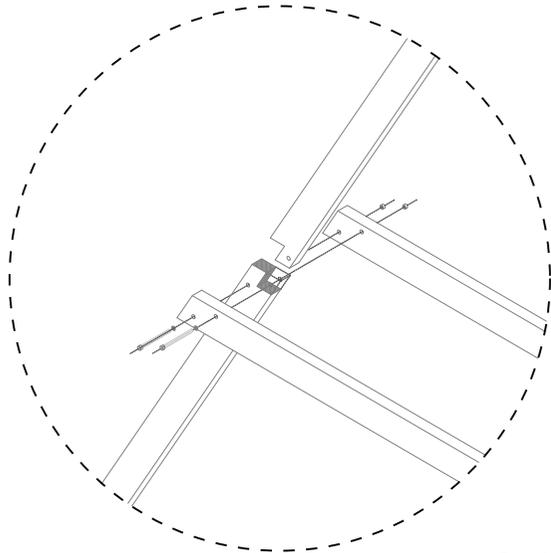
Img 15 Union Vigas de Techo con Cumbreira. Nicolás Cruz, “Casa A / A-frame”, en Anatomía de la Construcción en madera en Chile: 12 Casos Notables, Andrés Sierra y Francisco Chateau (Santiago: Pontificia Universidad Católica, 2012)

Img 16 Union Vigas de Segundo Piso con Vigas de Techo. Nicolás Cruz, “Casa A / A-frame”, en Anatomía de la Construcción en madera en Chile: 12 Casos Notables, Andrés Sierra y Francisco Chateau (Santiago: Pontificia Universidad Católica, 2012)

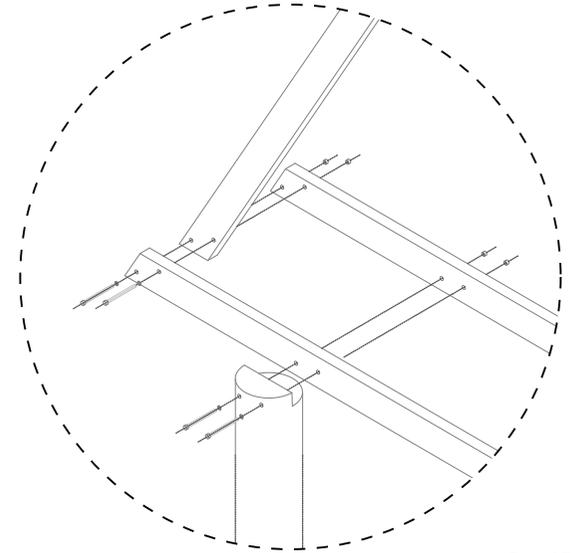
Img 17 Union de Piso con Vigas de Techo y Fundaciones. Nicolás Cruz, “Casa A / A-frame”, en Anatomía de la Construcción en madera en Chile: 12 Casos Notables, Andrés Sierra y Francisco Chateau (Santiago: Pontificia Universidad Católica, 2012)



Img 15



Img 16



Img 17



Img 18



Img 19

Img 18 Casa A en Obra. Chad Randl, "A-frame" (New York: Princeton Architectural Press, 2004), página 90.

Img 19 Prefabricación Panel. Chad Randl, "A-frame" (New York: Princeton Architectural Press, 2004), página 109.

2.3 Desarrollo Programático

2.3.1 Casa A Individual ¿Cómo la estructura repercute en el interior?

La Casa A se denomina como cabaña de techo de cruja simple, donde la geometría del techo da como resultado de su uso los dinámicos espacios interiores¹⁰. La orientación de las cubiertas y las entradas es fundamental para un buen diálogo con el lugar en donde se emplazan debido a que es el paso inicial para un buen desarrollo arquitectónico.

Tal como menciona Paula Donoso¹¹ La estructura de la casa A-Frame coloniza un lugar en poco tiempo al ser un refugio de fácil y rápido armado, sin acumulación de nieve en sus techos. Audaz por su forma con el objetivo de volver a lo esencial borrando distinción entre interior y exterior. Y al mismo tiempo luego de colonizar el lugar en la mayoría de los casos se extiende el estar a través de la terraza que permite que el interior y exterior dialoguen de manera transitoria refrescando ese estar contenido en el interior. La terraza entonces, es un espacio de transición entre la casa A y el lugar donde va situado además de permitir la posibilidad de ampliar la visión a panorámica (Img 20).

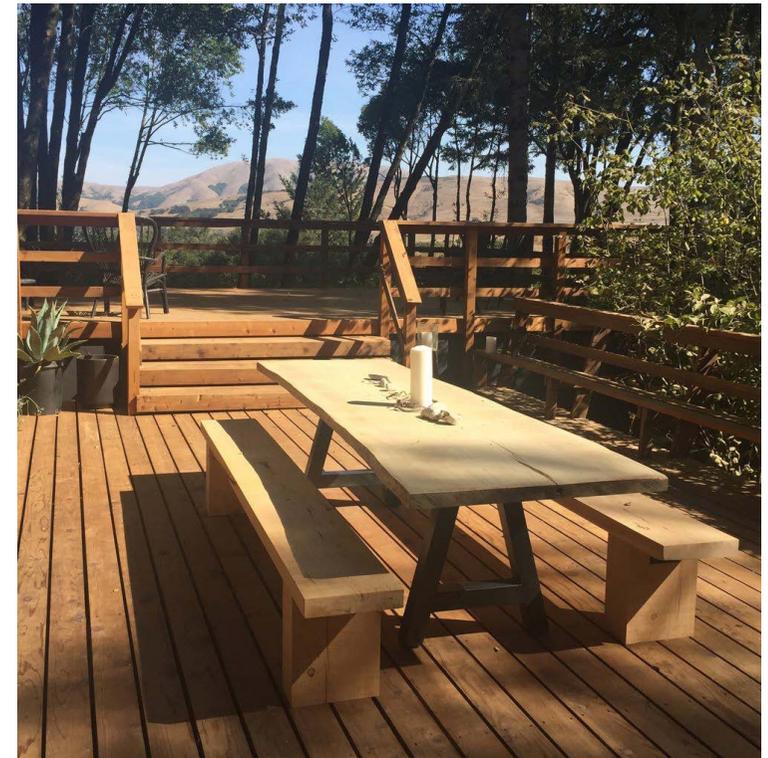
“Es un tema la restricción del dominio visual. Al tener solo dos fachadas contrapuestas con posibilidades de ventana. La vista interior es muy focalizada y para un refugio de montaña limita mucho las posibilidades de tener una visión panorámica”¹²

10 Old-House Journal, The Mania of A-frame. *Old House Online*, (26 de Octubre de 2018), <https://www.oldhouseonline.com/house-tours/the-mania-for-a-frames>

11 Paula Donoso Barros, “Nostalgia de la Casa A”, *Economía y Negocios*, (30 de Diciembre de 2007), <http://www.economiaynegocios.cl/noticias/noticias.asp?id=430016>.

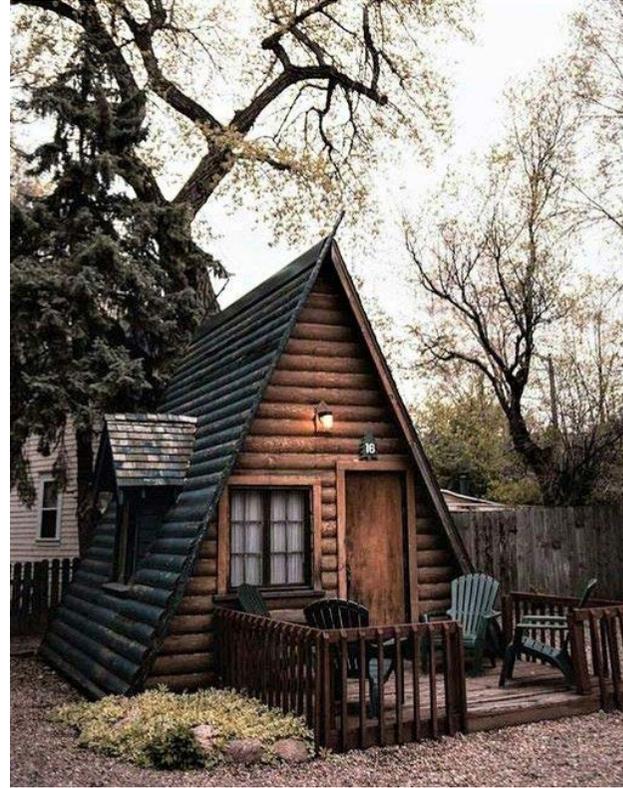
12 Entrevista Personal vía Mail a Arquitecto Martín Hurtado

Img 20 Terraza como Espacio de Transición entre Interior - Exterior (En: <https://invernessaframe.com>)



Martín Hurtado

Img 20



Img 21

Img 21 Variados Casos de A-frame con Extensión del Estar hacia la Terraza. Intendando representar distintos tipos de terrazas que cumplen con el espacio de transición entre interior - exterior. (En: <https://invernessaframe.com>)

En cuanto a su desarrollo programático de los casos establecidos en Chile ubicadas en Farellones y el Arrayán según investigación realizada por Nicolás Cruz¹³ consiste en vivienda familiar.

(1) En planta en un primer nivel se muestran los espacios comunes a excepción de casos que hay volúmenes adjuntos al prisma triangular con dormitorios o baños y en un segundo nivel los dormitorios. “La casa A en sí es una suerte de buhardilla y, por tanto, en el primer piso el espacio es más privilegiado en cuanto a dimensiones¹⁴”. Debido al uso habitable de todos los espacios a pesar de las inclinaciones de techo, el programa se distribuye en planta libre, por lo que la disposición de los tabiques, tamaños de puertas y recintos interiores varía según cada caso.

(2) En corte, el ángulo formado por las vigas de piso con las vigas de techo es de 60° coincidente en todas las casas A estudiadas, “Esto habla de una idealización de la forma, donde probablemente se quería simplificar la producción y montaje¹⁵”. Las alturas son variadas, pero aproximadamente el largo de las vigas es de 6m por lo que la altura total es de 5,2m quedando cada piso con 2,6 m de altura.

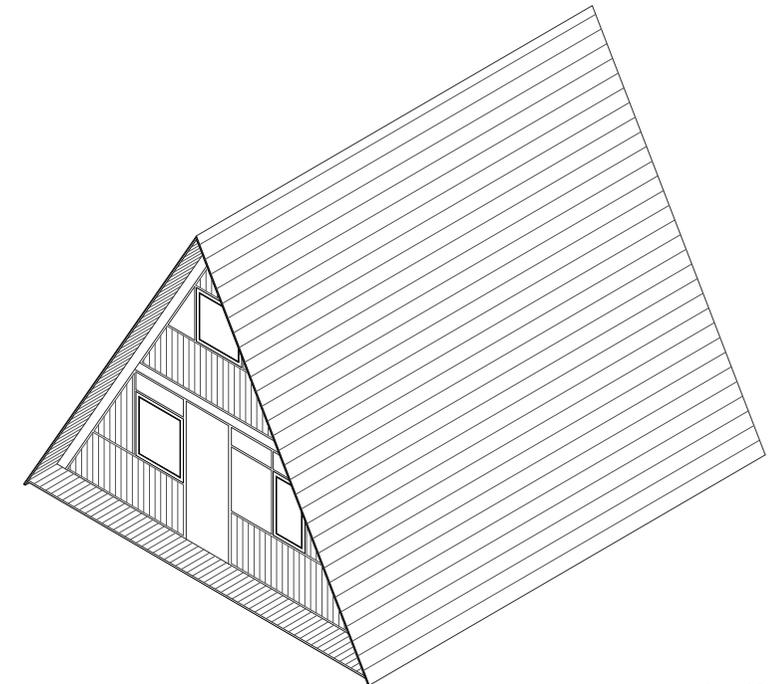
(3) En elevación, se consideran dos porque las otras dos son consideradas cubiertas. La elevación principal muestra los cerramientos siendo plana, los cuales varían según decisiones de proyecto, por lo que no son parte de la prefabricación de su estructura.

*“Las condiciones de habitabilidad son restringidas, nivel de confort interno similar a un automóvil de 1960. Eficiente, sencillo pero algo incómodo. Hay bastante espacio interior no habitable o al menos no de pie. Se parece en algo a una carpa antigua con muchos rincones para dejar bultos pero no para colocar muebles”*¹⁶

Martín Hurtado

La espacialidades son las que permiten la habitabilidad. A pesar de ser una cabaña de techo logra una habitabilidad que hay que tomarla como un atributo. Destacándose de ser una cabaña eficiente que alberga lo que se requiere para un refugio llevándolo todo a su mínima expresión. El estar común de 12,9 m² habitable se ve interrumpido por circulación vertical, escalera con 60° de inclinación logrando su dimensión mínima de 180cm x 90cm de superficie que ocupa. La superficie de los dormitorios suma aproximadamente 17m², la cocina de 3,85m² y el baño de 2m². Los closet se aprovechan en las zonas no habitables que se generan entre el techo y piso.

Por lo tanto, la A-frame se caracteriza por ser una cabaña de techo de cruja simple. Teniendo una fachada principal que se extiende a través de la terraza permitiendo una visión panorámica hacia el exterior y una fachada secundaria que generalmente está orientada hacia los servicios y acceso.



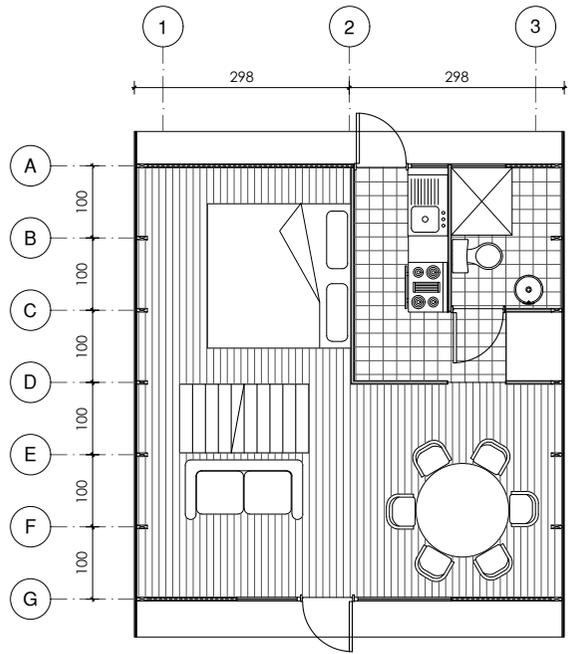
13 Nicolás Cruz, “Casa A / A frame”, en Anatomía de la Construcción en madera en Chile: 12 Casos Notables, ed. Andrés Sierra y Francisco Chateau (Santiago: Pontificia Universidad Católica, 2012)

14 Nicolás Cruz, “Casa A / A frame”, en Anatomía de la Construcción en madera en Chile: 12 Casos Notables, ed. Andrés Sierra y Francisco Chateau (Santiago: Pontificia Universidad Católica, 2012) pág 30.

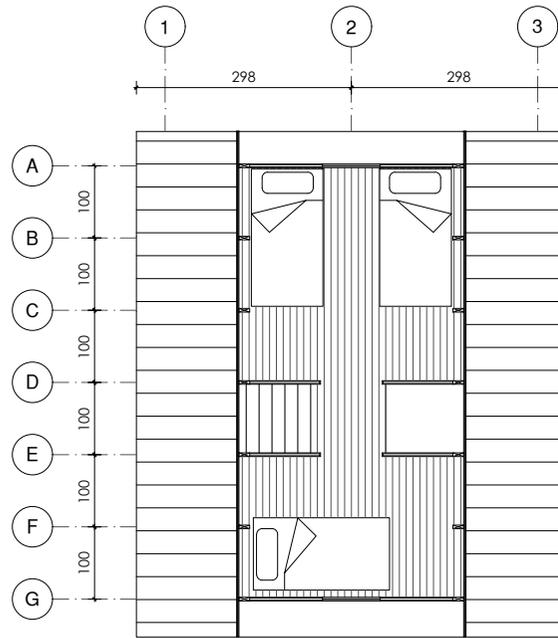
15 Nicolás Cruz, “Casa A / A frame”, en Anatomía de la Construcción en madera en Chile: 12 Casos Notables, ed. Andrés Sierra y Francisco Chateau (Santiago: Pontificia Universidad Católica, 2012) pág 30.

16 Entrevista Personal vía Mail a Arquitecto Martín Hurtado

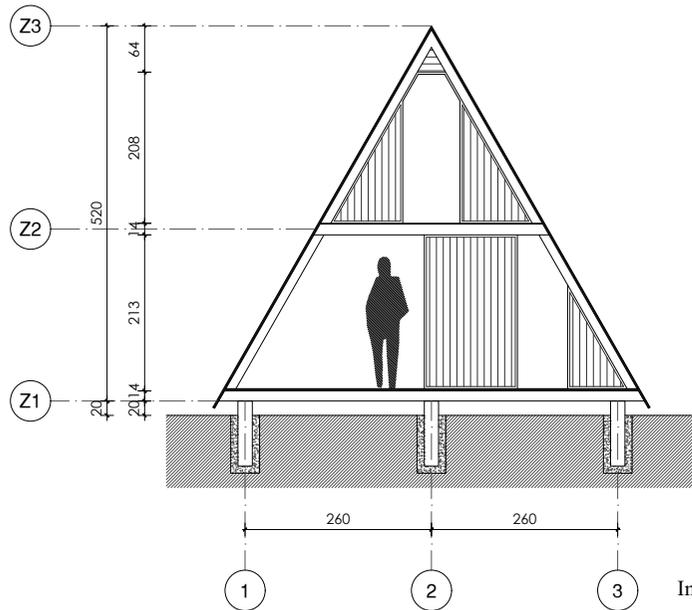
Img 22 Caso Tipo. (CRUZ, Nicolás; En: Andrés Sierra | Francisco Chateau, Anatomía de la Construcción en madera en Chile: 12 Casos Notables, 2012)



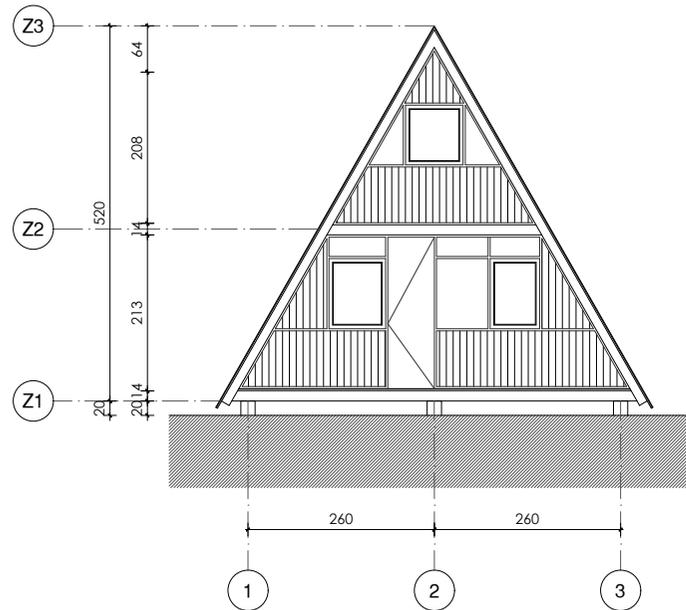
Img 23



Img 24



Img 25



Img 26

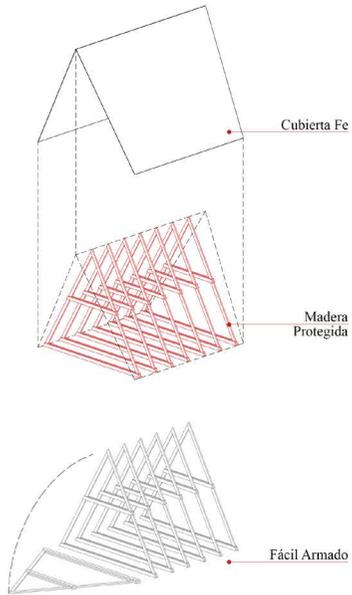
Img 231 Planta Tipo Primer Piso. Nicolás Cruz, "Casa A / A frame", en *Anatomía de la Construcción en madera en Chile: 12 Casos Notables*, ed. Andrés Sierra y Francisco Chateau (Santiago: Pontificia Universidad Católica, 2012)

Img 24 Planta Tipo Segundo Piso. Nicolás Cruz, "Casa A / A frame", en *Anatomía de la Construcción en madera en Chile: 12 Casos Notables*, ed. Andrés Sierra y Francisco Chateau (Santiago: Pontificia Universidad Católica, 2012)

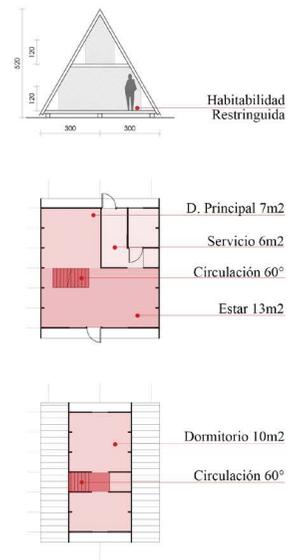
Img 25 Corte Tipo. Nicolás Cruz, "Casa A / A frame", en *Anatomía de la Construcción en madera en Chile: 12 Casos Notables*, ed. Andrés Sierra y Francisco Chateau (Santiago: Pontificia Universidad Católica, 2012)

Img 26 Elevación Tipo. Nicolás Cruz, "Casa A / A frame", en *Anatomía de la Construcción en madera en Chile: 12 Casos Notables*, ed. Andrés Sierra y Francisco Chateau (Santiago: Pontificia Universidad Católica, 2012)

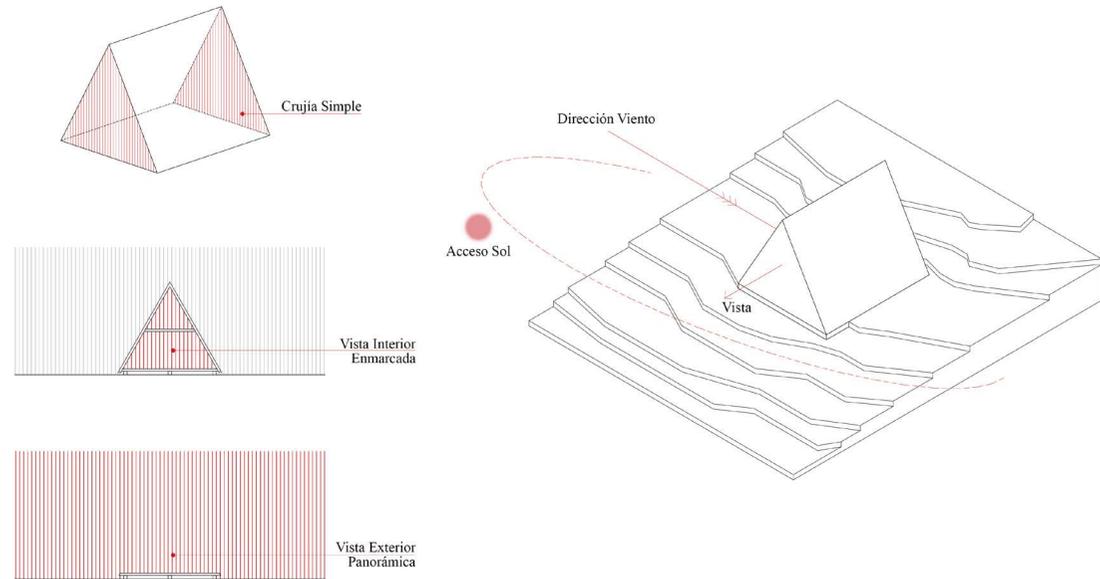
A. EFICIENCIA ARMADO



B. CONFIGURACIÓN



C. ORIENTACIÓN EMPLAZADO



Análisis Casa A Frame. Eficiencia estructural y material, configuración espacial interior y estrategias de emplazado en terreno. (Elaboración Propia)

2.3.2 Casa A Colectiva ¿Cómo se ha visto configurada como conjunto?

La casa A sea cual sea el contexto donde se emplaza se configura de manera individual, pero a pesar de eso existen proyectos que las configuran en conjuntos de distinta manera. Existe un caso nacional, Balnearios Populares desarrollados entre 1970-1973 donde el conjunto es configurado como pabellón de casas A contiguas. Y, por otro lado, un caso internacional, Edificio Farmhouse Tower proyectado pero no construido a inicios del 2019, configurado como un edificio modular, donde la casa A es tomada como módulo.

(a) Balnearios Populares en Chile: 1970-1973 ¹⁷

En Chile se han desarrollado distintas políticas sociales en donde la arquitectura ha actuado como herramienta de servicio a las clases social baja. En los años 60' fueron implementadas las viviendas obreras para darle hogar a quienes no tenían. Luego de la consolidación de estas, en el Gobierno de Salvador Allende se reconocen más necesidades para la clase obrera, dentro de las cuales se busca "Asegurar el turismo de la clase obrera en Chile", se lleva a cabo mediante la construcción de balnearios populares a lo largo del país diseñados por Renato Hernández,

bajo la Dirección de Planificación de Equipamiento Comunitario (DIPEC), creando conjuntos de viviendas con el objetivo de lograr tiempos de ocio (Img 27).

Tal como menciona Miguel Lawner¹⁸, Director Ejecutivo de la Corporación de Mejoramiento Urbano (CORMU), la tipología seguía una idea simple, buscando sacar al visitante de la forma tradicional, y llevándolo a un sistema vacacional que funcionaba mediante colaboración en comunidad. Fueron complejos de varios pabellones dentro de un terreno con capacidad hasta 500 personas y total de 80.000 personas beneficiados.

La morfología proviene de la casa A, configurado de manera lineal tipo pabellones alargados configurando espacios centrales, bloques contiguos de 8 a 10 unidades de casas A. Cada unidad tenía capacidad para 6 a 8 personas, todo en un área común aproximada de 36 m² y altura máxima de 4 metros, espacialidad que según arquitecto permitía un volumen de aire apropiado. Los conjuntos constaban de 6 a 8 conjuntos de cabañas, sectores de baños, comedor, cocina, lavadero, zona de primeros auxilios y canchas¹⁹.

17 Belén Larrondo, Las Nuevas Vacaciones Obreras: Análisis Arquitectónico de los Balnearios Populares en Chile: 1970-1973 (Chile: Pontificia Universidad Católica, 2012).

18 Miguel Lawner, La Demolición de un Sueño (Chile: Londres38, 2013), http://www.londres38.cl/1937/articles-95140_recurso_2.pdf

19 Belén Larrondo, Las Nuevas Vacaciones Obreras: Análisis Arquitectónico de los Balnearios Populares en Chile: 1970-1973 (Chile: Pontificia Universidad Católica, 2012).

Img 27 Balnearios Populares. Belén Larrondo, Las Nuevas Vacaciones Obreras: Análisis Arquitectónico de los Balnearios Populares en Chile: 1970-1973 (Chile: Pontificia Universidad Católica, 2012).



Img 27



Img 28 Proyecto Edificio Farmhouse. India Block, “Precht’s The Farmhouse concept combines modular homes with vertical farms”, *Dezeen* (22 de Febrero de 2019), <https://www.dezeen.com/2019/02/22/precht-farmhouse-modular-vertical-farms/>

20 India Block, “Precht’s The Farmhouse concept combines modular homes with vertical farms”, *Dezeen* (22 de Febrero de 2019), <https://www.dezeen.com/2019/02/22/precht-farmhouse-modular-vertical-farms/>

Img 28

(b) Edificio Farmhouse Tower: 2019 ²⁰

Los arquitectos Fei y Chris Precht desarrollaron The Farmhouse como una forma de reconectar a las personas en ciudades con la agricultura y ayudarles a vivir de manera más sostenible. Buscan reconectar la agricultura al tejido urbano, creando edificios que atraigan todos los sentidos del ser humano.

Sistema modular conceptual que permitiera cultivar en bloques residenciales para compartir con su comunidad local. El arquitecto menciona, “Creo que extrañamos esta conexión física y mental con la naturaleza y este proyecto podría ser un catalizador para reconectarnos con el ciclo de vida de nuestro entorno”. Son módulos prefabricados de carcasas de armazón A de madera laminada que se apilan para proporcionar espacios de vida flexibles. Configurando los módulos en “A” como los departamentos y los módulos en “V” como huertos adyacentes a las viviendas. Pudiendo los usuarios conformar sus hogares utilizando tanto módulos como escojan, creando departamentos de planta libre con las habitaciones tipo “carpa”.

La estructura tanto para el caso de tipología individual como para los casos en conjunto repercute en el desarrollo interior manteniendo los principios y atributos espaciales de esta. Siendo configuraciones modulares distintas, buscan morfológicamente objetivos similares, haciendo todos los espacios habitables, viendo la casa por sí sola, en conjunto como la configuración en pabellón y modular superpuesta.

2.4 Comportamiento Estructural a partir de las Condiciones del Lugar

En primer lugar, se revisan las Normas de Nieve (Nch 431) y de Viento (Nch 432) debido a las condiciones climáticas de la alta montaña en Santiago, que es importante no dejar de lado estas cargas adicionales para el cálculo de la estructura.

En el caso de la Nch 431 (Nieve) según la Latitud 33° 21' y altitud de 2240 metros que nos aparece en el mismo documento, se asigna una cantidad de carga que se debe aplicar, en este caso son 500 Kgf/m² (Img 29). La cual dependiendo de inclinación del techo puede en algunos reducir o en otros mantenerse, pero eliminando la acumulación de nieve debido a que la inclinación del techo no es tan pronunciada. En el caso de la Casa A, al tener su techo en un ángulo de 60° la carga de nieve se disminuye a 125 Kgf/m² y no se considera la acumulación (Img 30).

Altitud, m	Latitud geográfica (sur) del lugar						
	17-26	26-32	32-34	34-38	38-42	42-48	48-55
a 0	0	0	0,25 (25)	0,25 (25)	0,25 (25)	0,25 (25)	0,50 (50)
a 300	0	0	0,25 (25)	0,25 (25)	0,25 (25)	0,25 (25)	1,25 (125)
a 600	0	0,25 (25)	0,50 (50)	0,75 (75)	0,75 (75)	0,50 (50)	1,25 (125)
a 800	0	0,25 (25)	0,75 (75)	1,0 (100)	1,0 (100)	1,0 (100)	1,25 (125)
a 1000	0	0,25 (25)	1,0 (100)	1,5 (150)	1,5 (150)	1,5 (150)	-
a 1250	0	0,25 (25)	2,0 (200)	3,0 (300)	3,0 (300)	2,0 (200)	-
a 1500	0	0,25 (25)	3,0 (300)	4,5 (450)	4,5 (450)	3,0 (300)	-
a 1750	0	0,50 (50)	4,0 (400)	6,0 (600)	6,0 (600)	-	-
a 2000	x	1,00 (100)	5,0 (500)	7,0 (700)	-	-	-
a 2500	x	2,00 (200)	6,0 (600)	-	-	-	-
a 3000	x	3,00 (300)	7,0 (700)	-	-	-	-
sobre 3000	x	3,00 (300)	7,0 (700)	-	-	-	-

Img 29

4.1.2 En superficies con una inclinación α° respecto de la horizontal en que no existen obstáculos que impiden el deslizamiento de la nieve, la sobrecarga se determina por la fórmula:

$$n = Kn_0 = \left(1 - \frac{\alpha^\circ - 30^\circ}{40^\circ}\right)n_0$$

y se considera uniformemente repartida sobre la proyección horizontal de la superficie.

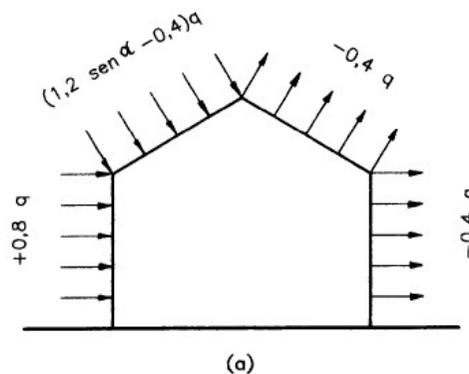
Los valores del coeficiente $K = 1 - \frac{\alpha^\circ - 30^\circ}{40^\circ}$ se indican en la tabla 1.

Tabla 1 - Valores del coeficiente K

α	0°	1°	2°	3°	4°	5°	6°	7°	8°	9°
0 a 30°	1,0									
30°	1,00	0,98	0,95	0,93	0,90	0,88	0,85	0,83	0,80	0,78
40°	0,75	0,73	0,70	0,68	0,65	0,63	0,60	0,58	0,55	0,53
50°	0,50	0,48	0,45	0,43	0,40	0,38	0,35	0,33	0,30	0,28
60°	0,25	0,23	0,20	0,18	0,15	0,13	0,10	0,08	0,05	0,03
70 - 90°					0					

Img 30

En la Nch 432 (Viento) se consideran distintas fórmulas para el cálculo de carga según la forma del volumen (Img 31), como también varía el “q” que se considera dentro de esas fórmulas según la altura del edificio o casa. En este caso se considera la fórmula [(1,2 sen α - 0,4) x q] para la fachada que recibe la fuerza y para la contraria se considera [0,4 x q] donde “q” es 70 Kgf/m², también establecido por la norma.



Img 31

Img 29 Tabla 2 Nch431. (Construcción - Sobrecargas de Nieves, página 3)

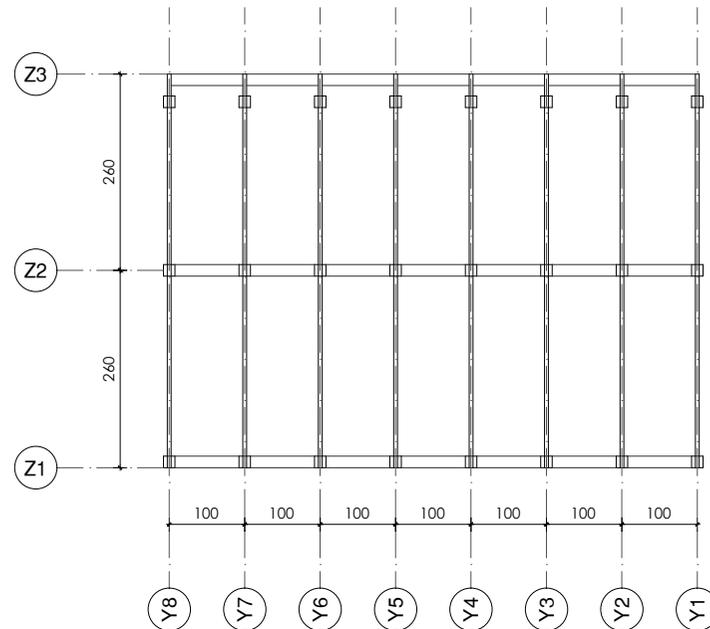
Img 30 Tabla 1 Nch431. (Construcción - Sobrecargas de Nieves, página 2)

Img 31 Fig. 9 Nch432. (Cálculo de la Acción del Viento sobre las Construcciones, página 36)

Para analizar el comportamiento de la estructura de la casa A, se utiliza el software SAP²¹. Pevio a modelar en tres dimensiones la estructura principal es necesario crear la grilla de los elementos en los tres ejes que está involucra. Para luego ingresar las características de materialidad y dimensiones de los elementos. En este caso hay dos tipos de elementos de madera aserrada (1) Viga Doble de 2x6, (2) Viga Simple de 2x6 y hay un tercer elemento que actúa simulando el arriostramiento del contrachapado tanto en la cubierta como en los pisos.

21 SAP2000 es un programa comercial de cálculo de estructuras basado en el Método de los Elementos Finitos (MEF). El origen de su nombre viene de sus siglas en inglés de Structural Analysis Program (Programa de Análisis Estructural). El SAP2000 es un programa de elementos finitos, con interfaz gráfico 3D orientado a objetos, preparado para realizar, de forma totalmente integrada, la modelación, análisis y dimensionamiento del más amplio conjunto de problemas de ingeniería de estructuras. (Fuente: <https://www.eadic.com/sap-2000-software-aplicado-calculo-estructuras/>)

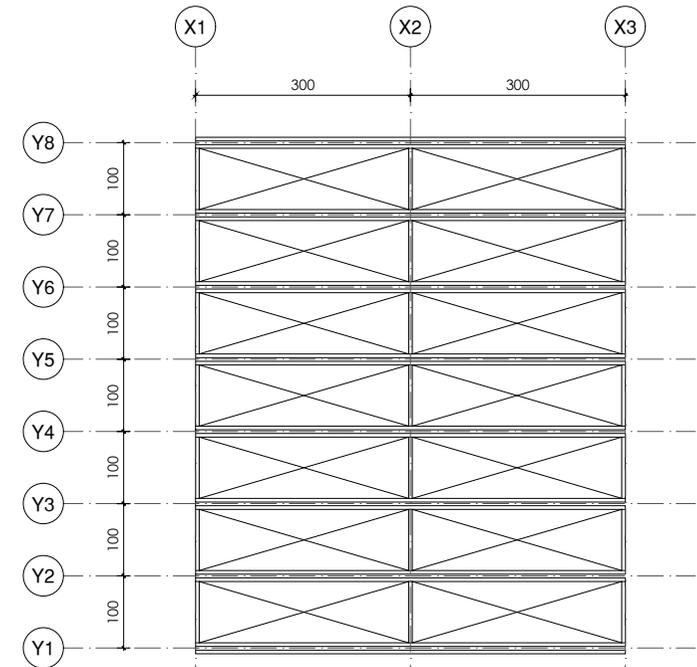
Img 32 Elevación Transversal. 7 Marcos de 6m de ancho separados cada 100cm. Con elementos de Madera Aserrada de 2x6” y riostras en los planos simulando contrachapado. (Elaboración Propia en SAP)



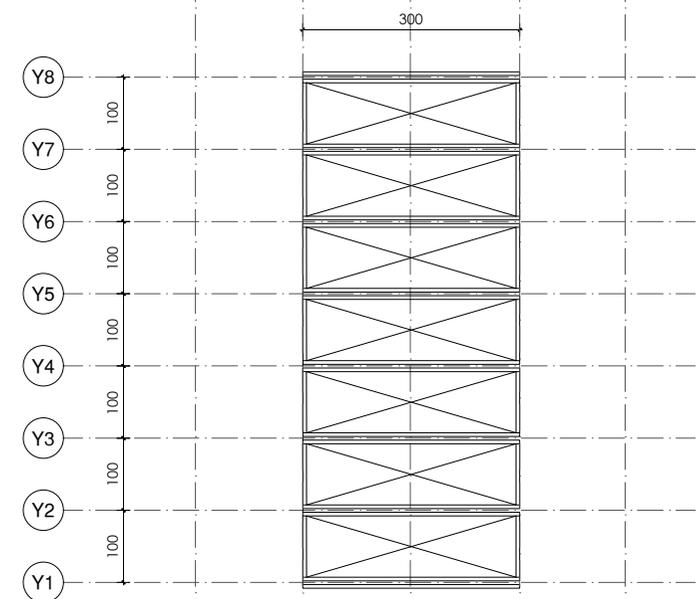
Img 32

Img 33 Planta Nivel 1. Marcos de 6m de ancho cada 100cm, pisos arriostrados simulando contrachapado. (Elaboración Propia en SAP)

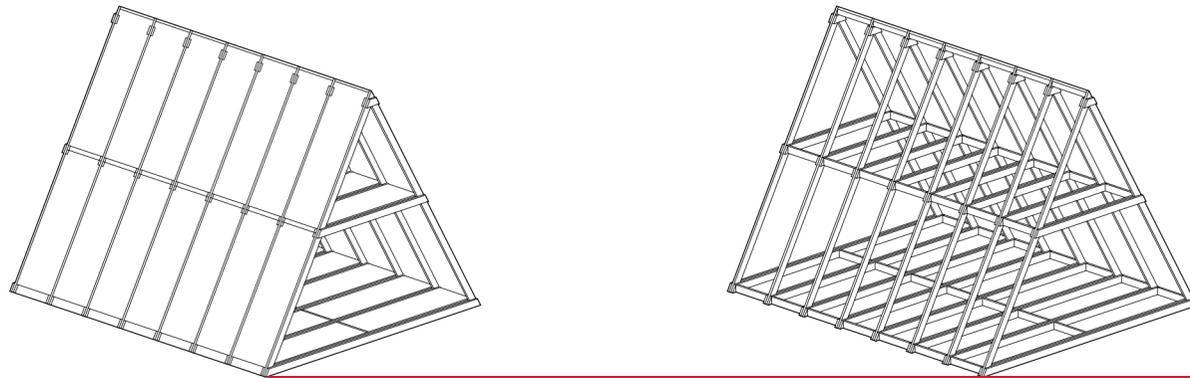
Img 34 Planta Nivel 2. Marcos de 6m de ancho cada 100cm, pisos arriostrados simulando contrachapado. (Elaboración Propia en SAP)



Img 33



Img 34

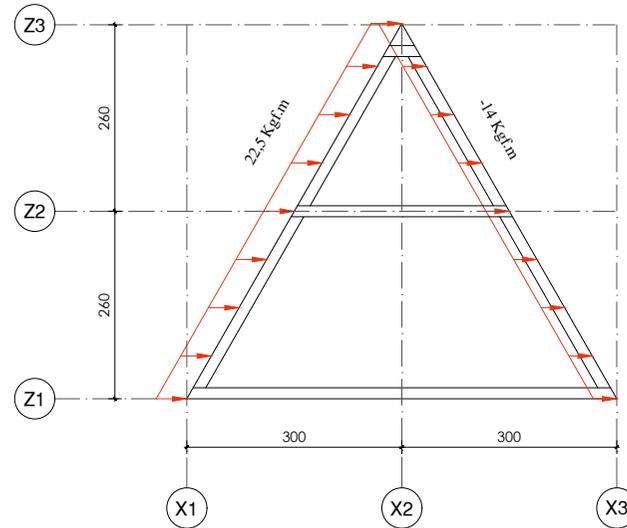


Viga Doble 2x6
Viga Simple 2x6

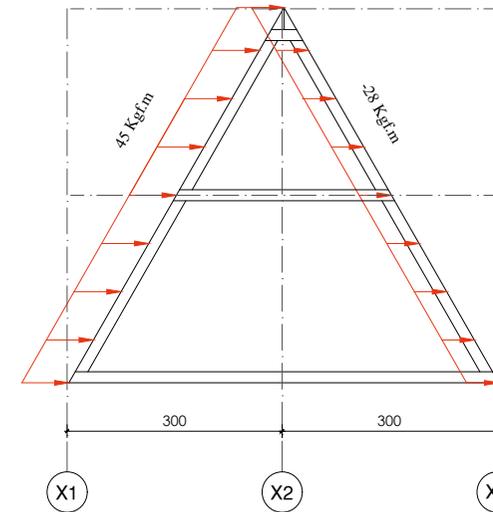
Img 35

Img 35 Modelo 3D. 7 Marcos de 6m de ancho separados cada 100cm. Con elementos de Madera Aserrada de 2x6" y riostras en los planos simulando contrachapado. (Elaboración Propia en SAP)

Luego de haber desarrollado el modelo en tres dimensiones, hay que asignar cargas a la estructura (Sobre Carga, Peso Propio, Nieve y Viento). Según el carácter de programa que tienen las casas A, la sobrecarga se considera 200 Kg/m², peso propio de 36 Kg/m², viento 45 Kg/m² o 28 Kg/m² (Img 36,37) y nieve de 125 Kg/m² (Img 38, 39).



Img 36



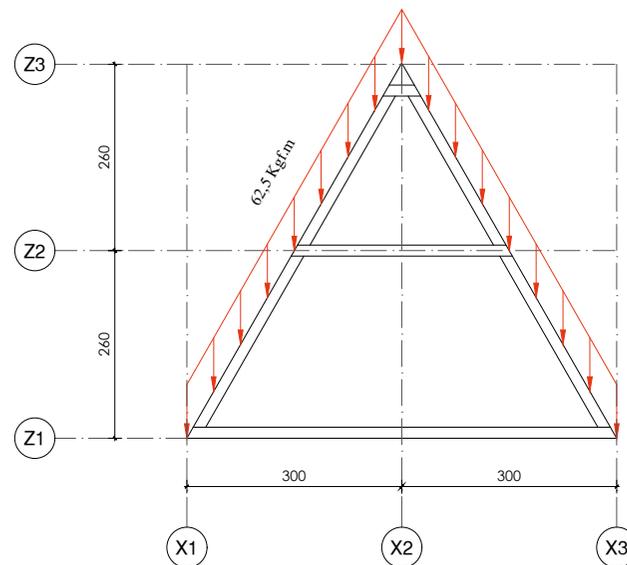
Img37

Img 36 Carga Viento proyectado en eje X de Marco 1 y 7. Tomando en el caso (a) 45Kg/m² x 0,5m y en el caso (b) 28Kg/m² x 0,5m (Elaboración Propia)

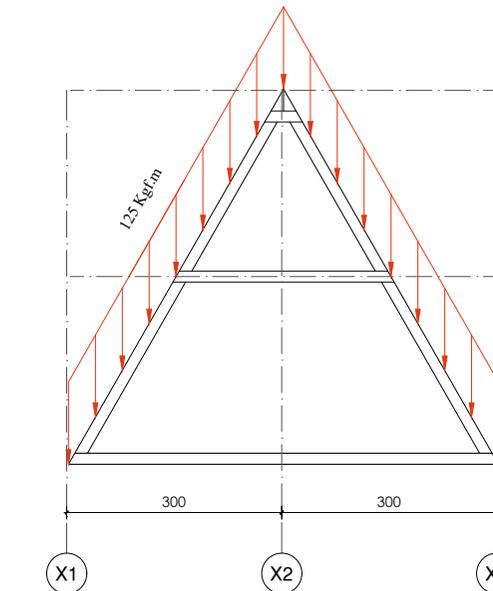
Img 37 Carga Viento proyectado en eje X de Marco 2, 3, 4, 5 y 6. Tomando en el caso (a) 45Kg/m² x 1m y en el caso (b) 28Kg/m² x 1m (Elaboración Propia)

Img 38 Carga Nieve proyectado en eje Z de Marco 1 y 7. Tomando 125 Kg/m² x 0,5m (Elaboración Propia).

Img 39 Carga Nieve proyectado en eje Z de Marco 2, 3, 4, 5 y 6. Tomando 125 Kg/m² x 1m. (Elaboración Propia).

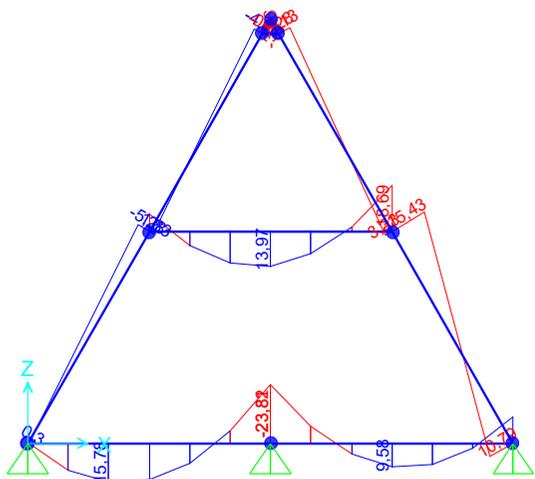


Img 38

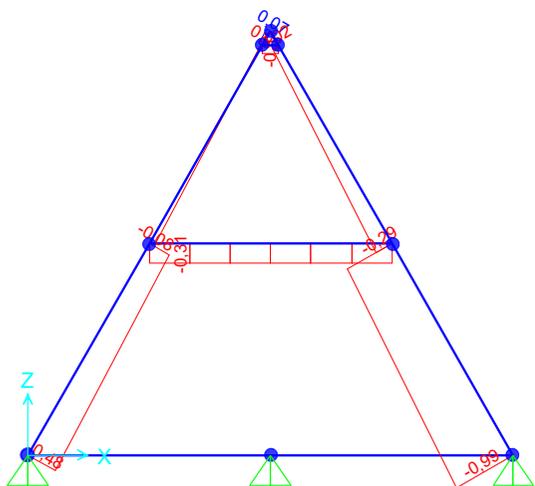


Img 39

Cuando ya se tuvo el modelo cargado con sus cargas de fuerza respectivas, considerando siempre el distanciamiento de marcos cada 100 cm. Se analiza su comportamiento en su deformación, cargas axiales y momento. La deformación máxima en este caso no debe superar 0,52cm (diferencia de altura entre pisos dividido en 500 según lo establecido en la Norma) y según los resultados que nos da el software la casa A cumple al límite con las deformaciones en sus dos pisos. Ya verificada la deformación se analizaron los momentos y las cargas axiales.



Img 40



Img 41

Para el análisis de momento (Img 40), la madera aserrada puede resistir como máximo 70 Kgf/cm² por lo tanto como se muestra en la tabla adjunta, el esfuerzo máximo de momento solicitante con respecto al momento resistente del elemento solicitado, doble envigado de 2x6 del primer piso. El cual, a pesar de ser elementos esbeltos, cumplen con las cargas que se le atribuyen.

En el caso de análisis de esfuerzos axiales (Img 41), la viga de techo en su llegada a la fundación (eje X5) es la que se somete a mayor magnitud de cargas, principalmente por el viento. Esas vigas son simples de 2x6 de 300cm de largo, que a pesar de su esbeltez cumple con las cargas que se le atribuyen.

Teniendo los datos de los esfuerzos por compresión máximo para cada elemento es posible calcular la tensión de trabajo del elemento, para comprobar si cumple o no. Es necesario el cálculo de la tensión diseño debido a que si es mayor a la de trabajo tiene un buen comportamiento. En la tabla adjunta se muestra que la tensión de diseño es mayor a la de trabajo, por lo tanto, sus elementos responden correctamente a las cargas axiales.

Para finalizar, se comprueba que la estructura de la Casa A responde correctamente a todas sus cargas asociadas. Por lo que es tomado como un módulo estructural completo, para así analizar su comportamiento a partir de la superposición de este en dos, cuatro y seis pisos. Al ser al límite su cumplimiento en la deformación supone que se llevará a utilizar piezas de mayores dimensiones en madera laminada. Aun así se realizará la iteración en madera aserrada para comprobación.

Img 40 Diagrama Momento Máximo - Por Flexión (Eboración Propia).

Img 41 Diagrama Fuerzas Axiales Máximas - Por Compresión (Eboración Propia).

CASA A
PP + SC + N + 0,75W
Viga Simple 2x6 Madera Aserrada
Viga Doble 2x6 Madera Aserrada
Arriostramiento Contrachapado

Img 42 Tabla de Calculo Comportamientos Estructurales Casa A. Cálculos de Momento y Axiales. (Elaboración Propia en SAP)

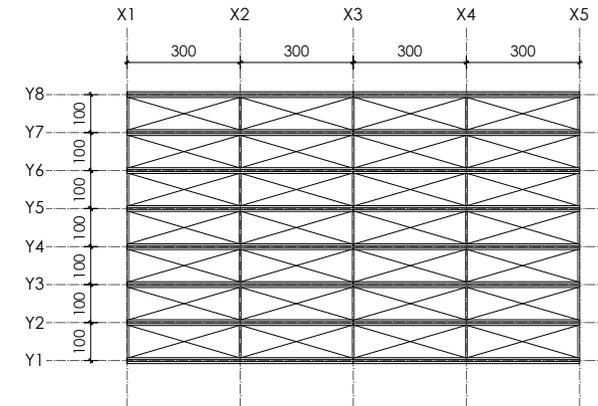
MOMENTO					
	M max (Kgf.cm)	W (cm ³)	Ff (Kgf/cm ²)		
Marco 1	12234,06	393,3	31,11	< 70 Kgf/cm ²	Cumple
Marco 2	23812,4	393,3	60,55	< 70 Kgf/cm ²	Cumple

AXIAL COMPRESIÓN			
	N (Kgf)	Área (cm ²)	Fc (Kgf/cm ²)
Marco 1	557,13	72,42	7,69
Marco 2	991,25	77,42	12,80

TENSION DE DISEÑO					
	λ	F _{cp,dis} (Kgf/cm ²)	K λ	F _{cp,λ,dis} (Kgf/cm ²)	
Marco 1	68,2	56	0,71	39,76	Cumple
Marco 2	68,2	56	0,71	39,76	Cumple

CAPÍTULO 2: Comportamiento Configuraciones de Superposición Modular

A partir del módulo establecido anteriormente- la estructura de la casa A- se modelan e iteran distintas opciones de superposición y se analizan los resultados de los comportamientos, aumentando en la altura en los modelos a medida que se desarrollan. Para esto se realizan cuatro modelos sometidos a todas las cargas, que a partir de estos se llega a un quinto modelo, siendo el final. (1) El primero es una superposición de dos módulos de altura manteniendo la madera aserrada como materialidad. (2) La misma forma del primer modelo cambiando de madera aserrada a madera laminada para así poder comparar comportamientos de las distintas materialidades, pero manteniendo la forma. (3) Modelo que aumenta un módulo en su altura con respecto al anterior y manteniendo todas las características de sus elementos. (4) A partir de decisiones de diseño de proyecto y los resultados de los modelos anteriores se realiza un acercamiento al edificio utilizando los mismos elementos ya establecidos. (5) Modelo final ajustado a nuevas dimensiones de los elementos a partir de lo concluido de los cuatro modelos anteriores.



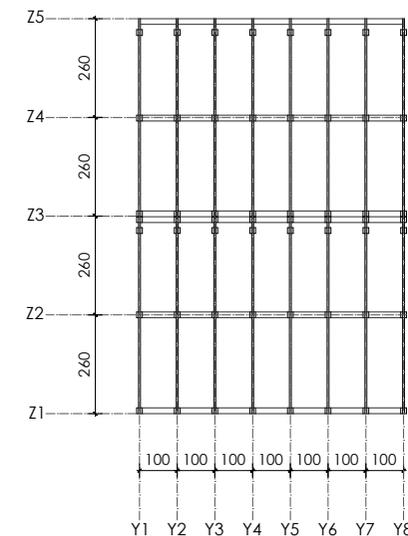
Img 43

3.1 Iteración 1, Módulos de Madera Aserrada en Modelo de cuatro pisos

Superposición de cuatro módulos que conforman una altura equivalente a cuatro pisos (Img 45). Los cuales mantienen tanto las dimensiones como la materialidad de la casa A evaluada anteriormente, siendo elementos de 2x6 y 2x12 en los casos que se duplican (se puede identificar en las elevaciones adjuntas). La grilla consta de 9 ejes en X cada 144,5 cm, 5 ejes en Z cada 252 cm aproximadamente y 8 ejes en Y cada 100cm (Img 43).

Es sometido a cuatro tipos de cargas:

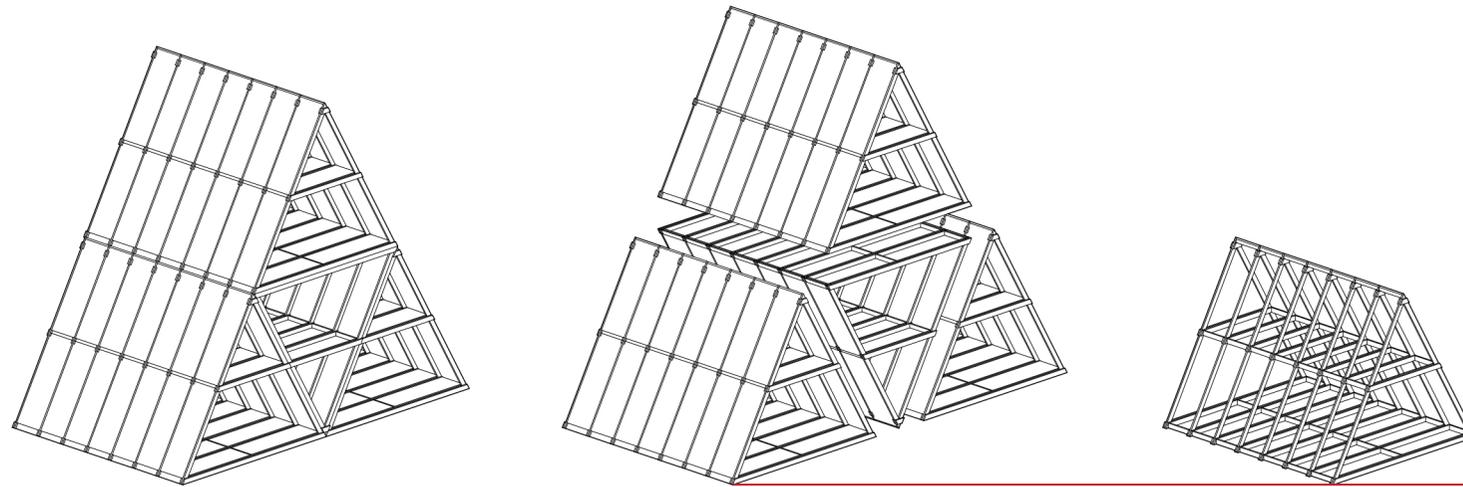
- (a) Sobrecarga: 200 Kgf/m² o 400 Kgf/m²
- (b) Peso Propio: 35 Kgf/m²
- (c) Viento | Nch 432: A. 45 Kgf/m², B. 58 Kgf/m², C. 28 Kgf/m² y D. 36 Kgf/m² (Img 46,47)
- (d) Nieve | Nch 431:125 Kgf/m² (Img 48,49)



Img 44

Img 43 Planta. La grilla en el software consta de 9 ejes en X (cada 144,5 cm), 5 ejes en Z (cada 252cm aproximadamente) y 8 ejes en Y (cada 100cm). (Elaboración Propia en SAP)

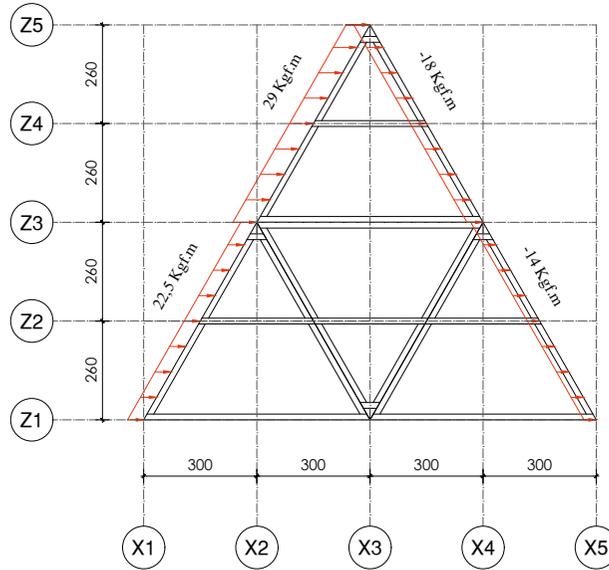
Img 44 Elevación Transversal. Superposición de cuatro módulos con elementos de Madera Aserrada de 2x6 y riostras en los planos simulando contrachapado. (Elaboración Propia en SAP)



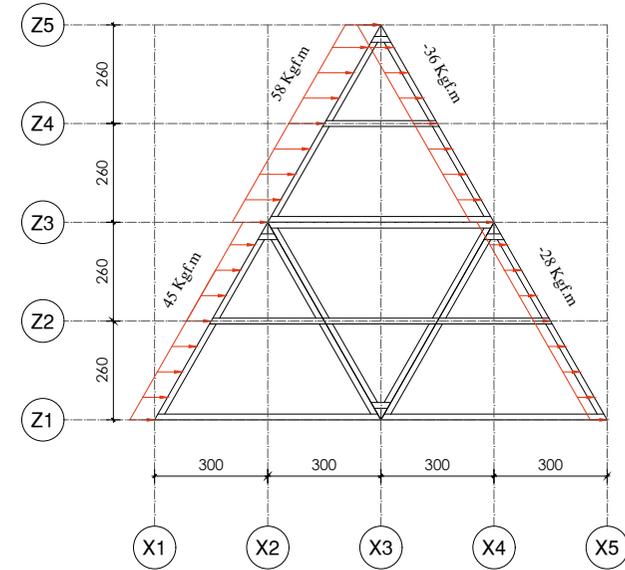
Viga Doble 2x6
Viga Simple 2x6

Img 32

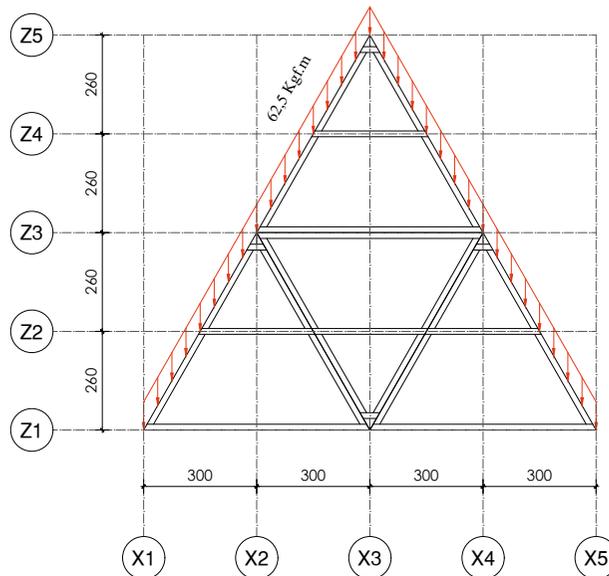
Img 45 Modelo 3D. Superposición de cuatro módulos con elementos de Madera Aserada de 2x6 y riostras en los planos simulando contrachapado. (Elaboración Propia en SAP)



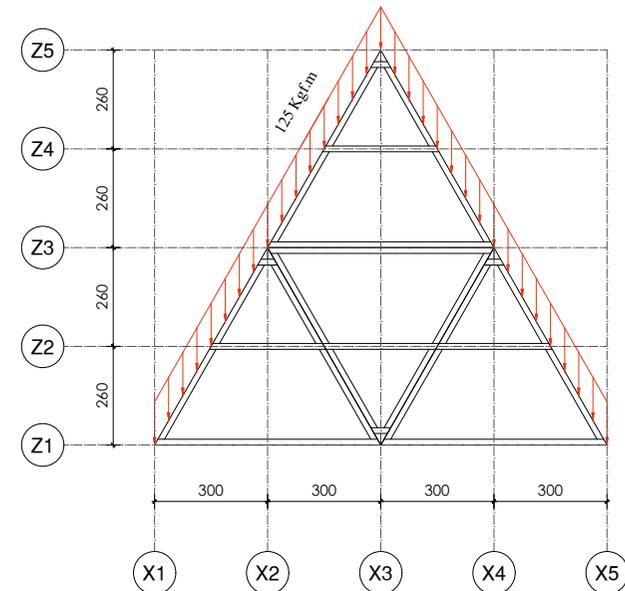
Img 46



Img 47



Img 48



Img 49

Img 46 Carga Viento proyectado en eje X de Marco 1 y 7. Tomando cada carga respectiva multiplicandola por 0,5m (Elaboración Propia)

Img 47 Carga Viento proyectado en eje X de Marco 2, 3, 4, 5 y 6. Tomando cada carga respectiva multiplicandola por 1m (Elaboración Propia)

Img 48 Carga Nieve proyectado en eje Z de Marco 1 y 7. Tomando cada carga respectiva multiplicandola por 0,5m (Elaboración Propia)

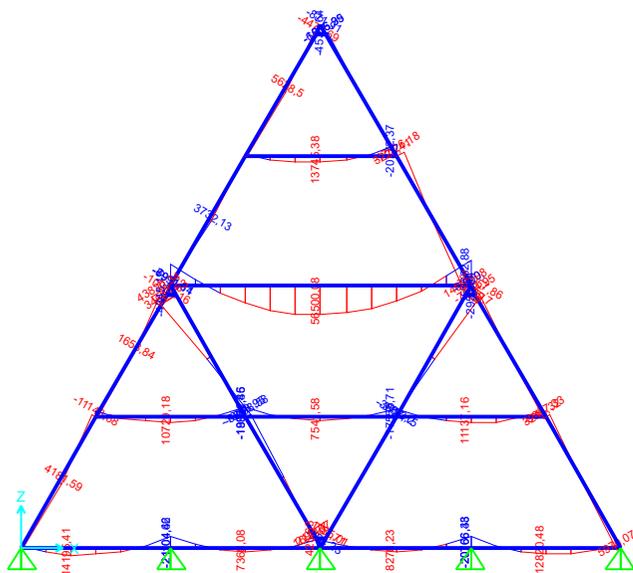
Img 49 Carga Nieve proyectado en eje Z de Marco 2, 3, 4, 5 y 6. Tomando cada carga respectiva multiplicandola por 1m (Elaboración Propia)

En cuanto a su deformación, tal como se mencionó, no debe superar 0,52cm. En el tercer y cuarto piso llega a un 0,88 cm, por lo tanto, la estructura no cumple principalmente por las cargas de viento que es sometido. Era lo supuesto según conclusiones del comportamiento del caso de estudio, pero era necesario comprobarlo para próximas iteraciones con cambio de materialidad.

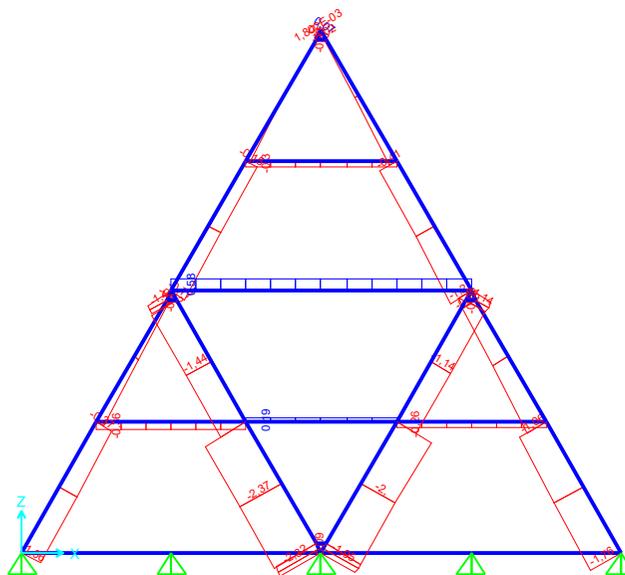
Para el análisis de momento (Img50), en la madera aserrada la fuerza resultante del momento máximo solicitante y el momento resistente puede resistir como máximo 70 Kgf/cm². La fuerza resultante no cumple en ninguno de los casos, donde en los marcos de los extremos no cumplen con $F_f=70,2$ Kgf/m² y en los marcos interiores tampoco con $F_f=143,54$ Kgf/m² (Img 52).

En el caso de las fuerzas axiales máximas (Img 51) según sus respectivas áreas de sección de los elementos. La tensión de diseño debe ser mayor a la de trabajo, que se calcula según los datos que nos da el programa. En este caso para ambos tipos de marcos se cumple (Img 52).

A partir del desarrollo de este primer modelo, se puede concluir que para la superposición del módulo establecido es necesario aumentar las secciones de los elementos y cambiar la materialidad debido a la cantidad de cargas que es sometido por el lugar en el que se sitúa, no cumpliéndose la deformación y la flexión.



Img 50



Img 51

Img 50 Diagrama Momento Máximo - Por Flexión (Eboración Propia).

Img 51 Diagrama Fuerzas Axiales Máximas - Por Compresión (Eboración Propia).

ITERACIÓN 1
PP + SC + N + 0,75W
Viga Simple 2x6 Madera Aserrada
Viga Doble 2x6 Madera Aserrada
Arriostreamiento Contrachapado

Img 52 Tabla de Calculo Comportamientos Estructurales Modelo 1. Cálculos de Momento y Axiales. (Elaboración Propia en SAP)

MOMENTO					
	M max (Kgf.cm)	W (cm3)	Ff (Kgf/cm2)		
Marco 1	28322,35	393,3	72,01	< 70 Kgf/cm2	No Cumple
Marco 2	56453,12	393,3	143,54	< 70 Kgf/cm2	No Cumple

AXIAL COMPRESIÓN			
	N (Kgf)	Área (cm2)	Fc (Kgf/cm2)
Marco 1	2025,14	77,4	26,16
Marco 2	2366,4	77,4	30,57

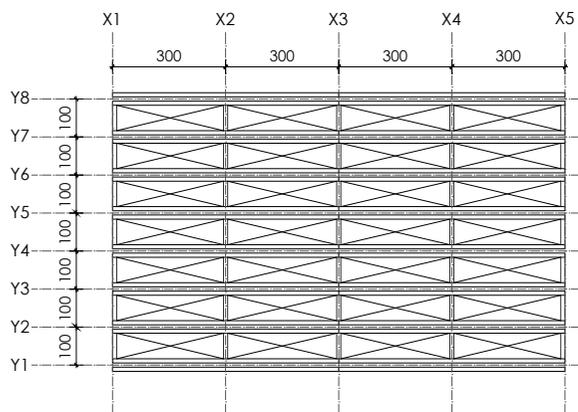
TENSION DE DISEÑO					
	λ	Fcp,dis (Kgf/cm2)	K λ	Fcp, λ ,dis (Kgf/cm2)	
Marco 1	68,2	56	0,71	39,76	Cumple
Marco 2	68,2	56	0,71	39,76	Cumple

3.2 Iteración 2, Módulos de Madera Laminada en Modelo de cuatro pisos

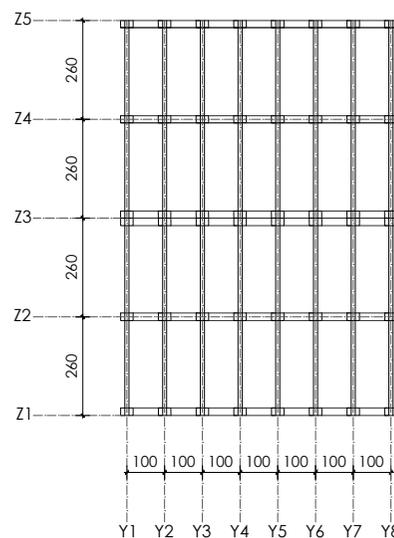
Superposición de cuatro módulos que conforman una altura equivalente a cuatro pisos exactamente igual al modelo anterior (Img 55). Los cuales varían sus dimensiones a elementos de madera laminada de 110x200mm o 110x185mm llegando a medidas máximas de 110x400mm (identificar en elevaciones adjuntas). La grilla consta de 9 ejes en X cada 144,5 cm, 5 ejes en Z cada 252 cm aproximadamente y 8 ejes en Y cada 100cm (Img 53).

Es sometido a cuatro tipos de cargas:

- (a) Sobrecarga: 200 Kgf/m² o 400 Kgf/m²
- (b) Peso Propio: 35 Kgf/m²
- (c) Viento | Nch 432: A. 45 Kgf/m² – B. 58 Kgf/m² – C. 28 Kgf/m² – D. 36 Kgf/m² (Img 56,57)
- (d) Nieve | Nch 431: 125 Kgf/m² (Img 58,59)



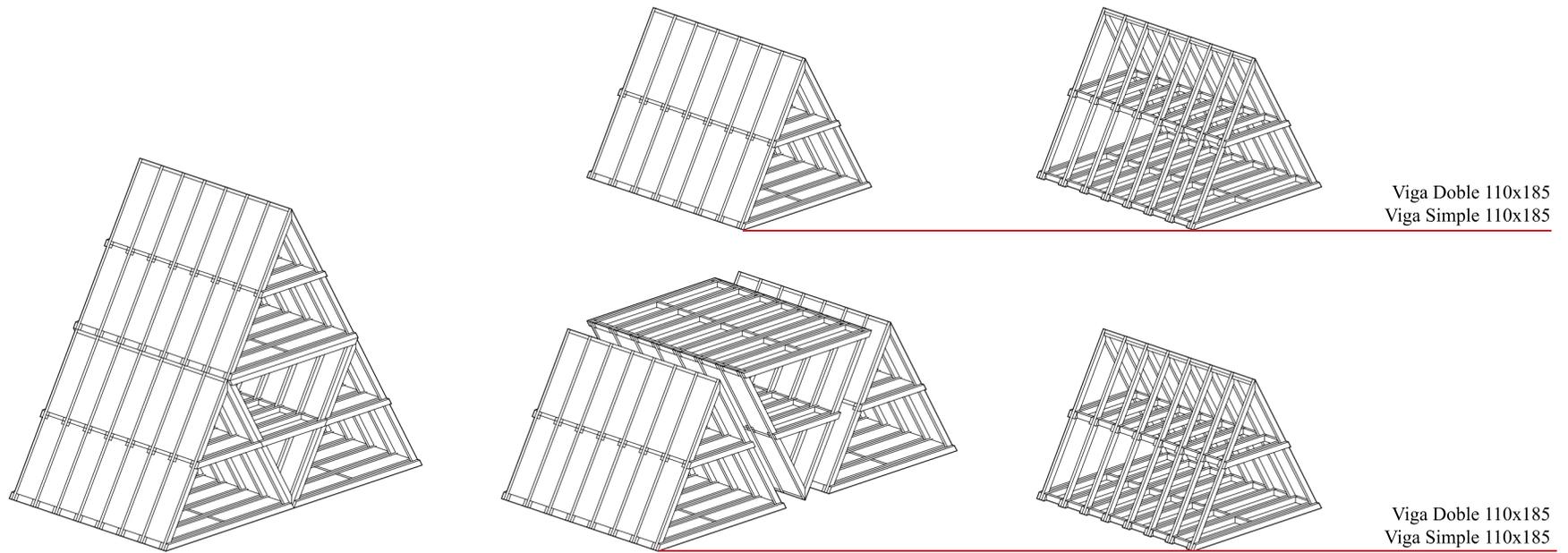
Img 53



Img 54

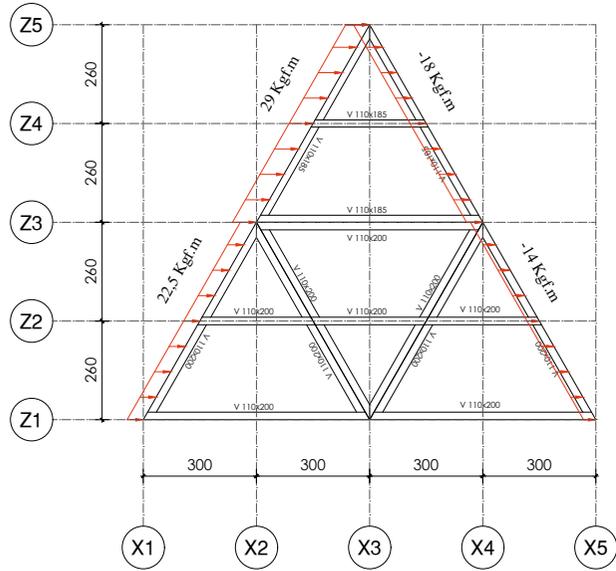
Img 53 Planta. La grilla en el software consta de 9 ejes en X (cada 144,5 cm), 5 ejes en Z (cada 252cm aproximadamente) y 8 ejes en Y (cada 100cm). (Elaboración Propia en SAP)

Img 54 Elevación Transversal. Superposición de cuatro módulos con elementos de Madera Laminada y riostras en los planos simulando contrachapado. (Elaboración Propia en SAP)

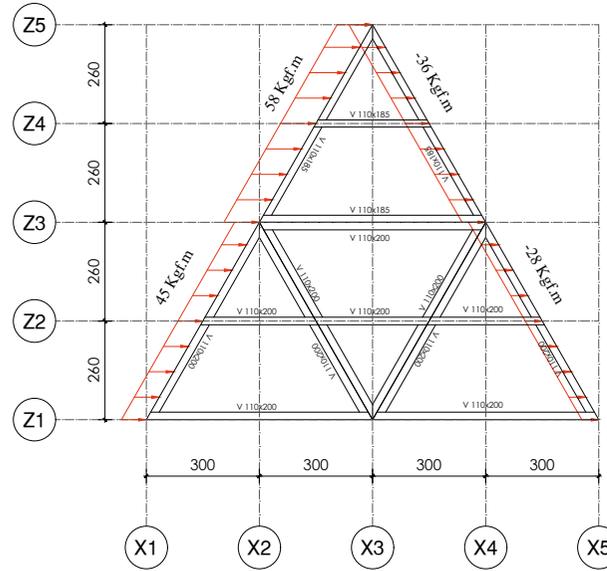


Img 32

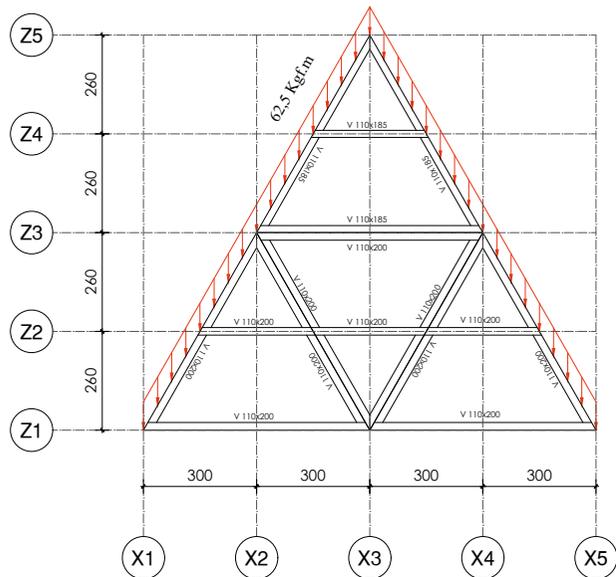
Img 55 Modelo 3D. Superposición de cuatro módulos con elementos de Madera Laminada y riostras en los planos simulando contrachapado. (Elaboración Propia en SAP)



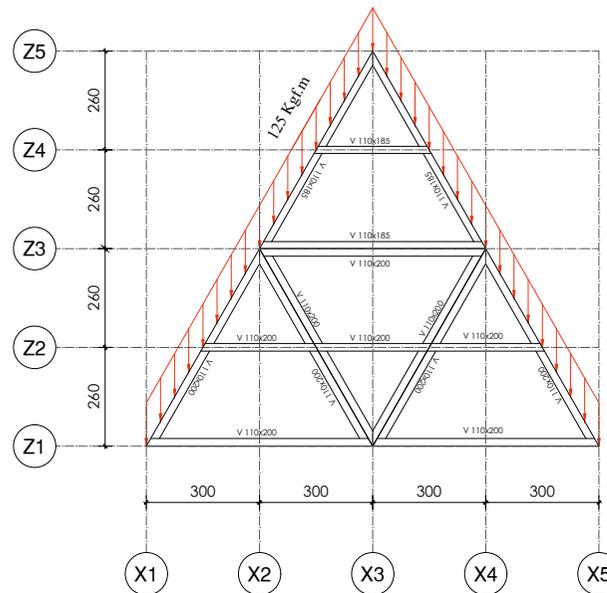
Img 56



Img 57



Img 58



Img 59

Img 56 Carga Viento proyectado en eje X de Marco 1 y 7. Tomando cada carga respectiva multiplicandola por 0,5m (Elaboración Propia)

Img 57 Carga Viento proyectado en eje X de Marco 2, 3, 4, 5 y 6. Tomando cada carga respectiva multiplicandola por 1m (Elaboración Propia)

Img 58 Carga Nieve proyectado en eje Z de Marco 1 y 7. Tomando cada carga respectiva multiplicandola por 0,5m (Elaboración Propia)

Img 59 Carga Nieve proyectado en eje Z de Marco 2, 3, 4, 5 y 6. Tomando cada carga respectiva multiplicandola por 1m (Elaboración Propia)

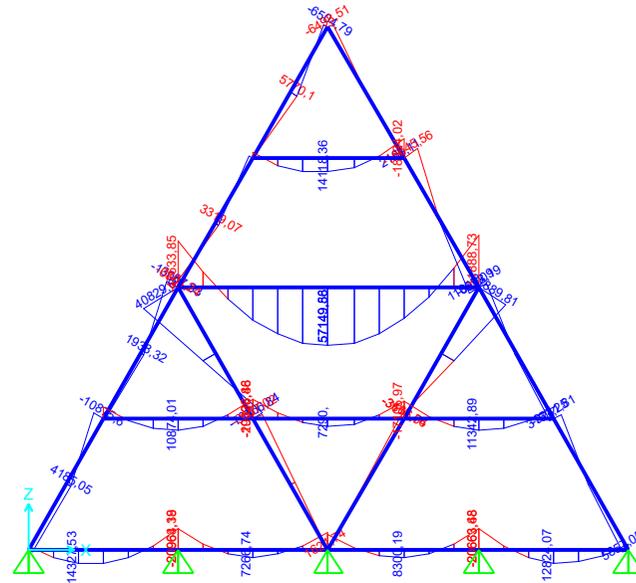
En cuanto a su deformación, no debe superar 0,52cm (diferencia de altura/500). Su máxima deformación es en el tercer piso -U1=0,15 cm- que está dentro del rango de cumplimiento, por lo que no hay problemas con respecto a la deformación.

Para el análisis de momento (Img 60), en la madera laminada, la fuerza resultante del momento máximo solicitante y el momento resistente (W) puede resistir como máximo 93 Kgf/cm². Como todos los elementos son de igual dimensión, se tomó la doble viga que estaba sometida a las máximas carga. En ese caso, siendo el más desfavorecido, la fuerza resultante cumple, por lo que todos sus elementos tienen buen comportamiento con respecto a la flexión (Img 62).

En el caso de las fuerzas axiales máximas (Img 61) según sus respectivas áreas de sección de los elementos. La tensión de diseño debe ser mayor a la de trabajo. Al igual que el caso anterior se cumple para todos sus elementos (Img 62).

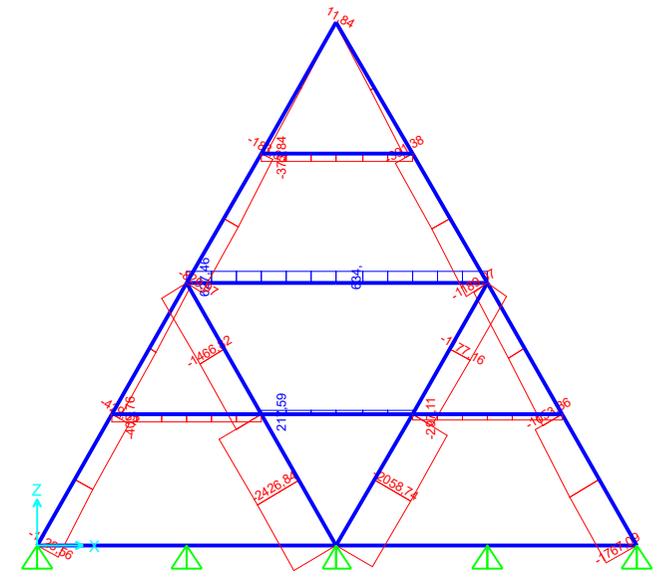
Con el segundo modelo, se puede concluir que para la superposición del módulo establecido es necesario aumentar las secciones y el cambio de materialidad a madera laminada en vez de madera aserrada. Buen comportamiento de los elementos, la pronunciada inclinación del techo disminuye en grandes cantidades la carga de nieve.

Img 60 Diagrama Momento Máximo - Por Flexión (Eboración Propia).



Img 60

Img 61 Diagrama Fuerzas Axiales Máximas - Por Compresión (Eboración Propia).



Img 61

ITERACIÓN 2
PP + SC + N + 0,75W
Viga Simple 110x200mm MLE
Viga Doble 110x200mm MLE
Viga Simple 110x185mm MLE
Viga Doble 110x385mm MLE
Viga Simple 110x400mm MLE
Arriostreamiento Contrachapado

Img 62 Tabla de Calculo Comportamientos Estructurales Modelo 2. Cálculos de Momento y Axiales. (Elaboración Propia en SAP)

MOMENTO					
	M max (Kgf.cm)	W (cm ³)	Ff (Kgf/cm ²)		
Marco 1	57187,82	5434,9	10,52	< 93 Kgf/cm ²	Cumple

AXIAL COMPRESIÓN			
	N (Kgf)	Área (cm ²)	Fc (Kgf/cm ²)
Marco 1	2436,33	440	5,54

TENSION DE DISEÑO					
	λ	Fcp,dis (Kgf/cm ²)	K λ	Fcp, λ ,dis (Kgf/cm ²)	
Marco 1	25,8	56	0,89	49,84	Cumple
Marco 2	25,8	56	0,89	49,84	Cumple

Img 63 Planta. La grilla en el software consta de 13 ejes en X (cada 144,5 cm), 7 ejes en Z (cada 252cm aproximadamente) y 5 ejes en Y (cada 200 cm). (Elaboración Propia en SAP)

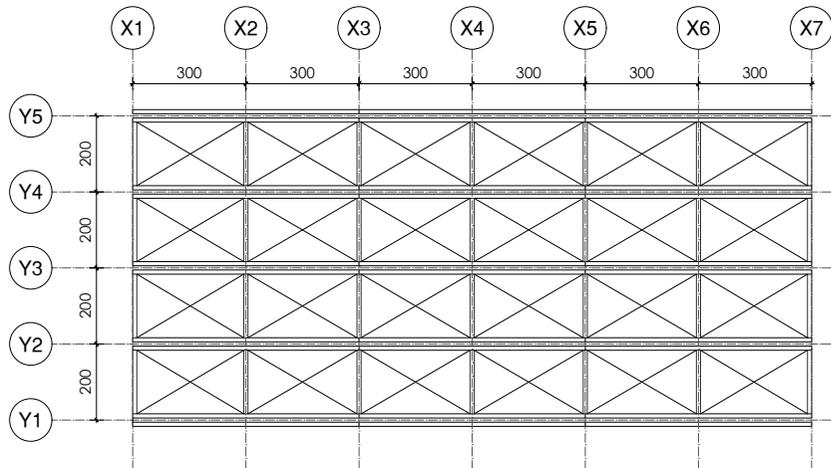
Img 64 Elevación Transversal. Superposición de nueve módulos con elementos de Madera Laminada de 110x200mm o 110x185mm llegando a medidas máximas de 110x400mm y riostras en los planos simulando contrachapado. (Elaboración Propia en SAP)

3.3 Iteración 3, Módulos de Madera Laminada en Modelo de seis pisos

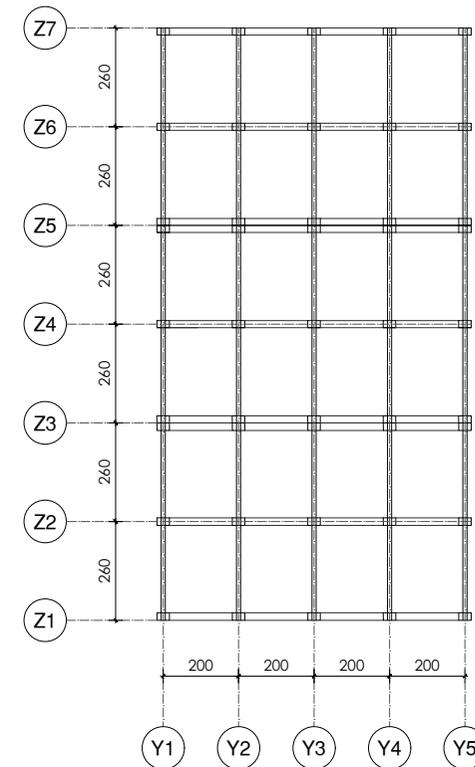
Superposición de nueve módulos que conforman una altura equivalente a seis pisos, aumentando un módulo de altura con respecto al anterior (Img 65). Sus elementos mantienen las mismas dimensiones y materialidad de madera laminada de 110x200mm o 110x185mm llegando a medidas máximas de 110 x 400 mm (identificar en elevaciones adjuntas). La grilla consta de 13 ejes en X cada 144,5 cm, 7 ejes en Z cada 252 cm aproximadamente y 5 ejes en Y cada 200cm debido que cada 100cm cumple (Img 58).

Es sometido a cuatro tipos de cargas:

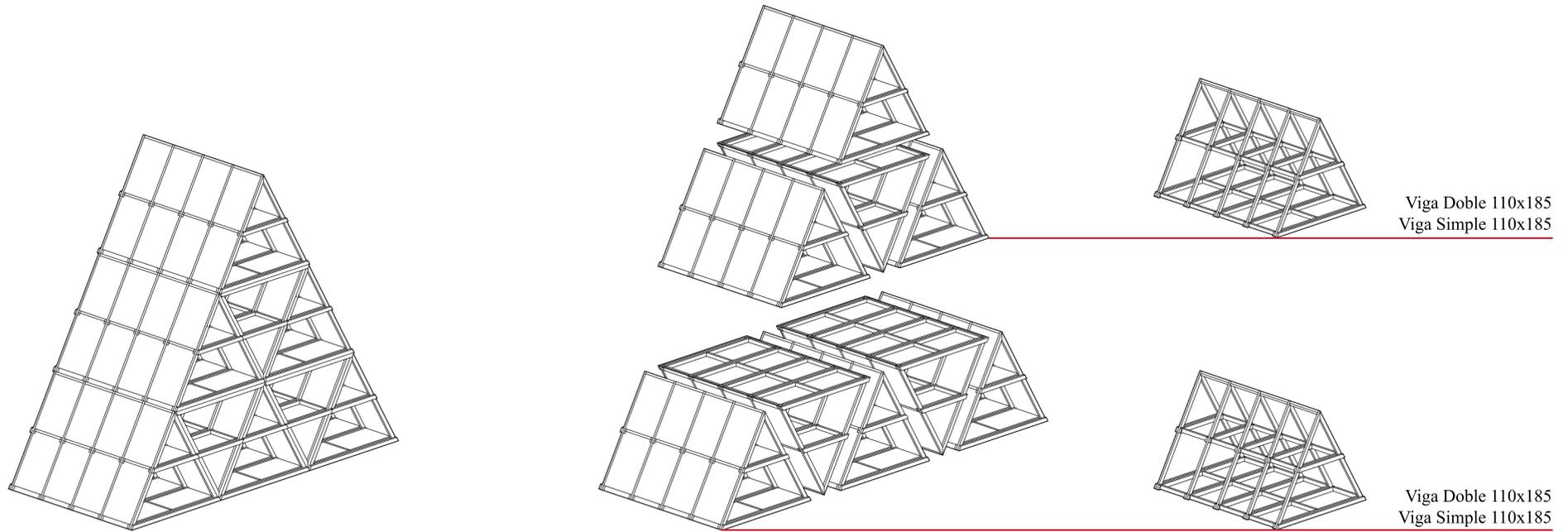
- (a) Sobrecarga: 200 Kgf/m² o 400 Kgf/m²
- (b) Peso Propio: 35 Kgf/m²
- (c) Viento | Nch 432: A. 45 Kgf/m² – B. 58 Kgf/m² – C. 75 Kgf/m² – D. 28 Kgf/m² – E. 36 Kgf/m² – F. 48 Kgf/m² (Img 66,67)
- (d) Nieve | Nch 431: 125 Kgf/m² (Img 68,69)



Img 63

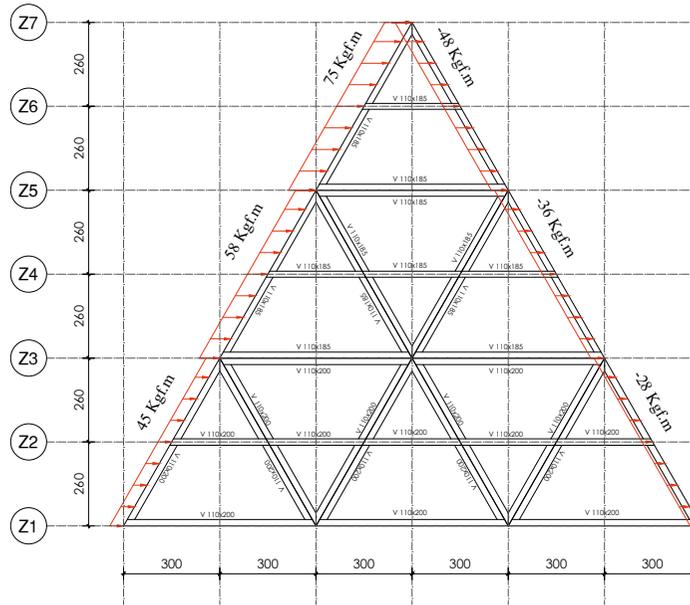


Img 64

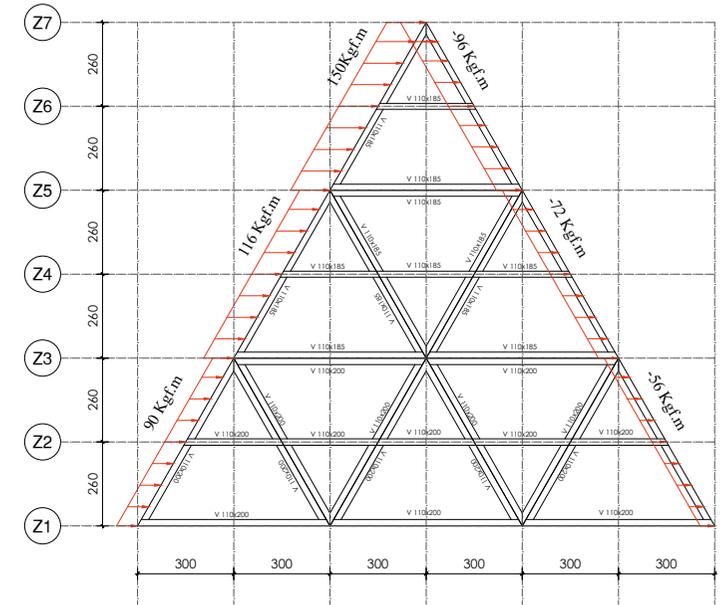


Img 65

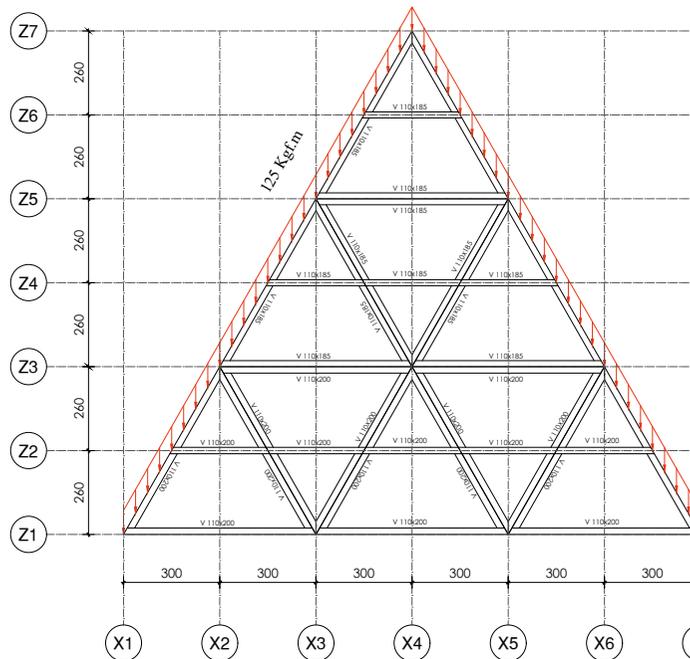
Img 65 Modelo 3D. Superposición de nueve módulos con elementos de Madera Lamina-da de 110x200mm o 110x185mm llegando a medidas máximas de 110x400mm y riostras en los planos simulando contrachapado. (Elaboración Propia en SAP)



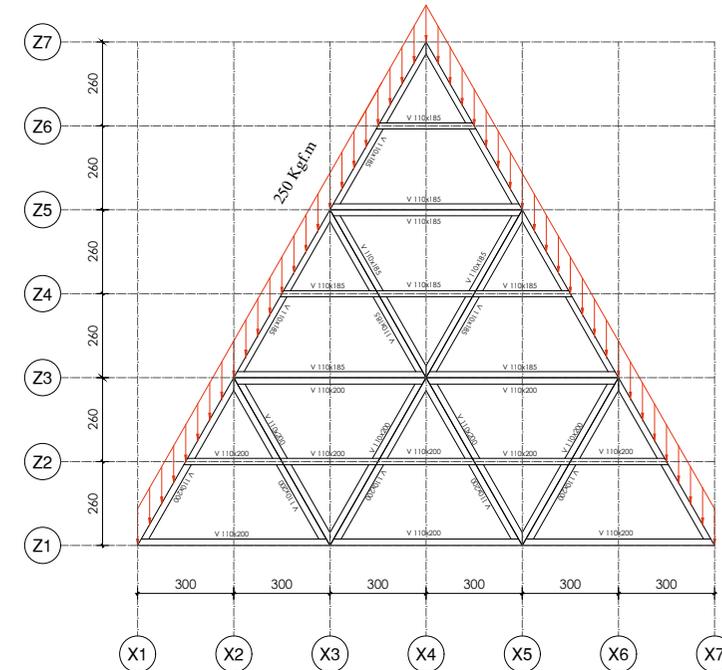
Img 66



Img 67



Img 68



Img 69

Img 66 Carga Viento proyectado en eje X de Marco 1 y 5. Tomando cada carga respectiva multiplicandola por 1m (Elaboración Propia)

Img 67 Carga Viento proyectado en eje X de Marco 2, 3 y 4. Tomando cada carga respectiva multiplicandola por 2m (Elaboración Propia)

Img 68 Carga Nieve proyectado en eje Z de Marco 1 y 5. Tomando cada carga respectiva multiplicandola por 1m (Elaboración Propia)

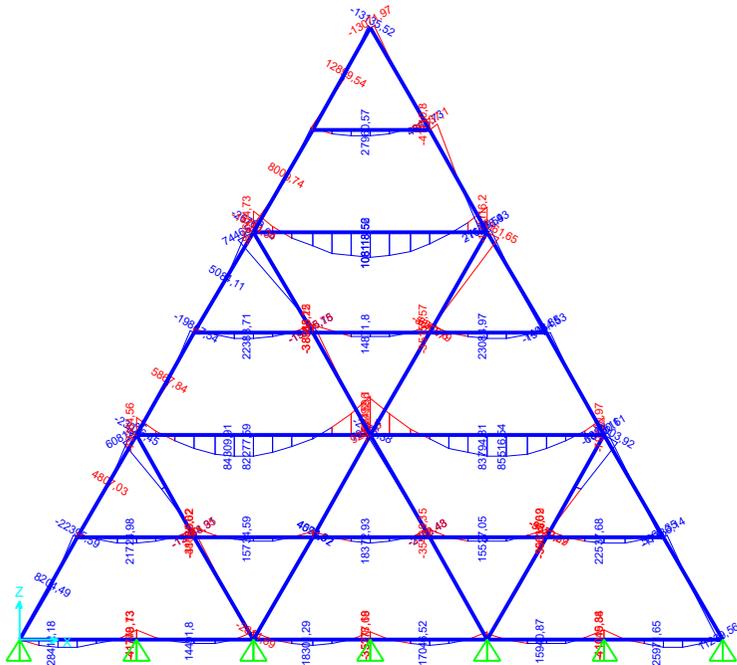
Img 69 Carga Nieve proyectado en eje Z de Marco 2, 3 y 4. Tomando cada carga respectiva multiplicandola por 2m (Elaboración Propia)

En cuanto a su deformación, no debe superar 0,52cm (diferencia de altura/500). Su máxima deformación es en el quinto piso -U1=0,4 cm- que está dentro del rango de cumplimiento, por lo que no hay problemas con respecto a la deformación.

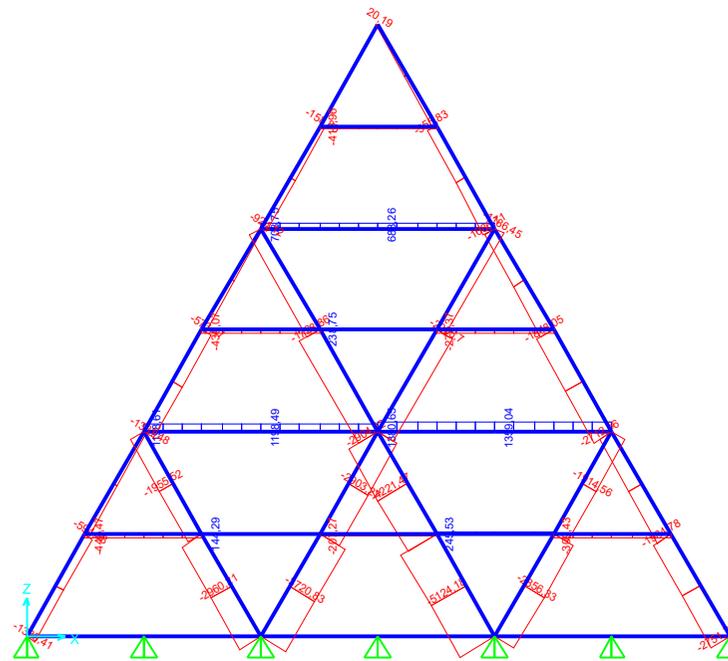
Para el análisis de momento (Img 70), en la madera laminada la fuerza resultante del momento máximo solicitante y el momento resistente (W) puede resistir como máximo 93 Kg/cm². La fuerza resultante cumple en todos los elementos (Img 72) al igual que modelo anterior a pesar de haber aumentado dos pisos en altura y distanciado en el eje X a 200cm, por lo tanto, se deduce que en el anterior los elementos estaban sobre dimensionado con respecto a la cantidad de cargas que estaba sometido.

En el caso de las fuerzas axiales máximas (Img 71) según sus respectivas áreas de sección de los elementos. La tensión de diseño debe ser mayor a la de trabajo. Al igual que el modelo anterior todos sus elementos se comportan correctamente (Img 72).

A partir del desarrollo de este tercer modelo, se puede concluir que para la superposición del módulo establecido las dimensiones utilizadas anteriormente son suficientes para todas las cargas que involucra, siempre y cuando, se mantenga la pendiente de inclinación de techo en 60°. De lo contrario, las cargas por nieve aumentan considerablemente.



Img 70



Img 71

Img 70 Diagrama Momento Máximo - Por Flexión (Eboración Propia).

Img 71 Diagrama Fuerzas Axiales Máximas - Por Compresión (Eboración Propia).

ITERACIÓN 3
PP + SC + N + 0,75W
Viga Simple 110x200mm MLE
Viga Doble 110x200mm MLE
Viga Simple 110x185mm MLE
Viga Doble 110x385mm MLE
Viga Simple 110x400mm MLE
Arriostreamiento Contrachapado

Img 72 **Tabla de Calculo Comportamientos Estructurales Modelo 3.**
Cálculos de Momento y Axiales. (Elaboración Propia en SAP)

MOMENTO					
	M max (Kgf.cm)	W (cm3)	Ff (Kgf/cm2)		
Momento 1	108097,68	5019,7	21,53	< 93 Kgf/cm2	Cumple
Momento 2	159105,98	5434,9	29,27	< 93 Kgf/cm2	Cumple

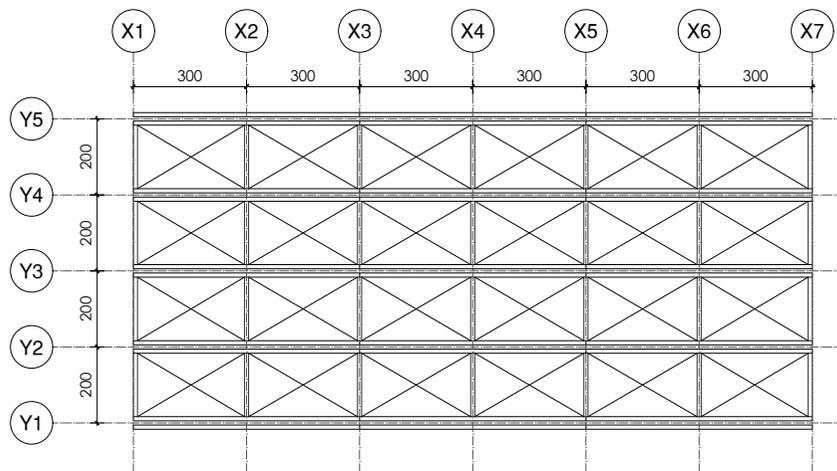
AXIAL COMPRESIÓN			
	N (Kgf)	Área (cm2)	Fc (Kgf/cm2)
Axial 1	5124,18	440	11,65
Axial 2	2904,12	407	7,14

TENSION DE DISEÑO					
	λ	Fcp,dis (Kgf/cm2)	K λ	Fcp, λ ,dis (Kgf/cm2)	
Tensión 1	25,8	56	0,89	49,84	Cumple
Tensión 2	27,9	56	0,88	49,28	Cumple

3.4 Iteración 4, Acercamiento a Estructura Final a partir de Módulos de Madera Laminada en Modelo de seis pisos

Modelo con el objetivo de un mayor acercamiento al edificio final. Por lo que, a partir de los modelos anteriores junto con la idea de diseño del edificio, se establece una nueva forma. Consiste en 18 módulos superpuestos conformando una altura equivalente a 6 pisos de proyecto (Img 75). Sus elementos mantienen las mismas dimensiones y materialidad de madera laminada de 110x200mm o 110x185mm llegando a medidas máximas de 110 x 400 mm (identificar en elevaciones adjuntas). La grilla consta de 15 ejes en X cada 144,5 cm, 7 ejes en Z cada 252 cm aproximadamente y 5 ejes en cada 200cm (Img 73).

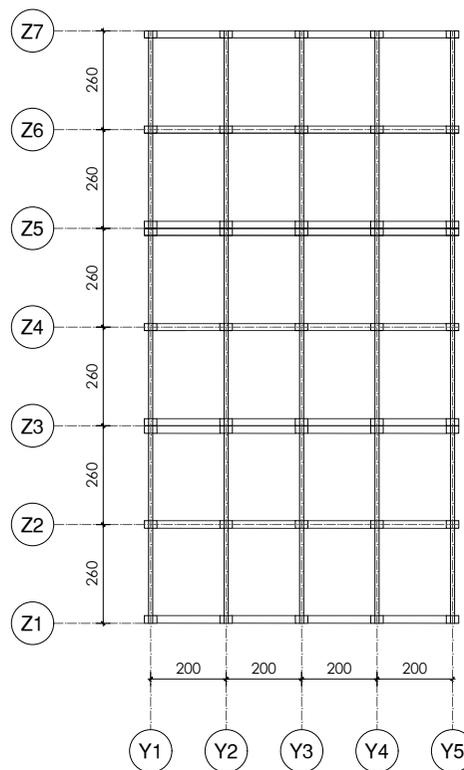
En esta etapa del proceso, al ser el diseño techo plano se realizan dos iteraciones con el mismo modelo: (1) Con techo plano, que involucra carga total de nieve llegando al doble por acumulación. (2) Con techo inclinado con pendiente en 30°, que se mantiene la carga de nieve según Nch431 pero sí se elimina la acumulación.



Img 73

Es sometido a cuatro tipos de cargas:

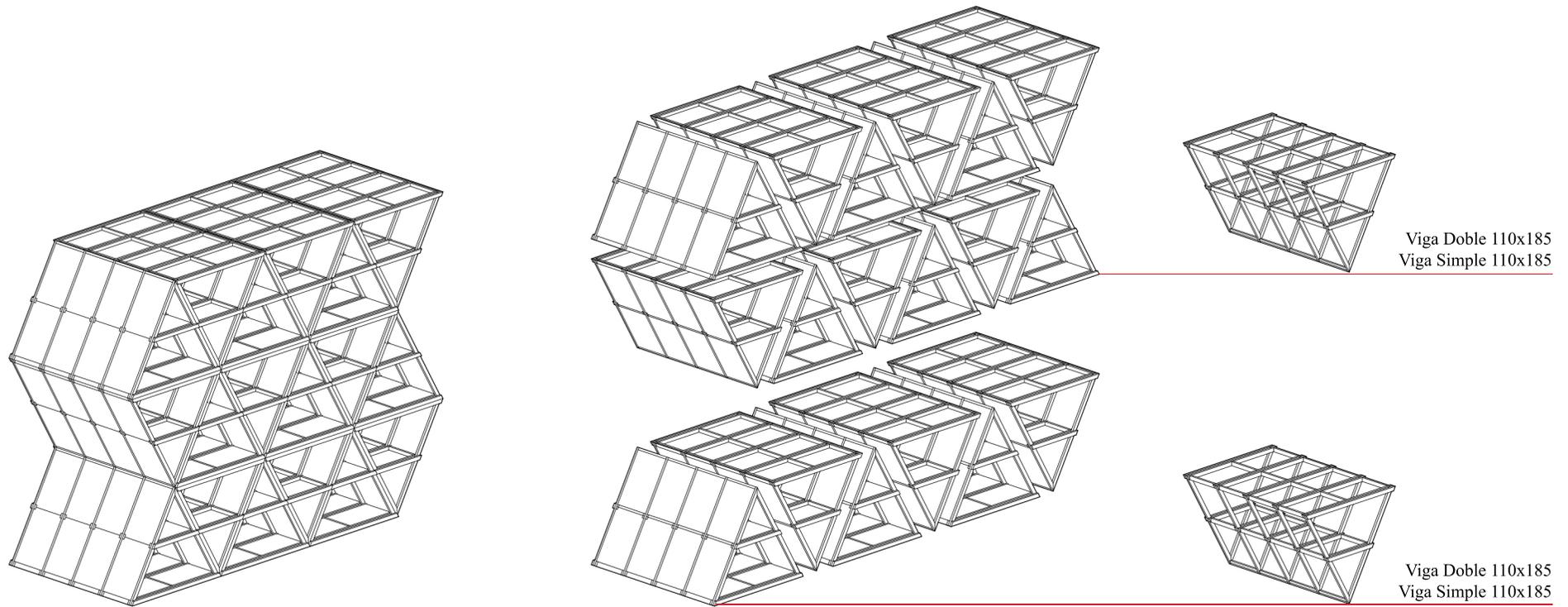
- (a) Sobrecarga: 200 Kgf/m² o 400 Kgf/m²
- (b) Peso Propio: 35 Kgf/m²
- (c) Viento | Nch 432: A. 45 Kgf/m² – B. 58 Kgf/m² – C. 75 Kgf/m² – D. 28 Kgf/m² – E. 36 Kgf/m² – F. 48 Kgf/m² (Img 76,77)
- (d) Nieve | Nch 431: 500 Kgf/m² + Acumulación en caso de techo plano (Img 78,79)



Img 74

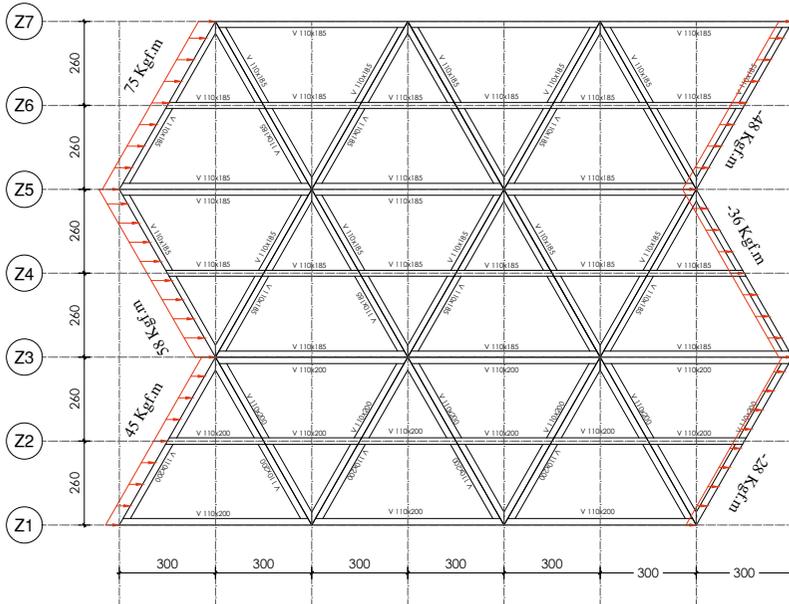
Img 73 Planta. La grilla en el software consta de 15 ejes en X (cada 144,5 cm), 7 ejes en Z (cada 252cm aproximadamente) y 5 ejes en Y (cada 200 cm). (Elaboración Propia en SAP)

Img 74 Elevación Transversal. Superposición de 18 módulos con elementos de Madera Laminada de 110x200mm o 110x185mm llegando a medidas máximas de 110x400mm y riostras en los planos simulando contrachapado. (Elaboración Propia en SAP)

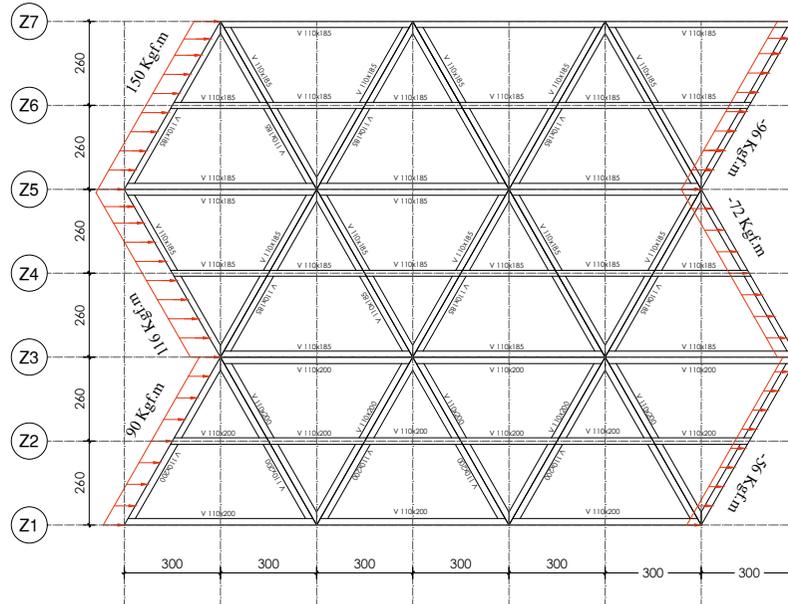


Img 75

Img 75 Modelo 3D. Superposición de 18 módulos con elementos de Madera Lamina-da de 110x200mm o 110x185mm llegando a medidas máximas de 110x400mm y riostras en los planos simulando contrachapado. (Elaboración Propia en SAP)

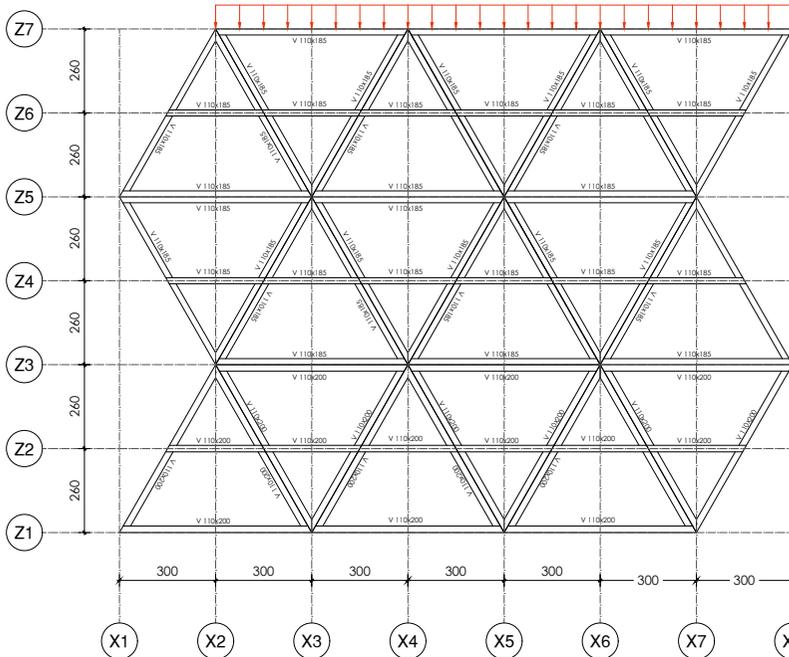


Img 76



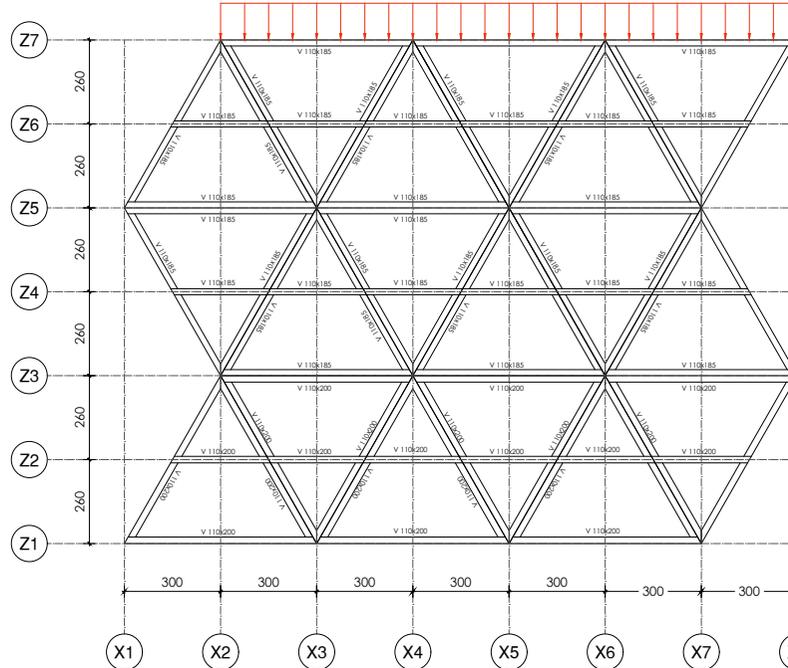
Img 77

500 Kgf.m o 1000 Kgf.m (según techo)



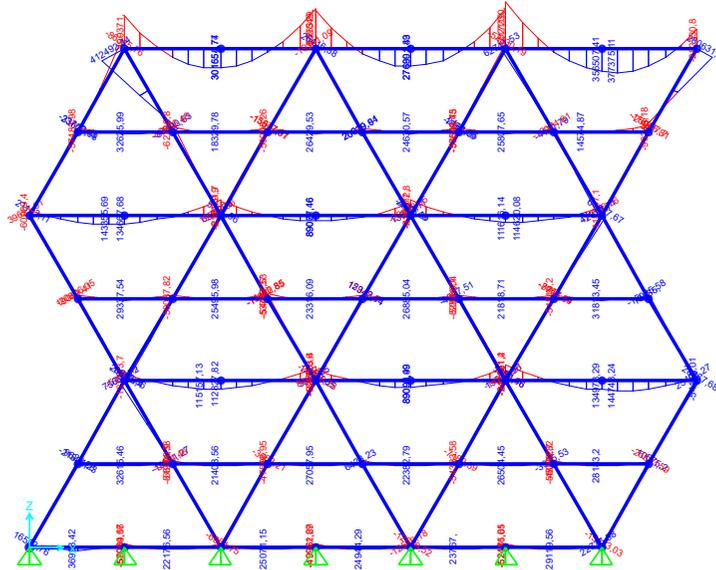
Img 78

1000 Kgf.m o 2000 Kgf.m (según techo)



Img 79

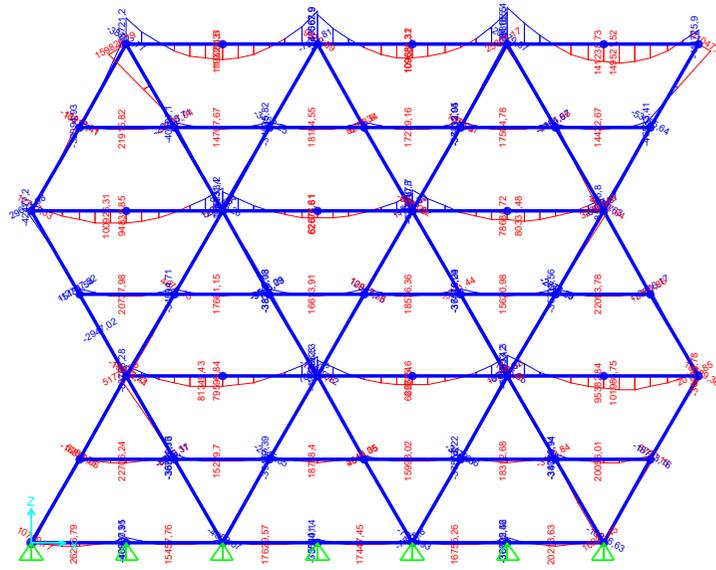
Img 76 Carga Viento proyectado en eje X de Marco 1 y 7. Tomando cada carga respectiva multiplicandola por 1m (Elaboración Propia)



Img 77 Carga Viento proyectado en eje X de Marco 2, 3, 4, 5 y 6. Tomando cada carga respectiva multiplicandola por 2m (Elaboración Propia)

Img 80

Img 78 Carga Nieve proyectado en eje Z de Marco 1 y 5. Tomando cada carga respectiva multiplicandola por 1m (Elaboración Propia)



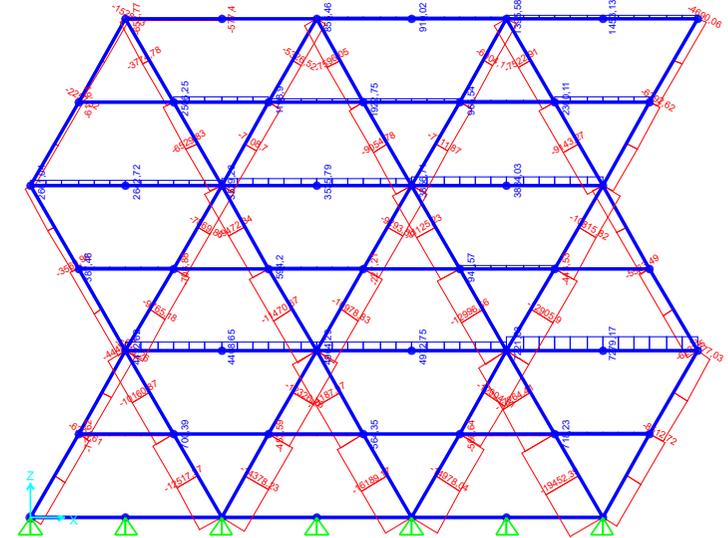
Img 79 Carga Nieve proyectado en eje Z de Marco 2, 3 y 4. Tomando cada carga respectiva multiplicandola por 2m (Elaboración Propia)

Img 80 Diagrama Momento Máximo Techo Plano - Por Flexión (Eboración Propia).

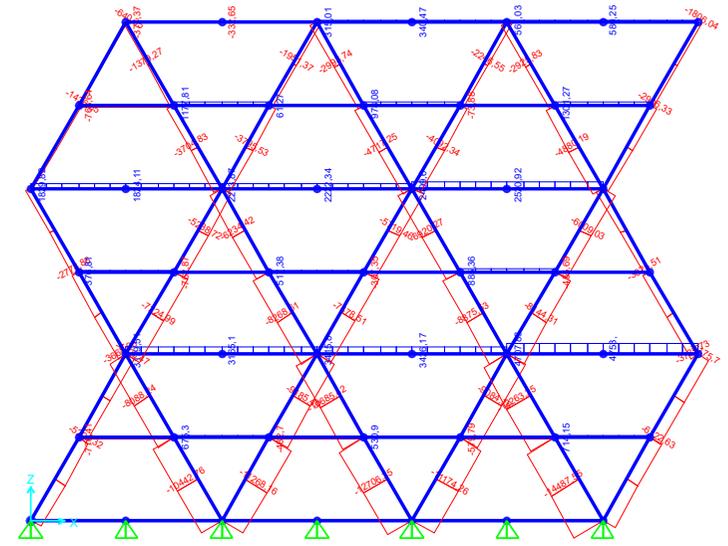
Img 81 Diagrama Fuerzas Axiales Máximas Techo Plano - Por Compresión (Eboración Propia).

Img 82 Diagrama Momento Máximo Techo Inclinado - Por Flexión (Eboración Propia).

Img 83 Diagrama Fuerzas Axiales Máximas Techo Inclinado - Por Compresión (Eboración Propia).



Img 81



Img 83

Img 82

ITERACIÓN 4
PP + SC + N + 0,75W
Viga Simple 110x200mm MLE
Viga Doble 110x200mm MLE
Viga Simple 110x185mm MLE
Viga Doble 110x385mm MLE
Viga Simple 110x400mm MLE
Arriostreamiento Contrachapado

Img 84 Tabla de Calculo Comportamientos Estructurales Modelo 4, Iteración 1. Cálculos de Momento y Axiales. (Elaboración Propia en SAP)

MOMENTO					
	M max (Kgf.cm)	W (cm3)	F (Kgf/cm2)		
Momento 1 (Techo Plano)	717230,35	2200	326,01	< 93 Kgf/cm2	No Cumple
Momento 2 (Techo Inclinado)	284185,38	2200	129,18	< 93 Kgf/cm2	No Cumple

AXIAL COMPRESIÓN			
	N (Kgf)	Área (cm2)	F (Kgf/cm2)
Axial 1	19452	440	44,21
Axial 2	14487,5	407	35,60

TENSION DE DISEÑO					
	λ	Fcp,dis (Kgf/cm2)	K λ	Fcp, λ ,dis (Kgf/cm2)	
Tensión 1	25,8	56	0,89	49,84	Cumple
Tensión 2	27,9	56	0,88	49,28	Cumple

En cuanto a su deformación, en todos los casos no debe superar 0,52cm (diferencia de altura/500). Donde su máxima deformación $-U1=0,19$ cm - cumple perfectamente.

En primer lugar, con respecto a los resultados del modelado con techo plano. Se establecieron cargas de nieve + acumulación de 1000 Kgf/m². Donde los resultados de las cargas por flexión (Img 80) con respecto al momento resistente (W) de esas vigas a pesar de ser doble excede (Img 84). Y los resultados de las fuerzas axiales (Img 81) con respecto al área de sección de los elementos que la involucra cumplen correctamente.

Luego se realiza modelado con techo inclinado, con el objetivo de que disminuyan considerablemente las cargas por nieve y acumulación, estableciendo 375 Kgf/m² o 750 Kgf/m² respectivamente. Donde los resultados de las cargas por flexión (Img 82) con respecto al W continúa excediendo (Img 84). Y con respecto a los resultados de las cargas por compresión (Img 83) con respecto al área de sección de los elementos se mantiene el cumplimiento (Img 84).

Para el análisis de momento, es donde están las fallas en las vigas de techo, por las altas cargas de nieve. Y para el caso de las fuerzas axiales máximas según sus respectivas áreas de sección de los elementos se comportan correctamente (Img 84). Luego de que en ambos casos las vigas de techo no resistan las cargas que se le atribuyen, se realizan dos iteraciones variando las dimensiones con un único cálculo de la viga de techo ya que es la que no cumple.

En la segunda iteración, se aumentan las dimensiones de los elementos quedando de 165 x (220 y 260 mm) hasta 165 x (520,

480 y 440 mm) cuando se duplican. Modelo que con techo plano se aleja bastante de poder cumplir por falla en la misma viga de techo debido a que la carga de nieve se duplica por acumulación (1000 Kgf/m² o 2000 Kgf/m²). Sin embargo, este mismo modelo con techo inclinado en 30° (cuando es igual o menor que 30° no se disminuye la carga pero sí se elimina la acumulación) por lo tanto se asignó 500 Kgf/m² o 1000 Kgf/m² respectivamente. El resultado de momento máximo solicitante arrojado por el programa con respecto al momento resistente (W) de la viga de techo con sus nuevas dimensiones es igual a 71,62 Kgf/cm², por lo que cumple perfectamente.

Por lo tanto, se realiza una tercera iteración disminuyendo las dimensiones de los elementos al límite de cumplimiento con respecto a la nieve, desarrollado sólo con techo inclinado para poder llegar a la mayor esbeltez posible. Quedando finalmente elementos de 165 x (200 y 230 mm) hasta 165 x (400, 430 y 460 mm) cuando se duplican, que sometidos a las cargas de nieves totales y sin acumulación por la inclinación de techo en 30°, el momento máximo solicitante de la viga de techo con respecto al momento resistente (W) da como resultado $Ff=92$ Kgf/cm², por lo que cumple.

A partir de estas tres iteraciones del nuevo diseño que se acerca a la estructura final del edificio, se concluye que para lograr los elementos lo más esbeltos posible el techo tiene que ser inclinado, por lo menos para poder eliminar la carga por acumulación de nieve que son cifras considerables, donde la viga de techo es la que se somete a más cargas directas. Por lo tanto, para el último modelo que se ajustaran las dimensiones de los elementos, para un uso más eficiente del material aumentando la razón entre las dimensiones del ancho y alto.

3.5 Iteración 5, Ajuste de Dimensiones

Luego de haber realizado una investigación a partir de distintas iteraciones para entender cómo se comportan los módulos superpuestos, donde se integran todas las cargas respectivas. Al ser un proyecto de alta montaña se deben considerar varias cargas que son de gran magnitud. El quinto modelo y final consiste en un ajuste de las dimensiones de los elementos, que puedan cumplir con las cargas pero que al mismo sea más eficiente el uso del material, aumentando la razón entre ancho y alto del elemento.

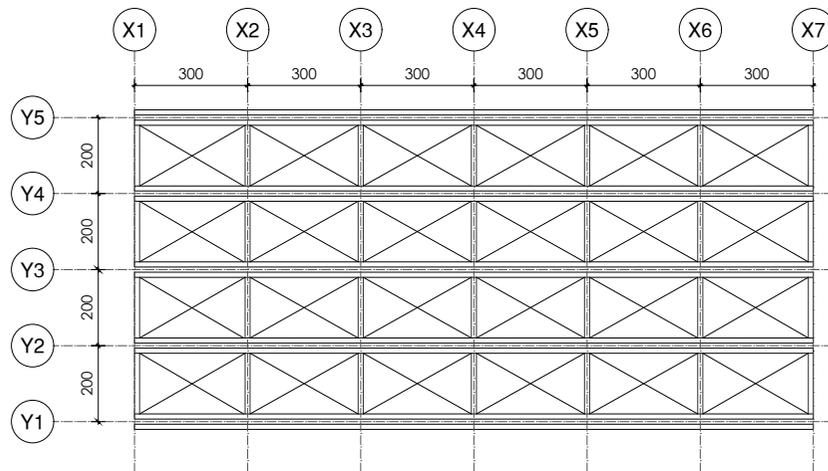
Tal como se concluyó anteriormente, la nieve es tomada como 500 Kgf/m², considerando techo inclinado de 30°. A pesar de que esa inclinación no permita la disminución de la carga total, sí permite no considerar la acumulación, que finalmente la carga disminuye a la mitad si se considerara techo plano.

El Modelo se mantiene en su forma de 18 módulos superpuestos conformando una altura equivalente a 6 pisos de proyecto (Img 86). Sus elementos ajustados quedan de 135x200mm, 135x250mm hasta dimensiones de 135x400mm, 135x450mm y 135x500mm cuando se duplican (identificar en elevación). La grilla consta de 15 ejes en X cada 144,5 cm, 7 ejes en Z cada 252 cm aproximadamente y 5 ejes en Y cada 200cm (Img 85).

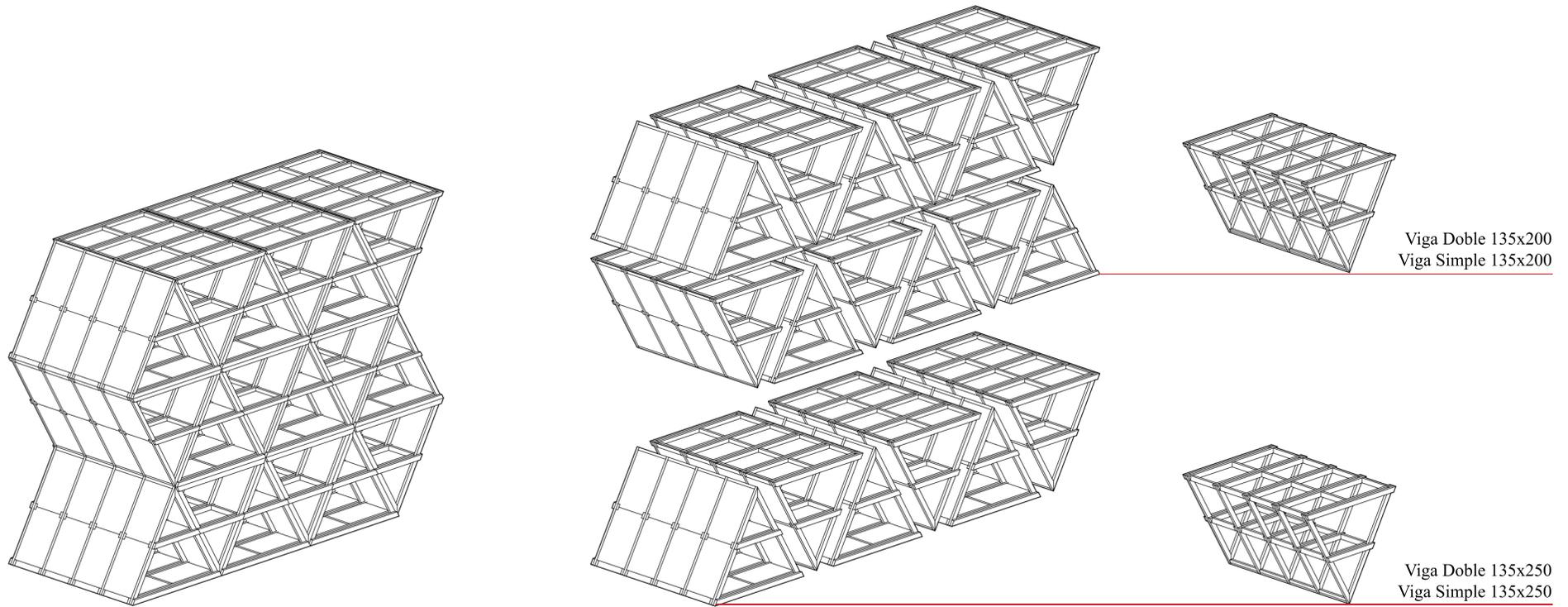
Es sometido a cuatro tipos de cargas:

- (a) Sobrecarga: 200 Kgf/m² o 400 Kgf/m²
- (b) Peso Propio: 35 Kgf/m²
- (c) Viento | Nch 432: A. 45 Kgf/m² – B. 58 Kgf/m² – C. 75 Kgf/m² – D. 28 Kgf/m² – E. 36 Kgf/m² – F. 48 Kgf/m² (Img 76,77)
- (d) Nieve | Nch 431: 500 Kgf/m² (Img 78,79)

Img 85 Planta. La grilla en el software consta de 15 ejes en X (cada 144,5 cm), 7 ejes en Z (cada 252cm aproximadamente) y 5 ejes en Y (cada 200 cm). (Elaboración Propia en SAP)

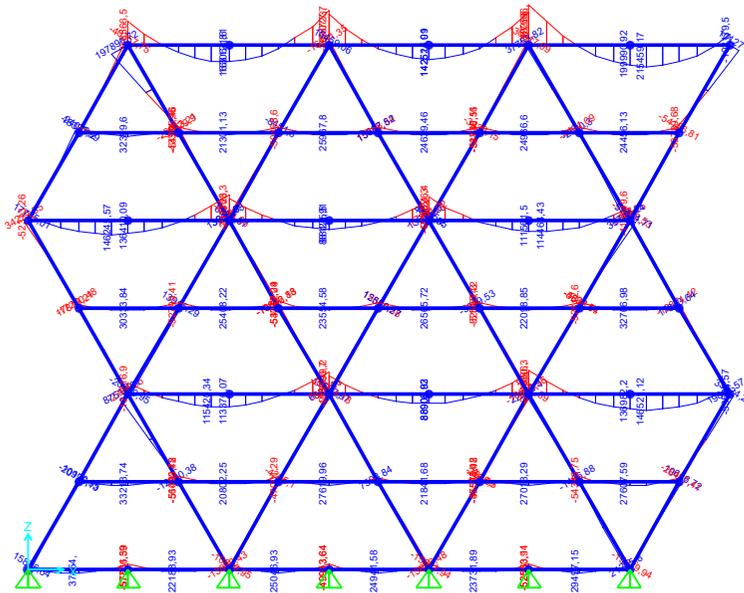


Img 85

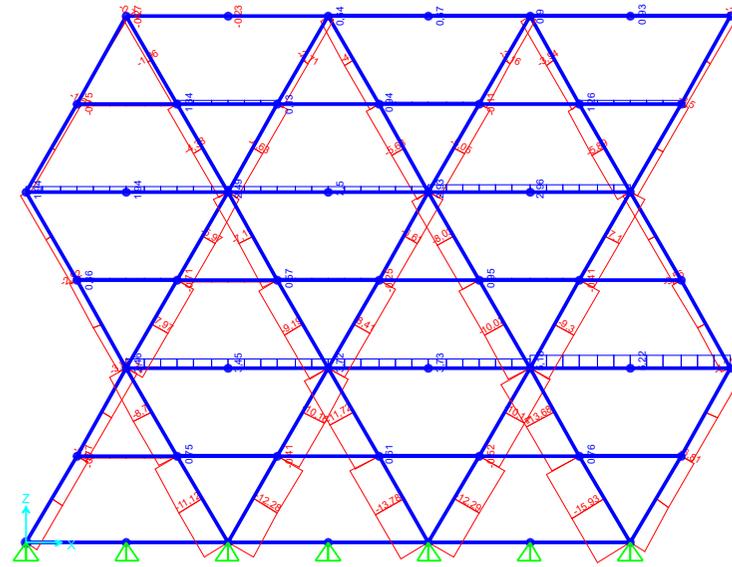


Img 86 Modelo 3D. Superposición de 18 módulos con elementos de Madera Laminada de 135x200mm, 135x250mm llegando a medidas máximas de 1350x400mm, 135x450mm y 135x500mm. Riostras en los planos simulando contrachapado. (Elaboración Propia en SAP)

Img 86



Img 87



Img 88

Img 87 Diagrama Momento Máximo Techo Inclinado - Por Flexión (Eboración Propia).

Img 88 Diagrama Fuerzas Axiales Máximas Techo Inclinado - Por Compresión (Eboración Propia).

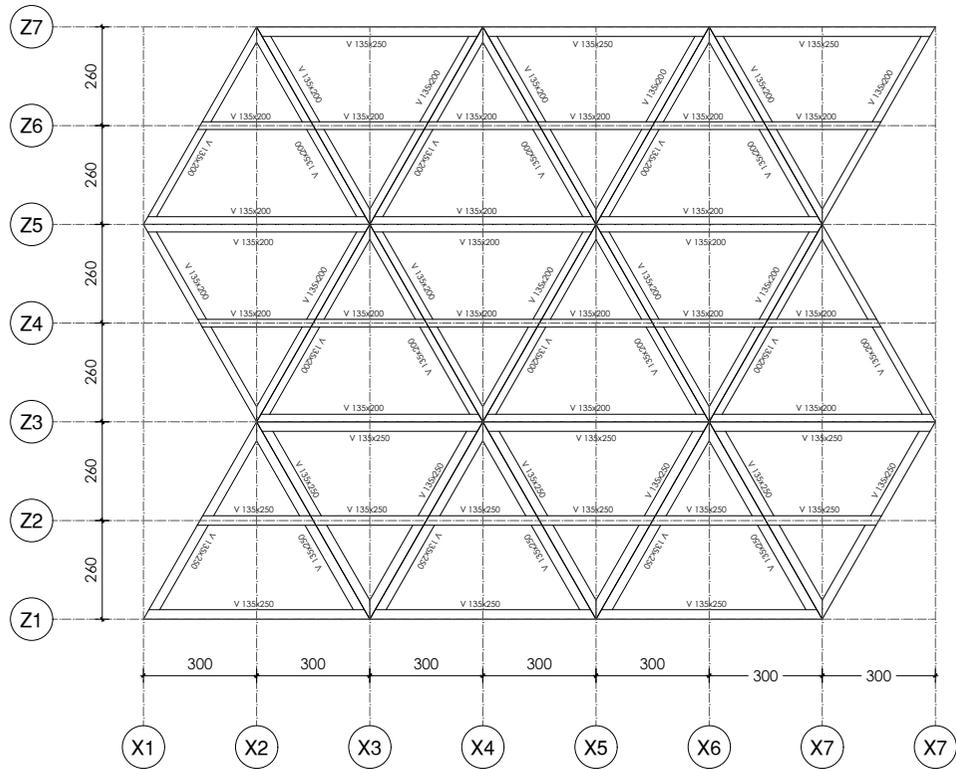
En cuanto a su deformación, no debe superar 0,52cm (diferencia de altura/500). Su máxima deformación es en el sexto piso $-U1=0,09$ cm - que está dentro del rango de cumplimiento, por lo que no hay problemas con respecto a la deformación.

Para el análisis de momento (Img 87), en la madera laminada la fuerza resultante del momento máximo solicitante y el momento resistente (W) puede resistir como máximo 93 Kgf/cm², tal como se mencionó anteriormente. Donde el elemento crítico es la viga de techo que cumple con 91,89 Kgf/cm² (Img 91).

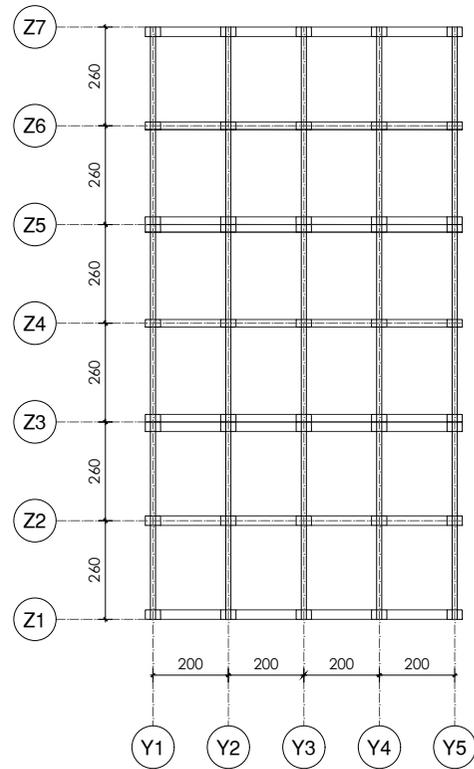
En el caso de los otros elementos (diagonales), están sometidos a la flexo-compresión, lo cual significa que llegan dos tipos de cargas que hacen que el elemento tenga que responder. Por lo que se calculan de una manera distinta, según la norma de cál-

culo Nch 1198, los resultados tanto de las fuerzas resultante de los momentos como de las axiales (Img 88) se calculan en una misma fórmula dada. Donde el resultado debe ser menor o igual que 1. Por lo tanto, tal como se muestra en la tabla adjunta (Img 91), todos los elementos diagonales cumplen perfectamente.

Finalizada las iteraciones queda sustentada la estructura para proyecto de arquitectura. Se puede lograr la superposición de módulos prismáticos tipo A para lograr un edificio de seis pisos. Se mantendría la prefabricación, pero en obra (debido a la dificultad de transporte del módulo completo), logrando así la individualidad constructiva dentro del proyecto. El proyecto de arquitectura y desarrollo de programa deberá demostrar la individualidad arquitectónica dentro del carácter colectivo que tendría el proyecto.



Img 89



Img 90

Img 89 Elevación Transversal. Superposición de 18 módulos con elementos de Madera Laminada de 135x200mm, 135x250mm llegando a medidas máximas de 1350x400mm, 135x450mm y 135x500mm. Riostras en los planos simulando contrachapado. (Elaboración Propia en SAP)

Img 90 Elevación. Dimensionada según lo nombrado anteriormente y señalado en cada uno de los elementos. Las cargas de Nieve y Viento fueron cargas de igual manera que los modelos anteriores (Elaboración Propia)

Img 91 **Tabla de Calculo Comportamientos Estructurales Modelo 5, Edificio.** Cálculos de Momento y Axiales. (Elaboración Propia en SAP)

ITERACIÓN 5
PP + SC + N + 0,75W
Viga Simple 135x200mm MLE
Viga Doble 135X200mm MLE
Viga Simple 135x250mm MLE
Viga Doble 135x250mm MLE
Viga Simple 135x400mm MLE
Viga Doble 135x400mm MLE
Viga Doble 135x450mm MLE
Viga Simple 135x500mm MLE
Arriostreamiento Contrachapado

MOMENTO					
	M max (Kgf.cm)	W (cm ³)	Ff (Kgf/cm ²)		
Momento Viga 1 (Flexo-Compresión)	21255,8	5625	3,78	< 93 Kgf/cm ²	Cumple
Momento Viga 2 (Flexo-Compresión)	10080,56	3600	2,80	< 93 Kgf/cm ²	Cumple
Momento Viga 3 (Flexión)	387695,63	4218,75	91,90	< 93 Kgf/cm ²	Cumple

AXIAL COMPRESIÓN			
	N (Kgf)	Área (cm ²)	Fc (Kgf/cm ²)
Axial Viga 1	15934	675	23,61
Axial Viga 2	10023,74	540	18,56

TENSION DE DISEÑO					
	λ	Fcp,dis (Kgf/cm ²)	K λ	Fcp, λ ,dis (Kgf/cm ²)	Fcex
Tensión Viga 1	20,6	80	0,91	72,80	1119,3
Tensión Viga 2	25,8	80	0,89	71,20	712,59

INTERACCION					
	Ff (Kgf/cm ²)	Fc (Kgf/cm ²)	Fcex	Fcp,dis (Kgf/cm ²)	R \leq 1
Viga 1	3,78	23,61	1119,3	72,80	0,12

3.6 Iteración Fuego

La iteración con respecto al fuego tiene como objetivo comprobar que la estructura final iterada en el software de cálculo verifica su comportamiento al fuego.

A partir de la Ordenanza General de Urbanismo y Construcción (OGUC) se determina el comportamiento que deben tener los elementos de construcción en edificios. En primer lugar, se debe calcular a la cantidad de pisos que pertenece el edificio, lo cual es el resultado de la (altura total/3,5 m), que en este caso la altura total es la dimensión de 3 módulos de casa $A= 15,6\text{m}$ y al dividirla por 3,5m nos da como resultado 4,46 por lo que se considera un edificio de 5 pisos. Según la tabla 1 de 4.3.4 de la Ordenanza el edificio con destino habitacional de 5 pisos es de tipo “b” el cual debe cumplir con comportamiento al fuego de F-90 para elementos soportantes. Lo cual significa que su estructura debe resistir 90 minutos de fuego antes que la estructura colapse. Para el caso de los elementos no soportantes deben cumplir F-15.

Por otro lado, la velocidad de carbonización promedio de la madera laminada es de 0,7 mm/min, a mayor densidad del material menor es la velocidad de carbonización. Por lo tanto, el cálculo que se realiza a partir de estos factores mencionados, es la dimensión que se le disminuye a los elementos según la ecuación $c=0,9$ (factor de corrección según DIN) $\times 0,7$ mm/min $\times 90$ min = 56,7mm, dependiendo de las caras expuestas que tiene se definen las secciones residuales de las piezas.

Las dimensiones de los elementos establecidas a partir de los resultados de las iteraciones anteriores quedan finalmente de 135 x 200 mm, 135 x 250 mm las cuales según estructura proporcionan elementos de 135 x 400 mm, 135 x 450 mm y 135 x 500 mm en algunos casos dobles y en otros simples. Elementos que quedan 10cm expuestos en 3 caras en la mayoría de los casos quedando como resultante una sección irregular. Secciones que se modifican en el modelo final del software de cálculo, para verificar el comportamiento de la estructura sometido a las mismas cargas, con la diferencia de que la combinación de cargas que se le aplica previo a la visualización de los resultados de las fuerzas axiales y de momento solicitante es 0,8PP + 0,4SC.

En cuanto a su deformación, no debe superar 0,52cm (diferencia de altura/500). Su máxima deformación es en el tercer piso $-U1=0,0156$ cm - que está dentro del rango de cumplimiento, por lo que no hay problemas con respecto a la deformación. Por otro lado, con respecto a las fuerzas sometidas por flexión y compresión cumple correctamente con las secciones residuales de los elementos expuestos 10cm en 3 de sus caras como se adjunta en la tabla (Img 92).

Luego el desarrollo de esta última iteración con respecto al comportamiento del fuego, se comprueba que los elementos concluyentes de la estructura final previo al desarrollo de arquitectura cumplen correctamente al comportamiento del fuego para resistir 90 minutos según lo que dicta la Ordenanza General.

ITERACIÓN FUEGO
0,8PP + 0,4SC
Viga Simple 135x200mm MLE
Viga Doble 135X200mm MLE
Viga Simple 135x250mm MLE
Viga Doble 135x250mm MLE
Viga Simple 135x400mm MLE
Viga Doble 135x400mm MLE
Viga Doble 135x450mm MLE
Viga Simple 135x500mm MLE
Arriostrameinto Contrachapado

Img 92 Tabla de Calculo Comportamientos Estructural Fuego, Edificio. Cálculos de Momento y Axiales. (Elaboración Propia en SAP)

F-90 c= 0,9 x 0,7mm/minx 90min	56,7mm
----------------------------------	--------

MOMENTO MÁXIMO						
	b (cm)	h (cm)	A (cm ²)	W (cm ³)	M max (Kgf.cm)	Ff (Kgf/cm ²)
Viga Doble 135x400mm						
Parte Expuesta (3 Caras)	2,16	6,83	14,75	33,6		
Parte No Expuesta	13,5	30	405	4050		
			419,75	4083,6	70662,72	17,304

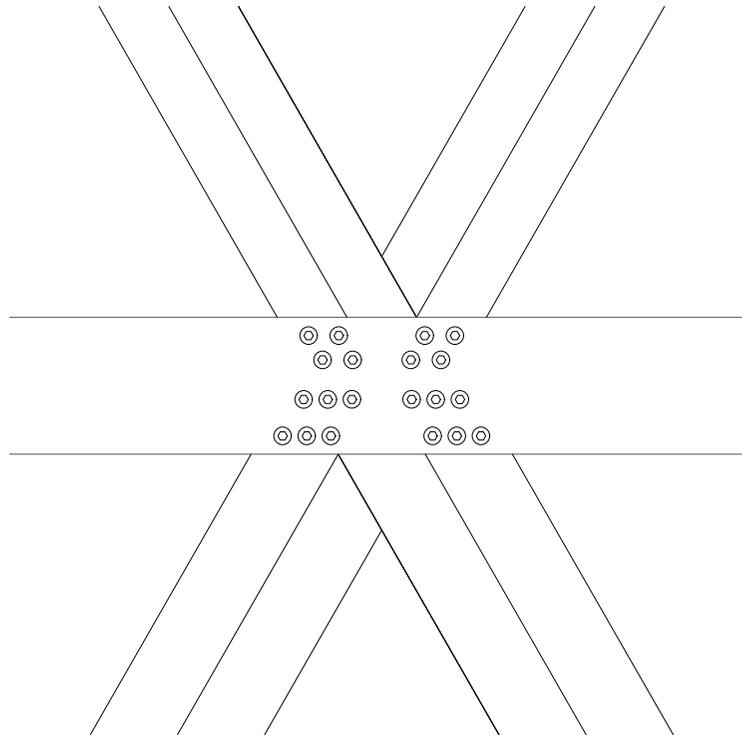
AXIAL MÁXIMO					
	b (cm)	h (cm)	A (cm ²)	N (Kgf)	Fc (Kfg/cm ²)
Viga Simple 135x500mm					
Parte Expuesta (3 Caras)	2,16	13,66	29,51		
Parte No Expuesta	13,5	25	338		
			367,01	4090,26	11,145

3.7 Uniones

El detalle es una parte dentro de un proyecto arquitectónico, teniendo dos denominaciones distintas, por un lado, como detalle arquitectónico y por otro como detalle constructivo. La construcción y la arquitectura están en el detalle, donde el detalle consiste en “reunir los materiales, elementos, componentes y partes constitutivas de modo estético y funcional”²². Las uniones en madera deben cumplir con las leyes fundamentales de la estereotomía de la madera, garantizando la deformabilidad del conjunto, los ejes de cada uno de los elementos que componen la unión coincidiendo en un mismo punto y los planos de transmisión de los esfuerzos no deben ser tangenciales. A cada una de las uniones se le someten fuerzas y cada una de esas fuerzas deben ser cuantificadas con magnitud, orientación y sentido, seleccionando un medio de unión. Luego de eso se determina la cantidad y posición de cada uno de los medios de unión con respecto a las fuerzas, respetando los distanciamientos que dicta la norma chilena.

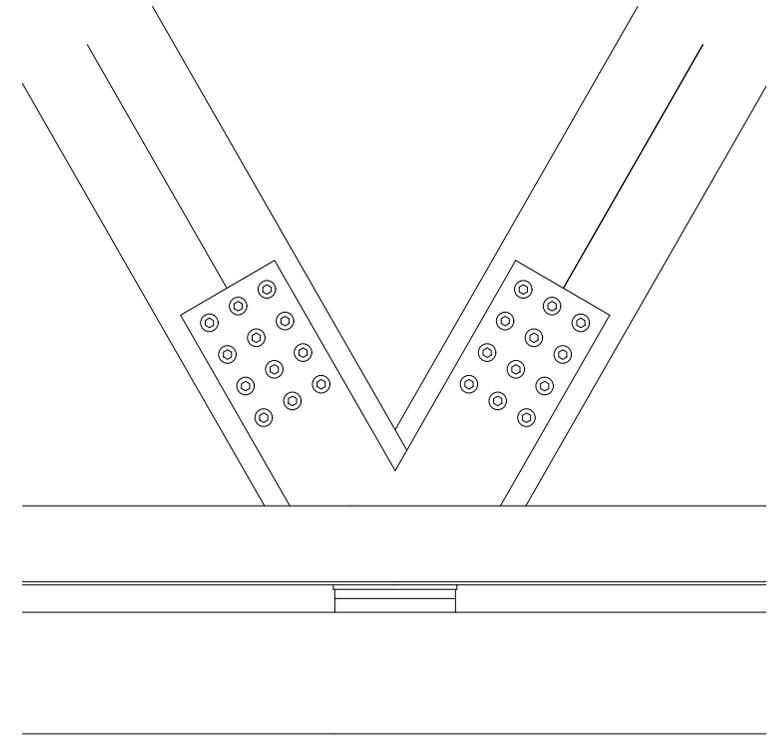
El edificio se construye en base a repetición de módulos, donde cada módulo considera sus propios elementos y al encontrarse con otro los elementos se duplican sin importar el sentido en el que van situados. Se diseñan dos tipos de uniones que se desarrollan principalmente dentro de la estructura del edificio. (1) La unión tipo, la cual permite la superposición de los triángulos como medio que articula la estructura. La simpleza de las uniones de la casa A se complejiza debido a que los elementos además de aumentar su dimensión en la mayoría de los casos son dobles llegando a encontrarse 16 vigas en la unión tipo. (2) Unión fundación, respondiendo tanto a la mecánica de suelo como a las cargas que son sometidas. Ambas uniones diseñadas a partir de la unión más desfavorable dentro del total de cada una.

22 Marco Frascari, “El Detalle Delator”, en Aproximaciones de la Arquitectura al Detalle, Alejandro Crispiani (Santiago: ARQ, 2001), pág 13.



Img 93

Img 93 Unión Tipo. Cálculos a partir de cargas que entrega el modelo en software estructural. (Diseño y dibujo elaboración propia).



Img 94

Img 94 Unión Fundación. Cálculos a partir de cargas que entrega el modelo en software estructural. (Diseño y dibujo elaboración propia).

3.7.1 Unión Tipo, Encuentro Repetición Triángulos

El detalle principal consiste en el encuentro de 6 marcos triangulares en un punto donde 8 elementos son vigas en 60° y otros 8 vigas doble de piso. La unión es sometida a cargas verticales - 5730 Kgf – y cargas horizontales – 4470 Kgf – por compresión. Se utilizan pernos de 5/8 con sus respectivas golillas, tuercas y conectores E95 resistiendo 2100 Kgf el conjunto. A partir del programa de cálculo donde se proyectó la estructura del edificio con todas las cargas totales a las que está sometido se diseñó una unión de 20 (para contrarrestar*) pernos de 5/8 con conectores E95 que unen las diagonales simples contenidas por vigas horizontales dobles. Además, los elementos dobles van unidos con WT 8,2X330mm generando una sola pieza para cálculo. Detalles de diseño de unión en imágenes adjuntas. (Img 95, 96 y 97).

Img 95 Unión Tipo. Detalle frontal distribución de pernos a partir de la Nch 1198 distanciamientos. (Elaboración propia)

Img 96 Unión Tipo. Detalle Lateral (Elaboración propia)

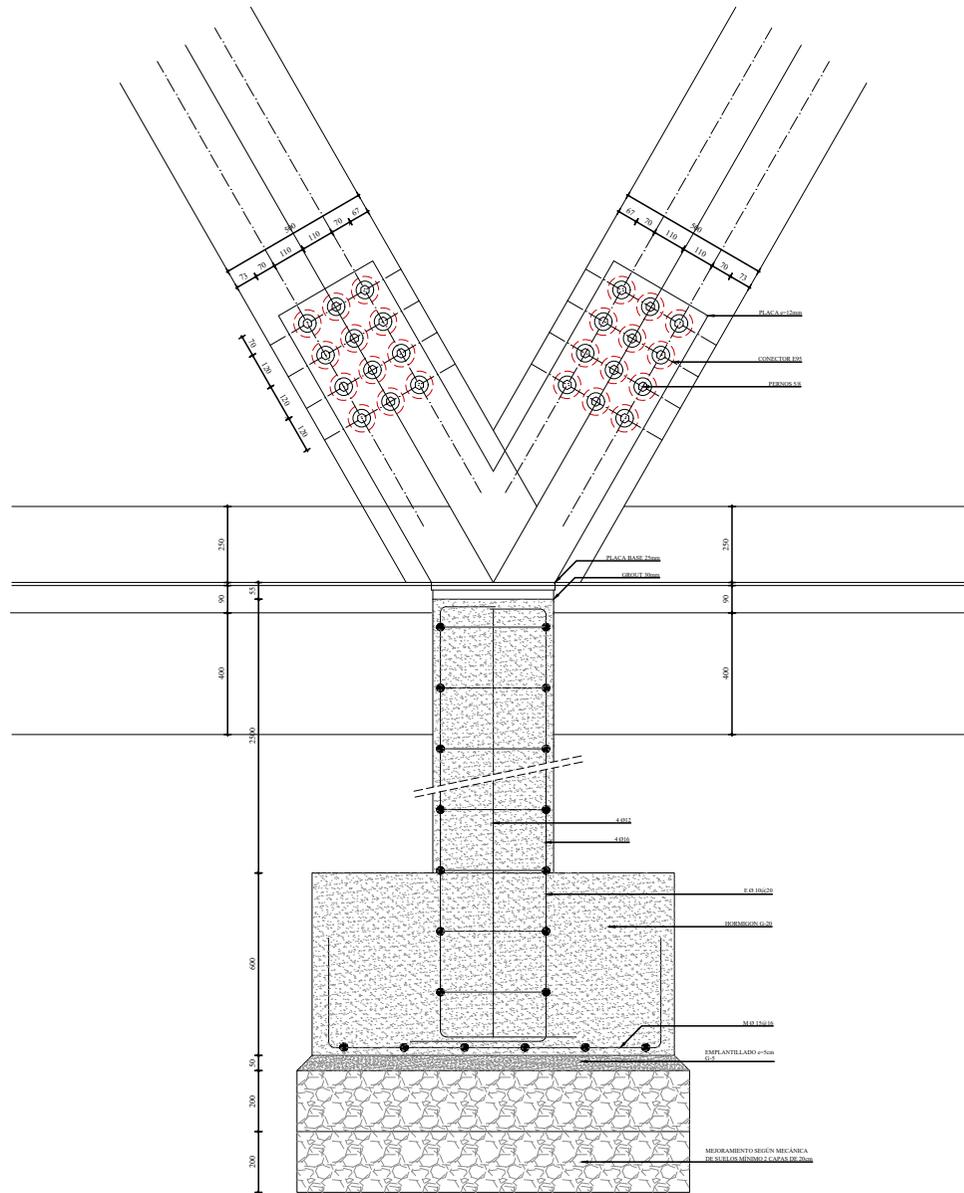
Img 97 Unión Fundación. Detalle unión elementos con WT (Elaboración propia)

3.7.2 Unión Fundación

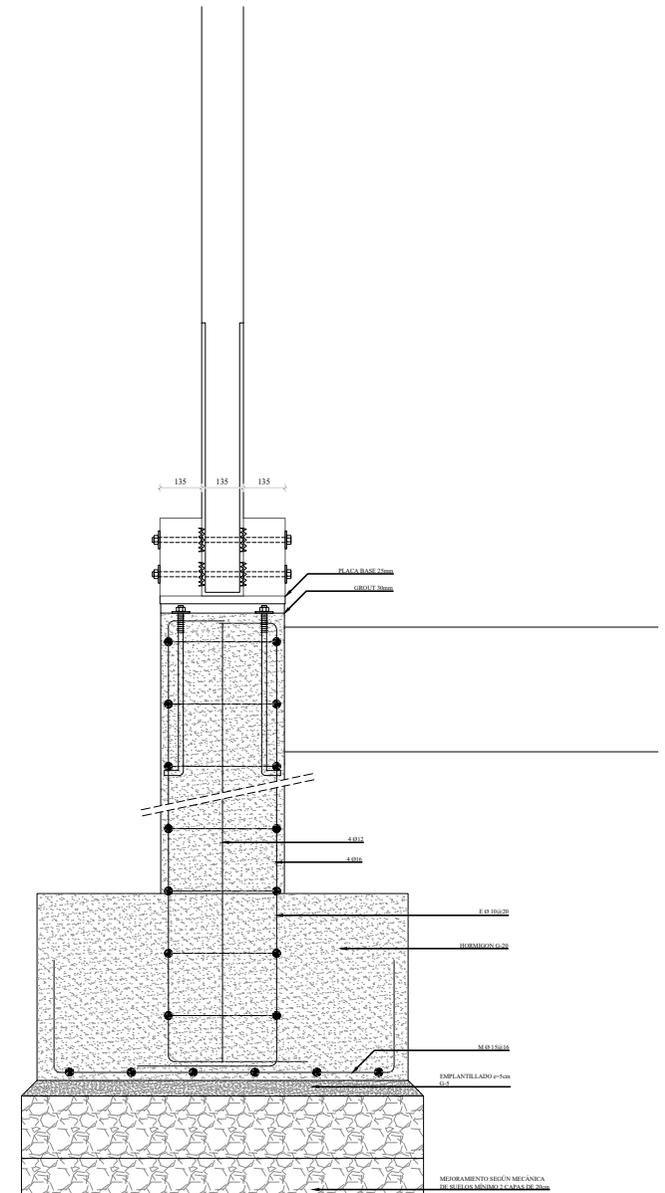
Con respecto al terreno, se asume que la mecánica de suelo entrega resultados de tensiones admisibles estáticas de 2,1 Kgf/cm² y dinámica de 3,15 Kgf/cm² (tensión admisible sísmica). Para que funcione la fundación debe cumplir un aplastamiento mayor o igual al 85% (no baje más del 15%) además de cumplir con la tensión admisible del terreno. La carga axial máxima que tiene el edificio es de 25TON y en corte tiene 100Kgf - calculando el más desfavorable- se calculan las dimensiones de la zapata para que cumpla con la tensión admisible del terreno y con las cargas que arroja el análisis estructural. Zapata de 120x120cm con un cuello de 40x40cm entregando resultados de un 100% de aplastamiento y una tensión admisible de sollicitación de 2,09 Kgf/cm² siendo menor que 2,1Kgf/cm² entregado por mecánica de suelo. Para el diseño de la unión se considera las 25TON como carga puntual. Utilizando pernos de 5/8 con conector E95 se diseña unión de 12 pernos por elemento quedando 24 pernos en total en la fundación. Detalles de diseño de unión en imágenes adjuntas. (Img 98 y 99).

Img 98 Unión Fundación. Detalle frontal distribución de pernos a partir de la Nch 1198 distanciamientos. (Elaboración propia)

Img 99 Unión Fundación. Detalle Lateral (Elaboración propia)

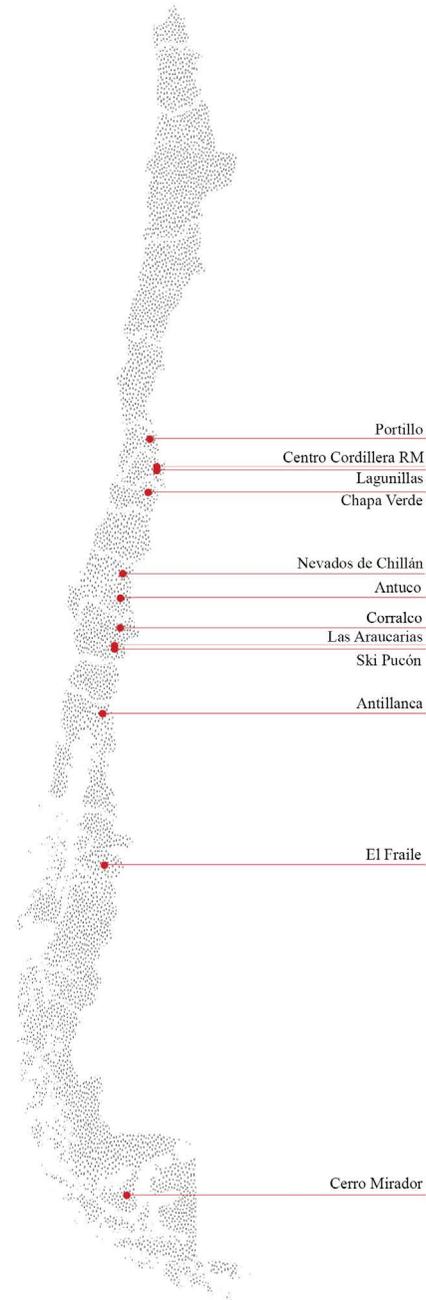


Img 98



Img 99

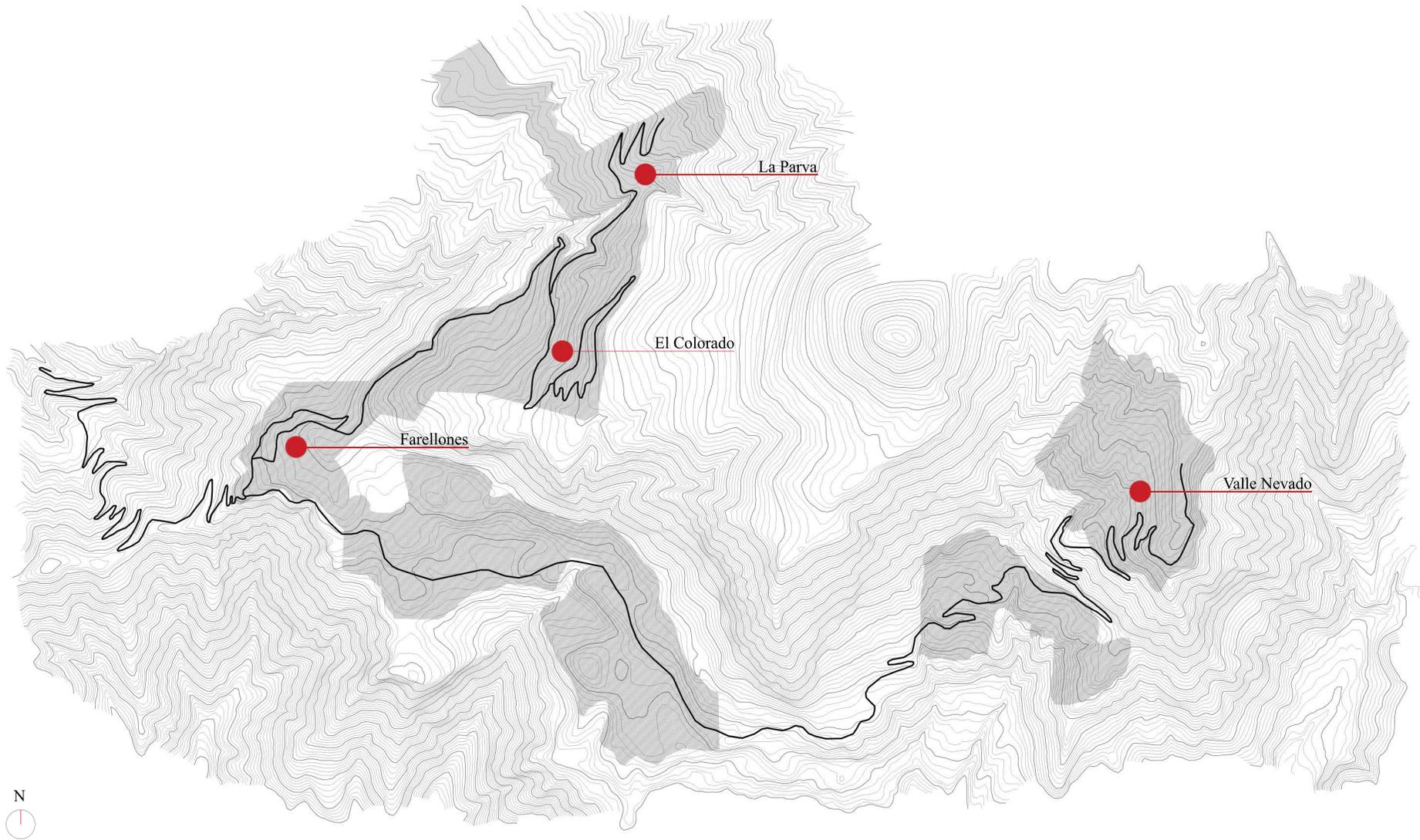
CAPÍTULO 3: Edificio Modular de Vivienda como Refugio de Montaña



Img 100 Centros de Esquí a lo largo de todo Chile. (Fuente: Elaboración Propia a partir de información entregada por ChileanSki, <https://www.chileanski.com/esp/mapa-sitio.htm>)

En Chile las casas A se pueden encontrar a lo largo de todo el País, pero principalmente fueron utilizadas como refugio de alta montaña ubicadas en la Zona Cordillera de la Región Metropolitana. El proyecto busca emplazarse en la Cordillera y tener como desafío que se enfrente a las mismas condiciones a las que se enfrentó la casa A en su llegada a Chile, además de lograr su configuración modular.

En la zona central y sur del país se desarrollan 15 centros de esquí ubicados en la Cordillera de Los Andes donde algunos tienen mayores equipamientos que otros, distinta accesibilidad, cantidad de pistas y alturas (Img 100).



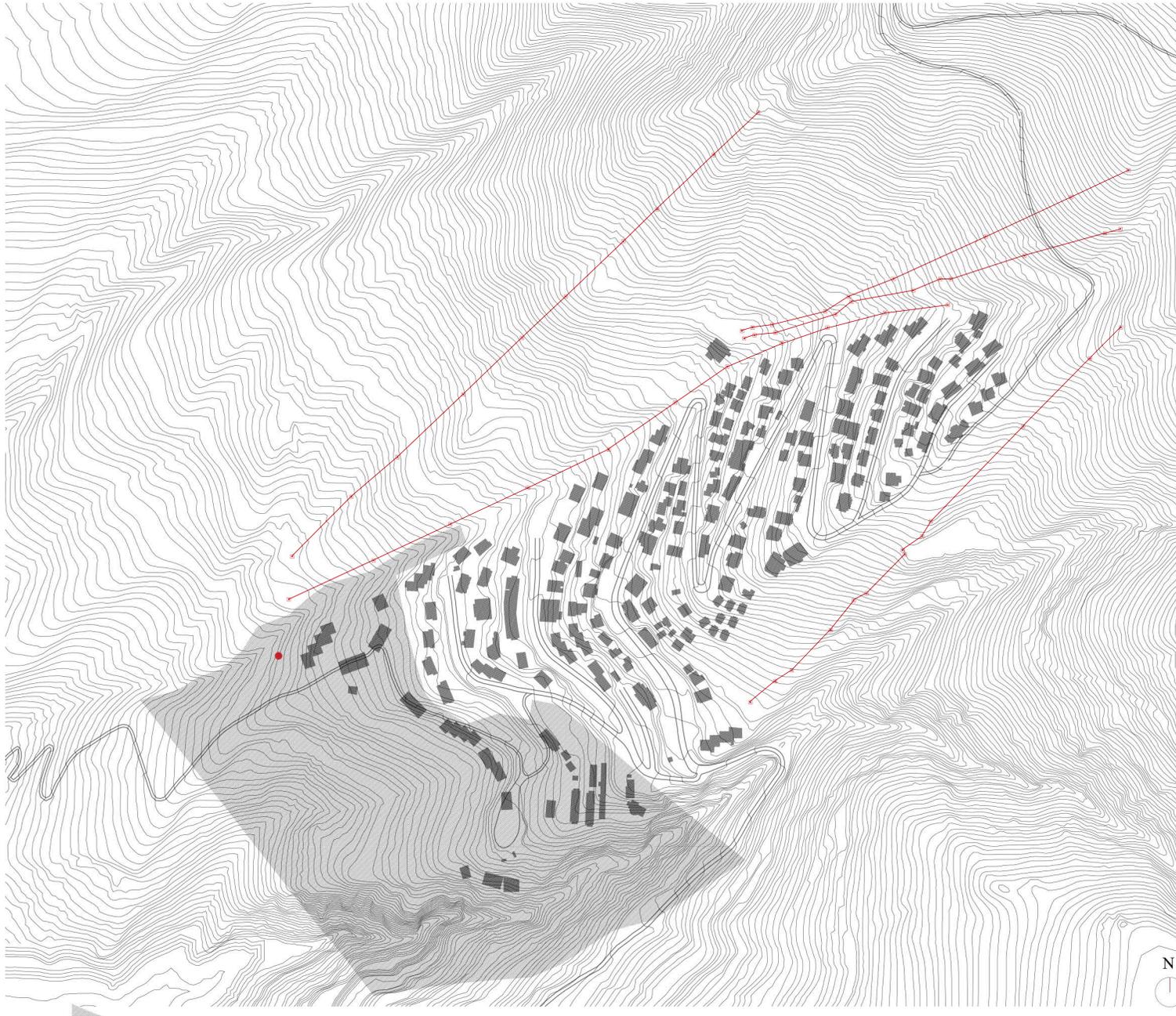
Img 101 Sector Centro Cordillera de la Región Metropolitana. (Fuente: Elaboración Propia)

El proyecto está ubicado en el Sector Centro Cordillera de la Región Metropolitana siendo el sector con mayor superficie esquiable con más de 10.700 hectáreas y 107 kilómetros de pistas, poseyendo tres del total de los centros. Se caracteriza por su buena accesibilidad principalmente internacional por su cercanía a la capital. Sector que involucra 4 pueblos de montañas (Img 101) relacionados por conexiones viales, peatonales o por andariveles:

(1) Farellones, pueblo como acceso al sistema donde convergen las vías de accesos hacia las demás localidades. Tiene el rol histórico del lugar como centro de esquí y centro cívico de espacio público. El cual orienta su crecimiento hacia la consolidación de un centro de servicios, equipamiento turístico y gastronómico incipiente. Con destino mixto de usos y una altura máxima de 2 pisos de altura según el Plan Regulador Comunal de Lo Barnechea. (2) El Colorado, pueblo más antiguo después de Farellones, que tiene como rol ser un centro turístico de montaña orientado al deporte blanco destacándose por la gran cantidad de esquiadores que suben por el día. Tiene zonas para construcciones de 2 pisos y de 6 pisos de altura, pero las posibles de construir en altura tienen como destino propiciar principalmente a equipamiento y servicios haciendo énfasis en la población flotante por una mayor demanda

para estacionamientos. (3) Valle Nevado, centro de esquí más grande pero aislado de manera geográfica y funcional siendo un subsistema en sí mismo con un rol principalmente de resort. Orientando su destino principalmente para equipamiento turístico, teniendo edificaciones con un máximo de 13 pisos de altura. (4) La Parva, en área es el pueblo más reducido de todo el sistema, sin embargo, cuenta con la mayor cantidad de metros esquiables habitados. Asentamiento compuesto por viviendas con una vocación de refugio para los esquiadores concentrando su crecimiento en forma de península rodeada de canchas, lo que le agrega un valor al desarrollo inmobiliario de los edificios. Siendo posible las construcciones de 4 a 7 pisos en sus nuevas zonas para urbanización con principal destino de uso residencial.

Luego de analizar todos los pueblos de montaña ubicado en el Sector Centro Cordillera, según el Plan Regulador Comunal de la Municipalidad Lo Barnechea, los únicos pueblos posibles de construir un edificio de 6 pisos son: El Colorado, La Parva y Valle Nevado. El proyecto se emplaza en La Parva principalmente por sus destinos de usos, ya que el edificio es un edificio de viviendas (Img 102).



Img 102 Pueblo de Montaña La Parva en su Totalidad. (Fuente: Elaboración Propia)

4.1 La Parva, Condiciones del Lugar para Estrategia de Emplazamiento.

La Parva es un centro de esquí chileno a 2640 msnm ubicado en la Cordillera de Los Andes en las faldas del cerro El Plomo junto a El Colorado, Farellones y Valle Nevado. Ubicado a 40 Km de Santiago con vista hacia el Valle Central que se accede por la ruta G-21 pavimentada con 40 curvas. Con un área urbana de 46,56 hectáreas de las cuales 16,28 se encuentran consolidadas (40%). Cuenta con 38 Km de terreno esquiable repartido en 30 pistas conectadas por 14 andariveles que cubren 9.673 mts. En 1937 Gabriel González Videla (embajador de Chile en Francia), conoció al instructor André Bossoney (en un pueblo de los Alpes franceses). Una vez terminada la Segunda Guerra Mundial, Bossoney vino a Chile y construyó diferentes refugios y andariveles en la Cordillera queriendo colonizar los cerros nevados. Una vez comprados los terrenos André abrió el camino hasta La Parva con un primer refugio que luego se transformó en el refugio de la Alianza Francesa. El plan original de La Parva de 1953 aún sigue en práctica, quedando demostrado en los últimos años el continuo auge en desarrollo del centro de ski. Cuenta con una de las mayores zonas esquiables de América del Sur donde un 80% de los días promedio están despejados durante la temporada por su altura, orientación y clima.

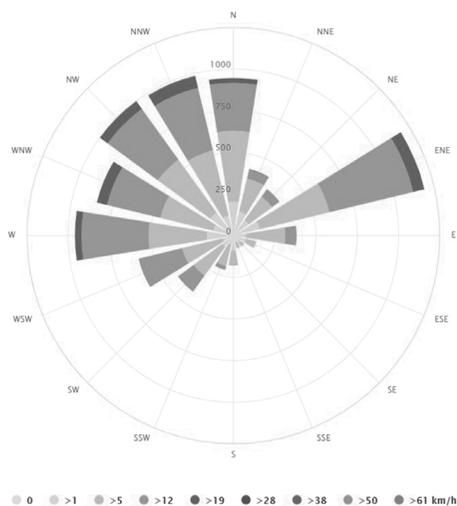
Previo al desarrollo del edificio de viviendas se realiza un análisis con respecto a las condiciones del lugar para definir tanto el volumen del edificio como su emplazamiento. Temperaturas y precipitaciones, dirección del viento, recorrido del sol, consideración de la nieve, sin dejar de lado la colonización del edificio en el lugar orientando las vistas hacia el valle central de Santiago: (a) El análisis diario promedio de temperaturas y pre-

cipitaciones, tanto en invierno como en verano varían considerablemente (Img 103) y la dirección del viento predominante es norponiente (Img 104), el cual fue considerado según Nch 432 en cálculos previos de lo cual hay que tener en cuenta que no enfrente al edificio si no que sea una carga lateral. (b) Con respecto al recorrido del sol, en cualquier refugio de montaña ubicado en los centros de esquí se busca el sol poniente de manera indirecta, principalmente en invierno donde se asume que el ángulo de radiación solar es más horizontal que perpendicular, de tal manera que acceda en su mayoría dentro de cada departamento (Img 105). (c) Por otro lado, la consideración de las cargas de nieve tanto la acumulación como el peso que esta podría propiciar se debe tener en cuenta para el diseño de techo del edificio evitando o disminuyendo las respectivas cargas que nos entrega el lugar según la latitud y altitud. (d) Un último punto que hay que tener en consideración es la vista que tiene el lugar hacia el valle central de Santiago del sector de Lo Barnechea, que coincide con la orientación del recorrido del sol (Img 106).

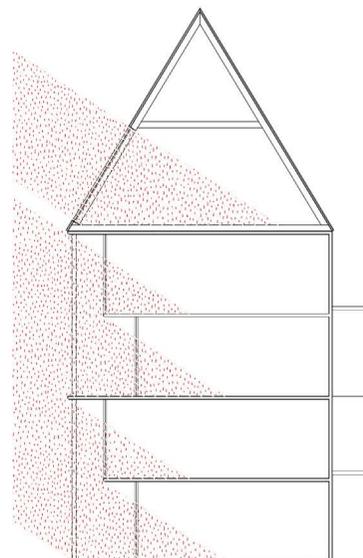
Temperaturas y Precipitaciones Promedio Diario		
	Invierno	Verano
T° Máxima Media	3°C	18°C
Días Calurosos	12°C	23°C
T° Mínima Media	-5 °C	5°C
Noches Frías	-16°C	1°C
Precipitaciones	119mm	11mm

Img 103

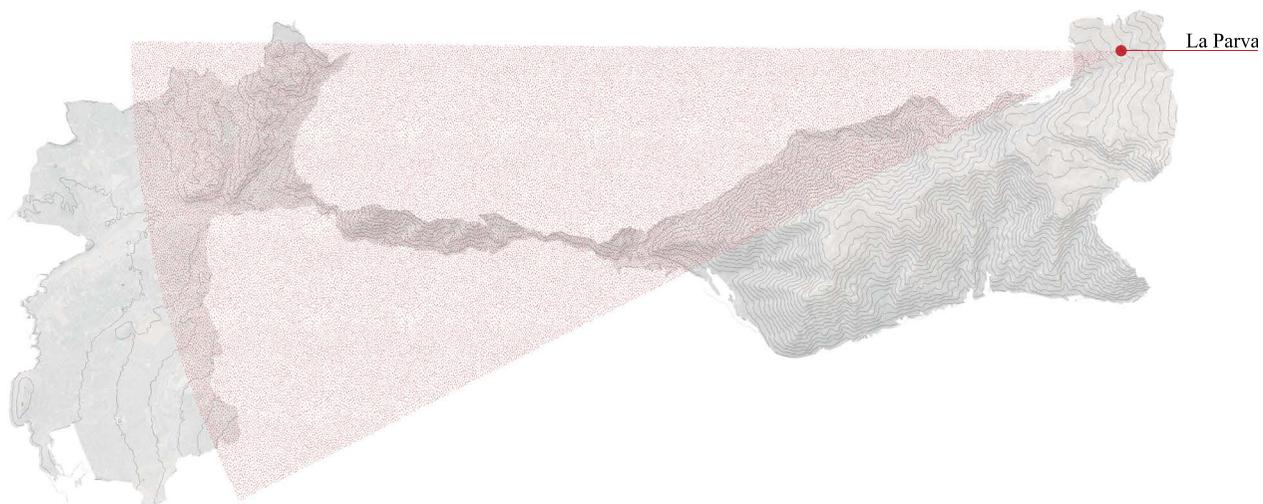
Img 104 Tabla Datos Temperaturas y Precipitaciones Promedio Diario. (Fuente: https://www.meteoblue.com/es/tiempo/pronostico/modelclimate/centro-de-esqui-la-parva_chile_8029956)



Img 104



Img 105



Img 106

Img 104 Rosa de los Vientos. Dirección Predominante Nor-Poniente (Fuente: https://www.meteoblue.com/es/tiempo/pronostico/modelclimate/centro-de-esqui-la-parva_chile_8029956)

Img 105 Esquema Acceso Radiación Solar en cada Departamento. Según ángulo de inclinación del sol en temporada de invierno. (Fuente: Elaboración Propia)

Img 106 Relación en Vista con el Valle Central de Santiago. Comuna de Lo Barnechea (Fuente: Elaboración Propia)

4.2 Sitio, Trazado Emplazamiento

A partir de la zonificación de usos de suelo que tiene La Parva (Plan Territorial Municipalidad Lo Barnechea), en la zona QA2 “La Parva Baja” y QA3 “Nueva La Parva” es posible construir un edificio de seis pisos según lo dicta la ordenanza, además de tener un destino de uso residencial. El proyecto entonces se emplaza en la zona Nueva La Parva principalmente por la accesibilidad a los andariveles que son las vías de conectividad entre las viviendas y las canchas de esquí, siendo el Lote 18 el que más satisface a esos requerimientos (Img 107).

El Lote 18 tiene una superficie de 3088,91 m² con destino a vivienda con una calle existente hacia la parte superior y una calle proyectada hacia la inferior, permitiendo dos posibilidades de accesos. Se realiza una subdivisión predial con el objetivo de que el edificio quede más acotado dentro del terreno, donde la subdivisión predial mínima según planimetría entregada por la Municipalidad de Lo Barnechea es de 1000m², por lo tanto, se divide en dos quedando cada sitio de 1500m² aproximadamente con el objetivo de que queden lo más equitativo posible para futuros proyectos, siendo el terreno hacia el sur el que se utilizará en este caso, debido a la mejor accesibilidad que nos brinda el proyecto de territorio junto a estacionamientos. Por otro lado, hay que considerar la rasante establecida por la OGUC de 70°, distancia de antejardín y distanciamiento con respecto a la línea divisoria de 4 mts (Img 108).

A partir de lo anterior, se desarrolla un trazado en el sitio de proyecto con las condiciones que nos entrega el lugar como fue mencionada la dirección del viento, recorrido del sol, vista y nieve junto con las exigencias de la normativa del terreno (Img 109), para luego tener una grilla base de dimensiones acotadas para desarrollar el proyecto.

Img 107 Desarrollo Esquí La Parva. Modificación Loteo Nueva La Parva (Fuente: Entrega de planos por Municipalidad Lo Barnechea)

Img 108 Condiciones Uso de Suelo Zona QA3. MPRC-LB-09 “CENTRO CORDILLERA: FARELLONES, LA PARVA, EL COLORADO Y VALLE NEVADO.”

CONDICIONES DE USO DE SUELO

a) Usos de Suelo Permitidos y sus restricciones.

TIPO DE USO	TIPO / CLASE	TIPO / ACTIVIDAD	RESTRICCIONES	PROHIBICIONES
Residencial	Vivienda Hospedaje	Viviendas		
		Hoteles		
		Residenciales		
		Refugios		
Equipamiento	Comercio	Locales Comerciales	Permitidos sólo como parte del hospedaje como destino principal.	Se prohíbe centros comerciales, discoteca, bares, ferias, supermercados, mercados, estaciones o centros de servicio automotor.
		Restaurantes		
		Salón de Té / Cafetería		
Espacio Público	Sistema Vial	Sistema Vial		
	Plazas y Áreas Verdes	Plazas y Áreas Verdes		
Área Verde	Áreas verdes	Áreas libres destinadas a Área Verde		

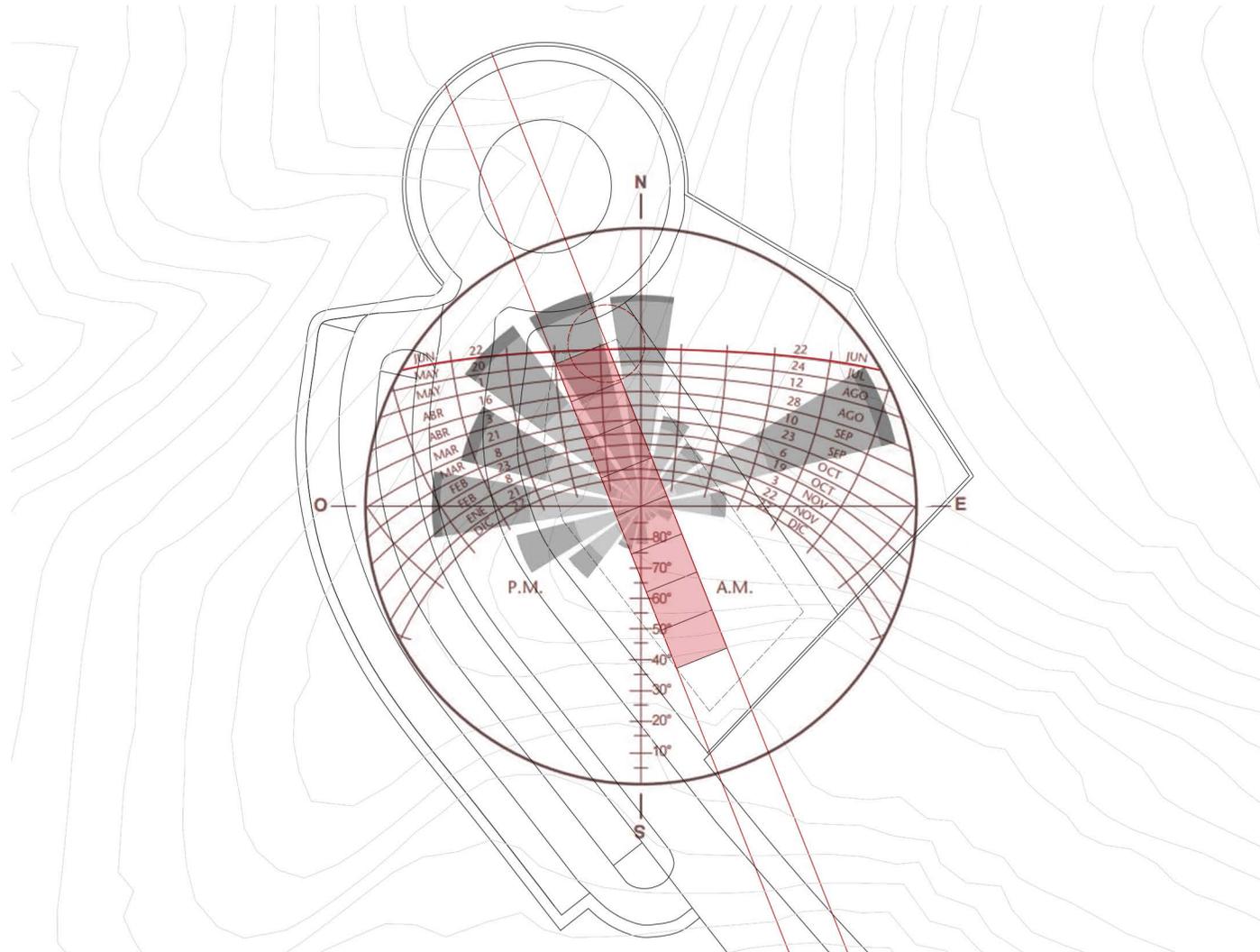
b) Usos de Suelo Prohibidos

- Actividades Productivas
- Infraestructura, salvo redes y trazados, siempre admitidos conforme al Artículo 2.1.29 de la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones.
- Todos los usos de suelo no mencionados como permitidos.

CONDICIONES DE EDIFICACIÓN Y URBANIZACIÓN

CONDICIONES	PERMITIDO
Superficie de Subdivisión Predial Mínima	700 m ²
Antejardín	4 mts
Altura de Cierros	1 metro
Coefficiente de ocupación de suelo	0,60
Coefficiente de constructibilidad	2,4
Sistema de Agrupamiento	Aislado
Altura máxima	6 pisos y 21 mts
Densidad bruta máxima	500 hab/ha
Distanciamiento	OGUC
Rasante	OGUC
Adosamientos	OGUC

Img 108



Img 109 Trazado Emplazamiento. Grilla Base para decisiones de emplazamiento de Volumen (Fuente: Elaboración Propia)

4.3 Estrategias de Proyecto, Factores que Condicionan al Diseño

4.3.1 Estrategias para Diseño del Volumen del Edificio

El edificio de proyecto es de 6 pisos de altura a partir de una configuración de superposición de los módulos establecidos de 6x8 mts, manteniendo su condición de crujía simple que caracteriza a la casa A-frame. A partir del trazado guía se disponen la cantidad máxima de módulos en planta respetando los distanciamientos mínimos que nos permite la ordenanza, quedando 8 módulos totales que completan el largo del edificio.

En los primeros 4 pisos se superponen orientando su fachada principal hacia el valle de Santiago permitiendo la llegada indirecta del sol poniente de la tarde, siendo los planos arriostrantes los que reciben el viento en su dirección nor poniente. En cambio, en los últimos dos pisos los módulos se disponen perpendicular a los pisos de abajo a modo de recepción de las cargas de nieve, aumentando el dimensionamiento de los elementos del marco triangular a 8mts en todos sus lados. Quedando un total de 30 módulos de 6mt que forman los primeros cuatro pisos y 8 módulos de 8mt que forman los últimos dos.

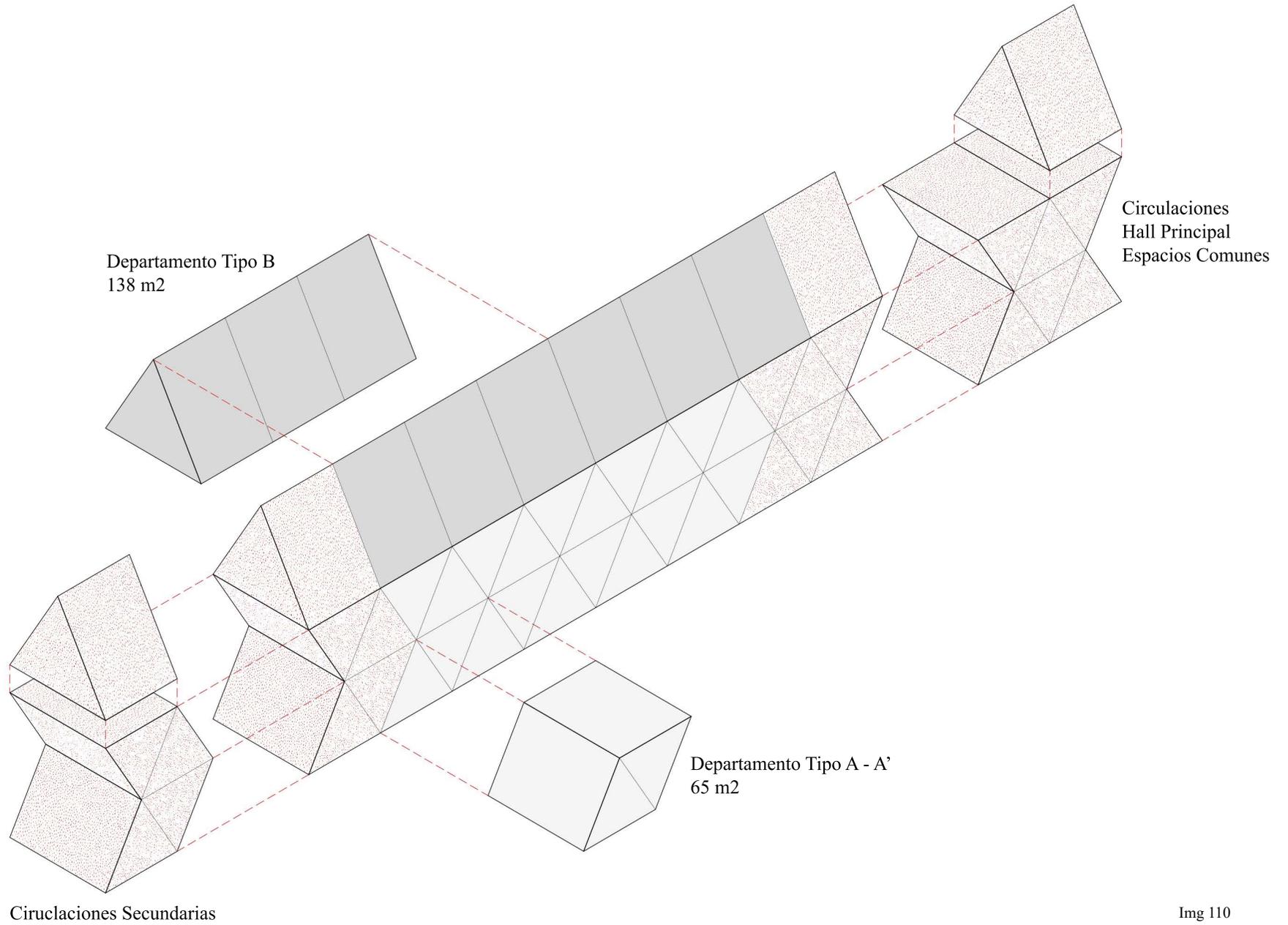
Por otro lado, se busca mantener la pureza de la estructura de la casa A en la totalidad de todo el edificio sin interrupciones de las circulaciones. Por lo tanto, como estrategia se quieren desarrollar las circulaciones verticales en los cabezales y las conexiones a cada una de las viviendas mediante pasillos orientados hacia la fachada secundaria del edificio pero dentro de la estructura.

Y como última estrategia general, se desarrollan terrazas a ambos lados del edificio, de tal manera que al igual que las casas A, sus fachadas extiendan el estar a través de estas permitiendo que el interior y el exterior dialoguen, además de que el proyecto en su totalidad también se adapte a la topografía del terreno ya que el edificio está apoyado sobre un zócalo de hormigón, jugando con las diferencias de altura. Siendo un espacio de transición entre las viviendas y el deporte.

4.3.2 Estrategias Programáticas para Desarrollo Interior

El volumen final tiene como objetivo desarrollar viviendas de tres tipos en el mismo edificio. (1) Departamento A, a partir de la superposición de dos módulos de 6mt para cuatro personas. (2) Departamento A', departamento tipo A invertido. (3) Departamento B donde se desarrolla el concepto de Co-living, a partir de la superposición de 3 módulos de 8mt de 6 a 8 personas. Además de espacio común principalmente desarrollado en las terrazas y un subterráneo para maquinarias, servicios y bodega.

Cada uno de los departamentos busca mantener en cierto grado los planos arriostrantes de las casas A, sin perder el concepto que las caracteriza de ser cabañas de techo, donde la geometría del techo y los planos arriostrantes dan como resultado de uso los dinámicos espacios interiores. En cada uno de los departamentos, los espacios comunes son considerados importantes debido a que son los lugares donde los usuarios más suelen estar en los refugios de nieve, orientados hacia el nor poniente por el ingreso del sol como fuente de calor en los horarios en que se está. Teniendo como estrategia el desarrollo de planta libre en cada estar de cada uno de los departamentos enmarcando en su fachada la vista hacia el valle central de Santiago que se posibilita la vista panorámica con el estar que se extiende hacia la terraza exteriorizándose de la estructura principal del edificio. Además del desarrollo libre en las terrazas comunes situadas a modo de recepción inmediata de la llegada del esquí. Por otro lado, el desarrollo de cada departamento tiene como objetivo mantener toda la estructura de los módulos y la mayor cantidad de planos arriostrantes para que se identifique tanto la individualidad estructural de cada uno de los módulos como la individualidad programática en el interior de los departamentos. En el primer piso no se mantienen debido a la pérdida de espacio ocupable, pero en el segundo piso de cada vivienda se mantienen en su mayoría, siendo identificable cada módulo. En el caso de los departamentos tipo C, son los más similares a la tipología en A, con la diferencia que están configurados como pabellón, tal como se mencionó previamente.



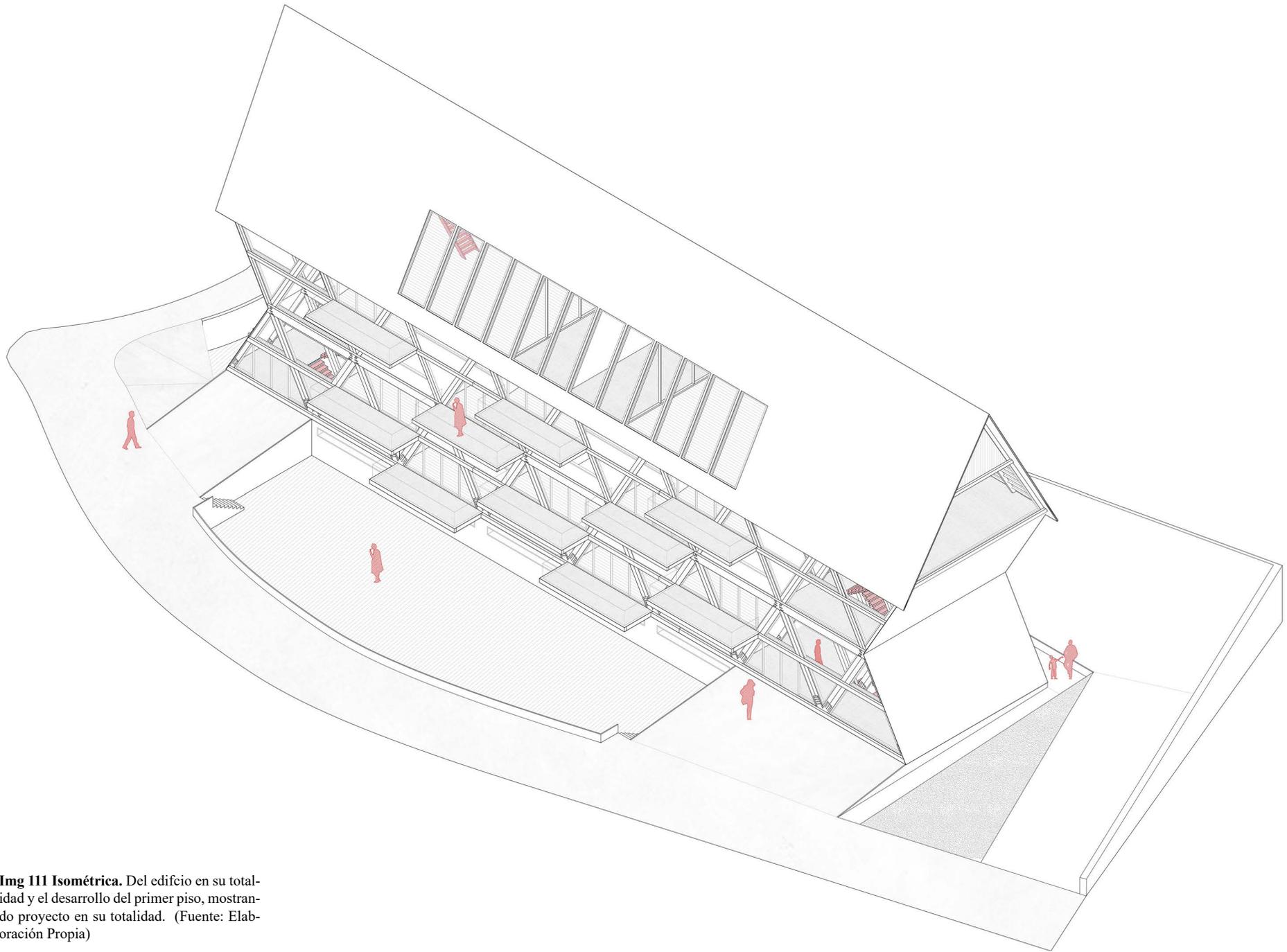
4.4 Propuesta Projectual

A partir del análisis previo con respecto al comportamiento estructural de la configuración de superposición del módulo de tipología A-frame, además del estudio de La Parva. Se diseña un edificio de viviendas como refugios de montaña respondiendo tanto a las estrategias generales establecidas: disposición de los módulos debido al sol y a la vista, las circulaciones sin interrumpir la pureza estructural y terrazas de modo que permitan dialogar al edificio con el exterior. Como también responde a las estrategias programáticas, principalmente de los departamentos, caracterizando los distintos espacios e identificando la individualidad de cada módulo tanto estructural como espacial dentro de un conjunto colectivo y en el interior de cada uno de los departamentos, permitiendo la estructura triangular, planta de uso libre con mínimas intervenciones de tabiques.

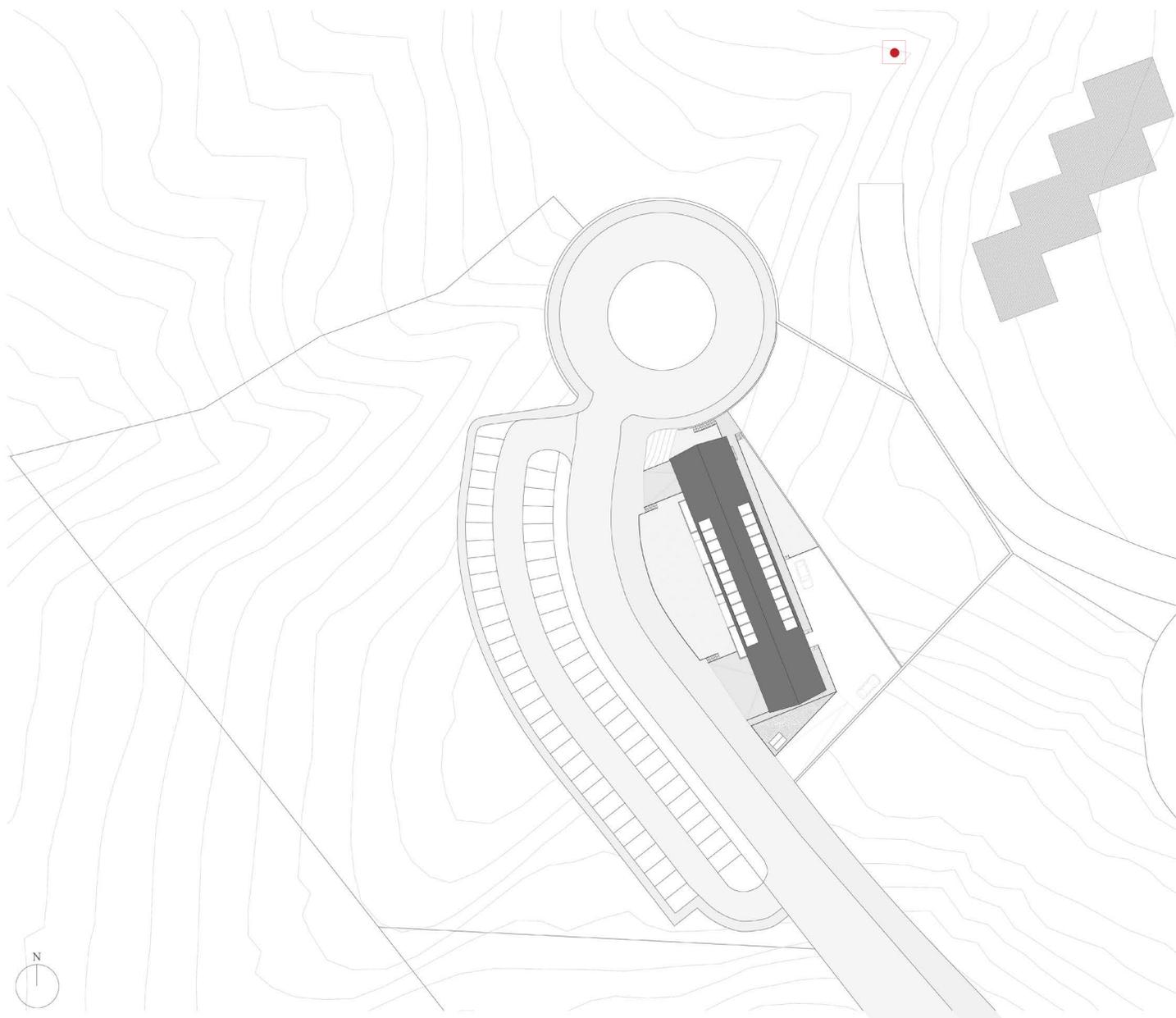
Aferrándose a los atributos principales de la A-frame, siendo un edificio de crujía simple, con terraza que permite la visión panorámica, un habitar condicionado por los muros inclinados, de simpleza estructural y fácil armado.

Logrando hacer sentir el estar en un refugio de montaña, conectándose con el esquí. Abarcando accesibilidad por su condición de emplazado.



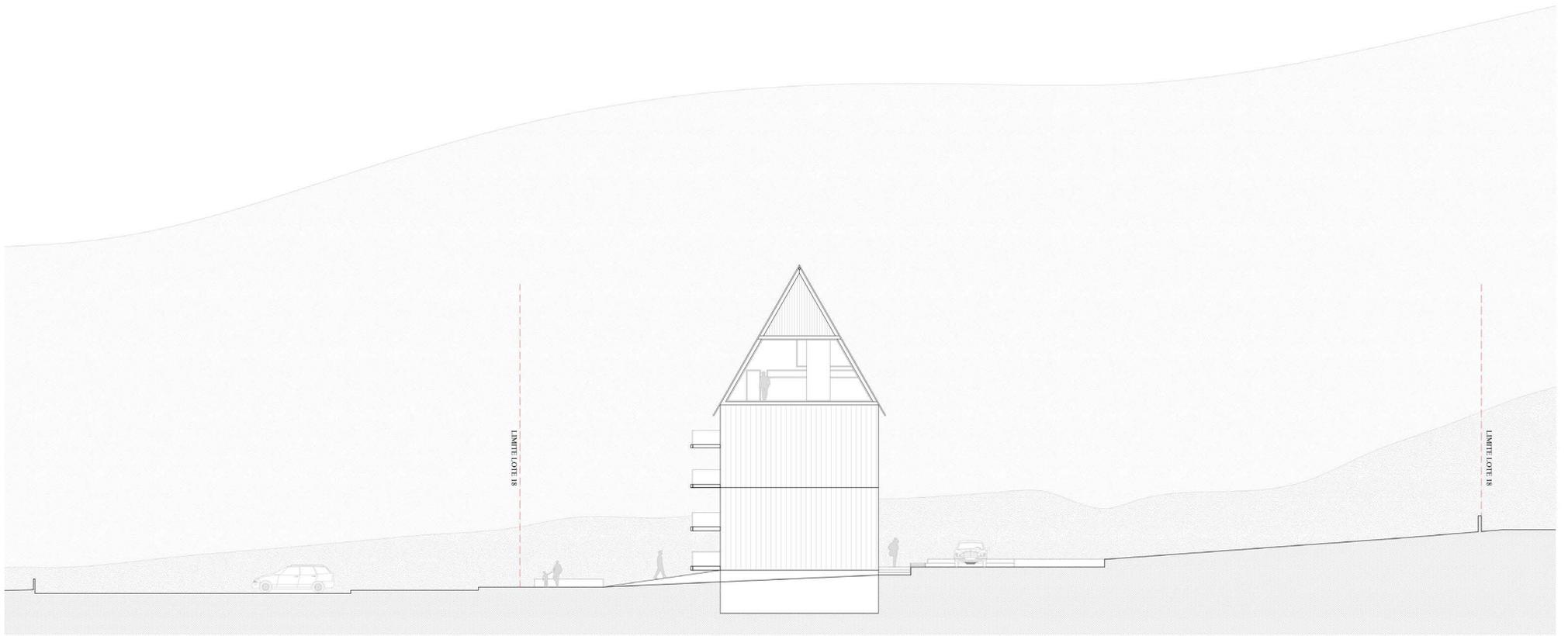


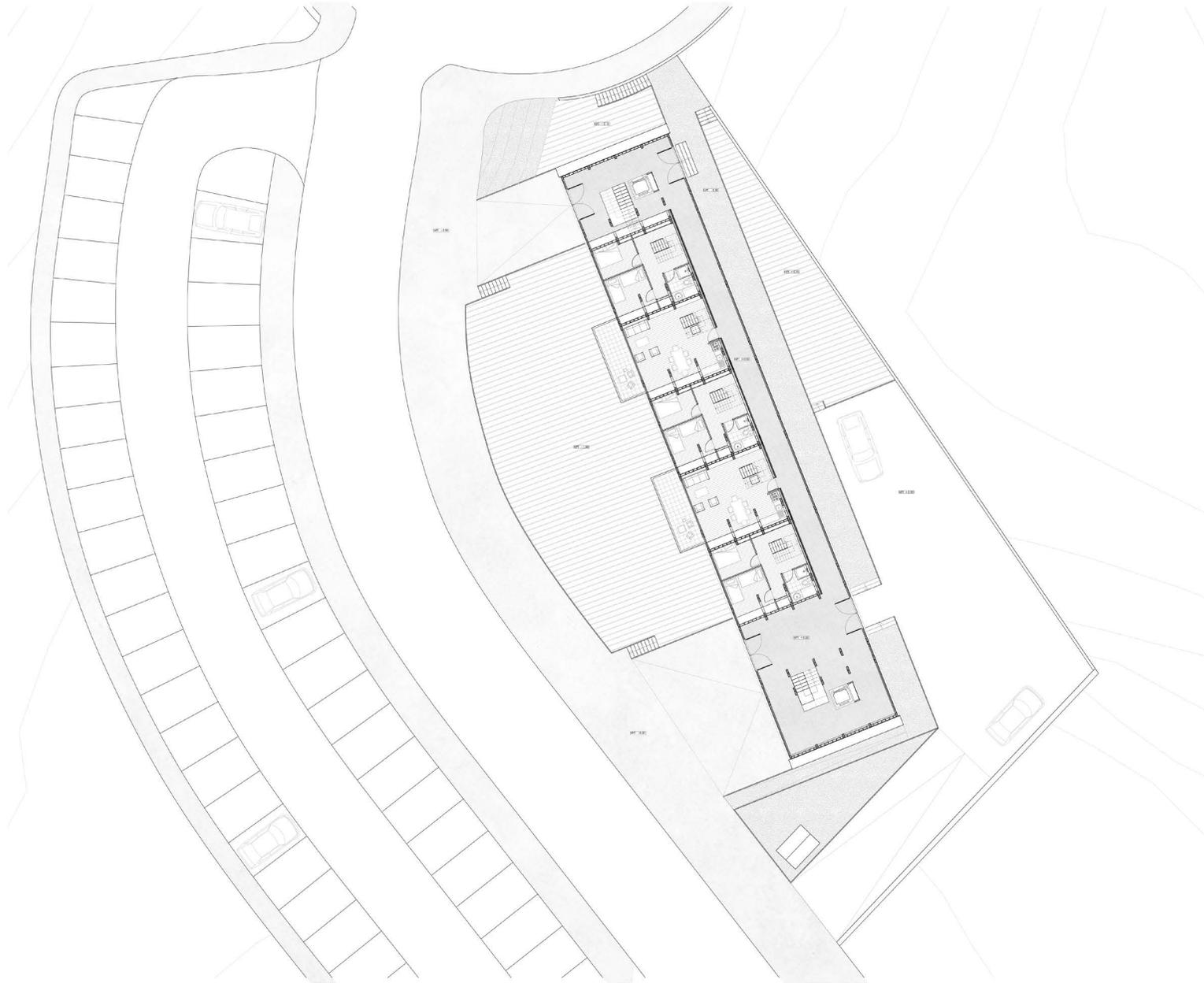
Img 111 Isométrica. Del edificio en su totalidad y el desarrollo del primer piso, mostrando proyecto en su totalidad. (Fuente: Elaboración Propia)



Img 112 Planta Emplazamiento. Trabajo de suelos con las terrazas que rodeando el edificio. Accesibilidad de descarga a través del automóvil. (Fuente: Elaboración Propia)

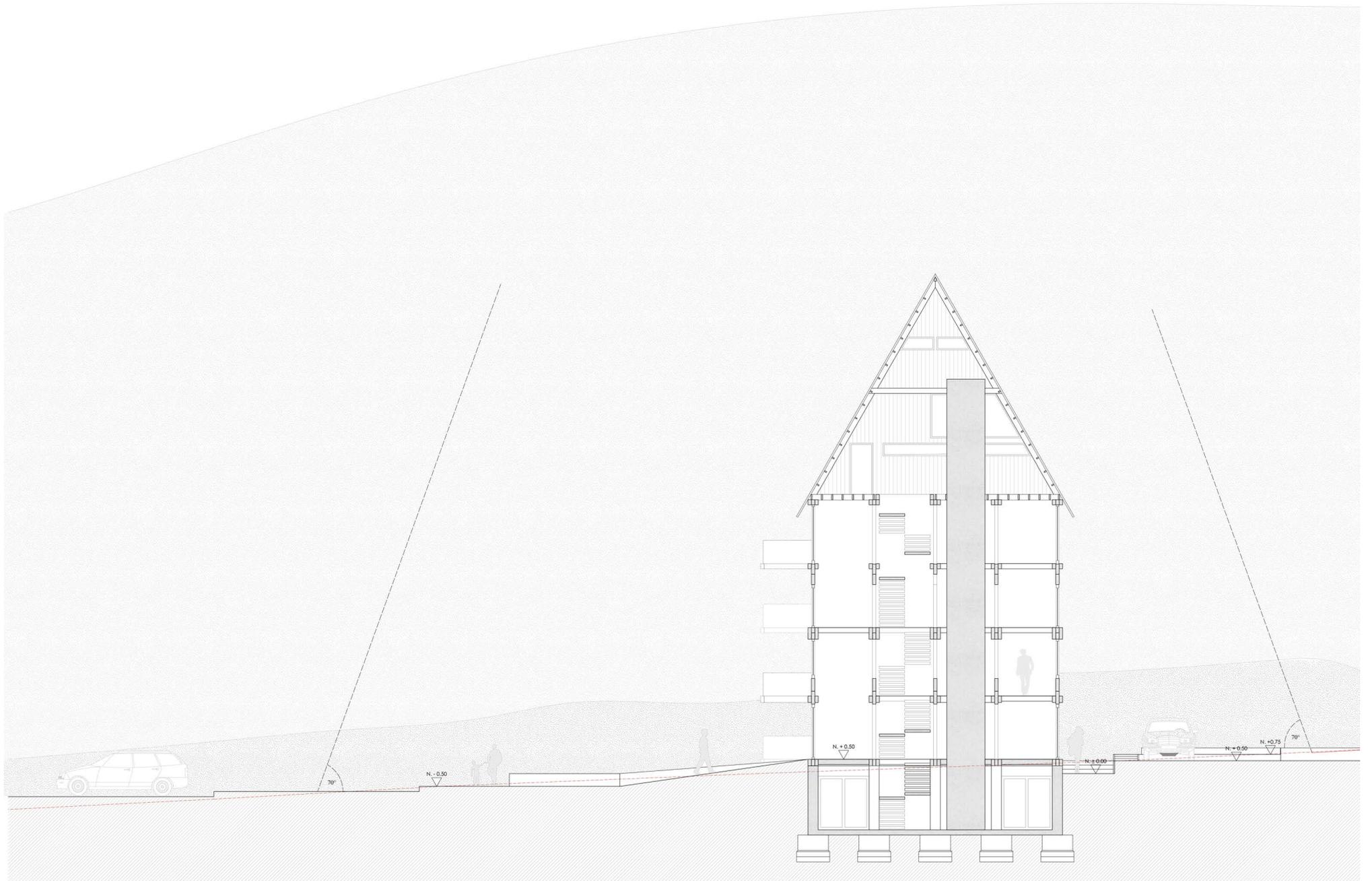
Img 113 Corte Emplazamiento. Relación con el contexto inmediato, principalmente posición dentro del Lote 18 (Fuente: Elaboración Propia)

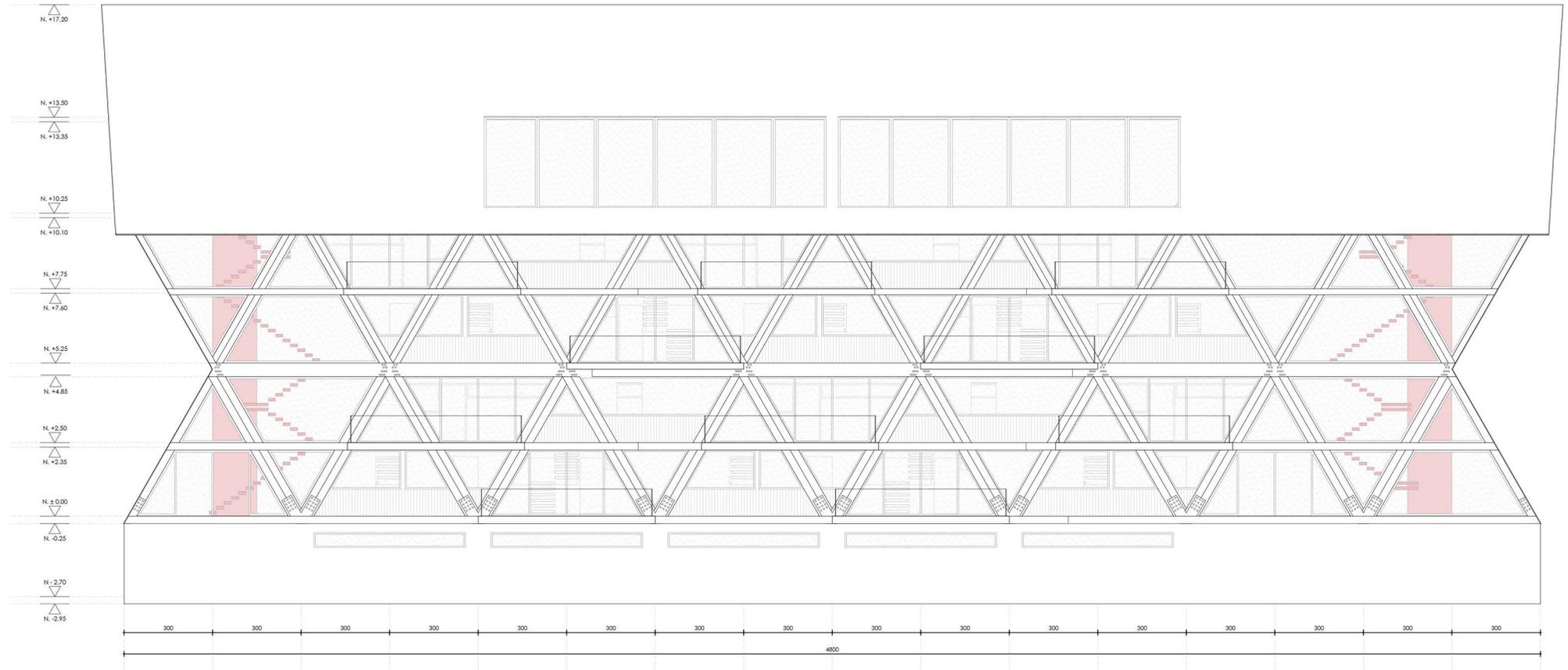




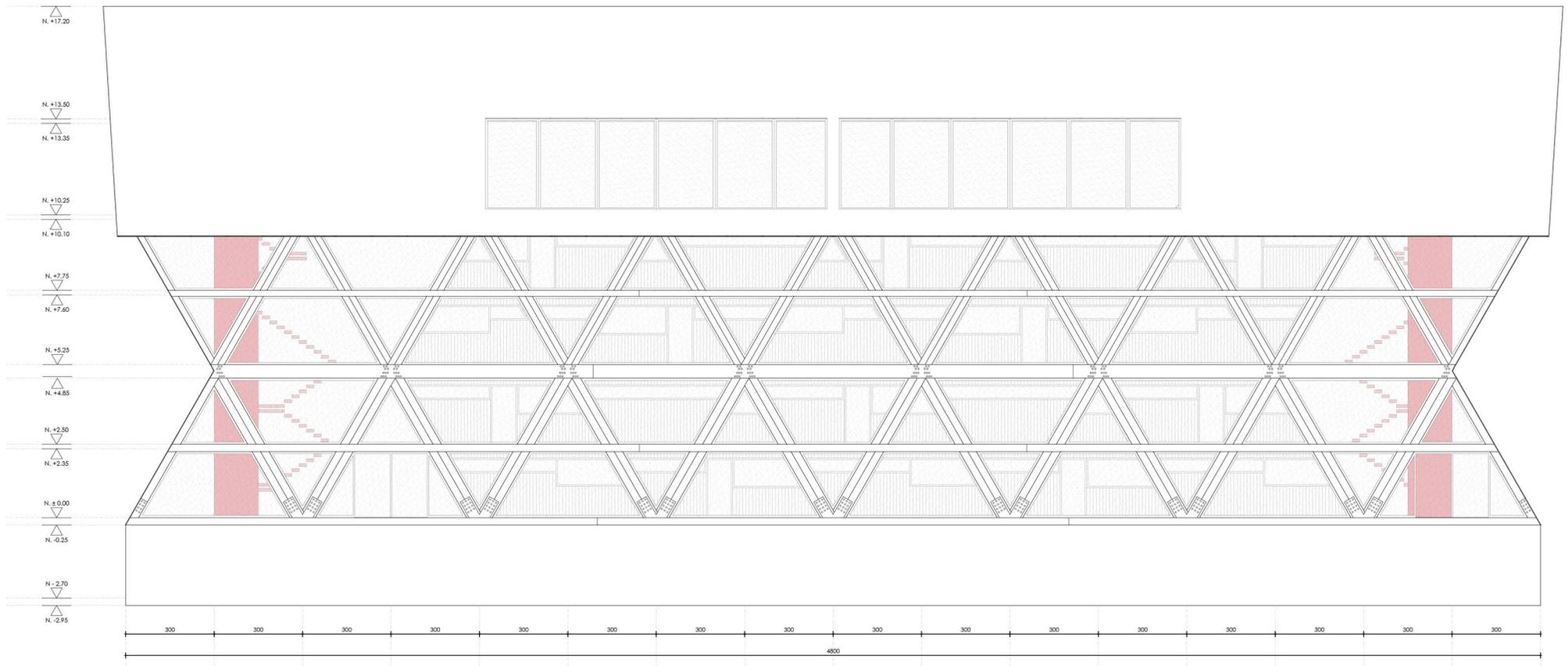
Img 114 Planta Primer Piso. Desarrollo de Terrazas adaptándose a la topografía del terreno. Accesos al edificio (Fuente: Elaboración Propia)

Img 115 Corte Edificio en Sitio. Detalle de Topografía Inicial y tratamientos de suelos. (Fuente: Elaboración Propia)

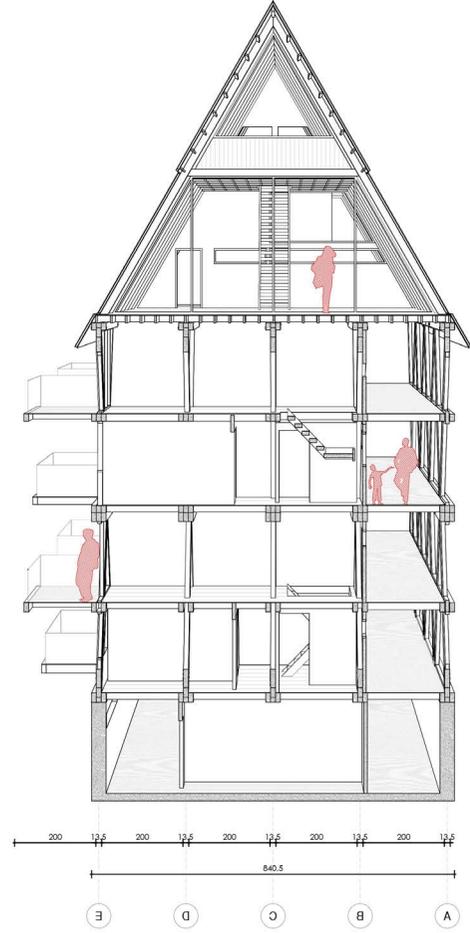
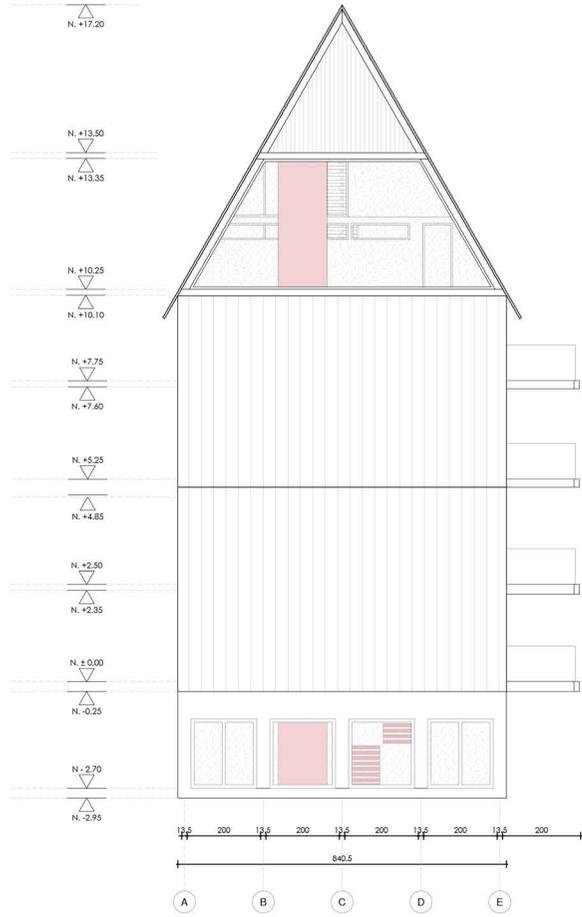




Img 116 Elevación Longitudinal Frontal.
Circulaciones en cabezales y fachada principalmente abierta hacia vista, permitiendo el acceso del sol (Fuente: Elaboración Propia)

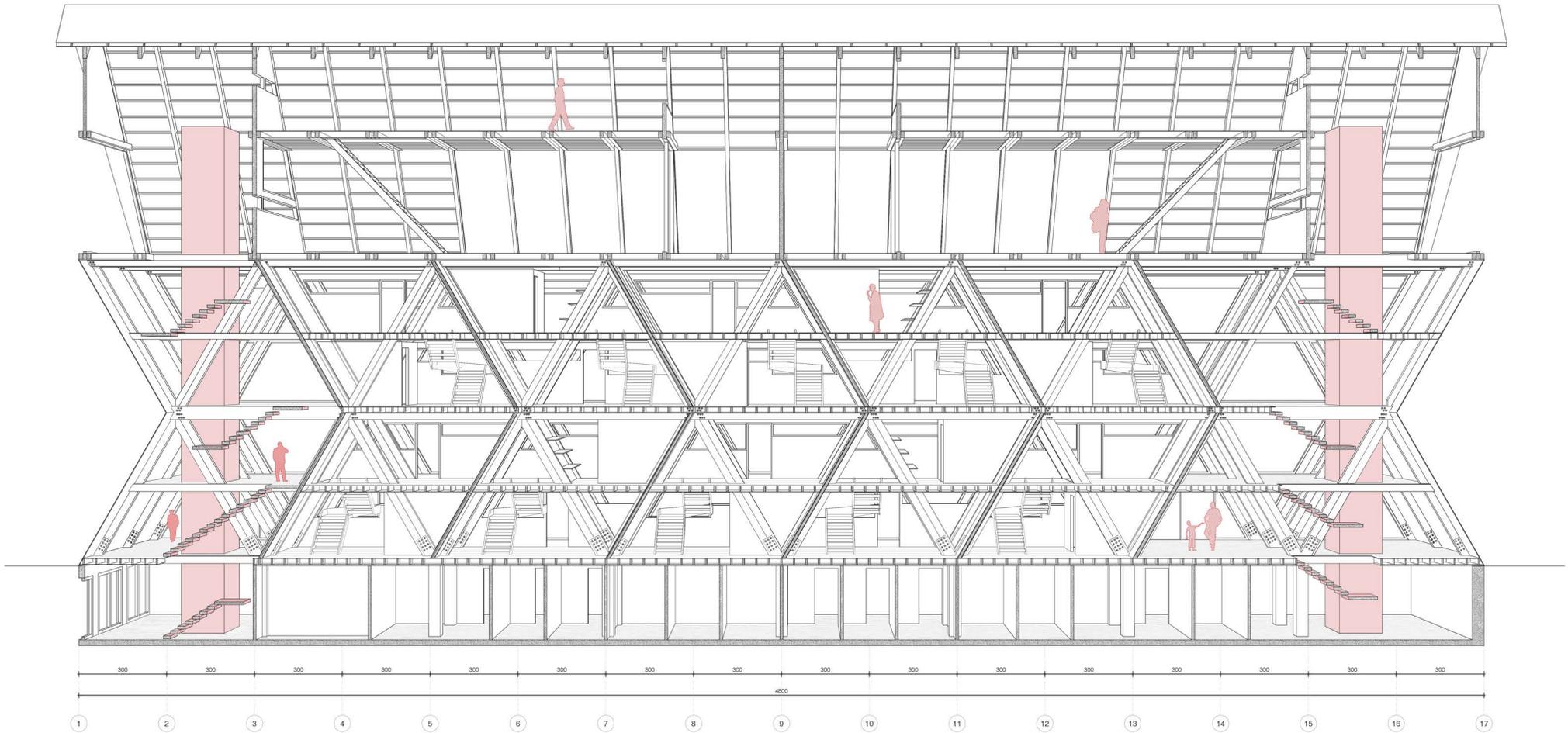


Img 117 Elevación Longitudinal Posterior. Circulaciones en cabezales y Accesos por pasillos posteriores a lo largo de todo el edificio (Fuente: Elaboración Propia)

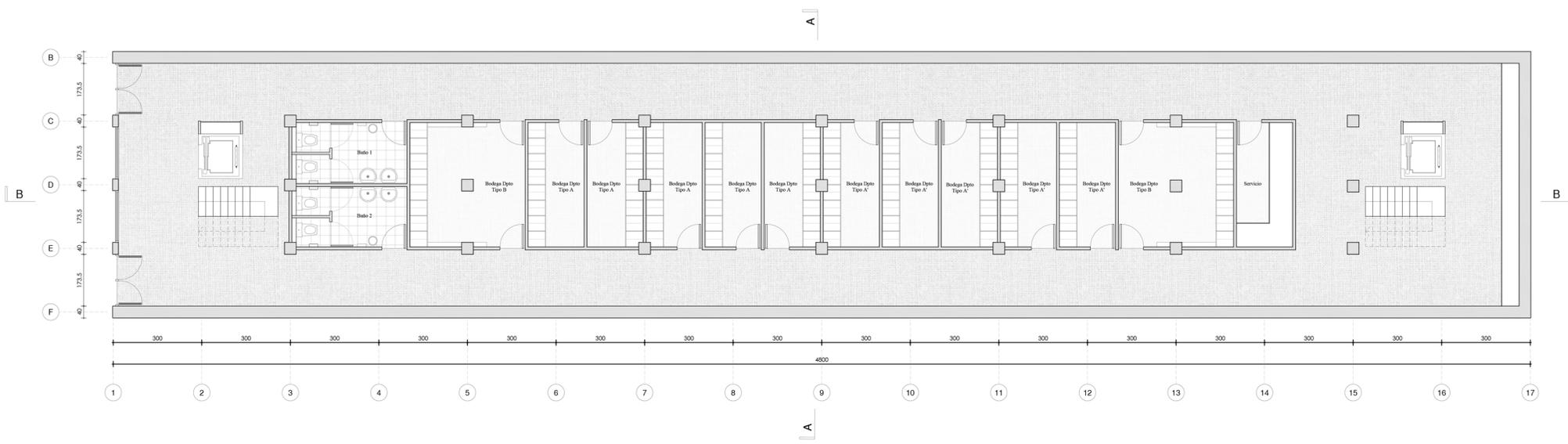


Img 118 Elevación Transversal. Acceso Esqui por Nivel -1(Fuente: Elaboración Propia)

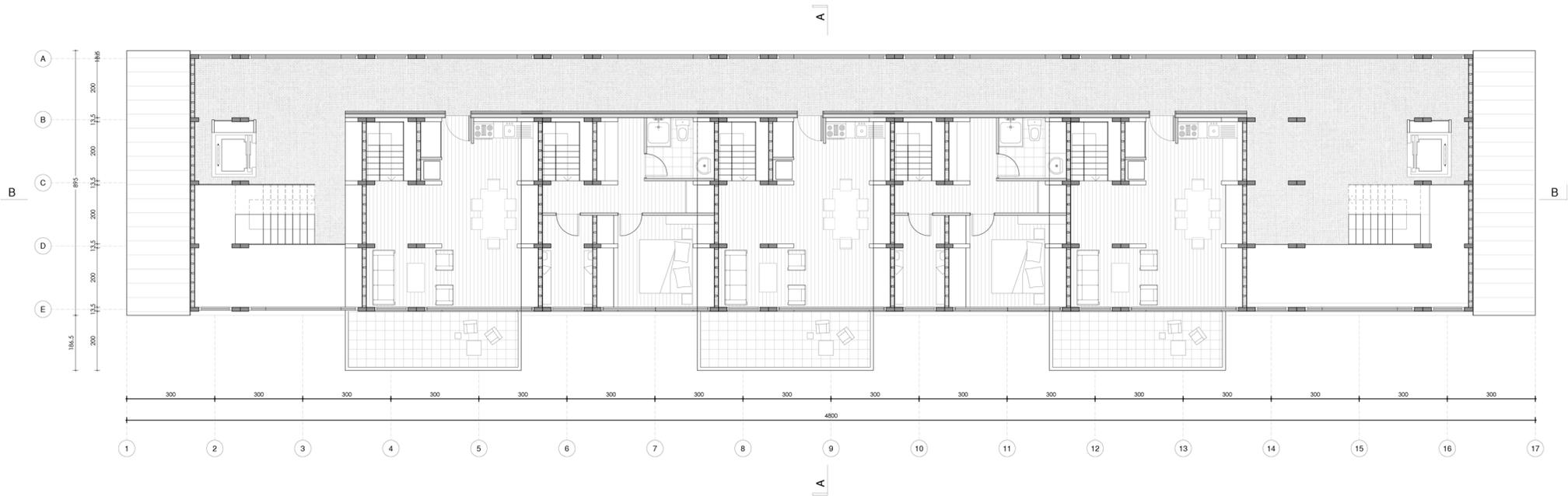
Img 119 Corte Fugado Transversal. Espacialidad Interior. (Fuente: Elaboración Propia)



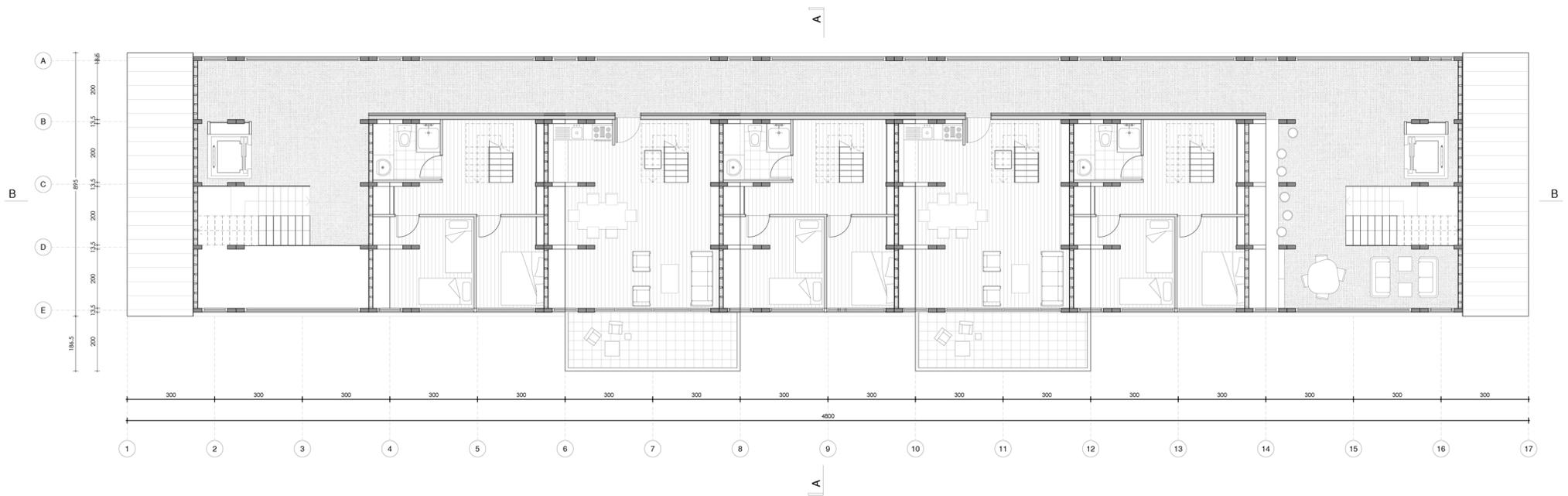
Img 120 Corte Fugado Longitudinal. Espacialidad interior del edificio en su totalidad (Fuente: Elaboración Propia)



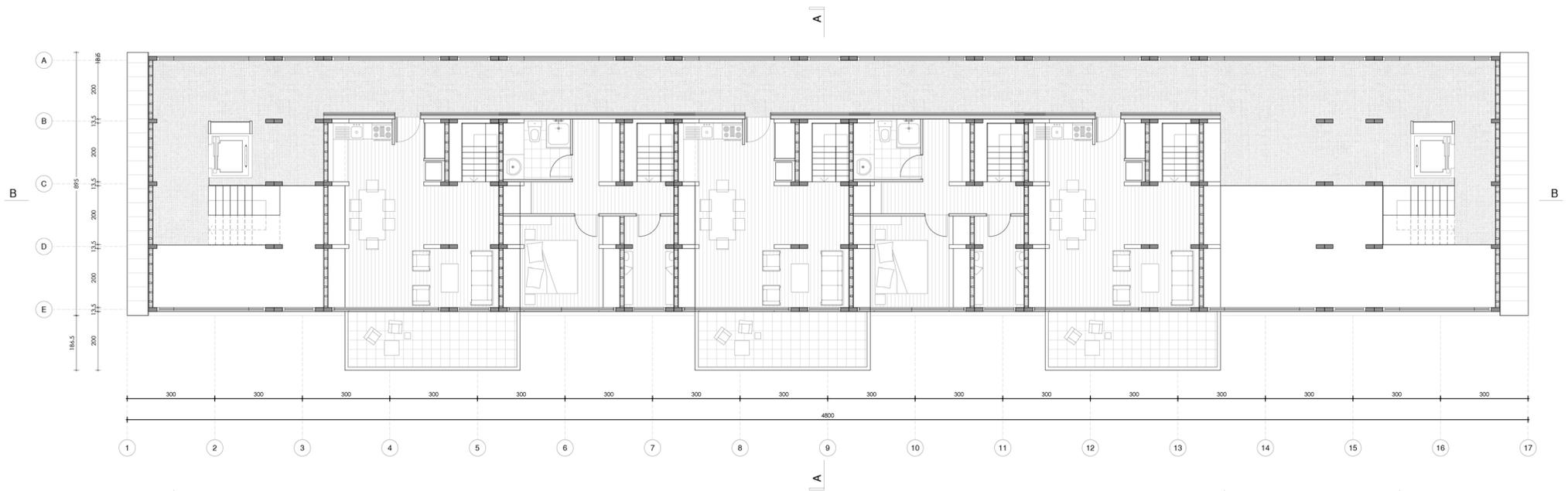
Img 121 Planta Nivel -1. Bodegas y Llegada de Esquí, previo a la llegada del departamento cuando se practica el deporte (Fuente: Elaboración Propia)



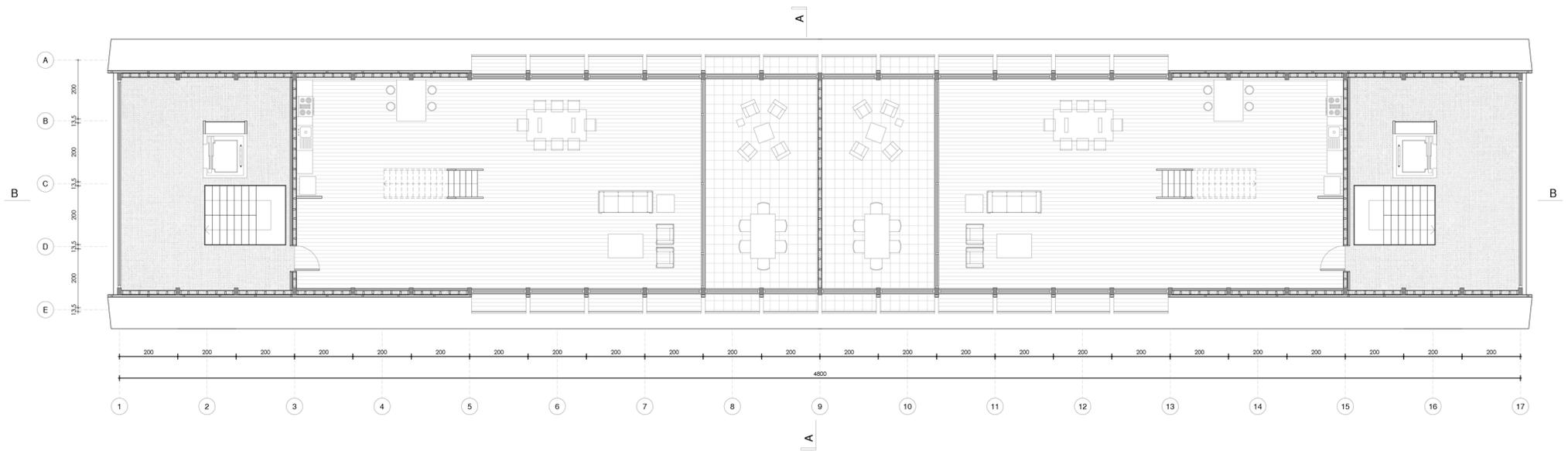
Img 122 Nivel 2. Acceso de 3 departamentos A`en sus primeros pisos y Segundos Pisos de Deptos Tipo A (Fuente: Elaboración Propia)



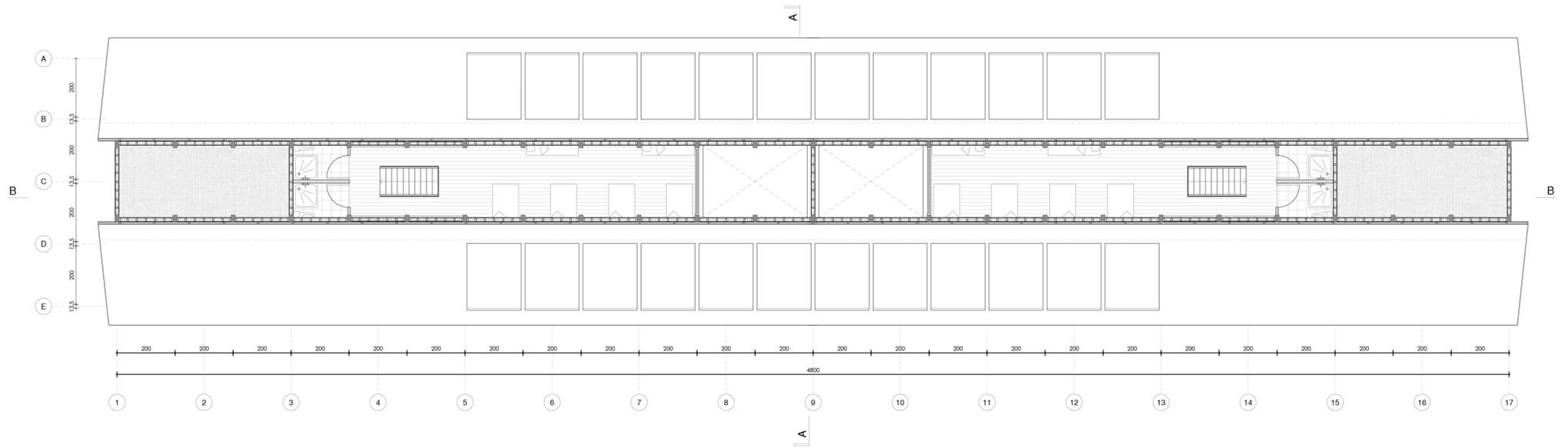
Img 123 Planta Tercer Piso. Acceso de 2 Deptos Tipo A y Segundos Pisos de 3 Deptos Tipo A' (Fuente: Elaboración Propia)



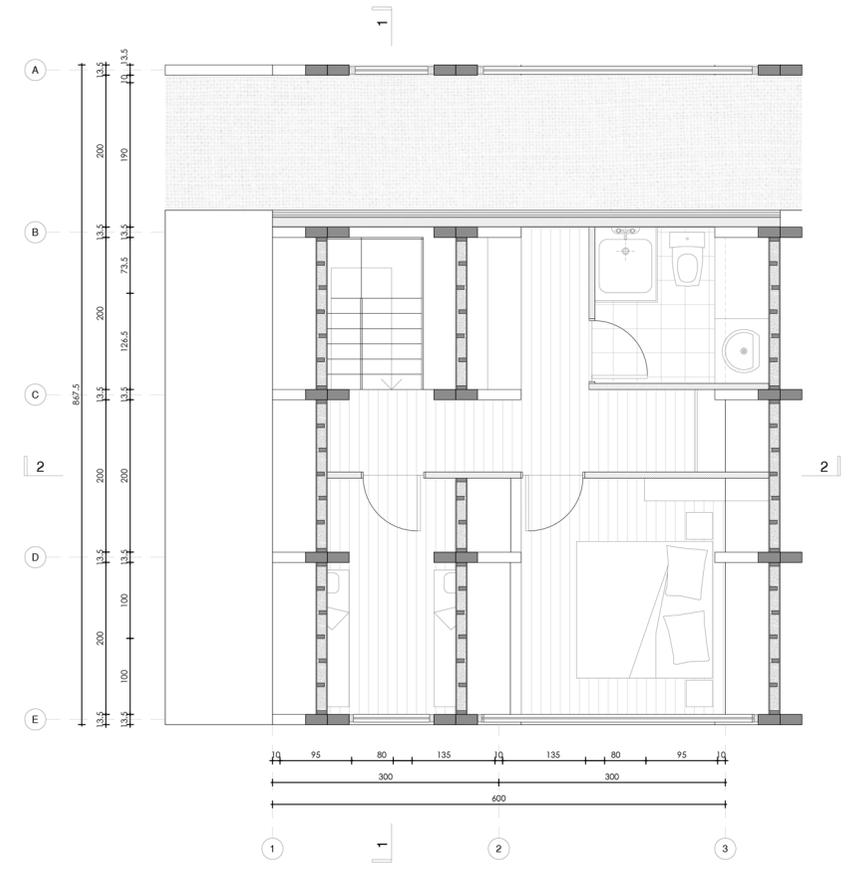
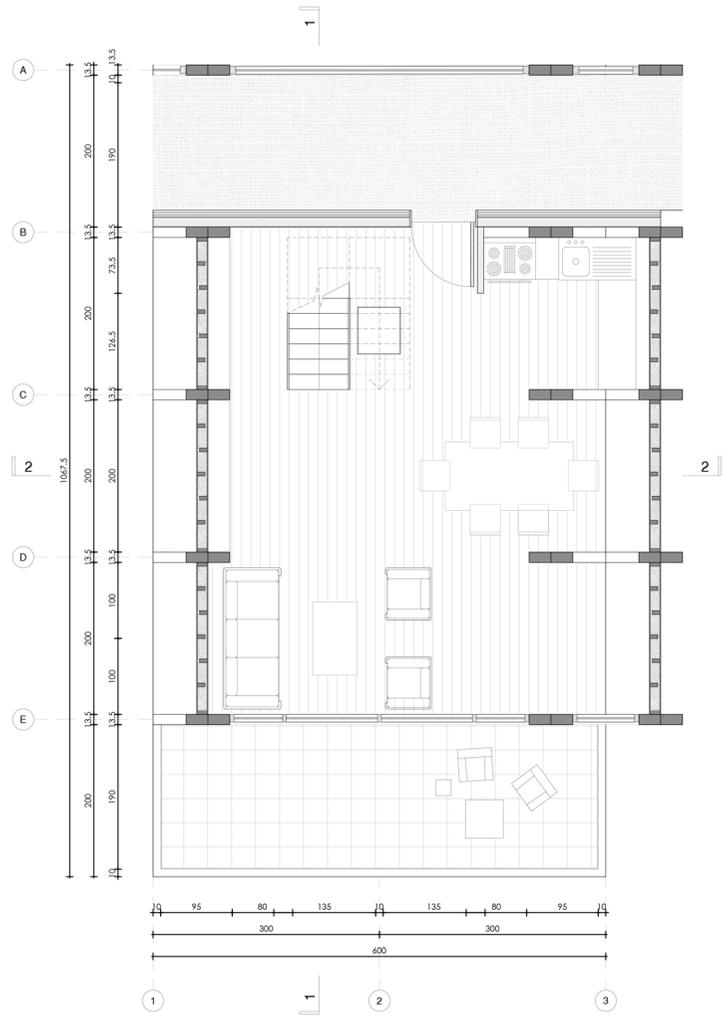
Img 124 Planta Cuarto Piso. Acceso de 3 Deptos Tipo A' y Segundos Pisos de 2 Deptos Tipo A (Fuente: Elaboración Propia)



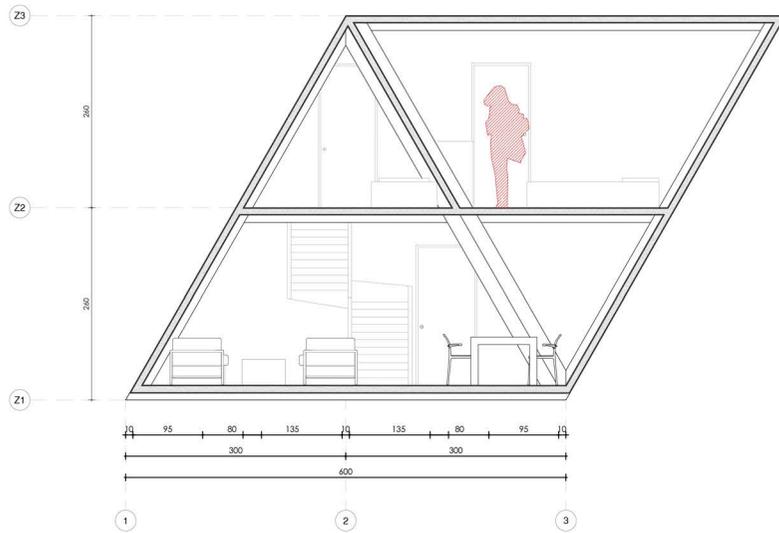
Img 125 Planta Quinto Piso. Acceso a departamentos Tipo B- Co-Living, espacios comunes con uso de planta libre (Fuente: Elaboración Propia)



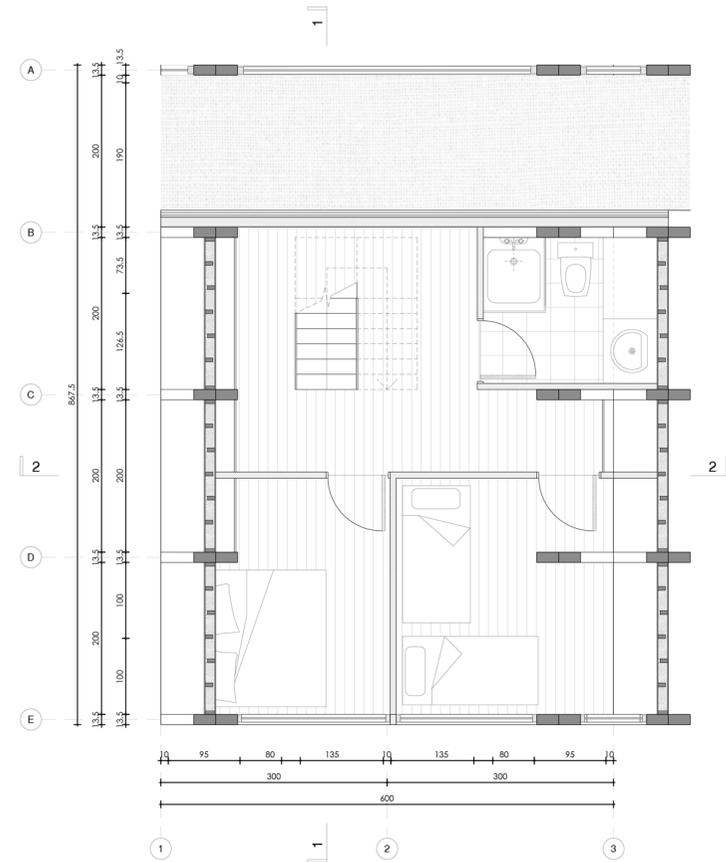
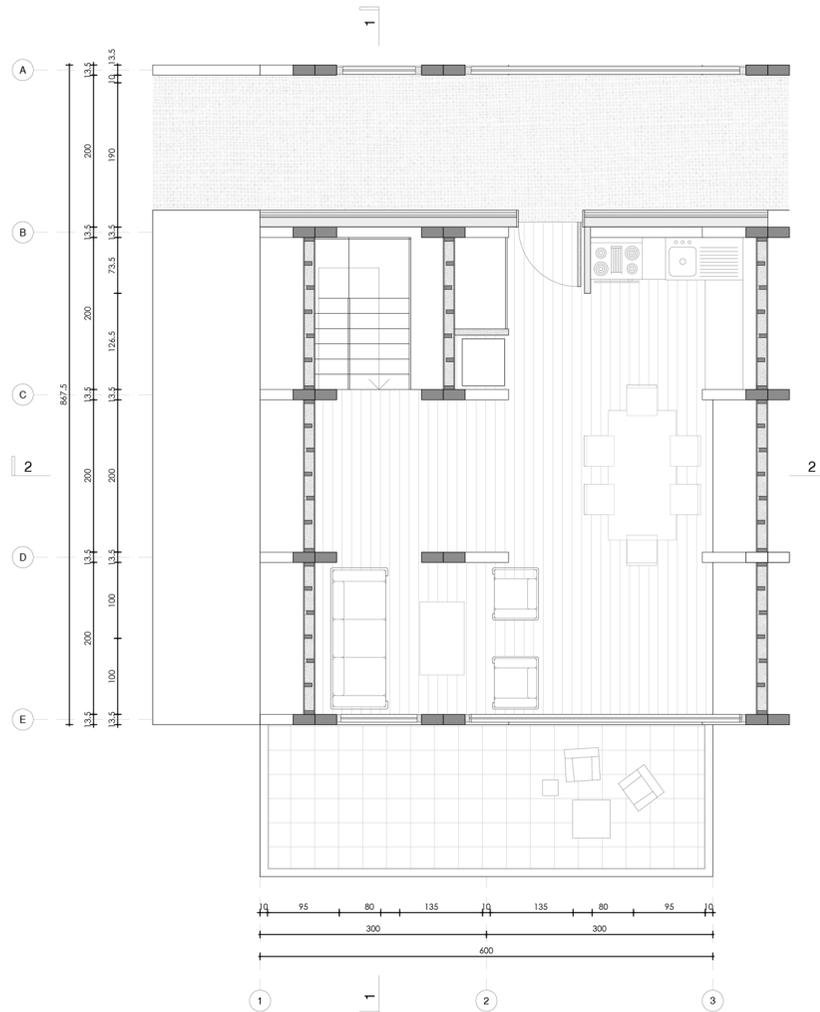
Img 126 Planta Sexto Piso. Segundos Pisos de Departamentos Tipo B, dormitorios y baños (Fuente: Elaboración Propia)



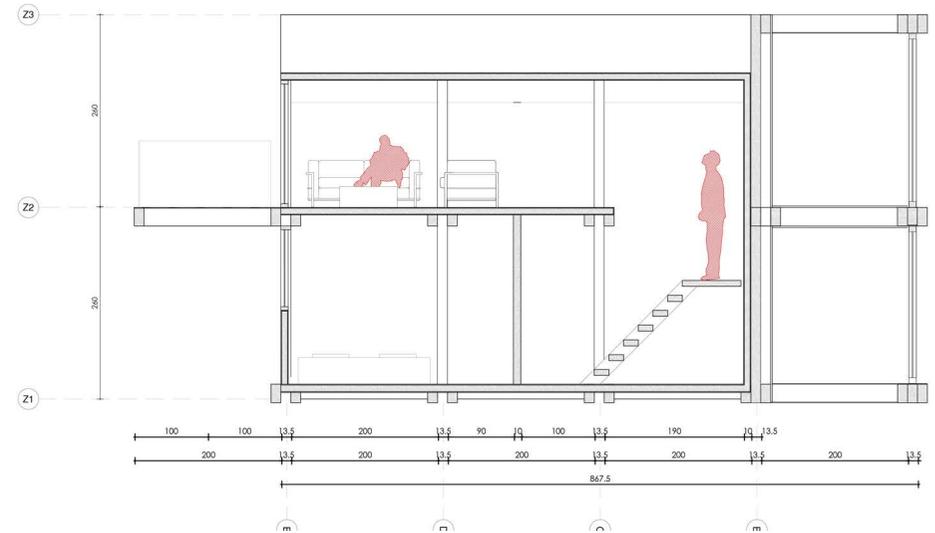
Img 127 Plantas Departamento Tipo A.
 Acceso Interior. Primer Piso planta libre y
 segundo piso dormitorios y baños (Fuente:
 Elaboración Propia)



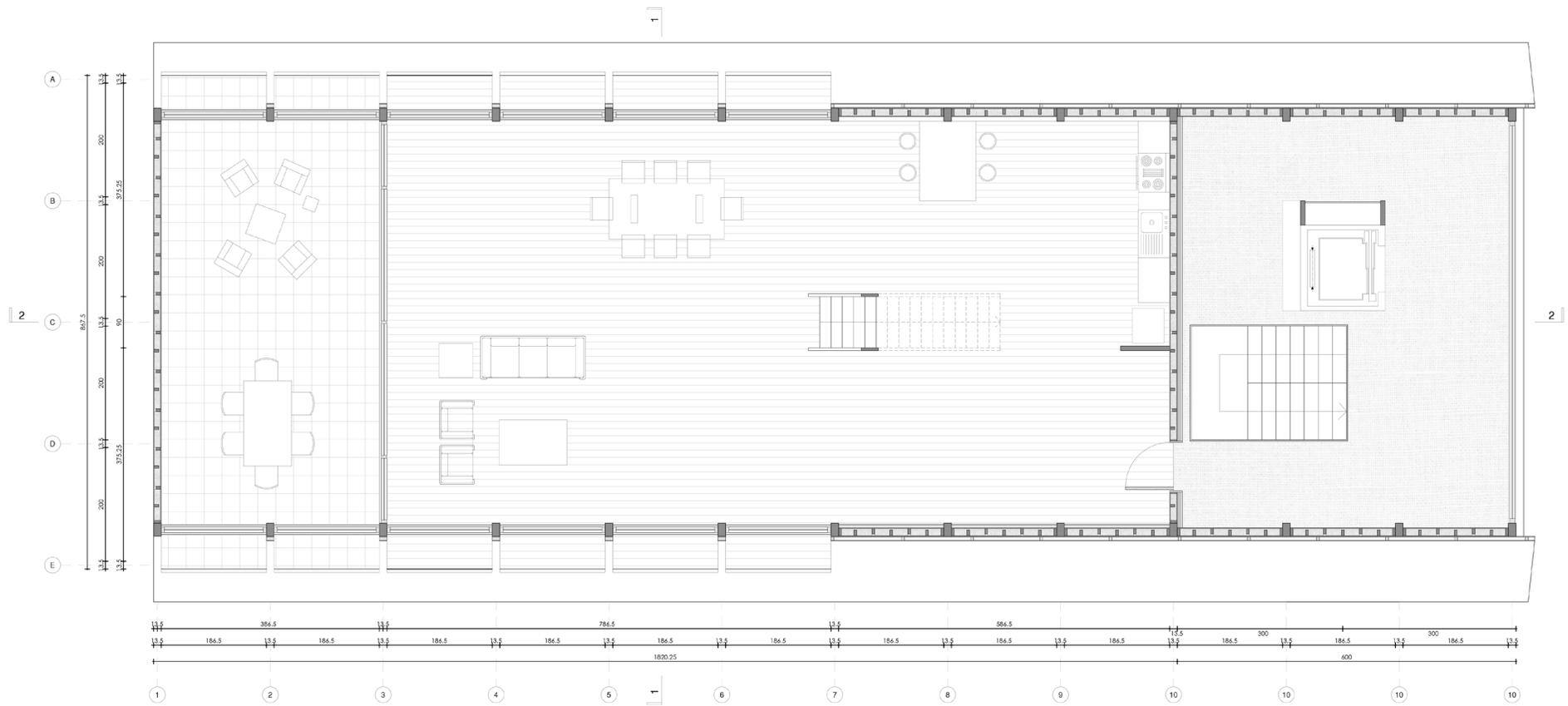
Img 128 Cortes Departamento Tipo A.
 Primer Piso planta libre y segundo piso
 dormitorios y baños (Fuente: Elaboración
 Propia)



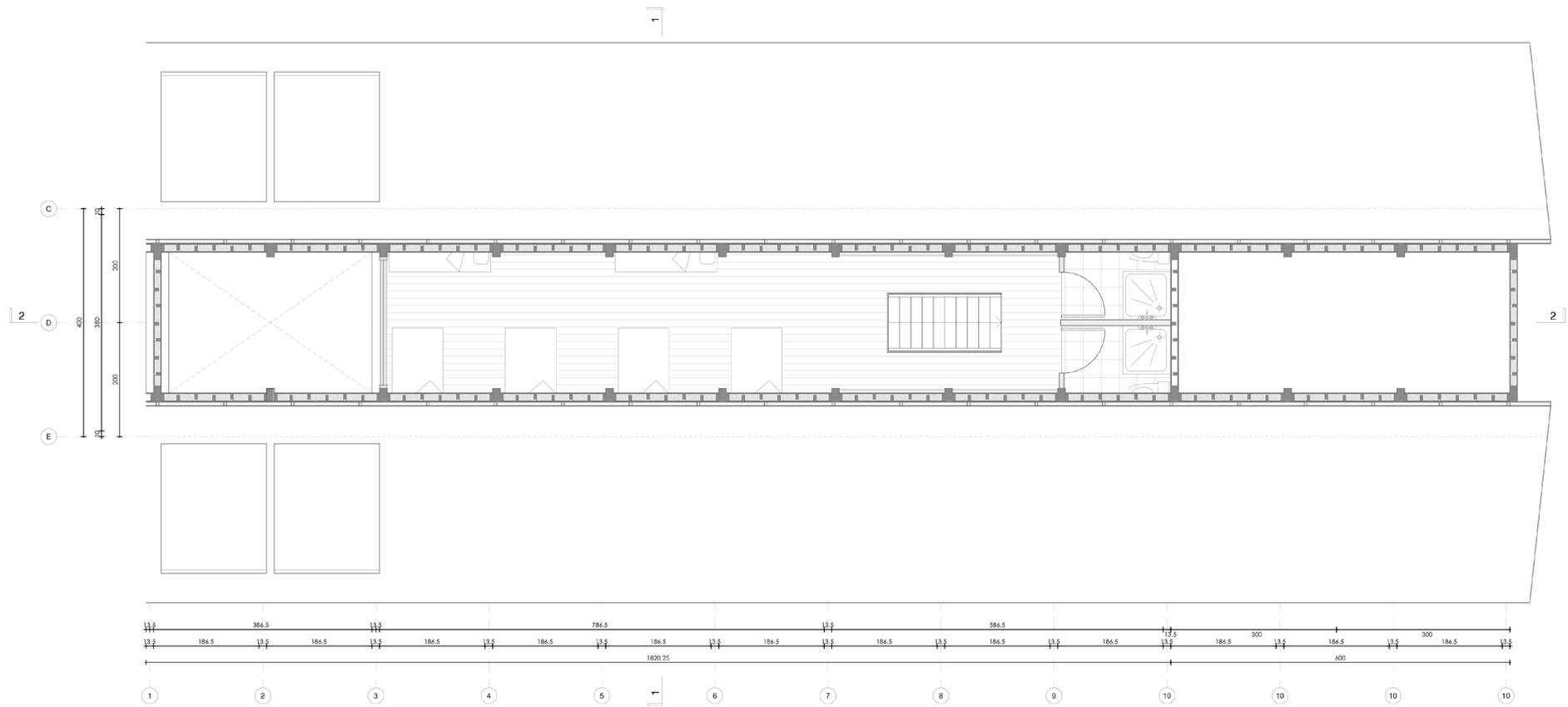
Img 129 Plantas Departamento Tipo A'.
 Acceso Superior. Segundo Piso planta libre
 y primer piso dormitorios y baños (Fuente:
 Elaboración Propia)



Img 130 Corte Transversal Departamento Tipo A'. Segundo Piso planta libre y primer piso dormitorios y baños (Fuente: Elaboración Propia)

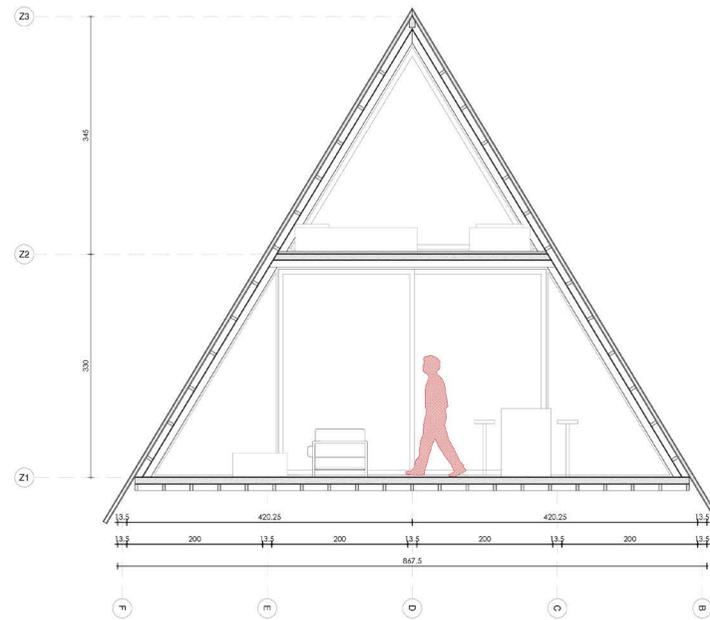


Img 131 Planta Primer Piso Departamento Tipo B. Primer Piso planta libre (Fuente: Elaboración Propia)



Img 132 Planta Segundo Piso Departamento Tipo B. Segundo Piso dormitorios y baños (Fuente: Elaboración Propia)





Img 134 Corte Transversal Departamento Tipo B. Primer Piso planta libre y segundo piso dormitorios y baños (Fuente: Elaboración Propia)

4.5 Detalles Constructivos

Etapas Sistema Constructivo Estructura Principal

(1) La prefabricación de marcos triangulares

Existen 3 tipos de marcos distintos para los distintos niveles del edificio. Marco tipo “1a” (1° y 2° Piso) - consta de 3 piezas de sección 135x250mm y 6m de largo - de los cuales se requieren la fabricación de 75 para el edificio. Un segundo marco tipo “1b” (3° y 4° Piso) - consta de 3 piezas de sección 135x200mm y 6m de largo - de los cuales se requieren igualmente 75 fabricados. Y un último marco tipo “1c” (5° y 6° Piso) - consta de 2 piezas de 135x200mm de 8m de largo para vigas de techo, 2 vigas de 8m y 2 vigas de 4m como viga de piso - de los cuales se requieren fabricar 25 para montaje (similares a marcos casa A-frame). En los primeros dos marcos todos sus elementos están posicionados en un mismo plano, en cambio, en el tercero, los elementos están posicionados en 3 planos contiguos donde las vigas de piso doble abrazan a las vigas de techo simple.

(2) Montaje

Previo al montaje de los elementos de madera está la etapa de la construcción de fundaciones con pletina metálica para recepción de marcos prefabricados (a). Y entregándole mayor estabilidad a la unión, por el peso puntual a la que es sometida.

El edificio consta de 3 Niveles de Altura con respecto al montaje de los marcos prefabricados. Cada nivel lo conforma un tipo de marco distinto.

El detalle de montaje va dirigido a la estructura principal de marcos y su proceso de montaje en la obra. Se asume que a medida que el edificio crece va apareciendo la estructura de piso y estructura secundaria, además de estar constantemente soportado con lingas para estabilidad en el montaje.

En primer lugar, se encajan los marcos tipo “1a” en las pletinas

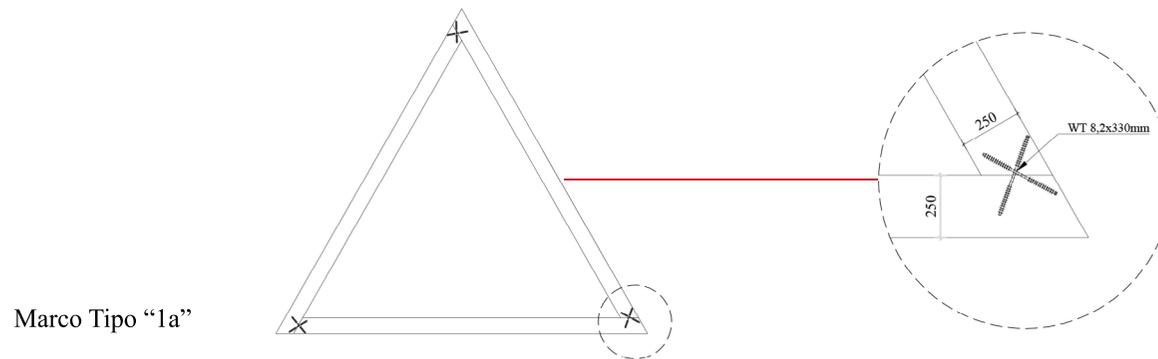
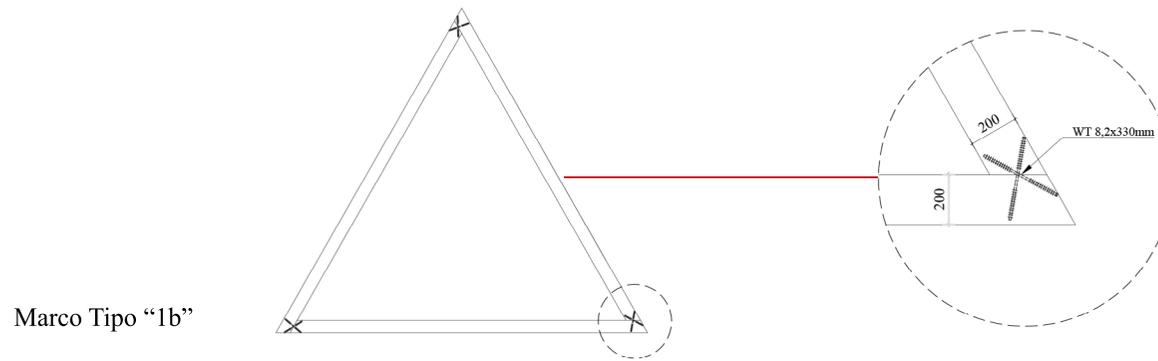
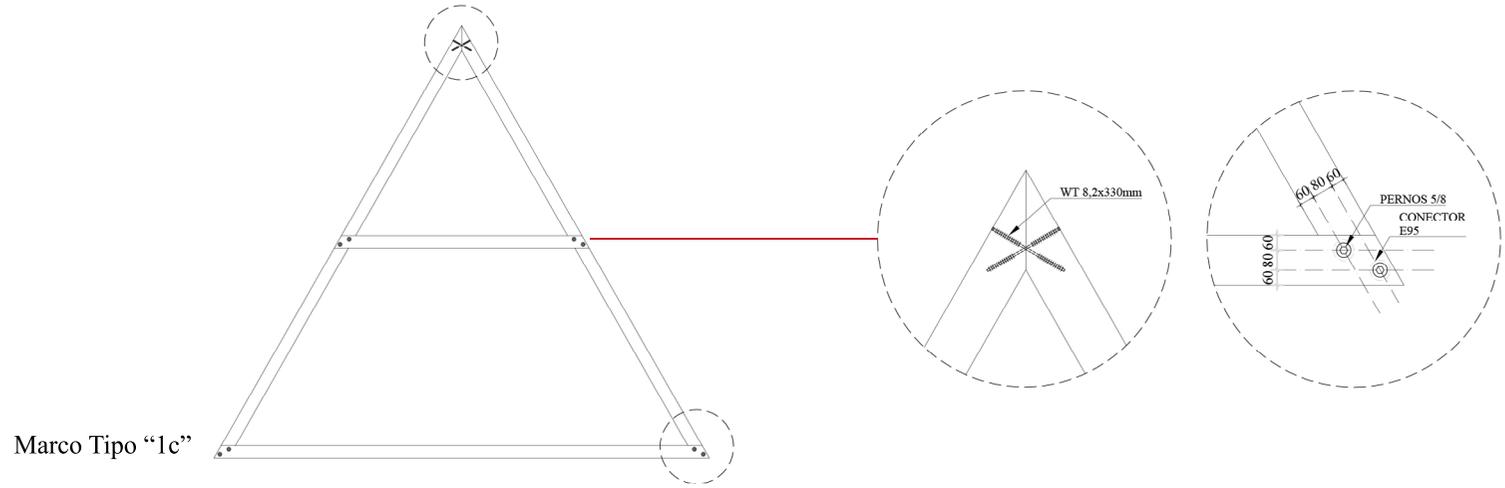
de la fundación (b) que se van uniendo entre ellos a medida que se colocan con medio de unión WT 8,2x330mm (c). Mientras se van encajando se mantienen estables debido a la ayuda de lingas provisionarias durante el montaje. Una vez colocados todos los marcos, se procede a que las vigas de piso contengan los marcos, completando las uniones fundación (d).

En segundo lugar, para proceder al montaje del segundo nivel del edificio con los marcos tipo “1b”, se coloca una pieza provisionaria (e) con el objetivo de apoyo para las vigas que contienen los siguientes marcos. Además de ir éstas amarradas con lingas entre ellas para permitir el encaje. Se realiza el mismo procedimiento que el primer nivel, se encajan los marcos (f) y se van uniendo entre ellos con WT (g).

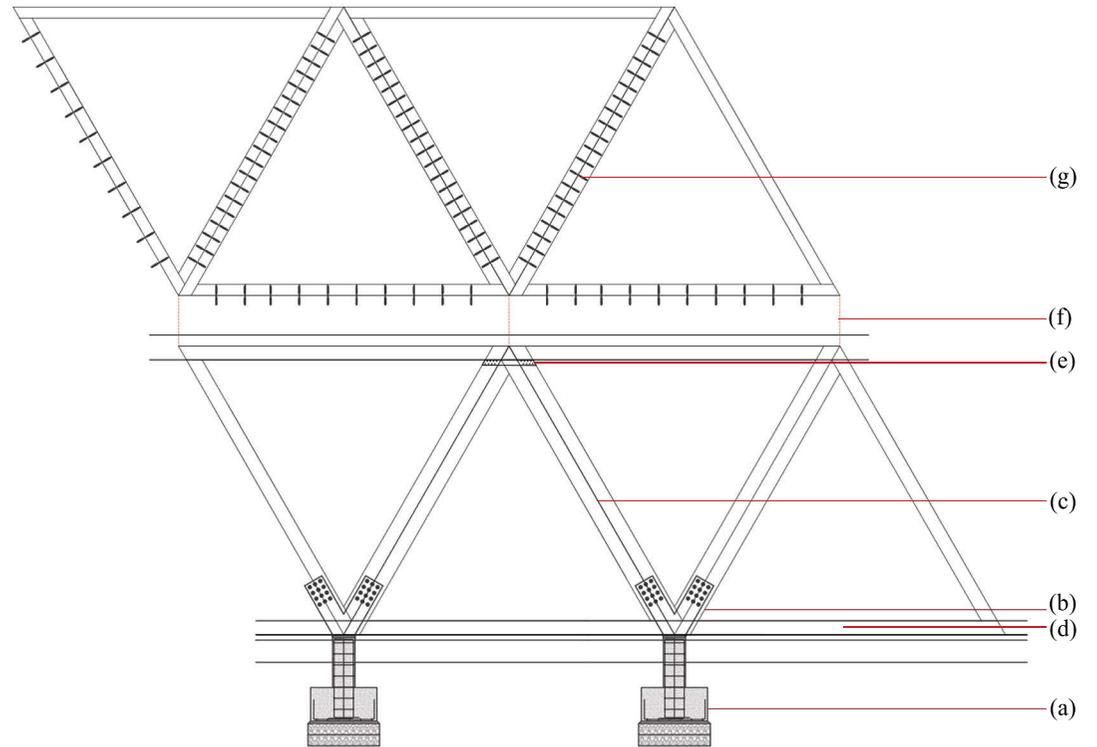
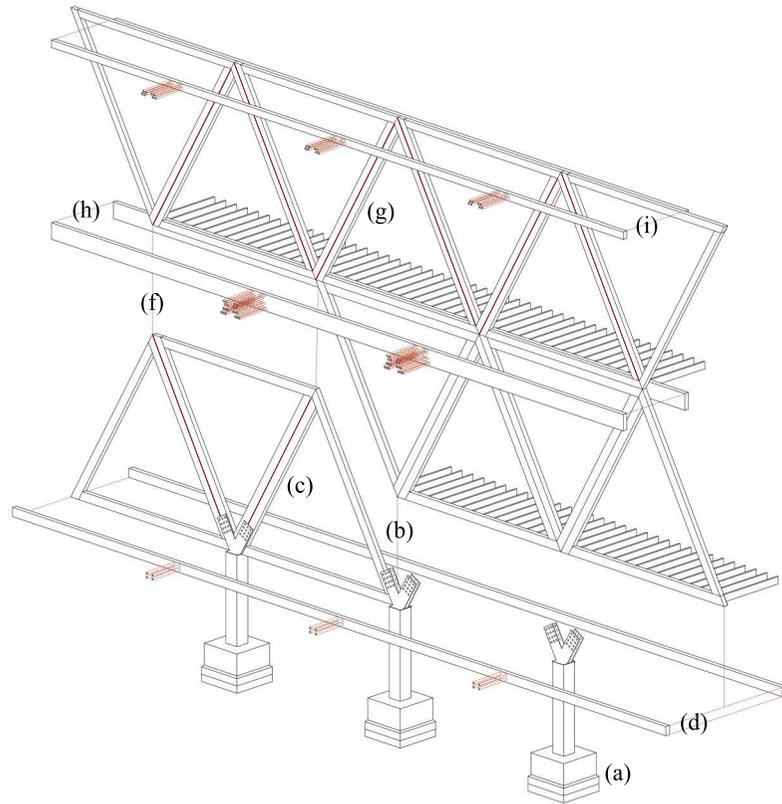
Ya establecidos todos los marcos de el segundo nivel se fijan las vigas que los contienen completando unión tipo (h) y lo mismo con las superiores (i). Finalizando estructura principal hasta 4to piso (j), siendo el “zócalo” para los marcos tipo “1c” que conforman un pabellón posado sobre lo anterior (k).

Luego de tener toda la estructura principal, se disponen los planos arriostantes dentro de la estructura (l), comenzando a desarrollarse el edificio de lo genérico hasta los detalles.

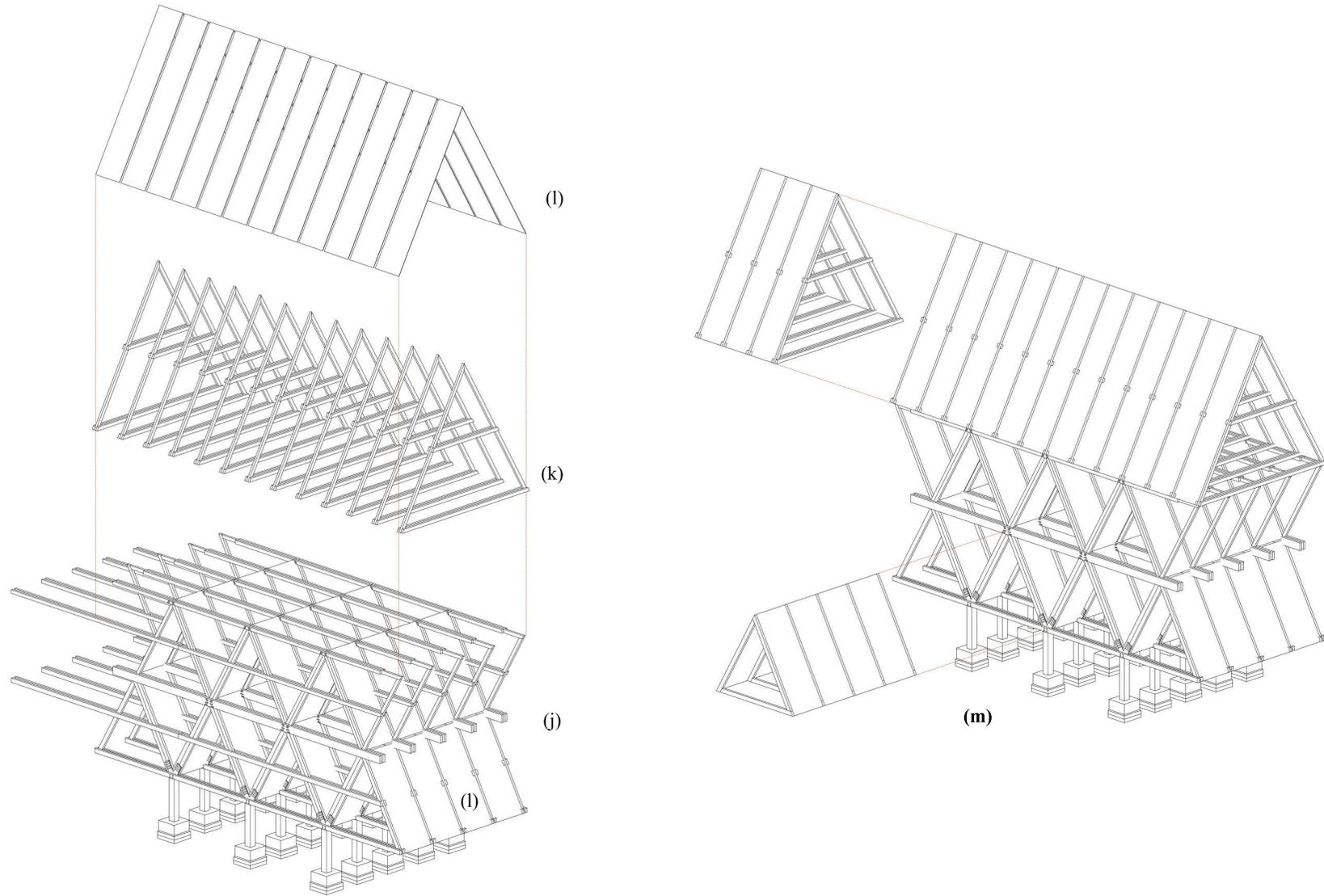
El sistema de construcción demuestra que cada casa A-frame no termina siendo un módulo como tal, pero que a través de la modulación de marcos y las espacialidades que generan dentro del edificio, se logra un sistema “**modular conceptual**” (m), donde es identificable la individualidad tanto estructural como espacial de la tipología A-frame.



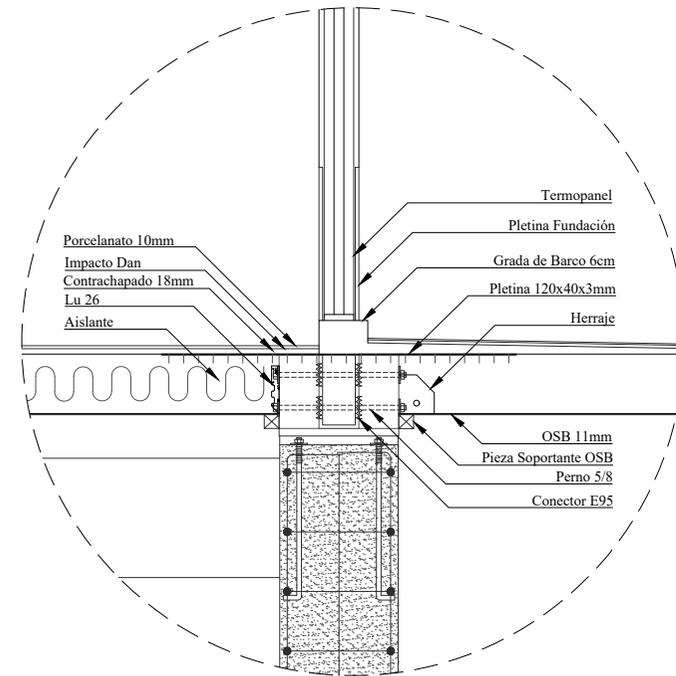
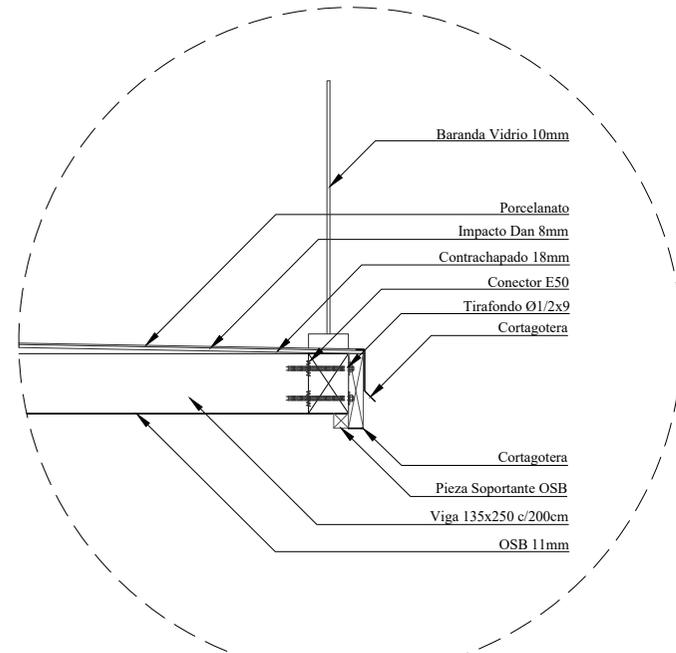
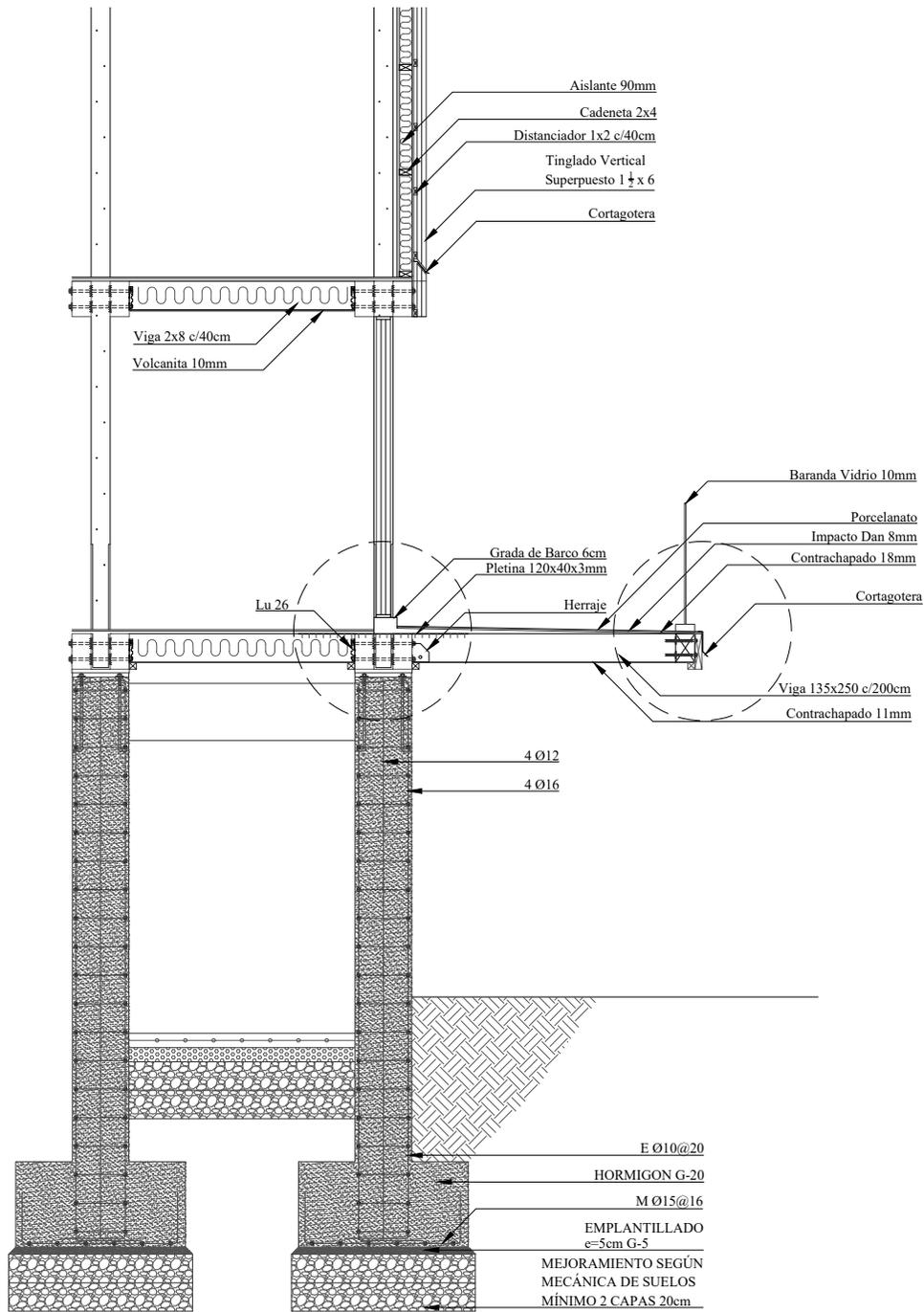
Img 135 Prefabricación Marcos Triangulares. Tres tipos de marcos con detalles de unión entre sus piezas (Fuente: Elaboración Propia)

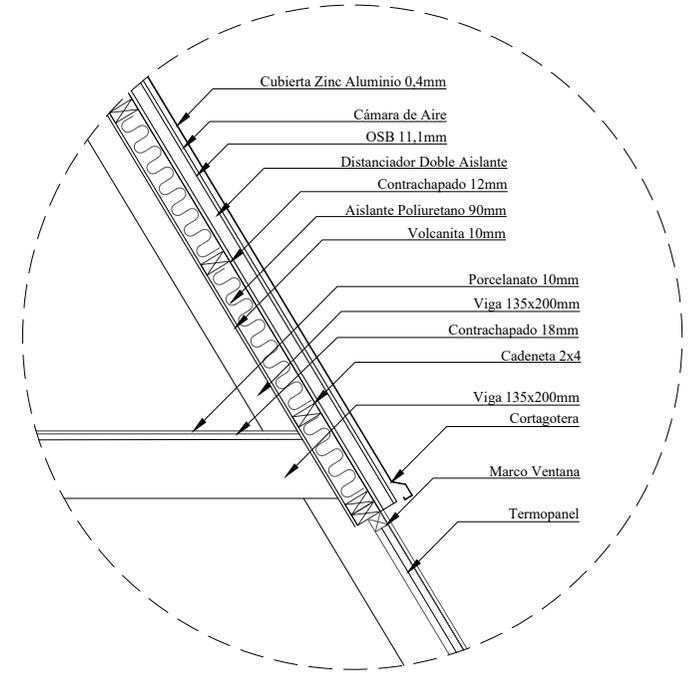
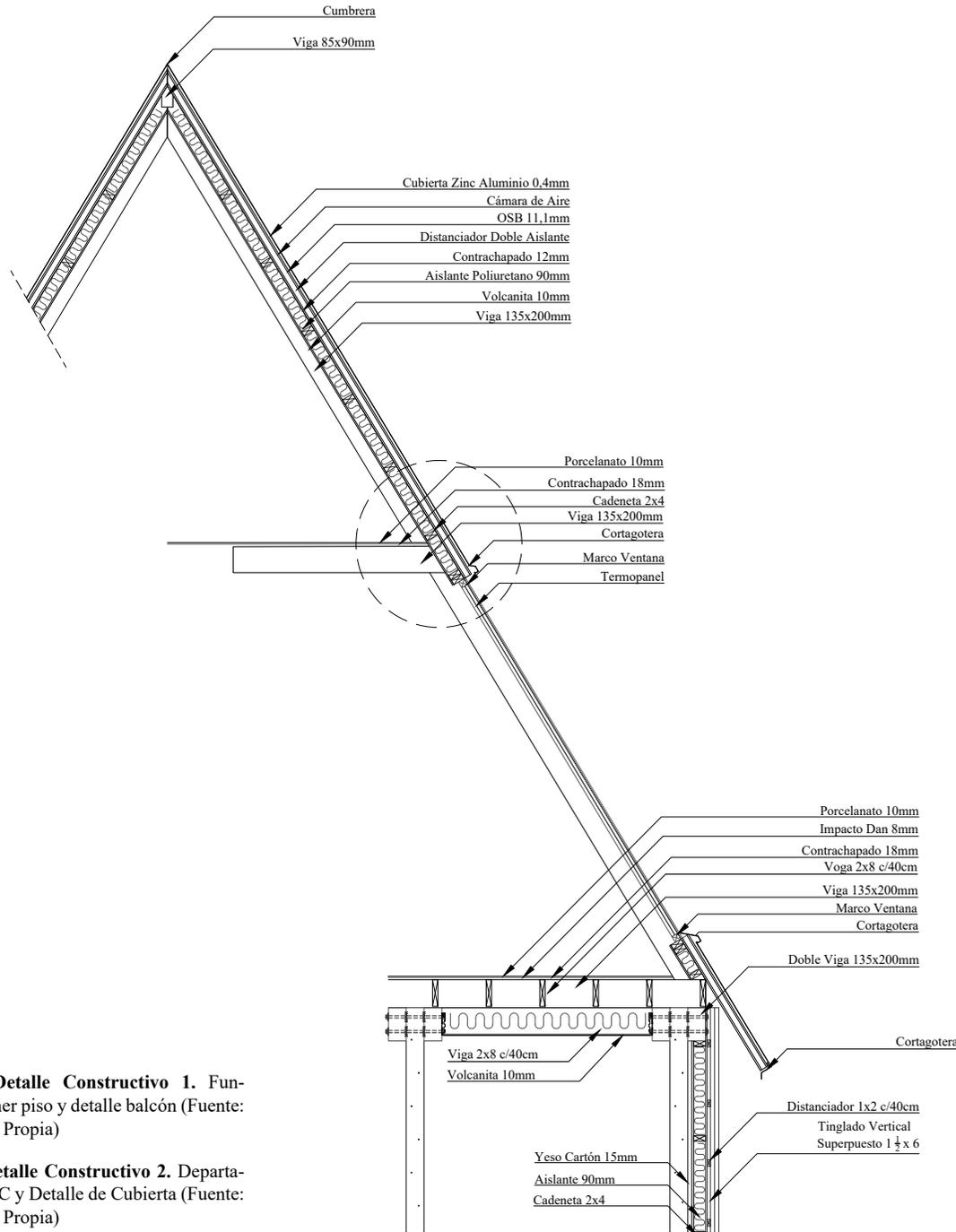


Img 136 Montaje Estructura Principal.
Cuatro primeros pisos mediante prefabricación de marcos y vigas de madera laminada (Fuente: Elaboración Propia)



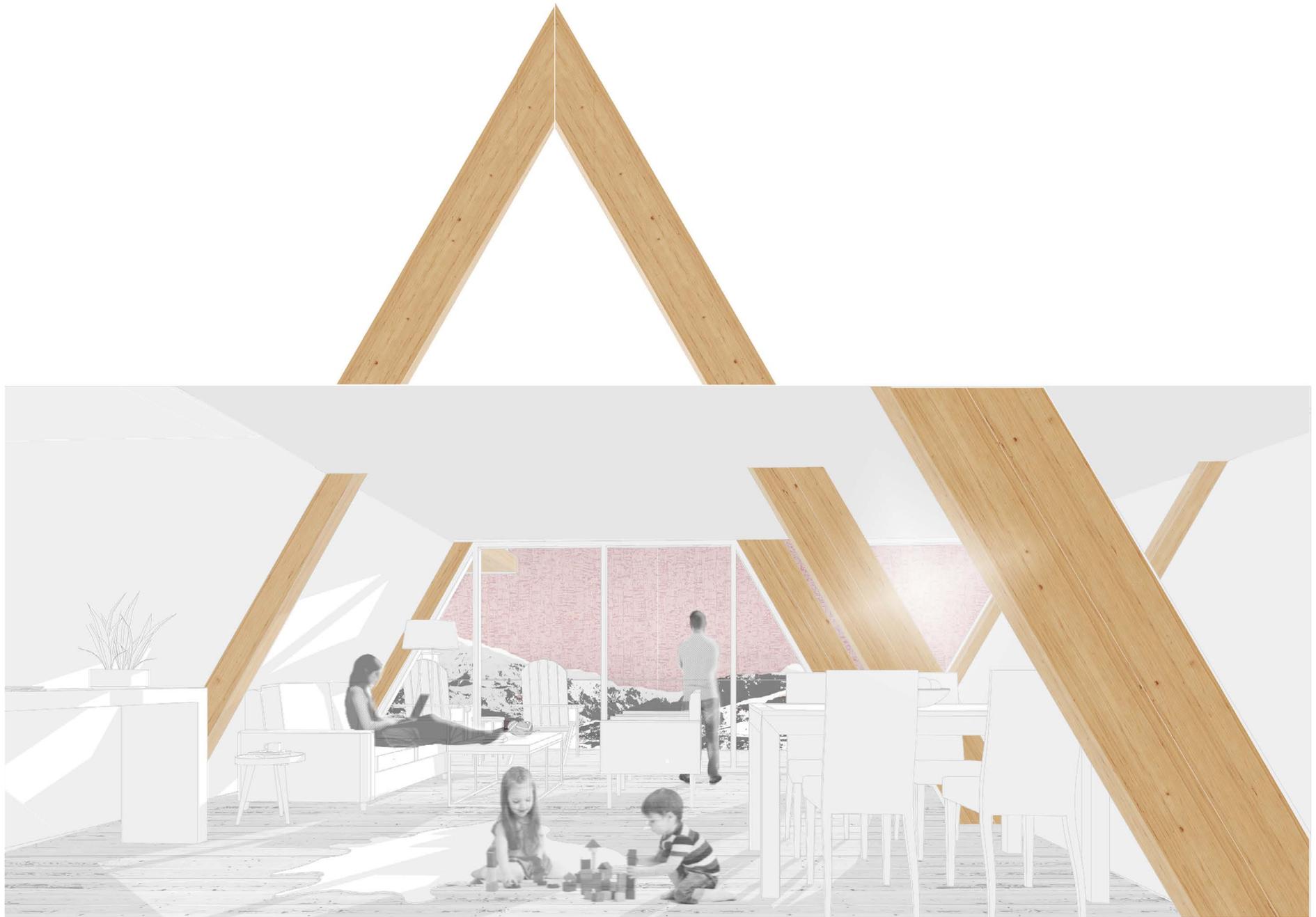
Img 137 Montaje Final Estructura Principal. Últimos dos pisos marcos que conforman pabellón, tipología A-frame, junto al montaje de los planos arriostrantes (Fuente: Elaboración Propia)





Img 138 Detalle Constructivo 1. Fundación, primer piso y detalle balcón (Fuente: Elaboración Propia)

Img 139 Detalle Constructivo 2. Departamento Tipo C y Detalle de Cubierta (Fuente: Elaboración Propia)



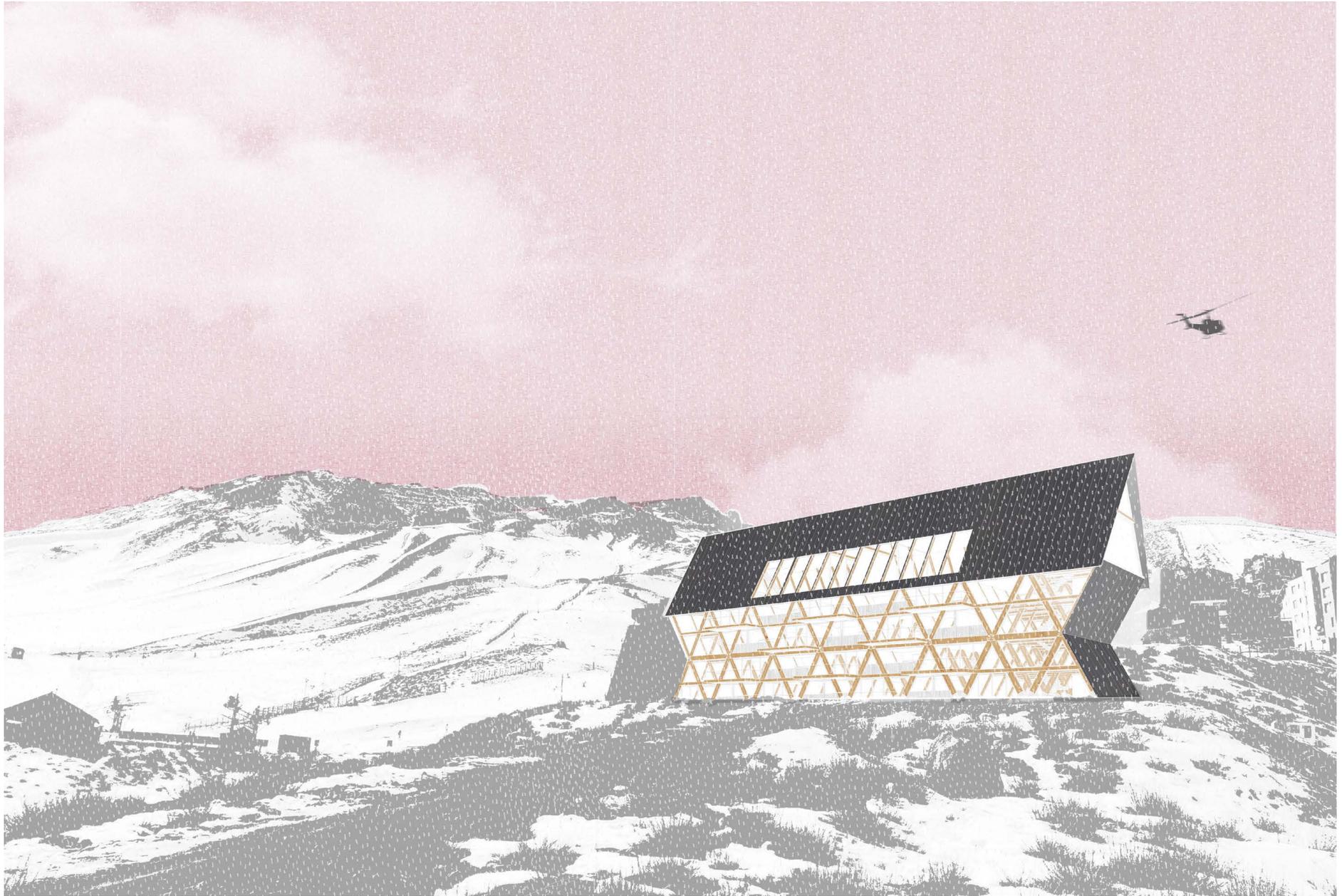
Img 140 Imagen Interior Depto Tipo A



Img 141 Imagen Interior Depto Tipo B



Img 142 Imagen Exterior Acceso Edificio



Img 143 Imagen Exterior Edificio

Conclusiones

Manteniendo principios estructurales de la casa A-frame, como la configuración de una superposición de estructuras triangulares tomadas como módulos, es posible construir un edificio de mediana altura en madera, sin perder la condición arquitectónica de vivienda individual de este caso de estudio, al ser desarrollada dentro de un proyecto de carácter colectivo.

La estructura triangular estudiada, es estable e indeformable tanto por sí sola como en conjunto: En el caso original sus elementos principales, como son las vigas diagonales junto con los planos arriostrantes, cumplen una doble labor actuando como techo y muro en conjunto. Ambos elementos son fundamentales en la estructuración total del módulo completo.

Tras la metodología de iteraciones en software de cálculo estructural aplicada, los resultados arrojaron que es posible la estructuración de un edificio de mediana altura a partir de un conjunto de prismas triangulares, utilizando en este caso, elementos de madera de ingeniería, como los fueron piezas de madera laminada, debido a la magnitud de cargas y esfuerzos a los que es sometido.

Además de la altura edificada, la investigación incorpora los requerimientos del lugar desde el punto de vista estructural, ya que, al ser alta montaña, es sometida a cargas considerables con respecto a la nieve, considerando en la forma y diseño final de las cubiertas, donde también se conocieron las dificultades y costos que involucraría un hipotético techo plano en el diseño de su estructura.

Tras los resultados positivos con la estructuración, la disposición de los módulos estructurales determina la forma del edificio, respondiendo también a las condiciones del lugar y sus propios requisitos y estrategias programáticas de un edificio habitacional. Así, el proyecto traslada la simultánea individualidad estructural y programática de la casa A-frame mediante una arquitectura modular, modificando las dimensiones de sus elementos por las cargas considerables de un proyecto de mayor envergadura, pero manteniendo sus principios de diseño mediante módulos de madera laminada, para ser prefabricados en obra, previo a su montaje.

Bibliografía

- 4, Auca. Prefabricación en Chile. Auca, 1966.
- Baixas, Juan Ignacio. Forma Resistente. Santiago de Chile: Ediciones ARQ, 2010.
- Barros, Paula Donoso. Economía y Negocios. 30 de Diciembre de 2017. <http://www.economiaynegocios.cl/noticias/noticias.asp?id=430016>.
- Block, India. «Dezeen.» Precht's The Farmhouse concept combines modular homes with vertical farms. 22 de Febrero de 2019. <https://www.dezeen.com/2019/02/22/precht-farmhouse-modular-vertical-farms/> (último acceso: Mayo de 2019).
- Cruz, Nicolás. Anatomía de la Construcción en Madera en Chile. Casa A / A-frame. Santiago: Pontificia Universidad Católica de Chile, 2012.
- Frascari, Marco. «El Detalle Delator.» En Aproximaciones: De la Arquitectura al Detalle, de Alejandro Crispiani, 12-19. Santiago de Chile: Alejandro Crispiani, 2001.
- G., Vicente A. Pérez. Manual de Construcciones en Madera. Departamento Construcciones en Madera, Instituto Forestal, 1978.
- Heitmann, Luis Bravo, y Sven Jacob Schmidt. Viviendas Industrializadas. Publiart, 196-.
- Journal, Old House. «The Mania for A-Frame.» Old House Online, 2018.
- Koncz, Tihamer. Manual de la Construcción Prefabricada. Madrid - Barcelona: Blume, 1968.
- Larrondo, Belén. Las Primeras Vacaciones Obreras: Análisis Arquitectónico de los Balnearios Populares en Chile: 1970-1973. Santiago: Pontificia Universidad Católica, 2012.

- Lawner, Miguel. «Londres38: Espacio de Memorias.» La Demolición de un Sueño. 2013. <http://www.londres38.cl/1937/w3-channel.html> (último acceso: Mayo de 2019).
- Randl, Chad. A-frame. New York: Princeton AArchitectural Press, 2004.
- Robinson, Thomas. «Framework, el primer rascacielos de madera en USA.» Semana de la Madera. 2018.

Documentos Electrónicos

- Clima Centro de Esquí La Parva. (n.d.) Disponible en: https://www.meteoblue.com/es/tiempo/pronostico/modelclimate/centro-de-esqui-la-parva_chile_8029956
- Historia de La Parva. (n.d.). Fuente: <https://www.laparva.cl/es/pueblo-de-montaña/historia-de-la-parva/>

Normas Chilenas

- NCh 1198-2006 | Madera - Construcciones en Madera - Cálculo.
- NCh 431.Of77 | Construcción - Sobrecarga de Nieves.
- NCh 432.Of71 | Cálculo de la acción del viento sobre las construcciones.
- NCh 433.Of1996, Modificada 2006 | Diseño Sísmico de Edificios.
- Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones.

Entrevista. Vía Mail Martín Hurtado, Arquitecto.

Cubo Experimental

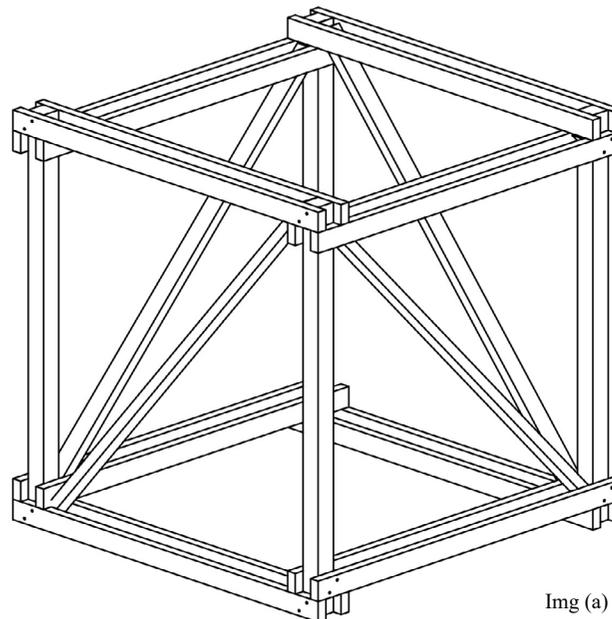
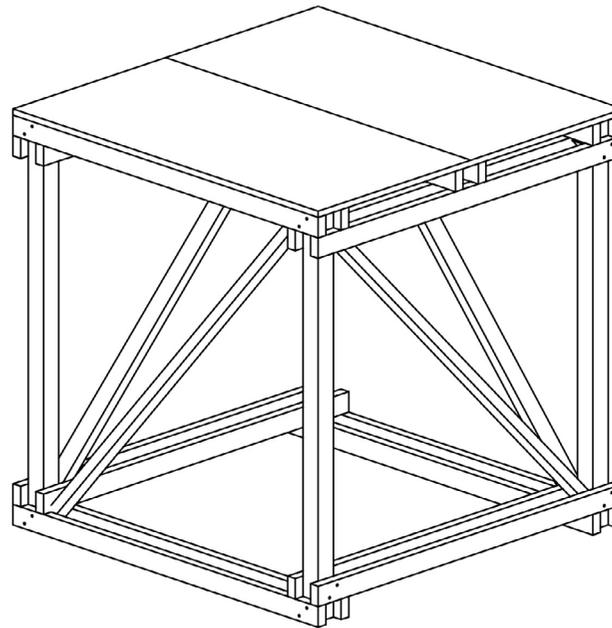
Como un primer acercamiento al diseño de estructuras en madera. Se construyó un cubo con elementos de madera de 1m de lado. El objetivo principal fue lograr la estabilidad de la estructura con la mayor esbeltez posible reduciendo así los costos, siendo capaz de resistir 100Kgf.

Consistió en una estructura con elementos de madera de 1x2 y 2x2 siendo todas de un metro de largo exceptuando las cuatro diagonales que arriostran cada una de sus caras. El cubo estructurado en base a la tipología poste y viga consiste en cuatro pilares de un metro dispuestos en los vértices de una grilla de 1m². Las vigas que los amarran son dobles en los ambos ejes tanto en la parte superior como inferior.

Además del desafío de la esbeltez, estaba el que fuera un cubo transportable y desarmable. Por este motivo las piezas se prefabricaron todas de igual dimensiones y mismas perforaciones para agilizar así el montaje y desmontaje.

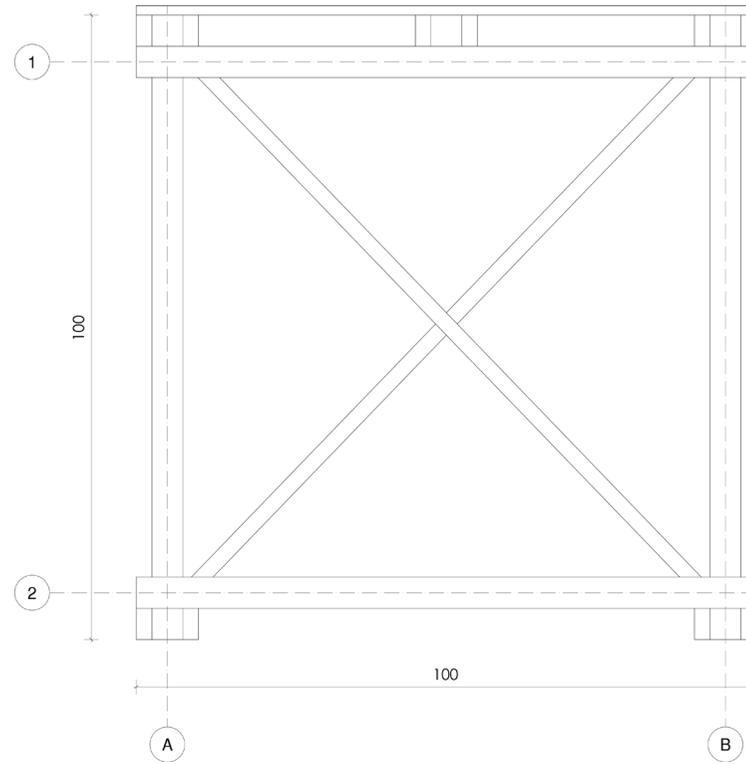
Dentro de sus principales decisiones de diseño está el lograr la máxima luz entre pilares para que así su volumen espacial interior no se vea interrumpido por elementos de arriostramiento o que subdividan la grilla principal de 1m x 1m.

Con respecto al detalle constructivo, resultó ser de la manera más simple posible teniendo como enfoque la velocidad de montaje y desmontaje. Teniendo cada vértice del cubo el complemento de seis piezas (pilar, 4 vigas y la diagonal) los cuales componen la unión, repitiéndose la mismas en todos los encuentros de estos elementos junto a 3 pernos, 6 golillas y 3 tuercas.



Img (a)

Img (a) Axonométrica Experimento Cubo. (Elaboración Propia)



Img (b)

ITEM	DESIGNACION	ESP(mm)	ALTO(mm)	LARGO(m)	CANT.	VOL(m3)
					TOTAL	0,045
	CUBO					
1	Vigas 1x2"	25,4	41	1	18	0,019
2	Pilar 2x2"	41	41	1	4	0,007
3	Diagonal 2x2"	41	41	1,4	4	0,009
4	OSB	10	1000	1	1	0,010

Img (b) Elevación Experimento Cubo.
(Elaboración Propia)

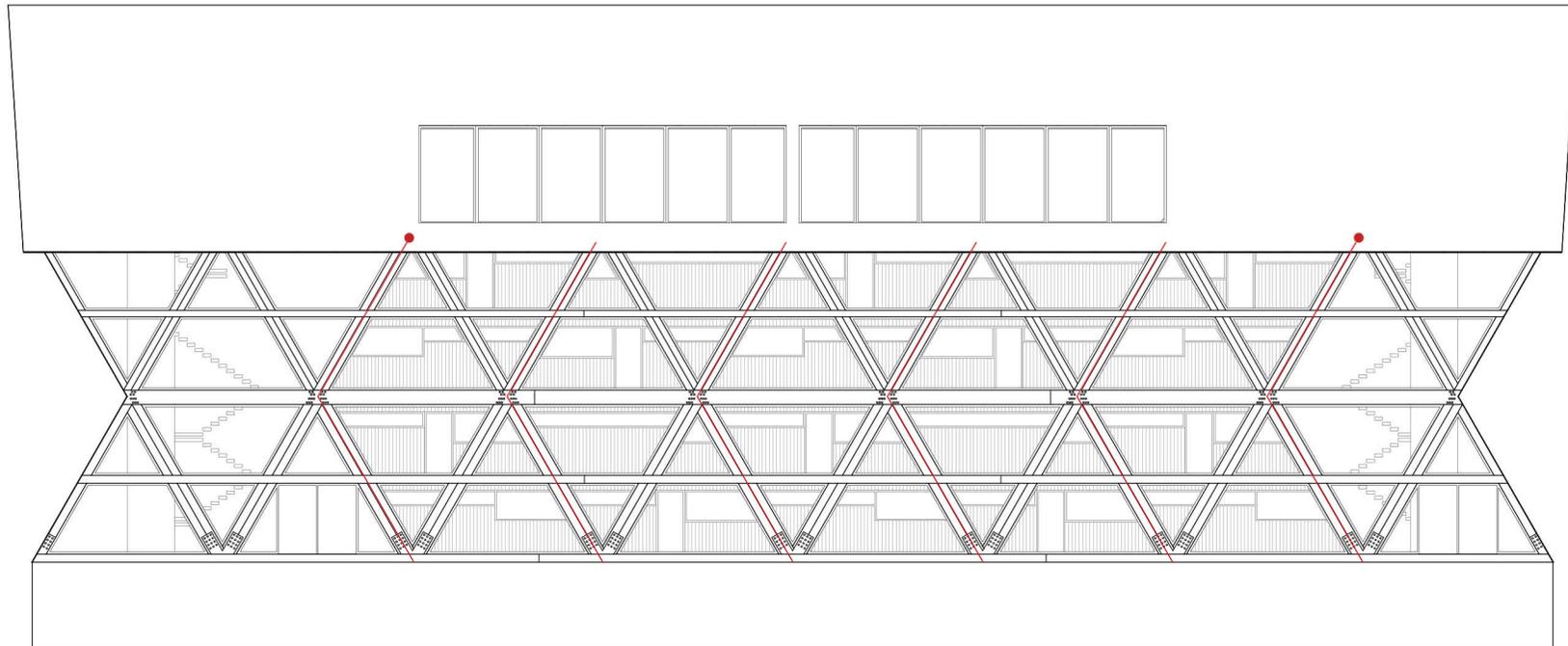
Img (c) Tabla Cubicación Experimento Cubo.
(Elaboración Propia)

M2	CUANTIA
1	0,045

Img (c)

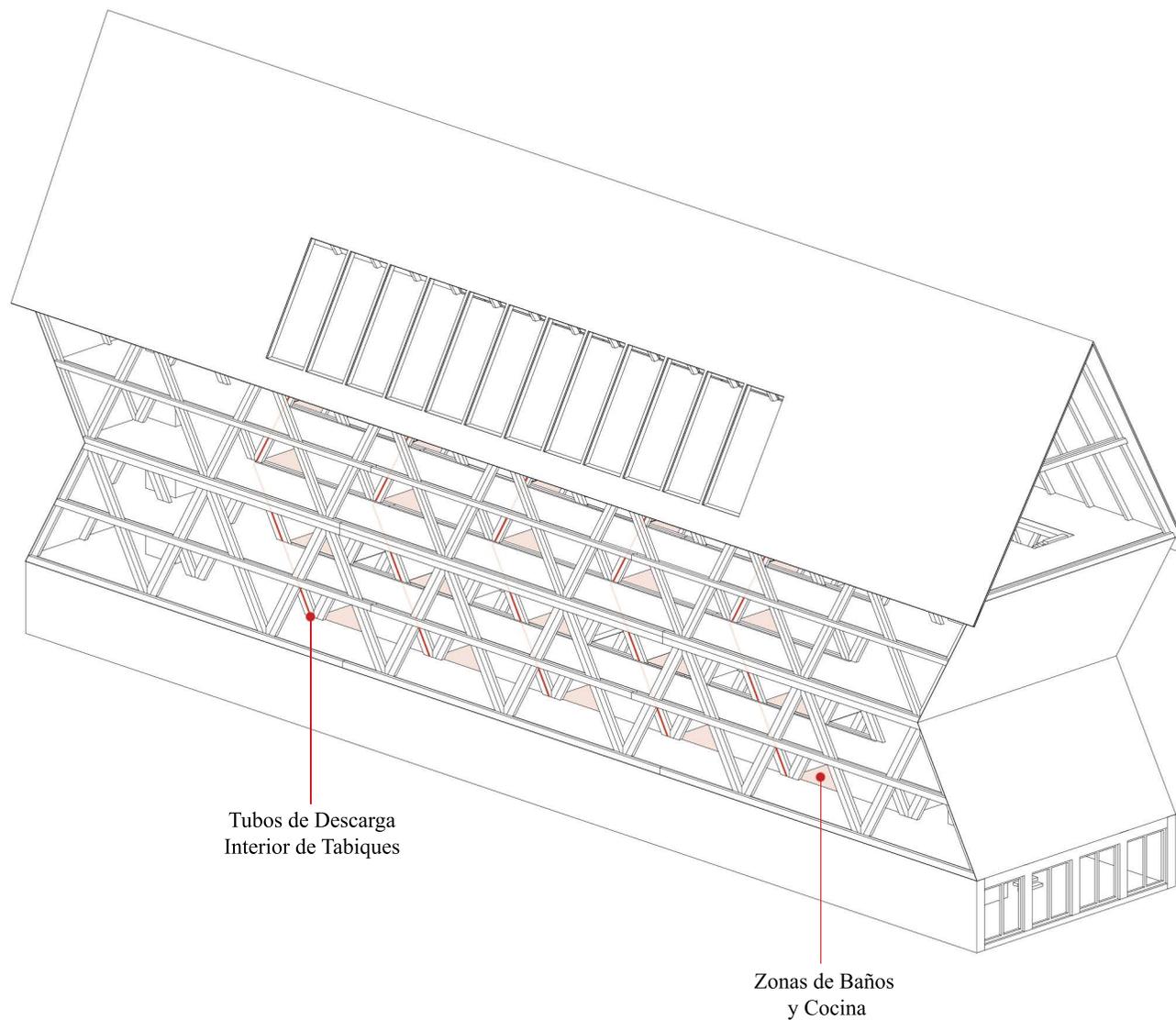
Shaft de Descarga

Interior del Edificio Cocinas y Baños de los departamentos. Tubos de descarga conectando todos los departamentos desarrollados en el interior de los tabiques.



● Descarga de Shaft

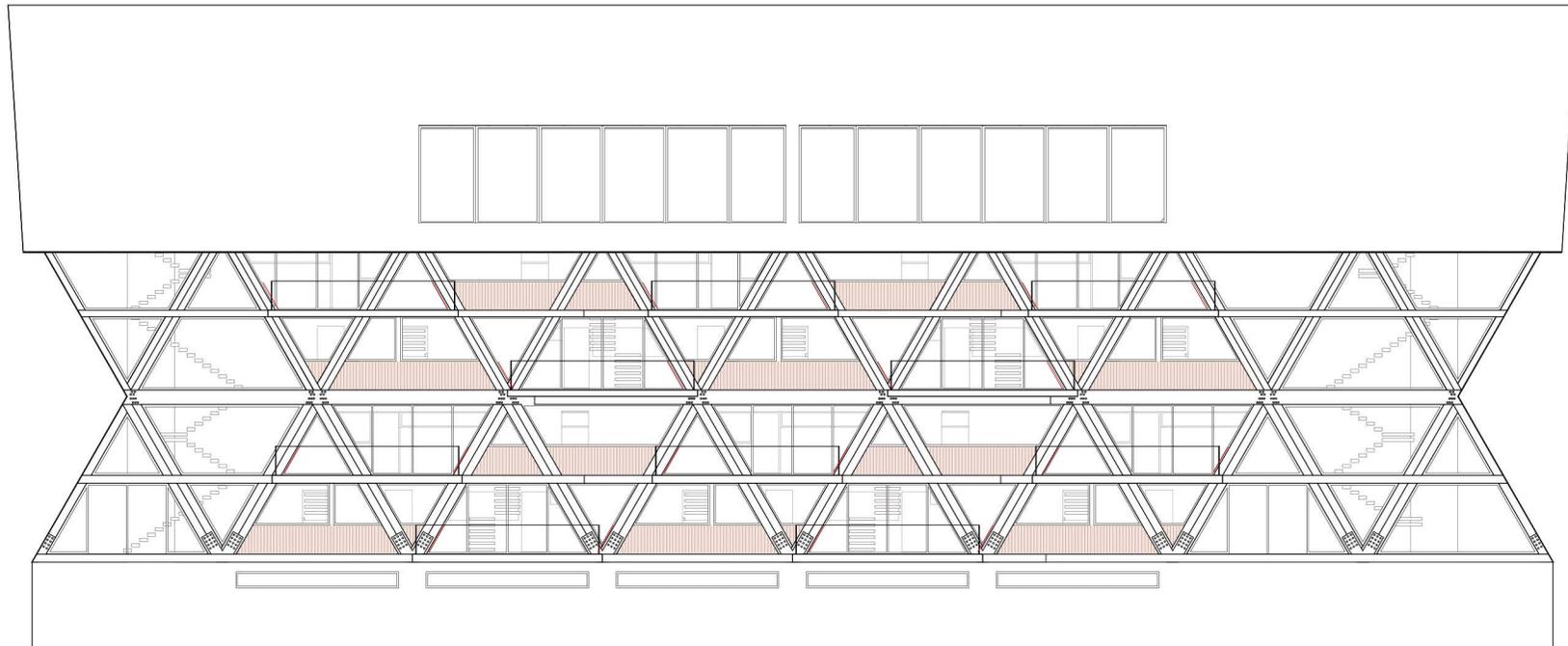
Img (d) Elevación Descarga de Shaft.
Tubos de descarga en interiores de tabique
(Elaboración Propia)



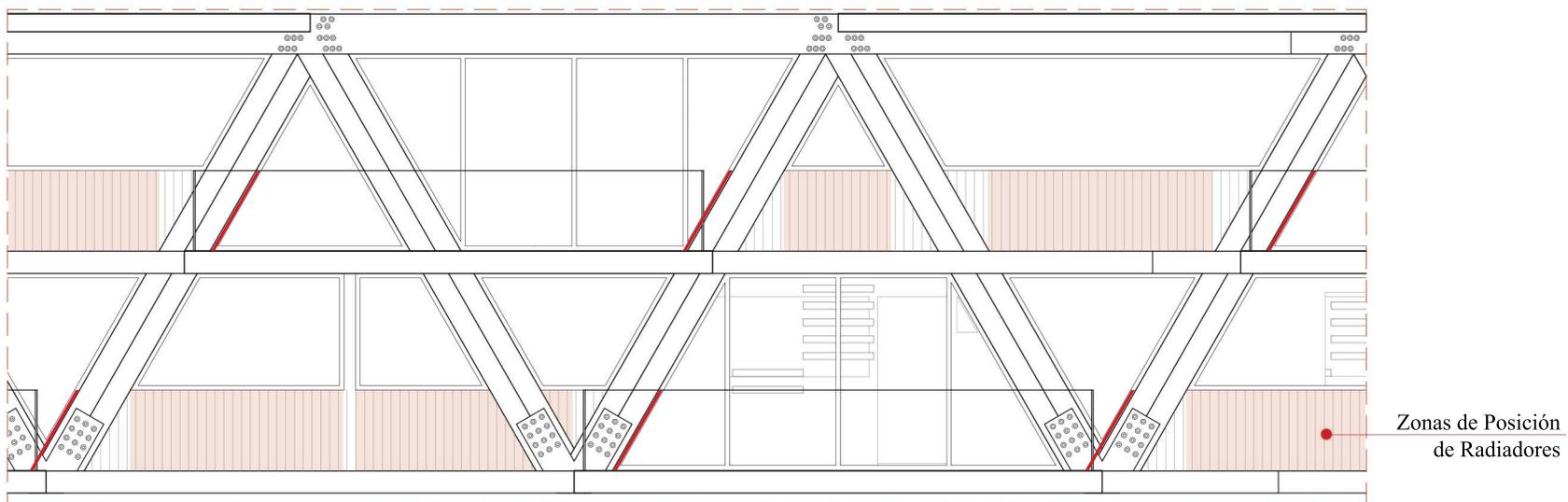
Img (e) Axonométrica Descarga de Shaft.
Zonas de Baños y Cocina contiguos a tubos de descarga (Elaboración Propia)

Calefacción del Edificio

Calefacción del edificio a través de radiadores de 1m. Los cuales abarcan 20m² aproximadamente. Siendo posicionados próximos a las ventanas para que se produzca proceso de convección. Específicamente que el aire frío que ingresa aumente que el aire frío que ingresa aumente su temperatura.



- Radiador 1m (20m²) posicionados cercanos a las ventanas para que exista convección.



- Un radiador en cada Dormitorio
- Dos Radiadores Laterales en Estar Planta Libre

Img (g) Elevación Esquemática Posición Radiadores. Zonas de Posición de los Radiadores en cada una de las habitaciones (Elaboración Propia)

