

# Valoración formal del Sistema del Panel Universal de Konrad Wachsmann y Walter Gropius. EL VALOR ESTÉTICO DE LA PACKAGED HOUSE.

UNIVERSIDAD DE CUENCA  
FACULTAD DE ARQUITECTURA Y URBANISMO.  
MAESTRÍA EN PROYECTOS ARQUITECTÓNICOS.

Magíster en Proyectos Arquitectónicos

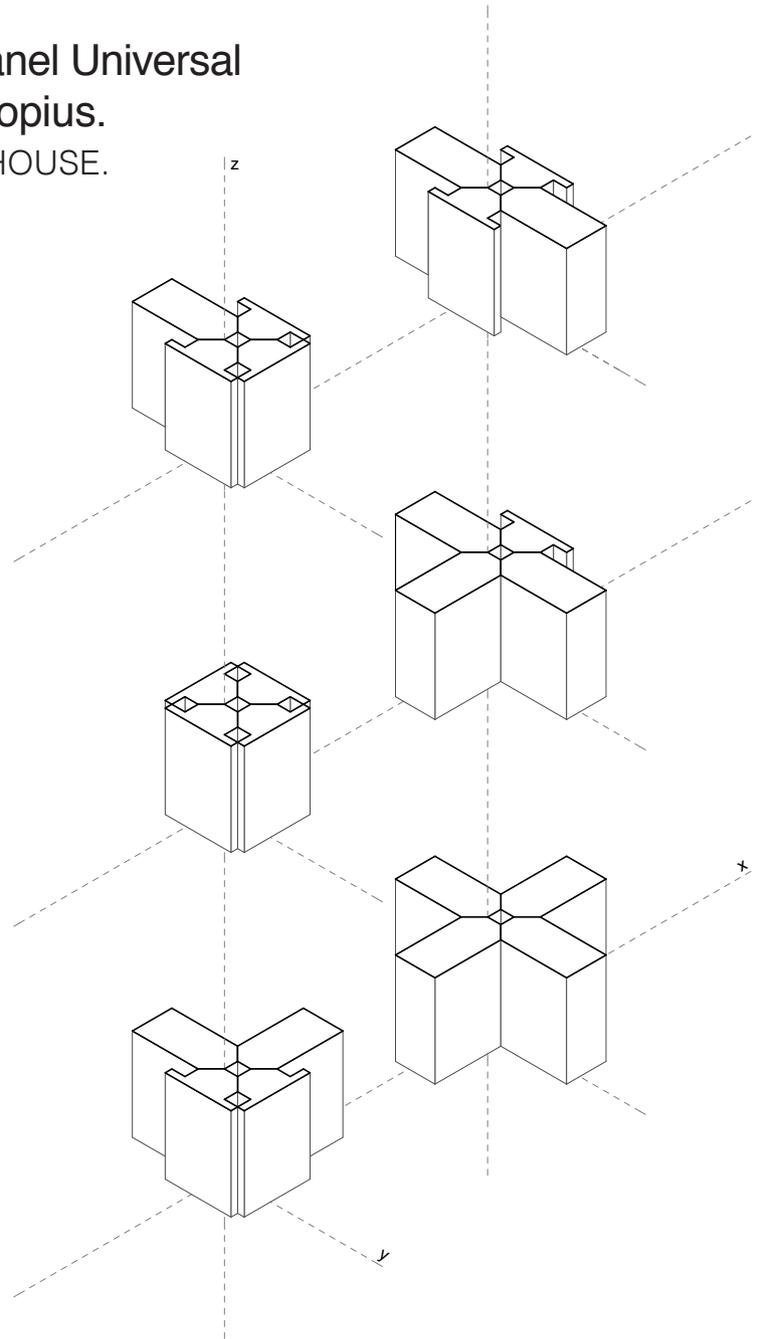
## AUTOR

Arq. Gabriela Carolina Bustos Cordero.  
CI: 0105266472

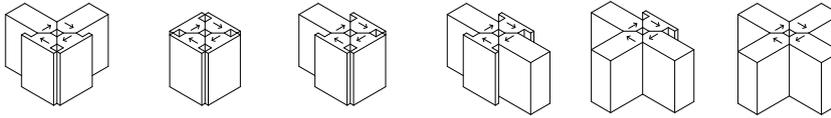
## DIRECTOR

Arq. Pedro José Samaniego Alvarado.  
CI: 0102052586

Cuenca, Julio 2018







# Valoración formal del Sistema del Panel Universal de Konrad Wachsmann y Walter Gropius. EL VALOR ESTÉTICO DE LA PACKAGED HOUSE.

UNIVERSIDAD DE CUENCA  
FACULTAD DE ARQUITECTURA Y URBANISMO.  
MAESTRÍA EN PROYECTOS ARQUITECTÓNICOS

Magíster en Proyectos Arquitectónicos

## AUTOR

Arq. Gabriela Carolina Bustos Cordero.  
CI: 0105266472

## DIRECTOR

Arq. Pedro José Samaniego Alvarado.  
CI: 0102052586

Cuenca, Julio 2018



UNIVERSIDAD DE CUENCA  
desde 1867

Gabriela Bustos Cordero

**FAUC**  
FACULTAD DE  
ARQUITECTURA





UNIVERSIDAD DE CUENCA  
FACULTAD DE ARQUITECTURA Y URBANISMO  
MAESTRÍA DE PROYECTOS ARQUITECTÓNICOS. PRIMERA COHORTE

**AUTOR**

Arq. Gabriela Carolina Bustos Cordero.

**DIRECTOR**

Arq. Pedro José Samaniego Alvarado.

**DOCUMENTACIÓN ORIGINAL**

Museo de Arte de la Universidad de Harvard.

Libro: "The Dream of the Factory-Made House. Walter Gropius and Konrad Wachsmann." de Gibert Herbert, 1986.

**DIAGRAMACIÓN**

Arq. Gabriela Carolina Bustos Cordero.

**TIPO DE LETRA**

Helvética Regular

Helvética Light

**PORTADA**

Arq. Gabriela Carolina Bustos Cordero.

JULIO, 2018



## AGRADECIMIENTOS

Arq. Pedro Samaniego Alvarado

Arq. Jaime Guerra

Arq. Pablo León

Arq. Leonardo Bustos

Arq. Vicente Mogrovejo

Arq. Sergio Zalamea

Arq. Mario Ulloa

Arq. Ananda Domínguez

Arq. Carla Hermida

Arq. Pedro Espinosa

A mi familia por el apoyo incondicional.

A mis profesores, compañeros y amigos que han estado a mi lado acompañándome y apoyándome durante este camino.



*A Leo, Cuqui, Ana Mary y Juanse  
A Victoria y Ana Paula*



## RESUMEN

Esta investigación se centra en el estudio del Sistema del Panel Universal creado por los arquitectos Walter Gropius y Konrad Wachsmann, un sistema constructivo prefabricado concebido para edificar viviendas ante la necesidad urgente de la época en la segunda guerra mundial.

El proyecto inicial nace de la concepción de un sistema universal con la posibilidad de crecer infinitamente y ordenarse en un sinnúmero de formas a partir de un elemento multifuncional; el panel, articulado por un solo método de unión; el conector metálico. La intención de los arquitectos fue alcanzar una variedad de viviendas adaptadas a diferentes necesidades.

El sistema se diseñó en base a las exigencias de la época, que eran viviendas emergentes, en donde se precisó que se adapten a espacios mínimos y sean de bajo costo. Los arquitectos tenían, además, que enfrentar la crítica a la monotonía de viviendas idénticas que caracterizaba a las construcciones prefabricadas, por ello, este sistema se diseñó con la posibilidad de variar en la disposición de los elementos que integran las edificaciones.

A través del estudio de la Casa A, un prototipo del proyecto, se procura identificar los lineamientos constructivos, funcionales y formales que se plantearon en el diseño. Con esta información, se pretende dar paso a un proceso de experimentación, en donde se diseñarán dos viviendas en condiciones diferentes a la Casa A, pero con los mismos elementos, de esta manera se valorará la flexibilidad que tiene el sistema para acoplarse a otros requerimientos domésticos y se verificará el cumplimiento con su condición de universalidad.

Palabras clave:

Arquitectura; Construcción; Prefabricación; Sistema; Vivienda; Panel; Módulo; Walter Gropius; Konrad Wachsmann; Estética; Flexibilidad.



## ABSTRACT

This research focuses on the study of the Universal Panel System created by the architects Walter Gropius and Konrad Wachsmann, a prefabricated building system designed to build dwellings in the face of the urgent need of the time in the Second World War.

The initial project is born from the conception of a universal system with the possibility of infinitely growing and ordering in a number of ways from a multifunctional element; the panel, articulated by a single joining method; the metallic connector. The intention of the architects was to reach a variety of dwellings adapted to different needs.

The system was designed based on the demand of the time, which were emerging dwellings, where it was required to adapt to minimum spaces and be low cost. The architects had, in addition, to face the criticism of the monotony of identical dwellings that characterized the prefabricated buildings, therefore, the system was thought with the possibility of varying the layout of the elements that make up the buildings.

Through the study of House A, a prototype of the project, it seeks to identify the constructive, functional and formal guidelines that were raised in the design. From this information, it is intended to give way to an experimentation process, where two dwellings will be designed in different conditions to House A, but with the same elements, in this way the flexibility of the system to be coupled to other domestic requirements and compliance with their condition of universality will be verified.

### Keywords:

Architecture; Building; Prefabrication; System; Dwellings; Panel; Module; Walter Gropius; Konrad Wachsmann; Esthetic; Flexibility.





# ÍNDICE

1.	INTRODUCCIÓN	17
2.	WALTER GROPIUS Y KONRAD WACHSMANN Prefabricación en madera.	23
3.	THE PACKAGED HOUSE Forma y tectónica del Sistema del Panel Universal	49
4.	CASO DE ESTUDIO (Re)construcción Casa A (TDU-1)	107
5.	ANÁLISIS Y EXPERIMENTACIÓN Sistema del Panel Universal	173
	CONCLUSIONES	233
	BIBLIOGRAFÍA	247
	CRÉDITOS DE ILUSTRACIONES	249



*Universidad de Cuenca*  
*Cláusula de Propiedad Intelectual*

---

Gabriela Carolina Bustos Cordero autora del trabajo de titulación "VALORACIÓN FORMAL DEL SISTEMA DEL PANEL UNIVERSAL DE KONRAD WACHSMANN Y WALTER GROPIUS: EL VALOR ESTÉTICO DE LA PACKAGED HOUSE", certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autor/a.

Cuenca, 02 de julio de 2018

*Gabriela Bustos C.*

Gabriela Carolina Bustos Cordero

C.I: 0105266472



*Universidad de Cuenca*  
*Cláusula de licencia y autorización para publicación en el*  
*Repositorio Institucional*

---

Gabriela Carolina Bustos Cordero en calidad de autora y titular de los derechos morales y patrimoniales del trabajo de titulación “VALORACIÓN FORMAL DEL SISTEMA DEL PANEL UNIVERSAL DE KONRAD WACHSMANN Y WALTER GROPIUS: EL VALOR ESTÉTICO DE LA PACKAGED HOUSE”, de conformidad con el Art. 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN reconozco a favor de la Universidad de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos.

Asimismo, autorizo a la Universidad de Cuenca para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el repositorio institucional, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, 02 de julio de 2018

*Gabriela Bustos C.*

Gabriela Carolina Bustos Cordero

C.I: 0105266472



## OBJETIVOS

### OBJETIVO GENERAL:

- Analizar y evaluar el sistema formal que se proyecta en base a un sistema constructivo industrializado.

### OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Identificar la importancia que tiene la parte formal dentro de las construcciones prefabricadas.
- (Re)construir los modelos planteados en el Sistema del Panel Universal para evaluar su consistencia estética y constructiva.
- Analizar y determinar si el sistema permite flexibilidad y variedad en los modelos.



# METODOLOGÍA

La presente investigación se centrará en el análisis del Sistema del Panel Universal, a través de procesos de observación y experiencia, con el interés por la búsqueda de un aporte que resalte la solides formal y funcional de este sistema constructivo prefabricado. El objetivo es remarcar un hecho que se dio hace algunos años atrás, pero que ha trascendido en su campo de estudio, por la universalidad de los conceptos que apporto.

Para iniciar la investigación será necesario un acercamiento al tema a través de una recopilación de antecedentes históricos y referencias documentales necesarios para el estudio. Con esta información se identificarán los principios generadores del sistema.

En la segunda parte, a partir de la información obtenida, se (re)construirán los elementos que forman parte del denominado Sistema del Panel Universal, mediante el uso de programas BIM, que permitan una visualización clara del sistema. Esto con el interés de entender como estuvieron planteados y cuáles fueron las intenciones que los arquitectos Konrad Wachsmann y Walter Gropius tenían para este proyecto.

En la tercera parte, se (re)construirá un prototipo de casa, la "Casa A", para comprender y analizar a partir de este modelo, como el sistema se adapta a los requerimientos de una vivienda. Finalmente, esta información permitirá valorar el sistema desde un enfoque formal, funcional y constructivo, considerando que es un modelo estandarizado, para determinar si esta propuesta cumple con las características de flexibilidad y adaptación a diferentes condiciones, como estuvo planteada desde su concepción.





*"El punto de inflexión en la construcción, alcanzado hace mucho tiempo, no marca un renacimiento o una reinterpretación ideológica o espiritual de la vida; es más bien la culminación de la presión, ejercida por ciertas causas predeterminadas dependientes del tiempo, de las cuales no tiene sentido preguntar si deberían ser aceptadas o negadas. Estas son las nuevas posibilidades que la sociedad no puede permitirse ignorar; ahora es nuestra tarea distinguirlas y comprenderlas en toda su potencia y dominarlas a fondo, como el instrumento supremo de la actividad creativa. Tenemos un largo camino por delante... La industrialización no es un juguete o una moda pasajera... es una herramienta de construcción que debe dominarse antes de que se pueda hacer una declaración significativa." (WACHSMANN, 1961.)*

*"Para cualquier profesión, tu devoción interna a las tareas que te has propuesto debe ser tan profunda que nunca puedas desviarte de tu objetivo. Sin embargo, a menudo, el hilo puede ser arrancado de tus manos, debes desarrollar suficiente paciencia para terminarlo una y otra vez. Actúa como si fueras a vivir para siempre y proyecta tus planes mucho más adelante. Pero esto quiero decir que debes sentirte responsable sin limitaciones, y la consideración de si puedes o no estar cerca para ver los resultados nunca debe entrar en tus pensamientos. Si tu contribución ha sido vital, siempre habrá alguien para continuar donde lo dejaste, y ese será tu reclamo de inmortalidad." (GROPIUS, 1964.)*





# INTRODUCCIÓN

Walter Gropius y Konrad Wachsmann son dos arquitectos alemanes que pertenecieron al movimiento moderno, en el siglo XX. El aporte de estos dos personajes se complementa entre su obra construida y los múltiples estudios elaborados en el desarrollo de la arquitectura. Sus planteamientos estuvieron conducidos dentro de los procesos industrializados que se implementaban en la época. La arquitectura que perseguían no solo estaba guiada dentro de esquemas de orden y precisión, su interés se dirigía especialmente en la atención a las necesidades de la gente.

Desde sus inicios, cada uno por su lado y más tarde juntos, elaboraron un sinnúmero de teorías sobre sistemas constructivos estandarizados. Su vivencia les permitió influenciarse por un mundo tecnológico que se iniciaba y tuvieron el desafío de ser pioneros en este nuevo devenir. Lo que resulta de importancia para desarrollar este trabajo, es conocer y extraer sus reflexiones plasmadas a través de sus años en la práctica profesional. Es importante mencionar que fueron grandes investigadores y dejaron muchos de sus principios arquitectónicos únicamente expuestos en la teoría, pocos de sus estudios de prefabricación llegaron a concretarse en algo tangible.

La presente investigación se centrará en el estudio y el análisis de un sistema estandarizado de viviendas que juntos los arquitectos, Gropius y Wachsmann, idearon como respuesta a la falta de éstas, a raíz de la segunda guerra mundial. La propuesta de los alemanes se encaminó hacia un método constructivo prefabricado que se ordene de diferentes maneras, a partir de un solo elemento estructural. Es decir, una composición organizada por partes estandarizadas. Para ello pensaron en un módulo base, una dimensión que dé forma a una pieza única para articularse de un mismo modo y configurar las paredes, los pisos y la cubierta de la vivienda, a esto le llamaron el Panel Universal.



El análisis abordará dos partes: en la primera, a partir de la información obtenida, se reconstruirá el sistema, con ello se analizarán los gráficos y se estudiará la composición y organización del mismo; en la segunda, se estudiará la factibilidad del sistema como un método de construcción de viviendas unifamiliares. Con esto se busca poner en evidencia la consistencia formal y funcional que alcanzó este, al cual se le denominó Sistema del Panel Universal, después de un largo proceso de diseño y de pruebas.

El objetivo principal de esta investigación es poner a relucir la grandeza de un sistema estandarizado, que forjó en su época una cadena de grandes estudios para el desarrollo y crecimiento de la construcción. Su propuesta de crear una pieza que articule todo el proceso constructivo de la obra, les llevó a un punto muy alto en su desarrollo; sin embargo, la crisis que afectaba a la época y la falta de recursos económicos les impidió poner en marcha uno de sus más anhelados proyectos. Parte del valor de esta tesis es el recorrido que nos concede la reconstrucción virtual de la propuesta, sepultada de cierta manera en la historia de la arquitectura.

*“El proyecto como (re)construcción se basa en el reconocimiento de la tensión entre el material y los criterios de forma que lo estructuran, a partir de la conciencia de su condición formadora, estructurante, ordenadora. La experiencia visual de la obra sobre la que se actúa es el punto de partida de una serie de actuaciones en ella, que van desde la estricta reconstrucción hasta la verificación de su capacidad para abordar modificaciones en las condiciones de su programa. Se trata de sumergirse en el sistema de valores de su arquitectura y de sus criterios de proyecto, para conocerla desde su interior, inmersión que exige –y, a la vez, desarrolla– la capacidad de reflexión visual y tiende a extender los principios básicos del proyecto a situaciones alternativas.” (PIÑÓN, 2005)*

Durante todo el proceso de desarrollo de este sistema, los arquitectos plantearon algunas opciones de vivienda, las cuales en su mayoría no fueron edificadas; sin embargo, existe un prototipo de casa modelo, la "Casa A". Es a partir de este modelo, que se realizará la [re]construcción para un mayor acercamiento a sus detalles y criterios de organización. Con esto, el análisis se encaminará hacia un estudio y experimentación del sistema, a través de dos propuestas de viviendas unifamiliares.

Para esta investigación se propone identificar el valor formal y funcional que el Sistema del Panel Universal consigue a partir de las diferentes posibilidades de combinación que tiene. Dentro de la estructura, cada componente mantiene una función específica: piso, pared, cubierta, etc.; sin embargo, cuando están articulados estos se entienden desde su esencia en conjunto.



## REFERENCIAS DOCUMENTALES

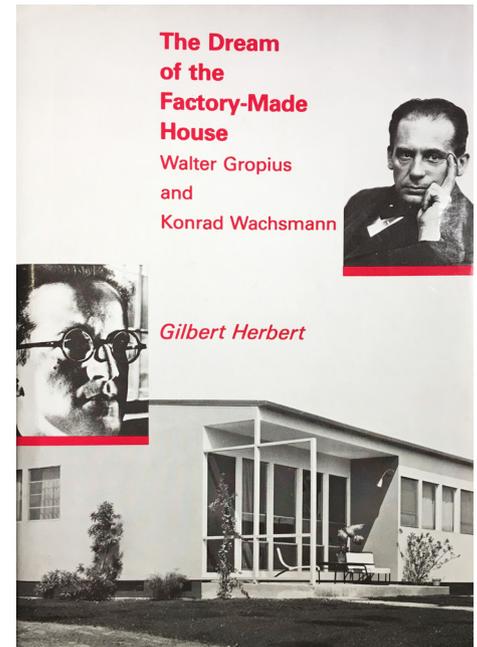
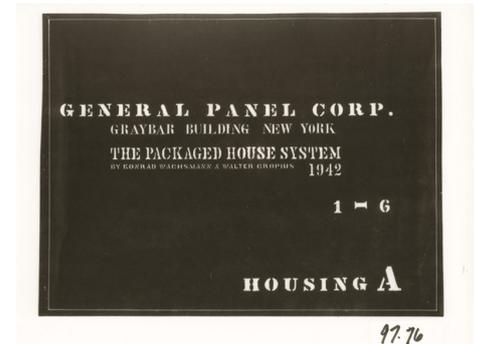
La información base para esta investigación pertenece al archivo fotográfico que se encuentra disponible en la página del Museo de Arte de la Universidad de Harvard. Estas imágenes corresponden a una gran cantidad de planos y fotografías de la época, en donde se muestran plantas, alzados, secciones, detalles de las uniones y algunos bocetos de viviendas unifamiliares y colectivas. La selección de planos para la (re)construcción del sistema se dio a partir de una comparación entre dibujos y fotografías. La correcta interpretación de estos, y las relaciones que se planteen con la teoría, nos permitirá definir los lineamientos que se utilizaron para construir las casas.

Una de las referencias más importantes es el libro "The Dream of the Factory-Made House. Walter Gropius and Konrad Wachsmann." de Gilbert Herbert, 1986. En éste existen algunos datos bibliográficos que ayudarán a definir cuáles fueron los planteamientos de los arquitectos. Además, este libro es un apoyo en la selección de los planos, pues se describen algunas características constructivas del sistema. Otros documentos sustanciales que se logró recopilar son los dibujos patentados por Gropius y Wachsmann en los años de 1942 y 1945. A partir de estos la comparación de los planos adquiere mayor fuerza al ser dibujos propios de los creadores.

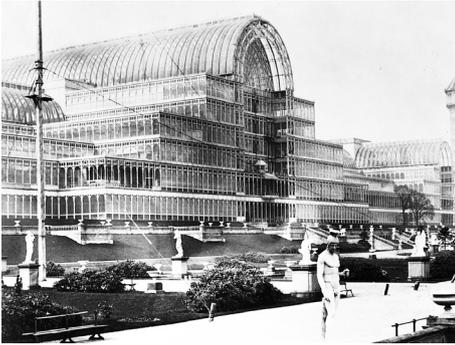
## ANTECEDENTES

La revolución industrial tuvo lugar a partir de los eventos suscitados a finales del siglo XVIII en Reino Unido. En este momento de la historia se vivió una gran transformación en los sistemas de trabajo, pasando de una labor manual a las máquinas, lo cual generó nuevas estructuras tanto en la economía como en la sociedad. El cambio tecnológico que se dio en las ciudades europeas al principio y que se expandió a Estados Unidos años después, hizo que las poblaciones se replantearan los ideales y la manera en cómo podían estar organizadas tanto en la economía, en la política como en las configuraciones familiares. Los nuevos procesos dieron lugar a una mejora en la calidad de vida de la gente.

A pesar de que este desarrollo en las ciudades empezó a finales del siglo XVIII, en la construcción tuvieron que pasar algunos años para que la industrialización se acoja como un nuevo método. Es importante mencionar que previo a este cambio en los sistemas constructivos, las técnicas que se utilizaban eran en base a procesos manuales que requerían mucho tiempo y esfuerzo. Por ello, en una época con escasez de viviendas, este adelanto tecnológico fue un gran salto.

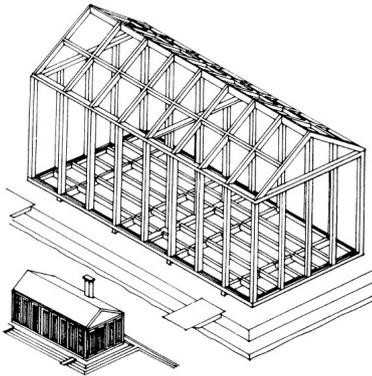


1. Portada de las láminas de la "Casa A"
2. Portada del libro "The Dream of the Factory-Made House. Walter Gropius and Konrad Wachsmann."



*"El edificio prefabricado, era un conjunto que consta de partes cuyas relaciones entre sí y el conjunto se rigen por las leyes definidas de la combinación y cuyo significado se deriva de la totalidad (o producto final) en sí." (HERBERT, 1986)*

Los primeros materiales que fueron adaptados a estas técnicas fueron el hierro y la madera. A finales del siglo XIX, los sistemas aún no habían logrado alcanzar un desarrollo sustancial. Se mantenían únicamente en la fabricación de ciertos componentes estandarizados como columnas, vigas, escaleras, pasamanos, entre otros, que luego serían trasladados a un lugar determinado para su ensamblaje. La experimentación con el hormigón armado se dio a inicios del siglo XX, mostrándose como un material versátil, ya que podía ser fundido o modelado en diferentes elementos.



Uno de los primeros momentos y más sobresalientes de este nuevo surgimiento, que ya se considera como prefabricación, es la producción y montaje del Palacio de Cristal. Joseph Paxton fue quien diseñó el edificio con un nuevo método de estructuras de hierro y vidrio, emplazado en la Exposición Universal de 1851 en Londres, el cual años más tarde fue desmontado.

La construcción con estos sistemas, estuvo especialmente relacionada a las viviendas; en medio de la crisis económica y social del siglo XIX, la mayor necesidad era un refugio inmediato. Ésta fue "la motivación fundamental" tal como Gilbert Herbert denomina a este momento (HERBERT, 1986). Así, surgió un gran interés por esta práctica que permitía edificar a costos más bajos, con mejores condiciones, en mayores cantidades y en tiempos más cortos.

Las primeras casas con estas técnicas estandarizadas aparecen en 1830 con la Casa Colonia portátil, al sur de Australia. Éstas se vendían como un "Kit de partes" para ser montadas en el lugar. A partir de esto existen registros de prefabricados de madera en 1860, al este de Estados Unidos, las casas de madera pre-cortadas y las casas con paneles. En 1886, en Johannesburgo, California, se plantean otros tipos con armazones de hierro corrugado pre-hecho. Los nuevos procesos con cemento surgen en 1903 con las casas de bloques de hormigón patentados en Estados Unidos, y en Liverpool en 1905 con los sistemas de paneles de hormigón armado. (HERBERT, 1986)

En el siglo XX, personajes reconocidos del movimiento moderno que empezaba a emerger, fueron seducidos por esta nueva era tecnológica que planteaba estructuras sistemáticas y organizadas. Encontraron un particular interés en los procesos de estandarización que se estaban llevando en la compañía de automóviles de Henry Ford.

3. Palacio de Cristal de Joseph Paxton.  
4. Casa Colonia portátil.



*“¿Por qué no podemos producir en masa casas estándar, bien diseñadas, a bajo costo, de la misma manera que Ford produce automóviles en masa?” (HERBERT, 1986)*

Así, arquitectos como Walter Gropius, Le Corbusier, Frank Lloyd Wright y Mies Van Der Rohe, vieron oportuno buscar una respuesta a la necesidad de viviendas en el campo de la industrialización. Además, en este período varias figuras europeas y estadounidenses de la modernidad, adaptaron sus diseños a prototipos manufacturados que se estaban desarrollando. Hubo varios esfuerzos por desplegar estos proyectos, sin embargo la mayoría no llegó a ejecutarse. (HERBERT, 1986)

Walter Gropius pensaba que la arquitectura doméstica, tenía la necesidad de ser industrializada, no había una justificación de que todas las residencias tengan diferentes diseños de plantas, fachadas y materialidades. Él argumentaba que esto representaría un gasto innecesario para la crisis económica que atravesaban los europeos. Las nuevas propuestas tenían que ser planteadas pensando en que había varios tamaños de familias, por ende, diversas necesidades, pero podía utilizarse un mismo modelo de prefabricados en todas las casas; la estandarización no necesariamente tenía que ser en la totalidad de la obra. (HERBERT, 1986)

La modulación fue la clave para organizar y articular los elementos en un producto final. Buckminster Fuller y Konrad Wachsmann son quienes llevaron estas técnicas más allá de ser una solución económica. Ellos desplegaron teorías en el campo de la prefabricación que abrieron las puertas a muchos estudios y logros a mediados del siglo XX. (ÅGREN, Robert & WING, Robert D., 2014)

La industrialización fue mucho más allá de ser un nuevo reto, fue también un resultado de las condiciones sociales, políticas y económicas. Es por eso que era importante hacer una revisión de los valores constructivos y de los procedimientos de cada uno de los elementos. A comienzos del siglo XX, el movimiento moderno toma lugar y los entendidos se vieron en la necesidad de revisar y renovar los principios arquitectónicos de orden.

La modulación y las leyes jerárquicas que marcaban estos nuevos sistemas prefabricados, reiteraron el consenso arquitectónico de dicha corriente. Los procesos tecnológicos representan la forma más pura de la arquitectura moderna y fue Le Corbusier, uno de los principales exponentes de ésta, quien inició con el interés. (HERBERT, 1986)



5. Casa Dymaxion de Buckminster Fuller.



Este progreso industrial trajo consigo algunas interrogantes. Aunque para la época el nuevo reto tecnológico era una ayuda ante la crisis de viviendas por la que se atravesaba; los arquitectos tenían que cuestionarse cómo formalmente se verían estas edificaciones uniformes y repetidas en un conjunto. Además de considerar la aburrida homogeneidad que se generaría, debían pensar en viviendas diseñadas de tal manera que sean variables y se adapten a las particularidades y requerimientos de cada familia, la prefabricación no debía restringir la flexibilidad del sistema.

*“No hay razón para temer la monotonía como la de los suburbios ingleses, siempre que se cumpla con el requisito básico de estandarizar sólo los elementos de construcción, la apariencia de los edificios ensamblados variará.” (GROPIUS, 1970)*

A partir de estas consideraciones de la época en la que se ubican los arquitectos Walter Gropius y Konrad Wachsmann, surge su tan anhelado sueño de prefabricación, el Sistema del Panel Universal. De esta manera, las particularidades de la obra evidencian la consistencia que tiene el sistema y los aspectos esenciales que están estimados a la hora de diseñar prefabricados. Ésta es una de las razones por la que se escogió este proyecto para el presente trabajo de investigación.

**WALTER GROPIUS Y KONRAD WACHSMANN**  
Prefabricación en madera.





## WALTER GROPIUS

Walter Adolph Gropius nació el 18 de mayo de 1883, en Berlín. Desde sus primeros años estuvo influenciado por una familia de arquitectos, de donde surgió el entusiasmo por esta vocación. Sus estudios de arquitectura los realizó en la Escuela Técnica de Múnich durante 1903 y los siguientes dos años en la Escuela Técnica de Berlín.

Entre 1907 y 1910 Gropius ingresa a trabajar en el estudio del reconocido arquitecto Peter Behrens, en donde también trabajaron Adolf Meyer, Ludwig Mies Van der Rohe y Le Corbusier. Esta figura influyó considerablemente en su pensamiento. Behrens fue uno de los fundadores de la Deutscher Werkbund (Federación Alemana de Trabajo). Una asociación entre arte, industria y artesanía, con la intención de crear un sistema que integre estas actividades para mejorar la producción. Gropius se volvió miembro de ésta en 1910 y parte de su filosofía sobre la industrialización inicia en este momento.

En el mismo año, la oficina de Behrens participa en el diseño de viviendas para la A.E.G. (Compañía General de Electricidad en Berlín). Esta experiencia es posiblemente la primera oportunidad de Gropius con un proyecto de producción en masa. A partir de esto, decide exponer sus conocimientos sobre la industrialización en un memorándum publicado en 1910. Aquí manifestaba su preocupación principal: conseguir un proyecto de bajo costo, sin perder calidad en el diseño y la construcción, a través de una combinación entre arquitectura e industria. (HERBERT, 1986) Todos estos conocimientos los aplicó y experimentó a lo largo de su carrera, convirtiéndolos en un principio fundamental de su práctica arquitectónica.

*"¿Cómo podemos construir, más barato, mejor y más atractivas las viviendas?" (HERBERT, 1986)*



6. Viviendas para la A.E.G.



Con la intención de generar una dinámica para activar el movimiento tecnológico que iniciaba, Gropius, bajo la tutela de Behrens, le envía este documento a Emil Rathenau, presidente de la A.E.G; en vista de que la industria alemana estaba interesada en la investigación y la fabricación en masa, por la necesidad que se dio de renovar y mejorar los métodos en la edificación. (HERBERT, 1986) Sin embargo, este memorándum no tuvo mayor atención en ese momento.

*"La organización debe aspirar a la normalización y a la producción masiva de viviendas no enteras, sólo de sus componentes que luego pueden ensamblarse en varios tipos de casas, de la misma manera que en el diseño moderno de la máquina, indistintamente utilizado para diferentes máquinas."* (GROPIUS, 1970)

Al finalizar su paso por la oficina de Behrens, Gropius se radicó en Berlín por una temporada y ejerció su profesión en la práctica privada junto a su amigo Adolf Meyer. Entre los dos diseñaron la fábrica Fagus, en Alfeld, Alemania. Es clara la influencia que el arquitecto recibió de su maestro y se puede notar en una comparación de este edificio con la fábrica de turbinas de la A.E.G. diseñada por Behrens, que se muestran en las dos primeras imágenes de la izquierda (*fig.7; fig.8*). Sin embargo, Gropius y Meyer decidieron plantear una estrategia que les permitiera liberar la fachada acristalada, manteniendo toda la estructura al interior. Mientras Behrens en su proyecto marcó ritmos a través de las columnas que sobresalían como líneas verticales al exterior de la fábrica.

En 1914, Walter Gropius ingresa al ejército de Alemania para servir en el frente de guerra, experimentando aquí uno de los episodios más difíciles en su vida. En 1918, a su salida de la armada, se integra a los movimientos por la lucha de la validación de la arquitectura y las artes, que se vieron afectadas por los conflictos bélicos que se suscitaban en Europa.

## EL PERÍODO DE LA BAUHAUS

Walter Gropius funda la Bauhaus en 1919 en Weimar, tras instaurarse como director de la Escuela de Arte y Artesanía de Gran Ducal de Sajonia, a la cual llamó Staatliches Bauhaus Weimar. La visión de la escuela era enseñar a partir de un sistema racional y de orden, derivado de la industrialización.

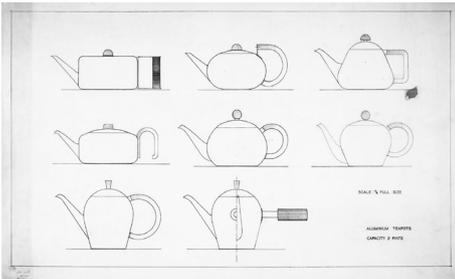
7. Fábrica Fagus, Alfred.

8. Fábrica de turbinas de la A.E.G.

9. Casa Sommerfeld en Berlín, 1920. Proyecto de Walter Gropius y Adolf Meyer.



10. Edificio de la Bauhaus en Dessau, Alemania. 1925.



11,12. Casas para maestros de la Bauhaus. Walter Gropius. Dessau, 1925.  
13. Boceto de teteras de aluminio. Walter Gropius, 1935-1936.

La propuesta de Gropius con la Bauhaus era recuperar el valor del arte y emprender las nuevas actividades a partir de los recursos existentes. Su eslogan fue "Arte e industria, una nueva unidad". (HERBERT, 1986) La escuela fue trasladada a Dessau en 1925, en donde Gropius diseñó el edificio de la Bauhaus y colaboró en el proyecto de casas para los maestros.

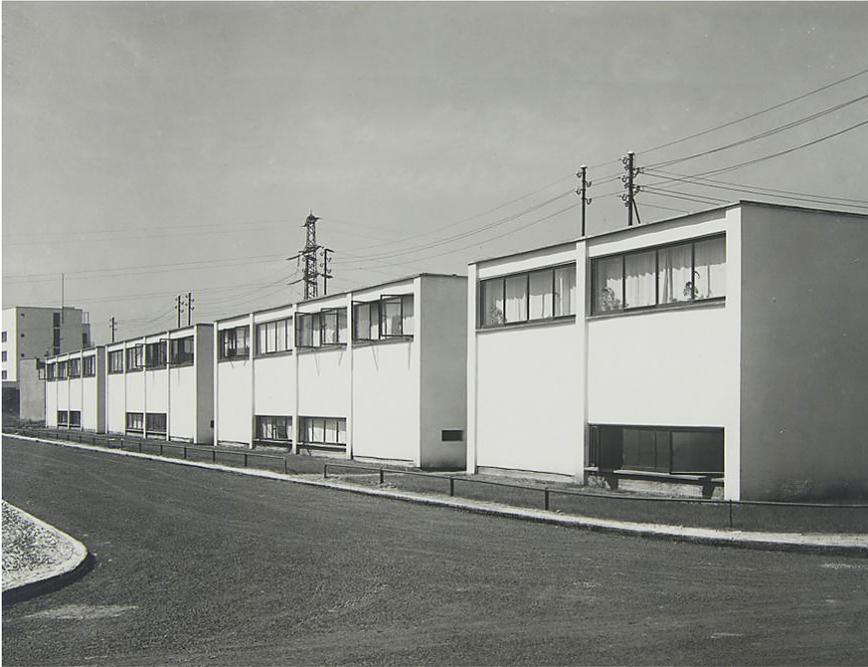
A partir de 1926 Gropius inicia un período de experimentación dedicado al diseño residencial estandarizado. Su primer proyecto fue el de viviendas en Toerten, Dessau. En ese mismo año recibió la oferta desde la Werkbund para diseñar un nuevo prototipo, la Weissenhofsiedlung en Stuttgart. En este ejercicio, retomó el principio de su postulado de 1910, reducir el costo de la obra sin perder la calidad de la construcción. Gropius renuncia a su cargo en la Bauhaus en 1928, y se instala en Berlín para dedicarse plenamente a la práctica privada.

En 1931 la revista alemana Bauwelt le pide a Gropius hacer un comentario sobre el trabajo realizado en los prototipos de vivienda de la Hirsch Cooper House (casa de cobre). A partir de esto, Gropius tiene la oportunidad de unirse a la enorme compañía de construcciones prefabricadas de cobre, con la intención de perfeccionar los aspectos técnicos. La propuesta para estas casas era generar una estructura flexible, que sea de rápido montaje y con la posibilidad de expandirse. Sin embargo, a pesar de los intentos, el proyecto no pudo salir adelante. Se puede resaltar este momento en su carrera como uno de los primeros acercamientos a un sistema expansible.

## EXILIO DE ALEMANIA

Alemania se vio inmersa en un escenario de conflictos políticos cada vez más severos. En 1932 inicia un exilio de grandes artistas y arquitectos, debido a la hostilidad que generó el partido Nazi hacia organizaciones de arte y arquitectura especialmente del movimiento moderno. En este mismo año, la Bauhaus se traslada a Berlín y un año más tarde se ve obligada a cerrar.

Ante estas circunstancias, Gropius decide iniciar un viaje por Europa. En donde a su visita a Spalato, coincide con su colega y futuro socio Konrad Wachsmann. Desde aquí realizan juntos un viaje hacia Italia, en donde se siembra una estrecha amistad. En 1934, se instala unos años en Londres y tiene la oportunidad de trabajar con Maxwell Fry.



14. Casas de la Colonia Törten en Dessau. 1926-1928.  
15. Casa Weissenhofsiedlung en Stuttgart. 1927.



16. Construcción de las casas de cobre. (Hirsch Cooper House) 1931-1932.



17. Casa de cobre. (Hirsch Cooper House) 1931-1932.



Gropius llega en 1937 a los Estados Unidos, al recibir una propuesta como profesor en la Universidad de Harvard. Además de su trabajo como catedrático, tuvo la oportunidad de ejercer la profesión junto a Marcel Breuer.

Al poco tiempo de su llegada, diseñó una casa para él y su familia en Lincoln, Massachusetts. Una vivienda aislada ubicada en la cima de una colina. Aquí el arquitecto empleó una estructura ligera con marcos de madera y se preocupó en utilizar elementos con medidas estándar para carpinterías y revestimientos.

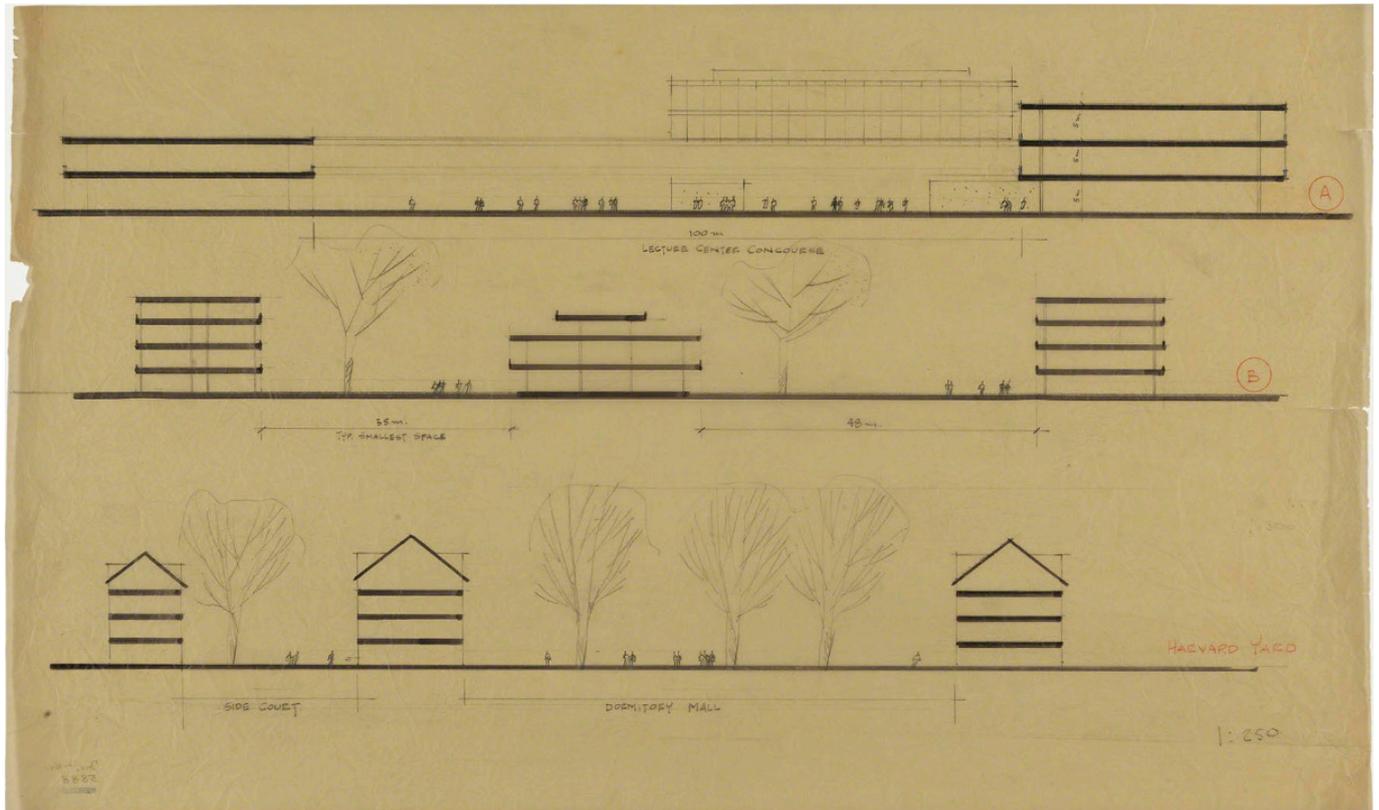


A finales de 1941, Gropius acogió a su amigo Wachsmann en su casa, tras ser exiliado de Europa. Juntos se dedicaron a desarrollar un sistema de paneles prefabricados que se acoplaban a partir de un conector metálico. Este proyecto enfatizó varios puntos de la teoría del arquitecto sobre la industrialización. Pues al igual que su socio, estaban convencidos que la mejor solución para afrontar la falta de vivienda de la época se dirigía a este tipo de construcción, rápida en su montaje por la estandarización de las piezas y a costos reducidos por la producción en masa.

Desde sus inicios en la Bauhaus, Gropius manifestó la importancia que para él tenía el trabajo en equipo. Por ello, en 1945, junto a otros siete socios, fundan TAC (The Architects Collaborative), en Cambridge, Massachusetts. La firma buscaba hacer de la práctica arquitectónica un proceso creativo de colaboración, en donde los miembros se reunían periódicamente para presentar sus proyectos. Varios fueron los encargos recibidos por el grupo, entre sus obras más destacadas está el Centro de Graduados de la Universidad de Harvard en la misma ciudad (1949-1950). El trabajo de Gropius dentro de TAC continuó hasta sus últimos días en 1969.

En 1964, en el Centro de Arquitectura de Boston, Gropius reitera nuevamente su postura en la práctica arquitectónica industrializada, al igual que lo hizo en 1910 con su memorándum entregado a la A.E.G., pero esta vez como mucha más fuerza y experiencia, por lo que estos escritos son fundamentales en su crecimiento profesional.

18. Casa de Walter Gropius y su familia en Lincoln.  
19. Logo de TAC, (The Architects Collaborative).



20. Dibujo de Walter Gropius, 3 secciones, tinta, grafito y lápiz rojo sobre papel transparente amarillento, 1949.



*“Una variedad genuina sin monotonía podría haber sido alcanzada si hubiéramos tomado un mayor interés e influencia en el desarrollo y diseño de una producción cada vez más completa de piezas estandarizadas de construcción, de componentes que podrían ser ensamblados en una amplia diversidad de tipos de viviendas. Sin embargo, la propuesta de prefabricación fue aprovechada por los fabricantes que elaboraron los sofocantes proyectos que producían tipos de casas enteras en lugar de componentes. La monotonía resultante profundizó aún más el horror de un público nostálgico, sentimental y no guiado de un futuro prefabricado.”  
(GROPIUS, 1968 citado en HERBERT, 1986)*

La arquitectura de Gropius no llegó a tener la atracción que han logrado otras obras del movimiento moderno, pues su trabajo estuvo conducido al conocimiento teórico y a su labor como educador. Muchos de sus postulados no quedaron más que en escritos publicados a lo largo de su vida. Sin embargo, su arquitectura se caracterizó siempre por tener detrás un planteamiento sistemático a través de la relación entre arte e industria.



21. Profesores de la Bauhaus junto a Gropius. Desde la izquierda: Josef Albers, Hinnerk Scheper, Georg Muche, László Moholy-Nagy, Herbert Bayer, Joost Schmidt, Walter Gropius, Marcel Breuer, Vassily Kandinsky, Paul Klee, Lyonel Feininger, Gunta Stölzl and Oskar Schlemmer.



## KONRAD WACHSMANN



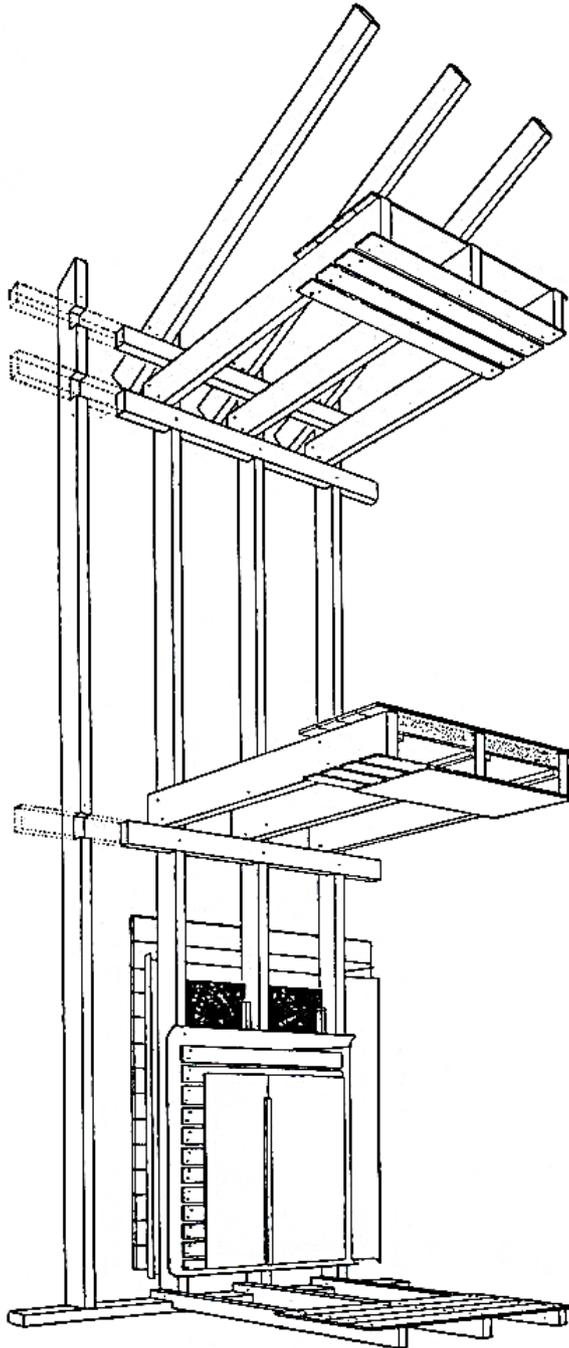
Konrad Wachsmann, de padres judíos, nació el 16 de mayo de 1902, en la ciudad de Frankfurt del Óder, Brandeburgo, Alemania. En su infancia no recibió una influencia importante para su posterior formación de arquitecto. Sin embargo, a su corta edad de 16 años, se preparó como carpintero y ebanista donde aprendió a trabajar con madera para sus posteriores proyectos.

Sus primeros estudios académicos los realizó en la escuela de Bellas Artes en Berlín en 1922. Un año más tarde, participó en un curso en la Academia de Artes en Dresden. En 1924, en este último establecimiento, realizó un master, en donde tuvo a Hanz Poelzing como profesor, un reconocido arquitecto de la época y además quien sería su primera gran influencia. Con el devenir de su vida y su temprana relación con la madera, llegó a ser un gran conocedor del trabajo que se realizaba con este material.

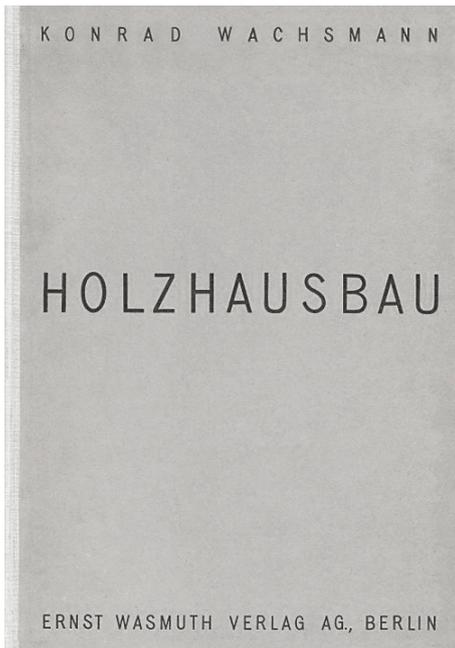
### CHRISTOPH & UNMANCK

Después de un par de años de formación, en 1926, su maestro Poelzing le ofrece un trabajo en la compañía Christoph & Unmanck. Ésta era la empresa más importante de la industria con madera en ese momento en Europa. Fue el inicio de su carrera en la producción en masa, un período sustancial en su crecimiento. Un año posterior a su ingreso a la compañía, ya se había convertido en jefe del departamento de diseño. Esto le permitió modificar algunas prácticas dentro de los procesos constructivos de la fábrica.

22. Portada del catálogo de las casas de Christoph & Unmanck.



23. Detalle del panel de Christoph & Unmanck.



Uno de los grandes aciertos de Wachsmann dentro de Christoph & Unmanck, fue introducir un sistema de modulación para las viviendas. La propuesta era permitir que los clientes elijan la disposición funcional de sus casas, en base a una cuadrícula organizada a partir de los elementos constructivos producidos en la fábrica. Con esta evolución en la prefabricación, Wachsmann consiguió lo que Gropius había estado exponiendo en sus discursos de la industrialización desde 1910, sin llegar a ningún resultado tangible hasta el momento.

*“He desarrollado nuevos tipos de catálogos, que creo que por primera vez en Europa no ofrecen edificios terminados, sino en lugar de esto todos los componentes para construir. Las rejillas modulares se imprimieron en los catálogos, en los que los clientes podían dibujar sus propios planos de planta aproximados. Estos fueron luego transformados en dibujos profesionales por mi oficina, usando sólo piezas predeterminadas y numeradas para formar el todo.” (WACHSMANN, autobiografía, citado en HERBERT, 1986)*

En 1929, Wachsmann deja de pertenecer a la gran empresa alemana, para dedicarse a la práctica privada en Berlín. Uno de sus encargos más importantes en este período, fue la casa de verano para su amigo Albert Einstein. Aquí el arquitecto tuvo la oportunidad de explorar aún más la modulación dentro de la producción en masa y de enriquecerse en el ejercicio de esta nueva industria. Sin embargo, por distintos motivos y requerimientos de Einstein, la casa no se construyó como Wachsmann había propuesto.

Su interés por la perfección le mantuvo siempre en un continuo ejercicio de investigación y experimentación. En el año de 1930 publica su libro "Holzhausbau. Technik und Gestaltung" (La construcción de casas de madera. Técnica y diseño). Wachsmann relata en el libro esta nueva práctica de producción en la que se estaban introduciendo los arquitectos jóvenes del momento, haciendo referencia de algunos tipos de trabajos básicos que podían realizarse con el material. Entre ellos las chapas o placas de madera y los entramados.

Esta publicación le permitió darse a conocer como arquitecto, ya que su trabajo anterior no había logrado alcanzar mayor atención. Sin embargo, la situación de Wachsmann no era fácil en Alemania, pues a su salida de Christoph & Unmanck no obtuvo mayores encargos de trabajo. Al mismo tiempo, la crisis por los conflictos políticos de Alemania le inquietaba por ser judío, ya que no podía desenvolverse libremente en el medio.

24. Casa de verano para Albert Einstein. 1929  
25. Portada del libro "Holzhausbau. Technik und Gestaltung" (La construcción de casas de madera. Técnica y diseño).



## EXILIO DE ALEMANIA

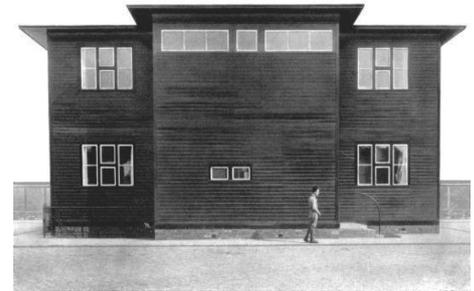
*"Mis experiencias entre 1932-1941, casi 10 años de mi existencia como un refugiado, se encuentran entre los períodos de formación más interesantes de mi vida." (WACHSMANN, 1980)*

En 1932 gana el "Premio de Roma" de la academia alemana y viaja a Roma, Italia, sede de la entrega, para recibir el galardón. En este momento Wachsmann afligido por los sucesos en su país, decide no retornar y permanecer errante por Europa. Durante su recorrido por el viejo continente, el arquitecto llega a Yugoslavia y ante una afortunada coincidencia se encuentra frente a Walter Gropius. Al instante, sin conocerse, pero atraídos el uno por el otro al verse conmovidos por un común interés en la arquitectura, iniciaron una conversación que les llevo a una gran amistad.

Durante un período de cuatro años, Wachsmann decidió residir en Roma, tras verse forzado a mantener distancia por su seguridad. En 1938 viaja a Francia, su última parada antes de retirarse a los Estados Unidos y uno de los momentos más importantes en su formación. Aquí sintió gran fascinación por los edificios levantados con estructuras metálicas, de los cuales recibió una gran influencia para sus posteriores proyectos. El Pont Transbordeur en Marseilles, Francia (Ferdinand Arnodin, 1905), que se puede observar en la segunda imagen de la derecha (*fig.27*), un puente de transbordo con estructura de acero, fue su mayor inspiración.

En este tiempo, con todo el legado que recibía de la arquitectura y construcción en Francia, dirigió su interés a crear un sistema constructivo espacial de grandes luces. La condición era que pueda adaptarse a los requerimientos de cualquier programa y lo llamó "Mobilar System" (Sistema modular). Éste consistía en una estructura diseñada con elementos tubulares de acero conectados por nodos para generar grandes cerchas.

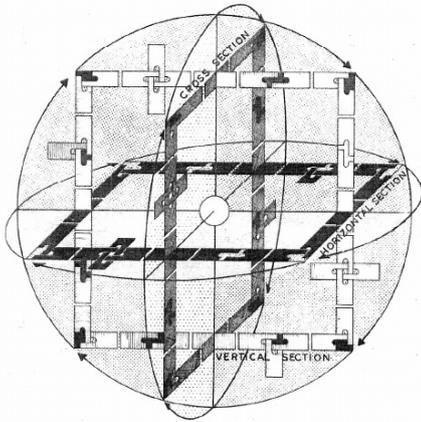
Al poco tiempo de estar en Francia, su situación se complicó, los conflictos bélicos entre los países europeos se agravaban cada vez más y para los franceses Wachsmann era un enemigo alemán. En 1939, el arquitecto judío fue detenido en un campo de internamiento en este país. A pesar de esto, su mayor interés seguía siendo el perfeccionamiento de sus sistemas modulares, y durante este tiempo se destinó a diseñar las primeras ideas de paneles prefabricados con estructuras estandarizadas de madera. Estos dibujos más tarde serían el punto de partida para la construcción del Sistema del Panel Universal y La Packaged House.



26. Edificio de la BVG en Berlín, diseñado por Wachsmann. 1927  
27. El Pont Transbordeur en Marseilles, Francia de Ferdinand Arnodin, 1905.



## D I R E C T I O N A L D I A G R A M



## VIDA Y OBRA EN ESTADOS UNIDOS

En 1940, gracias a la ayuda de algunos amigos exiliados fue liberado de los campos de internamiento. Un año más tarde, en 1941, él y su mujer obtienen la visa para emigrar a Estados Unidos. A su llegada a este país, Wachsmann decide ir a Lincoln, en donde Gropius le recibió y le invitó a colaborar en proyectos junto a él. Su nuevo hogar, representó el escenario perfecto para continuar en su investigación y progreso de sistemas modulares, debido a que situaciones como la falta de viviendas y el desarrollo industrial también estaban presentes.

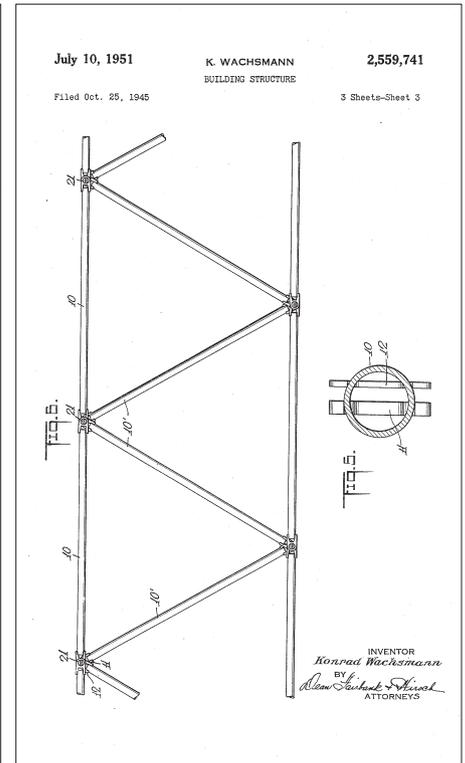
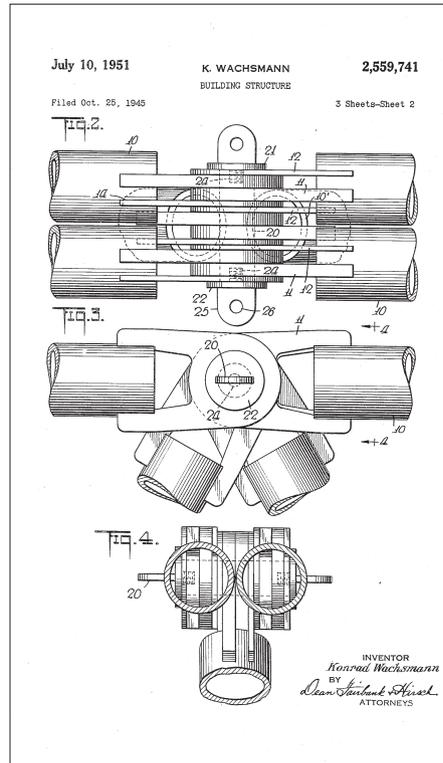
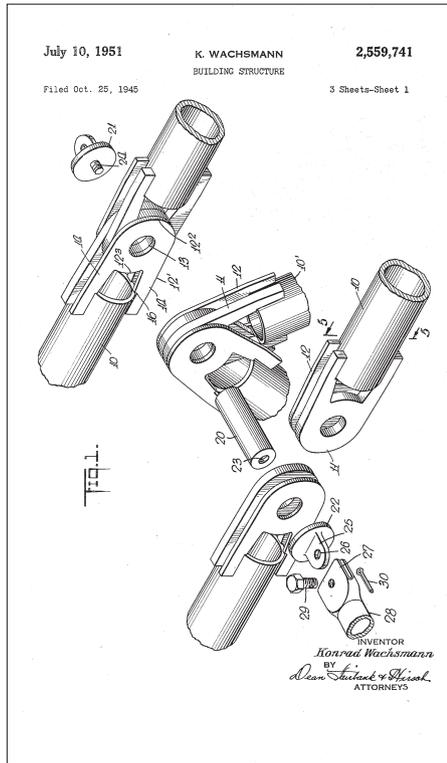
Para Wachsmann todos sus proyectos tenían un objetivo principal, pues, desde sus inicios, se había planteado la posibilidad de resolver un solo tipo de unión cuya función sea conectar todos los elementos necesarios para levantar una estructura que se adapte a cualquier exigencia formal y funcional. Sin embargo, hasta el momento no había logrado establecer todos estos deseos en un solo proyecto.

Wachsmann se estableció temporalmente en la casa de Gropius, y poco a poco se fue estrechando su relación como amigos y socios. Al inicio trabajaron en proyectos encargados directamente a Gropius pero, Wachsmann todavía seguía inmerso en sus estudios de estandarización, los cuales también eran de interés para Gropius. Es así, que decidieron embarcarse juntos en un proyecto de vivienda industrializada y retomar los bocetos del arquitecto sobre paneles prefabricados de madera para diseñar la "Packaged House" (Casa empaquetada). Sin embargo, después de varios años de trabajo juntos, su proyecto quedó sin construirse.

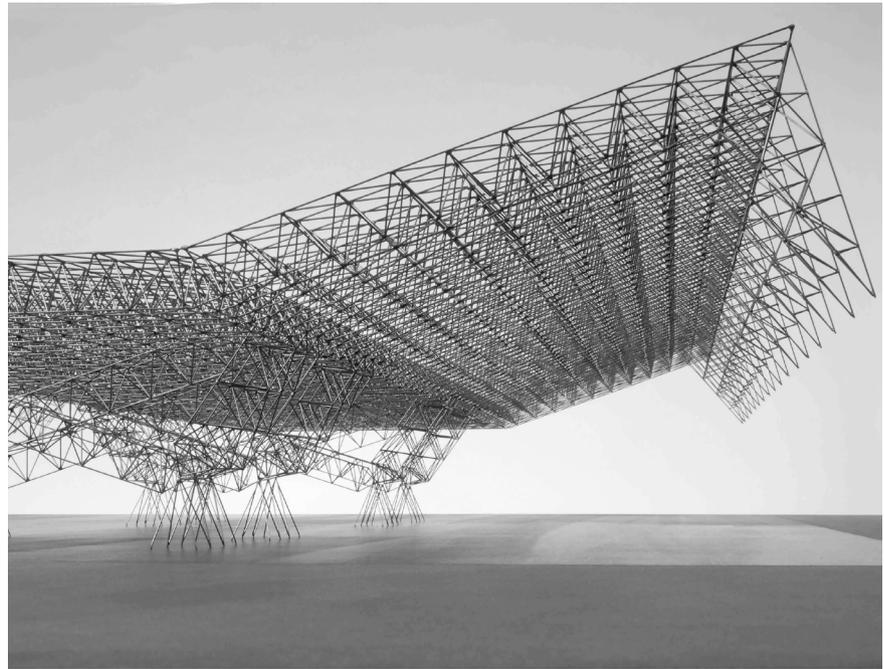
En 1945, Wachsmann recibió un nuevo encargo: diseñar hangares de servicio para los aviones de la Fuerza Aérea Armada de los Estados Unidos. La solicitud era concreta, se requería de un amplio espacio cubierto, sin estructuras que fragmenten el área. Además, una condición que debía cumplir esta estructura era la posibilidad de ser montada y desmontada según las necesidades. Así aparece nuevamente su propuesta de 1938, de un sistema modular a partir de estructuras de acero. Este proyecto se denominó "Móvil hangar". La propuesta de Wachsmann fue un conector especial, que consistía en unir hasta 20 elementos en cada nodo y así generar un sistema de cerchas espaciales que podían crecer infinitamente.

28. Diagrama direccional para el sistema del panel general, Konrad Wachsmann.

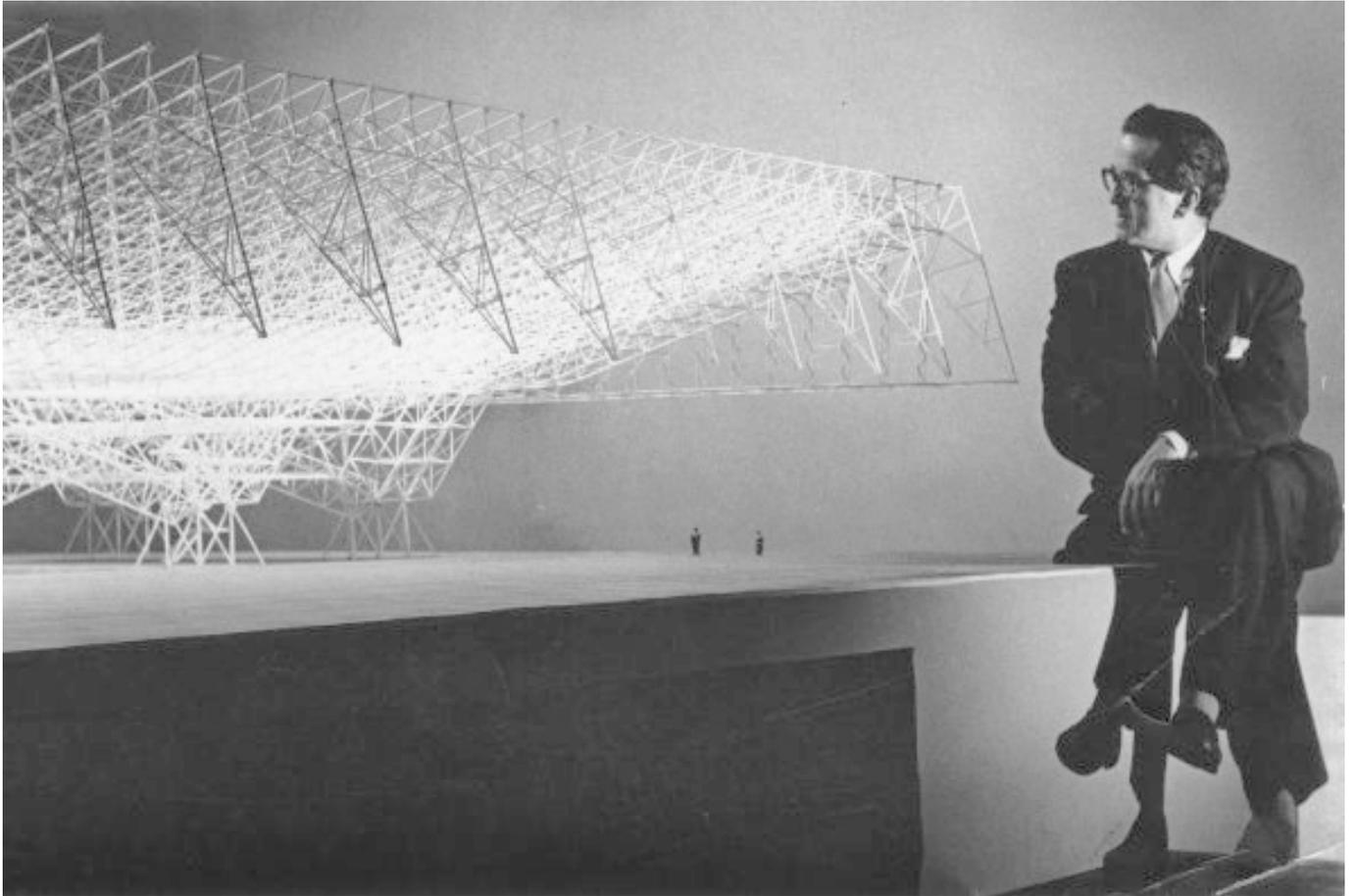
29. Walter Gropius y Konrad Wachsmann durante la construcción de los prototipos de la Packaged House.



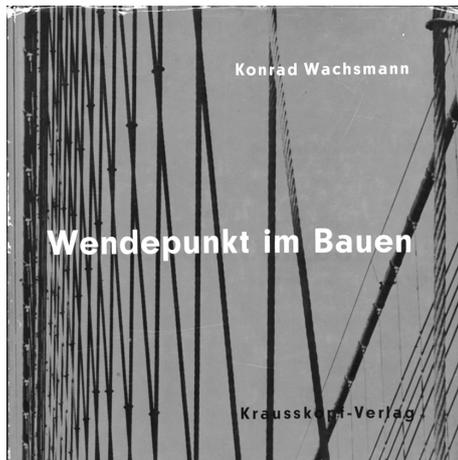
30. Diagramas estructurales del "Mobilier hangar" de Konrad Wachsmann.



31. Maqueta de la propuesta para los hangares de la Fuerza Aérea de los Estados Unidos.  
32. Detalle de unión de las estructuras del sistema "Móvil hangar".



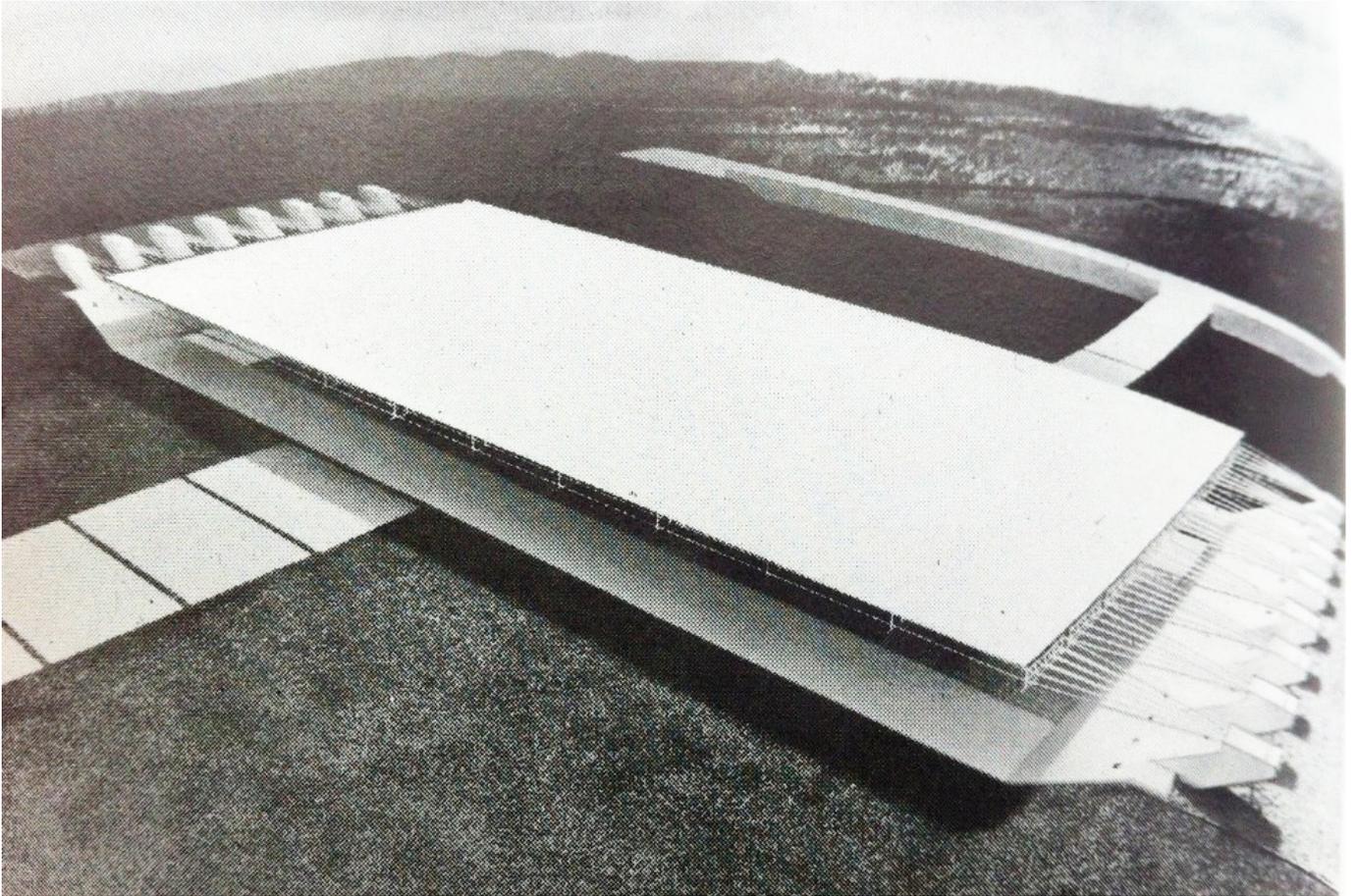
33. Konrad Wachsmann junto a la maqueta de la propuesta para los hangares de la Fuerza Aérea de los Estados Unidos.



Años más tarde, Wachsmann, deja de lado la práctica profesional como arquitecto y se dedica a la enseñanza. En 1949, es nombrado profesor en el Departamento de Diseño del Instituto Tecnológico de Illinois en Chicago. Su legado para estas generaciones fue demostrar el potencial de un sistema estandarizado a partir de elementos universales y flexibles. Es así, que en 1959 publica su libro “The Turning Point of Building: Structure and Design.” (Wendepunkt in Bauen), en donde resalta la importancia de la industrialización en la construcción.

*“El perfecto sistema de construcción universal puede definirse como un sistema de tres dimensiones simétrico, completamente axial, en el que los elementos de construcción y de las líneas de unión son siempre idénticas a la trama de planificación modular y en el que es posible formar cualquier combinación en cualquier dirección [...] Esto sólo se puede conseguir, si los perfiles de las conexiones verticales y horizontales son absolutamente idénticos.” (WACHSMANN, 1961)*

Entre sus últimas experiencias, está su trabajo como Profesor en la Escuela de Arquitectura de la Universidad del Sur de California, dentro del programa de posgrado en industrialización, en el año de 1965. La academia le permitió seguir investigando y experimentado en este marco de la estandarización. Aquí tuvo la oportunidad de diseñar el proyecto para el City Hall de California, en 1966, que por diversos motivos no fue construido. Se puede hablar de Wachsmann como uno de los arquitectos más dedicados al estudio de la construcción estandarizada y uno de los pioneros en propuestas de modulación y prefabricación.



35. Maqueta de la propuesta para el City Hall de California, 1966.



La relación de estos dos arquitectos alemanes durante el tiempo emprendido en los diversos proyectos que llevaron, siempre se dio de una manera espontánea gracias a los numerosos intereses en común que compartían. Esto a pesar de que los dos personajes se desenvolvían de distintas maneras en la práctica profesional y en general.

Walter Gropius era una persona muy bien relacionada en el mundo de la arquitectura, gracias a su posición política y social como fundador de la Bauhaus y sus grandes amistades. Esto le permitió al arquitecto ser escuchado por sus colegas y vincularse fácilmente en el mundo de la arquitectura y el arte. Por su parte, Konrad Wachsmann siempre se mantuvo desde una posición más silenciosa y con una persistente búsqueda de la perfección en sus proyectos, que le tomaban la mayor parte del tiempo.

Los dos arquitectos trabajaron perseverantes en todas las etapas del proyecto de la Packaged House. Cada uno aportó desde sus habilidades y experiencias. Gropius se ocupó de dar a conocer el proyecto como una solución ante la demanda existente. Wachsmann fue quien se consagró plenamente en el desarrollo de cada detalle constructivo de los planos.

En el camino, los arquitectos encontraron muchas dificultades, que les mantuvo en situaciones de altos y bajos. El proyecto no llegó a desarrollarse completamente por situaciones que se presentaron, sin embargo, su trabajo quedó marcado como una propuesta ambiciosa, que desencadenó varios estudios posteriores en el campo tecnológico de la construcción.

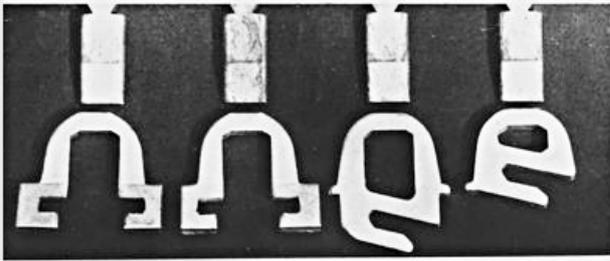


36. Walter Gropius y Konrad Wachsmann en una visita a la construcción de los prototipos de la "Packaged House".

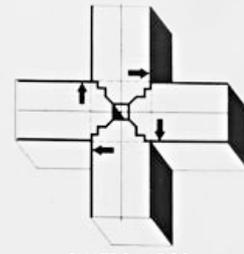


# THE PACKAGED HOUSE

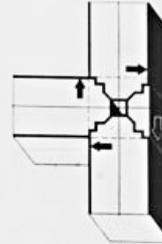
Forma y tectónica del Sistema del Panel Universal



Conectores de cuña, espaciados 3/4" a través de todas las juntas verticales y horizontales consisten en cuatro piezas de acero estampadas y cuatro cuñas de fundición a presión que tienda de la zona insertado en el marco.



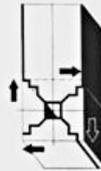
CUATRO LADOS



TRES LADOS



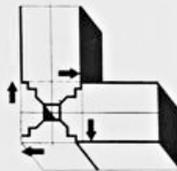
DOS LADOS



UN LADO



POSTE



ESQUINA



En el ensamblaje se anidan tres partes, la cuarta es conducida a su posición con un martillo. Los diagramas anteriores muestran cómo por medio de un borde asimétrico es posible efectuar cualquier combinación deseada, con lo cual todos los elementos son intercambiables y las superficies quedan al ras después del montaje.





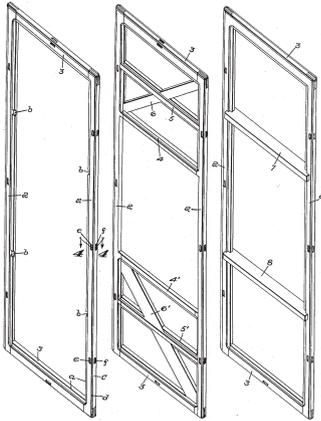
## EL SISTEMA DEL PANEL UNIVERSAL

Konrad Wachsmann y Walter Gropius llegaron a los Estados Unidos a mediados del siglo XX, en una época de represión económica debido a la II Guerra Mundial. Frente a esto, era necesario pensar en las dificultades que causaría el conflicto, se tenía que solventar muchas necesidades que dejaría consigo, una de estas era la escasez de viviendas. Por ello, los arquitectos tenían que buscar soluciones con proyectos que se adapten a los recursos existentes, es decir costos y tiempos cortos de construcción. Para esto, la industria representaba un gran medio de fabricación, por lo que fue el medio principal.

Fue entonces en 1941, en Lincoln, cuando los dos arquitectos se asociaron para diseñar un sistema constructivo prefabricado en madera para viviendas. Sus diversos estudios previos les llevaron a plantearse una estructura que fuera universal. El objetivo principal fue generar un elemento modulado como una unidad estructural y funcional, a partir del cual se pueda sumar o restar el mismo las veces necesarias y de esta manera conseguir ilimitadas posibilidades de organización.

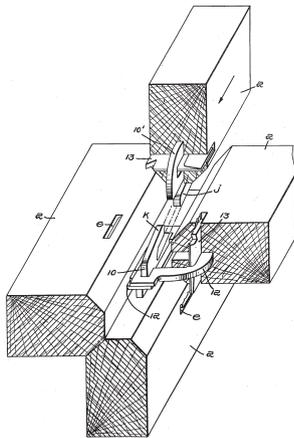
Wachsmann había diseñado los primeros esquemas en su período en los campos de concentración. Los cuales mostraban una estructura de paneles portantes de madera, ordenados en una cuadrícula. Sin embargo, debido a su exilio a los Estados Unidos, el proyecto quedó postergado. Pero, el 7 diciembre de 1941, cuando después del ataque a Pearl Harbor, Estados Unidos le declara la guerra al Japón, el interés por continuar con esto reaparece. Las circunstancias en ese momento dieron lugar a una crisis social y política. Esto afectó fuertemente los desplazamientos humanos y Wachsmann consideró que la arquitectura tenía que responder con soluciones inmediatas a esto.

37. Tipos de unión y conectores del Sistema del Panel Universal.



El proyecto partió de los planos que Wachsmann trajo de Europa, como una idea inicial del sistema universal. La primera situación con la que se enfrentaron, fue el cambio del sistema a las medidas que se utilizaba en los Estados Unidos, pues sus diseños tenían que estar planteados en pies y pulgadas. Esto les llevó a los arquitectos a cambiar las dimensiones en base a las nuevas exigencias. A partir de esto, pudieron dibujar nuevos planos en donde se hicieron algunas modificaciones, principalmente en el conector metálico que permitía armar todo el sistema.

Konrad Wachsmann siempre estaba buscando mejorar sus diseños, nunca se conformaba con los resultados. Es por esto que, durante todo el desarrollo del proyecto, se dio la oportunidad de cambiar más de una vez el conector que anclaba los paneles. Su objetivo era crear un solo tipo de unión que sea de fácil y rápido montaje. Además, tenía que permitir una conexión en cuatro direcciones, de manera que todos los elementos del sistema que estructuraban la casa, se conecten de la misma forma.



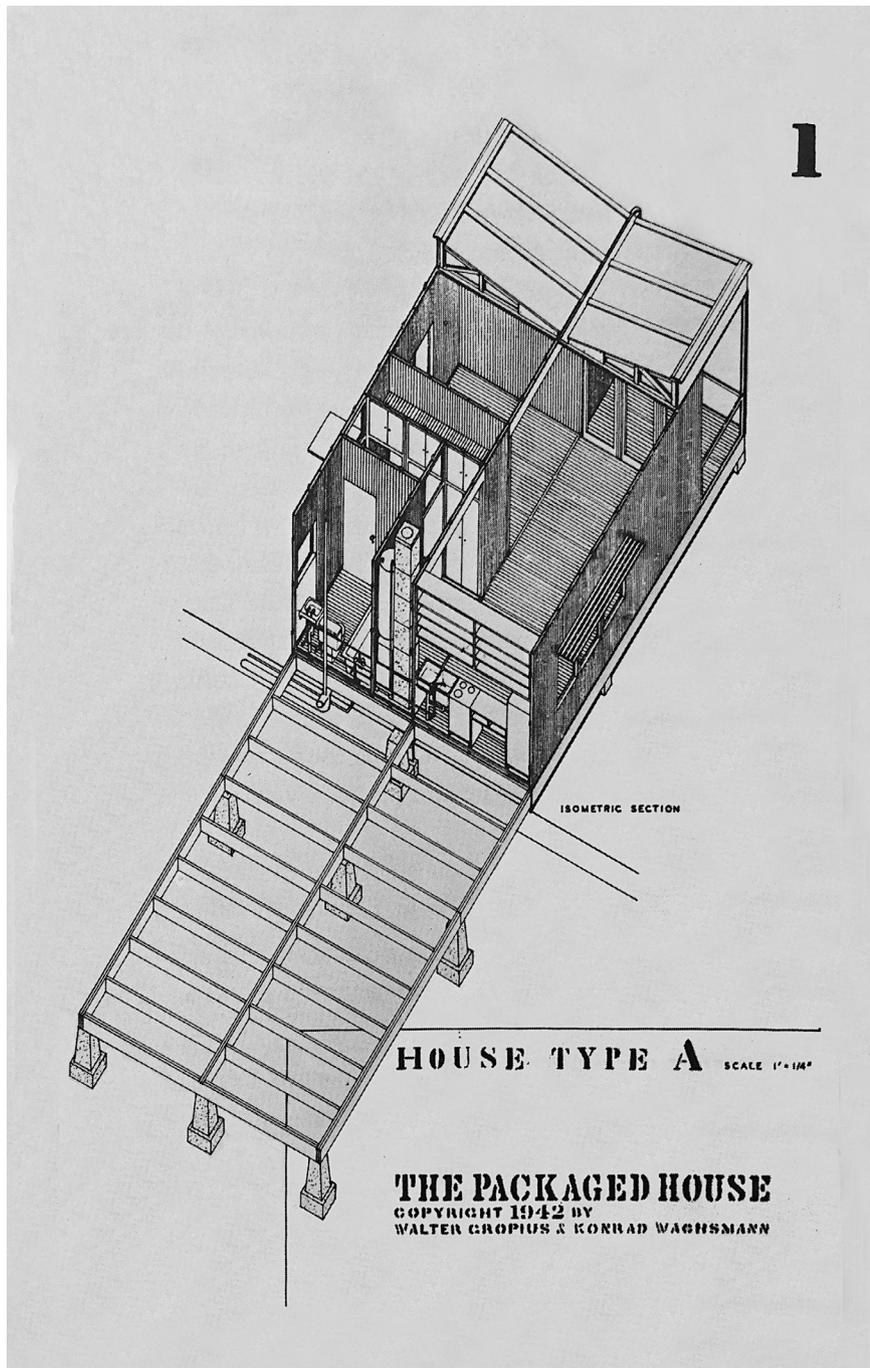
Desde el inicio, el proyecto tuvo una buena acogida, la propuesta estaba ganando fuerza y se dio a conocer en el mercado, con el nombre de Packaged House (Casa empaquetada). Las casas estaban pensadas como un sistema de paneles de madera dispuestos en una organización simple, sobre una superficie rectangular y una cubierta con pendientes a dos aguas (RIDGWAY, 1996). La estructura de ésta se constituyó en base a dos componentes de valor fundamental, el módulo básico que da lugar al panel universal; como una unidad estructural y funcional; y se puede ver en la imagen superior de la izquierda (fig.38), y la conexión horizontal y vertical que se estructura sistemáticamente mediante el conector metálico, como se ve en la imagen inferior (fig.39).

## LA CORPORACIÓN DEL PANEL UNIVERSAL

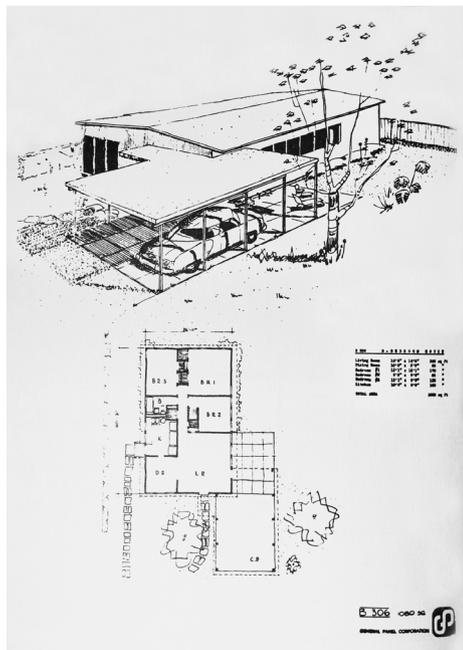
Poco tiempo después de las primeras publicaciones, factores como la falta de recursos económicos, provocaron un desbalance en el desarrollo del proyecto. Frente a esta situación, Konrad Wachsmann decidió ir a la ciudad de Nueva York en busca de mejores oportunidades para continuar. Después de varios esfuerzos, pudieron fundar una compañía, bajo el nombre de Corporación del Panel Universal. Esto se dio gracias al apoyo de importantes banqueros y empresarios de la ciudad. La finalidad de crear esta empresa era poner en marcha la producción de la "Packaged House".

38. Estructura de los paneles del Sistema del Panel Universal. Imagen patentada por Walter Gropius y Konrad Wachsmann, 1942.

39. Unión del Sistema del Panel Universal. Imagen patentada por Walter Gropius y Konrad Wachsmann, 1942.



40. Imagen de una casa tipo A de la Packaged House, 1942. Walter Gropius y Konrad Wachsmann.



- 41. Logo oficial de la Corporación del Panel Universal.
- 42. Boceto de una casa con el Sistema del Panel Universal.
- 43. Exterior de las instalaciones de la Corporación del Panel Universal.
- 44. Interior de las instalaciones de la Corporación del Panel Universal.



## Check these quality features of your General Panel home

### EXTERIOR FINISH

Finished with high-grade paint, in your choice of colors, over priming coat of moisture-resistant sealer.

### INTERIOR FINISH

Smooth walls, sealed against moisture, then painted or papered to your specifications.

### INSULATION

All exterior walls, interior partitions and ceilings are insulated to keep you cool in summer, warm in winter. Saves heating costs. Deadens sounds from outside and from within.

### CLOSETS

Large, well-placed closets supply an abundance of space for clothing, linens, blankets, storage.

### WINDOWS

Modern picture windows, with smooth-working, leak-proof and rust-proof aluminum window frames and screens.

### DOORS

Handsome flush-paneled doors. Hollow core for soundproofing; precision-hung to avoid sticking and drafts.

### FIXTURES

Nationally famous, high-quality electrical, hardware and plumbing fixtures throughout.

### PLUMBING

Machine cut and threaded pipe and copper tubing, precision fitted.

### HEATING

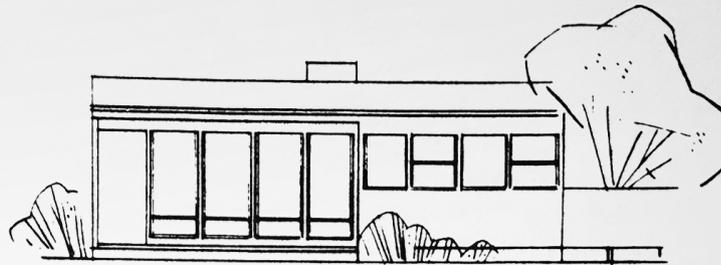
Centrally located wall-type heater of 45,000 b.t.u. input capacity keeps entire home warm. Remember, your General Panel home is **INSULATED** and keeps warm with less fuel.

### FOUNDATION

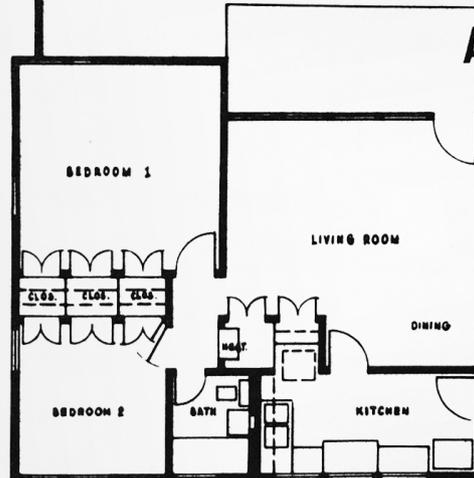
Fully approved continuous-wall-and-pier type concrete foundation.

### ROOF

Long-life composition roof, safer because it's fire-resistant.

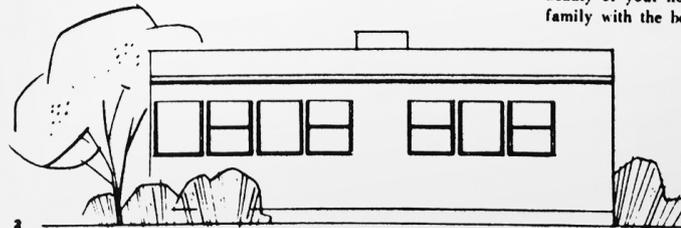


## A Floor Plan



Examine this floor plan and imagine you and your family living in your General Panel Home. Note how efficiently the rooms are arranged, how completely the space is utilized, and how carefully your home has been designed to avoid unnecessary cross-traffic and save you hundreds of steps daily.

Check the numerous and well-located windows. All of them are designed and placed to enhance the beauty of your home and to supply you and your family with the best possible light and ventilation.



And, to help you picture this General Panel Home on your own home-site, study the typical elevations at the left and above. At right is your home as you will approach it, its charming veranda-type porch bidding you welcome.



En 1945, la directiva decidió que el departamento administrativo de la compañía se trasladara a California. La intención era mantener el departamento de investigación y diseño en Nueva York bajo la tutela de Konrad Wachsmann, y la nueva oficina de CA. se encargaría de producir y vender las casas. Esta decisión afectó el desempeño en el proyecto, debido a que la relación entre los dos departamentos no funcionaba como se planteó. La delegación encargada de la fabricación no respetó las decisiones tomadas por los arquitectos y replantearon un nuevo equipo encargado del diseño, dejando a Wachsmann y Gropius en segundo plano.

La compañía intentó poner las viviendas en producción en 1947, después de comprar los hangares de una antigua fábrica de motores de aviones en California. Las instalaciones fueron adaptadas con los mejores y más avanzados equipos automatizados de la época, pensados cuidadosamente por Wachsmann. La elaboración estaba a punto de iniciar, pero las regulaciones de la construcción hicieron que nuevamente el proyecto se desvíe de su objetivo.

Para 1948, solo se habían vendido 15 unidades, esto hizo que los costos de la elaboración aumenten. La relación entre el costo de construcción y la cantidad de viviendas es proporcional. Al final, el número total de casas construidas no superó las 200 y a finales de 1951 tuvieron que declararse en quiebra.

## FRACASO DEL SISTEMA DEL PANEL UNIVERSAL

El proyecto se vio afectando por varios factores que provocaron complicaciones en el proceso de desarrollo. Una de las principales causas de su inevitable fin, fue la gran sofisticación que tenía el diseño. La búsqueda de la perfección, le mantuvo a Wachsmann en un constante cambio, retrasando una y otra vez la producción. Es por esto, que los procesos de creación y preparación del sistema representaron un costo demasiado alto frente a la demanda y los recursos con los que contaban.

El problema empeoró con la separación de la compañía en dos departamentos, esto les llevó a perder la continuidad en el proceso de diseño y manufactura, dejando despojada de funciones a la oficina principal ubicada en Nueva York.



46. Fotografía de casas construidas con el modelo de la Packaged House.  
47. Fotografía de una casa construida con el modelo de la Packaged House. Portada del libro "The Dream of the Factory-Made House".



Finalmente, lo que complicó la puesta en marcha de la fabricación fue una condición del sistema que los arquitectos no consideraron. El proyecto tenía que competir en el mercado con una categoría para ubicarse como la mejor solución de vivienda y al menor costo. Cabe señalar, que al mismo tiempo que Wachsmann y Gropius proponían viviendas prefabricadas, hubo muchos arquitectos y compañías que también estaban interesadas en el tema.

La Packaged House y el Sistema del Panel Universal se concibieron con una idea de multifuncionalidad, el objetivo fue crear un elemento independiente que se ensamble en un ilimitado número de veces, para dar lugar a diferentes tipologías de vivienda. No obstante, los resultados no fueron óptimos del todo, si bien el sistema permite acoplar varias veces el mismo elemento, no es posible introducir componentes externos o diferentes.

En este punto es importante aclarar que cuando hablamos de construcciones prefabricadas existen dos tipos de sistemas: el de industrialización cerrada, en donde los elementos responden únicamente a reglas internas del sistema; y, la industrialización sutil, dentro de la cual está la sutil cerrada que comprende varias opciones de elementos, pero todos son parte de un mismo sistema a partir de un catálogo, y sutil abierta que admite elementos de diferentes procedencias y se adapta a varias soluciones. (SALAS, J. & OTEIZA, I., 2009)

A partir de eso, se puede presentar la Packaged House en base a dos miradas, el sistema constructivo y el sistema de diseño. El proyecto en función del diseño se consideraría un sistema sutil cerrado; éste permite adaptarse a requerimientos funcionales y formales de cada cliente con varias posibilidades de organización en planta, pero únicamente a partir de los recursos que se plantean dentro del sistema.

Cuando se considera el sistema constructivo, éste se define como cerrado. No es posible la combinación con otros elementos fuera del sistema, debido a que las estructuras de madera de los paneles tienen una forma y dimensión específica para poder ensamblarse entre ellos y el conector de unión es acoplado a estos elementos.

El problema se comprende cuando el mercado ofrecía otro tipo de ventanas, puertas o cualquier elemento para las casas y que eran del agrado del cliente; esto no era posible colocar en una Package House, algo que otros sistemas sí permitían y así facilitaban la construcción,



48. Montaje de la estructura de una casa en la fábrica del Panel Universal durante los procesos de estudio, previos a la comercialización. El Panel Universal se compone de una estructura de madera y de los revestimientos, sin embargo, es posible armar el esqueleto de una vivienda sin colocar los cierres.

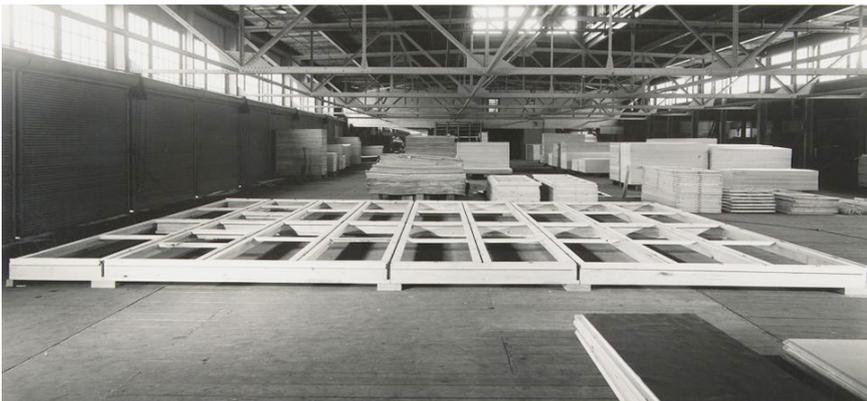


dando la posibilidad de elegir las piezas y armar una vivienda de acuerdo a lo requerido.

A pesar del fracaso en el proceso de fabricación y el crecimiento en la industria, los avances constructivos que desarrollaron estos dos arquitectos, en el diseño del sistema, alcanzaron un gran reconocimiento en la época. El Panel Universal fue una de las primeras propuestas de un sistema prefabricado en donde existe la opción de que cada cliente intervenga en las decisiones del diseño y organización de su vivienda, dejando a un lado los catálogos con tipologías de casas preconcebidas.

Fueron muchos los esfuerzos realizados para levantar el proyecto y requirió de mucho tiempo y dedicación por parte de los creadores. Además, se hicieron algunos ensayos y exposiciones que se exhibieron frente al mercado para mostrar sus cualidades tanto constructivas como formales.

Las imágenes que se muestran a continuación, exponen la construcción y el montaje de varios prototipos de viviendas dentro y fuera de la fábrica que los arquitectos equiparon para la producción y exhibición. Conjuntamente están también fotografías de la prefabricación de los paneles y las estructuras necesarias para el armado. Estas son la base para la posterior (re)construcción y análisis formal y constructivo del sistema.



49. Montaje de la estructura de una casa en la fábrica del Panel Universal durante los procesos de estudio, previos a la comercialización.  
50. Colocación de la estructura de paneles del piso.





51.(izq.) Obreros durante el montaje de una Packaged House.  
52. Prototipo construido de una Packaged House.  
53. Distribución de los paneles del sistema.



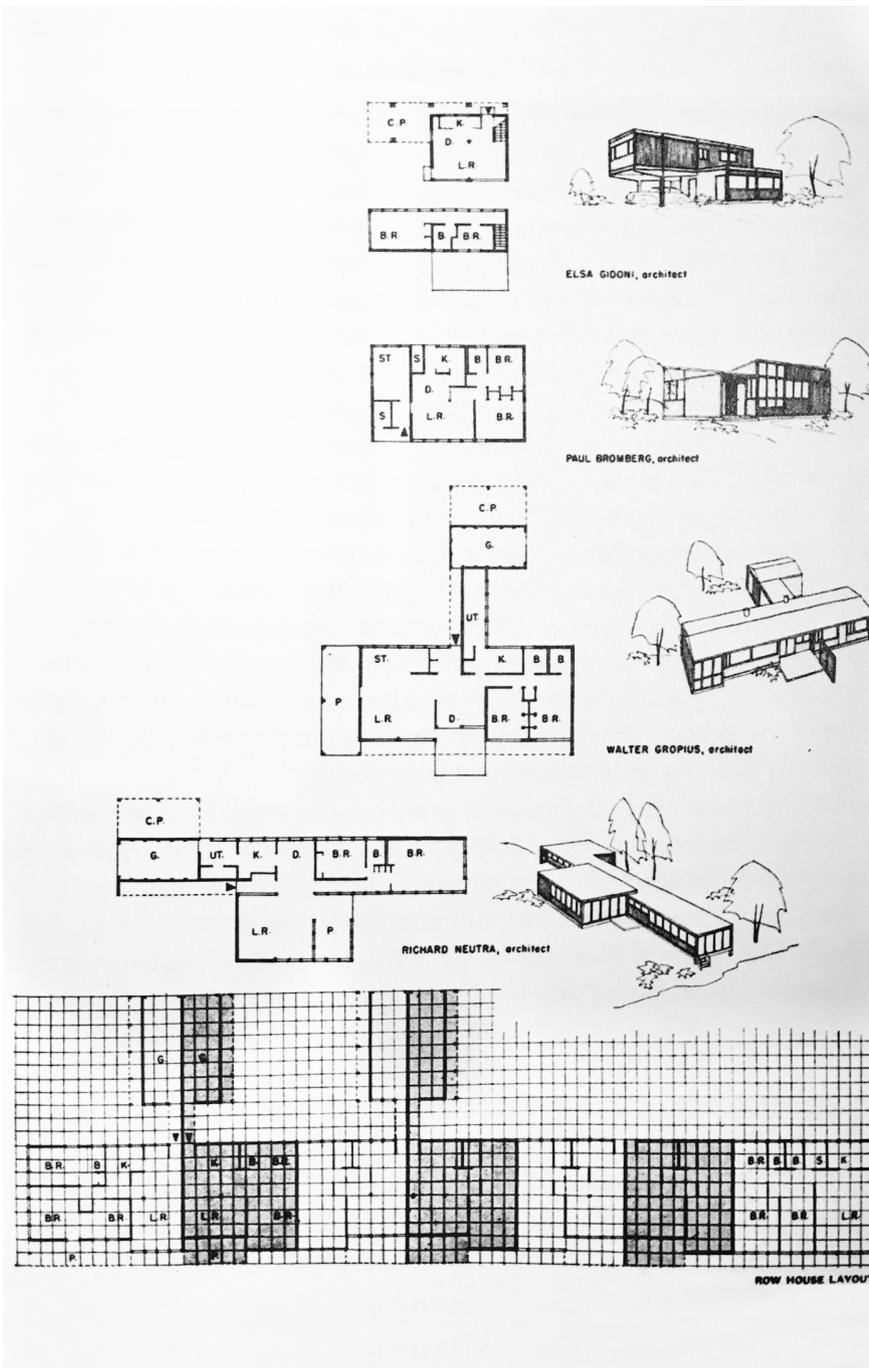
54-55. Proceso de construcción de las casas con el Panel Universal. Las viviendas se colocan sobre una base de bloques para contener las piezas estructurales de madera del piso y realizar la cimentación necesaria.



Gabriela Bustos Cordero

56. Fotografía de una casa cosntruida con el Sistema del Panel Universal.





57-58.(izq.) Propuestas de vivienda con el Sistema del Panel Universal, por Walter Gropius y sus alumnos del Centro de Graduados de la Universidad de Harvard.  
59-60.(izq.) Planos del proyecto de Konrad Wachsmann con el Sistema del Panel Universal para infraestructuras de cuarteles.

61. Propuestas de experimentación realizadas por arquitectos con el Sistema del Panel Universal. Desde arriba: Elsa Gidoni, Paul Bromberg, Walter Gropius, Richard Neutra.



## (RE)CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DEL PANEL UNIVERSAL

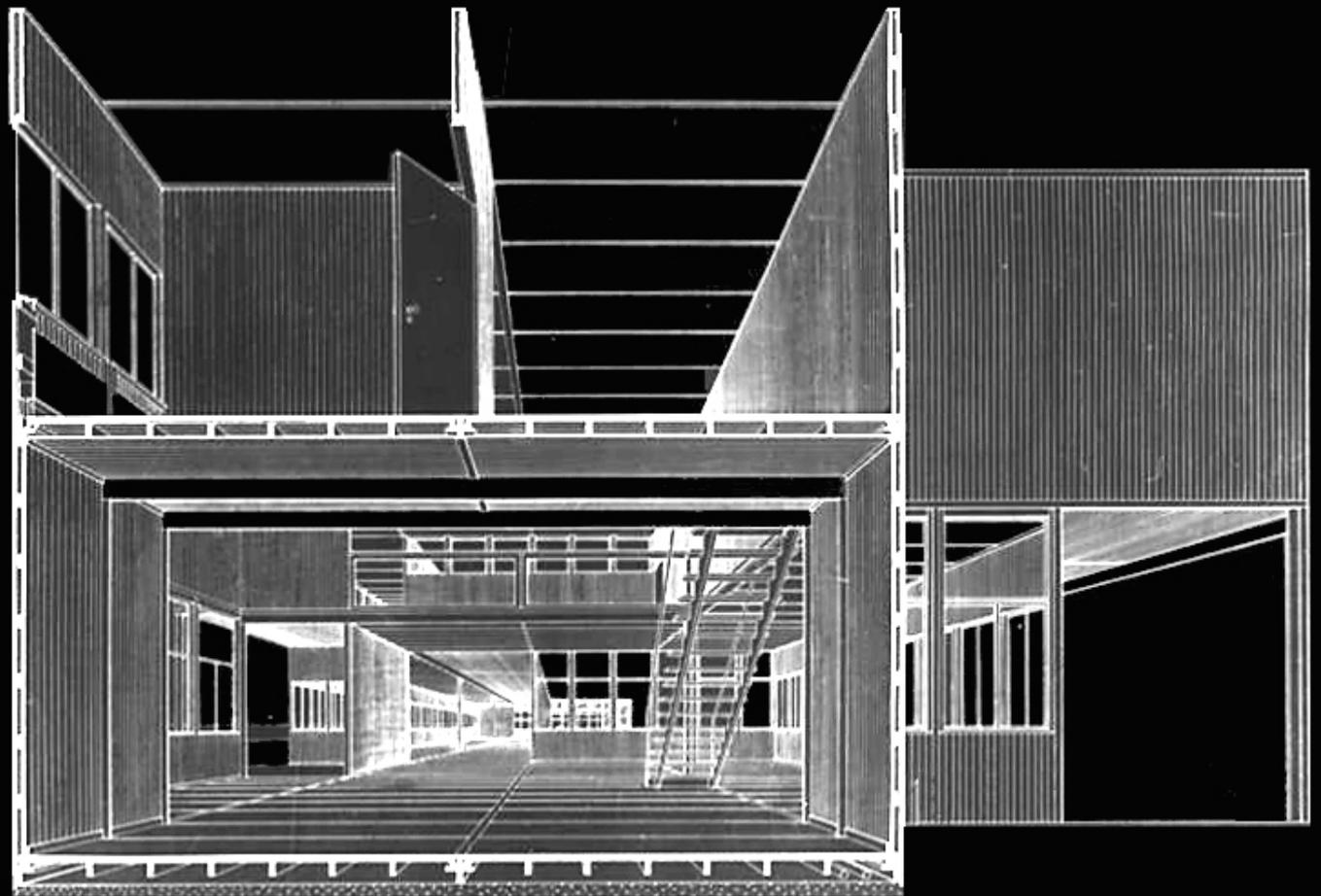
*"El Proyecto como (re)construcción intenta plantear un modo de acercarse a la arquitectura y de reconocer, los materiales y criterios sobre los que se apoya el propio arte de proyectar."(PIÑÓN, 2005)*

El objetivo principal de este trabajo de investigación es el conocimiento y aproximación a un sistema constructivo proyectado por dos grandes arquitectos, planteado para solucionar y satisfacer necesidades de la época en la que se encontraban. Éste se caracteriza por ser una solución constructiva en base a procesos tecnológicos, con la posibilidad de replicarse en diferentes escenarios a partir de pequeñas modificaciones. La (re)construcción del sistema permitirá imaginar el propósito de Konrad Wachsmann y Walter Gropius, reconociendo cada detalle de su arquitectura, tanto funcional como formal.

Para esta etapa del trabajo es importante determinar cuáles son los planos con los que se construyeron finalmente las casas, debido a que hubo varios cambios desde los bocetos iniciales. Es necesario revisar las fotografías en el momento de la construcción y también será preciso una guía con los datos de los textos que explican el sistema.

En este momento, la investigación se enfocará inicialmente en estudiar los dibujos e imágenes encontrados, para determinar las características constructivas principales del sistema. Esto nos permitirá entender cuáles son y qué relación hay entre los elementos que conforman la casa. A partir de los paneles, es importante entender cómo estos elementos se organizan para definir los espacios funcionales de la vivienda. Finalmente el propósito es valorar la parte formal del sistema.

62.(der.) Boceto de una Packaged House, planteada en dos pisos.





## ANÁLISIS DE REFERENCIAS DOCUMENTALES

Al iniciar la búsqueda e investigación de los recursos gráficos necesarios para el análisis y la (re)construcción del Sistema del Panel Universal, se encontró una gran cantidad de planos, dibujos y fotografías. Cuando se hizo un acercamiento a estos, se halló algunas diferencias representativas en varias imágenes y gráficos, a pesar de que la mayoría fueron encontrados dentro del sitio web del Museo de Arte de la Universidad de Harvard.

Para el análisis se organizaron los documentos en dos grupos, debido a que las variantes encontradas mostraban dos estilos. Para la clasificación se consideraron dos aspectos importantes que resaltaron: las herramientas utilizadas para el dibujo; y, la construcción y forma de los detalles del sistema.

(1) En el primer grupo de imágenes seleccionado, se puede identificar que los gráficos están dibujados a mano sin ayudas digitales. Éstos se agruparon también, debido a que presentan rasgos comunes en la construcción de los detalles y en la forma de los elementos. (2) El segundo grupo de imágenes agrupadas, se eligieron en primer lugar, porque al parecer son planos que fueron producidos o retocados con alguna herramienta digital, debido a la precisión que se observa en cada línea y texto. La otra característica en común que tiene éstos, es la forma constructiva de los detalles.

En base a esto se realiza una comparación que permita identificar cuáles son los planos con mayor similitud a los prototipos que se construyeron finalmente en la época, y en los que esta investigación se basará para la (re)construcción del sistema. La comparación de los dibujos se complementó con las referencias constructivas que se podían observar en las fotografías de la fabricación y montaje de las viviendas.





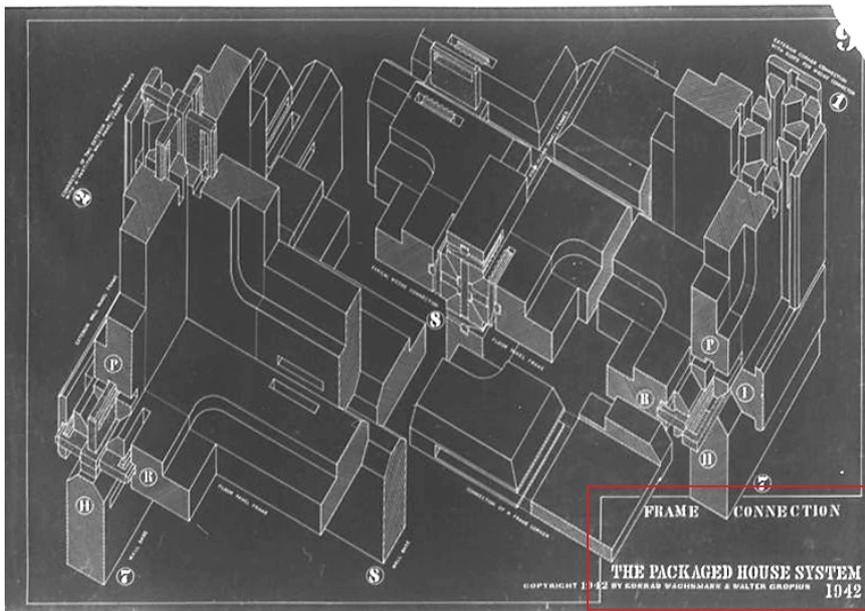
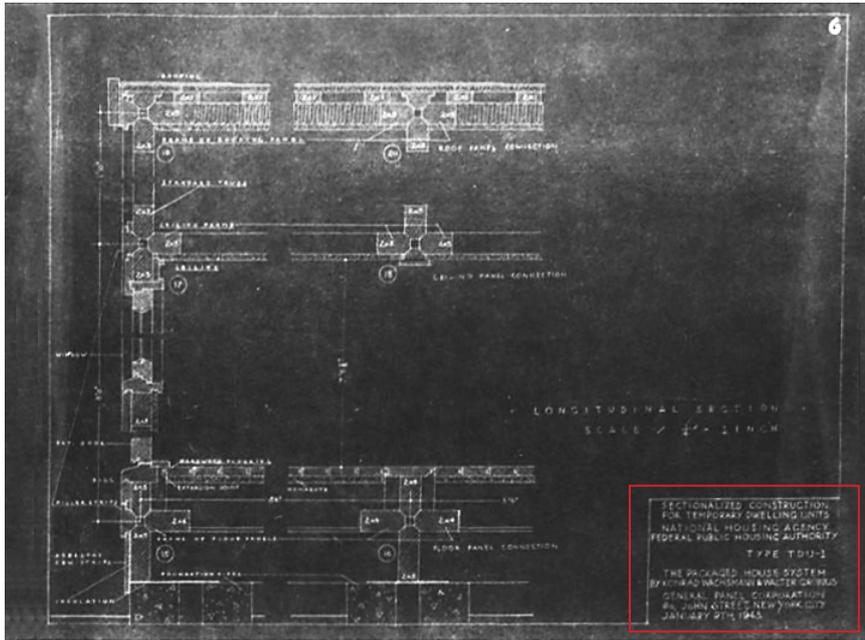
## HERRAMIENTAS DEL DIBUJO

La comparación empieza con las dos imágenes (*fig.64; fig.65*). expuestas en la página a continuación, en donde se marcan las diferencias que hay en los tipos de trazo con los que están representados los dibujos de cada una.

En la primera imagen se puede notar claramente que el dibujo está realizado a mano. La calidad del trazo en las líneas y la expresión en la caligrafía confirman esto. Es importante mencionar que en la época en la que desarrollaron los arquitectos este proyecto, aún el recurso de dibujo que se utilizaba era realizarlo a mano, únicamente con ciertas herramientas para calcar detalles.

Por el contrario, en la segunda imagen se observa la nitidez y la perfección del trazo que poseen las líneas en cada uno de los detalles. Otra particularidad significativa que este gráfico presenta, es la complejidad que tiene, puesto que no es fácil conseguir tanta precisión en el detalle a mano y no es igual a la calidad del primer dibujo.

Existen también una distinción en el tipo de membrete utilizado para los datos y nombres de las láminas, el tamaño y la descripción no se corresponden. La diferencia en los dos planos se puede observar claramente y por esto se plantea la hipótesis de que no fueron hechos en el mismo momento.



64. Lámina con detalles de una sección constructiva para el Sistema del Panel Universal.  
65. Axonometría de un detalle constructivo del Sistema del Panel Universal.



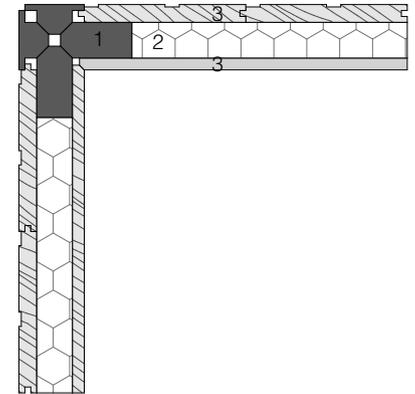
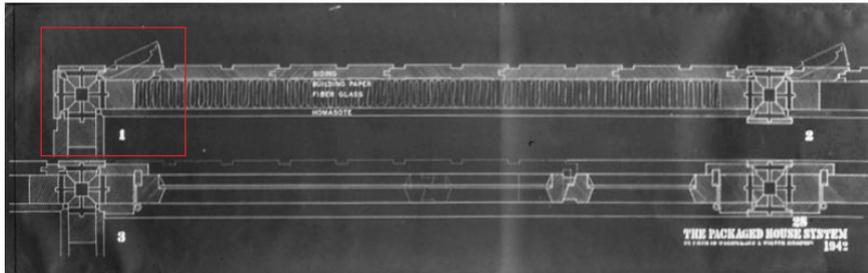
## DETALLES CONSTRUCTIVOS

En esta sección se hace referencia a ciertas variaciones en los detalles constructivos que se observaron en planos de los dos grupos. Específicamente son tres características importantes que se distinguieron.

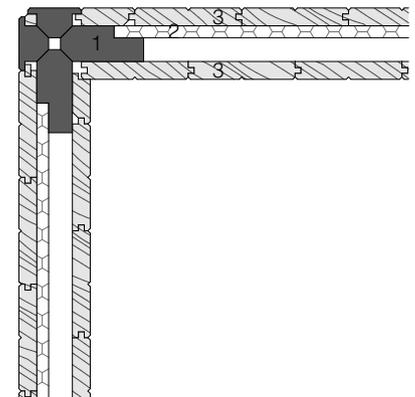
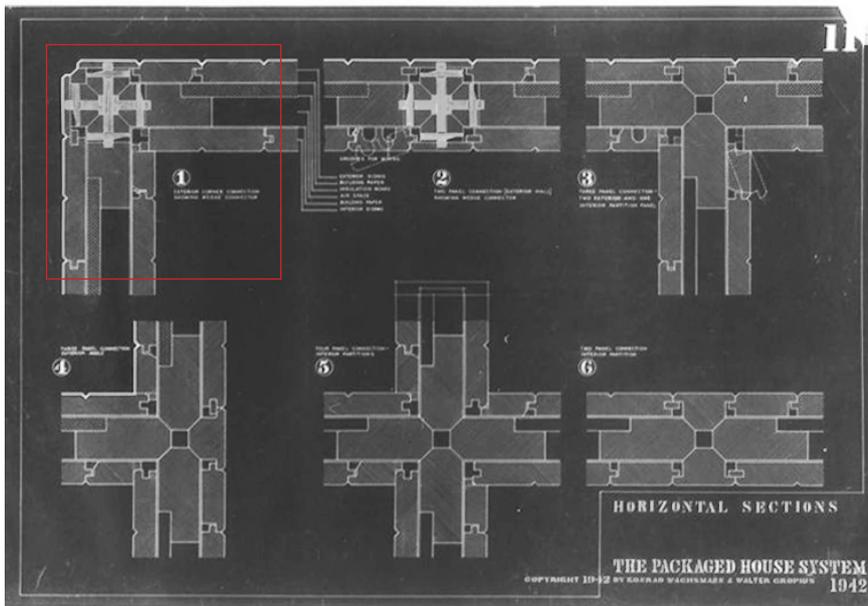
La primera diferencia en los dos planos que se encuentran en la página siguiente, es la forma de los elementos de madera que estructuran los paneles. En la imagen superior (*fig.66*) estas piezas están inscritas en una forma rectangular, con dos de sus esquinas cortadas a 45°. Por el contrario, en la segunda imagen (*fig.67*), se puede ver que las piezas además de los lados cortados de la misma manera que en la otra, tienen un destaje en una tercera arista. Como se señala en los diagramas (*A, B*) con el número 1.

La segunda característica que se reconoció se observa en la colocación del aislamiento en el interior de los paneles. En la primera imagen, éste se coloca en todo el espacio que se deja entre las piezas de madera y el revestimiento. A diferencia de ésta, en la imagen inferior se sitúa sostenida dentro del destaje que hay en las piezas estructurales. Como se puede ver en los diagramas (*A, B*) con el número 2.

En último lugar se observa la utilización de dos tipos de revestimientos para los paneles. En la primera imagen se coloca un panelado de madera en un lado y un material continuo de menor espesor en el otro. En la segunda, el panelado de madera se coloca de igual manera en ambos lados de la estructura. Esto se especifica con el número 3 en los diagramas contiguos (*A, B*).



A - Construcción del detalle.



B - Construcción del detalle.

- [1] Estructura - Bastidor de madera
- [2] Aislante - Fibra de vidrio
- [3] Revestimiento

66-67. Láminas con detalles de las uniones en planta del Sistema del Panel Universal.  
A-B. Diagramas de apoyo para el análisis.



## RELACIÓN DE LOS DIBUJOS CON LAS FOTOGRAFÍAS

Después de analizar los planos encontrados y establecer las variaciones que existen en estos, se compararon con las fotografías de los prototipos de viviendas construidas. El objetivo fue determinar qué planos coinciden con las fotografías para poder (re)construir el sistema en base a estos, deduciendo que fueron los planos originales para la fabricación de las casas. La utilización de estas imágenes se fundamenta en el retrato de la izquierda (*fig.68*), en donde vemos a Walter Gropius y Konrad Wachsmann en el lugar, confirmando que fueron ellos quienes guiaron esta construcción.

Cuando se colocaron los planos junto a las fotos se reveló que el primer grupo seleccionado coincidía con la mayoría de detalles que se visualizaban en estas imágenes de la edificación. A continuación se argumentan estas semejanzas.

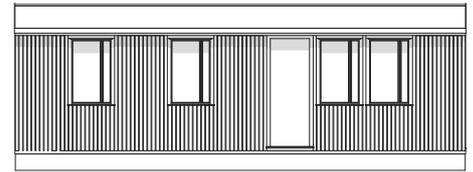
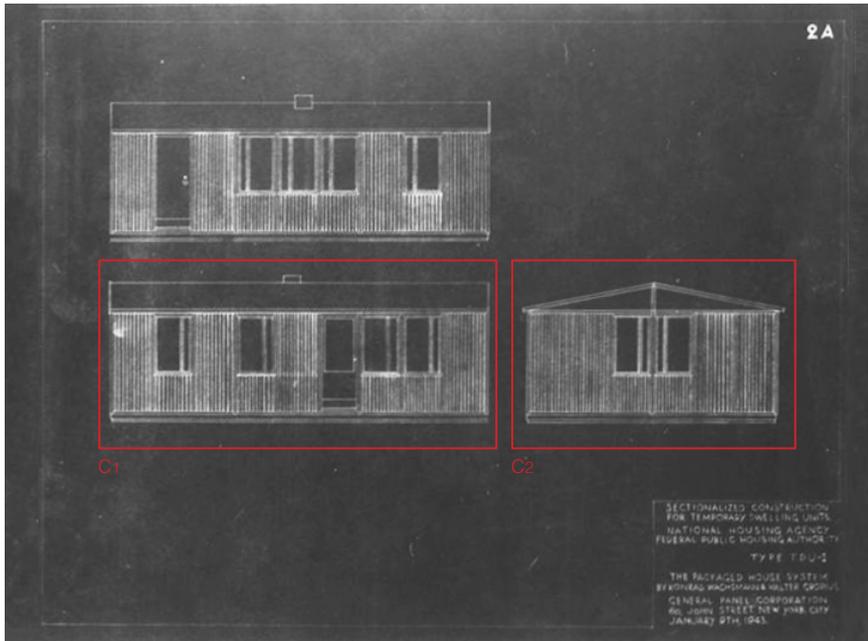
En la página siguiente se observa el primer plano con las elevaciones de un prototipo de casa (*fig.69*), éste pertenece al grupo uno señalado anteriormente. En la parte inferior, está la fotografía de la estructura de una vivienda (*fig.70*). Para determinar la correspondencia de estos, se realizaron cuatro diagramas que están ubicados en el costado derecho de la página (*C1, D1, C2, D2*), en donde se muestra que dos de los alzados de la lámina son semejantes a los alzados de la fotografía; estos coinciden en la misma ubicación y número de paneles.

Otro aspecto importante que también se distingue en esta comparación y se observa en las dos imágenes de la página 78 (*fig.71, fig.72*), son las piezas de madera que se utilizan para la estructura de los paneles. En los esquemas laterales de la izquierda junto a las fotos (*E, F, G*); realizados a partir del plano y la fotografía; se puede ver que éstas tienen la misma forma. El plano que se expone aquí corresponde al primer grupo seleccionado al inicio de este estudio de referencias.

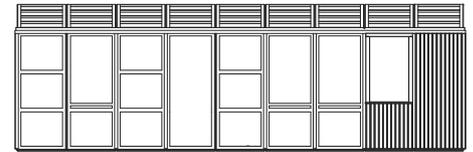
Al finalizar el análisis, se determinó a través de las comparaciones en los dos grupos de planos, que el primero coincide en su mayoría con las características que definen el proyecto construido. Es por esto que se decidió (re)construir el sistema a partir de estos planos.

Con las conclusiones de esta parte del análisis, es posible continuar con la (re)construcción de cada uno de los elementos que forman parte del Sistema del Panel Universal.

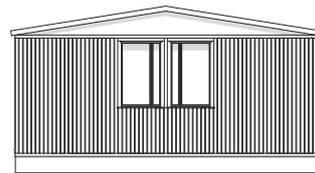
68. Fotografía de Walter Gropius y Konrad Wachsmann en la construcción de las viviendas.



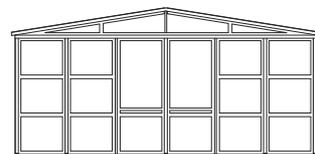
C1 - Elevación del plano.



D1 - Elevación de la fotografía.



C2 - Elevación del plano.



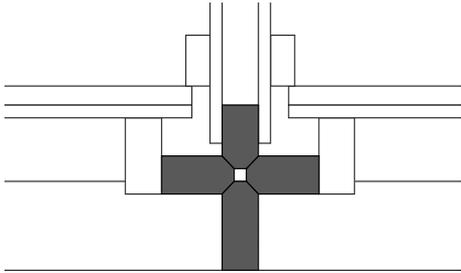
D2 - Elevación de la fotografía.



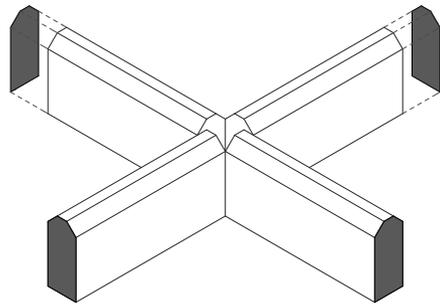
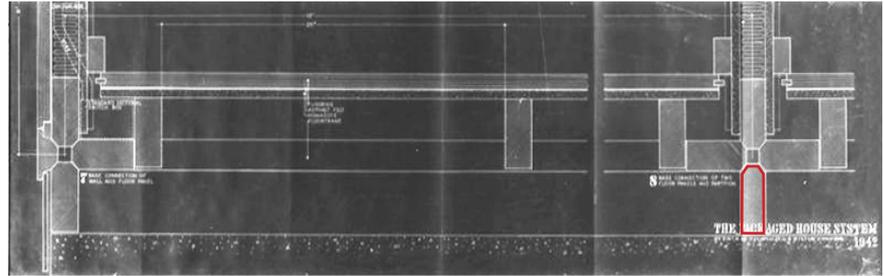
69. Lámina con los alzados de una casa tipo del Sistema del Panel Universal.

70. Montaje de la estructura de una vivienda construida con el Sistema del Panel Universal.

C1-D1-C2-D2. Diagramas de apoyo para el análisis.



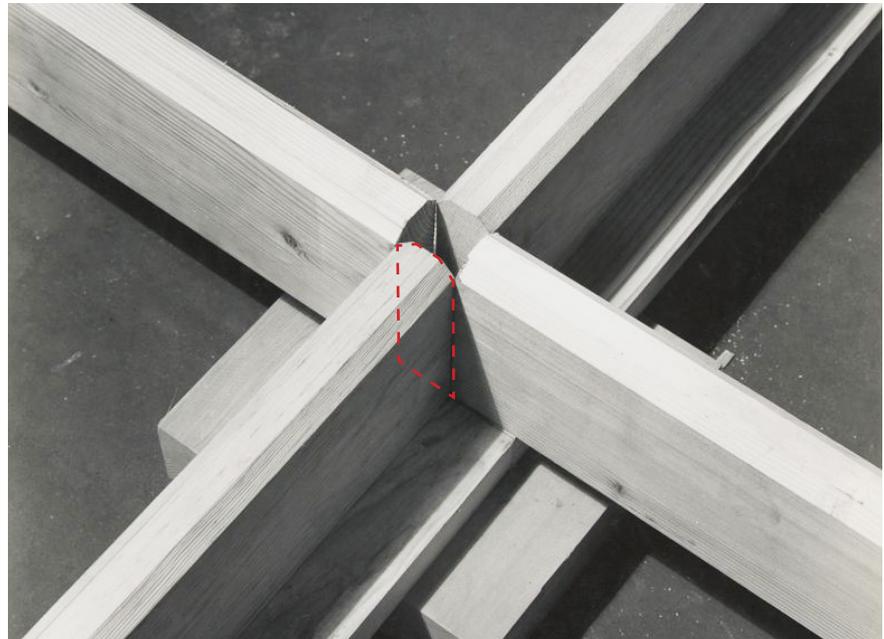
E - Detalle de piezas

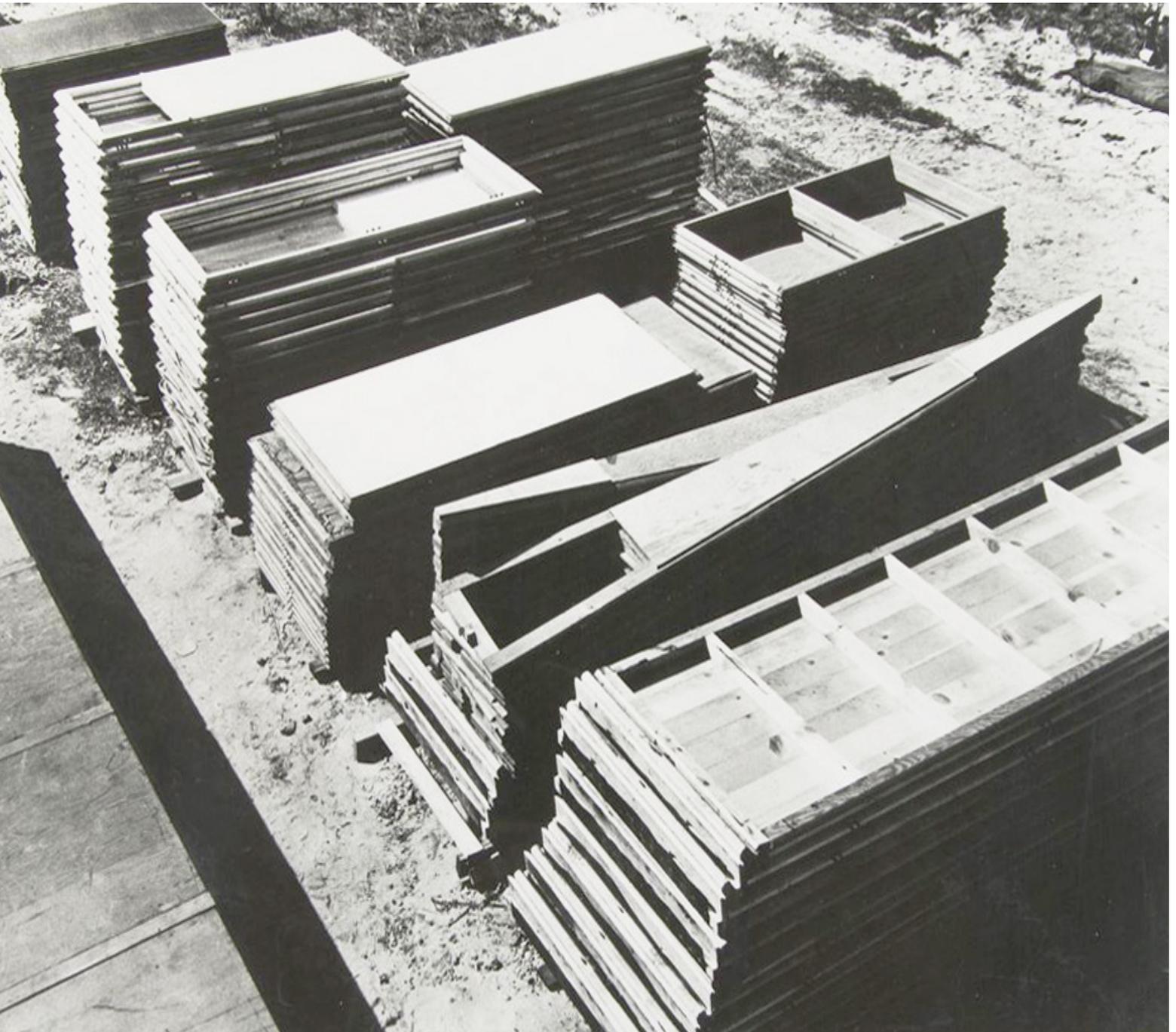


F - Detalle de piezas

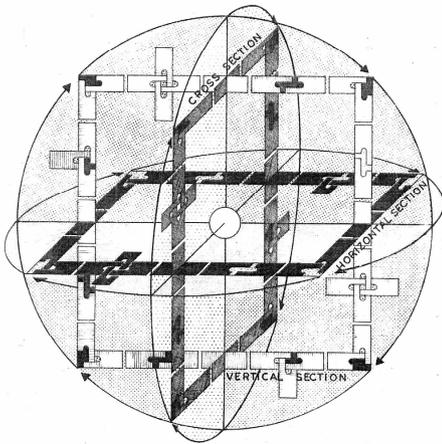


71. Lámina con el detalle de las unión del piso del Sistema del Panel Universal.  
 72. Fotografía del detalle de la unión de piezas del Sistema del Panel Universal.  
 73.(der.) Fotografía en obra de los paneles listos para su colocación.  
 E-F-G. Diagramas de apoyo para el análisis.





## EL MÓDULO



El módulo es la medida que adoptaron los arquitectos Gropius y Wachsmann como punto de partida para crear el Sistema del Panel Universal. En la construcción del sistema era fundamental considerar la dimensión que tendría cada uno de los elementos y también cómo estos estarían relacionados unos con otros. El objetivo era que cada una de las piezas encaje con las demás en cualquier posición para armar una estructura estable, independiente y de fácil montaje.

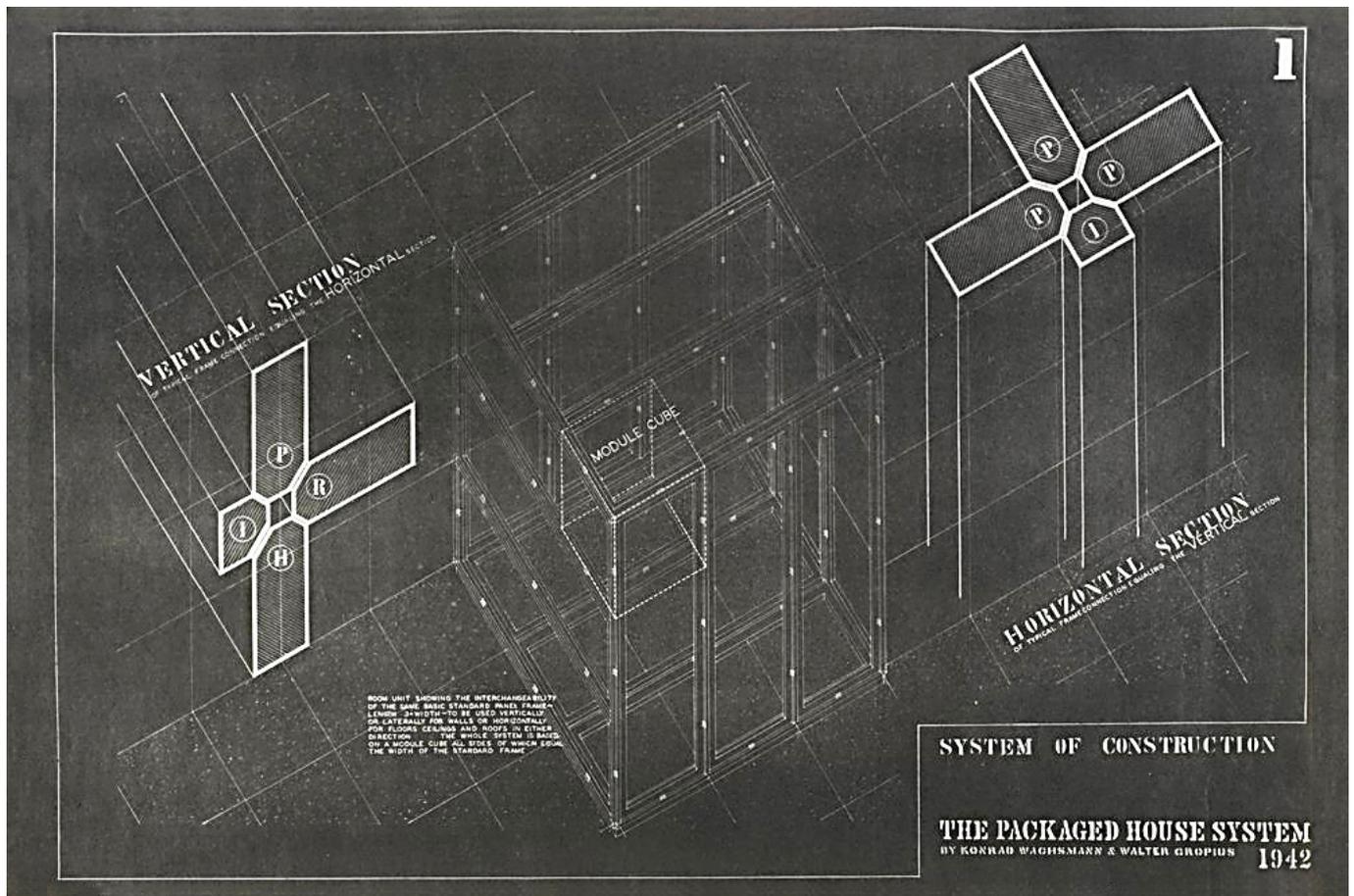
Konrad Wachsmann, quien realizó los primeros diseños del Sistema del Panel Universal, basó sus propuestas en las enseñanzas obtenidas durante su tiempo en la fábrica alemana de prefabricados Christoph and Unmack A.G. Wachsmann dedicó muchas horas de su tiempo a proyectar sistemas estandarizados; sin embargo, no siempre fueron de madera, pero su propósito siempre fue crear un elemento universal que se organice y se repita en toda la estructura.

El proyecto estuvo concebido inicialmente por un sistema métrico, pues éste era el que se utilizaba en Europa. Esto cambió cuando Gropius y Wachsmann decidieron retomar el diseño en Estados Unidos, tenían que adaptarse a las medidas estándar del mercado y además facilitar planos que sean legibles en la construcción para la sociedad americana. La transformación del sistema a pies y pulgadas no fue del todo fácil, ya que tuvieron que modificar algunas dimensiones.

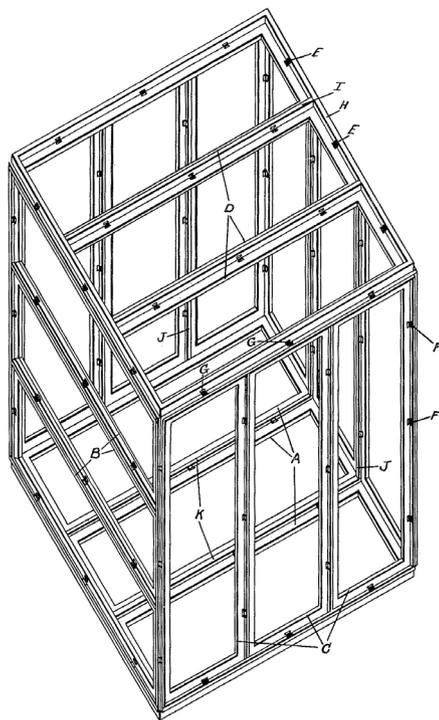
La medida que se tomó para los paneles fue de 3'4" o 40", que son 101,6cm. Éste es el módulo del que partieron los arquitectos y al cual adaptaron todos los elementos de la vivienda. En base a esto, desarrollaron los paneles de paredes, puertas, ventanas, techos y pisos, todas las longitudes de las piezas son iguales o son múltiplos de ésta.

74. Diagrama direccional del Sistema del Panel Universal.

75.(der.) Lámina conceptual de la organización y distribución del módulo en el Sistema del Panel Universal.



## EL PANEL UNIVERSAL (pared, ventanas, puertas, piso, cubiertas, gradas, etc.)



El Panel es la pieza universal que se compone en base al módulo, en torno a la cual se puede plantear diversas organizaciones. Se ideó de tal manera que sea independiente, versátil y de fácil anclaje. A partir de este elemento, se definieron los componentes que constituyen la vivienda, todos con la misma lógica constructiva, los paneles de muros, de puertas, de ventanas, de la cubierta y del piso.

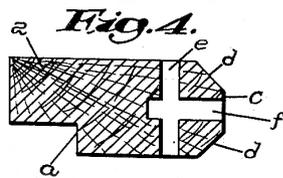
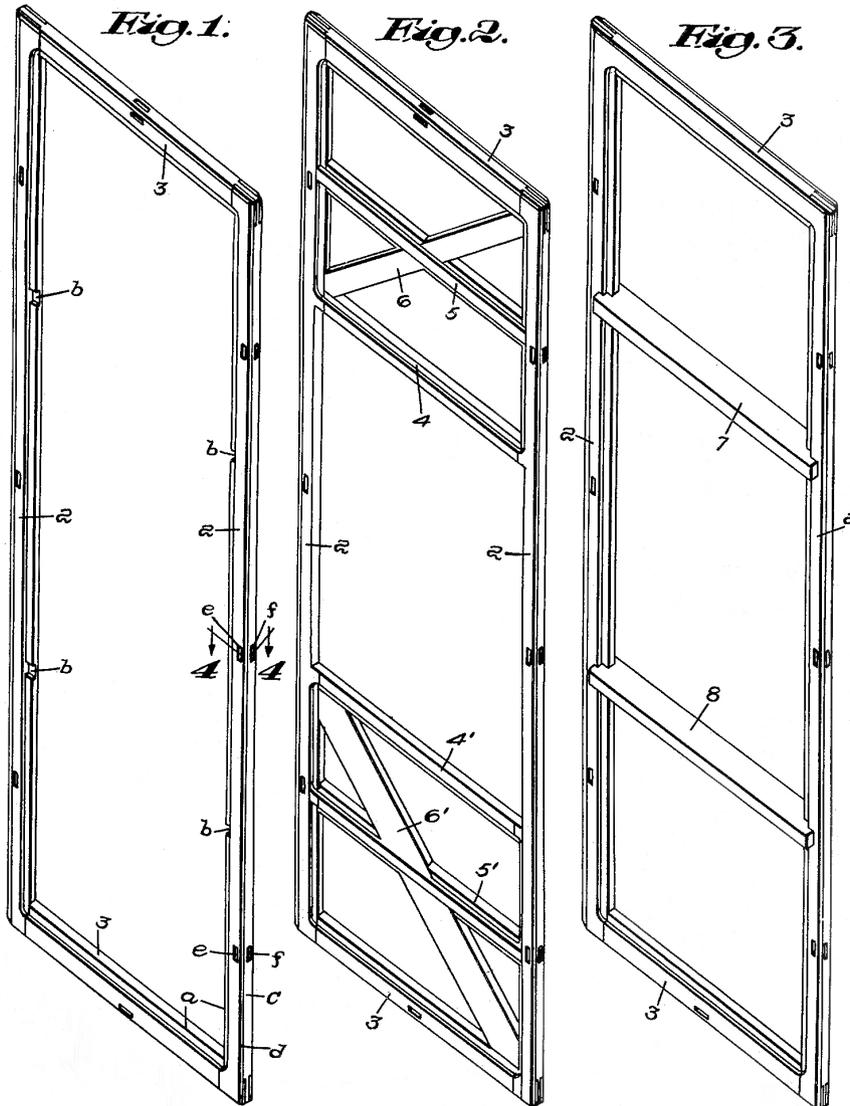
Los paneles se armaron a partir del módulo de 40" o 101,6cm y cada uno de sus lados es igual o múltiplo de éste. Las dimensiones que se utilizaron para estas estructuras variaban de acuerdo a las funciones, pero todas partían de un panel de 8'x40" o de 10'x40" (ancho x alto). En algunos casos se consideraron longitudes menores para alguna instalación específica, pero la dimensión de 40" en el ancho de las estructuras siempre se mantenía.

En la construcción, previo al montaje, se requirió resolver las instalaciones, los recubrimientos y los terminados que se les darían a las casas, de tal manera que en la colocación esté todo listo para un fácil y rápido montaje. Las viviendas se construyen con los paneles, pero fue necesario colocar un entramado extra en el forjado del piso de manera que se separe de la cimentación y también un armazón para disponer la cubierta con las pendientes. Estos componentes extras mantienen la misma lógica constructiva y de forma de todos los elementos.

Los arquitectos diseñaron los paneles en base a un mismo armazón y colocaron sobre este los revestimientos. El armazón se construyó con cuatro elementos perimetrales de madera, en su interior se colocaron una o más piezas horizontales de acuerdo a su función, para sujetar los recubrimientos y carpinterías.

76. Unión general de la estructura de los paneles. Imagen patentada por Walter Gropius y Konrad Wachsmann, 1942.

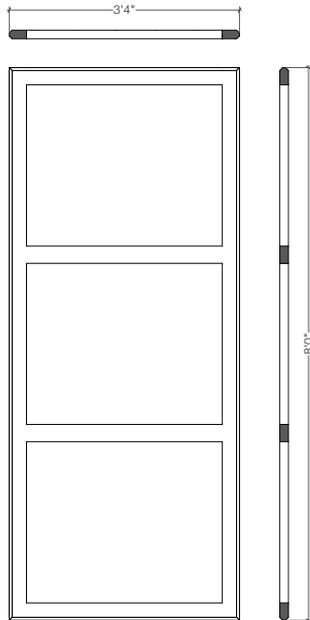
77.(der.) Estructura de los paneles del Sistema del Panel Universal. Imagen patentada por Walter Gropius y Konrad Wachsmann, 1942.



*Inventors:*  
Konrad L. Blochmann  
and  
Walter Gropius,  
by *J. M. O'Leary,*  
their Attorney.



PANEL UNIVERSAL (ESTRUCTURA GENERAL)

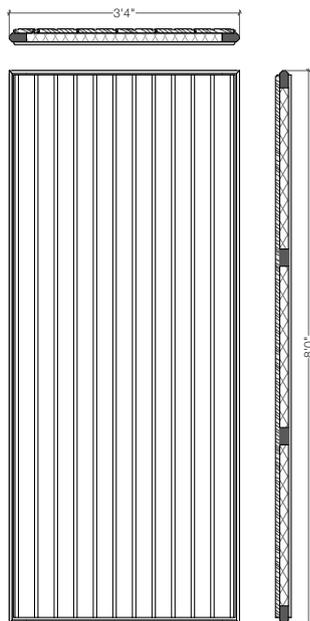


Para los recubrimientos escogieron uno interior y otro exterior por las condiciones climáticas. La cara exterior se envuelve con tablones de madera, pintados con un sellante para prevenir que haya humedad. Al interior se coloca un producto de fibra estructural de la marca HOMASOTE, que dejaba las paredes lisas, además trabajaba como aislante térmico y permitía la utilización de pintura sobre éste.

En la mitad de los paneles, entre el armazón de madera, se colocaba fibra de vidrio. Ésta ayudaba a mantener el calor en el invierno y también a conservar fresca la casa en el verano, además colaboraba en la rigidez de las estructuras. Estos acabados se utilizaron en todos los tipos de paneles de la casa, para optimizar los recursos en el sistema.

En cuanto a la carpintería de las ventanas y puertas, hay variaciones en los planos, en algunos se dibujan con ventanerías metálicas y en otros de madera. Sin embargo, en las fotografías de las casas construidas, se puede observar que utilizaron marcos de madera con vidrio. Del mismo modo se encontró variantes en la dirección de las aberturas, pero esto no modifica la forma de los elementos.

PANEL UNIVERSAL (REVESTIMIENTO GENERAL)



En la cubierta, se colocó sobre los paneles un tipo de aislante que trabaja también como un sistema contra-incendios. Esta lámina fue necesario incorporar debido a que era un requerimiento obligatorio en las normas de construcción de los Estados Unidos; además, esta solución permitió que las casas puedan adaptarse a las condiciones climáticas de diferentes lugares.

En el proceso de recopilación de la información se encontraron variaciones en los planos de los paneles, probablemente por los continuos rediseños que el arquitecto Wachsmann realizó durante todo el desarrollo del proyecto. Para este trabajo de investigación y posterior [re]construcción, fue necesario elegir uno de los diseños a través de una comparación de planos, la cual ya se especificó previamente en el análisis de referentes.

A continuación, se (re)construyeron los paneles tipo, en base a las características ya mencionadas y a los planos especificados. Estos elementos pueden tener variaciones de tamaño y terminados, sin que se modifique el método constructivo. Para el capítulo 04; el caso de estudio; se precisará de esta información en la (re)construcción de la "Casa A".



### TIPOS DE PANELES



Panel de pared (interior/exterior)

Panel de pared (interior)

Panel de pared (exterior)

Panel de ventana

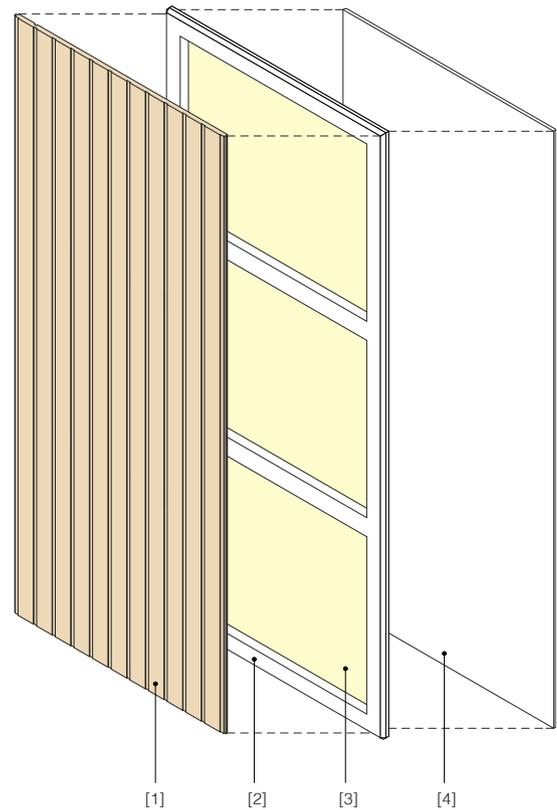
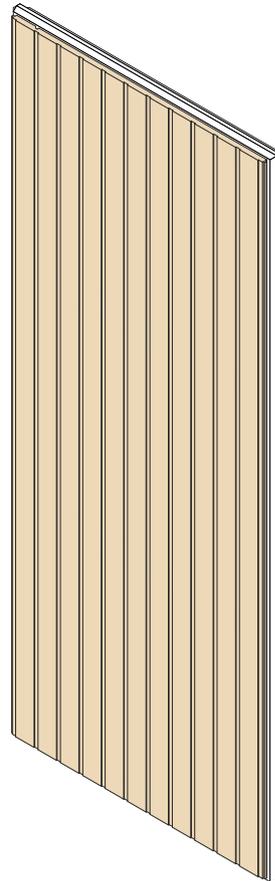
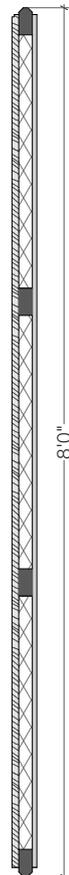
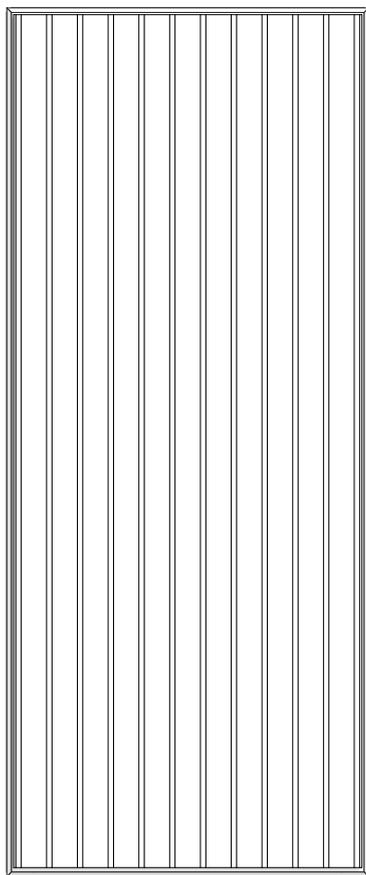
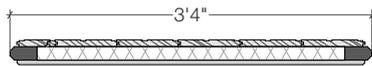
Panel de puerta

Panel de piso

Panel de cubierta



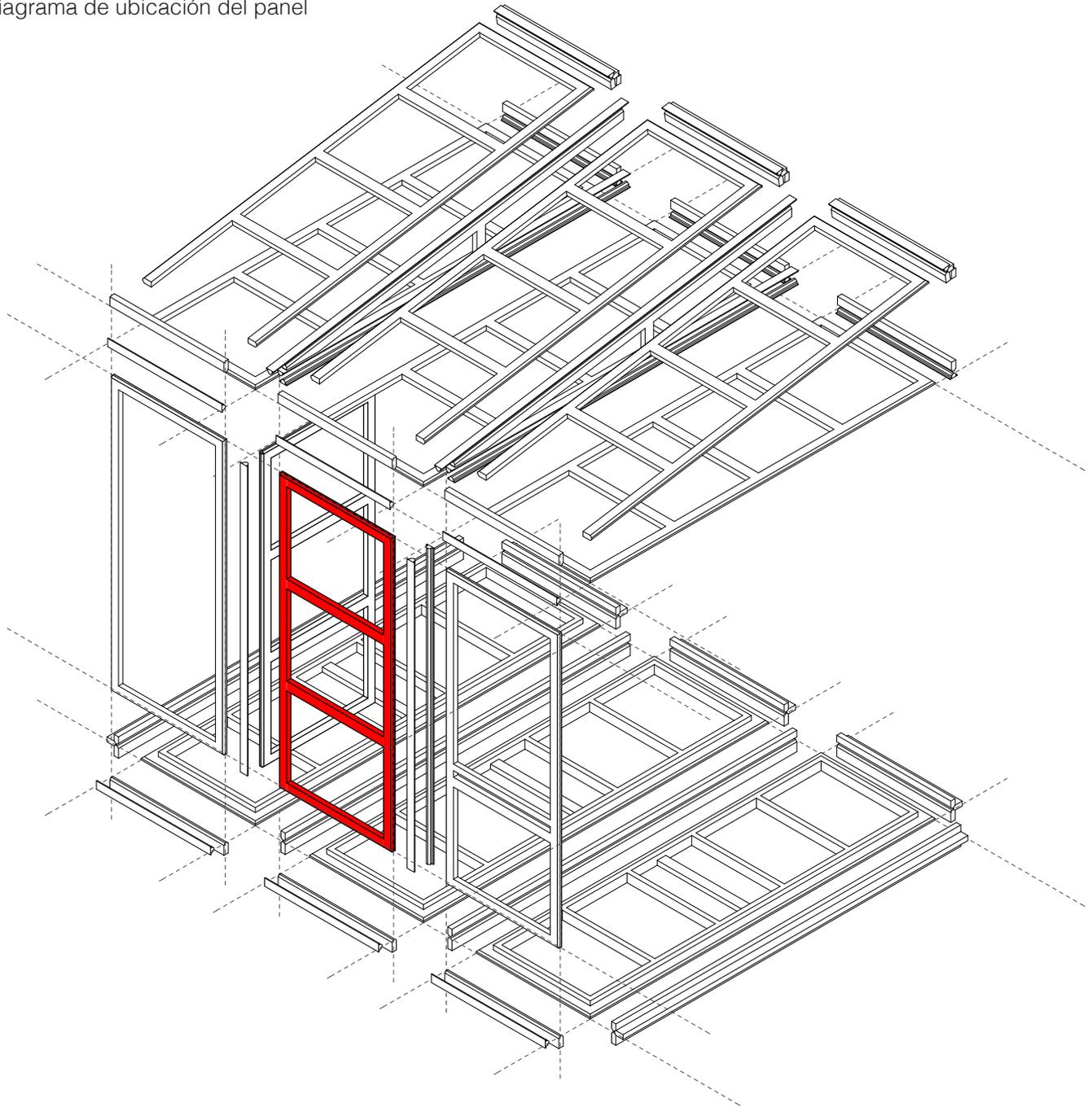
## [1] Panel de pared (interior / exterior)



- [1] Revestimiento exterior - Tablones de madera
- [2] Estructura - Bastidores de madera
- [3] Aislante - Fibra de vidrio
- [4] Revestimiento interior - Fibra estructural



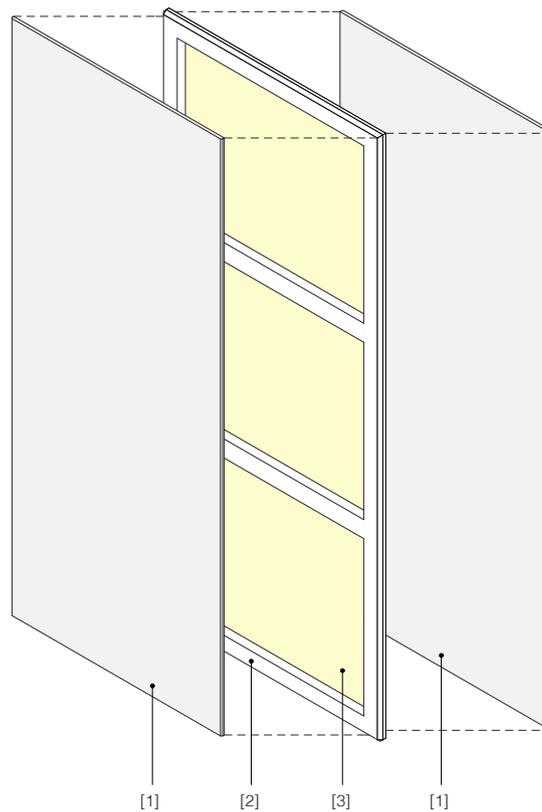
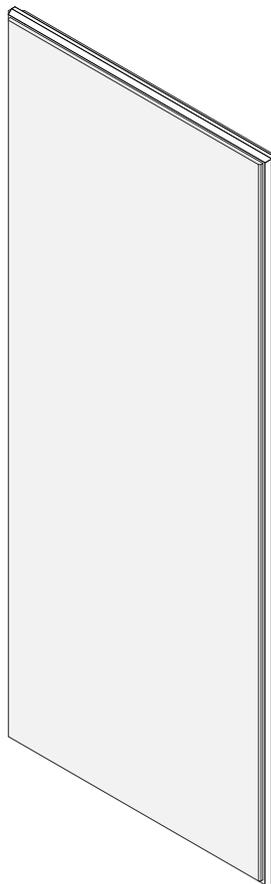
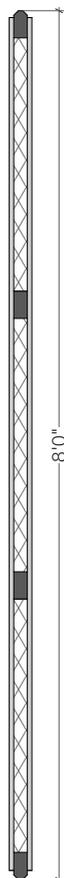
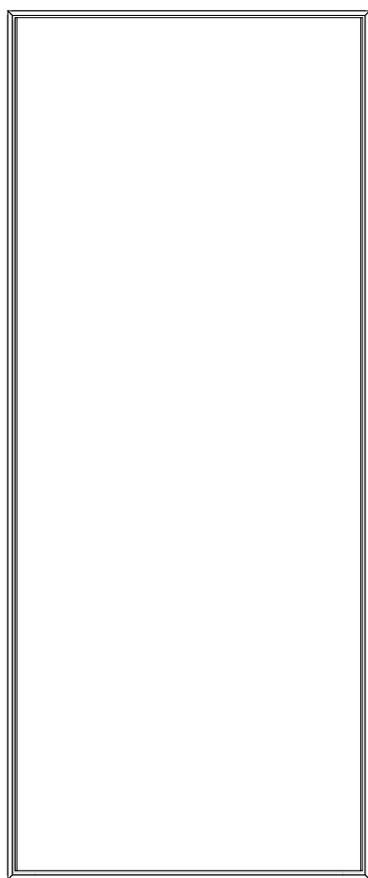
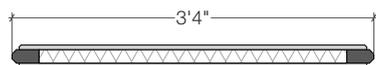
# Diagrama de ubicación del panel





## [2] Panel de pared (interior)

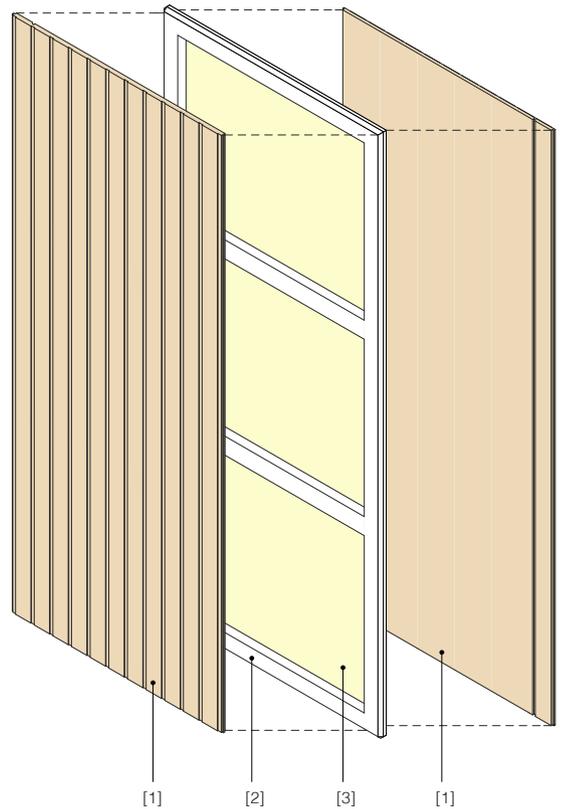
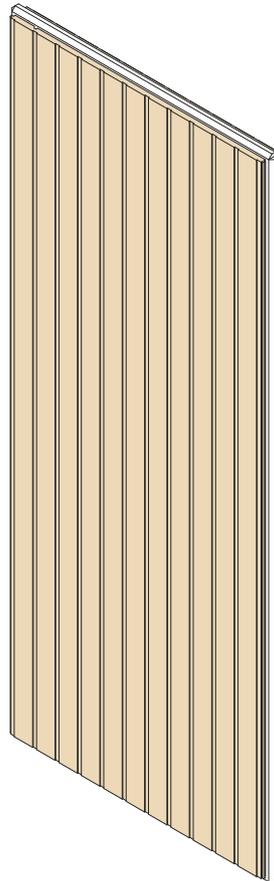
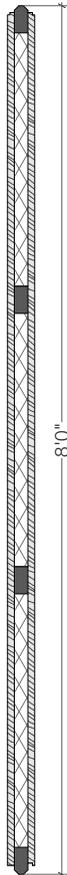
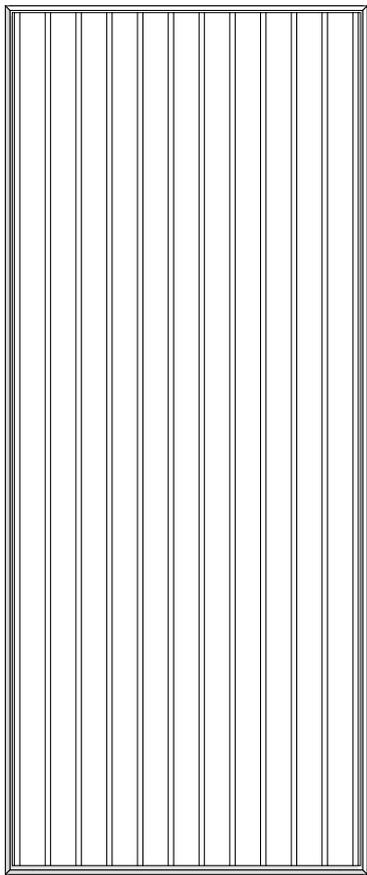
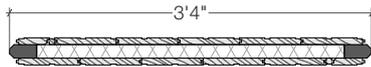
- [1] Revestimiento interior - Fibra estructural
- [2] Estructura - Bastidores de madera
- [3] Aislante - Fibra de vidrio





[3] Panel de pared (exterior)

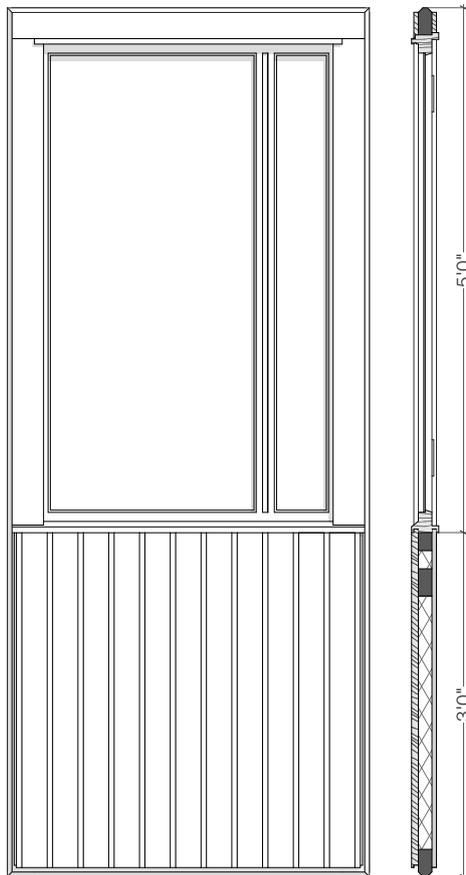
- [1] Revestimiento exterior - Tablones de madera
- [2] Estructura - Bastidores de madera
- [3] Aislante - Fibra de vidrio





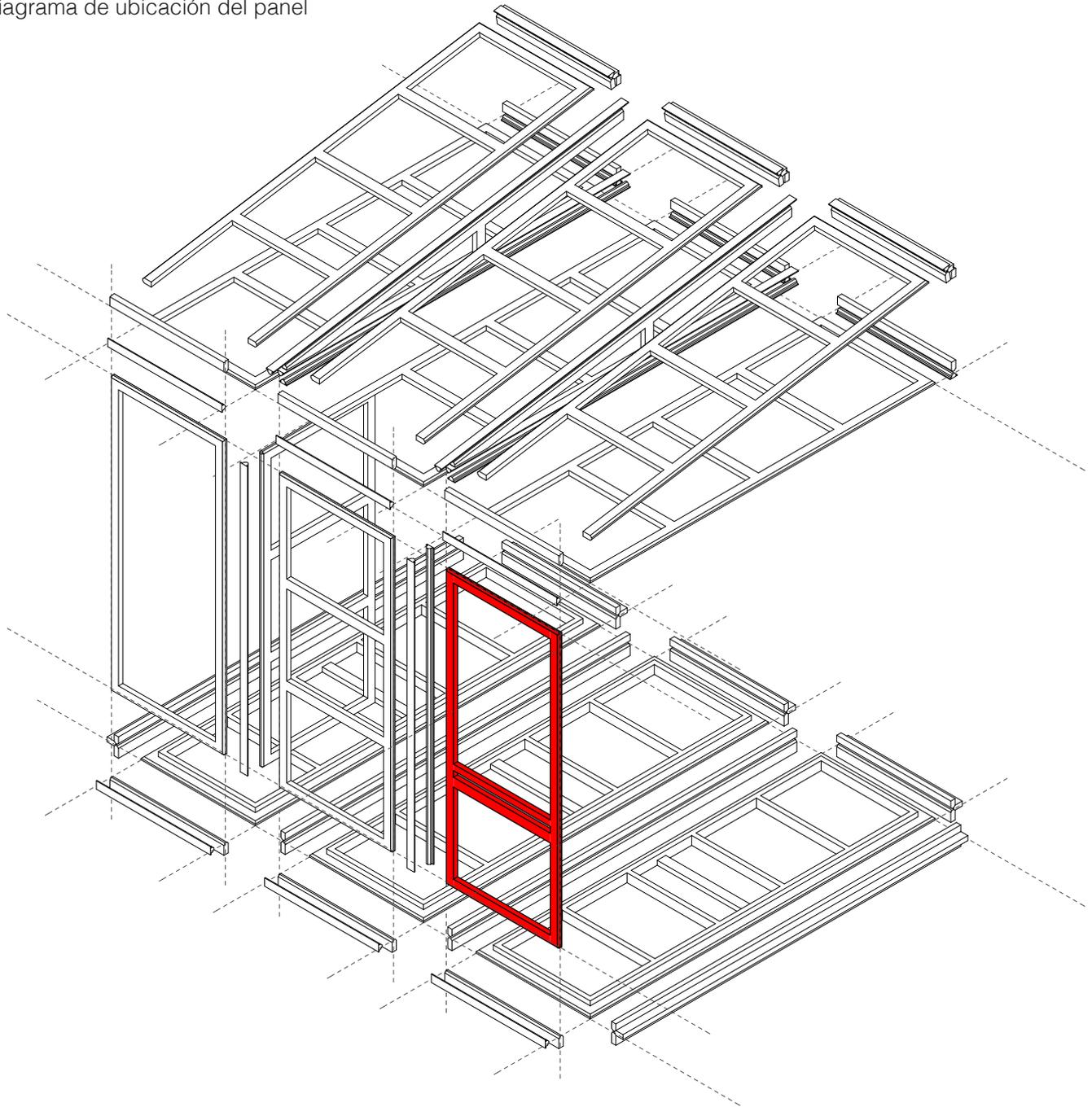
## [4] Panel de ventana

- [1] Revestimiento exterior - Tablones de madera
- [2] Aislante - Fibra de vidrio
- [3] Estructura - Bastidores de madera
- [4] Revestimiento interior - Fibra estructural
- [5] Carpintería de madera





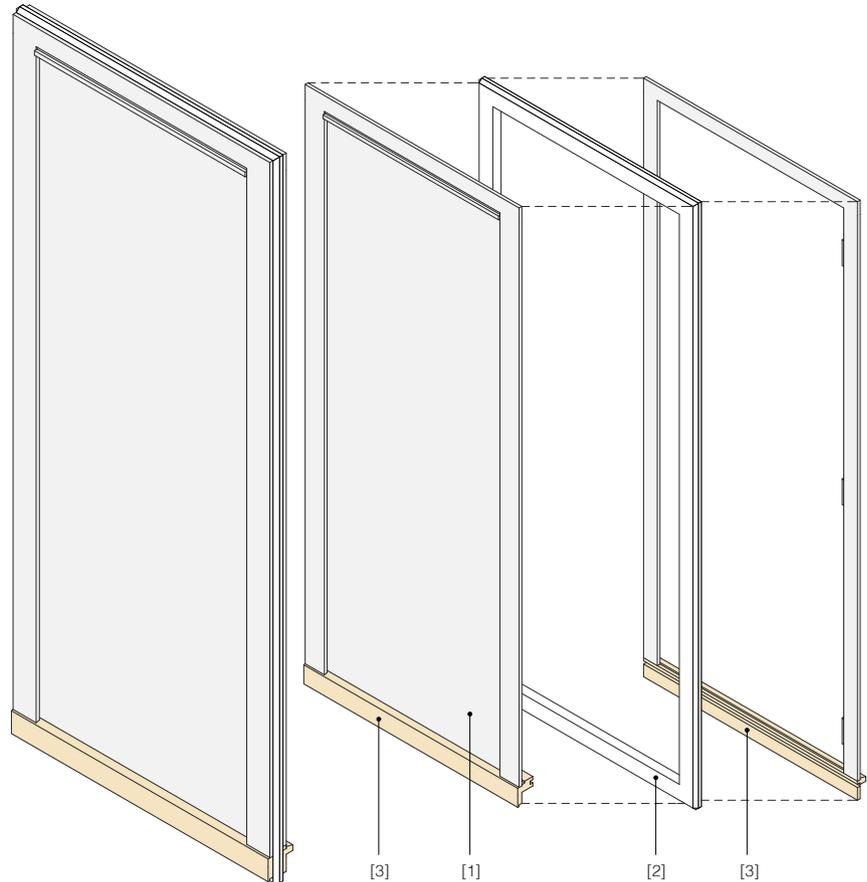
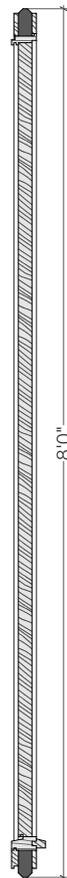
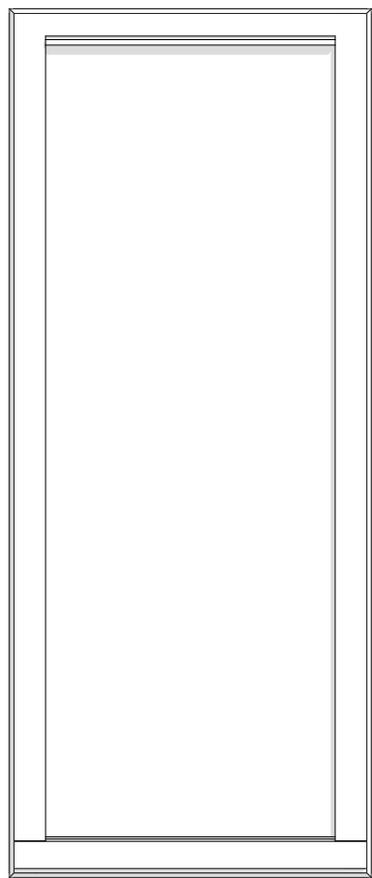
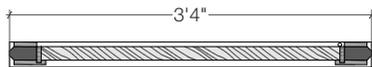
# Diagrama de ubicación del panel





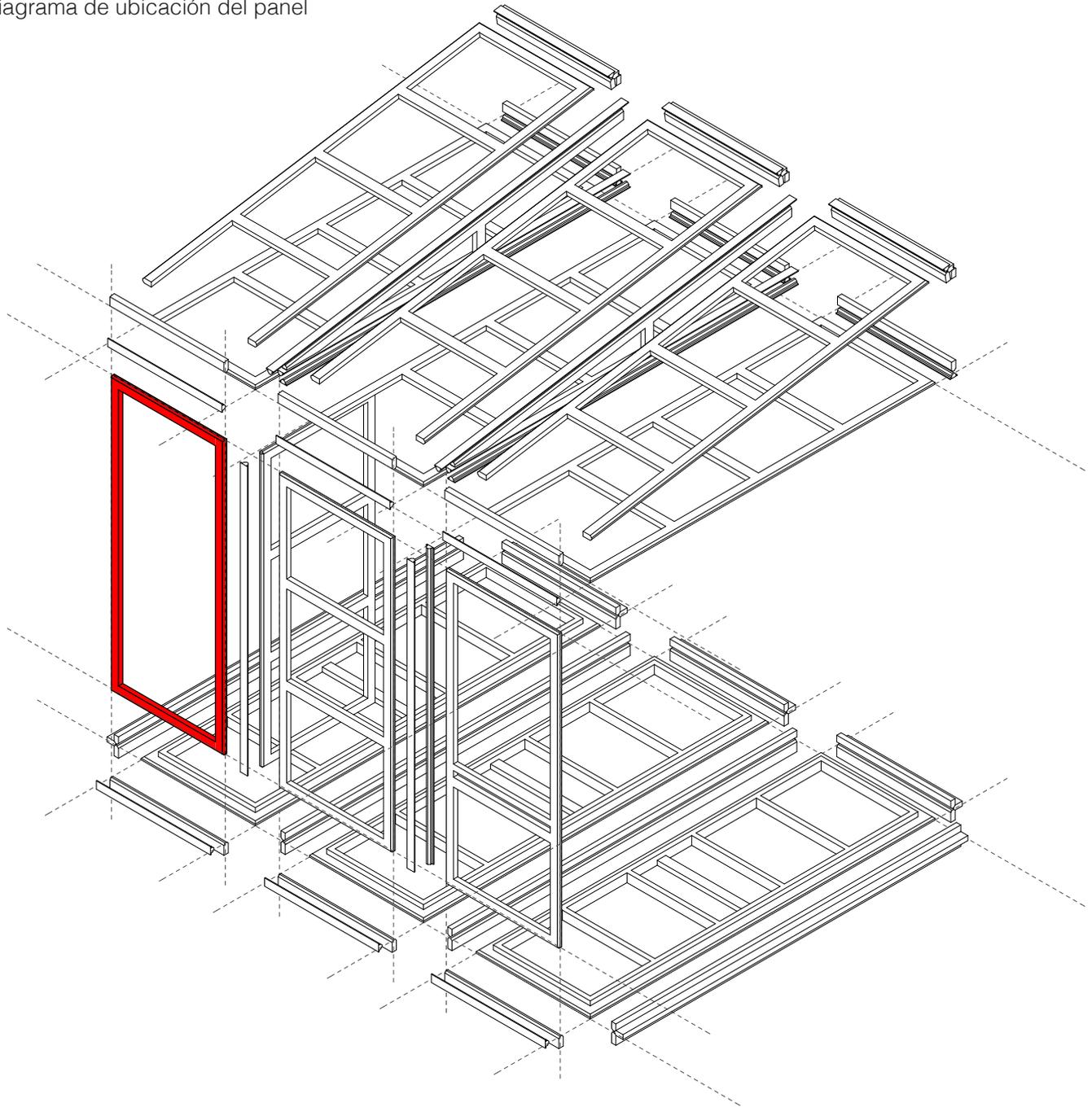
# [5] Panel de puerta

- [1] Revestimiento - Tablero de madera
- [2] Estructura - Bastidores de madera
- [3] Carpintería de madera



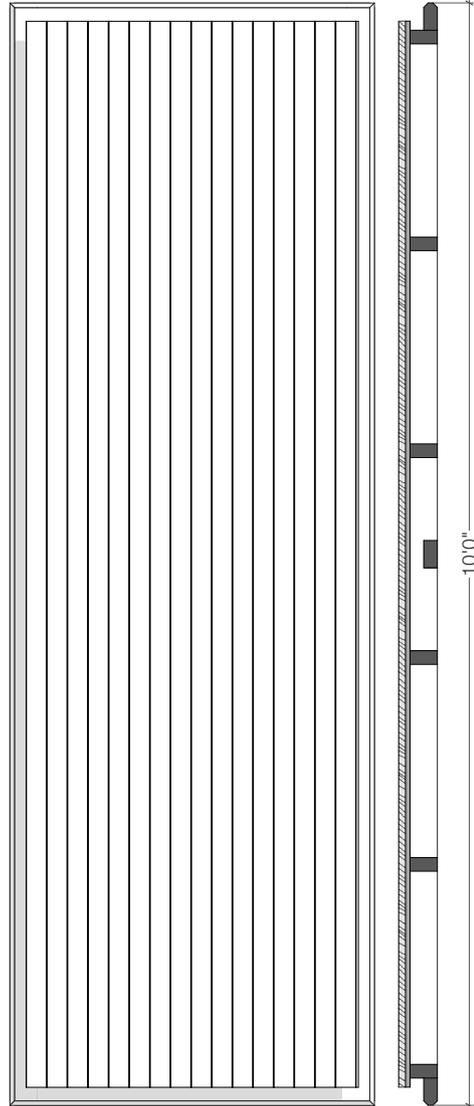
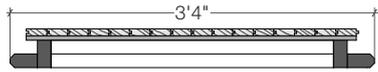


# Diagrama de ubicación del panel

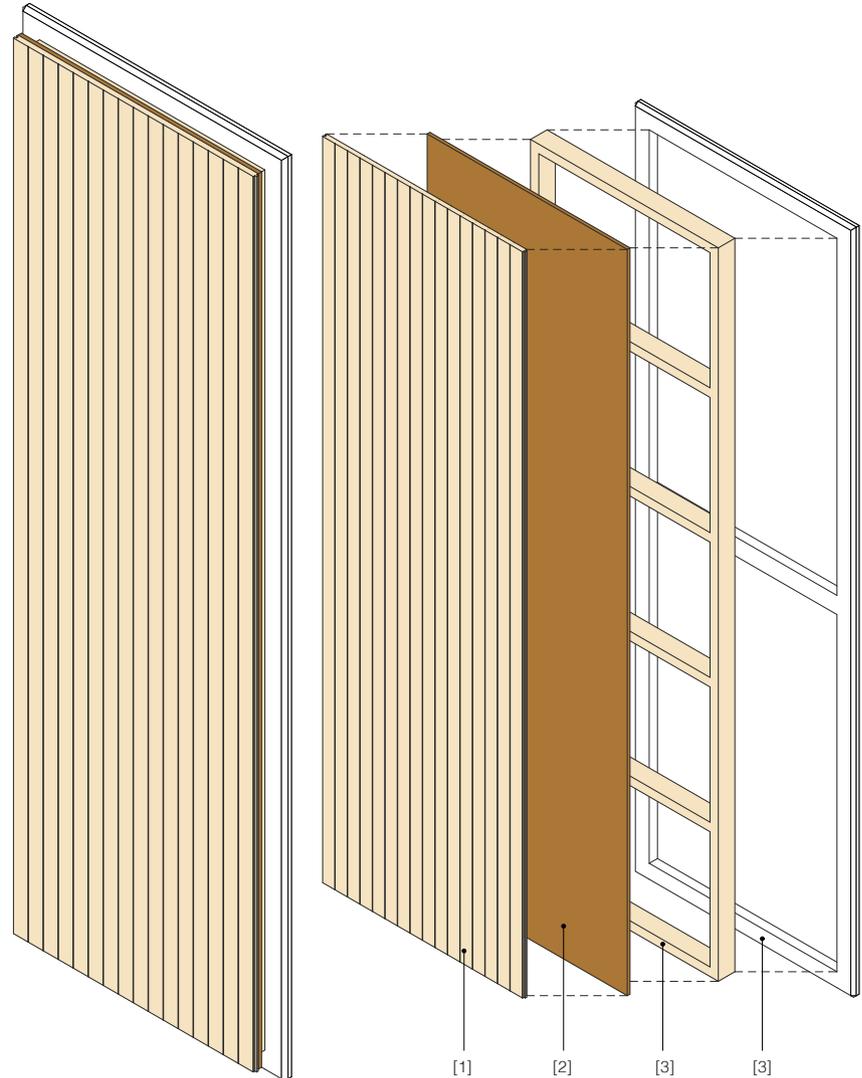




# [6] Panel de piso

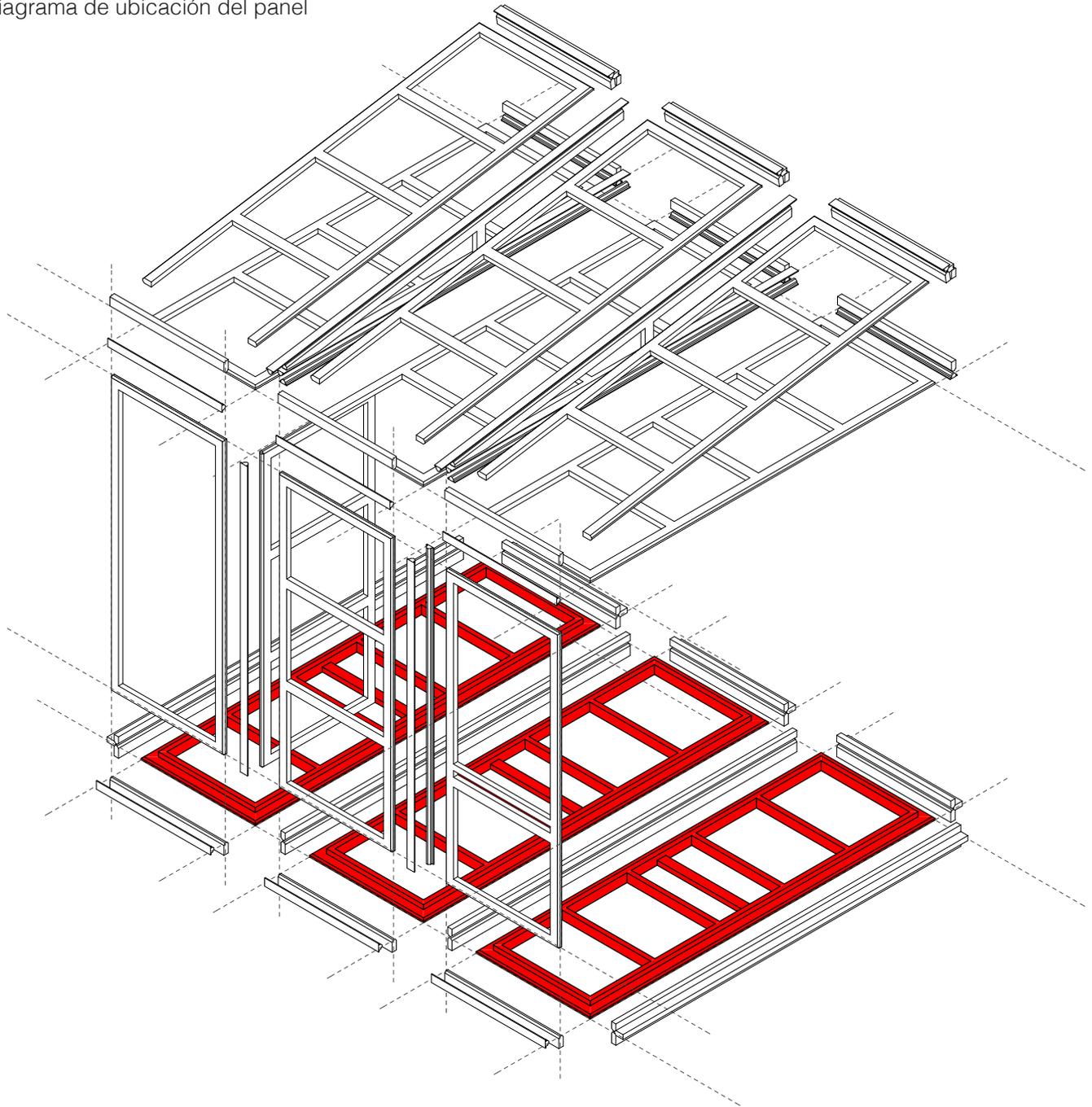


- [1] Revestimiento - Tablones de madera
- [2] Estructura - Tablero de madera
- [3] Estructura - Bastidores de madera



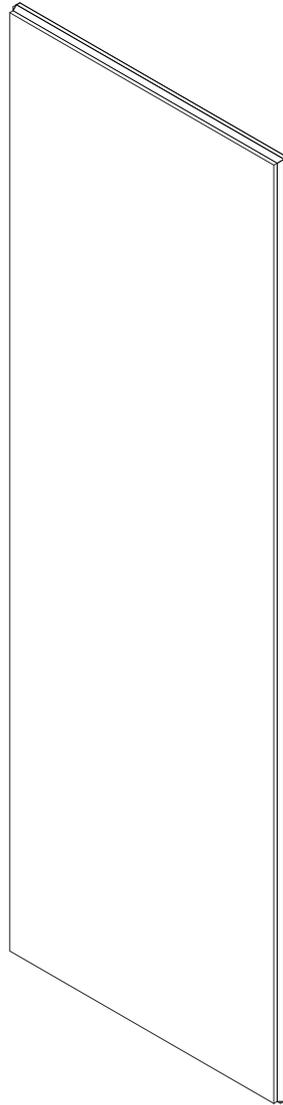
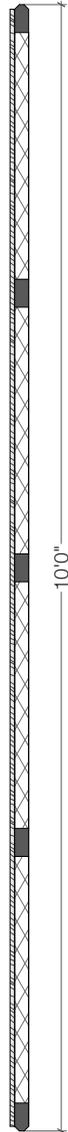
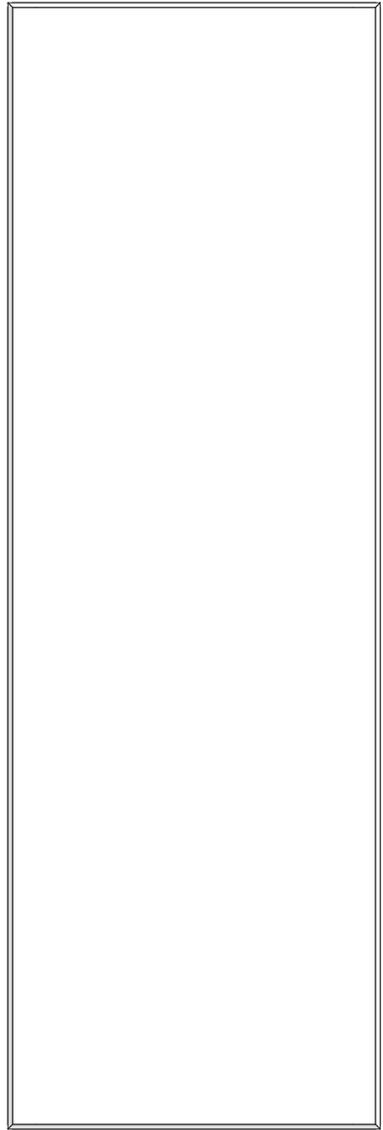
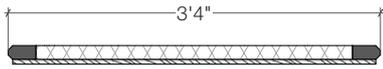


# Diagrama de ubicación del panel

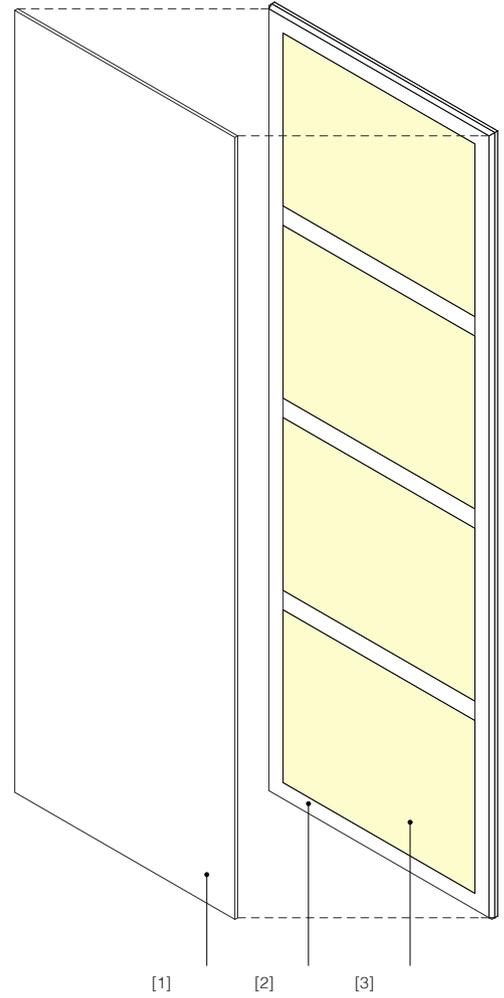




# [7] Panel de entrepiso

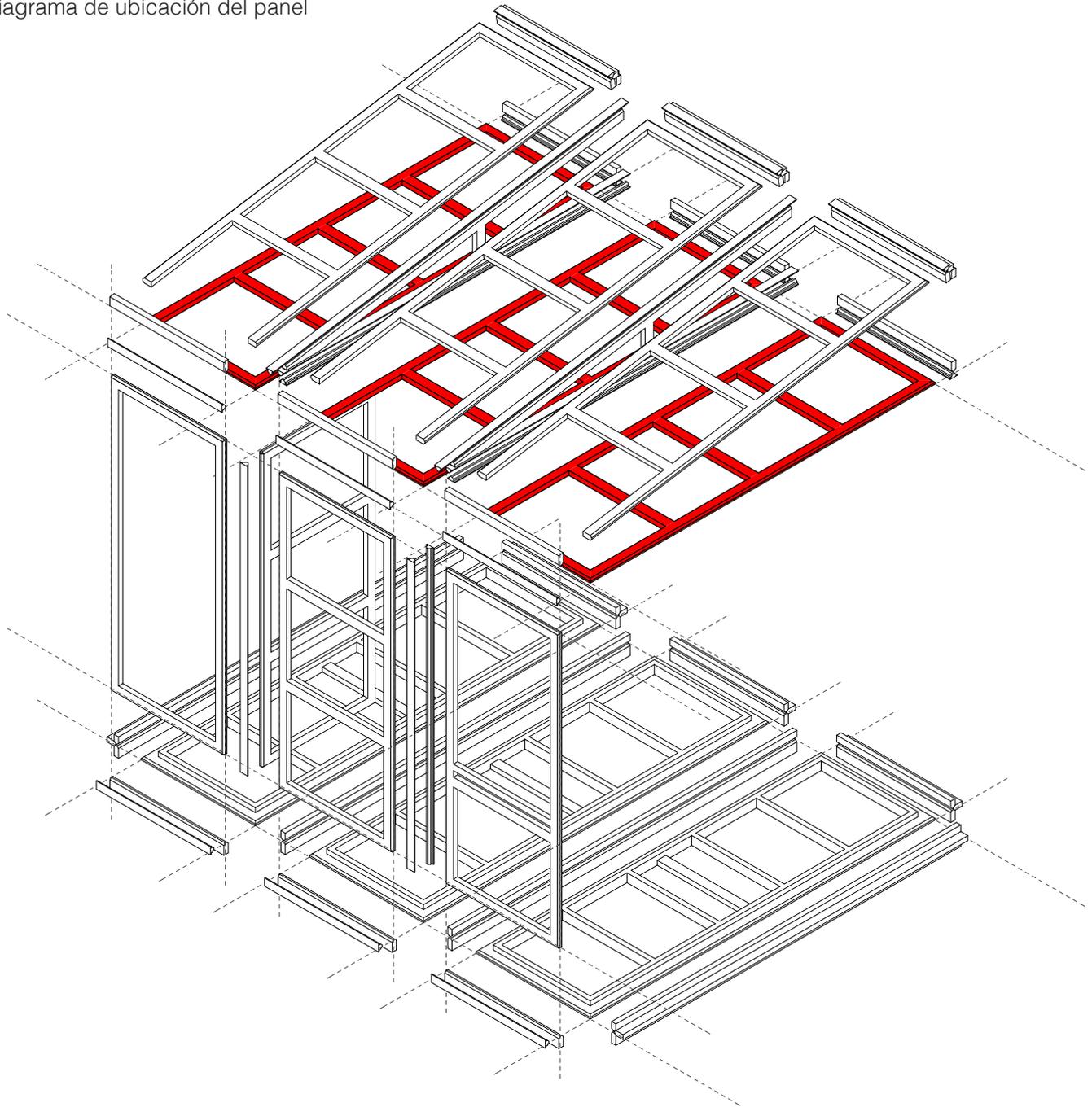


- [1] Revestimiento - Fibra estructural
- [2] Estructura - Bastidores de madera
- [3] Aislante - Fibra de vidrio



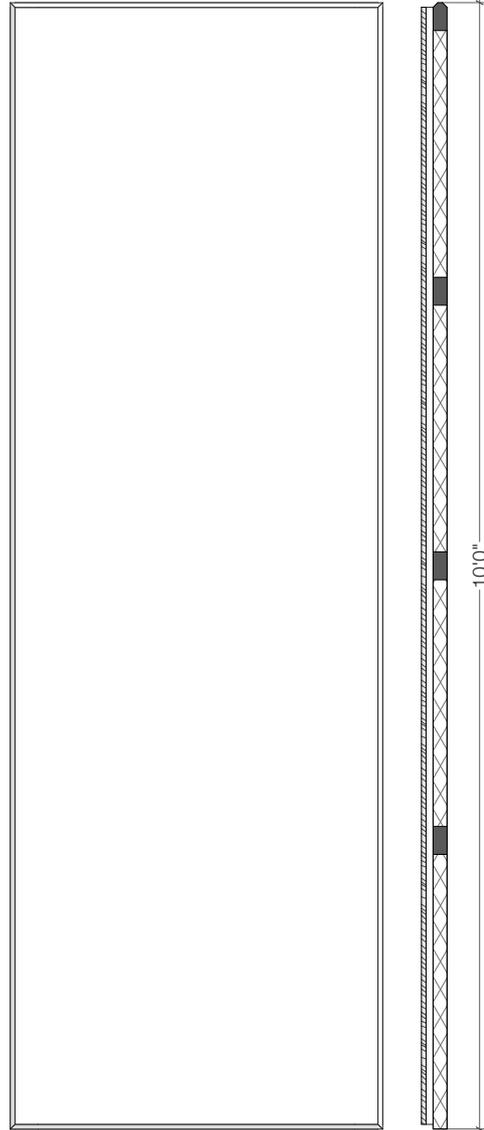
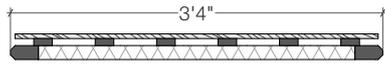


# Diagrama de ubicación del panel

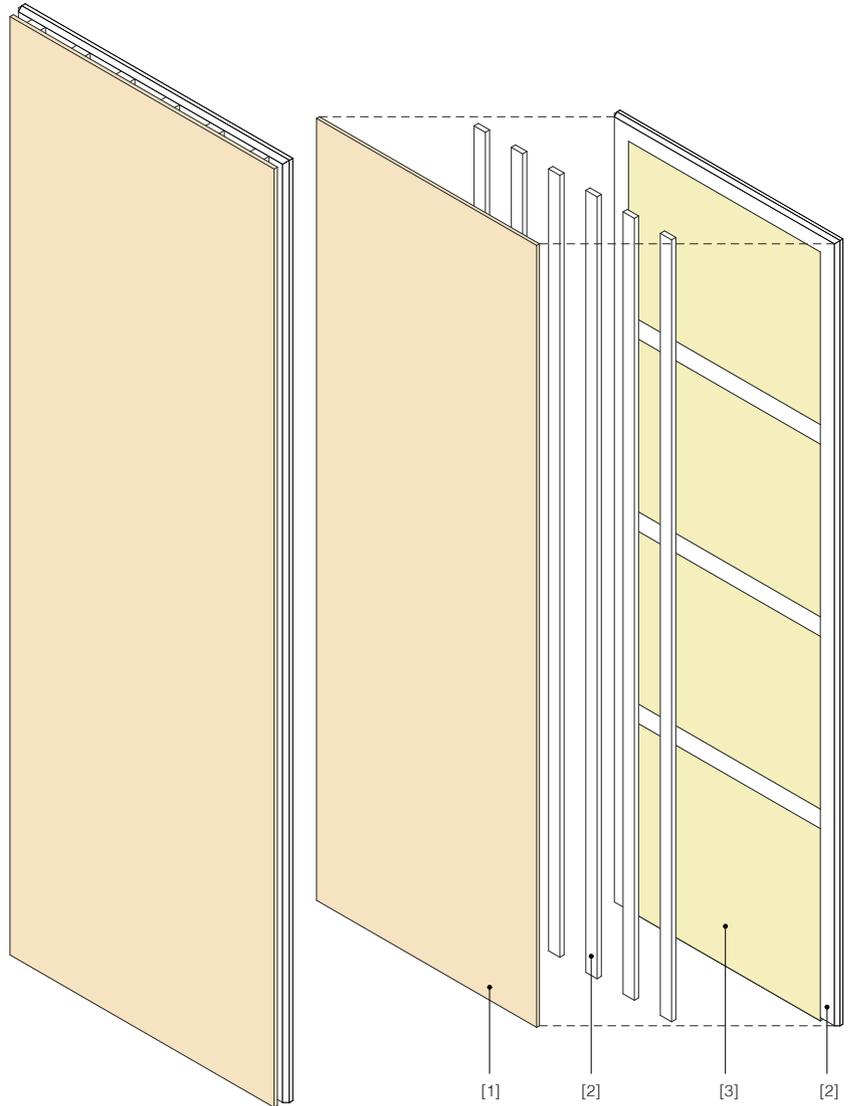




# [8] Panel de cubierta

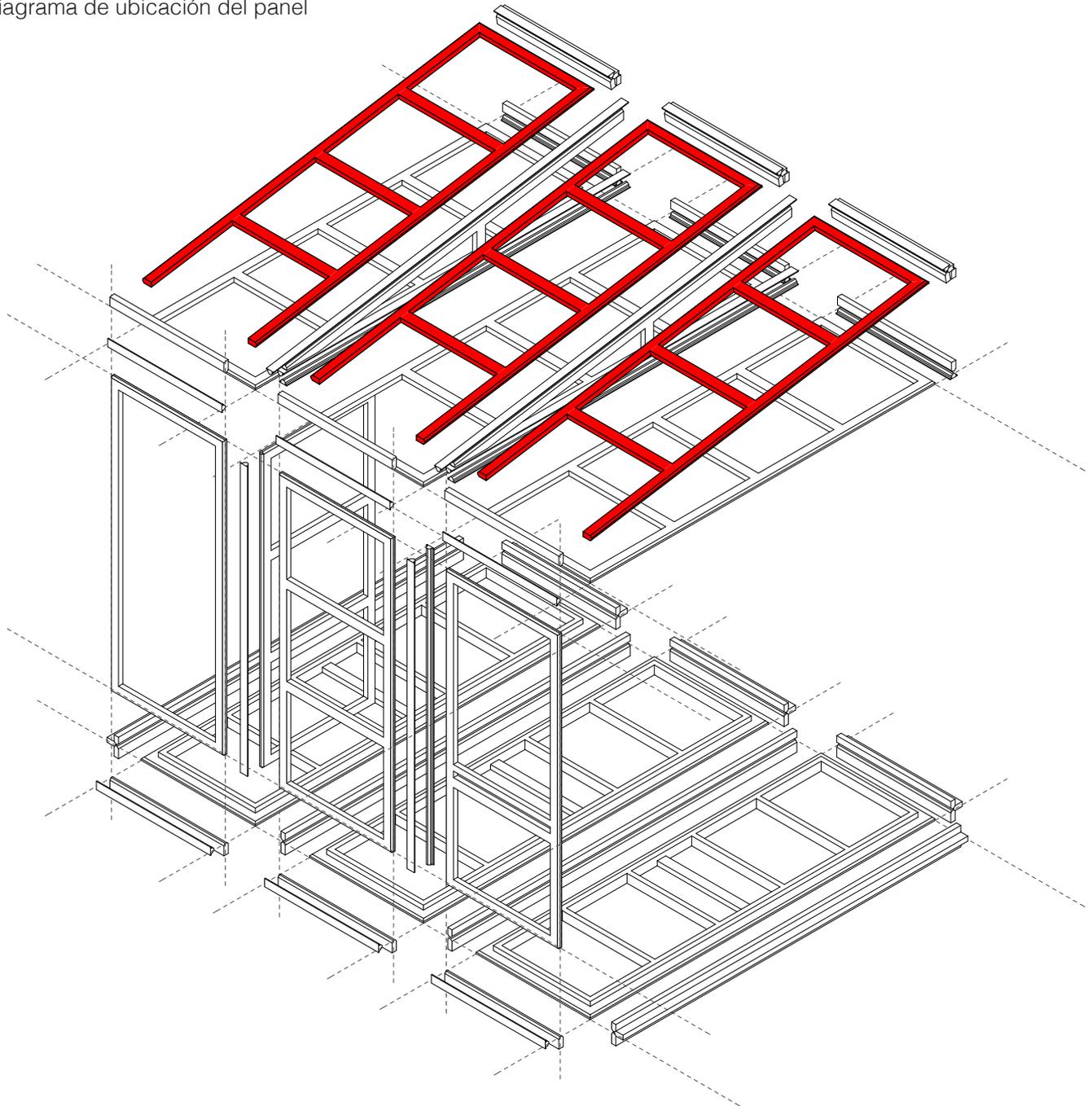


- [1] Revestimiento - Tablero de madera
- [2] Estructura - Bastidores de madera
- [3] Aislante - Fibra de vidrio

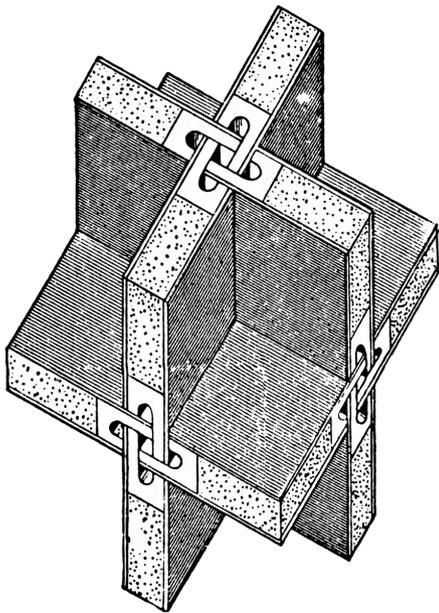




# Diagrama de ubicación del panel



## EL CONECTOR (LA UNIÓN)



El conector fue el mayor logro constructivo de Konrad Wachsmann en el Sistema del Panel Universal. En éste el arquitecto puso su máximo esfuerzo hasta conseguir un elemento con condiciones óptimas para el sistema. Su investigación estuvo dirigida a una pieza que pueda unirse en cuatro direcciones, permitiendo que las viviendas se armen con esta única pieza, logrando así que el número de elementos necesarios para el montaje sea menor y la construcción más rápida y sencilla.

Las principales características que este elemento tenía que cumplir, era permitir una distribución funcional y flexible, a partir de la organización de los paneles en la planta; además, también era necesario que sea sencilla la colocación para permitir que la vivienda pueda armarse y desarmarse en un solo día. La conexión de las estructuras se da a través de tres sujeciones en los dos lados largos del panel, y dos en los lados cortos. Los bastidores que arman los paneles tienen todos sus lados exteriores con los filos achaflanados, de manera que al intersectarse cuatro elementos forman un cuadrado unidos con el conector.

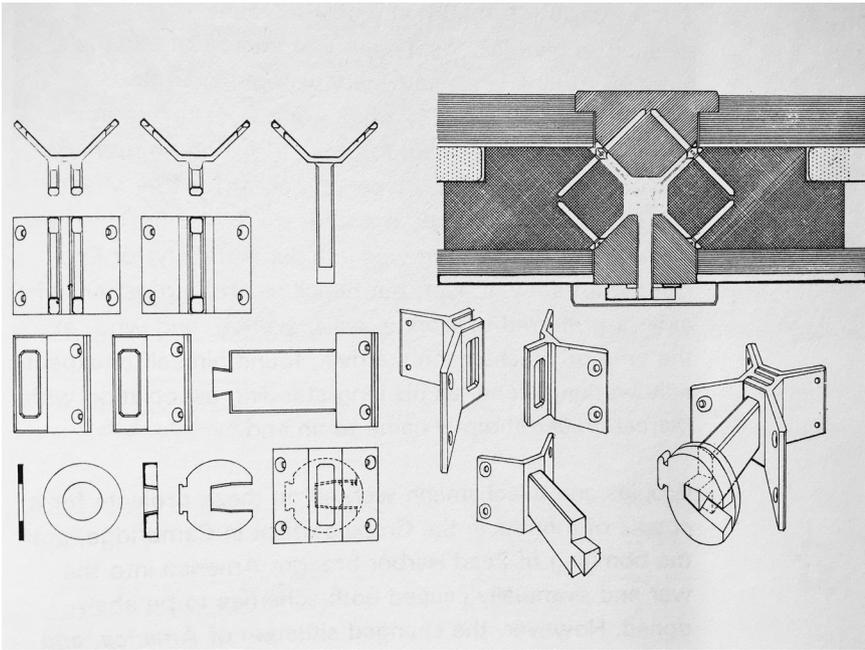
El diseño de este elemento fue un constante proceso de revisión, ya que Wachsmann no lograba conformarse con sus propuestas. En 1939 cuando el arquitecto empezó con el proyecto, el componente de unión metálico tenía la forma de "Y" francesa tridimensional, éste fue una variante de otros elementos que había creado antes.

Al llegar a los Estados Unidos en 1941, Wachsmann decide realizar una mejora en el mecanismo de articulación. Para 1942, cuando ya tenía desarrollado una serie de dibujos para patentar el sistema, realiza una nueva reforma en éste. Finalmente, en 1945 después de algunas variaciones, publica su nuevo conector. Este elemento de cuña metálica evolucionó para facilitar y mejorar el anclaje.



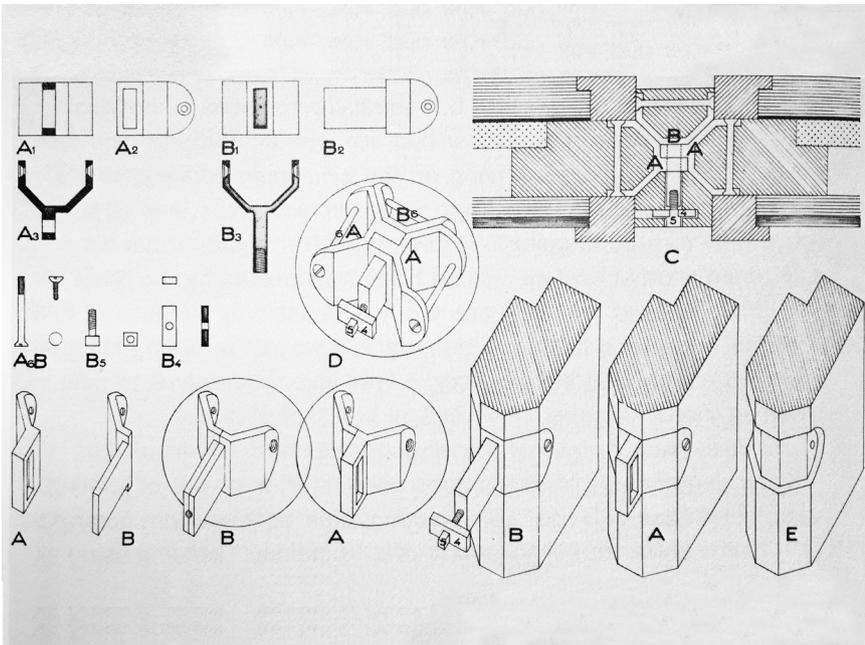
[1] 1939

Primera versión del conector.  
Conector "Y" francesa tridimensional.



[2] 1941

Segunda versión del conector.  
Conector "Y" francesa tridimensional  
modificado.



79. Piezas y detalles de la primera unión del sistema.  
1939.

80. Piezas y detalles del segundo tipo de unión del  
sistema. 1941.



[3] 1942 - 1944

Tercera versión del conector.  
Primer conector patentado como  
parte del Sistema del Panel Uiversal.  
(Código de la patente: US2355192)

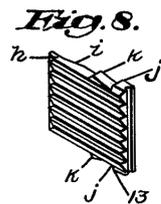
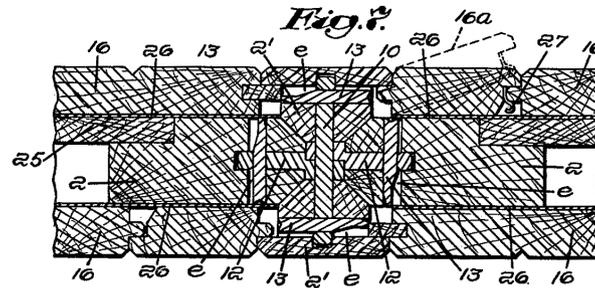
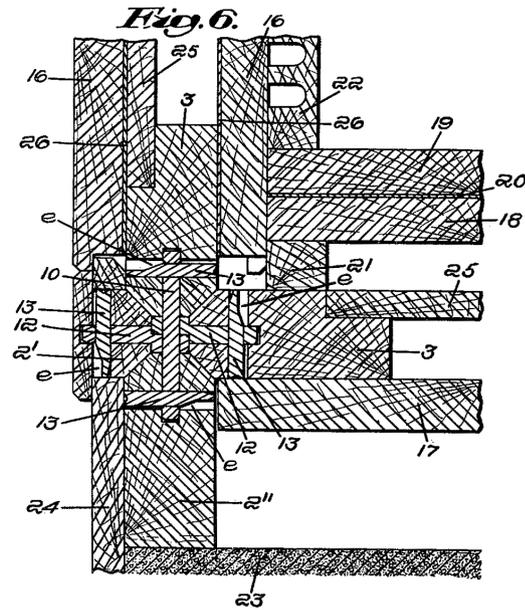


Fig. 9.

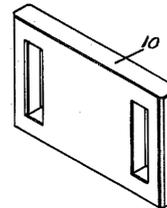
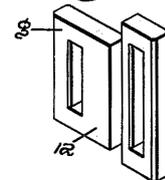


Fig. 10.

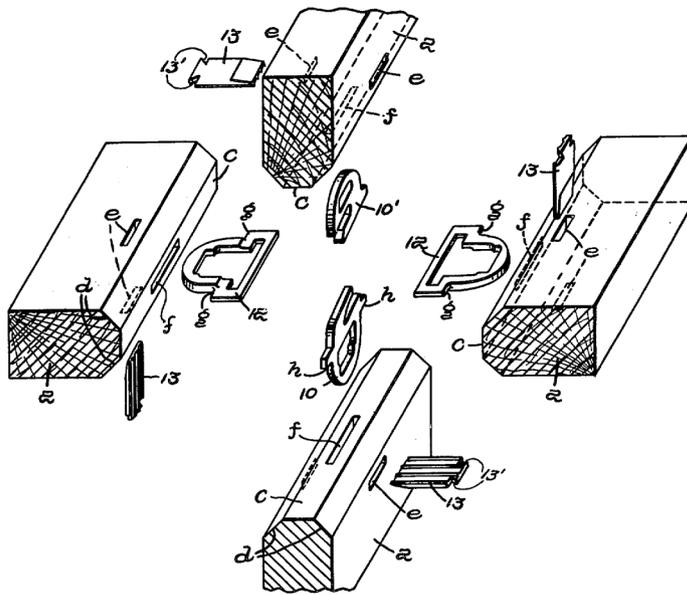
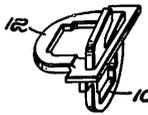
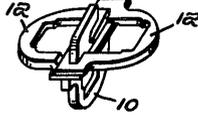
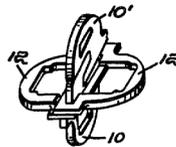
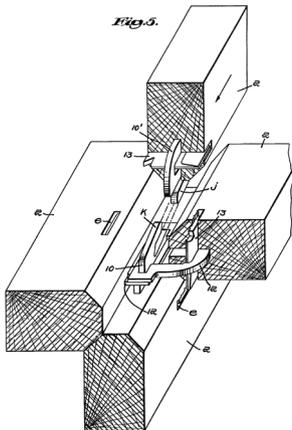
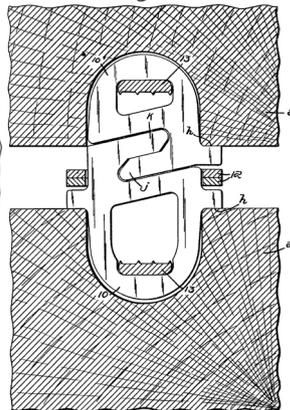
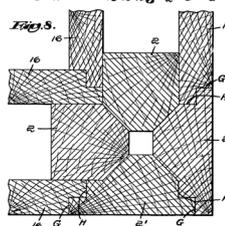
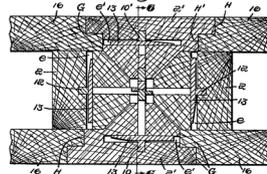


81. Piezas y detalles de la unión planteada para el sistema. 1942-1944.



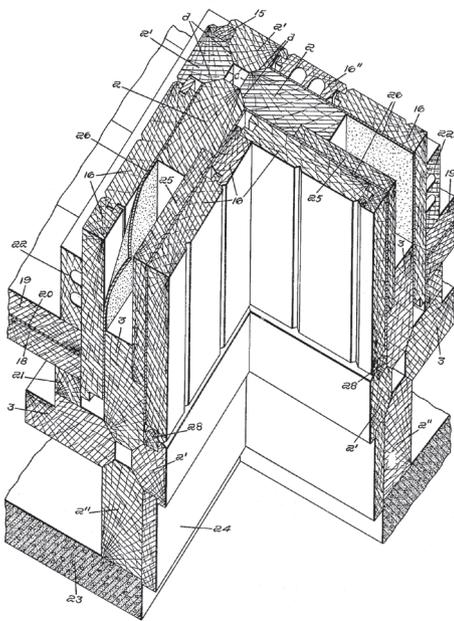
[4] 1945 - 1947

Cuarta versión del conector.  
Conector Final, patentado como parte  
del Sistema del Panel Uiversal.  
(Código de la patente: US2421305)

**Fig. 1.****Fig. 2.****Fig. 3.****Fig. 4.****Fig. 5.****Fig. 6.****Fig. 7.**

82. Piezas y detalles de la unión final del sistema.  
1945-1947.

## UNIONES DEL SISTEMA DEL PANEL UNIVERSAL

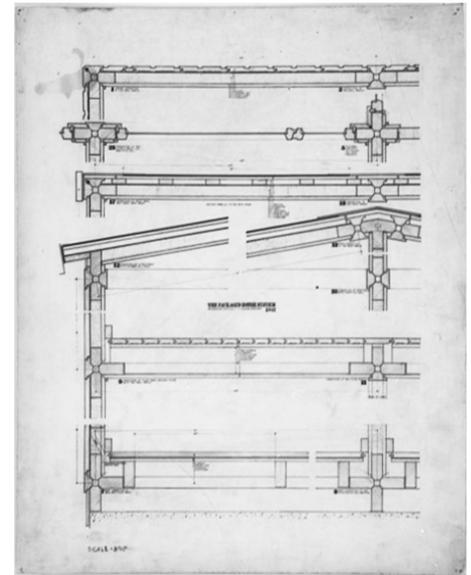
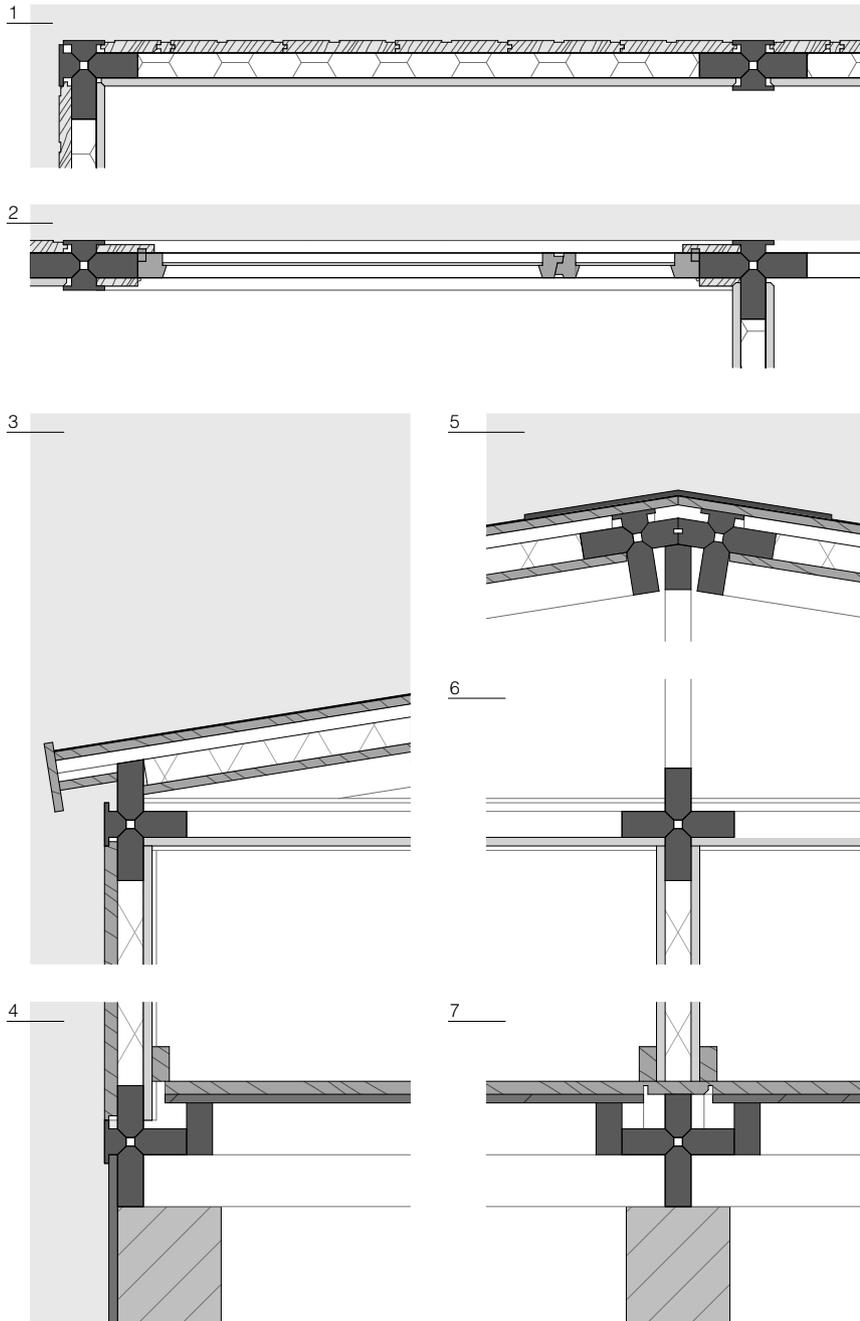


El método de unión de los paneles significaba un gran avance en la construcción; tenía que admitir que las casas se armen de una manera rápida y fácil. El sistema estaba pensado para que todos los paneles pudieran unirse de la misma forma, a través del conector metálico diseñado por Konrad Wachsmann. La precisión de cada elemento al juntarse establecía una estructura sólida.

Las uniones de los paneles son sencillas, parten de un corte a 45° en los bordes exteriores de los bastidores de madera. Al unir cuatro elementos se conforma un cuadrado al interior que se sujeta con el conector, como se puede ver en la imagen de la izquierda. Ésta es la unión principal; sin embargo, existe algunos puntos de la casa en los que existen pequeñas variaciones, como es el caso del cumbrero, en donde la unión es de más de cuatro piezas.

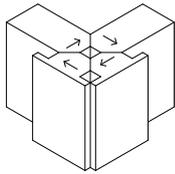
Los detalles principales de las uniones en planta y en sección se pueden ver en el dibujo colocado en la página siguiente; éste corresponde a una (re)construcción del plano ubicado en la parte superior de la misma página (*fig.84*). Las uniones en planta corresponden a los encuentros entre los paneles de pared exterior y panel de ventana. Los detalles de la sección corresponden a las uniones de un corte desde el panel del piso, la pared, el entrepiso, hasta la cubierta.

En la página 106, están colocados todos los tipos de unión que pueden realizarse a partir de los elementos de madera que conforman el sistema, en esquina, en poste, de un lado, dos lados, tres lados y cuatro lados.

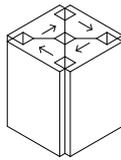


- [1] Detalla planta - Unión de paneles
- [2] Detalla planta - Paneles de ventana
- [3] Sección fachada - Cubierta
- [4] Sección fachada - Piso
- [5] Sección interior - Cubierta
- [6] Sección interior - Entrepiso
- [7] Sección interior - Piso

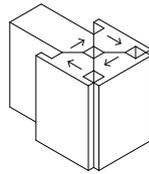
84. Lámina con secciones constructivas del Sistema del Panel Universal.



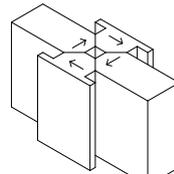
ESQUINA



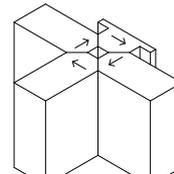
POSTE



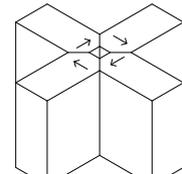
UN LADO



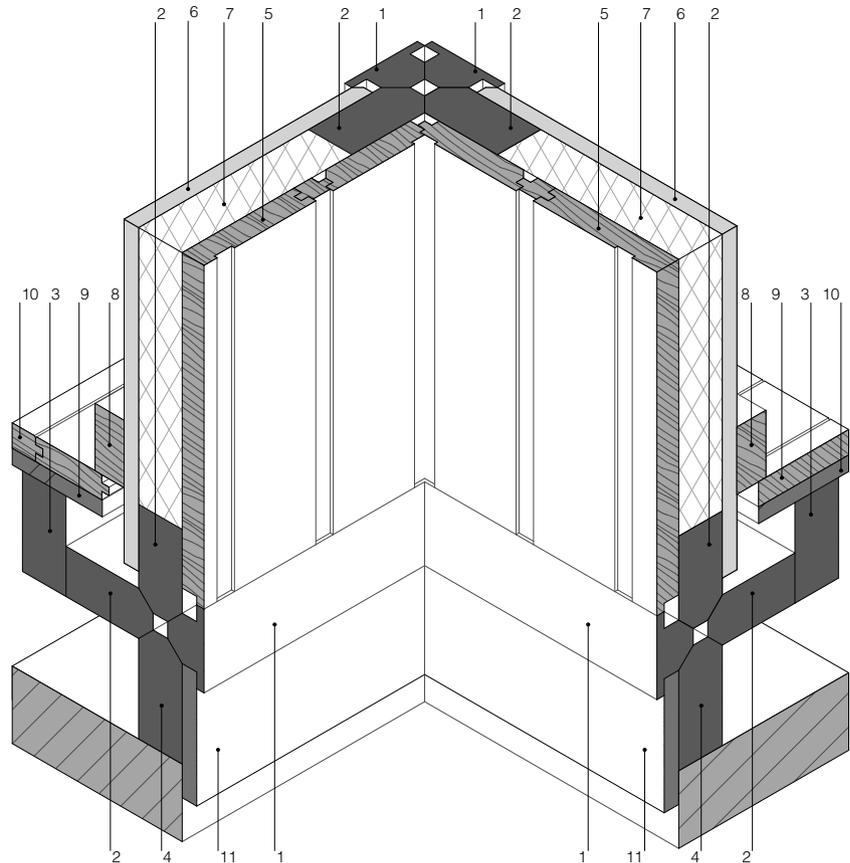
DOS LADOS



TRES LADOS



CUATRO LADOS



- [1] Estructura - Pieza de madera (1,5"x2,5")
- [2] Estructura - Pieza de madera (3"x1,5")
- [3] Estructura - Pieza de madera (3"x1,5")
- [4] Estructura - Pieza de madera (3,5"x1,5")
- [5] Recubrimiento exterior de madera (3/4")
- [6] Recubrimiento interior (1/2")
- [7] Aislamiento (1,5")
- [8] Rastrera (1"x2")
- [9] Impermeabilización - Piso (1/2")
- [10] Recubrimiento de madera - Piso (3/4")
- [11] Recubrimiento exterior (1/2")

## **CASO DE ESTUDIO**

(Re)construcción Casa A (TDU-1)





## CASA A (TDU - 1)

En 1941 Konrad Wachsmann y Walter Gropius impulsaron el diseño del Panel Universal con el propósito de conseguir un sistema constructivo estandarizado de madera para viviendas emergentes. El proyecto carecía de clientes y emplazamientos reales, pero más allá de eso, los arquitectos buscaron proponer casas que sustenten las necesidades de la época. Poniendo en evidencia las ventajas que tiene este sistema con respecto al tiempo y costo de montaje.

*“Para crear un nuevo modelo de casa a bajo precio, de alta calidad, con los servicios que se requieran y compuesta por partes estandarizadas que pueden ser intercambiables para usarse en diferentes formas y con una variedad de tamaños. Estas casas deben ser desmontables para su reubicación, pero simultáneamente para ser permanentes en un lugar cuando se requiera.” (GROPIUS & WAGNER, 1941. Citado en HERBERT, 1986)*

El Sistema del Panel Universal se pensó principalmente desde la estructura y la espacialidad, de tal manera que dé lugar a varias tipologías de viviendas unifamiliares. Para poder concretar el proyecto como una idea tangible, los arquitectos plantearon un prototipo de casa a la que llamaron “Casa A” o “TDU-1”. Junto a ésta prepararon seis planos con las plantas y detalles del proceso de armado. Este prototipo fue recreado a escala real en Long Island, Massachusetts, en donde fue exhibido al público y autoridades de la ciudad. Un dato importante que fue contundente para este proyecto fue la duración del montaje, los arquitectos proponían que se arme y desarme en un solo día, lo cual sí fue posible.



## ANÁLISIS DE PLANOS DE LA CASA A (TDU-1)

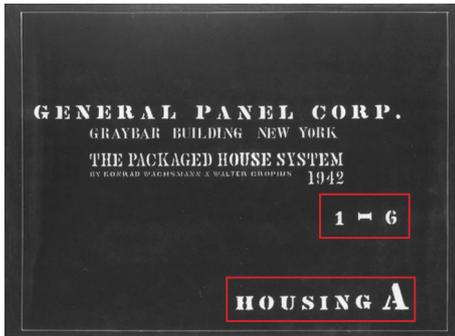
La “Casa A” estaba planteada como un prototipo de muestra, en donde se puede ver claramente la organización y estructura que se propuso para el Sistema del Panel Universal; además, aquí se detallan las cualidades de éste. Es por ello que se decidió realizar una (re)construcción de la vivienda en base a los planos encontrados.

Fue necesario reconocer cada una de las partes del sistema, lo cual se realizó previamente en el capítulo 03, en donde se consideraron todos los elementos que conforman la vivienda y cómo están compuestas cada una de las partes.

En esta parte de la investigación, el objetivo es entender la consistencia estructural, espacial y funcional que el sistema posee, a partir de la experiencia visual que nos permite la (re)construcción virtual. Esto será posible a través de la aproximación y revisión de los planos y fotografías que se encontraron, y de la comprensión de cada uno de los detalles descritos en ellos.

La (re)construcción se iniciará con una mirada de la composición formal y funcional, a través de dibujos bidimensionales y tridimensionales; es decir, plantas, alzados, axonometrías y perspectivas, en donde se apreciarán las características del proyecto. Posteriormente se despiezará la vivienda para comprender cómo está conformado estructuralmente el sistema constructivo en base a los paneles y a la unión con el conector metálico. Finalmente se considerará cómo estas dos partes se compenetran y se organizan de tal manera que dan lugar a la vivienda.





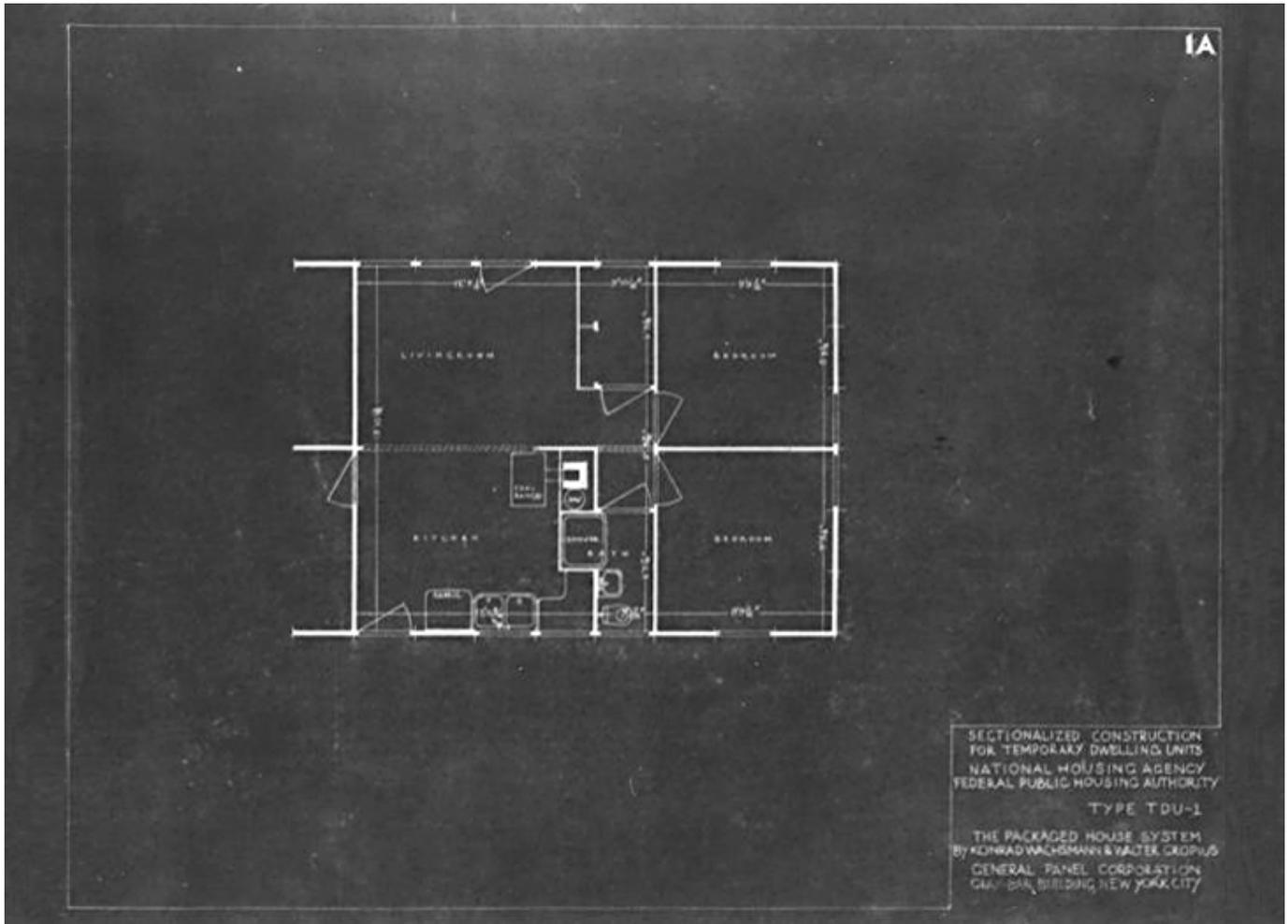
El acercamiento a la obra se inicia con una revisión de la información gráfica obtenida, en este caso una secuencia de planos numerados que pertenecen a la información de la Casa A. Estos documentos contienen medidas de la casa, la colocación de las estructuras, referencias del armado y algunos detalles de los paneles y las uniones.

La imagen con la que inicia esta secuencia de planos es la portada y se puede ver a la derecha de esta página (*fig.86*). Aquí se especifica que son 6 planos los correspondientes a la Casa A. Posiblemente los arquitectos adjuntaron a estos otros planos en donde se detalle con mayores rasgos cada panel y su unión, de manera que sea fácil la comprensión del sistema y su construcción.

En el plano que se muestra en la página siguiente (*fig.87*), está la planta general de la casa con la distribución de cada espacio. Se puede observar que la vivienda está planteada para una familia de máximo cuatro miembros y se resuelve en un solo piso. La función de cada zona se reveló gracias a los textos que se encuentran escritos dentro del dibujo. La casa cuenta con seis espacios definidos, sala, cocina y dos dormitorios, más un baño completo y un pequeño cuarto que puede convertirse en estudio o bodega, pues no se detalla su función específica. Se distingue también, la ubicación de un porche en uno de los laterales de la casa.

La distribución se realiza dentro de una planta rectangular. Se percibe claramente una simetría en el sentido largo de la casa, este fraccionamiento define la organización del interior. En el lado izquierdo se ubican las áreas sociales, sala y cocina; éstas se encuentran conectadas en un solo ambiente. En el lado derecho están los espacios privados, los dos dormitorios. En el centro de la casa se colocan las zonas húmedas, el baño, los ductos y los equipamientos de la cocina, además de un pequeño espacio delimitado por tabiques diferentes a los paneles.

En el plano se distinguen tres accesos, por lo que no es fácil determinar cuál es el principal, al ser una vivienda pequeña están muy próximos entre ellos. Sin embargo, esto nos hace pensar que los arquitectos dejaron planteadas varias entradas con la intención de mostrar las posibilidades del sistema. En este plano también se pueden distinguir los sitios en donde se propone la ubicación de las ventanas.



Esta imagen pertenece al grupo de planos elaborados para la construcción del prototipo "Casa A". Los autores han denominado la secuencia de imágenes con números para mantener una continuidad en la lectura. Este plano No.1 contiene la planta con la distribución de los espacios y la ubicación de los paneles.



Del exterior no se puede decir mucho, en el dibujo que se observa de la casa están resueltas solamente las áreas interiores. La única posibilidad de una conexión con la parte de afuera, es el porche ubicado en el lado izquierdo, un pequeño espacio fragmentado por el eje de simetría. Al ser un prototipo de vivienda, probablemente los arquitectos no estimaron dejar mayores referencias del exterior, con la intención de que sea únicamente una muestra de las posibilidades de organización que tiene la estructura.

La disposición del mobiliario no se especifica en esta imagen. No obstante, sí se puede determinar el espacio distribuido en la cocina, la ubicación de los ductos y los equipamientos del baño. Este dibujo de la planta nos da una primera idea de la propuesta funcional y estructural de la vivienda.

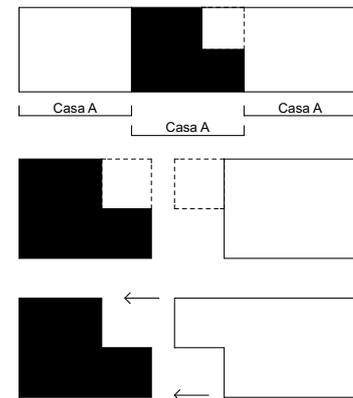
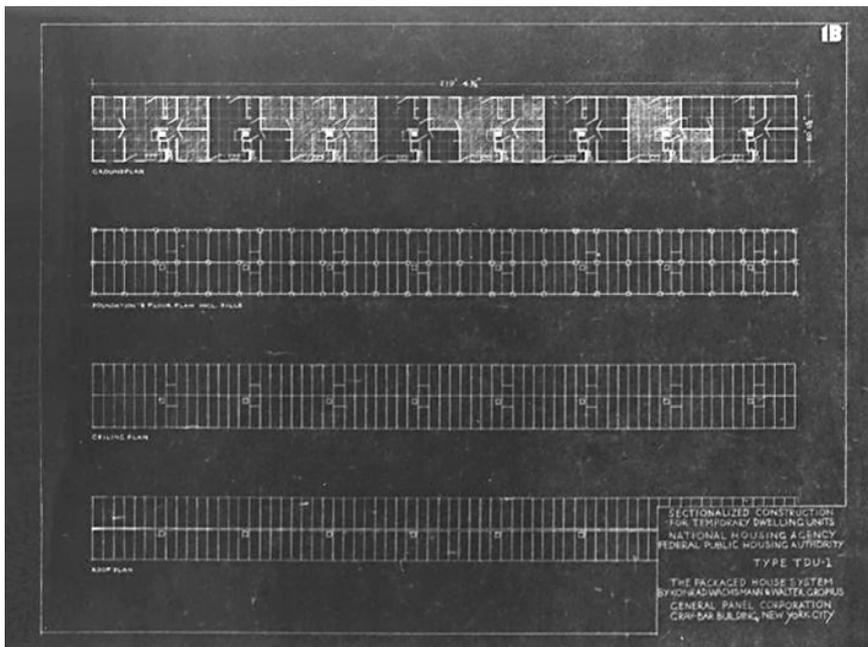
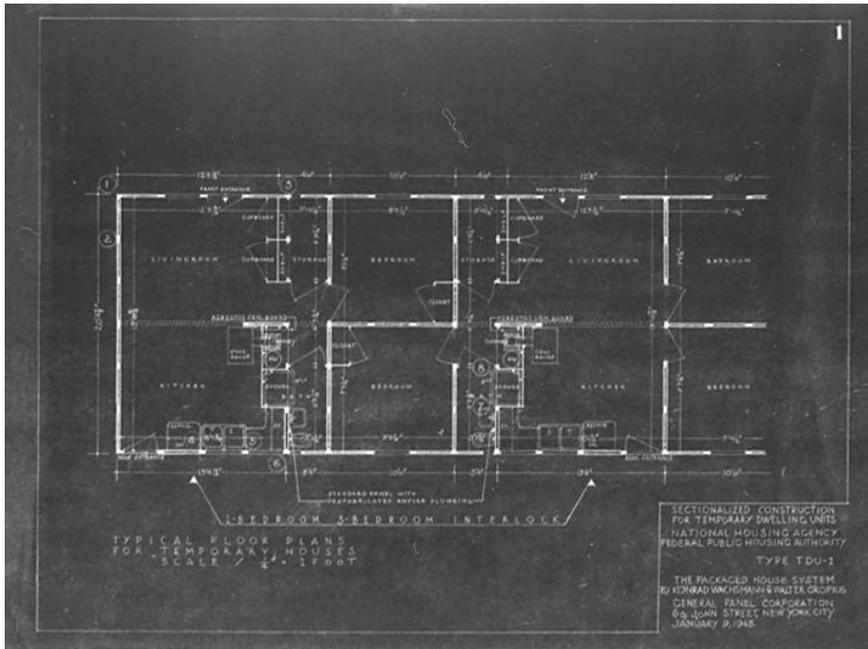
Los planos de la página 115 (*fig.88; fig.89*), sugieren las posibilidades que tiene el sistema para crecer y agruparse, en este caso en hileras de viviendas colectivas. Éstas son experimentaciones con el sistema que realizaron los arquitectos a partir de la Casa A. Se dejan expuestas varias opciones de tamaños para las casas y en algunos casos están traslapadas unas con otras. Esto permite utilizar la misma estructura para dos residencias contiguas y así extenderse ilimitadas veces, como se explica en el diagrama lateral (*H*) junto a la segunda lámina (*fig.89*).

En el plano inferior (*fig.89*) podemos observar cuatro plantas de las viviendas, planta general, planta de cimentación, planta de entresijos y planta de cubiertas. Solo la primera corresponde a una planta arquitectónica, en las otras tres se muestra únicamente la ubicación de la estructura de los paneles. Estas ayudaron a comprender como está organizada estructuralmente la casa, porque no existen planos del entresijo ni de la cubierta de la Casa A.

El plano de la página 116 (*fig.90*) contiene la especificación de los paneles que se utilizaron para la construcción de la Casa A. Estos corresponden en estructura y en forma con los revisados anteriormente en el capítulo 03. En este mismo plano observamos la única sección existente de la casa y se puede identificar como está dispuesto el piso, el entresijo y la cubierta, además en el gráfico están acotadas algunas dimensiones de alturas. Esta sección es importante para el entendimiento de la estructura de la casa.

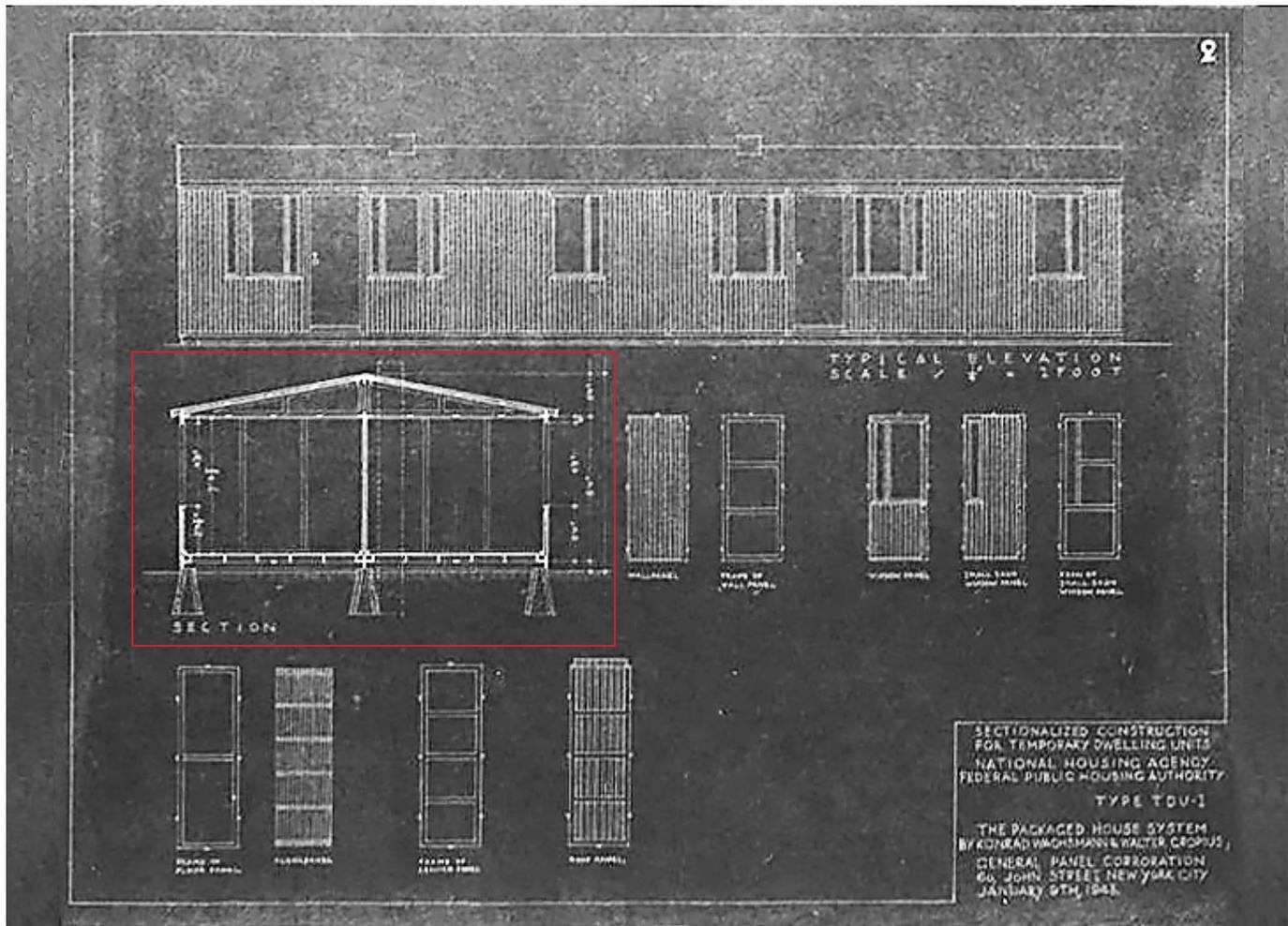


Son algunos los planos encontrados con propuestas de viviendas colectivas armadas a partir del Sistema del Panel Universal. Las dos imágenes expuestas aquí, son experimentaciones en base a la "Casa A", con pequeñas variaciones en la forma de la planta que permitan espacios solapados de tal manera que puedan compartir la misma estructura.

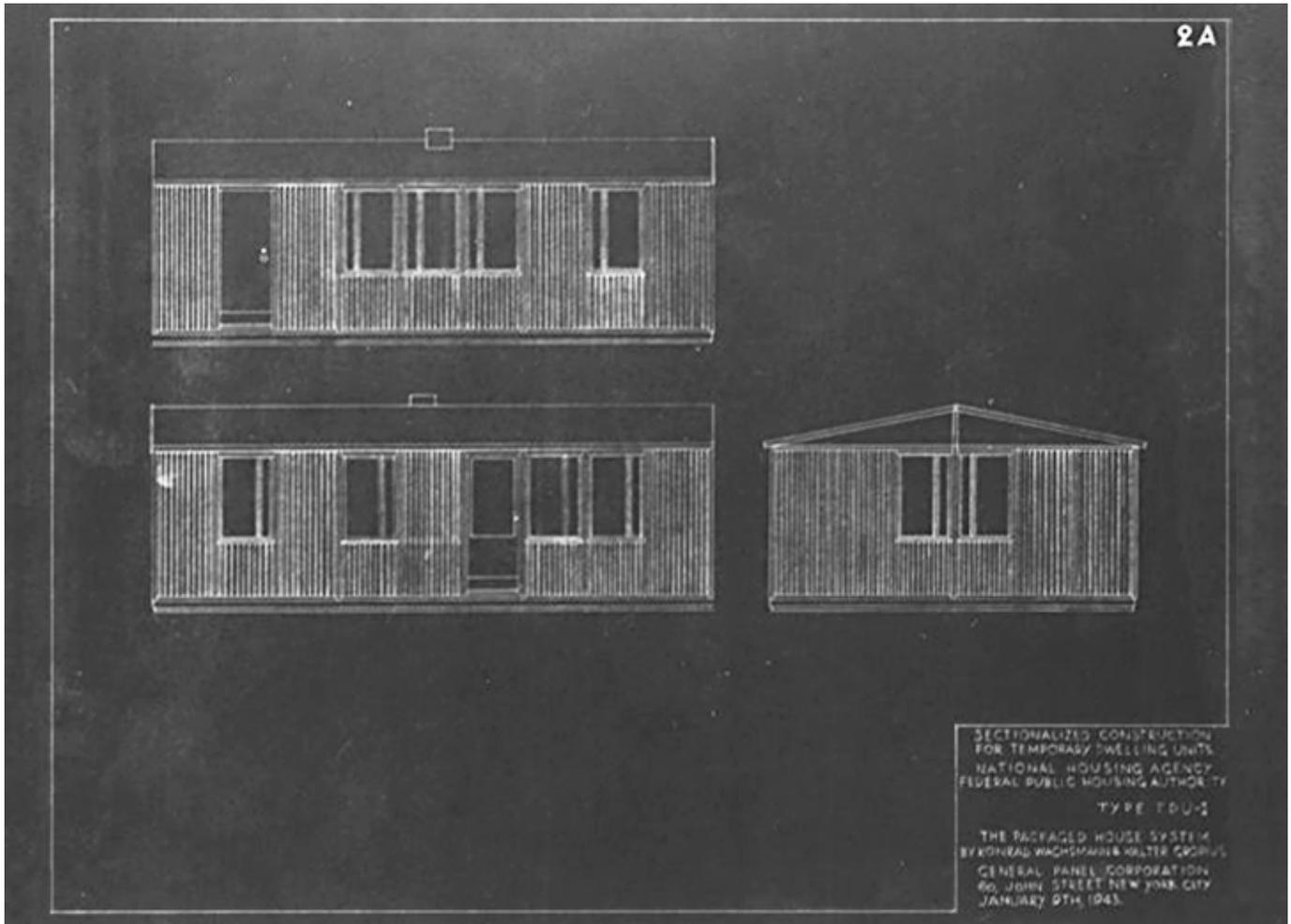


H - Diagramas de organización de las viviendas.

88. Lámina No.1 de los planos de la "Casa A".  
89. Lámina No.1B de los planos de la "Casa A".  
H. Diagrama de apoyo para el análisis.



En el plano No.2 de la secuencia, se definen los elementos que se requieren para la construcción de la Casa A. Este contiene la única sección en donde se distinguen las alturas de la casa y el armado completo desde la cimentación hasta la cubierta.



El plano No.2A complementa la información del plano No.2. En éste se encuentran tres alzados de la casa, no existe el cuarto alzado, sin embargo, a partir de la planta se puede definir.



En las imágenes de las páginas 116 y 117 (*fig.90; fig.91*), se confirma que la casa es de una planta al observar la sección y los alzados existentes. También se ve que la cubierta está resuelta a dos aguas y tiene un ducto de instalaciones en la mitad. En base a los dibujos de los alzados se puede definir la ubicación de cada tipo de panel, es decir, donde va una ventana, donde va una puerta y donde un panel de pared.

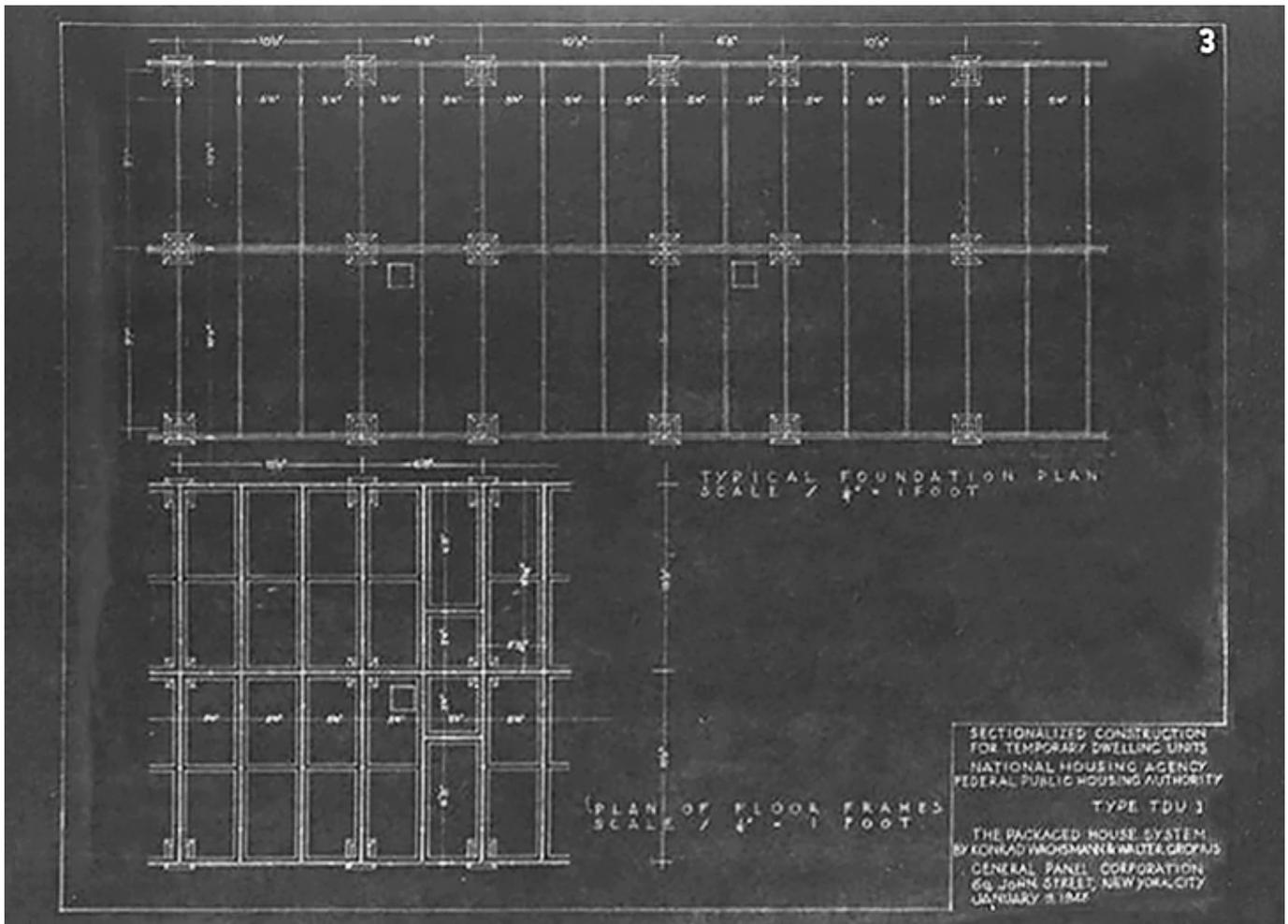
Con esta información se visualizan las características principales de la propuesta. Sin embargo, debido a la baja calidad de las imágenes y a que se encuentran en blanco y negro, no es posible distinguir la materialidad de cada uno de los elementos.

Los gráficos que se muestran a continuación detallan algunas particularidades de la estructura y de la construcción del sistema. El plano de la página 119 corresponde a una planta con la cimentación y parte de la estructura del piso (*fig.92*). En este dibujo está la ubicación y la retícula dentro de la que se colocan los paneles. Se puede ver la utilización de zapatas aisladas en algunos ejes, que se colocan cada dos o tres ejes.

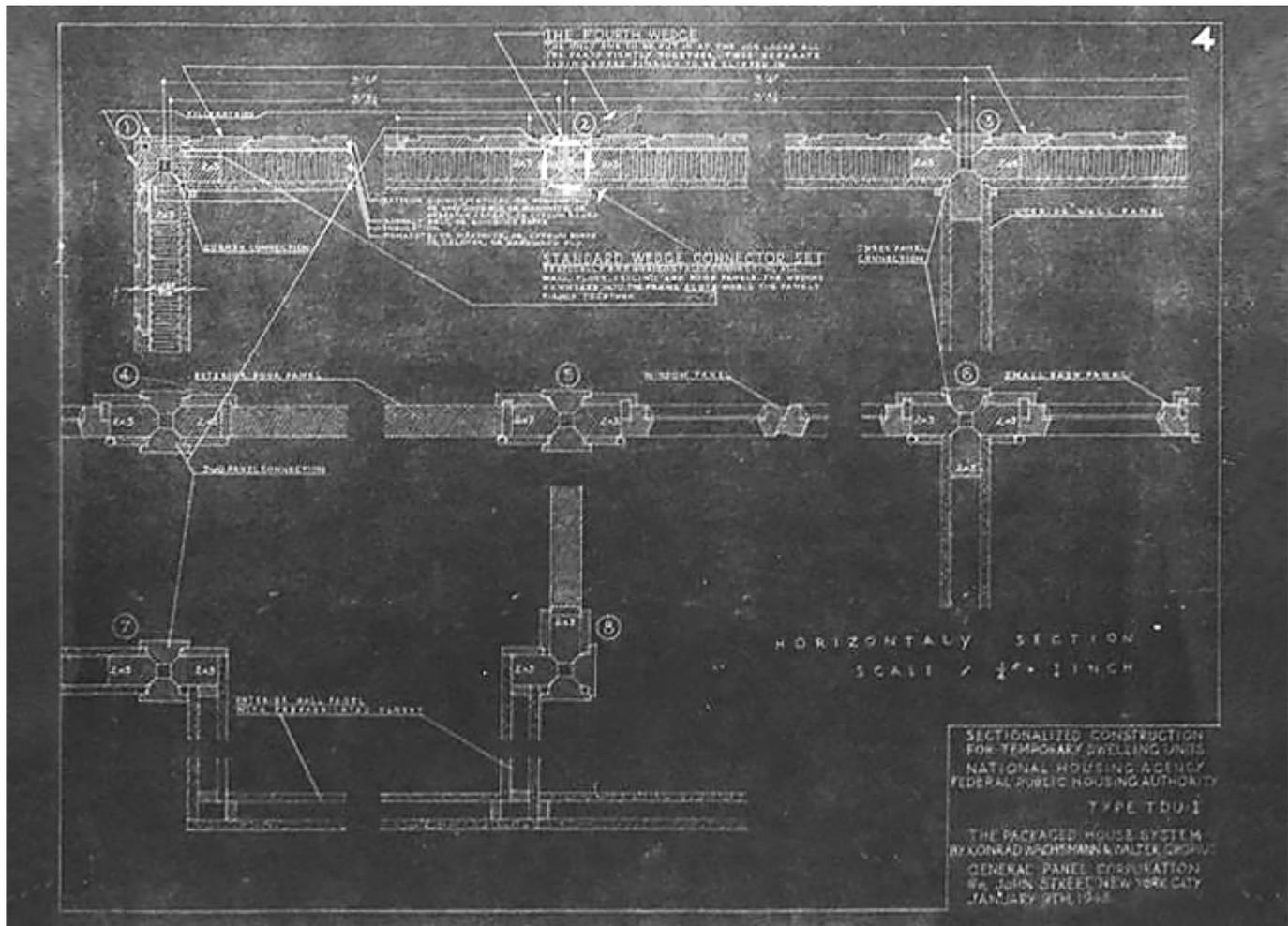
Los planos de las páginas 120, 121 y 123 corresponden a secciones constructivas y detalles del armado de la vivienda (*fig.93; fig.94; fig.95*). Estos gráficos son semejantes a los presentados en el capítulo anterior junto a los dibujos de los paneles y las uniones del sistema, y coinciden también con las fotografías que se analizaron del montaje de las viviendas en la fábrica del Panel General.

El plano de la página 120 contiene detalles de las uniones de los paneles únicamente en planta (*fig.93*). En estos gráficos se muestra cómo se ensamblan y estructuran los elementos cuando se colocan contiguos, en una esquina o en una unión de tres partes. Aquí se definen las piezas estructurales y de revestimiento que se utiliza en el armado de las viviendas. También se especifica cuándo son paneles para una pared interior, exterior, un panel de ventana o de puerta.

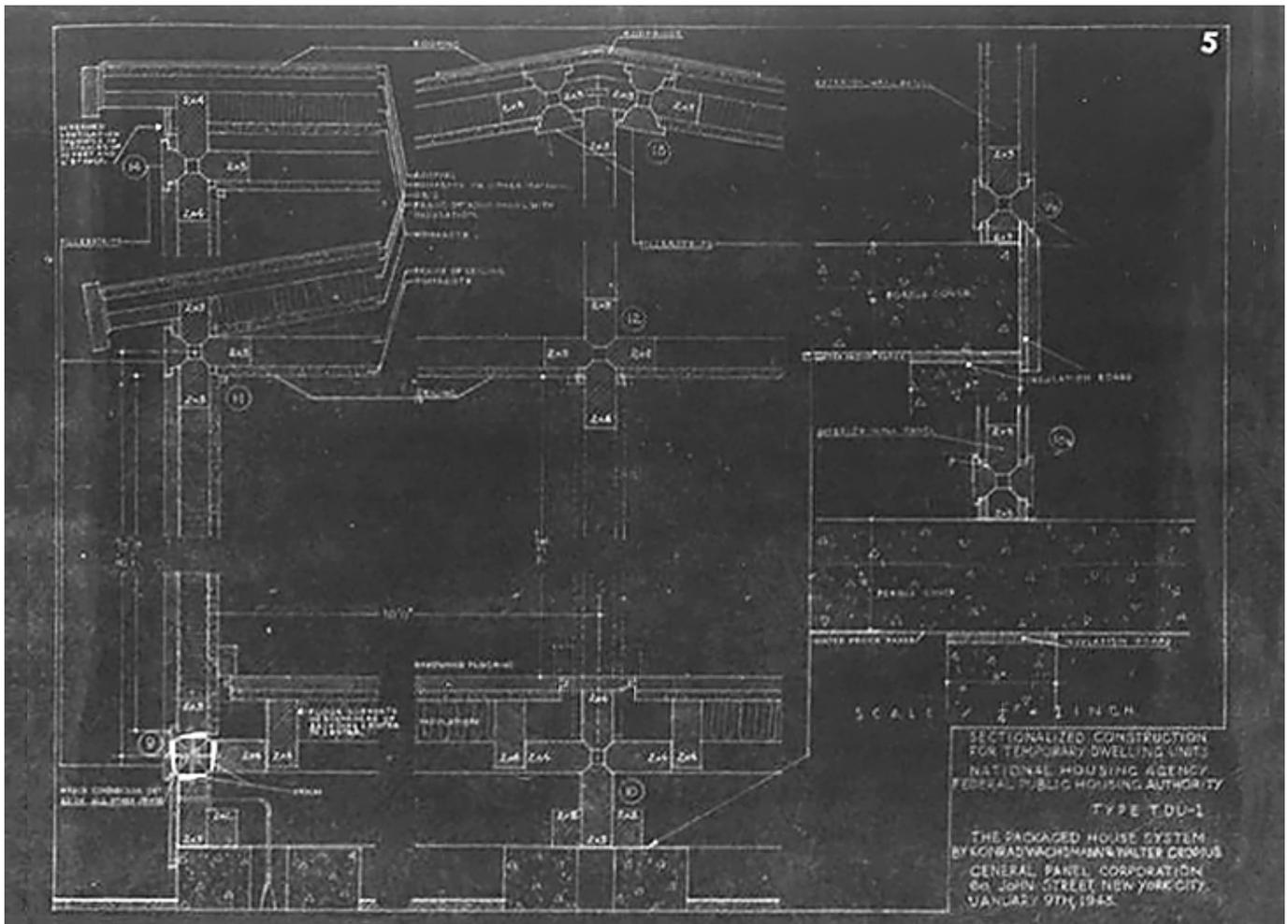
En este mismo plano está el detalle de las divisiones que se utilizan cuando se requieren espacios con dimensiones diferentes a las del módulo, como se puede ver en el detalle 7 y 8 del plano. La construcción de éstas es similar a la de los paneles, se estructuran con bastidores de madera más pequeños y se recubren con el mismo material liso del interior y un aislante en el medio. Estos se colocan haciendo un giro en las esquinas de la unión para poder ensamblarse a las estructuras del panel.



En el plano No.3 esta la única planta con la distribución de la estructura de los paneles. Se observan varias acotaciones, sin embargo, no es posible distinguir las dimensiones por la calidad de la imagen.



El plano No.4 contiene gráficos detallados con las uniones constructivas de la casa en planta. En éste se pueden determinar las piezas de la estructura y los revestimientos que se colocan al exterior y al interior.



En el plano No.5 se observa la sección constructiva principal de la casa y se especifica cómo es la unión de los elementos de cada nivel, piso, paredes, entrepiso y cubierta.

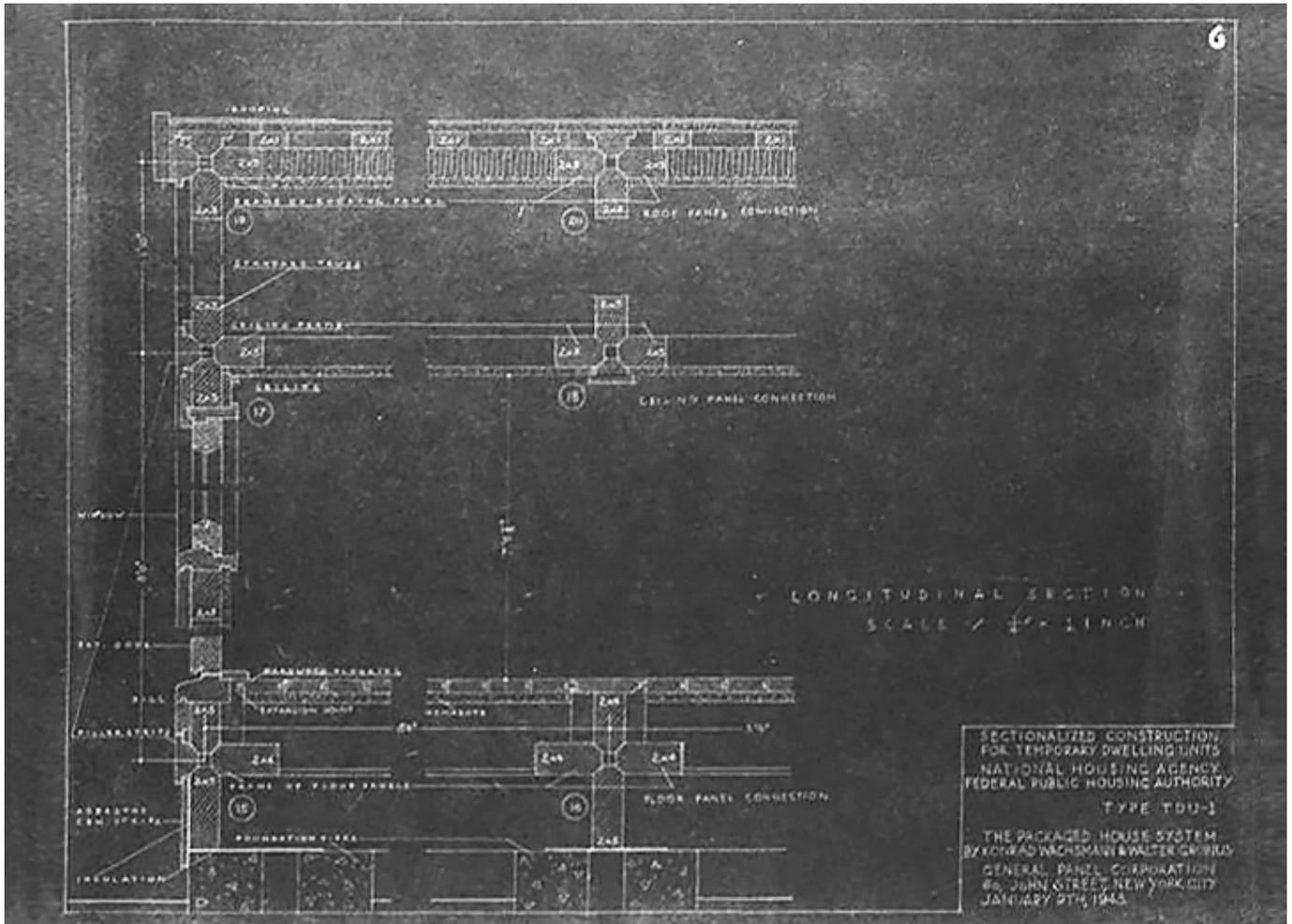


En el plano de la página 121 está la primera sección constructiva de la casa (*fig.94*), se puede ver cómo está conectado el panel desde el piso hasta la cubierta inclinada. Se empieza con un elemento de madera colocado sobre un muro de bloque por encima del cemento; éste estructura el panel que va por encima. Al final se llega a una esquina en donde se asienta la cubierta que sobresale del eje del panel, con la intención de proteger del agua la fachada.

Existen piezas, además del panel, que se utilizan para unir las estructuras cuando no se colocan cuatro paneles en un vértice, debido a que se requiere cuatro elementos para conformar la unión. Éstas tienen la misma forma de las piezas utilizadas en el armazón del panel; con dos de sus esquinas cortadas a 45°; sin embargo, en algunos casos cambian de tamaño o como en el caso de la cubierta, se requiere de un corte inclinado en el borde para poder adaptarse a la pendiente.

En el plano de la página siguiente encontramos otra sección constructiva (*fig.95*), el corte pasa seccionando un panel de ventana y se puede ver la unión de éste con la cubierta.

En estos planos no están todos los detalles de la casa; además, como se mencionó, la calidad de las imágenes no permite visualizar toda la información descrita. Por ello, para la (re)construcción de la "Casa A" fue necesario realizar una comparación y complementar la investigación con datos obtenidos en el análisis del capítulo 03. A partir de esto es posible definir las características necesarias para su edificación y distinguir los valores formales y estructurales que plantearon los arquitectos en el sistema.



El plano No.6 es el último de este conjunto y es un complemento del plano #5, también se muestra una sección constructiva de la casa.



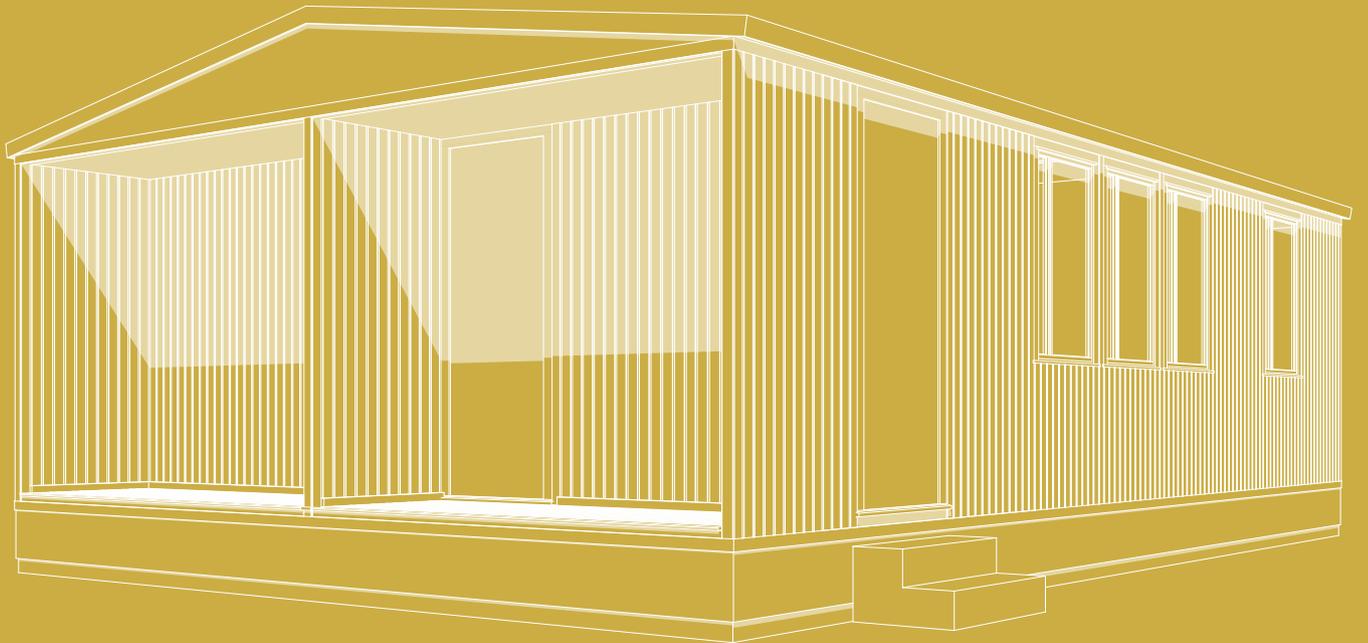
## (RE)CONSTRUCCIÓN DE LA CASA A (TDU-1)

*"Partir de un edificio como objeto de (re)construcción obliga a fijar la mirada en un universo ordenado, lo que incita al reconocimiento de los criterios de construcción -formal y material- que determinan su apariencia." (PIÑON, 2005)*

El objetivo de la (re)construcción de la Casa A, es constatar que las intenciones de los arquitectos del proyecto dieron lugar a un sistema organizado en base a una única pieza articulada que podía repetirse infinitamente para configurar las viviendas. A pesar de que existe el material necesario para el modelado 3D, no se tiene toda la información de los detalles de unión y se encontraron algunas variaciones dentro de los planos y fotografías que dificultan el entendimiento.

No obstante, sí es posible visualizar la casa armada con las estructuras del Sistema del Panel Universal. Se ha expuesto una secuencia de gráficos en dos grupos, cuyos dibujos corresponden a representaciones bidimensionales y tridimensionales. El primer segmento muestra la distribución de la planta y cómo la vivienda se organiza formal y funcionalmente, a través de dibujos de alzados y perspectivas. En el segundo grupo la intención es comprender el sistema estructural y constructivo de los paneles y las piezas que forman el sistema.

El propósito de esta muestra gráfica es conocer cómo se consolida la arquitectura de la obra. Exteriorizar cuáles son los valores formales y funcionales de un sistema estandarizado que fue desarrollado desde una lógica estructural planteada como eje del sistema.





Para este primer grupo de gráficos que se presentan a continuación, se puede señalar que la (re)construcción realizada es el resultado del análisis previo de los planos y de una clasificación de la información obtenida. Se realizaron varios dibujos a través de una herramienta digital BIM que permitió darle forma a la “Casa A”.

## PLANTA

La (re)construcción bidimensional de la planta de la casa fue lo primero que se hizo. Se trazó en base a dos recursos, inicialmente se tomó como referencia el plano de ésta. En vista de que no es posible visualizar las medidas en el dibujo, se prosiguió a establecer las dimensiones a partir de los paneles (re)construidos en el capítulo 03. Con estos datos se pudo delimitar la forma rectangular que tiene la casa y también se pudo establecer el área (no exacta) de la casa, la cual es  $541,18\text{pie}^2$  ( $54\text{m}^2$ ).

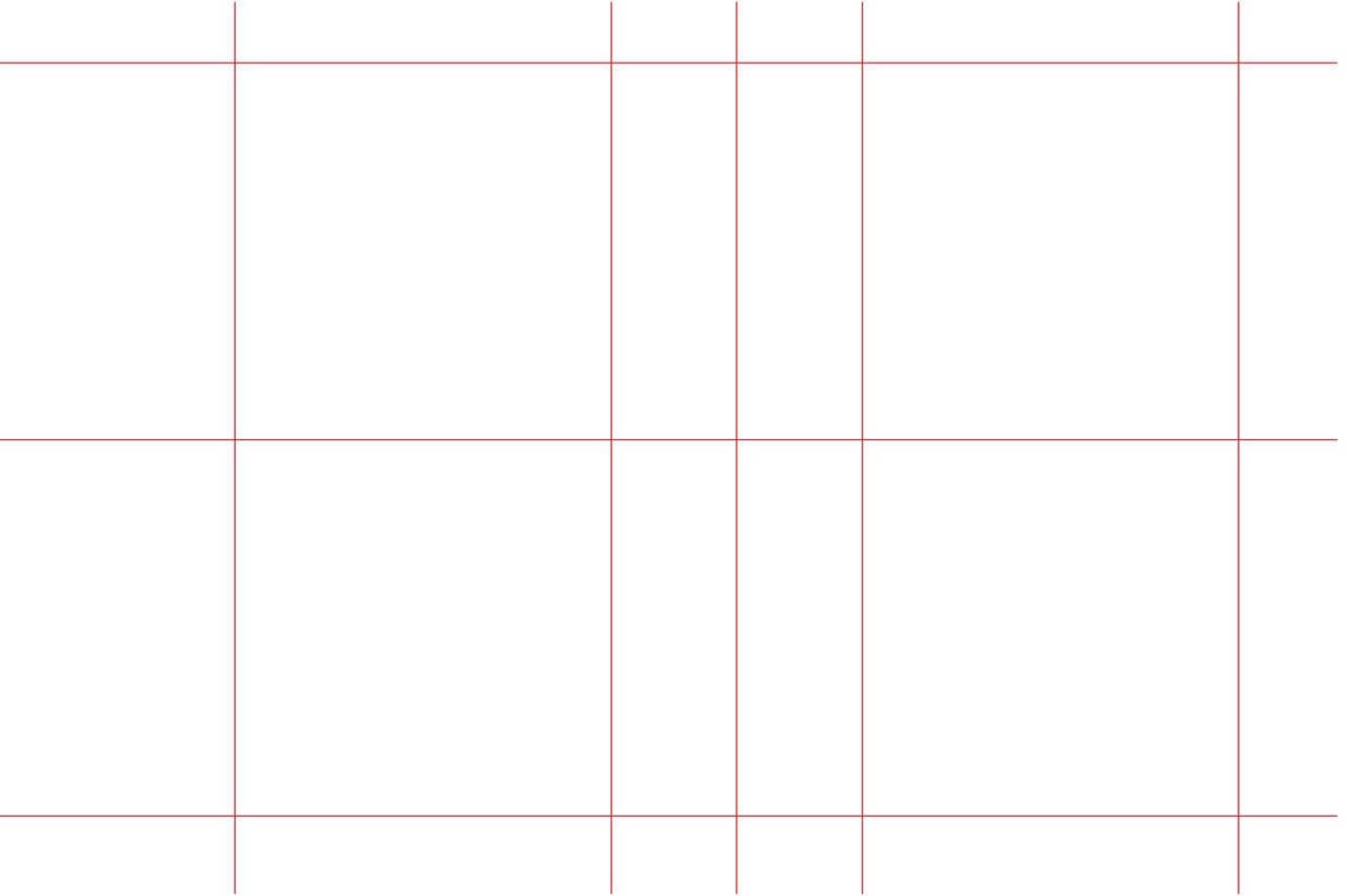
En este momento se ha colocado, para efectos de estudio, la planta dibujada sobre el plano existente, como se puede ver en los gráficos de la página siguiente. Las descripciones generales de la casa como la ubicación de los espacios, los accesos y la forma funcional, se señalaron en la aproximación que se hizo del plano y con eso se situó en el dibujo; sin embargo, durante la (re)construcción se distinguieron algunas características importantes.

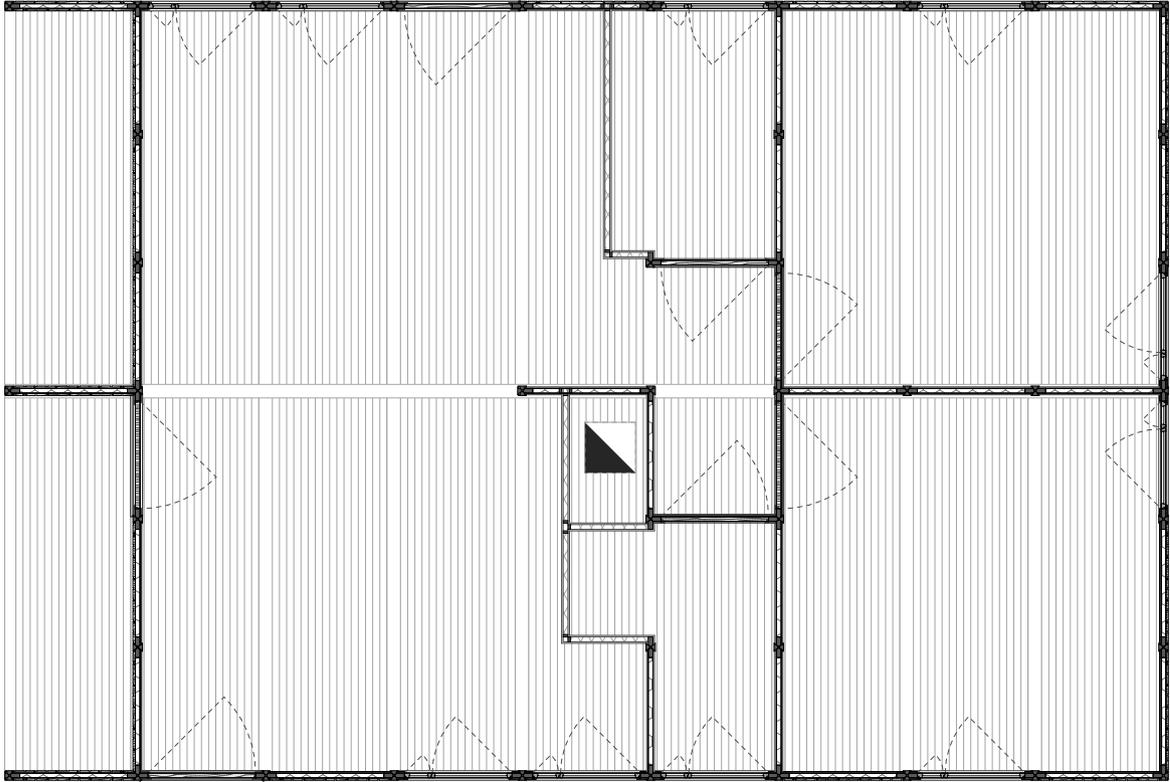
Sobre las dos plantas de la derecha se ha colocado una tercera capa que señala los ejes de los paneles, aquí se puede identificar la simetría existente que se mencionó anteriormente. Existen tres ejes en el lado más largo y cinco en el corto. Como se puede ver, estos no están separados por más de tres paneles en ninguno de los dos casos. El sentido de esto es un principio estructural del sistema, puesto que sobre los paneles se colocan los elementos que soportan la cubierta y requieren de una distancia máxima.

Podemos identificar que la planta de la casa está delimitada por nueve paneles en los lados más largos y seis en los cortos. En el interior la colocación de estos depende de la organización de los seis espacios que se distinguen, sala, cocina, dos dormitorios, baño y un espacio multifuncional.

En vista de la inexistencia de mobiliario, se vio pertinente una ambientación para explicar la organización de los espacios, como se puede ver en el gráfico de la página 128. Esto se propuso en base a las fotografías encontradas de casas relacionadas con los arquitectos y con el sistema, también en base a la designación de cada espacio revelado en los textos que aparecen en el plano.

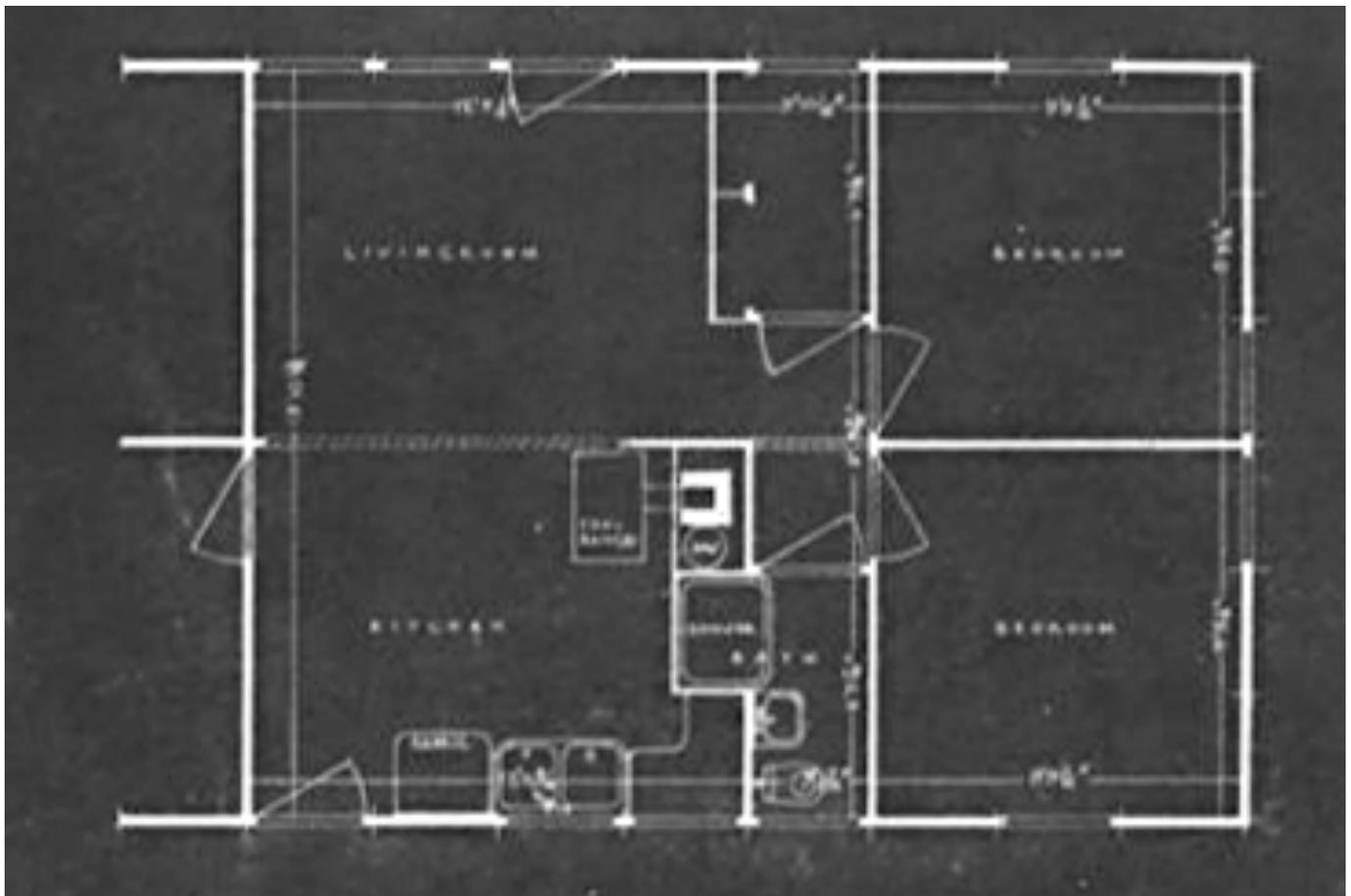
96.(der.) Acercamiento de lámina No.1A de los planos de la "Casa A".







# Planta general

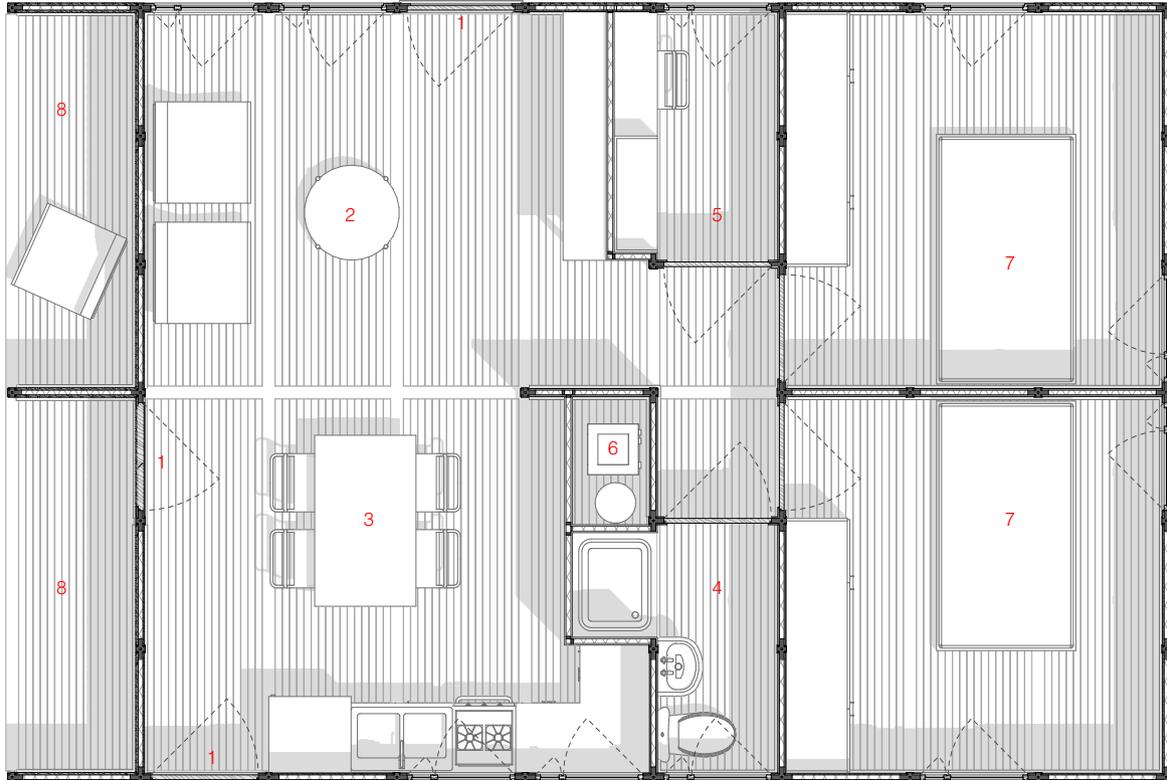




## Planta general con mobiliario



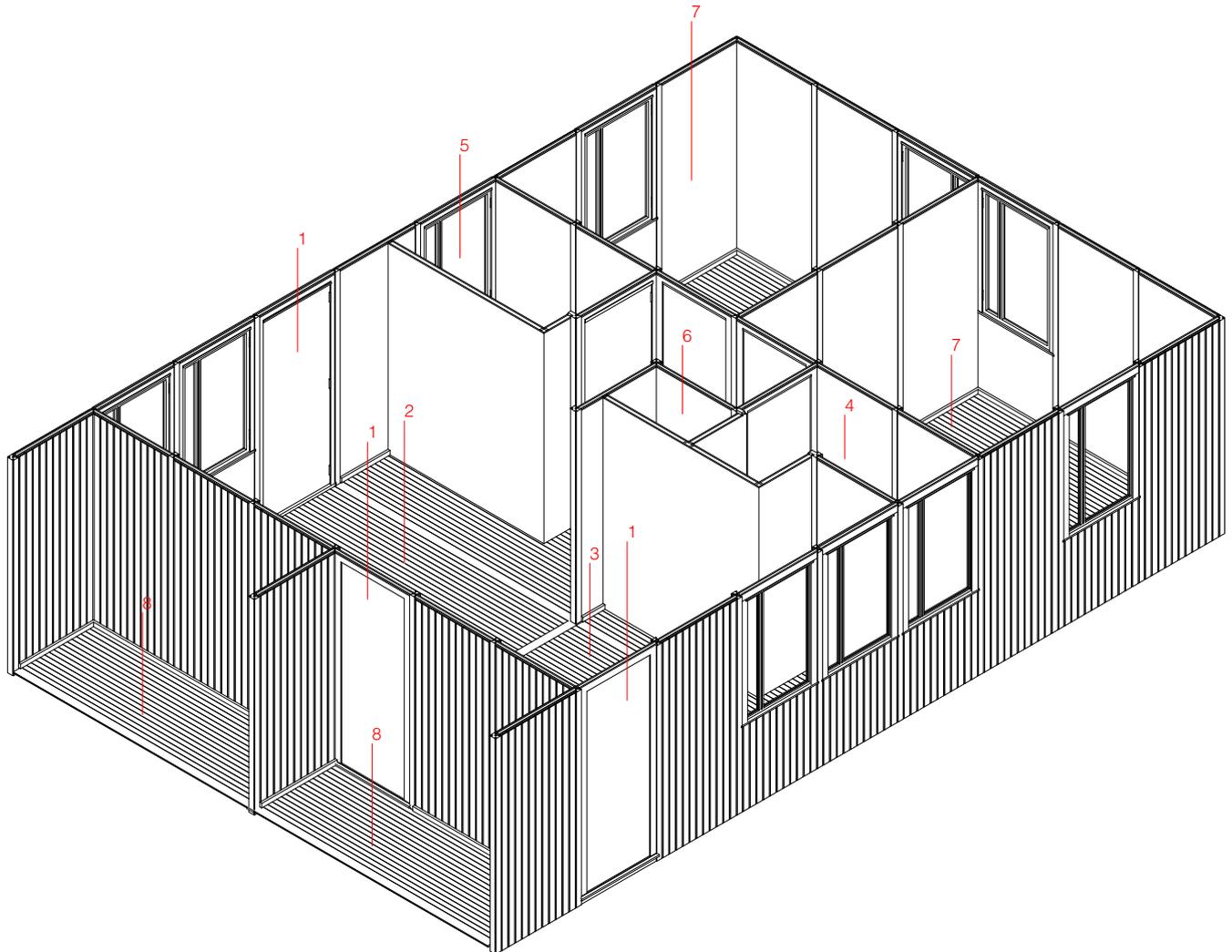
- [1] Ingreso
- [2] Sala
- [3] Cocina / Comedor
- [4] Baño
- [5] Espacio multifuncional
- [6] Ducto
- [7] Dormitorio
- [8] Porche





# Axonometría general

- [1] Ingreso
- [2] Sala
- [3] Cocina / Comedor
- [4] Baño
- [5] Espacio multifuncional
- [6] Ducto
- [7] Dormitorio
- [8] Porche





Es importante mencionar que en algunos paneles, tanto de puertas como de ventanas, se modificó el sentido de las aberturas del plano original. Esta decisión se tomó en base a fotografías revisadas de viviendas construidas y al correcto funcionamiento que deben tener. El cambio no afecta en la articulación de los elementos, porque las estructuras se mantienen con la idea original.

Todos los elementos observados en los planos han sido colocados en estos gráficos bidimensionales que explican la parte funcional de la casa. Continuando la (re)construcción se colocaron los paneles de piso, paredes, ventanas y puertas de forma tridimensional para comprender la disposición espacial que tiene ésta, como se puede ver en el gráfico de la página 129.

## ALZADOS

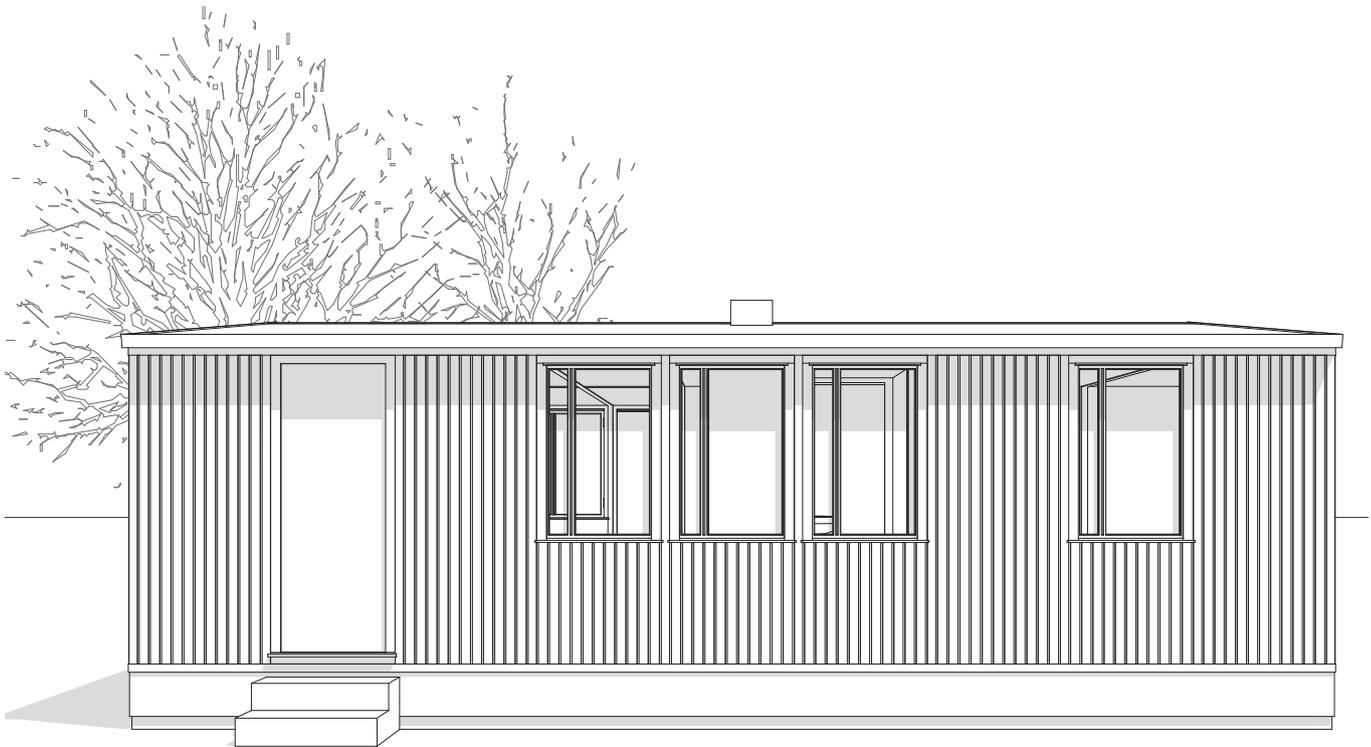
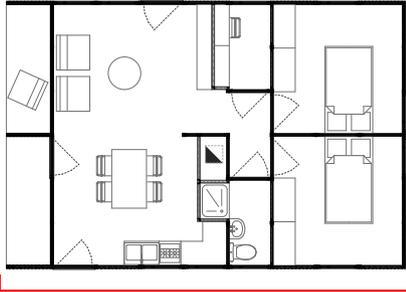
Después de un recorrido por la planta de la casa podemos mencionar ahora ciertos aspectos que se muestran en la (re)construcción de los alzados. Para este proceso fue necesario además de los planos contar con cada uno de los paneles señalados en el capítulo 03. En los alzados de las siguientes cuatro páginas, podemos observar que la vivienda se organiza con una dinámica simple, una propuesta austera formal y espacialmente, pensada como una propuesta de vivienda emergente.

El recurso que se utiliza en todas las fachadas es marcar tres horizontales que definen la casa, el basamento, las paredes y la cubierta. En este mismo orden se distribuyen los paneles, una estructura horizontal para el piso, una vertical para las divisiones interiores y exteriores, y finalmente una estructura inclinada para la cubierta. Esta organización de capas de paneles que construyen la casa no se deja vista, los revestimientos utilizados sellan las juntas entre los armazones de madera para conformar una sola unidad.

Desde el exterior la casa presenta una textura definida por franjas verticales que revisten todas las fachadas, delimitadas en la base por la línea horizontal gruesa que establece la conexión con el suelo. En los gráficos de las páginas 131 y 132 se ve la cubierta marcada como otra franja delimitada por el cumbretero. En los alzados de las páginas 133 y 135, se distingue las dos pendientes que recorren simétricamente hacia cada uno de los laterales de la vivienda.



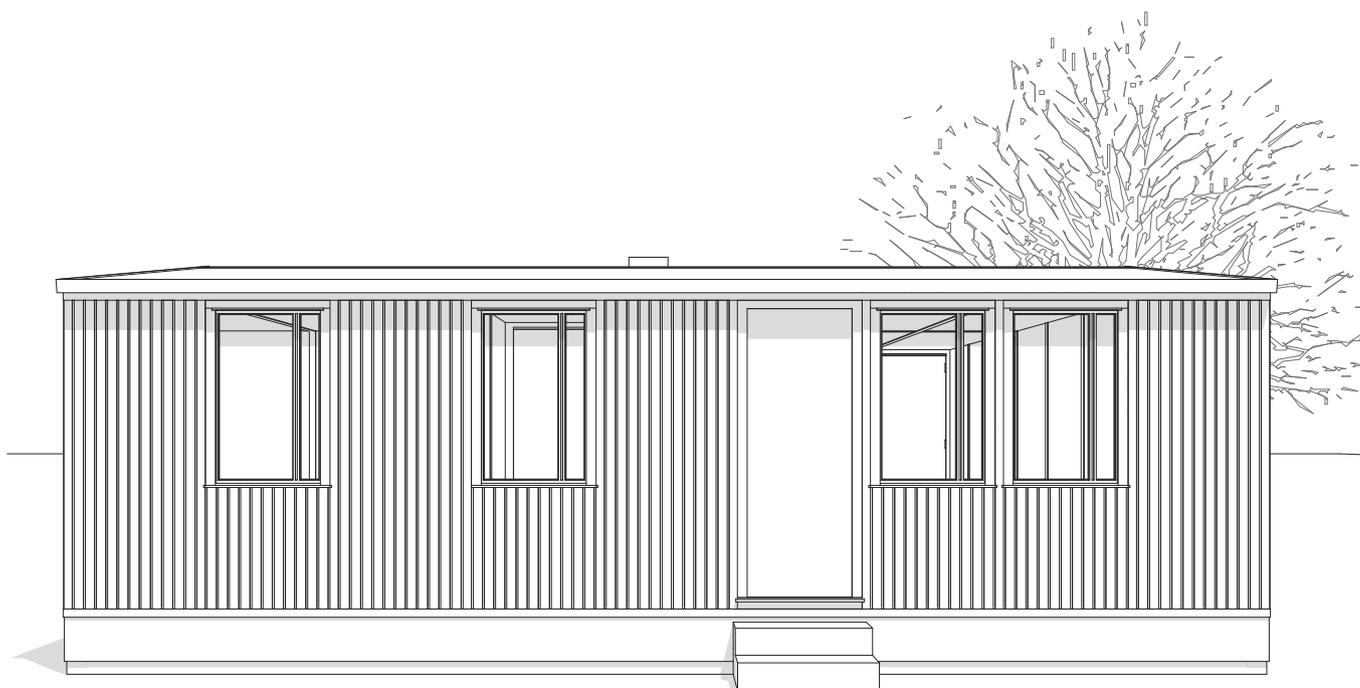
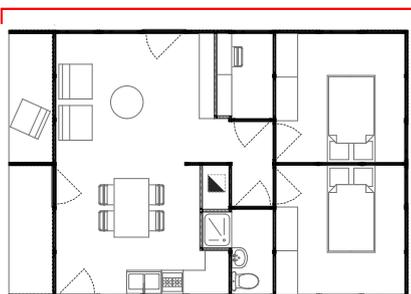
# Alzado



97. Lámina No.2A, contiene alzados de la "Casa A".



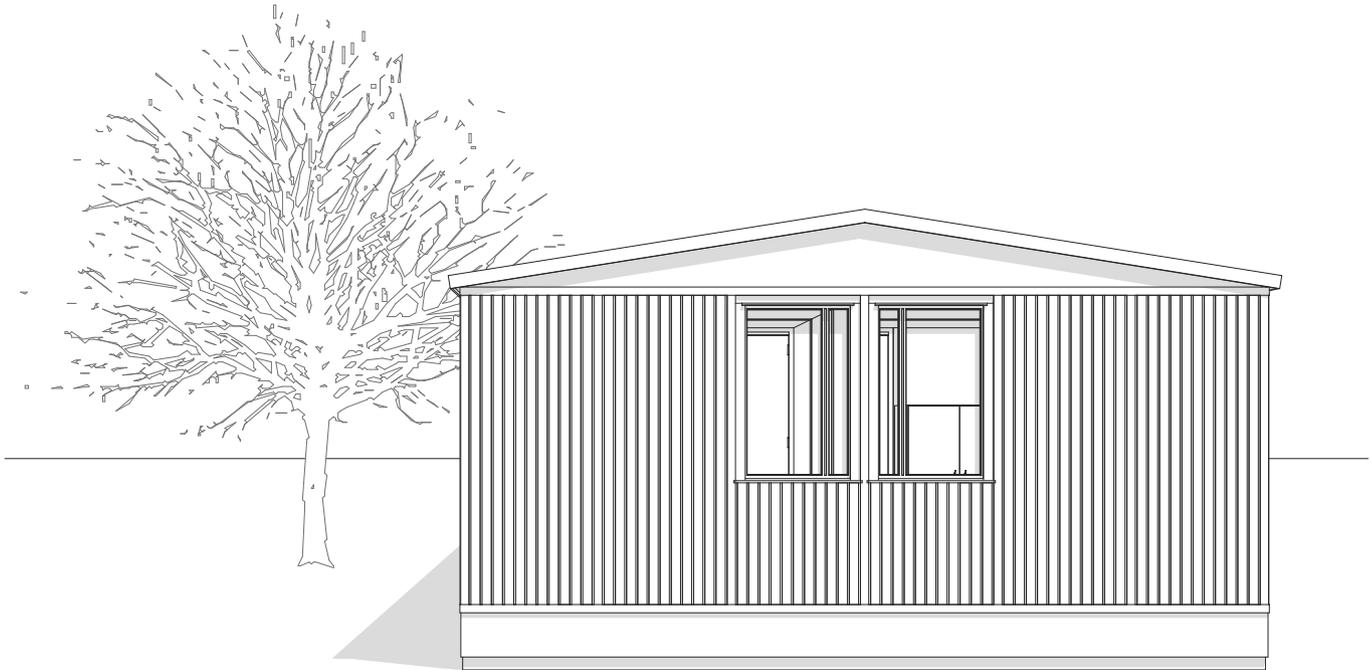
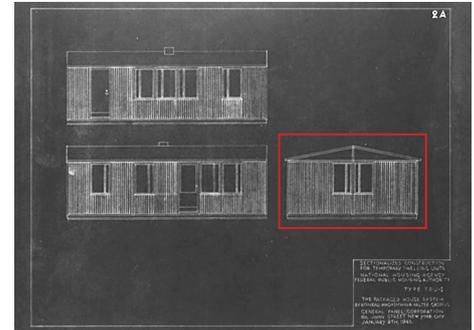
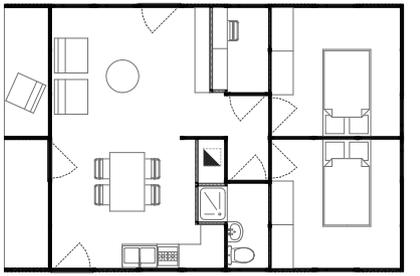
# Alzado



97.Lámina No.2A, contiene alzados de la "Casa A".



# Alzado



97. Lámina No.2A, contiene alzados de la "Casa A".



En cuanto a la representación del interior, no se tiene mucha información; dentro de los planos no existe una imagen de esto. En base a los detalles constructivos y algunas fotografías de la construcción de las casas tipo en la fábrica, se ha distinguido un material de revestimiento plano que se coloca en todos los espacios, como se indicó anteriormente en las descripciones del sistema del capítulo 03, los dueños podían elegir el color de éste.

Las fachadas están conformadas con un sentido uniforme y podría decirse que monótono por la repetición de las líneas verticales. Las interrupciones que marcan las carpinterías de las ventanas y las puertas son los únicos recursos manejados para combinar texturas.

El porche que se puede ver en el alzado de la página 135, es el único espacio en el que los arquitectos juegan con la ubicación de los paneles para generar sombras que marquen la fachada. La pared se retranquea un módulo dejando una zona cubierta para el acceso a la vivienda. Esto le permite que se separe de la linealidad de los otros tres alzados que limitan la forma rectangular de la planta.

En todos los alzados de la casa se puede observar la existencia de ventanas, esto permite que los espacios al interior estén iluminados correctamente.

## PERSPECTIVAS

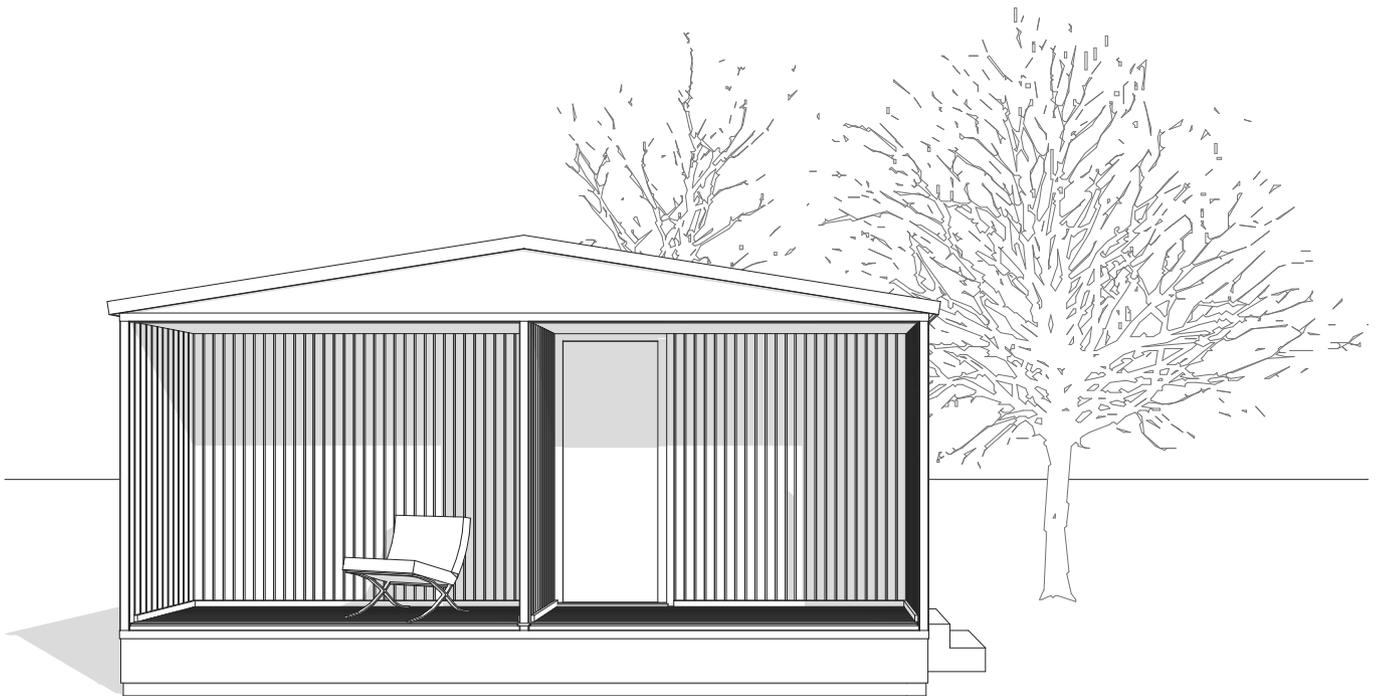
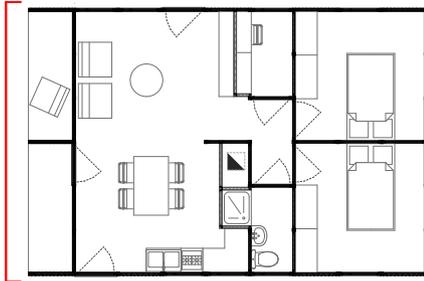
En esta parte de la (re)construcción, el objetivo es, mediante una muestra gráfica de perspectivas exteriores e interiores de la casa, valorar la calidad espacial y formal que alcanzó este prototipo a partir de una construcción estandarizada con elementos de madera.

El recurso necesario para recrear las imágenes a continuación, es toda la información que se ha analizado y (re)construido previamente. Los espacios están ambientados de la misma manera que en la planta expuesta en la página 128, para mantener una relación con lo expuesto.

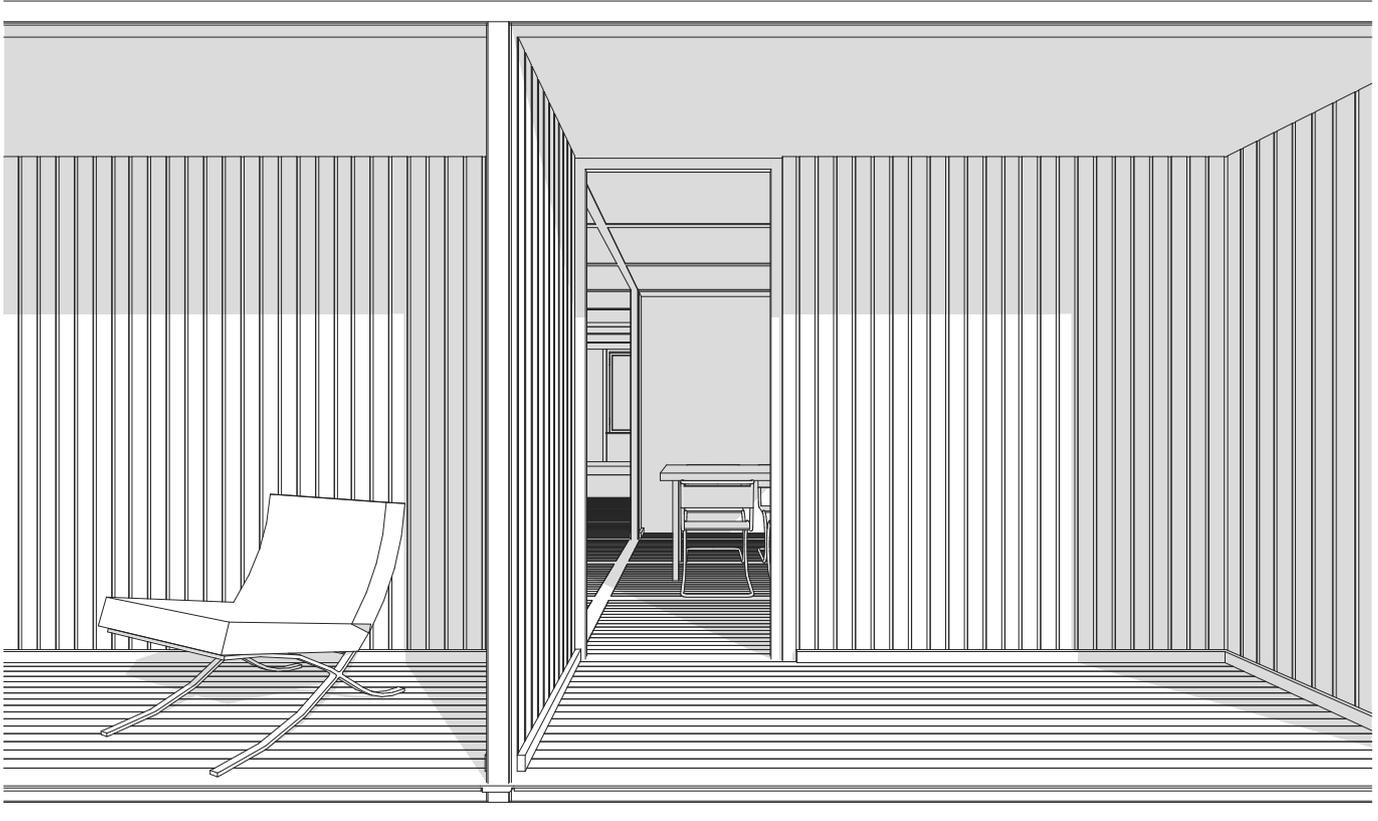
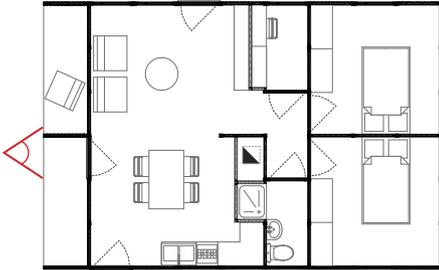
La primera imagen que está en la página 136, muestra el ingreso a la casa marcado por el porche. Se pueden ver algunos detalles del interior a través de la abertura de la puerta. En primer plano se marca el eje de simetría que continua en el piso en la misma dirección del panel exterior y sube por la pared hasta llegar a la cubierta, en donde limita los ejes marcados por las uniones entre los paneles del entrepiso. Se alcanza a reconocer un espacio libre de estructuras establecido por un muro en la parte posterior a éste.



# Alzado

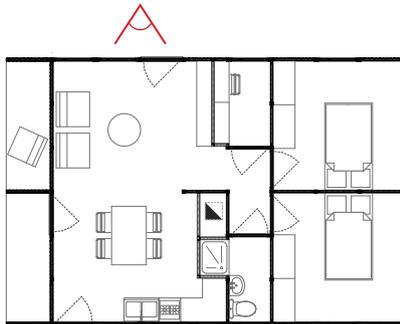


Ingreso desde el porche





Ingreso desde la sala





La imagen que se presenta en la página 137, también muestra uno de los ingresos a la casa, en este caso la puerta está cerrada y solo se observa por la ventana el límite opuesto, definiendo nuevamente un espacio abierto al interior. Un detalle que se manifiesta en esta vista, es la grada que hay para acceder a la vivienda por el desnivel que deja la estructura del piso, es decir la casa se encuentra separada del suelo.

Para las siguientes representaciones se eligieron vistas del interior de la casa, a pesar de no poseer mayores especificaciones; la intención aquí es entender su composición. En la perspectiva que se presenta en la página 139, se ve el espacio que comparten las áreas sociales de la casa. El área aquí dispuesta, permite colocar los equipamientos para las funciones necesarias. Al ser un solo ambiente, la sensación que se tiene es de mayor amplitud; éste es un recurso que se utiliza para mejorar la calidad espacial en propuestas de pequeñas dimensiones.

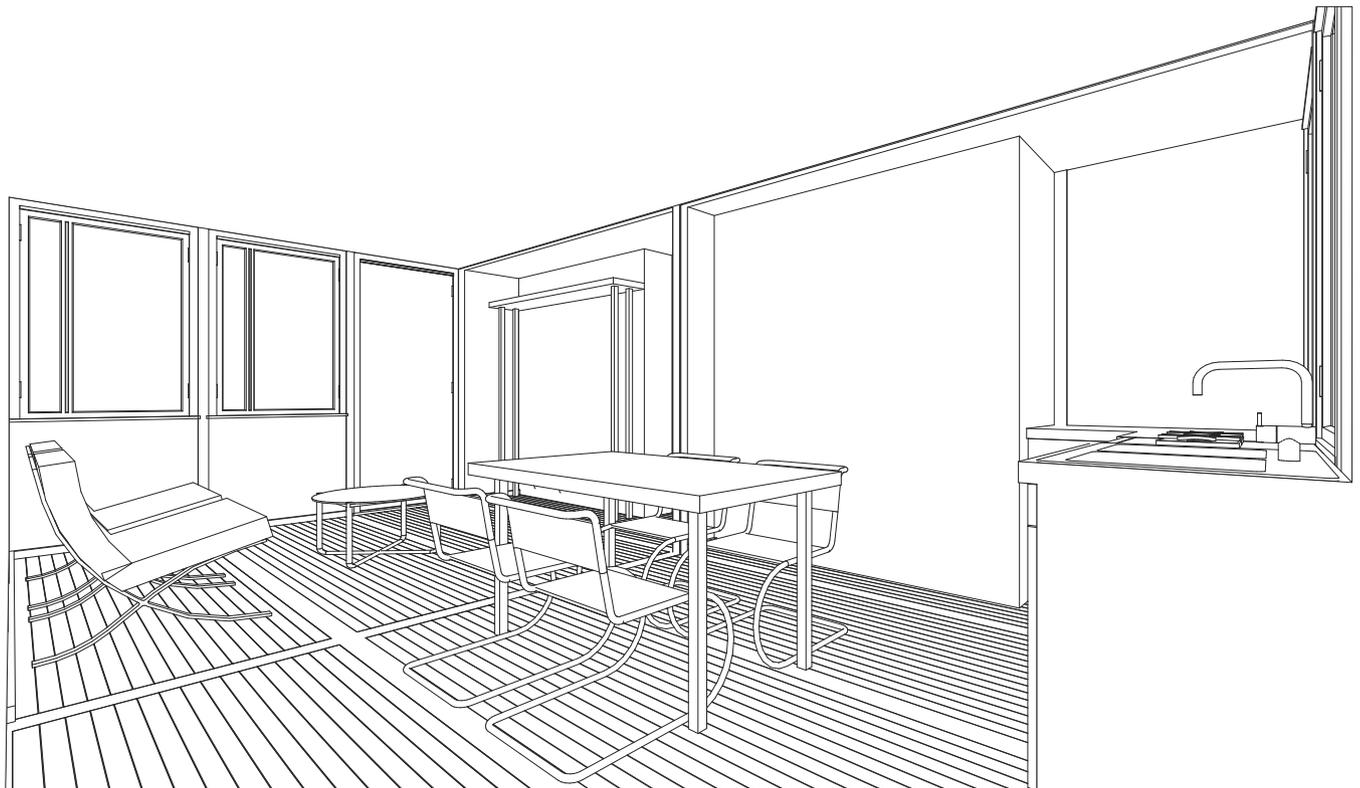
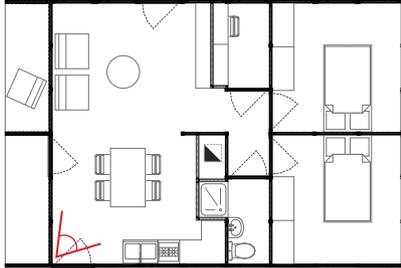
En la página 140 y 141 están dos vistas en donde se enfatiza lo dicho sobre la imagen anterior. La primera perspectiva desde un punto contrario a ésta, en donde la sala está en primer plano con la cocina al fondo, y se revela la circulación hacia los dormitorios en la mitad. En la última imagen se coloca la vista en el pasillo de los dormitorios, entre el baño que está a la izquierda y el cuarto multifuncional a la derecha. Se puede ver la sala limitada por los dos accesos. Esta circulación central conecta todas las zonas de la casa, lo cual permite ordenar mejor sin desperdiciar el espacio.

En base a esta (re)construcción virtual en 3D de la casa, las imágenes revelan características que no pueden ser descritas a través de planos bidimensionales. La calidad espacial del interior de la casa es adecuada. Hay aspectos que se analizarán posteriormente, como las dimensiones del módulo que dificultan algunas actividades; no obstante, en las zonas principales sí se pueden desarrollar las funciones necesarias.

En cuanto a la parte formal de la vivienda, ya se mencionó algunas particularidades en las elevaciones. En este grupo de imágenes, se puede observar que además de una textura repetida y austera, y las dos franjas en la parte superior e inferior, existen pequeños detalles que se han planteado para darle fuerza a la propuesta, como los elementos que se colocan en algunas uniones a diferente profundidad y se genera una ligera sombra.

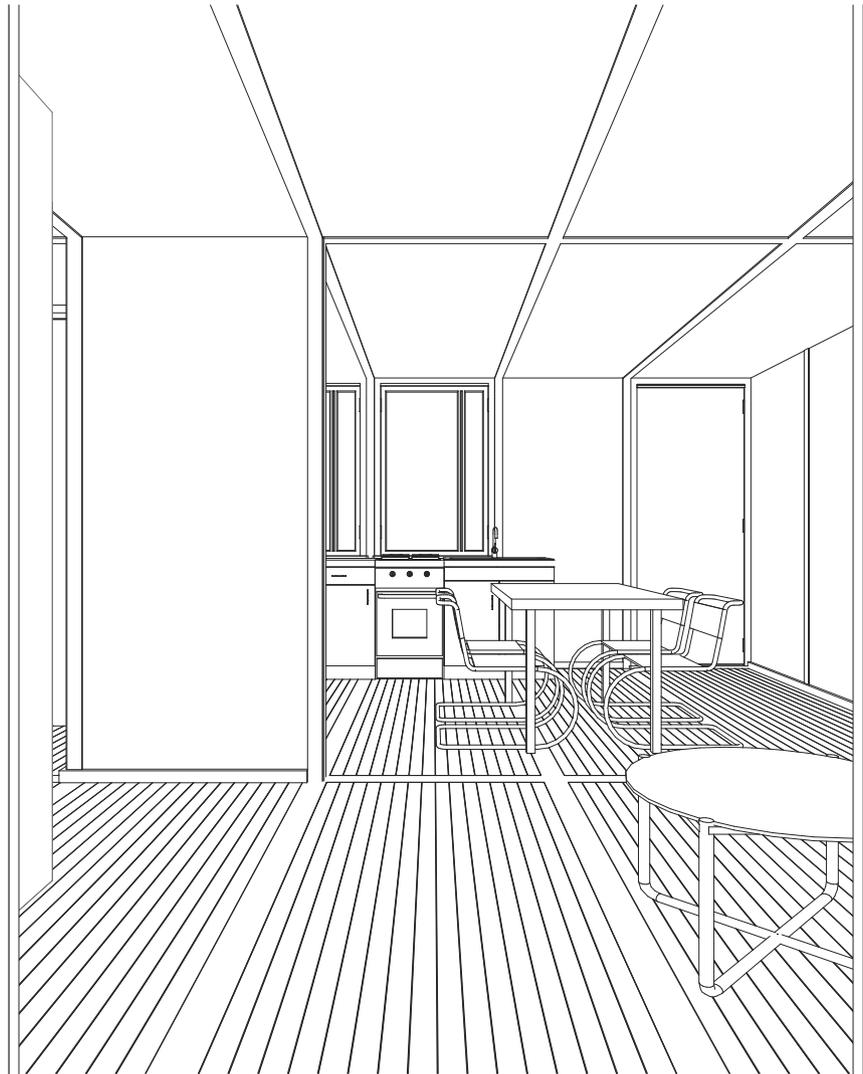
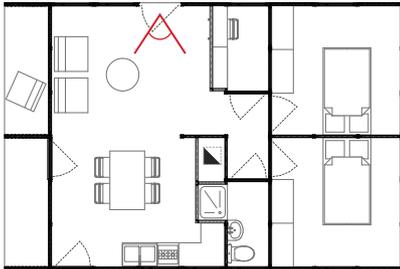


Ingreso desde la cocina



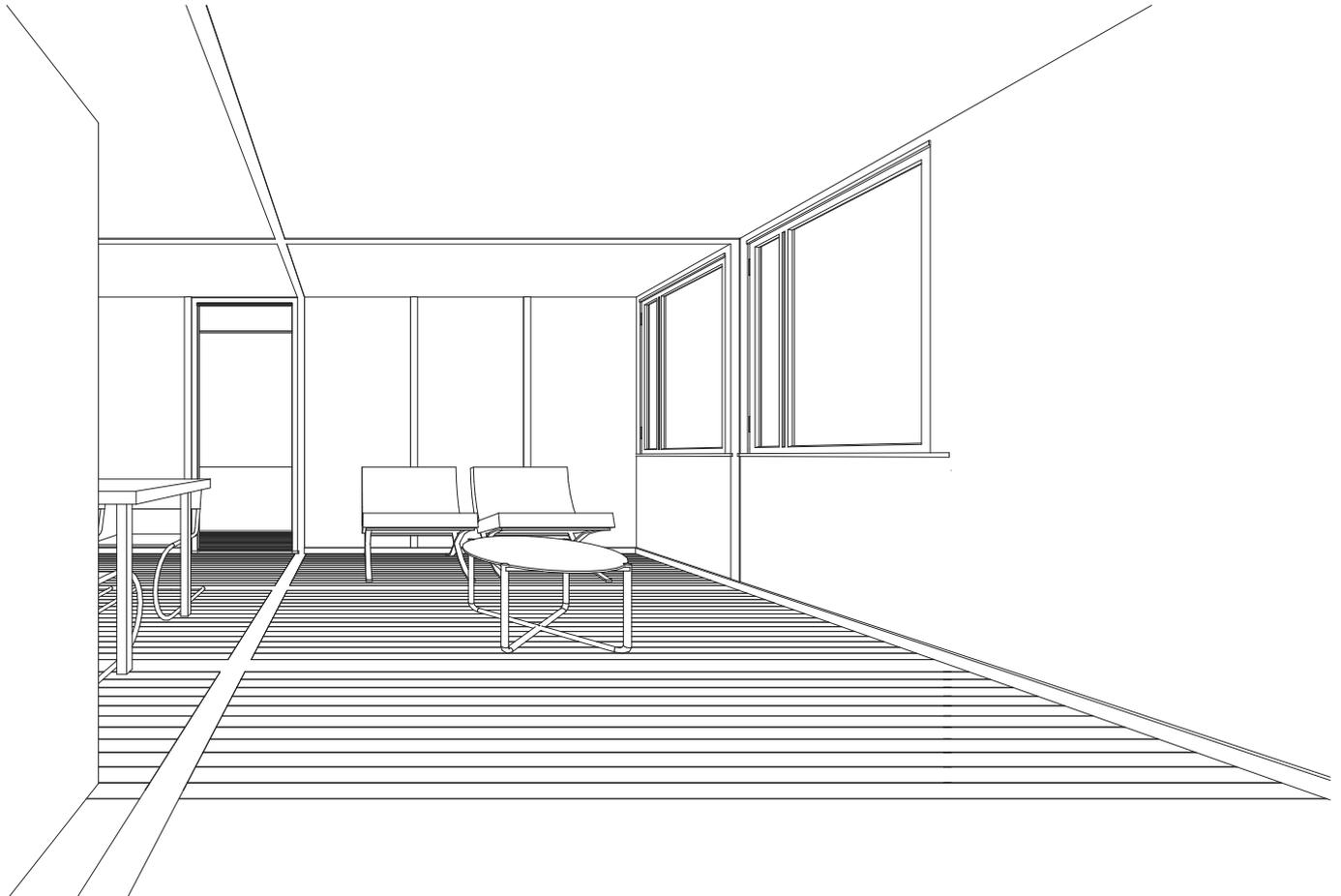
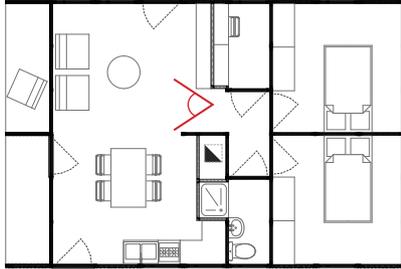


Vista hacia la cocina





Vista hacia la sala





## ESTRUCTURA

El proyecto del Sistema del Panel Universal parte de una estrecha relación entre tres principios ordenadores: la parte estructural, la parte funcional y la parte formal. Los arquitectos plantearon los paneles de madera con el objetivo de resolver todo esto con un solo elemento que pudiera repetirse en varios sentidos y armar la vivienda. En la parte anterior del capítulo, se presentó la (re)construcción de la casa y se hizo un acercamiento a ésta desde una óptica funcional y formal para poder comprender cómo se organiza. En este momento es necesario analizar la casa con una mirada hacia la estructura y su método de construcción.

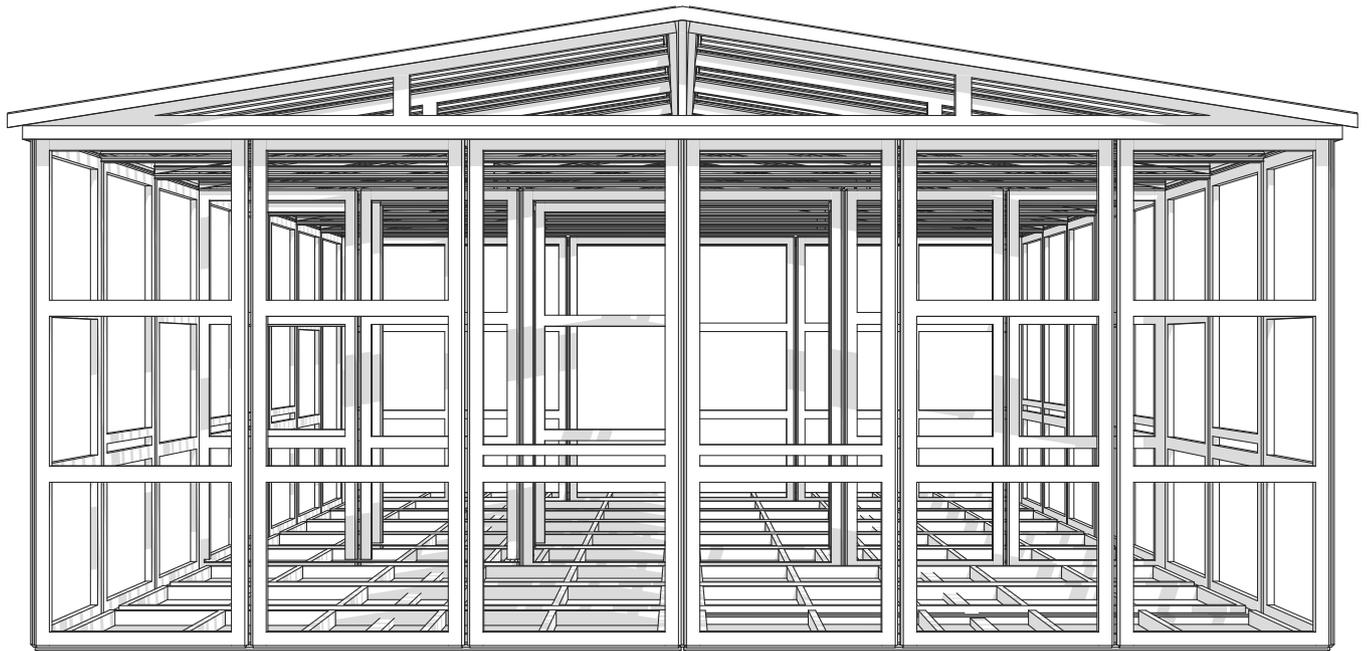
Previamente en el capítulo 03, se (re)construyeron los paneles que configuran la vivienda y también se estudió la forma de unión de estos. Todas las estructuras se conforman a partir de bastidores de madera, pero de acuerdo a su ubicación son de diferentes dimensiones de largo. En el piso, el entepiso y la cubierta, las medidas son 3'4" x 10'0". En el caso de las paredes, el sistema permite tener dos posibilidades: 3'4" x 8'0" o 3'4" x 10'0". Al revisar y (re)construir los planos de la casa en donde constan la sección y los alzados, verificamos que las medidas de este prototipo corresponden a los paneles de 3'4" x 8'0" para las paredes.

En los gráficos a continuación, se muestran cada uno de los paneles dispuestos en las diferentes plantas que conforman la casa: piso, paredes, entepiso y cubierta. Para armar la vivienda se requieren además de los paneles, piezas extras en las uniones de los módulos de madera, estos componentes también contribuyen a su estabilidad y poseen la misma forma de los bastidores que conforman los armazones de los paneles. La firmeza de la estructura depende de la unión entre las piezas.

La forma que tiene el panel es rectangular y está compuesto por cuatro piezas de madera que poseen una sección rectangular con dos de sus esquinas cortadas a 45°. La disposición de los elementos interiores de apoyo que se colocan en el panel es diferente en cada uno, dependen de la función que cumplen y de su revestimiento.

## PLANTAS ESTRUCTURALES

El primer gráfico que se muestra en la página 145, es la planta del piso con la distribución de los paneles. En este caso, el módulo está conformado por las cuatro piezas laterales de madera y una intermedia colocada en el sentido más corto, la cual ayuda a soportar el recubrimiento que se





coloca encima. Las dimensiones de este panel son de 3'4" x 10'0" y su revestimiento son tablones de madera colocados sobre un tablero del mismo material, como se puede ver en los dibujos sobre la planta.

La distribución de los paneles se realiza en base al eje central, representado como eje "4"; se colocan dos filas de nueve paneles a cada lado. En esta planta podemos observar que en los módulos colocados entre el eje "F" y el "G", las piezas intermedias se desplazan, esto se debe a la ubicación de los paneles de puertas que requieren un soporte en la parte inferior.

La siguiente planta que está en la página 146, corresponde a la distribución de los paneles de paredes. Estos pueden identificarse por las líneas de abertura que están colocadas de acuerdo a su función y también en los gráficos colocados en la página 147, en donde se especifica cada tipo. El perímetro de la casa contiene nueve paneles alineados en los lados largos y seis en los más cortos. En este nivel, todos los paneles están conformados por las cuatro piezas de madera perimetrales y de acuerdo a su función; panel de pared, de ventana o puerta, se colocan o no, bastidores de madera horizontales para sujetar los revestimientos y carpinterías.

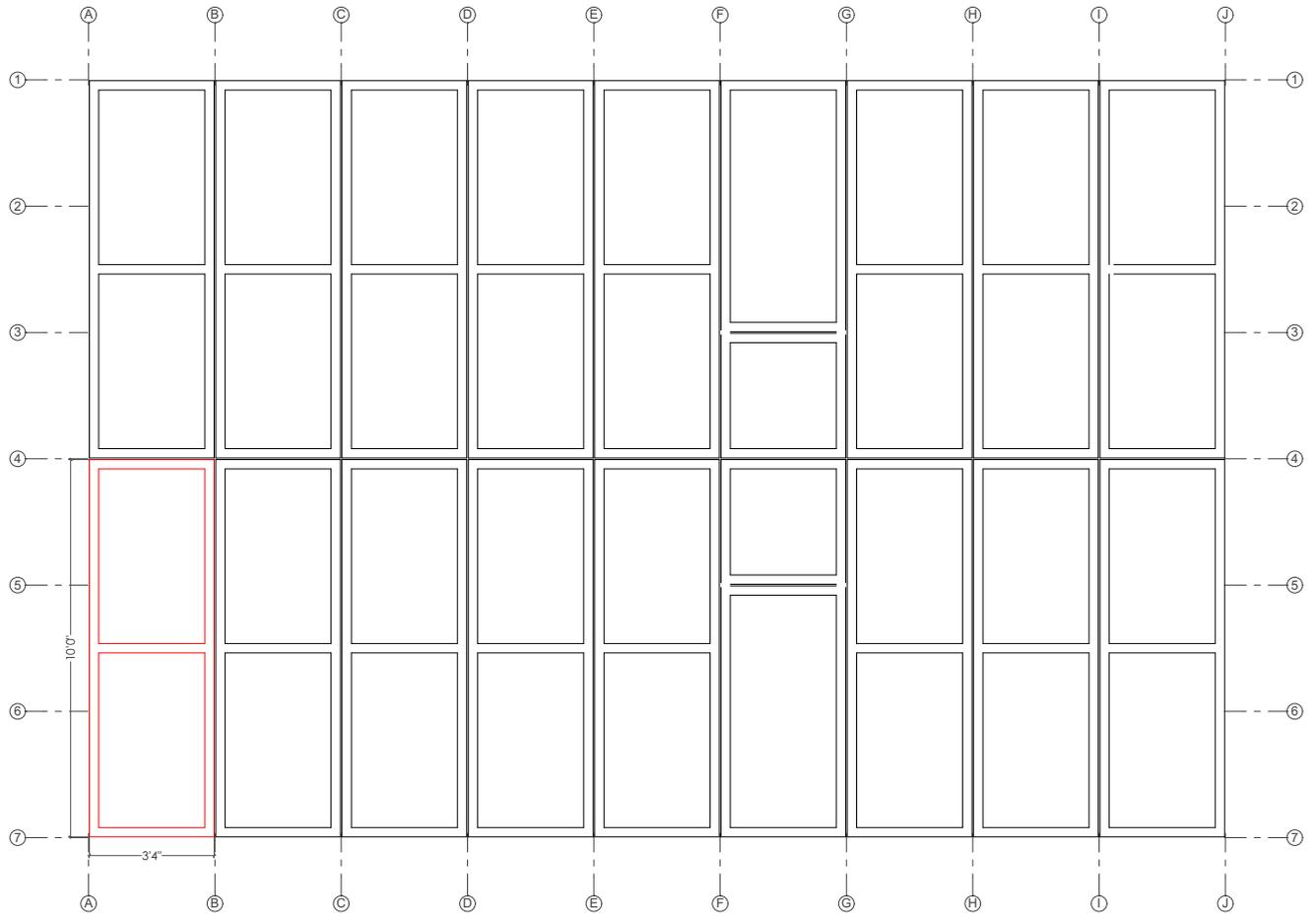
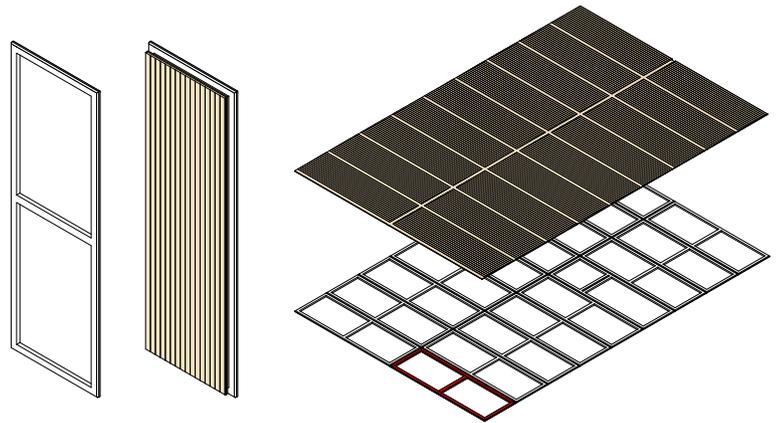
Para el techado de la casa existen dos niveles, el entrepiso y la cubierta. En la página 148 se ve la planta de entrepiso, ésta se soporta sobre las estructuras de las paredes. El panel que se utiliza aquí tiene las mismas dimensiones del piso, 3'4" x 10'0", pero se construyen con tres piezas intermedias en el sentido corto. En estos se sujeta el revestimiento que va por debajo, para que quede visto al interior de la casa. La disposición de los módulos tiene el mismo orden del piso, se colocan nueve paneles alineados a cada uno de los lados del eje "4"

Finalmente, está la planta de cubierta que vemos en la página 149. La estructura y ubicación de estos paneles es similar a la del entrepiso. La única variación que se hace aquí es la ausencia en los módulos de una de las piezas perimetrales más cortas, como se puede ver en el dibujo.

En esta parte de la (re)construcción de la casa A, no se ha detallado cada una de las especificaciones de los paneles, puesto que esto ya se hizo en el capítulo 03.

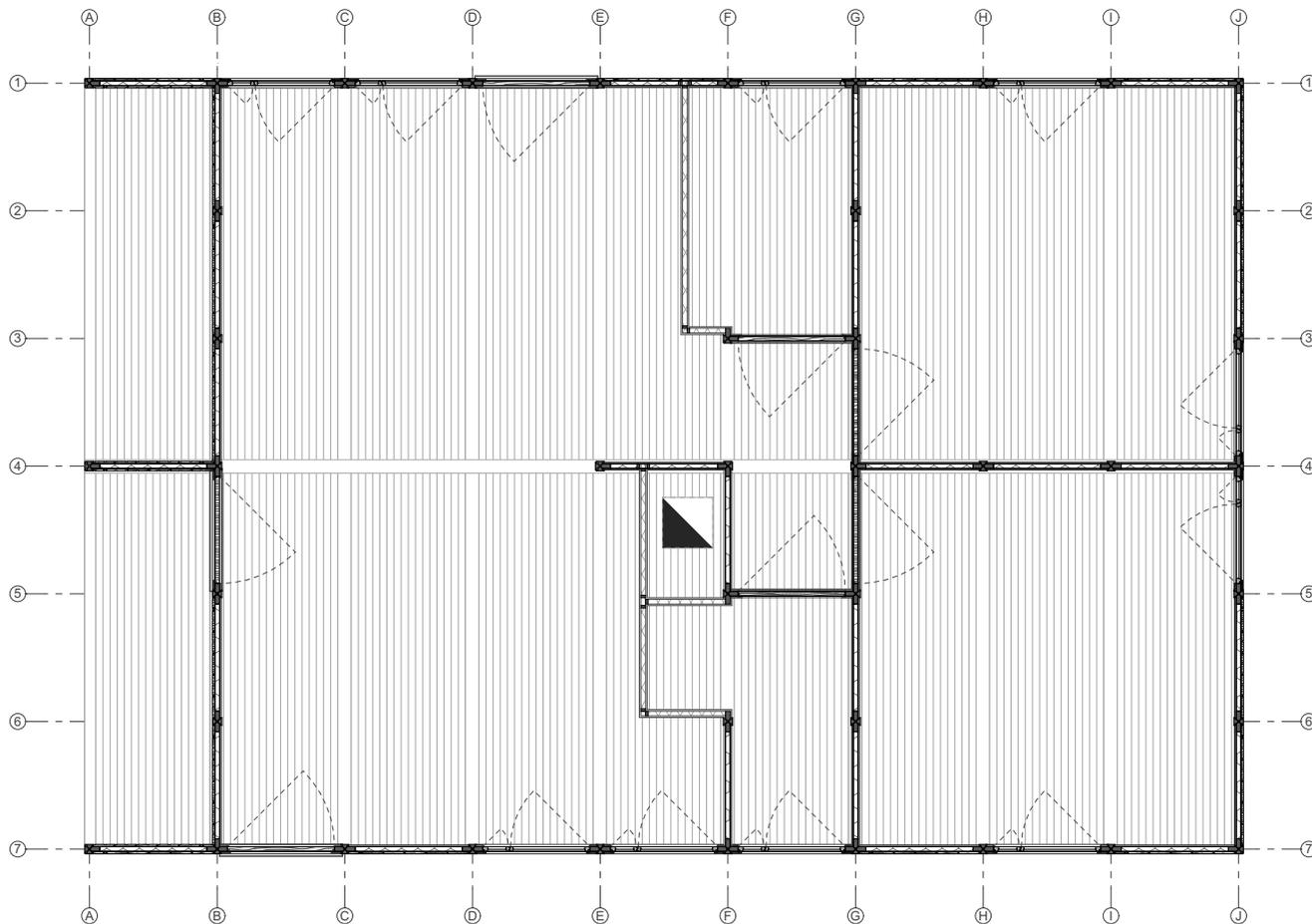
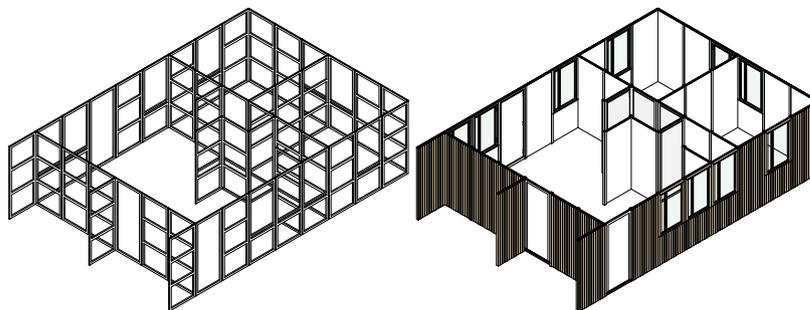


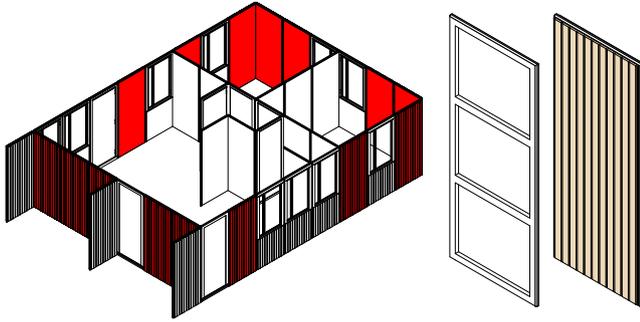
# Planta - Paneles del piso



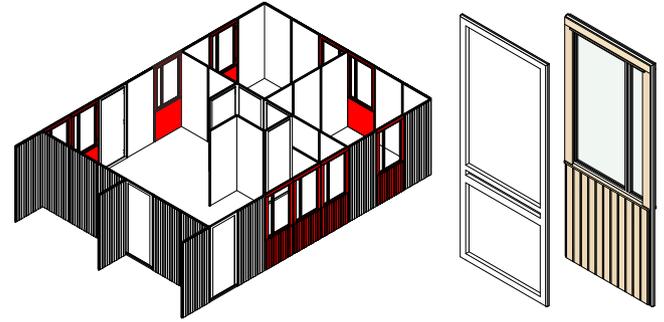


# Planta general

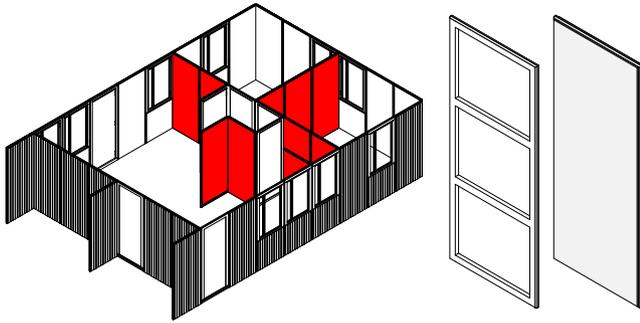




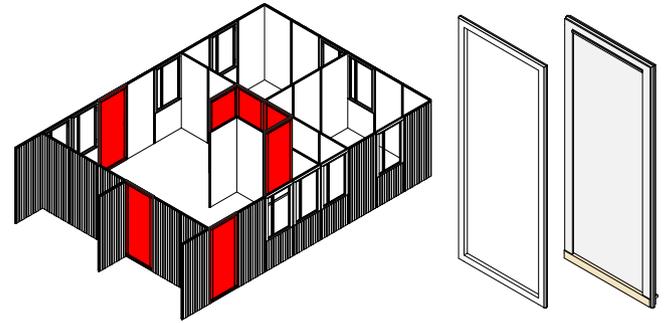
Panel de pared (interior/exterior)



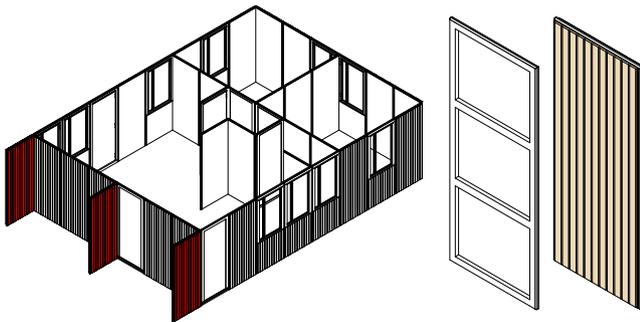
Panel de ventana



Panel de pared (interior)



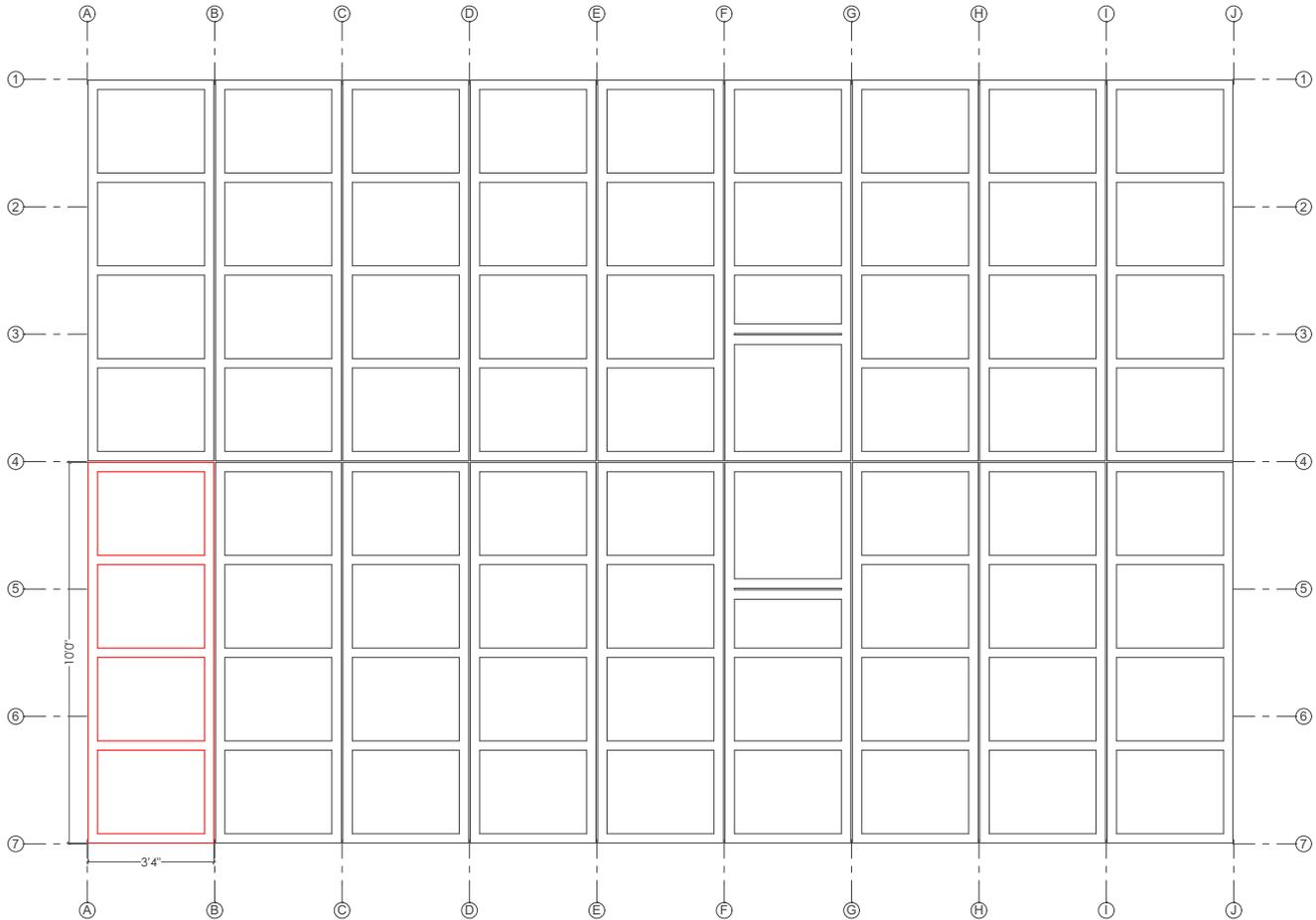
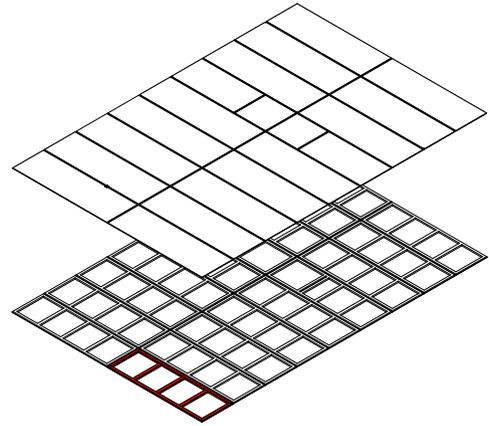
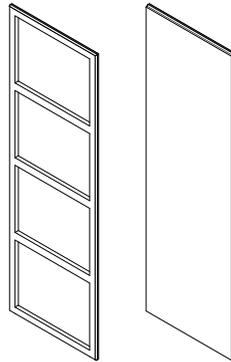
Panel de puerta



Panel de pared (exterior)

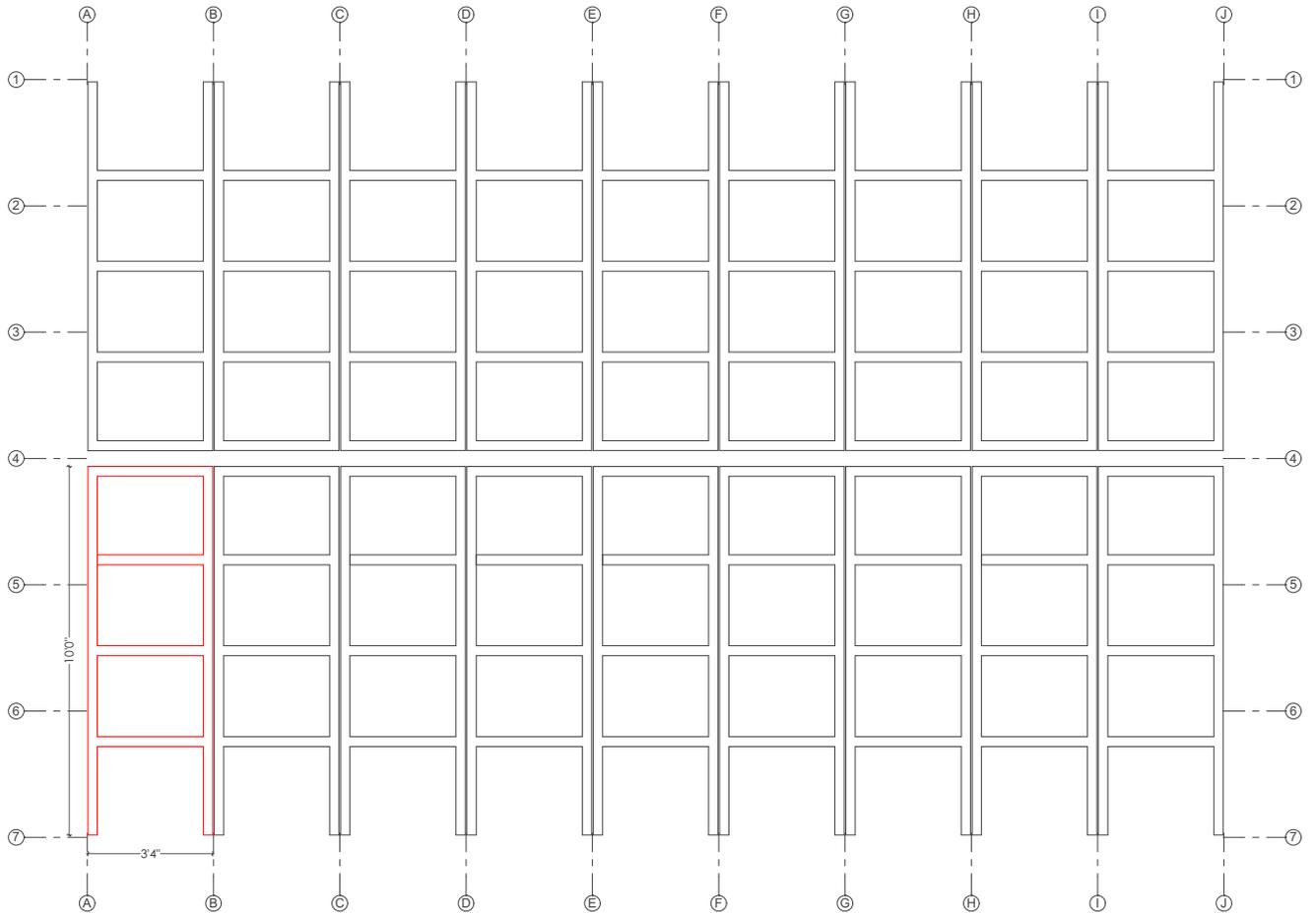
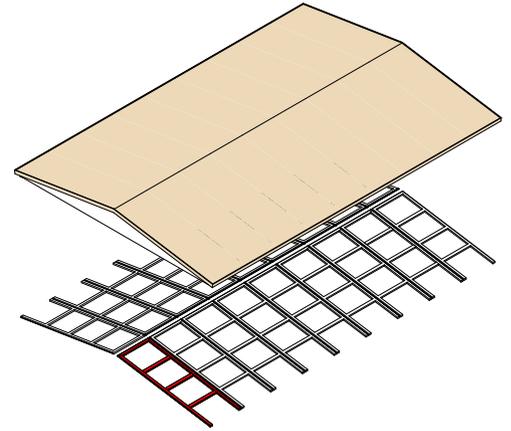
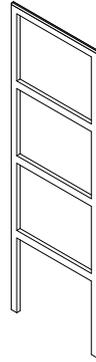


# Planta - Paneles de entrepiso



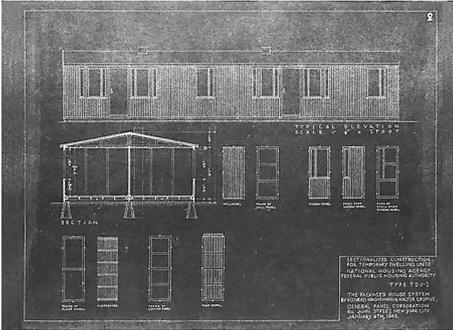


# Planta - Paneles de cubierta





## SECCIONES



Las secciones han sido fundamentales en esta investigación de la casa y del sistema en general. A pesar de la escasa información que se tiene sobre esto, se han utilizados todos los recursos encontrados para poder (re)construirlas, haciendo una comparación y análisis a través de fotografías y planos.

El análisis de la Casa A inició con el estudio del carácter formal y funcional, para entender la relación que existe entre el programa planteado y la ocupación de los espacios; posterior a esto, se estudió la parte estructural, para comprender la lógica constructiva de la casa y el sistema.

Los gráficos presentados a continuación (*pág. 152, 153*), ayudarán a definir finalmente las alturas de la Casa A y también la construcción de los detalles. Entre la documentación gráfica obtenida, son pocos los planos en los que pueden distinguirse medidas. El plano que se encuentra a la izquierda de esta página (*fig. 98*), contiene la única sección de la casa con dimensiones, y además, la edificación completa de la casa de piso a techo.

El dibujo de la página 152 es una (re)construcción en base al dibujo de la sección mencionada en el plano. Aquí podemos entender claramente cómo se disponen los paneles en cada uno de los niveles, del piso, las paredes, el entepiso y la cubierta. También es visible la existencia de una estructura inicial en la base, que soporta todos los elementos superiores. En esta sección se define la simetría que posee la casa y la disposición de los paneles con respecto a ésta.

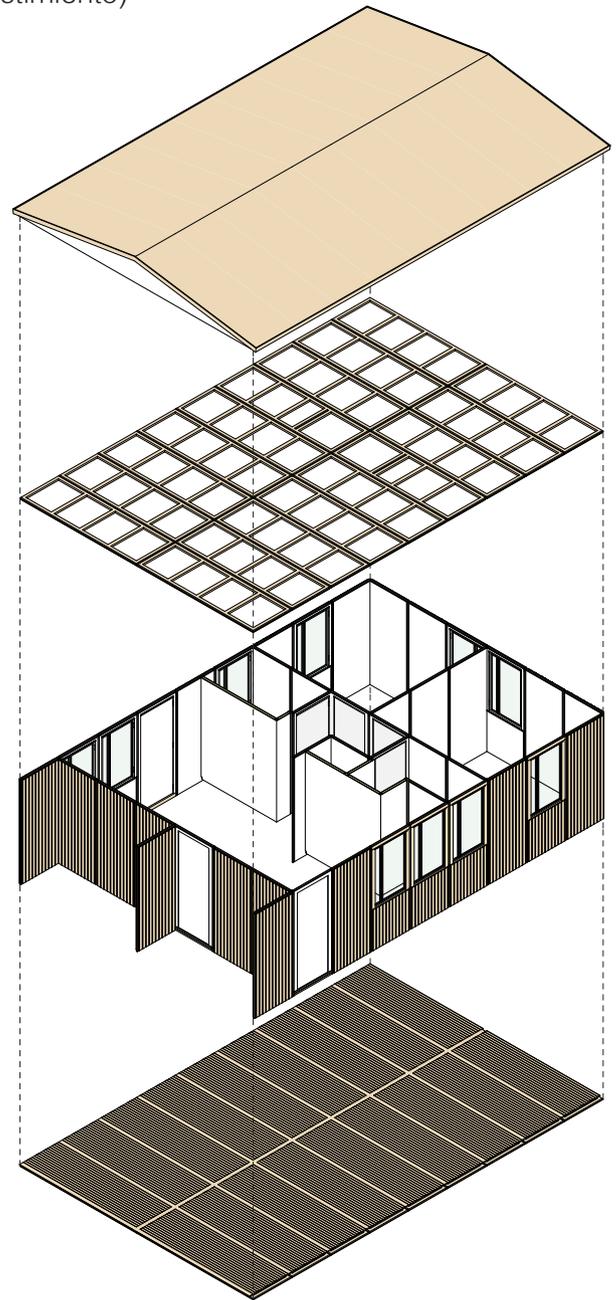
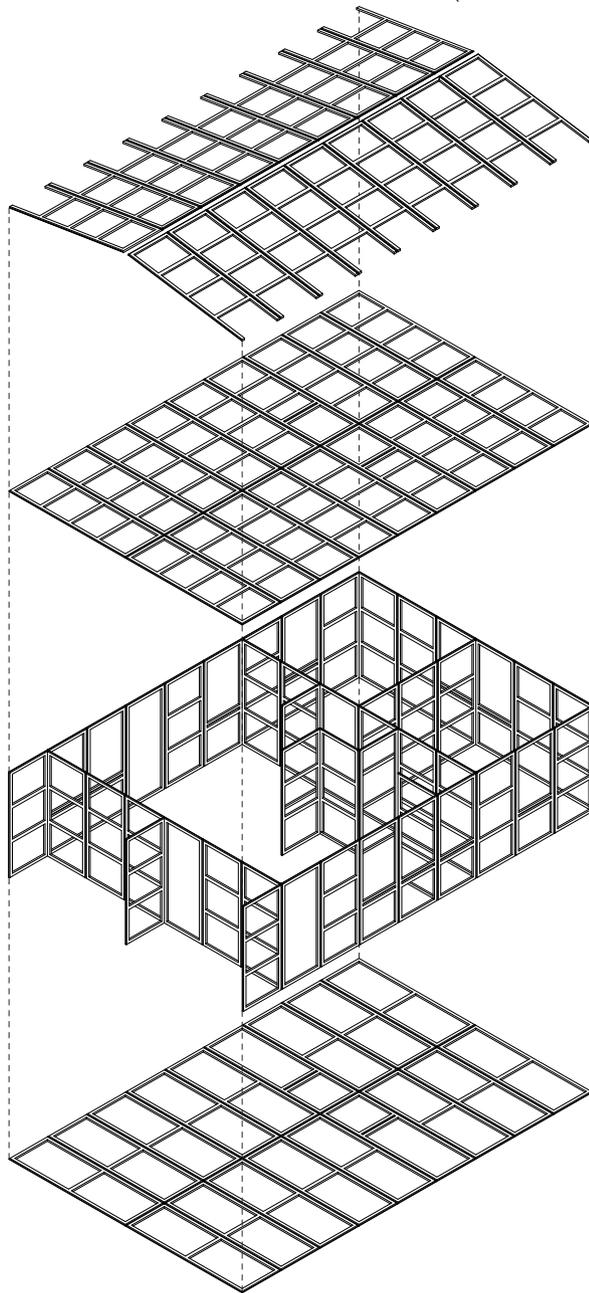
Podemos observar en este gráfico, la forma de unión en cada una de las intersecciones donde se encuentra dos paneles o elementos estructurales. Todos estos puntos están definidos para formar una cruz con el centro liberado en forma de un cuadrado. Más adelante se especificará cada una de las uniones en los detalles constructivos.

La sección que está en la página 153, muestra también cómo se estructuran las uniones de los paneles en cada nivel y se pueden distinguir los revestimientos utilizados en el interior y exterior de la casa. Ésta se elaboró en base a los detalles encontrados, debido a que no existe una sección en este eje dentro de los planos.

98. Lámina No.2, contiene alzado, sección y paneles de la "Casa A".

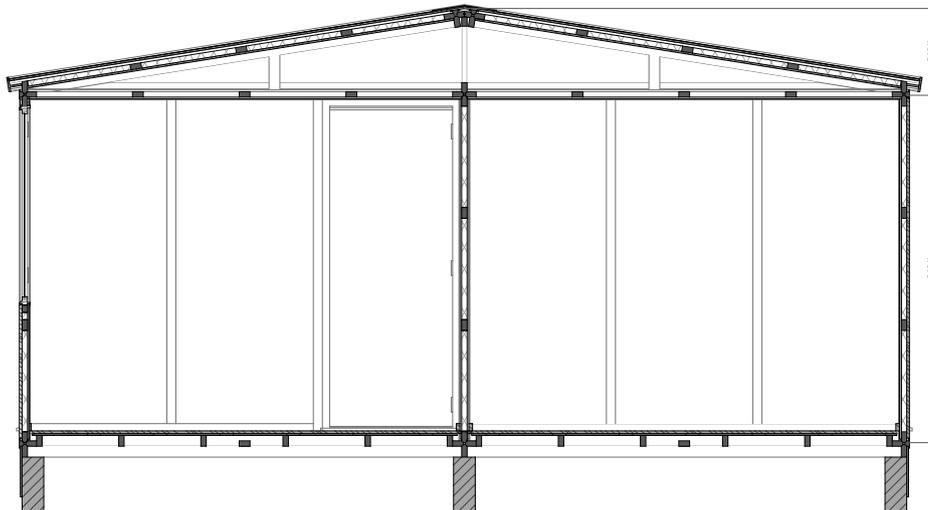
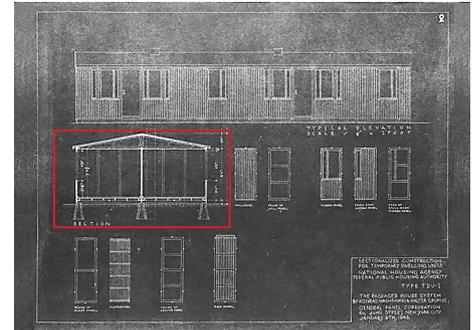
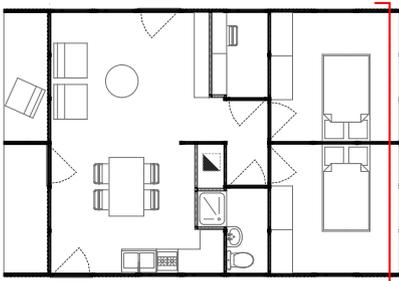


# DIAGRAMAS DE PLANTAS (Estructura / Revestimiento)





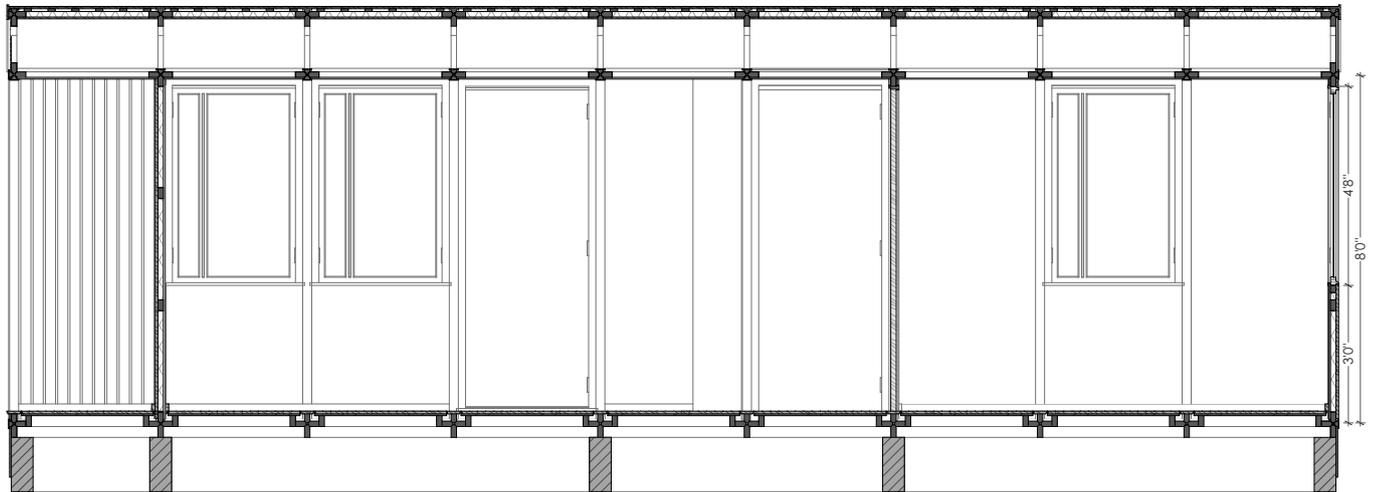
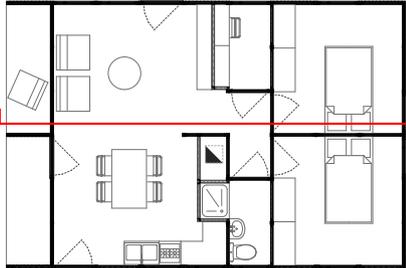
## Sección transversal



98. Lámina No.2, contiene alzado, sección y paneles de la "Casa A".



# Sección longitudinal





## DETALLES CONSTRUCTIVOS

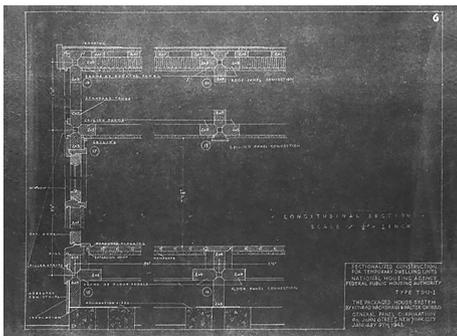
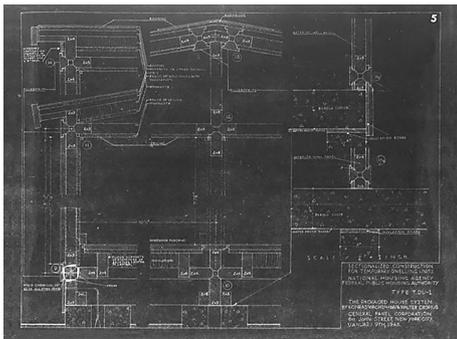
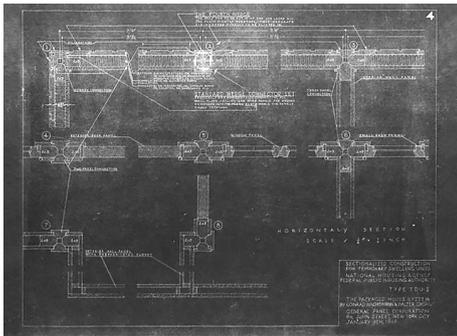
La (re)construcción de los detalles se hizo a partir de los tres últimos planos que pertenecen al diseño de la Casa A, colocados a la izquierda (*fig.99; fig.100; fig.101*); esto, apoyado por las secciones de la casa previamente expuestas. En cada uno de los dibujos que se presentan a continuación, se expone un tipo de unión que precisa la rigidez y la estética de la casa.

Las uniones que se realizan para conectar los paneles, tanto en planta como en elevación, constan de una unión de cuatro piezas principalmente; como se había mencionado, solo en el cumbretero de la cubierta se observa una variación que requiere de más piezas para poder sujetar los paneles de ambos lados.

Para iniciar este estudio, es pertinente primero conocer cada una de las piezas de madera que conforman la estructura y revestimientos de la casa. En la página de la derecha se pueden observar estos elementos dibujados y acotados, además se ha utilizado una nomenclatura con números para identificar a cada una de las piezas y así facilitar el entendimiento de las descripciones en los detalles.

Las disposiciones de los detalles están pensadas en un recorrido desde el exterior hacia el interior para ir definiendo las uniones en planta y sección. Para una mayor comprensión se ha elaborado una axonometría de cada detalle constructivo analizado.

Con toda la información obtenida a partir de esta (re)construcción de la "Casa A", se tiene clara cuál fue la propuesta planteada por los arquitectos a partir del Sistema del Panel Universal. En base a esto, en el capítulo siguiente se analizarán las propiedades que tiene este método constructivo estandarizado, para poder valorar su flexibilidad y estética.



99. Lámina No.4, contiene detalles de unión en planta de la "Casa A".

100. Lámina No.5, contiene sección constructiva de la "Casa A".

101. Lámina No.6, contiene sección constructiva de la "Casa A".

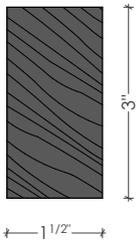


## PIEZAS (Estructura / Revestimiento)

## PIEZAS DE ESTRUCTURA

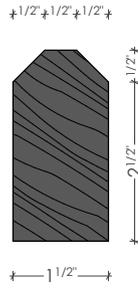
P 01

Estructura general de bastidores



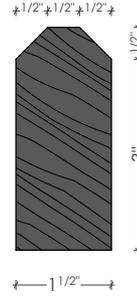
P 02

Estructura general de bastidores



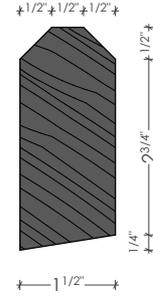
P 03

Estructura del piso



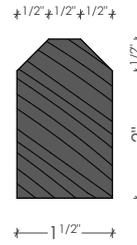
P 04

Estructura de cubierta



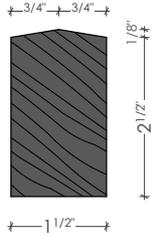
P 05

Estructura del piso



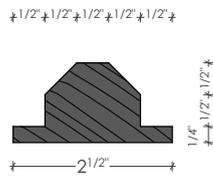
P 06

Estructura de cubierta



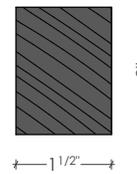
P 07

Estructura general de unión



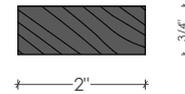
P 08

Estructura de ventanería



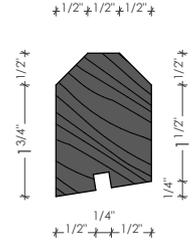
P 09

Estructura de cubierta



P 10

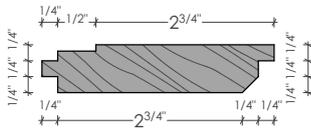
Estructura del piso



## PIEZAS DE REVESTIMIENTO

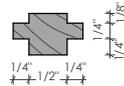
P 11

Revestimiento de paneles (exterior)



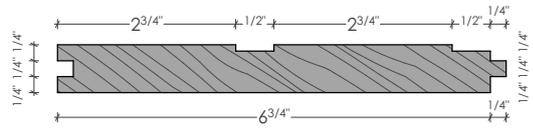
P 12

Revestimiento de paneles (exterior)



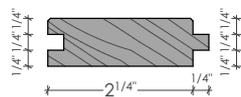
P 13

Revestimiento de paneles (exterior)



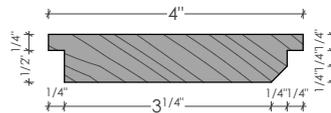
P 14

Revestimiento de piso



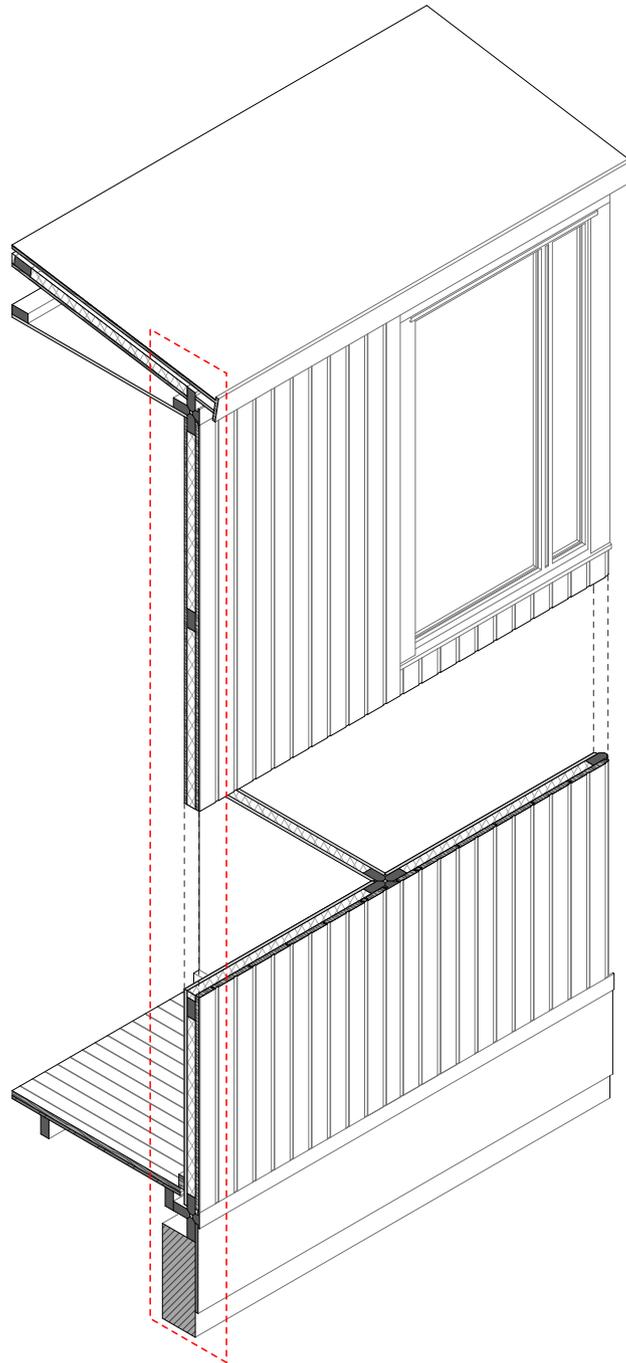
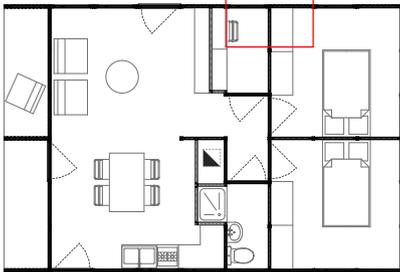
P 15

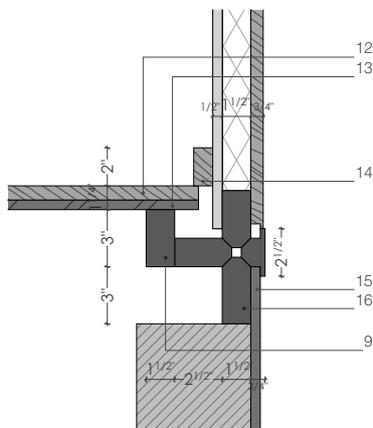
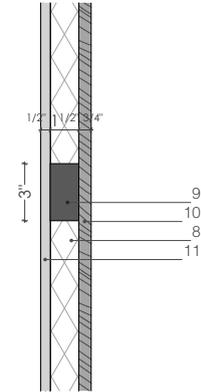
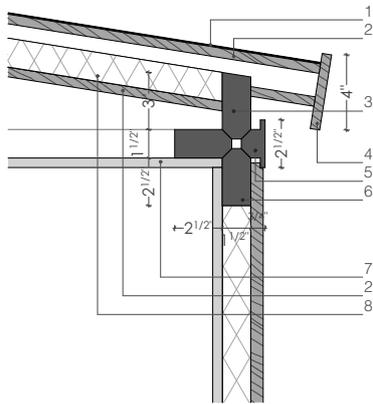
Revestimiento de piso





Detalle 01  
Unión Panel de pared

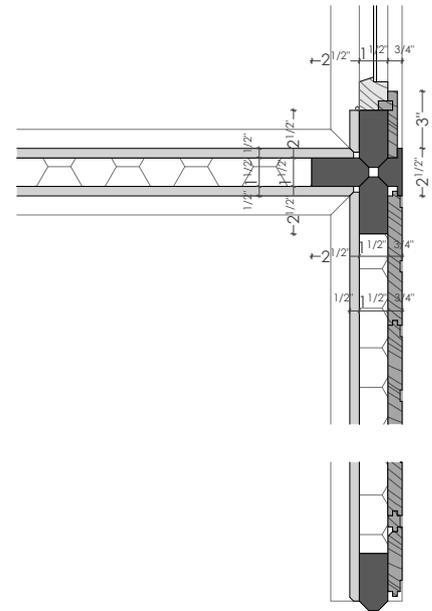




DT 01 - Sección



- [1] Impermeabilización - CUBIERTA
- [2] Recubrimiento de madera 1/2"
- [3] Pieza de madera (P 04)
- [4] Recubrimiento de madera 1/2"
- [5] Pieza de madera (P 07)
- [6] Pieza de madera (P 02)
- [7] Recubrimiento interior 1/2"
- [8] Aislamiento
- [9] Pieza de madera (P 01)
- [10] Recubrimiento de madera 3/4"
- [11] Recubrimiento interior 1/2"
- [12] Recubrimiento de madera - PISO
- [13] Impermeabilización - PISO
- [14] Rastrera
- [15] Recubrimiento exterior 1/2"
- [16] Pieza de madera (P 03)

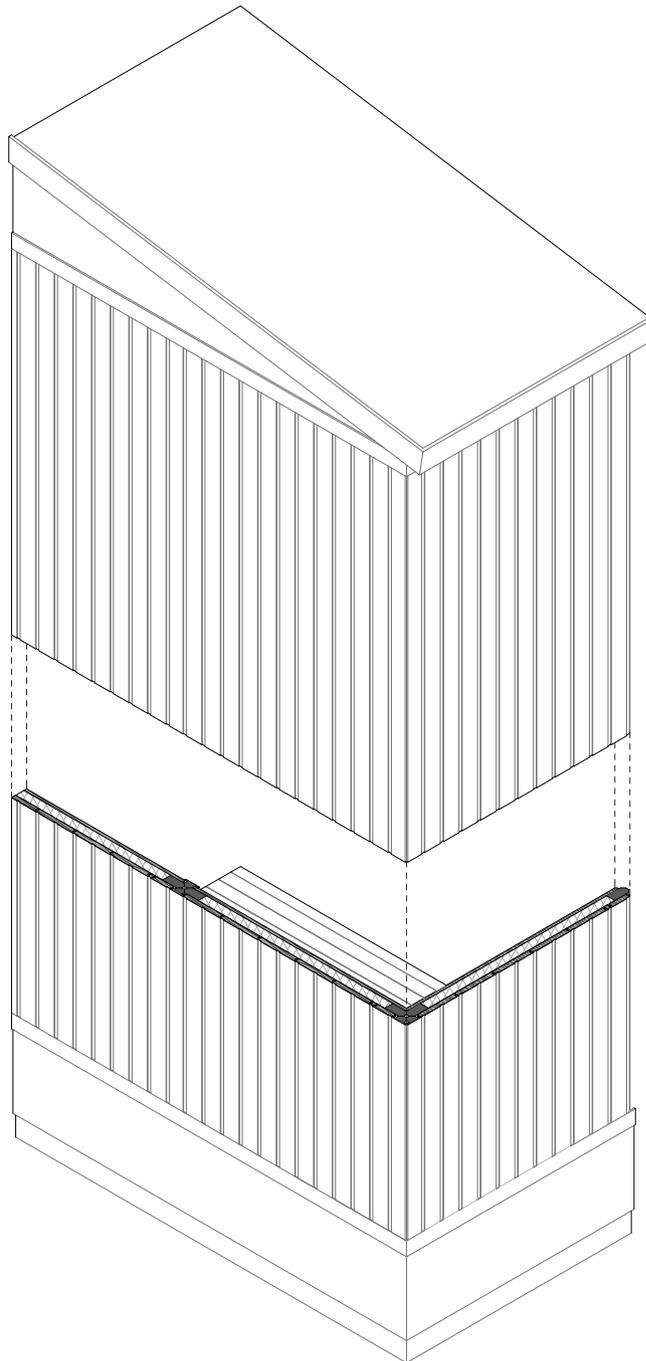
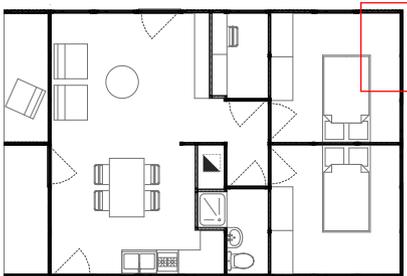


DT 01 - Planta





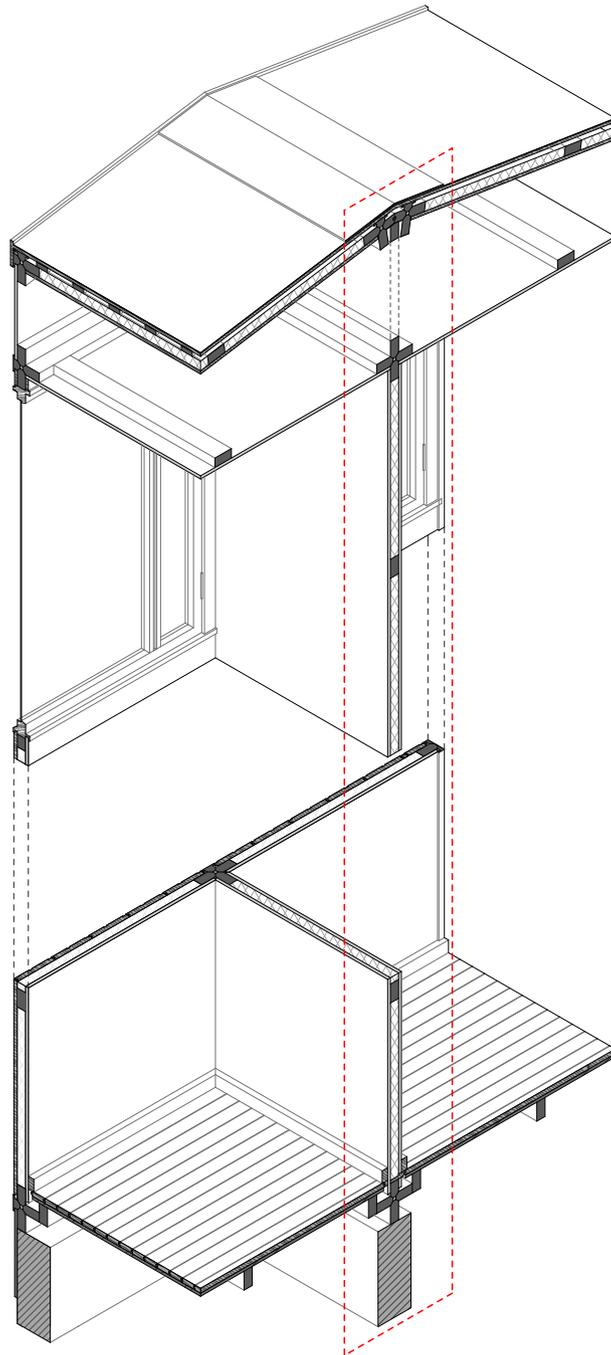
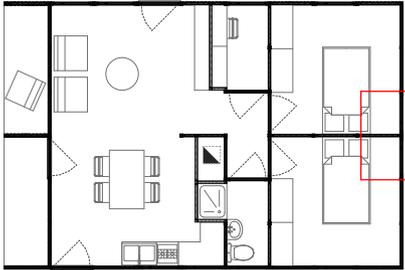
Detalle 02  
Unión Panel en esquina

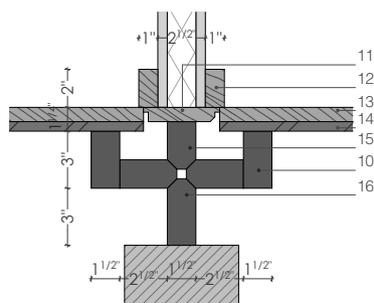
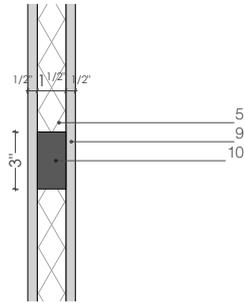
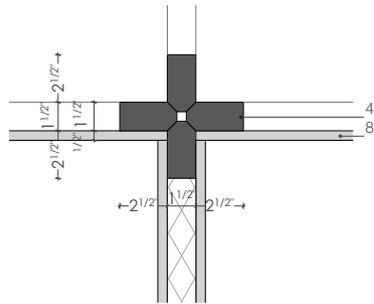
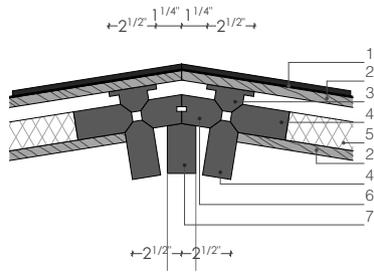






### Detalle 03 Unión Panel exterior / interior - Transversal

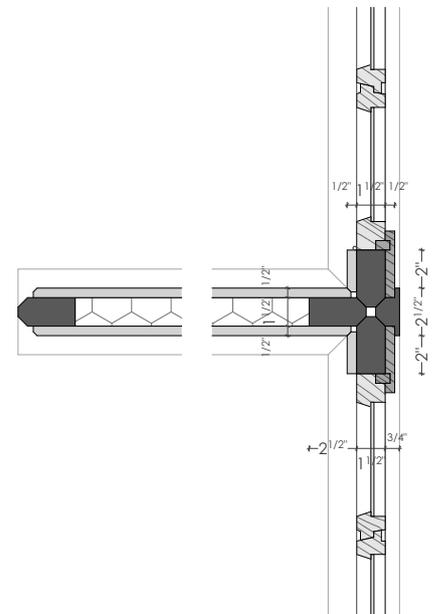




DT 03 - Sección



- [1] Impermeabilización - CUBIERTA
- [2] Recubrimiento de madera 1/2"
- [3] Pieza de madera (P 07)
- [4] Pieza de madera (P 02)
- [5] Aislamiento
- [6] Pieza de madera (P 10)
- [7] Pieza de madera (P 06)
- [8] Recubrimiento interior 1/2" - CIELO RASO
- [9] Recubrimiento interior 1/2" - PARED
- [10] Pieza de madera (P 01)
- [11] Recubrimiento de madera - PISO (P 15)
- [12] Rastrera
- [13] Recubrimiento de madera - PISO (P 14)
- [14] Impermeabilización - PISO
- [15] Pieza de madera (P 05)
- [16] Pieza de madera (P 03)

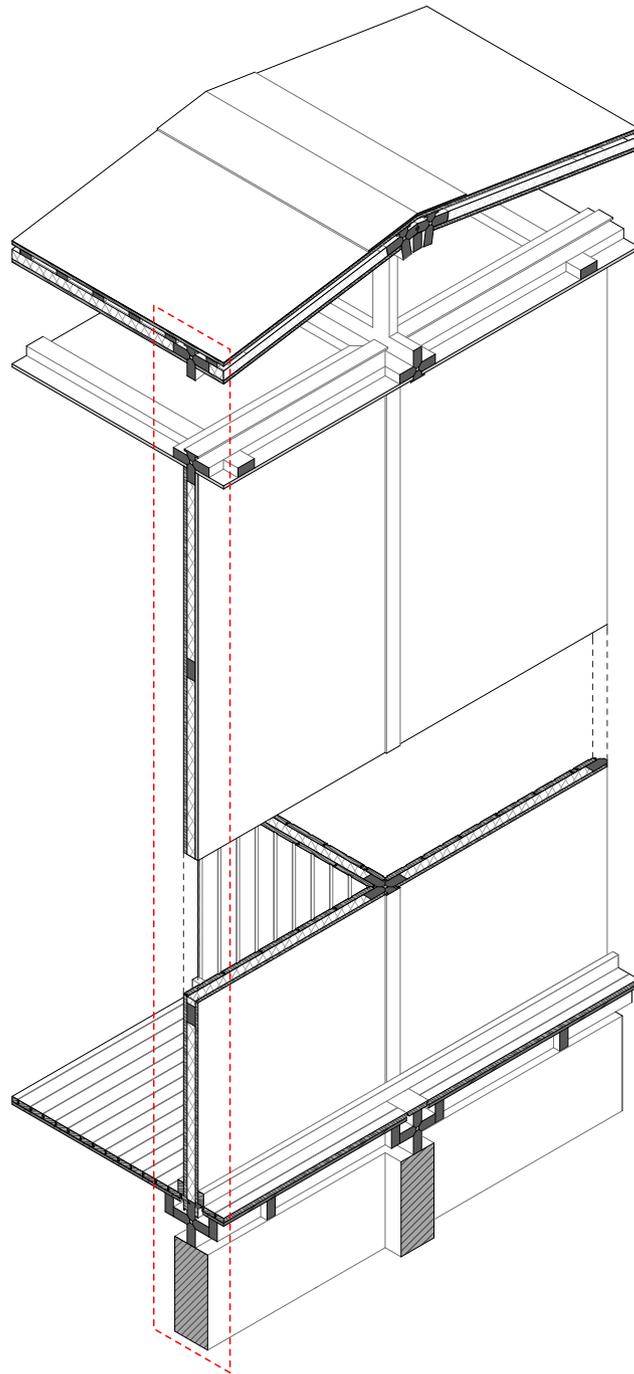
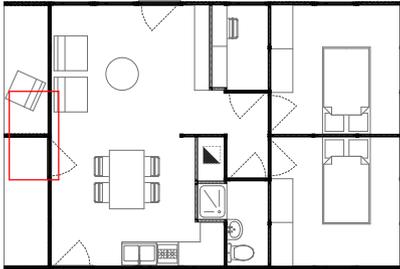


DT 03 - Planta





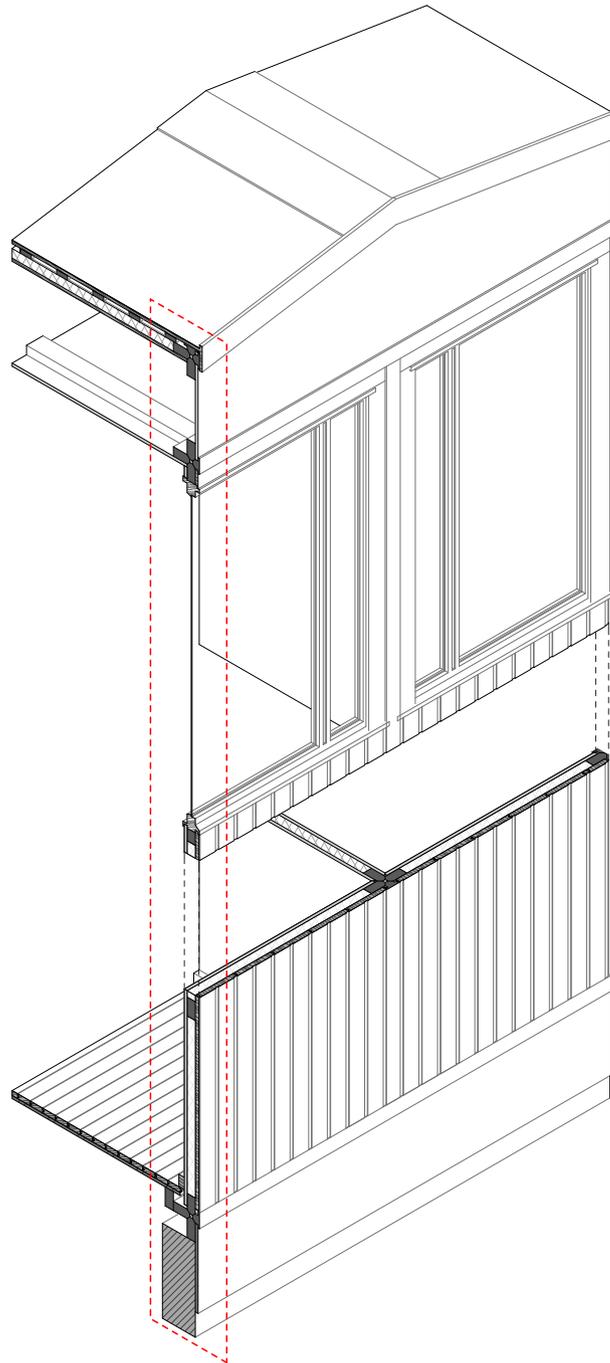
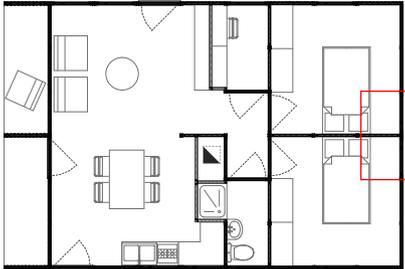
Detalle 04  
Unión Panel exterior / interior - Lateral







Detalle 05  
Unión Panel de ventana

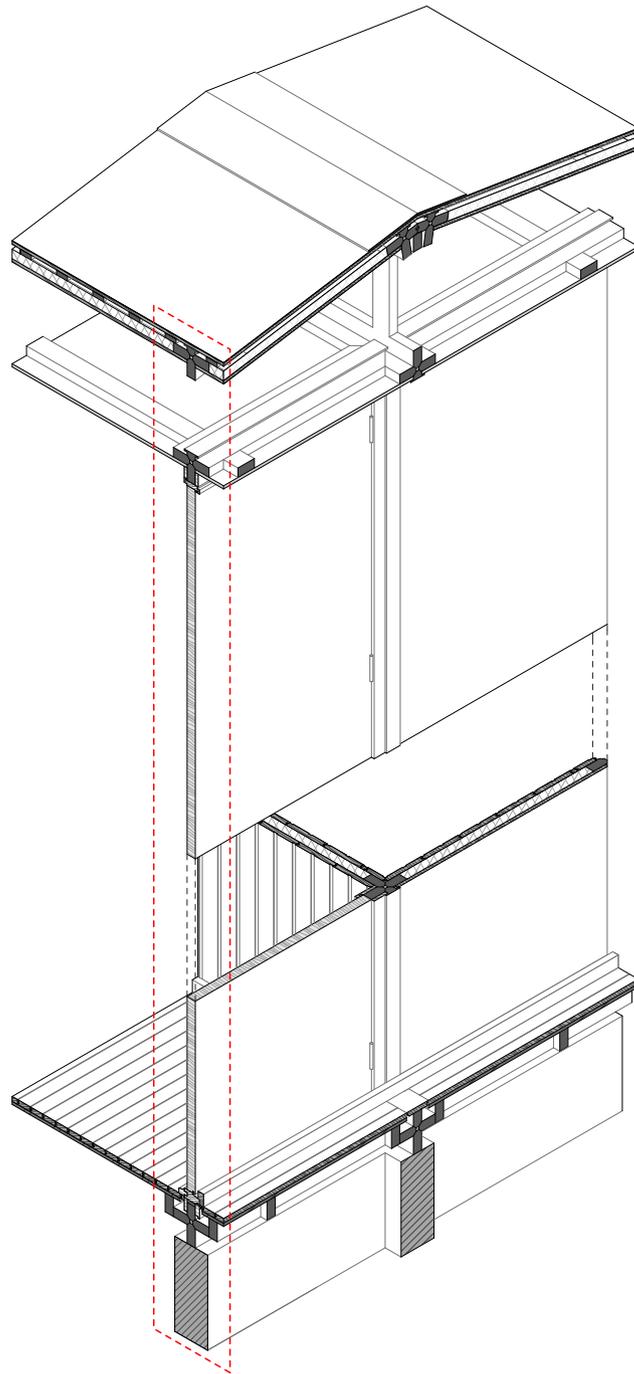
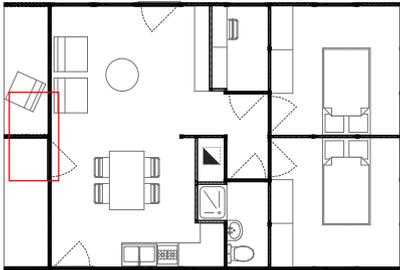


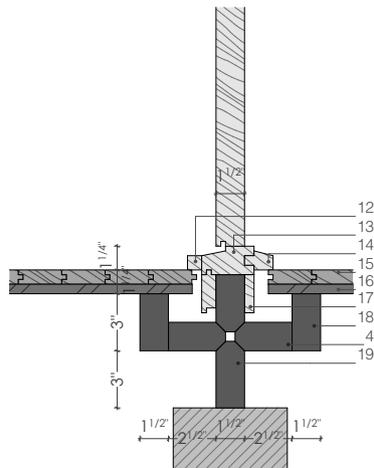
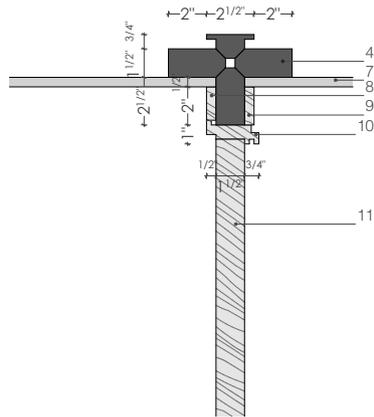
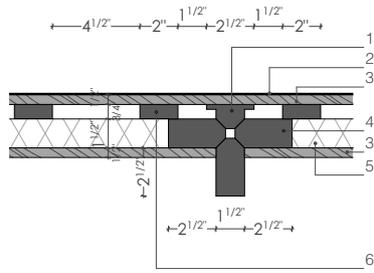




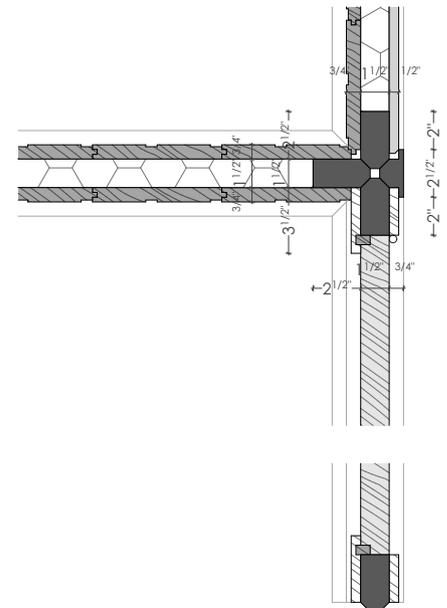
# Detalle 06

## Unión Panel de puerta





- [1] Pieza de madera (P 07)
- [2] Impermeabilización - CUBIERTA
- [3] Recubrimiento de madera 1/2"
- [4] Pieza de madera (P 02)
- [5] Aislamiento
- [6] Pieza de madera (P 09)
- [7] Recubrimiento interior 1/2"
- [8] Carpintería de madera 01 - PUERTA
- [9] Carpintería de madera 02 - PUERTA
- [10] Carpintería de madera 03 - PUERTA
- [11] Panel de madera
- [12] Carpintería de madera 04 - PUERTA
- [13] Carpintería de madera 05 - PUERTA
- [14] Carpintería de madera 06 - PUERTA
- [15] Recubrimiento de madera - PISO (P 14)
- [16] Impermeabilización - PISO
- [17] Carpintería de madera 07 - PUERTA
- [18] Pieza de madera (P 01)
- [19] Pieza de madera (P 03)



DT 06 - Sección

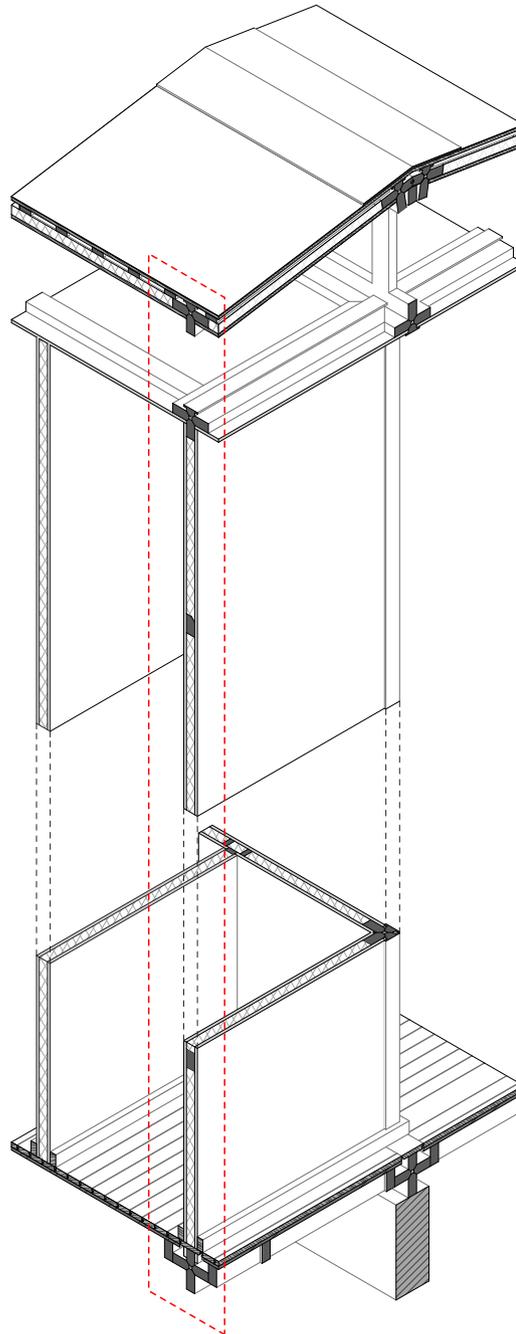
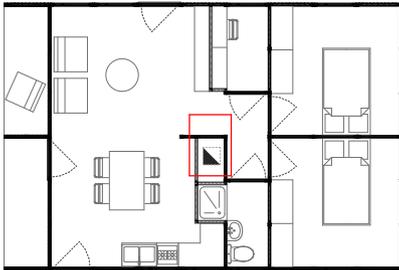


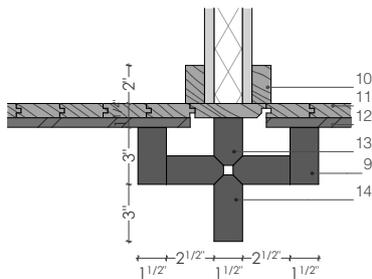
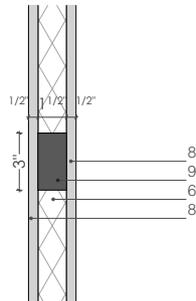
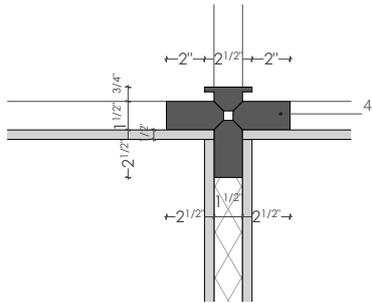
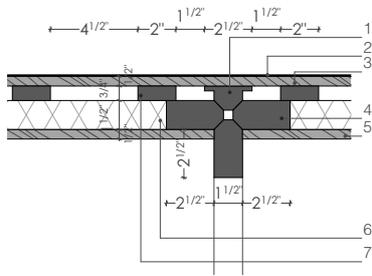
DT 06 - Planta





Detalle 07  
Unión Panel interior

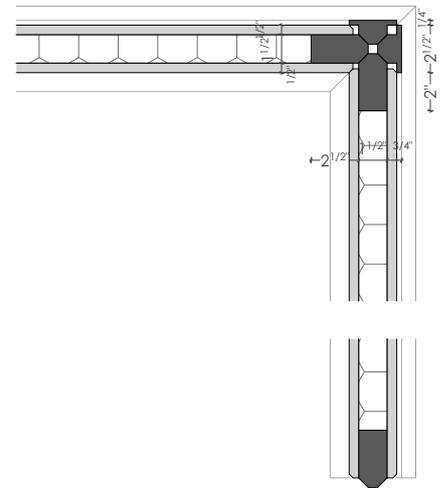




DT 07 - Sección



- [1] Pieza de madera (P 07)
- [2] Impermeabilización - CUBIERTA
- [3] Recubrimiento de madera 1/2"
- [4] Pieza de madera (P 02)
- [5] Recubrimiento de madera 1/2"
- [6] Aislamiento
- [7] Pieza de madera (P 09)
- [8] Recubrimiento interior 1/2"
- [9] Pieza de madera (P 01)
- [10] Rastrera
- [11] Recubrimiento de madera - PISO [P 14]
- [12] Impermeabilización - PISO
- [13] Pieza de madera (P 05)
- [14] Pieza de madera (P 03)



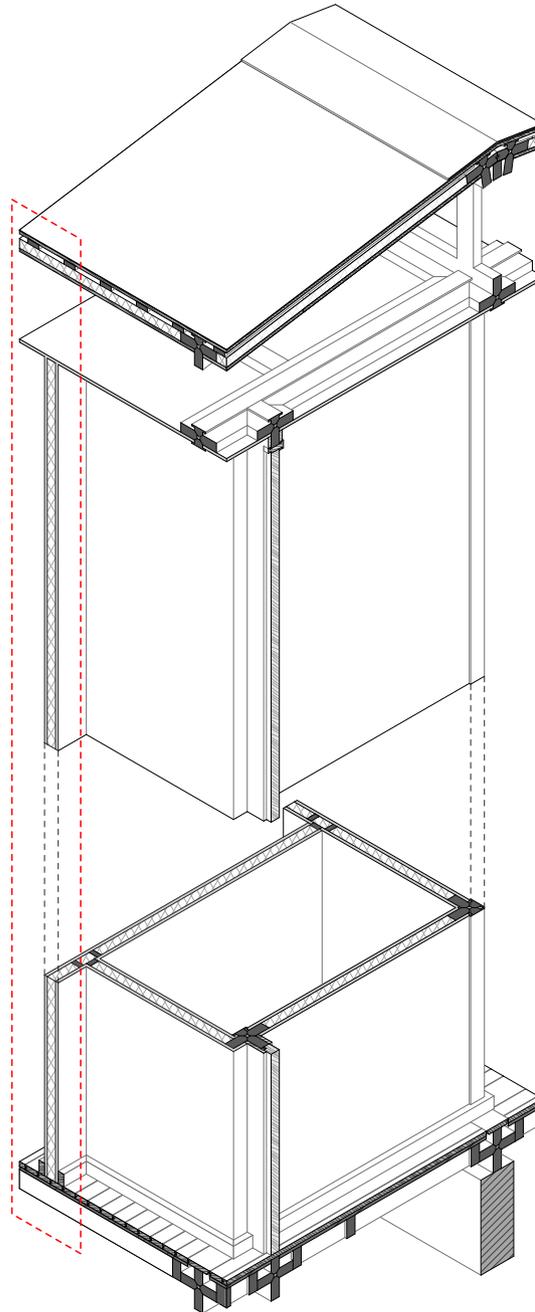
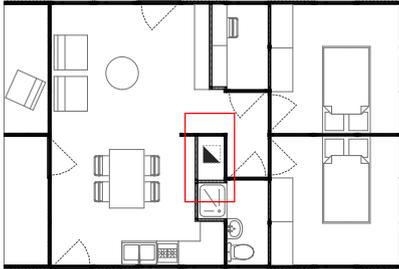
DT 07 - Planta

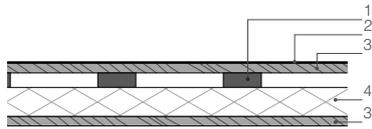




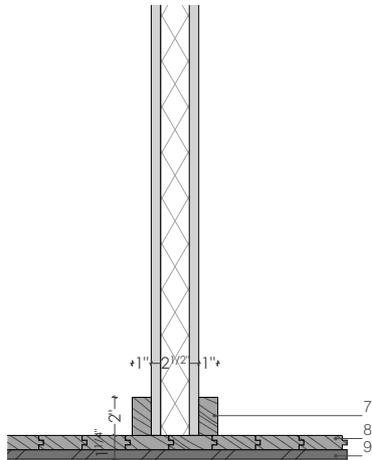
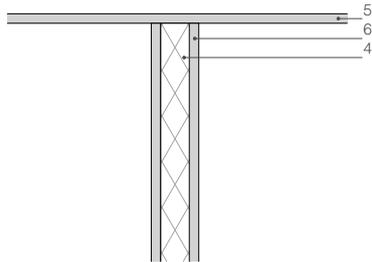
# Detalle 08

## Unión divisiones interiores

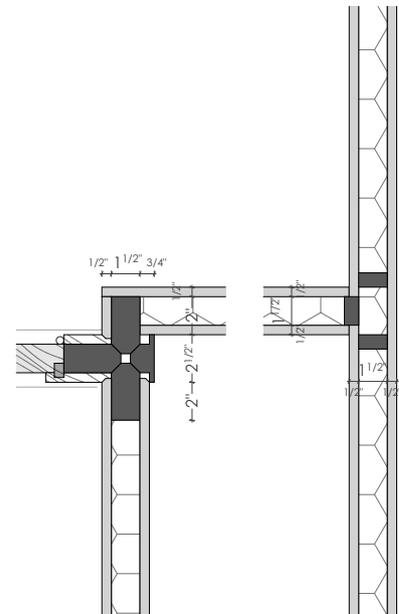




- [1] Pieza de madera (P 09)
- [2] Impermeabilización - CUBIERTA
- [3] Recubrimiento de madera 1/2"
- [4] Aislamiento
- [5] Recubrimiento interior 1/2" - CIELO RASO
- [6] Recubrimiento interior 1/2" - PARED
- [7] Rastrera
- [8] Recubrimiento de madera - PISO (P 14)
- [9] Impermeabilización - PISO

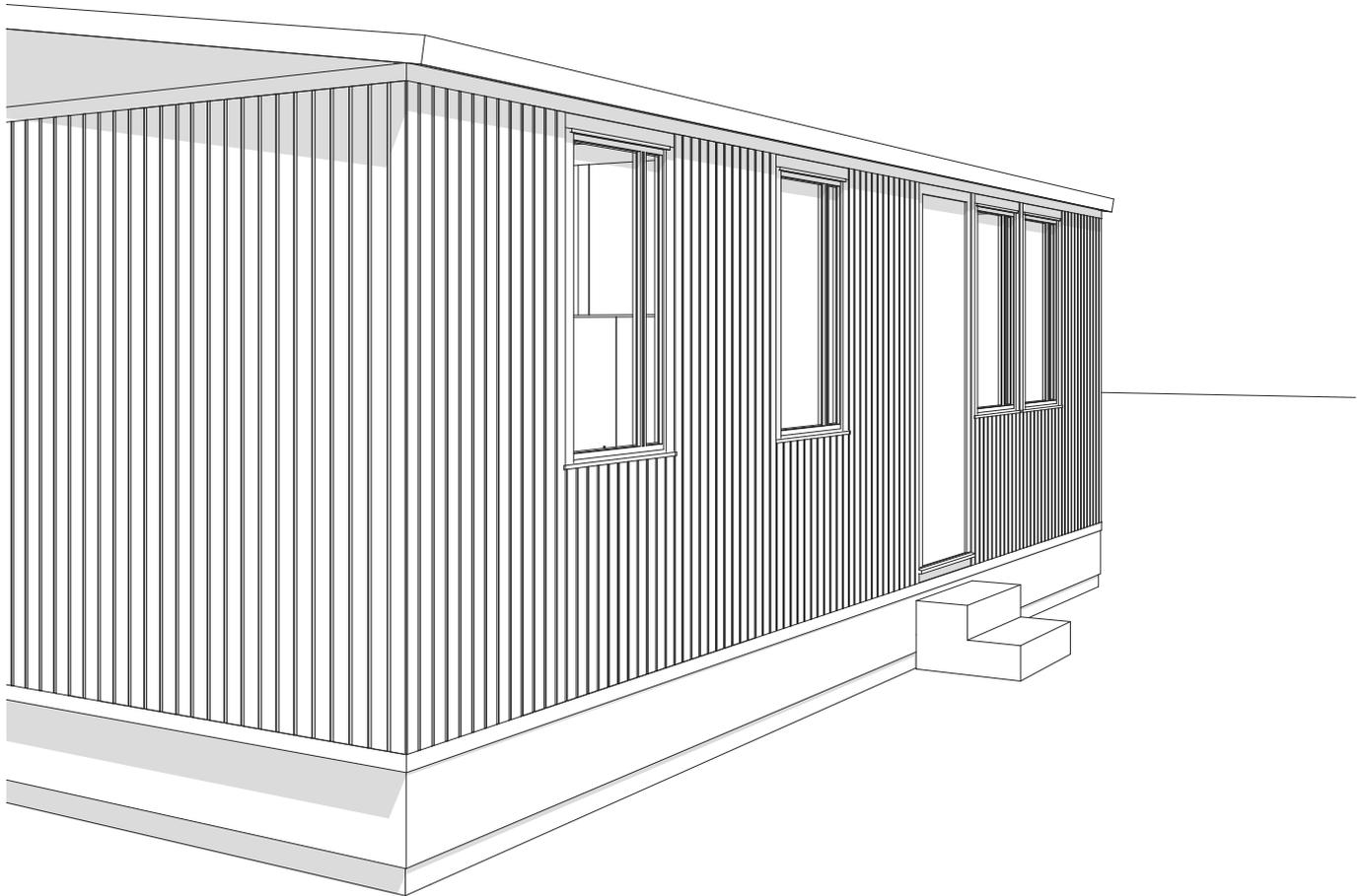


DT 08 - Sección



DT 08 - Planta





# ANÁLISIS Y EXPERIMENTACIÓN

Sistema del Panel Universal





## ANÁLISIS DEL SISTEMA DEL PANEL UNIVERSAL

La presente investigación se basa en un estudio del Sistema del Panel Universal a través de su (re)construcción virtual. El objetivo de este capítulo es, a partir de un análisis del sistema y la Casa A, proponer nuevas distribuciones de viviendas, para comprender cuáles fueron los aciertos en el desarrollo del proyecto y valorar la flexibilidad y estética que se consigue.

Para abordar el análisis fue necesaria la (re)construcción y revisión de la “Casa A”. Con la información que se analizó, como el sistema constructivo y la forma de organización funcional y formal, se procederá al estudio del Sistema del Panel Universal, para luego dar paso a un proceso experimental de diseño de nuevas opciones de organización de viviendas. Se han determinado tres aspectos considerados importantes dentro de la arquitectura para evaluar el sistema, la funcionalidad, la firmeza de la estructura y la tectónica que tiene la obra.

El estudio iniciará con una valoración del módulo base que adoptaron los arquitectos para el sistema, considerando que éste es una medida de longitud. Posteriormente se analizará la funcionalidad y la coherencia que tienen los espacios. Con estas conclusiones, se proyectarán esquemas para organizar diferentes posibilidades de viviendas. Finalmente, se probará con el diseño de dos casas que mantengan los principios tanto constructivos como de organización establecidos en la “Casa A”.

Es importante mencionar que el sistema estuvo pensado como un proyecto de viviendas emergentes, en el cual debían considerarse aspectos como el costo, el tiempo y la versatilidad en la construcción. En base a esto, los arquitectos pensaron adaptar un “módulo universal” que les permita resolver todos los requerimientos.



## MODULACIÓN

El Sistema del Panel Universal se organiza a partir de la dimensión adoptada para el módulo y de la unión de los elementos. El estudio del proyecto basado en la “Casa A”, inicia con el trazado de una cuadrícula compuesta por la medida base que es 3'4”; convertida al sistema métrico 1,0160m; como se puede ver en el primer gráfico de la página siguiente (*1<sub>1</sub>*).

En vista de que el proyecto está expresado en un sistema de pies y pulgadas, para esta parte del análisis se ha propuesto una nomenclatura para las medidas que sea más clara y fácil de leer. La representación que se utilizará es: 1 módulo = 1M (3'4”). Las siguientes medidas serán correspondientes a esto, es decir, 2 módulos = 2M (6'8”); 3 módulos = 3M (10'0”); 2,4 módulos = 2,4M (8'0”), etc.

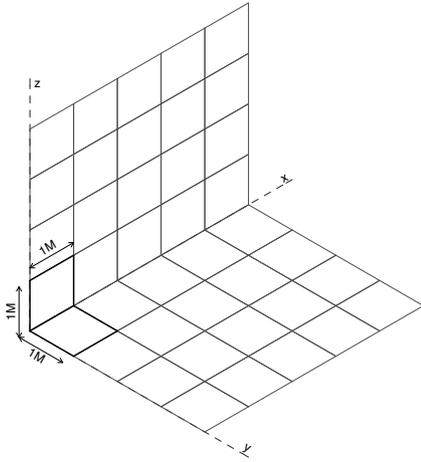
En primer lugar, fue necesario proyectar la forma del panel universal en la cuadrícula, para entender cómo se alinea y distribuye en la Casa A. Se trazaron dos proyecciones del panel, uno en planta y otra en elevación, como se muestra en el gráfico de la página siguiente (*1<sub>2</sub>*). El objetivo fue comprobar si los elementos diseñados respetan la medida del módulo. Los paneles tienen dos dimensiones, largo y ancho; el ancho es siempre equivalente a un módulo (1M).

En el caso del panel proyectado en planta, el largo representa 3 veces el módulo inicial (3M), alineándose a los ejes de la cuadrícula. Por el contrario, los paneles trazados en elevación no se alinean en todos sus lados a los espacios definidos, su longitud es 2,4 veces el módulo (2,4M). Esta diferencia en los paneles no afecta la construcción de la estructura, pues como se ve en el gráfico (*1<sub>2</sub>*), la unión de estos se da en el lado más corto, el cual es idéntico en ambos casos. Sin embargo, es preciso resaltar que esta variación es la única excepción a la regla del módulo. Se conoce que los arquitectos debían ser muy rigurosos, no únicamente con la estructura y funcionalidad de la vivienda, sino también con el costo que ésta iba a tener, debido a que planteaban un sistema de viviendas emergentes, por ello el recorte en la altura del panel que debía medir 3M según el módulo, se cambió a 2,4M, para disminuir el material utilizado en cada panel y de esa forma reducir el costo. No obstante, el sistema sí permitiría adaptar los paneles a cualquier dimensión sin alterar su estructura ni su función.

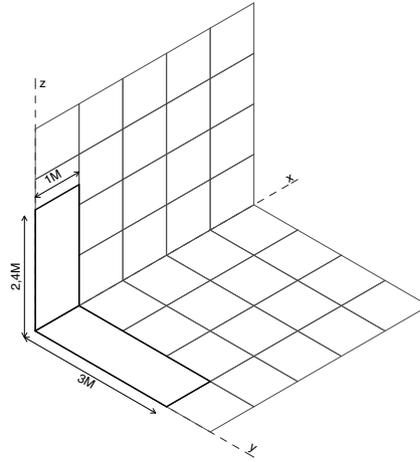
A partir de este trazado en la malla, podemos deducir que los elementos del sistema se proyectan en los ejes “x” y “y”, y con esto replicar en los lados opuestos para conformar un espacio delimitado, como se puede ver en el tercer gráfico de la página siguiente (*1<sub>3</sub>*). Si repetimos éste más de dos veces alineado al eje “x”, lo que conseguimos es un espacio libre y habitable, como

### NOMENCLATURA PARA EL ANÁLISIS

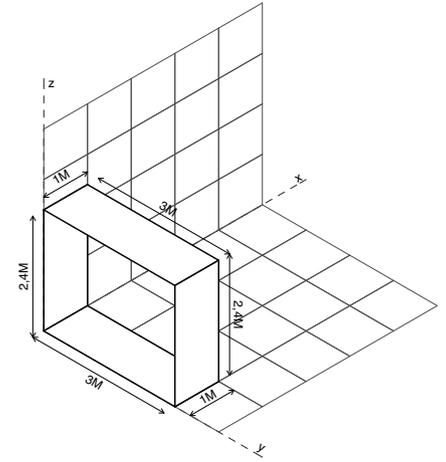
1 módulo = 1M (3'4”)  
 2 módulos = 2M (6'8”)  
 2,4 módulos = 2,4M (8'0”)  
 3 módulos = 3M (10'0”)



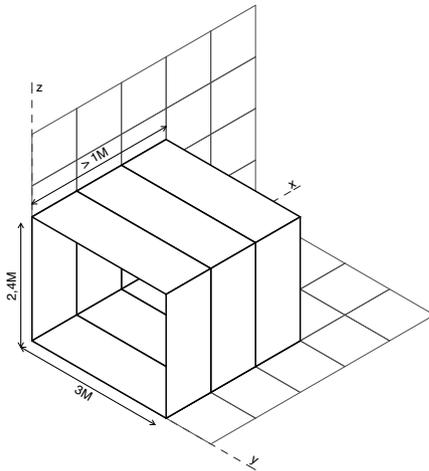
I1



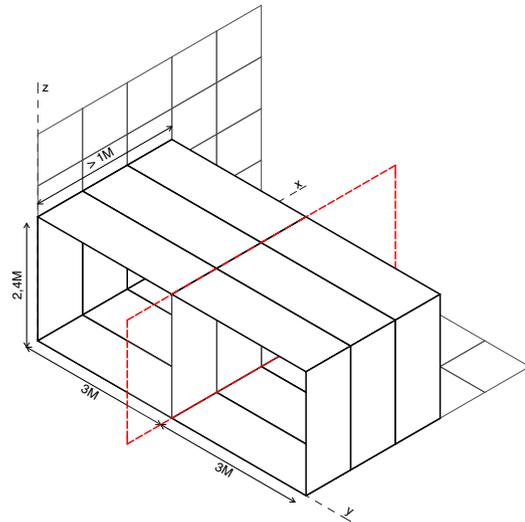
I2



I3



I4



I5

I1-I2-I3-I4-I5. Diagramas de análisis del módulo con paneles.



en el gráfico cuatro (14). La opción de repetir en el eje “y” no es posible sin que el espacio se fragmente, por la ubicación de las estructuras verticales, como se ve en el último gráfico de la página anterior (15).

Cuando se define el sistema se habla principalmente de un “panel”: el Sistema del Panel Universal; pero el proyecto general se basa en una unión universal de cuatro piezas estándar. Ante esto cabe la posibilidad de que las estructuras no sean necesariamente conformadas como paneles, podrían ser columnas que se componen por cuatro elementos individuales y conectados de la misma manera. El concepto se sustenta en una fotografía encontrada en el libro “Prefab Houses”\*, expuesta en la página 179 (fig.102), en donde se ve claramente la utilización de dicha columna. Junto a esta imagen, se muestra la construcción de las columnas, estructuradas a partir de las mismas piezas de los paneles (J1, J2). Esta variación implica otra excepción en el sistema con un cambio en la forma, pero no en el método constructivo.

La utilización de columnas dentro del sistema permite tener espacios más libres y flexibles. Al reemplazar los paneles por elementos más esbeltos, obtenemos una estructura más liviana con apoyos puntuales, como se ve en los gráficos de la página 179 (K1, K2). No obstante, el espacio sigue fracturado, por los elementos que se colocan cada 1 módulo (1M). Si entendemos que las dimensiones mayores de las piezas de este sistema son de 3M; considerando que los paneles del piso y cubierta se arman con éstas, también se podría considerar que estructuralmente los apoyos pueden colocarse cada 3M de distancia, tanto en el eje “x” como en “y”. Esto se consigue a través de la ubicación de elementos que conecten tres componentes estructurales consecutivos en el piso y cubierta, como se muestra en el último gráfico de la página 179 (K3). El recurso utilizado libera el espacio y permite que la estructura se repita en “x” o “y” sin fragmentarse en el interior, esto se ve en los gráficos de la página 180 (L1, L2).

Al observar las tres fotografías de las casas que están en la página 180 (fig.103; fig.104; fig.105), se distingue una diferencia en las alturas de la primera casa con las dos contiguas. Esto se identifica por el espacio existente sobre las ventanas, la primera casa está conformada con paneles más pequeños. En el capítulo 03, se mencionó que para los paneles de paredes existen dos tamaños, una de 2,4M= 8'0” y la otra de 3M=10'0”, esta diferencia es la que se ve en las imágenes. En base a esto, se pueden elegir la altura del panel que mejor se adapte a los proyectos y se considerarían las mismas especificaciones estructurales, como se puede ver en los gráficos de la página 181 (M1, M2, N1, N2, N3), en donde se proyectan las estructuras con una altura de 3M, de la misma forma que con paneles de 2,4M, sin modificar el sistema constructivo.

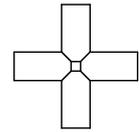
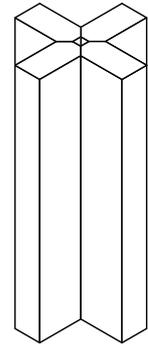
\*COBBERS, Arnt & JAHN, Oliver. (2010). Prefab Houses. TASCHEN.



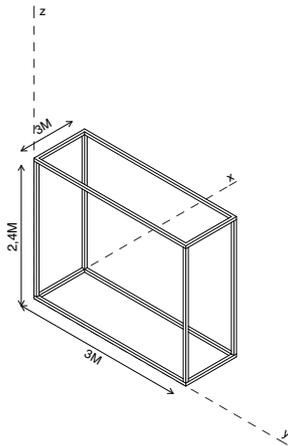
fig.102



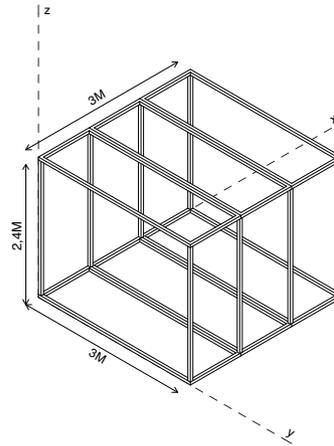
J1



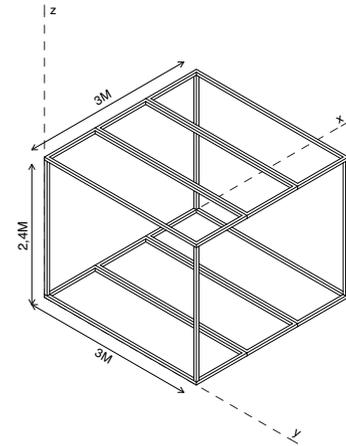
J2



K1



K2

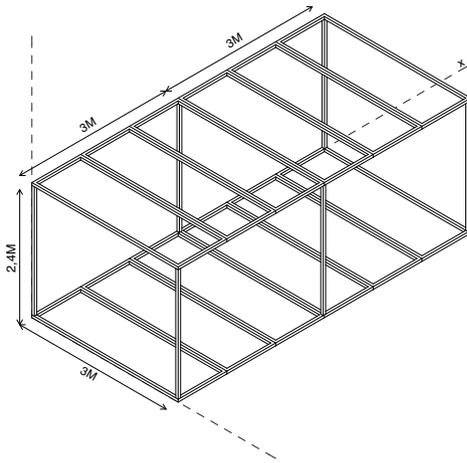


K3

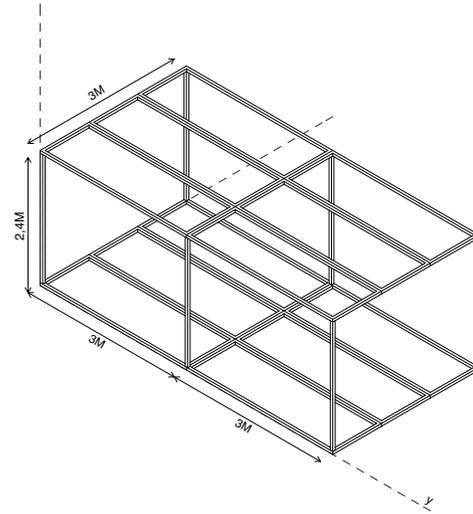
102. Fotografía del espacio interior de una vivienda del Sistema del Panel Universal.

J1-J2. Construcción de las columnas con las piezas del sistema.

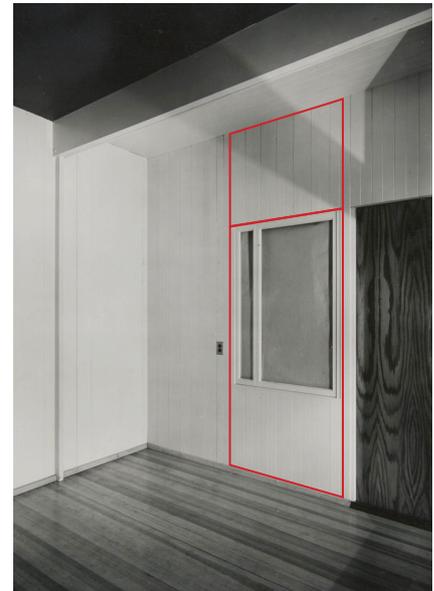
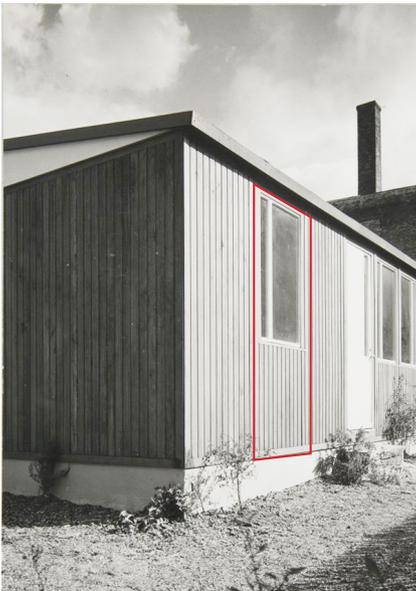
K1-K2-K3. Diagramas del crecimiento del módulo con columnas.



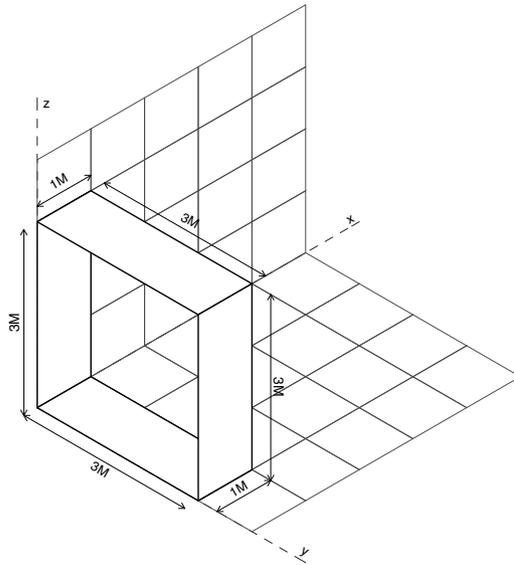
L1



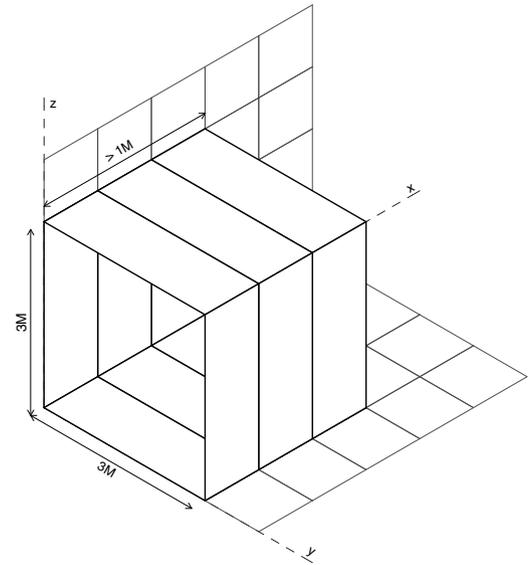
L2



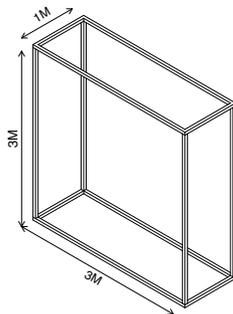
L1-L2. Diagramas de crecimiento del módulo.  
103-104-105. Fotografías de viviendas con el Sistema  
del Panel Universal.



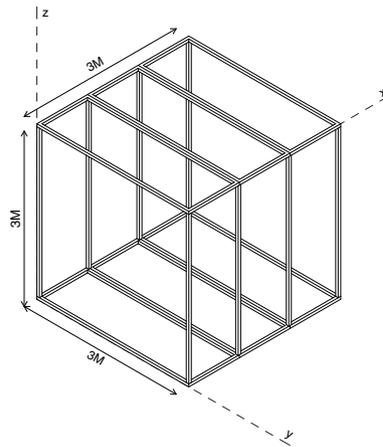
M1



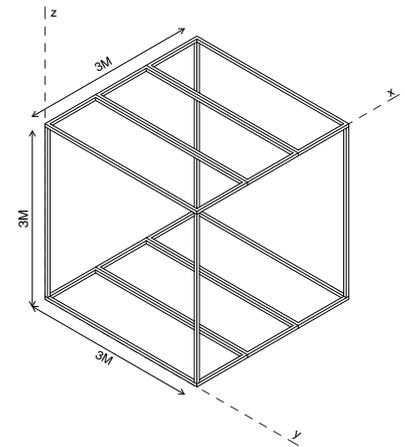
M2



N1



N2



N3

M1-M2. Diagramas de crecimiento del módulo.  
N1-N2-N3. Diagramas de la conformación del módulo.



## CRECIMIENTO

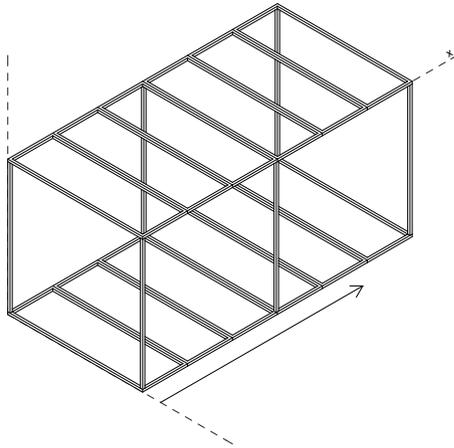
En esta parte se evaluará la forma de crecimiento que tienen las estructuras del sistema para conformar diferentes tipos de viviendas. Como conclusión al análisis previo, el módulo estructural con medidas de 3Mx3Mx3M que vemos al final de la página anterior ( $N_3$ ), es el espacio habitable más grande que se consigue sin fragmentar el interior, a partir de los parámetros valorados en la Casa A. Es posible repetir este patrón en los ejes “x”, “y” o “z”. Sin embargo, hay cuatro aspectos que se deben tomar en cuenta para su crecimiento y organización:

El primero es la alineación de los módulos, estos siempre deben estar colocados uno al lado del otro para unirse por cualquiera de sus lados, ya sea en el eje “x”, “y” o “z”, como se puede ver en los tres gráficos de la página siguiente ( $O_1, O_2, O_3$ ). Esta particularidad se debe a la forma que tienen las piezas del sistema; su construcción no permite giros con ángulos en las uniones, lo cual podría suceder únicamente si se hace una variación en los cortes de las piezas y se mantiene la unión a partir de cuatro elementos, pero esto no se contempla dentro de las características de la Casa A.

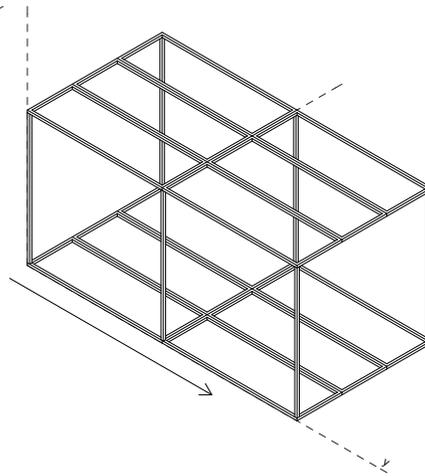
El segundo es la delimitación del área en los espacios que conforman una vivienda, estos tienen que ser múltiplos de 1M y deben tener apoyos estructurales cada 3M, con lo cual se restringe la distribución y a su vez la forma que puede tener la vivienda.

El tercer aspecto es la forma de la estructura en la cubierta. Las imágenes que se encontraron del sistema, muestran casas con cubiertas inclinadas a dos aguas, en algunos casos con la pendiente hacia fuera y en otros hacia adentro, como se puede ver en la imagen de la página 183 (*fig. 106*). Si ahora consideramos colocar una estructura de cubierta con pendiente hacia un solo lado, sobre el módulo estructural de 3Mx3Mx3M planteado anteriormente ( $N_3$ ), lo que obtenemos es una forma tradicional de vivienda construida con el Sistema del Panel Universal, como se puede ver en la página 164 ( $P_1$ ).

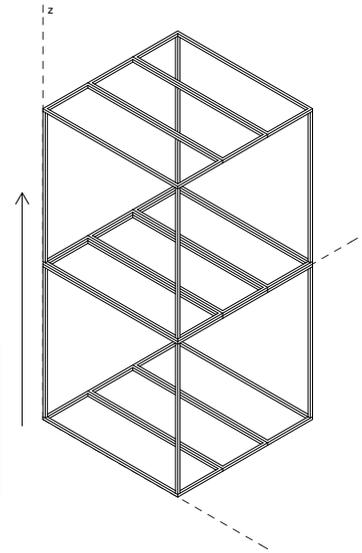
Estos módulos estructurales pueden plantearse con paneles o columnas y pueden estar dispuestos entre ejes de 1M a 3M, como ya se mencionó. En esta parte del análisis se ha considerado utilizar los módulos más grandes, es decir de 3Mx3Mx3M con estructura de columnas, con el objetivo de reconocer la magnitud máxima posible que se logra con estos módulos. En los gráficos de la página 185 ( $Q_1, Q_2, Q_3$ ), se puede ver



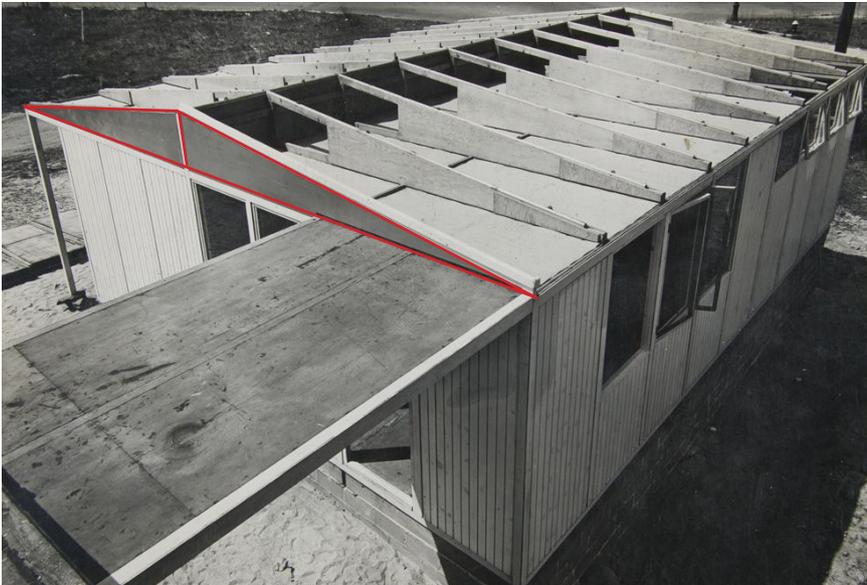
O1



O2



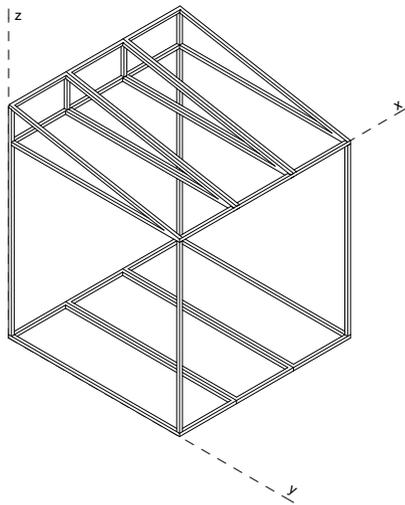
O3



O1-O2-O3. Diagramas de crecimiento del módulo.  
106. Fotografía de la cubierta de una vivienda con el Sistema del Panel Universal.



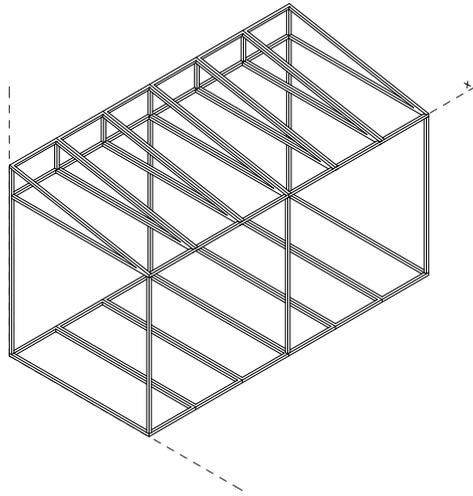
cómo se repiten los módulos en cada uno de los ejes “x”, “y” o “z”. Estos diagramas son una base para considerar en la organización de nuevas tipologías de viviendas.



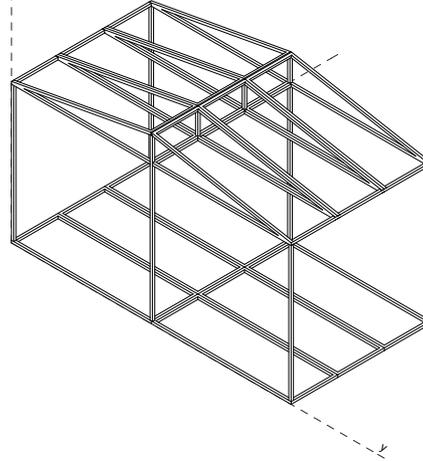
P1

Finalmente, el cuarto aspecto es el crecimiento de los módulos en el eje “z”; es decir, hasta dónde llegan las viviendas en altura. Las imágenes que se encontraron muestran propuestas con uno o dos pisos, a pesar de que el sistema se plantea inicialmente para crecer infinitamente. En la página 185 se observan dos bocetos con ejemplos de viviendas de dos pisos con el Sistema del Panel Universal (*fig. 107, fig. 108*).

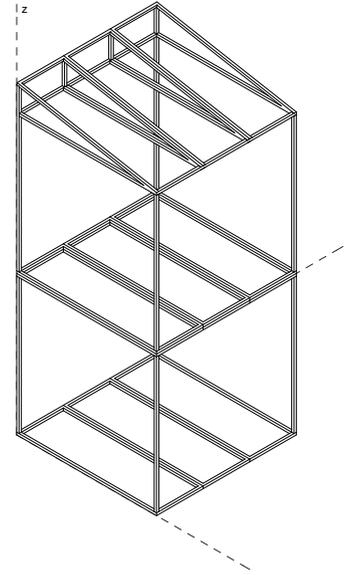
En consideración a esto, se ha planteado una hipótesis sobre la resistencia que tiene el material de los elementos estructurales, que en este caso es madera, concluyendo que el sistema no admite edificaciones más altas por la forma en la que está pensado constructivamente; por ello, para el proceso experimental, se ha decidido mantener las viviendas en no más de dos pisos. Sin embargo, sí existe la posibilidad de elevarse más pisos con estas estructuras de madera, para lo cual sería necesario de refuerzos extra en la estructura.



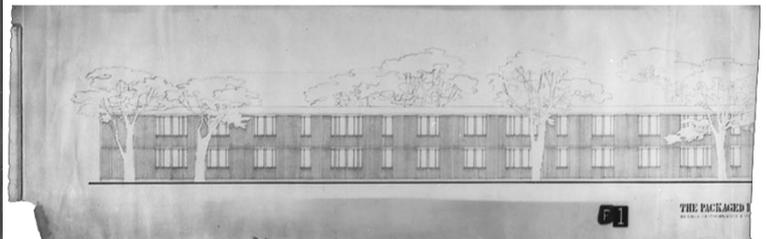
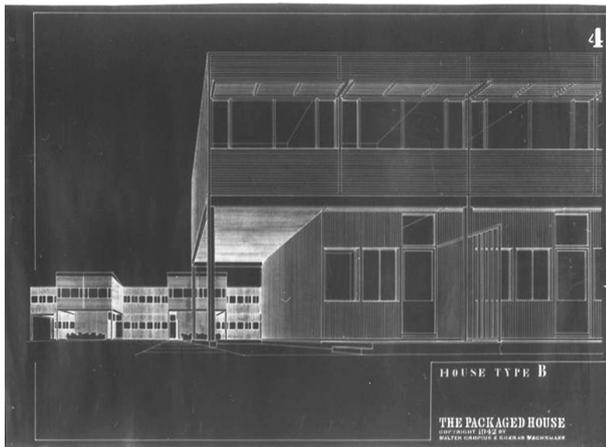
Q1



Q2



Q3

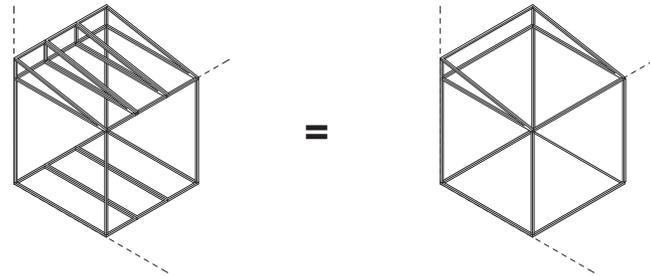


Q1-Q2-Q3. Diagramas de crecimiento del módulo.  
107-108. Bocetos de viviendas colectivas con el Sistema del Panel Universal.



A continuación, se han planteado algunas formas de crecimiento y organización del módulo para conformar viviendas ( $R_2$ ); éstas se han armado a partir de las conclusiones generadas. Todas las consideraciones que se han realizado, se basan en los lineamientos valorados y determinados en la (re)construcción y estudio de la Casa A.

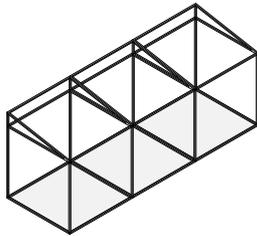
El módulo estructural que se utilizó en los modelos de posibilidades de crecimiento se ha simplificado para una mejor comprensión del dibujo, únicamente con la representación del perímetro del módulo ( $R_1$ ).



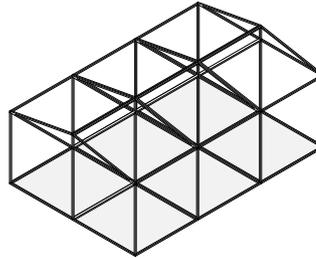
R1



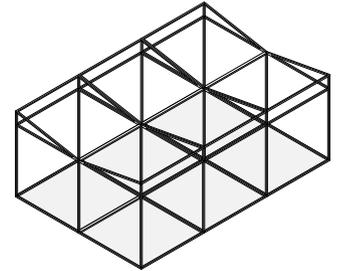
POSIBILIDADES DE CRECIMIENTO (R<sub>2</sub>)



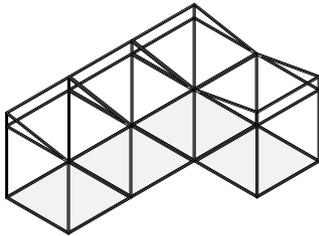
Barra horizontal



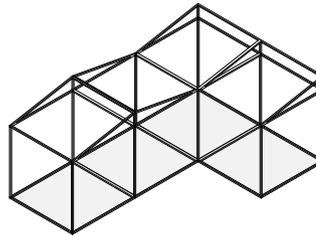
Doble barra



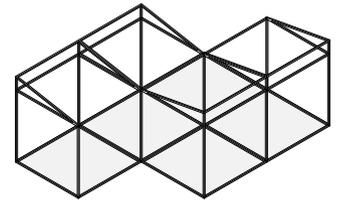
Doble barra invertida



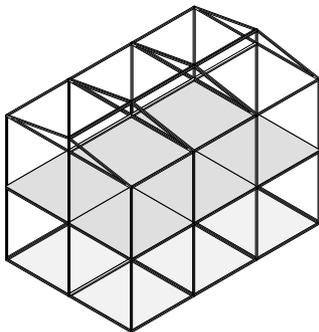
Forma en "L"



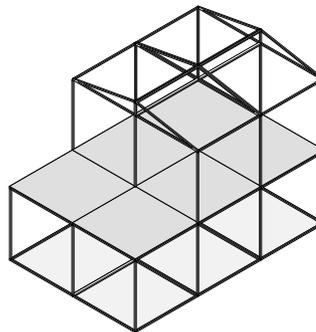
Barras combinadas



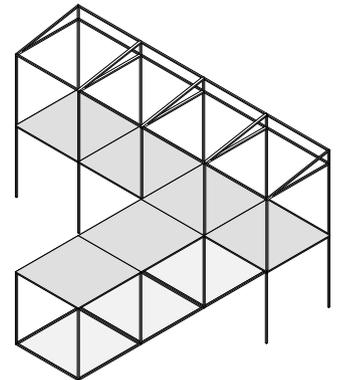
Barras desplazadas



Bloques en dos niveles



Bloques en dos niveles con terraza



Barra suspendida



## FUNCIONALIDAD

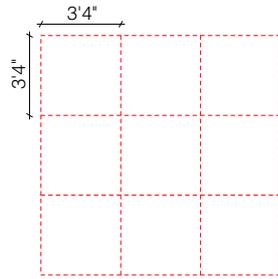
En la última parte de este análisis se plantea valorar la resolución del programa de una casa con el sistema, con el objetivo de conocer si se adapta satisfactoriamente a las necesidades domésticas requeridas para un proyecto de viviendas emergentes. En este estudio se contemplaron tres aspectos:

El primero es la funcionalidad de los espacios conformados a través de la modulación con los paneles. Para este análisis fue necesario trazar los espacios con las áreas mínimas que pueden tener a partir del módulo del Panel Universal: un dormitorio, una cocina, una sala, un comedor y un baño completo; y esto comparar con los requerimientos mínimos que se plantean en el Libro “Arte de proyectar en arquitectura” de Ernst Neufert\*, el cual se ha tomado como una referencia. Para validar si las medidas del sistema en estudio se adaptan a las formas funcionales, se trazaron los espacios sobre una cuadrícula formada con el módulo base de 3'4", en la página siguiente se observan estas comparaciones.

En el segundo gráfico de la página 189 (*S<sub>2</sub>*), constan cuatro medidas de puertas domésticas obtenidas de la referencia; si sobreponemos una de éstas sobre la cuadrícula junto al panel de puerta del sistema, como se ve en el tercer gráfico (*S<sub>3</sub>*), observamos que la diferencia del tamaño en el alto de la puerta no varía mucho. Sin embargo, si consideramos el ancho de éstas, que en el caso de la referencia es de 2'5,5" (0,750m) y en el panel del sistema de 3'4" (1,0160m), vemos que sí existe una mayor diferencia; además, se puede ver que el área necesaria para el deslizamiento de la puerta es mayor en el caso del panel, lo cual reduce el área útil en los espacios, como se puede ver en el gráfico (*S<sub>3</sub>*). En los diagramas siguientes se exponen más comparaciones entre los espacios de referencia y los conformados con los paneles (*S<sub>4</sub>*, *S<sub>5</sub>*, *S<sub>6</sub>*, *S<sub>7</sub>*, *S<sub>8</sub>*). En estos se aprecia que con la dimensión del módulo de 3'4" existen espacios que no siempre se adaptan a las medidas mínimas; es decir, resultan muy estrechos o por el contrario demasiado amplios para un buen funcionamiento, como se observa en el caso del baño (*S<sub>4</sub>*). No obstante, sí existen distribuciones como el dormitorio que se conforman con las dimensiones adecuadas para un espacio mínimo y funcional (*S<sub>5</sub>*).

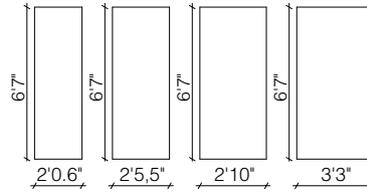
El segundo aspecto es la calidad interior que se consigue en las viviendas. Cuando se (re)construyeron los componentes del sistema se señaló que existen dos tamaños de paneles para las paredes, de 3'4"x8'0" (1M x 2,4M) y 3'4"x10'0" (1M x 3M). Dentro del análisis de la modulación, se mencionó que este recorte del módulo de 3M a 2,4M es la única variación

\*NEUFERT, Ernst (1977). Arte de proyectar en arquitectura. Barcelona: Gustavo Gili, S.A.

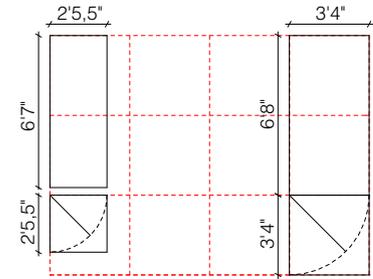


MÓDULO

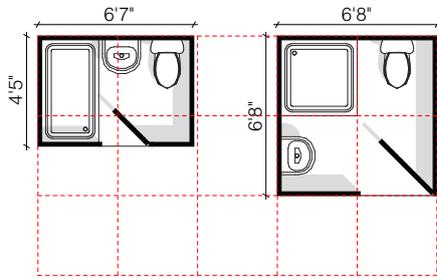
S1

PUERTAS INTERIORES  
[TAMAÑOS SEGUN LA DIN 18 100]

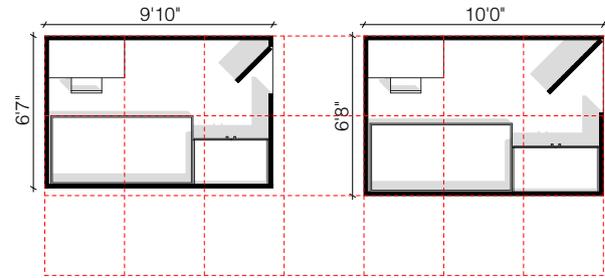
S2

REFERENCIA      SISTEMA P.U.  
PUERTAS

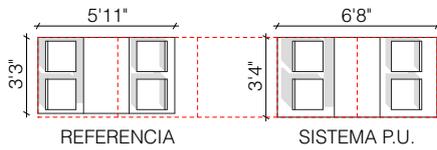
S3

REFERENCIA      SISTEMA P.U.  
BAÑO

S4

REFERENCIA      SISTEMA P.U.  
DORMITORIO

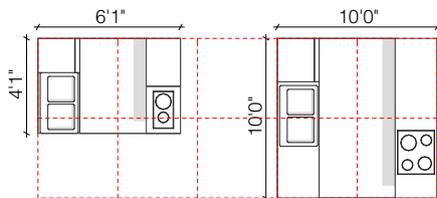
S5

REFERENCIA      SISTEMA P.U.  
COMEDOR

S6

REFERENCIA      SISTEMA P.U.  
SALA

S8

REFERENCIA      SISTEMA P.U.  
COCINA

S7

REFERENCIA: NEUFERT, 1977.  
SISTEMA P.U.: SISTEMA DEL PANEL UNIVERSAL

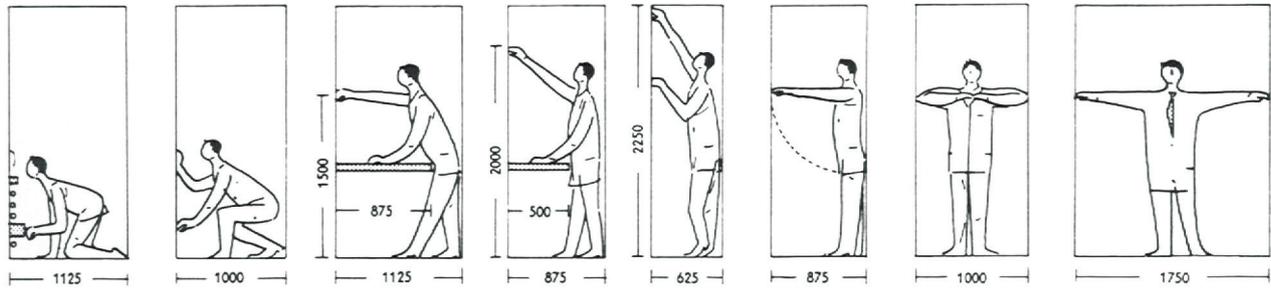


del módulo, y se sostuvo que debió ser un cambio para reducir los costos. Para poder comparar estos y determinar cuáles son las ventajas de cada uno, se han dibujado dos secciones de piso a techo, conformadas con los dos tipos de panel ( $T_1$ ,  $T_2$ ), como se puede ver en la página 191. Aquí se ha señalado la medida exterior que es la del panel y la medida interior que es la altura libre que queda al colocar todos los elementos de la estructura y revestimientos de la casa, y que por lo tanto reducen la altura interior final, quedando en la primera sección ( $T_1$ ) 7'4,5" (224,79cm) y en la segunda ( $T_2$ ) 9'4,5" (285,75cm).

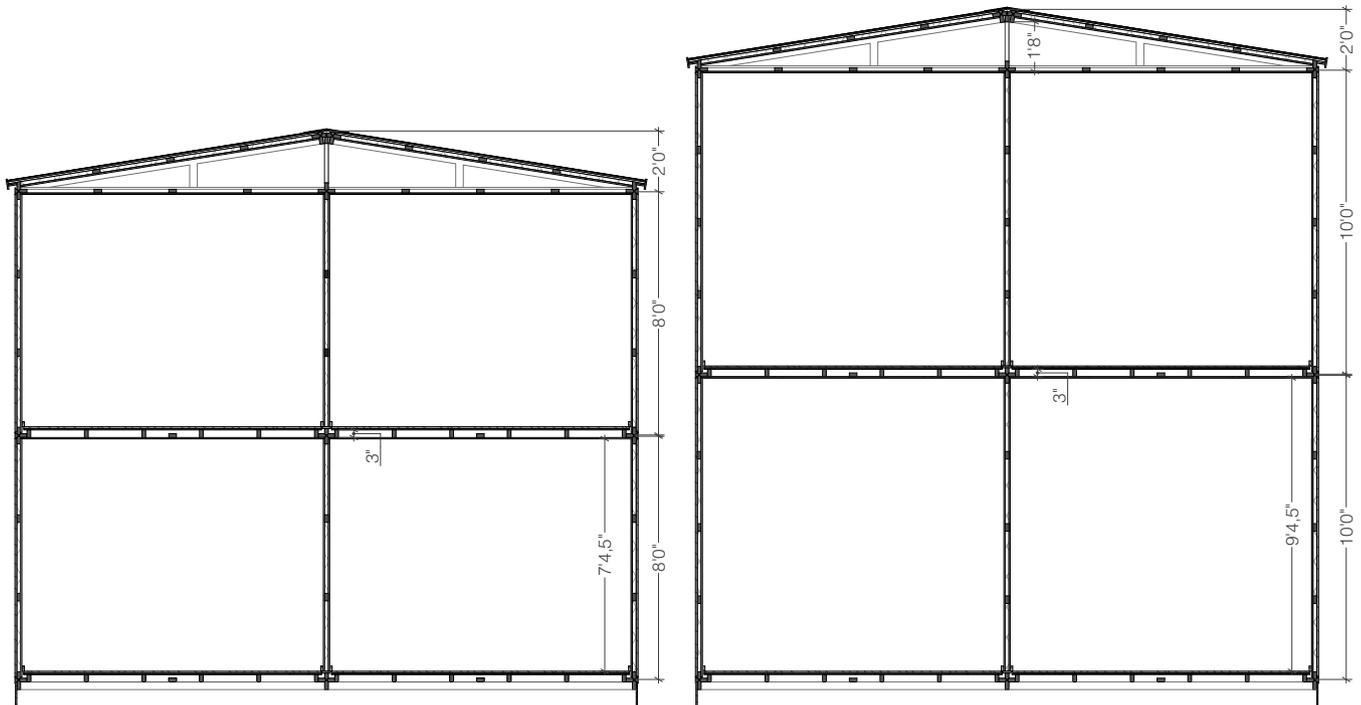
Si tomamos como referencia nuevamente a Neufert y consideramos las dimensiones mínimas para que una persona pueda realizar las actividades necesarias dentro de un espacio, como se puede ver en los diagramas colocados sobre las secciones (*fig. 109*), determinamos que las dos opciones cumplen con esto. En la primera sección podemos definir que la altura es la mínima requerida. Los arquitectos buscaron resolver el proyecto con las necesidades básicas y el recorte del panel a 2,4M les permitía reducir el material y a su vez, mantener los estándares mínimos para una vivienda emergente, pero ésta no es una altura óptima para el correcto funcionamiento de la vivienda. Sin embargo, podemos ver que la dimensión de 1Mx3M ( $S_2$ ), es más adecuada y funcional para resolver un espacio interior, porque permite tener mayor área de circulación del aire, más iluminación y las funciones que se realicen en estas zonas tendrán una mayor calidad. Las casas pueden estructurarse con cualquiera de los dos paneles; pero, si el proyecto no es una propuesta económica, lo óptimo es utilizar los paneles de 1Mx3M.

En el tercer aspecto se valoró la ubicación de tres componentes que son parte esencial de una vivienda: las circulaciones horizontales, las circulaciones verticales y las instalaciones generales. (A) Las circulaciones horizontales determinan, como en muchos proyectos, la distribución de los espacios. Como ya se mencionó anteriormente, los módulos solo pueden colocarse alineados o en forma perpendicular por el tipo de unión que se utiliza, esto restringe los espacios y obliga a colocar la menor cantidad de circulaciones.

(B) Las circulaciones verticales, que en el sistema son escaleras, están siempre limitadas al tamaño del módulo y por ello deben estructurarse entre los ejes de unión de los paneles y a su vez, deben construirse con las mismas piezas del sistema para poder conectarse a las estructuras de la casa.



ESPACIOS NECESARIOS SEGÚN LA POSICIÓN DEL CUERPO



T1

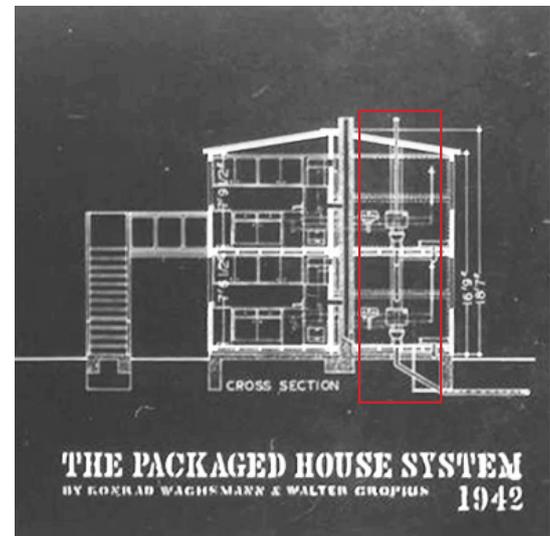
T2

109. Referencias con medidas para el movimiento del cuerpo. (NEUFERT, 1977).  
S1-S2. Secciones comparativas de dos viviendas con el Sistema del Panel Universal.



(C) La ubicación de los ductos para las instalaciones generales es imprescindible considerar desde el inicio del diseño en este sistema. En el caso de una vivienda de una planta no existe complicaciones ya que todo se resuelve bajo el piso y no quedan vistas; pero, en el caso de una vivienda de dos plantas, siempre debe proveerse un espacio para colocarlas. De acuerdo a la forma de la estructura que se coloca en los entrepisos, el espacio existente para pasar tuberías es mínimo, no existe más de 3" (0,0762m), por lo que la única solución es realizar ductos centralizados para todas las redes; es decir, que bajen directamente al suelo, especialmente tuberías de aguas servidas y aguas lluvia que tienen dimensiones mayores; a su vez, el ducto limita la disposición que tendrán las zonas húmedas en la vivienda.

Se han encontrado planos con dibujos en donde se señalan estos recorridos en las viviendas de dos pisos; en la imagen colocada en la parte inferior (*fig. 110*), se puede distinguir la sección de una vivienda con un ducto que va desde la cubierta hasta el suelo. En muchos proyectos se resuelve un cielo raso que cubra las instalaciones y así se puedan colocar en cualquier punto, pero en el caso del Sistema del Panel Universal, los paneles ya están diseñados con estructuras y revestimientos, los cuales en principio no permiten modificar las dimensiones sin realizar una alteración en el sistema constructivo. Por otra parte, la concentración de todas las instalaciones en un solo punto reduce los costos por la disminución de tuberías en los recorridos, lo que significa un beneficio para la economía del sistema.



110. Vivienda del Sistema del Panel Universal con la ubicación de instalaciones y ductos.



## EXPERIMENTACIÓN CON EL SISTEMA DEL PANEL UNIVERSAL

*“Responder -como conclusión del trabajo- a un supuesto cambio en el programa original permite extender el reconocimiento del sistema a la explotación de sus posibilidades operativas.” (PIÑON, 2005)*

En esta última parte del trabajo de investigación se abordará un proceso experimental de diseño con el Sistema del Panel Universal, el cual ha sido previamente (re)construido y analizado en base a la información de la Casa A y a todas las referencias documentales y datos teóricos que fueron encontradas al inicio de este estudio.

La (re)construcción de la “Casa A” y el análisis de ésta, revelaron aspectos y condiciones fundamentales para la edificación con el sistema. Es importante mencionar que los elementos de diseño considerados se han determinado en base a la información gráfica encontrada. No obstante, el sistema no llegó a desarrollarse completamente por diferentes motivos como; la falta de capital, el rediseño continuo de los elementos y la división de la empresa en dos oficinas ubicadas en diferentes ciudades, lo cual no permitió que se experimente a fondo.

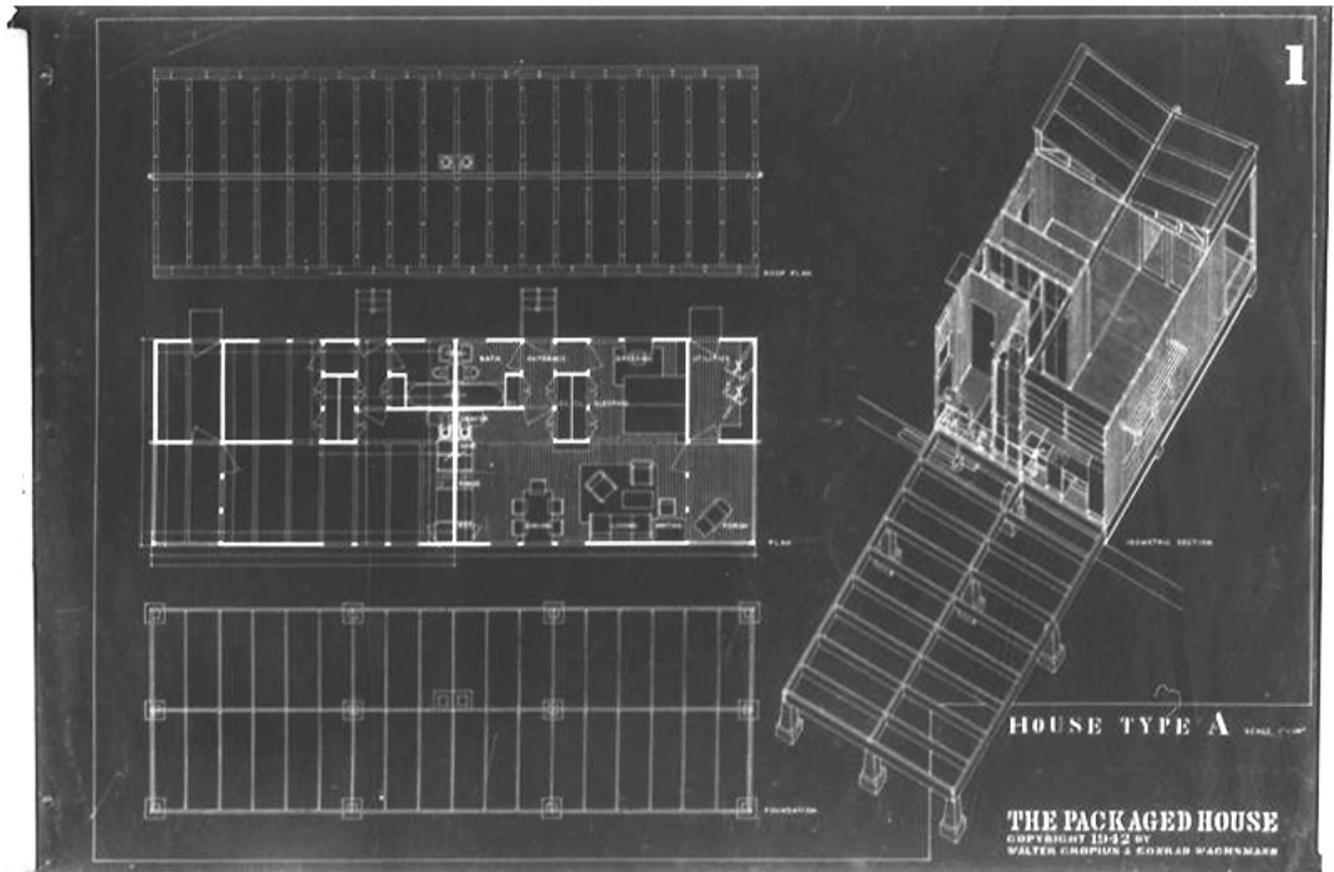
Se encontraron bocetos con propuestas de viviendas de diferentes tipos que fueron planteadas a partir del Sistema del Panel Universal, en donde se muestra la flexibilidad en la disposición de las estructuras. Estos dibujos permitieron conocer y determinar particularidades como el alto que pueden tener las edificaciones o la opción de diseñar viviendas colectivas.



En este registro de bocetos también están los ensayos de viviendas unifamiliares, mencionados anteriormente, de arquitectos y colaboradores del proyecto: Walter Gropius, Richard Neutra, Elsa Gidoni y Paul Bromberg. Asimismo, está la propuesta de Konrad Waschamann, en donde utiliza el sistema del Panel Universal para diseñar infraestructuras de cuarteles, las cuales iban a tener condiciones de forma y función diferentes a las de una vivienda. Con esta información podemos determinar que sí existieron deseos de un mayor desarrollo y estudio del sistema a futuro, para mejorar temas como la rigidez de las cubiertas a dos aguas o la utilización de ventanas de piso a techo.

El sistema del Panel Universal, fue inicialmente diseñado por Wachsmann, quien después de algunos años de trabajo en la compañía Christoph & Unmanck, sostuvo que era preciso crear un sistema en donde el cliente pueda diseñar su casa sobre una cuadrícula modulada. Esta idea se mantuvo como base en el planteamiento del proyecto con Gropius, con el objetivo de ofrecer viviendas diferentes a cada cliente. Con esto, se puede sustentar la teoría del sistema, en donde se señala la flexibilidad en la distribución de los paneles para formar estructuras con diversos requerimientos, o la posibilidad de construir una edificación con un sistema combinado entre paneles y columnas.

A continuación, se exponen las imágenes de los ensayos realizados con el sistema (*fig.111, fig.112, fig.113, fig.114, fig.115*). Con esta información y a partir de los parámetros considerados en el análisis del sistema, se desarrollaron dos propuestas de vivienda con diferentes características, para ilustrar las cualidades y las deficiencias que este sistema posee, tanto en el diseño estructural, como en la parte funcional y formal.

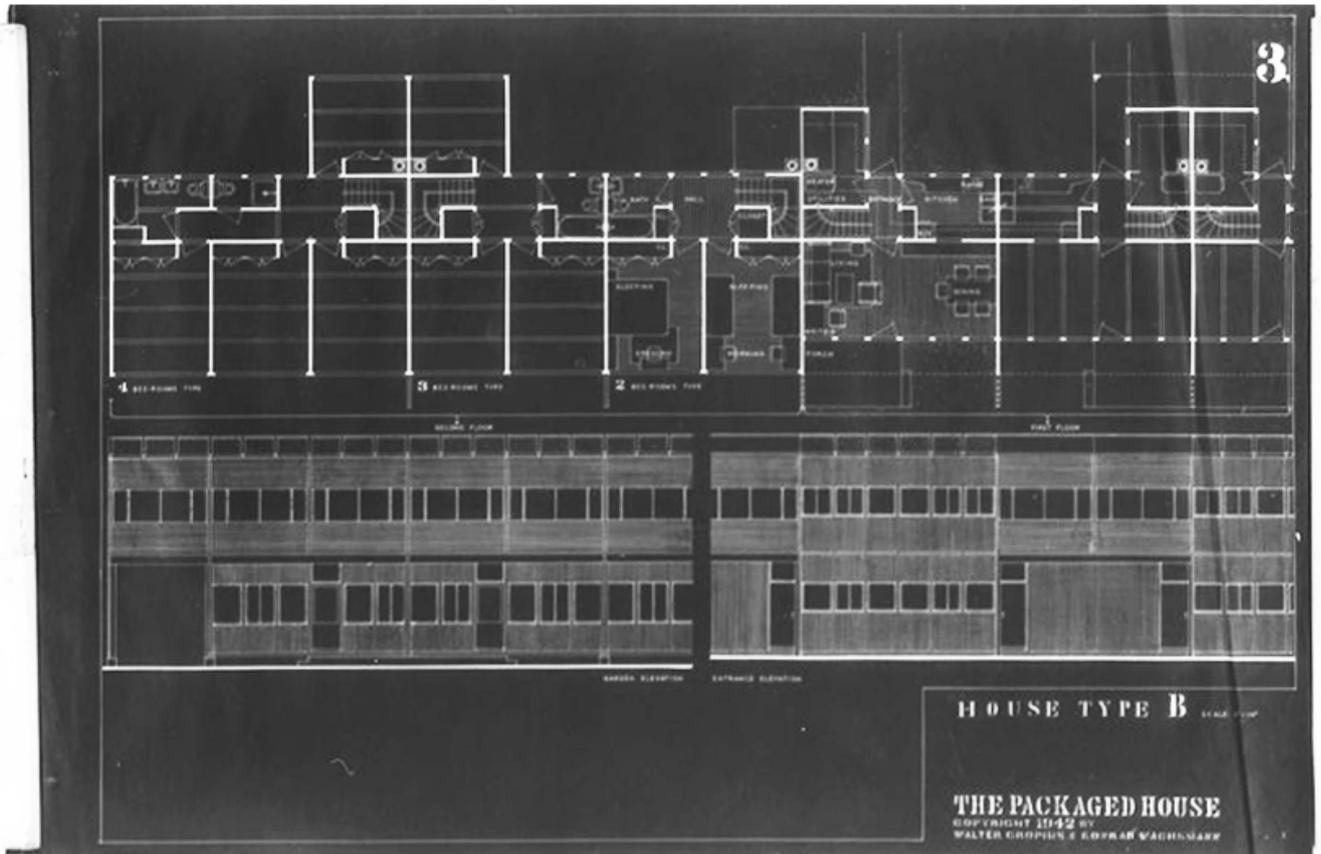


La lámina 1 corresponde a un grupo de varias propuestas sobre viviendas colectivas. En este dibujo se pueden observar las plantas de dos viviendas contiguas que se plantean con una estructura intermedia compartida. En la planta arquitectónica se puede distinguir la ubicación de mobiliario que ayuda a entender cómo funcionan las viviendas.

111.(der.) Lámina No.1 con bocetos de viviendas colectivas del Sistema del Panel Universal.

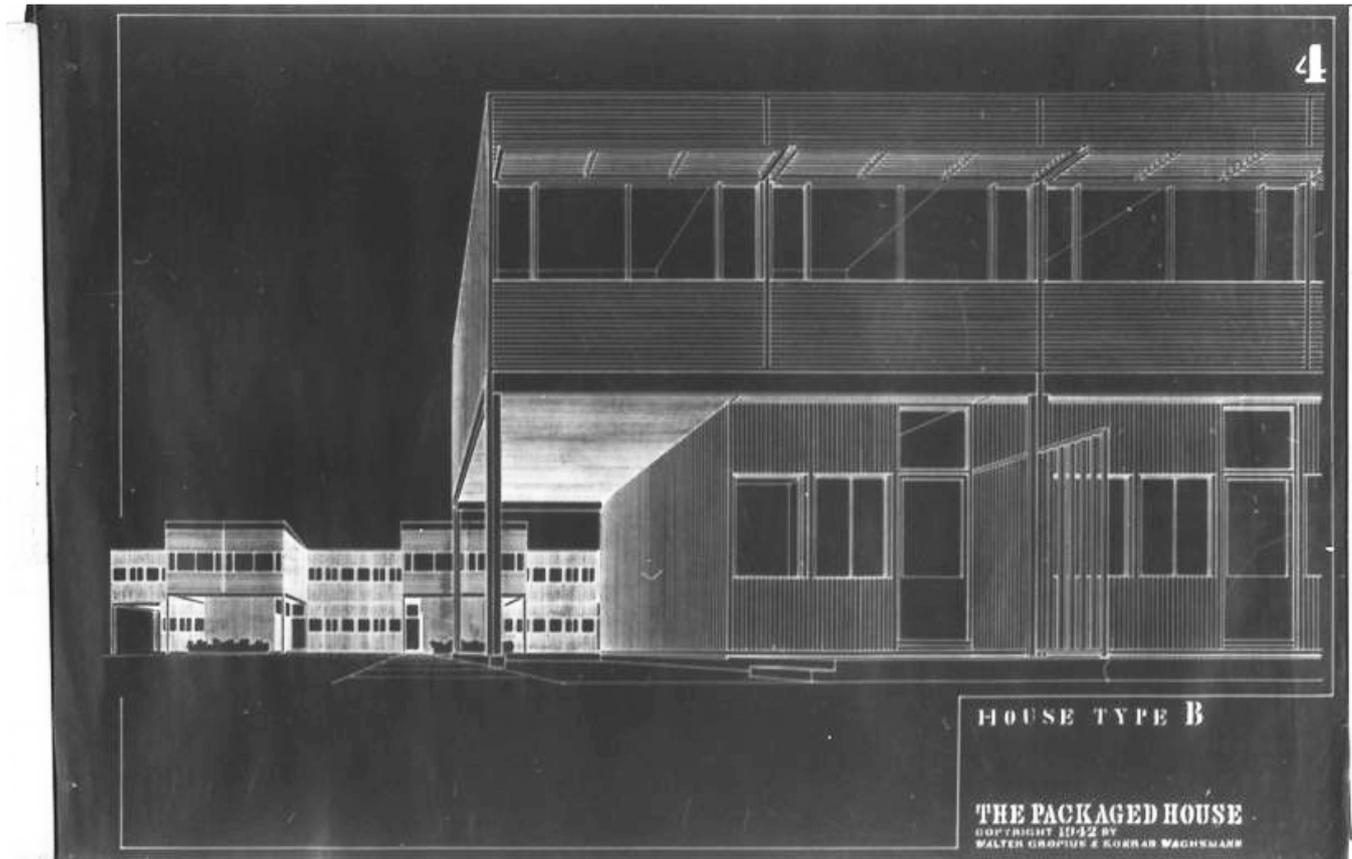


En esta segunda lámina, la propuesta se plantea para una vivienda unifamiliar en donde destaca el giro que se hace en las pendientes de las cubiertas, como una variación a la Casa A.



La tercera lámina muestra una propuesta de adosamiento de viviendas, en donde se puede ver el ritmo marcado de las estructuras de los paneles.

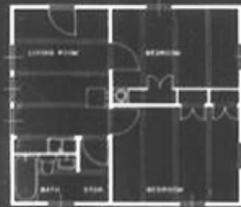
113. Lámina No.3 con bocetos de viviendas colectivas del Sistema del Panel Universal.



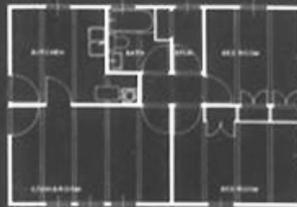
En esta imagen se aprecia un conjunto de viviendas en donde se distinguen algunos artificios arquitectónicos que pueden realizarse con el sistema, como la utilización de columnas para liberar el espacio en planta baja o el desplazamiento de bloques para operar con espacios llenos y vacíos.



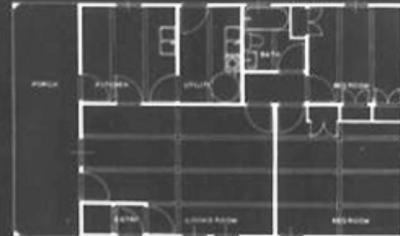
5



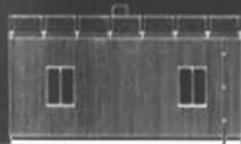
PLAN 1 A



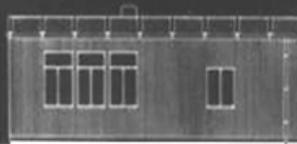
PLAN 1



PLAN 1 B



ELEVATION 1 A



ELEVATION 1



ELEVATION 1 B

THE PACKAGED HOUSE

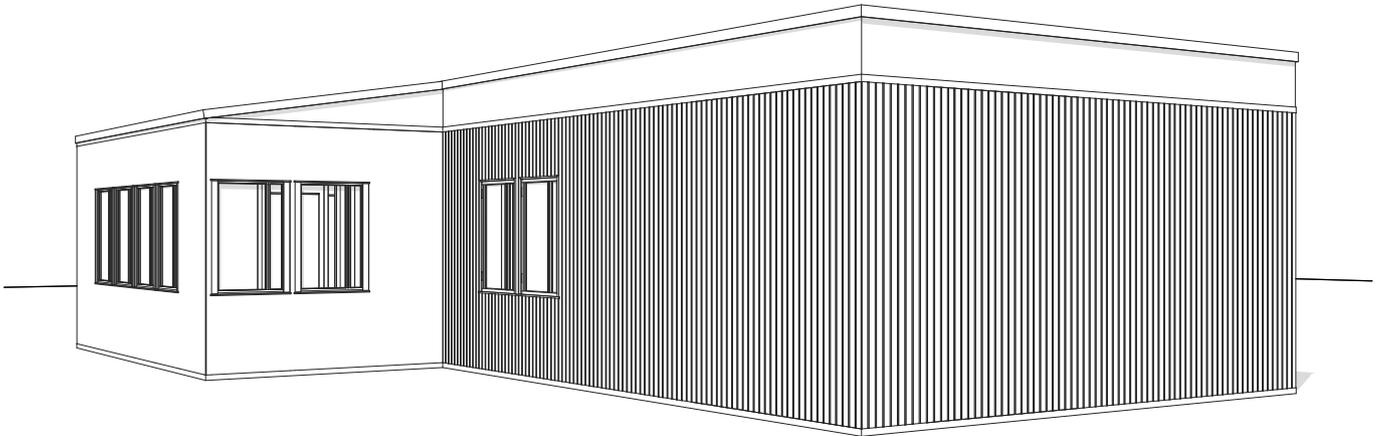
En esta última lámina se ven tres propuestas de viviendas en planta y elevación, en las cuales se puede apreciar las posibilidades del sistema para crecer.

115. Lámina No.5 con bocetos de viviendas colectivas del Sistema del Panel Universal.



# EXPERIMENTACIÓN

## CASA B1





# EXPERIMENTACIÓN

## CASA B2





## CASA B1

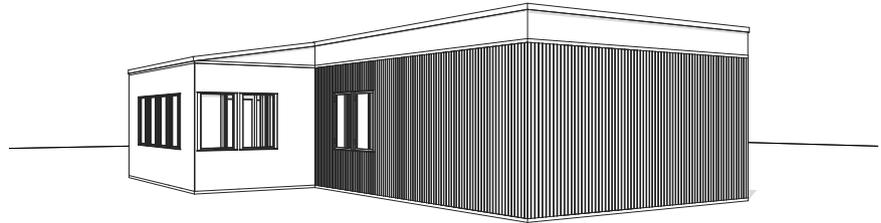
La casa B1 está organizada en una sola planta y se conforma a partir de tres bloques rectangulares de diferentes tamaños, los cuales se encuentra conectados. Los dos bloques más grandes se colocan en forma paralela y se conectan por uno de sus lados; el tercero se dispone como una adición al bloque más grande, dejando un vacío frontal.

La planta está dispuesta de tal manera que abarque todos los espacios domésticos que se requieren para una familia de tres miembros. Se dejan vacíos en el perímetro exterior de la casa, para dar a cada espacio su privacidad y dotar de una buena iluminación; además, se genera un acceso principal a partir del vacío frontal marcado por el bloque más pequeño.

El diseño de esta casa responde a las consideraciones que se analizaron previamente, como el sistema combinado entre paneles y columnas para la organización de la estructura, el cambio de texturas en los revestimientos, la inversión de las pendientes en las cubiertas y la disposición de bloques conectados. Esto muestra la posibilidad del sistema para consentir variantes en la distribución, pero también la limitación que tiene éste para crecer en formas que no son regulares.

Los espacios de la casa incluyen dos dormitorios, dos baños completos, un baño social, la sala, cocina, comedor y una lavandería/bodega. Estos se distribuyen a lo largo de un eje de circulación que se coloca en la línea de conexión entre los bloques más grandes, la cual empieza en la unión con el bloque menor, como se puede ver en el gráfico de la página 205. De esta manera se logra conectar todas las áreas, las sociales, las privadas y las de servicio, con el ingreso principal. Desde el extremo





inferior derecho de la circulación se coloca la sala, comedor, dormitorios y baños de cada uno, en el extremo superior se ubica la cocina y lavandería/bodega, las cuales se separan para mantener una jerarquía entre las áreas de servicio con las áreas sociales y privadas.

Existen dos accesos a la vivienda: el primero se encuentra al borde de la casa, definido por un vestíbulo y el baño social que marcan la circulación general de la casa y evita que se acceda directamente a la sala, la cual se ubica en primer lugar en la planta; el segundo se encuentra junto al comedor y se abre para crear un vínculo con el porche frontal que está alineado a la fachada.

Entre las tres barras conectadas, se configuran espacios que permiten relacionarse con el entorno exterior; además, con la disposición planteada se consigue dar a cada espacio interior, visuales hacia el exterior, especialmente a las áreas principales como, dormitorios, sala y comedor.

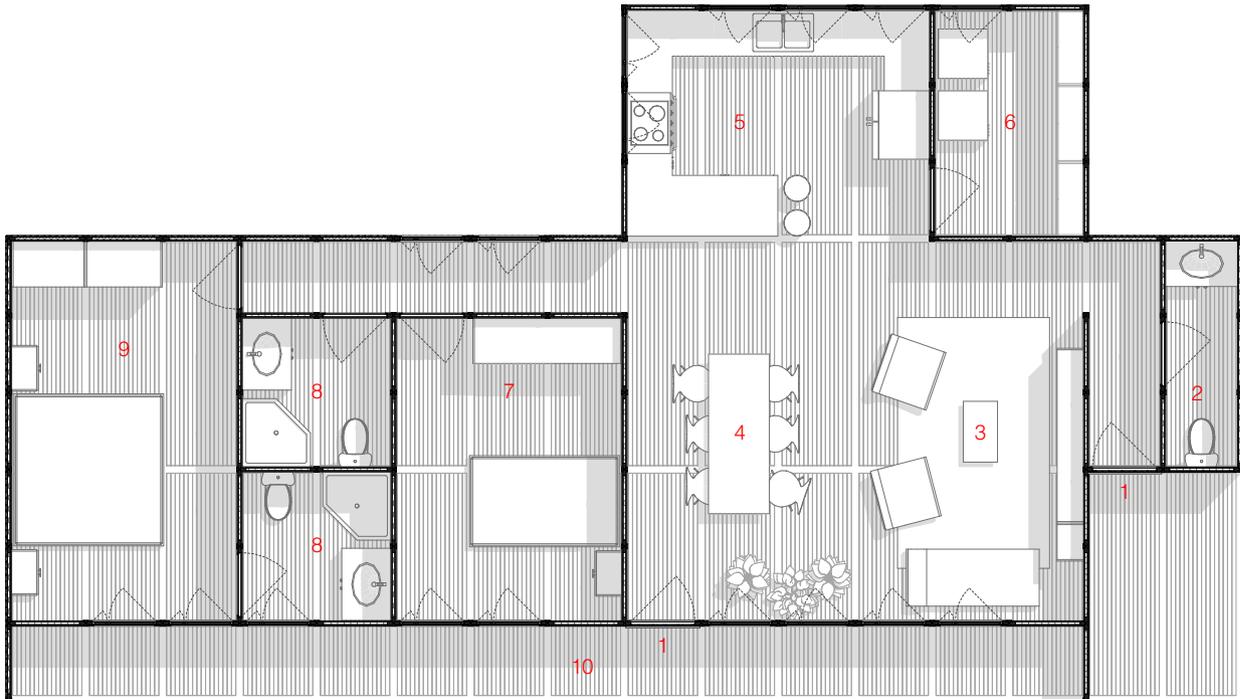
Para el planteamiento de la estructura de los bloques se utilizaron los paneles de 10'0", con la intención de ganar una mayor altura al interior y dotarle con espacios más óptimos a la vivienda para el adecuado desarrollo de las funciones. Se empleó el sistema combinado entre paneles y columnas, para facilitar y a la vez mejorar la relación y disposición de los espacios, especialmente en la parte social, sala y comedor, que se plantea como un solo ambiente con mayor iluminación y una apropiada ventilación.



# Planta general



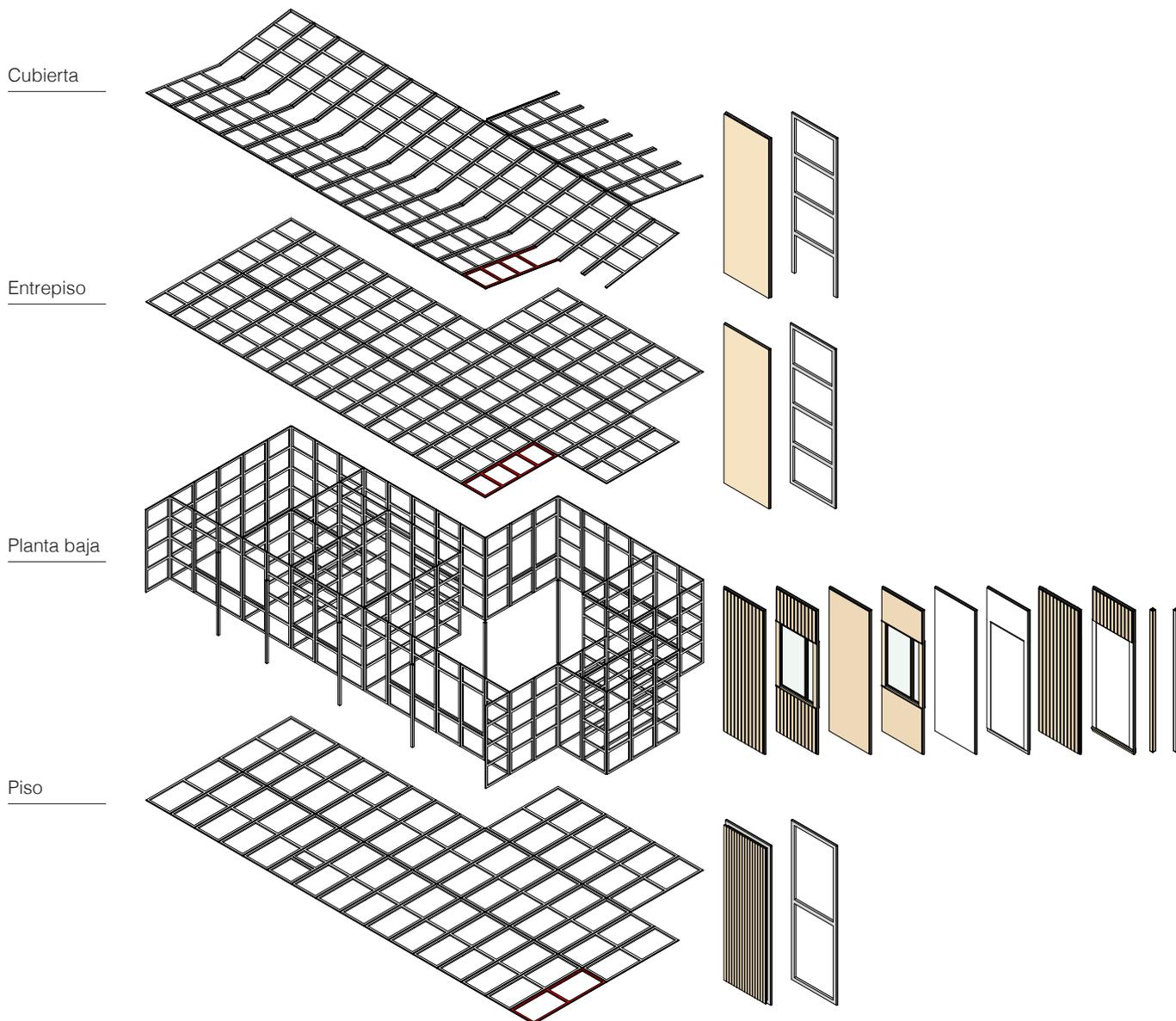
- [1] Ingreso
- [2] Baño social
- [3] Sala
- [4] Comedor
- [5] Cocina
- [6] Lavandería
- [7] Dormitorio
- [8] Baño
- [9] Dormitorio master
- [10] Porche





# Estructura general

(Sistema combinado de paneles y columnas)

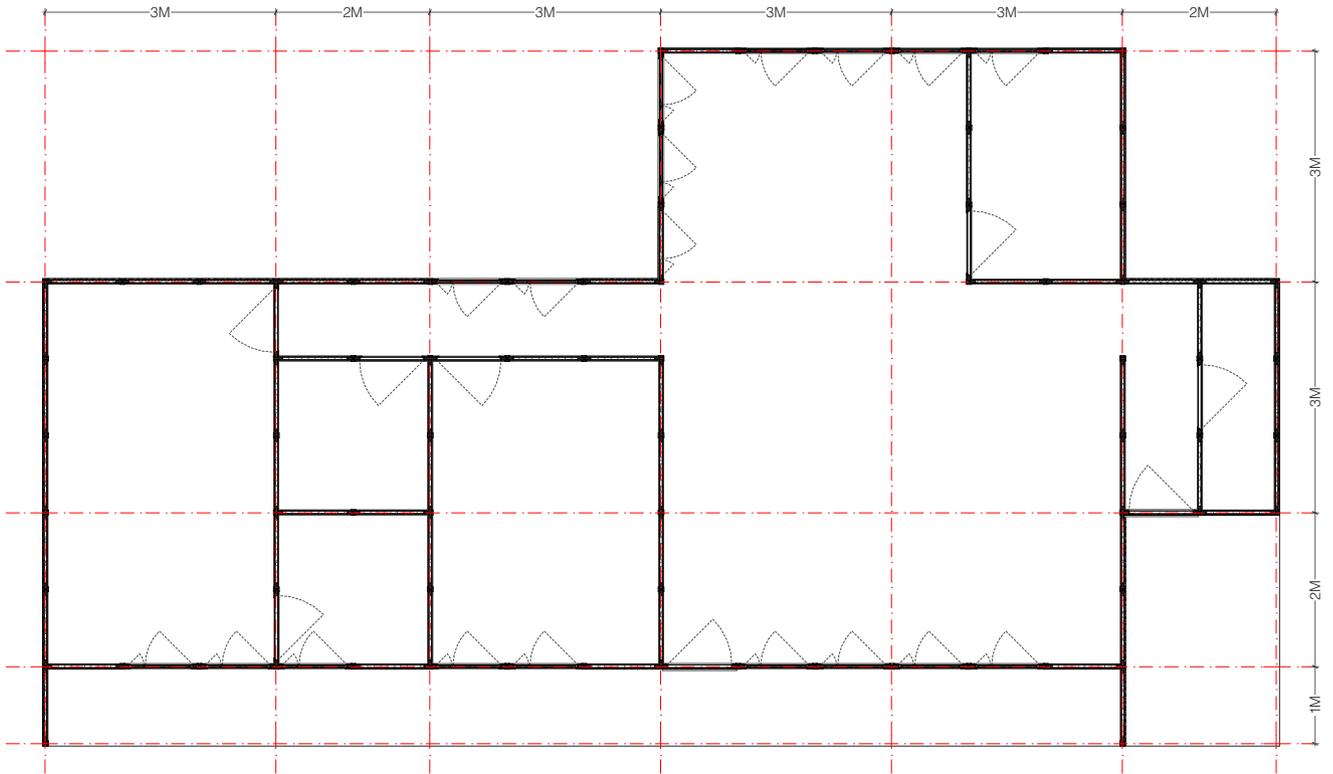




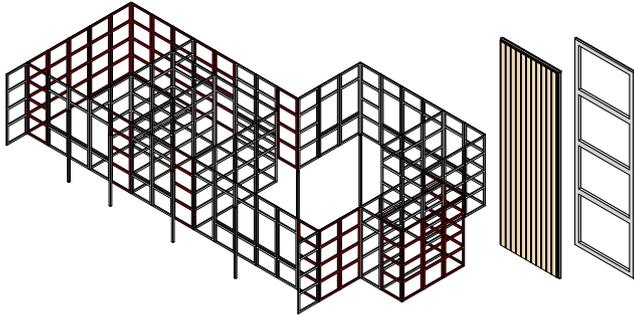
# Planta general - Modulación



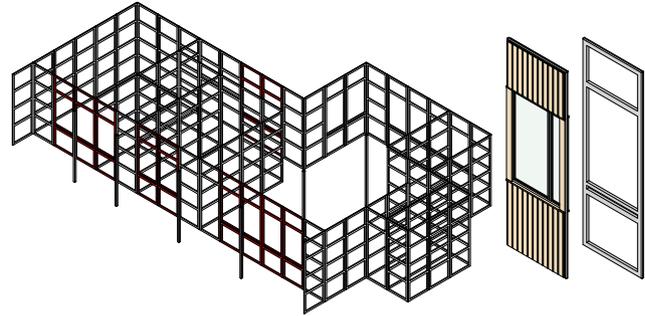
1M = 1 módulo (3'4")  
2M = 2 módulos (6'8")  
3M = 3 módulos (10'0")



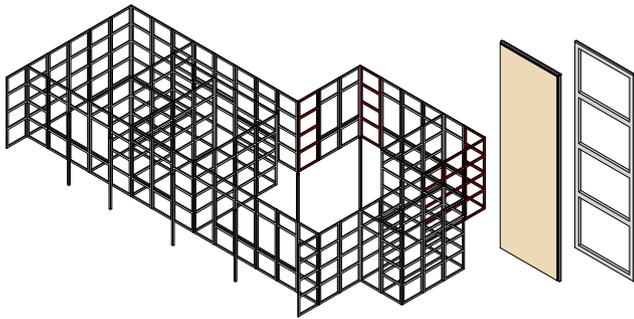
# Estructura - Sistema combinado de paneles y columnas



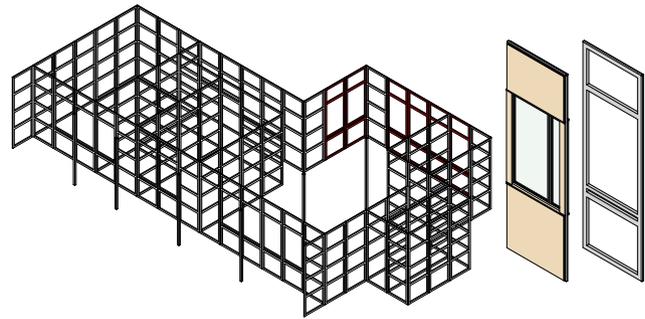
Panel de pared (interior/exterior) - Tipo 01



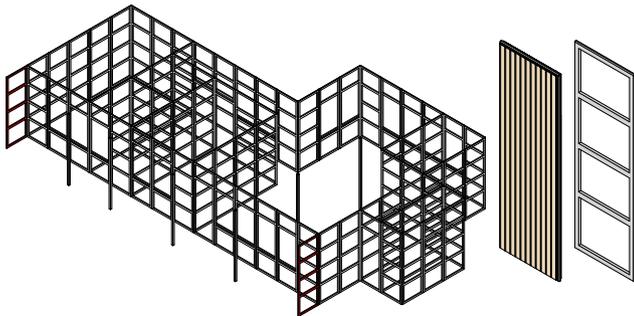
Panel de ventana - Tipo 01



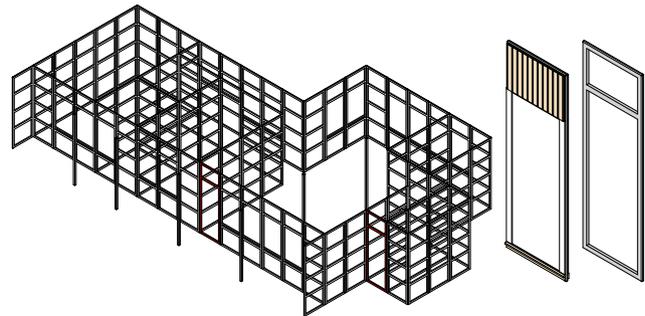
Panel de pared (interior/exterior) - Tipo 02



Panel de ventana - Tipo 02



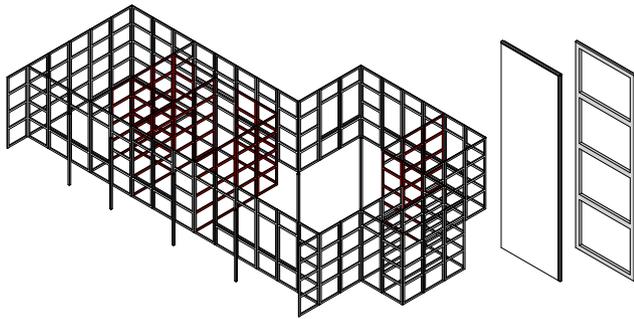
Panel de pared (exterior) - Tipo 01



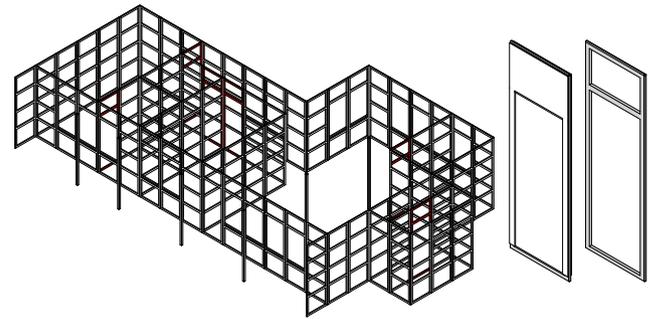
Panel de puerta (exterior) - Tipo 01



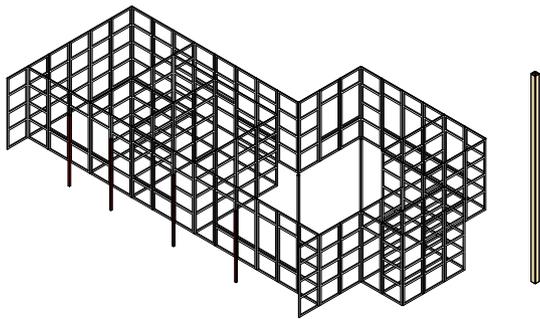
# Estructura - Sistema combinado de paneles y columnas



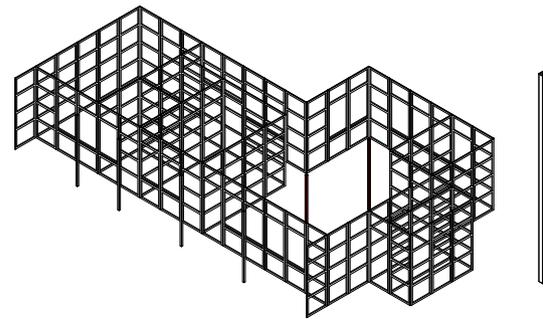
Panel de pared (interior)



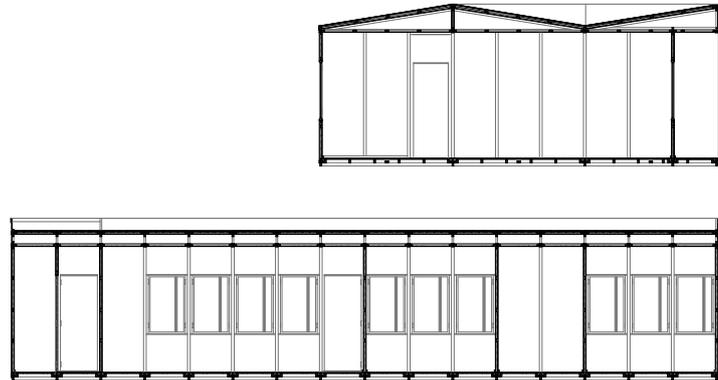
Panel de puerta (interior)



Columna exterior



Columna interior



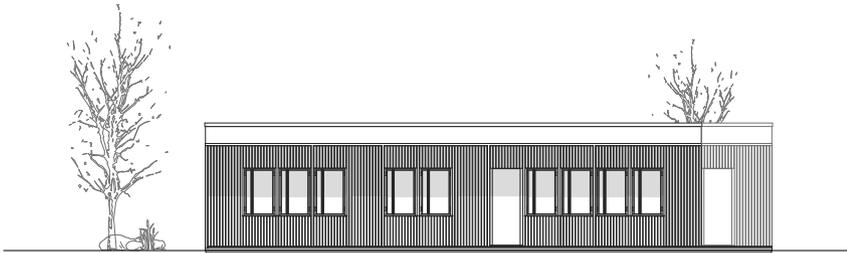
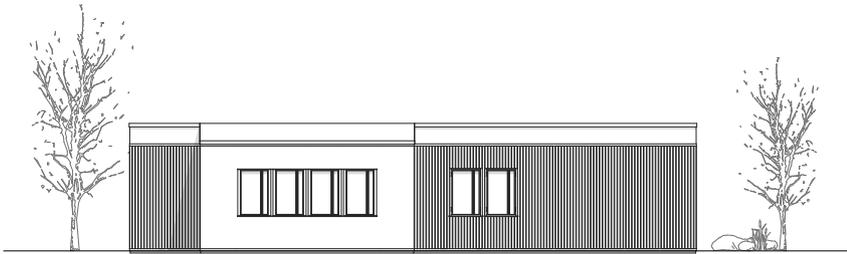
Las cubiertas están planteadas de acuerdo al ancho y disposición de cada bloque. En el primero, que es el más grande, se invierte la pendiente de la estructura dejando la recolección de las aguas lluvia en la mitad. La cubierta del segundo bloque se orienta con una inclinación hacia el lado opuesto de la casa, así se logra dejar con una misma altura a los dos lados que se contraponen. Para el bloque más pequeño se dispone una ampliación de la mitad de la cubierta del bloque central, de tal manera que la estructura de las dos cubiertas se pueda conectar. En todo el perímetro de la casa se marca una franja que oculta la disposición de las cubiertas, a excepción del bloque mediado en donde la franja se adapta a esta pendiente, para romper con el borde horizontal.

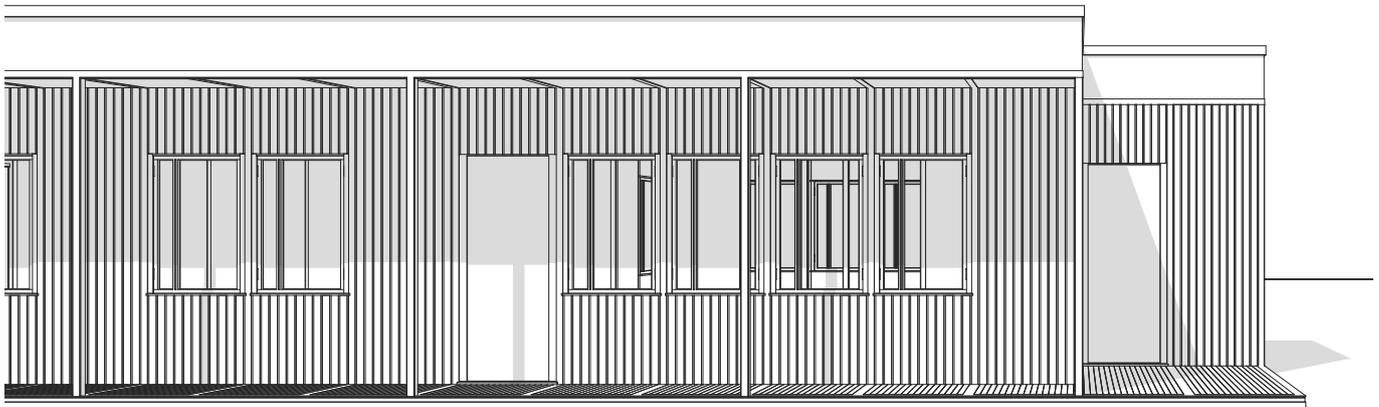
Los revestimientos del exterior se proyectaron con una combinación entre el panelado de madera original del sistema y una variación con tableros lisos, lo cual sí es posible sin modificar la estructura. El tablero se colocó dejando una ranura en los extremos para permitir que se ubiquen las piezas de unión de los paneles y se observe una fachada llana. De esta manera se eliminan las líneas verticales repetidas y se marcan más los vanos de las ventanas y puertas en el bloque mediado. Al interior se mantienen los revestimientos como los diseñados en el sistema.

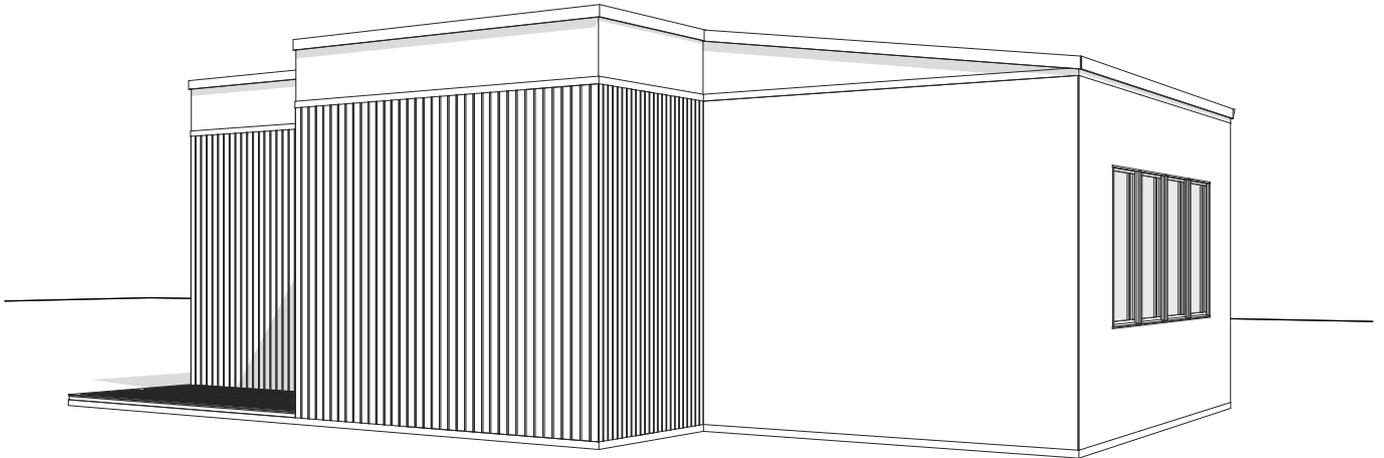
Para las instalaciones hidrosanitarias no se requirió ubicar ductos centralizados, debido a que todo se resolvió bajo el entramado del piso, esto permitió que las áreas se distribuyan de acuerdo a las funciones y necesidades del programa sin restricciones.



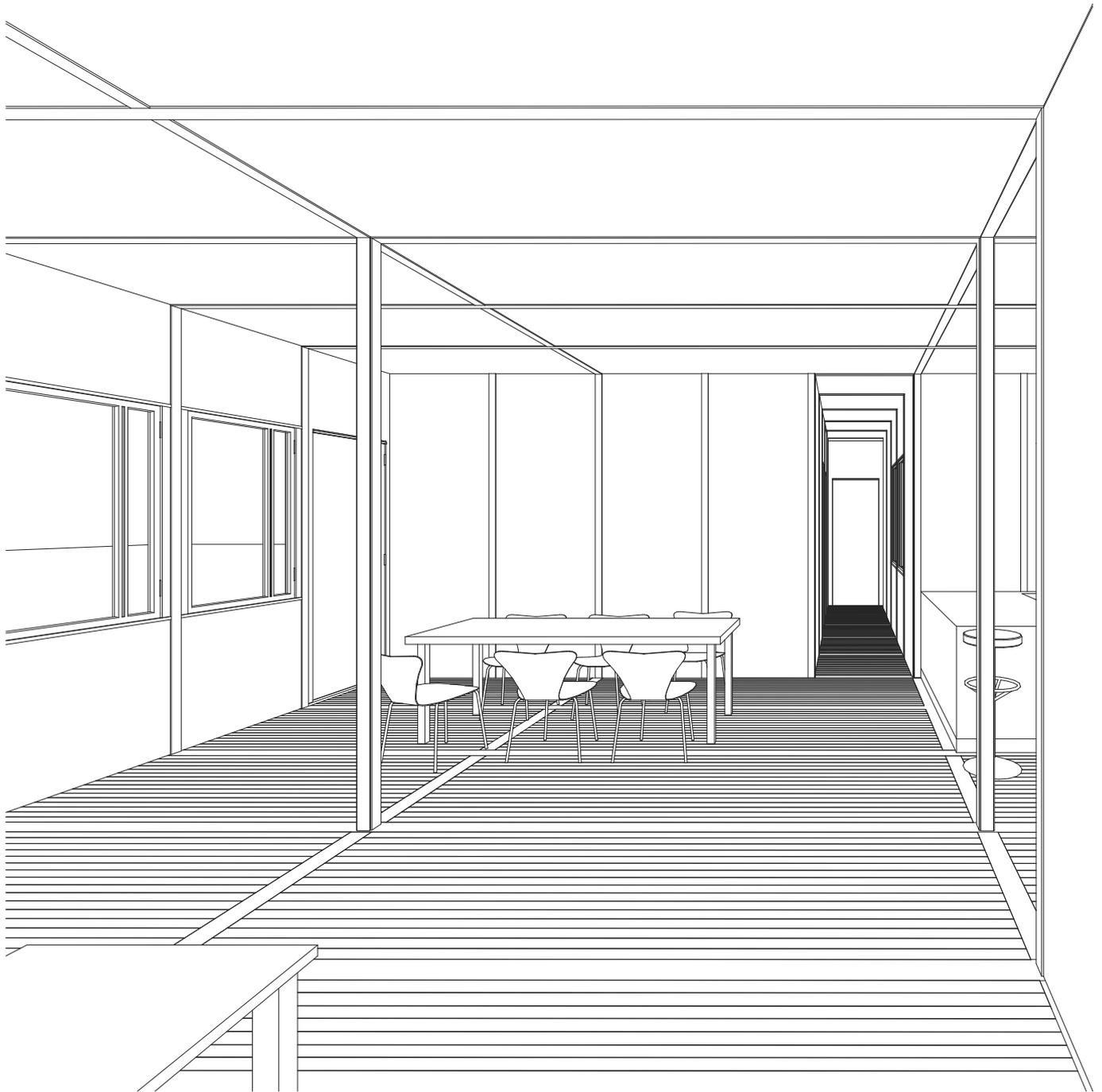
# Alzados













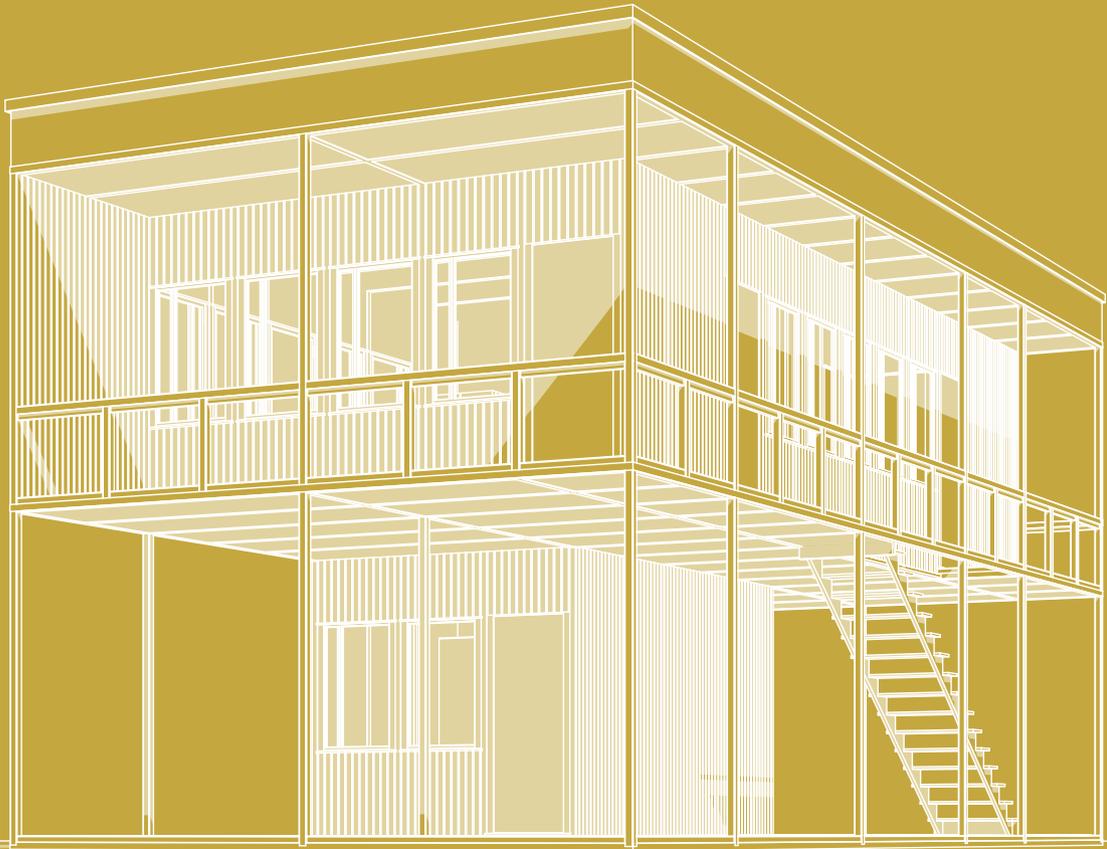
## CASA B2

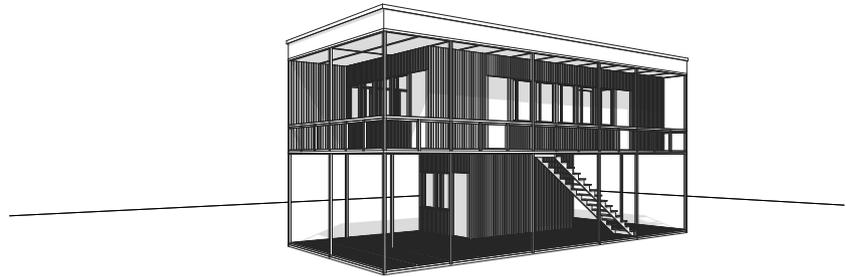
La casa B2 está planteada en una estructura de dos plantas. El propósito con este diseño fue aplicar y a su vez evaluar la posibilidad que tiene el sistema para adaptarse a una estructura de dos pisos, debido a que, para este caso, se requiere resolver particularidades como instalaciones y circulaciones verticales. La Casa A que fue (re)construida es de una sola planta, pero como se presentó anteriormente, sí existen imágenes con viviendas resueltas en dos plantas.

La propuesta de la vivienda se pensó para una pareja, en donde las necesidades domésticas son: un dormitorio, un baño, sala, comedor, cocina y espacio de lavandería y bodega. La distribución funcional de la casa está dispuesta de manera que las áreas sociales y privadas se ubiquen en el parte superior y en la planta baja se proponen las áreas de servicio, en una zona pequeña. Además, en esta planta se encuentra el ingreso y dos espacios abiertos que funcionan como porche y parqueadero.

La organización de la casa está pensada para mantener una circulación frontal alineada al borde de ésta, así el recorrido es fluido. Los espacios en la planta baja se disponen a partir del bloque de servicios con la lavandería y la bodega, que se ubican en la mitad, delimitando tres zonas: el porche de ingreso, las gradas y el espacio para vehículo.

La ubicación lateral de las gradas está considerada con respecto a la circulación de la planta superior, de manera que al ingresar al porche se accede a las gradas y se llega por un corredor exterior a la puerta principal de ingreso a la zona social.





La planta alta está ordenada de izquierda a derecha, con las áreas sociales y luego con las privadas. Con esto se mantiene la alineación del corredor exterior en el interior, y se conectan todos los espacios. El vano de las gradas permite separar un balcón privado para el dormitorio y una terraza junto al área social.

La estructura y divisiones de la casa, se combinan nuevamente en un sistema de columnas y paneles. Esto permite liberar en planta baja el espacio para acceder fácilmente y mantener los espacios conectados, delimitando con paneles únicamente las zonas que se requieren, como se observa en el gráfico de la página siguiente. En la segunda planta también se utilizan estas estructuras para así generar un solo ambiente entre la cocina, el comedor y la sala, dando privacidad al baño y dormitorio, como se ve en el gráfico de la página 221.

Se optó por la medida de paneles de 10'0" en las dos plantas de la casa, debido a que, en el análisis del sistema, se determinó que estos permiten tener espacios más óptimos para el desarrollo de las actividades domésticas.

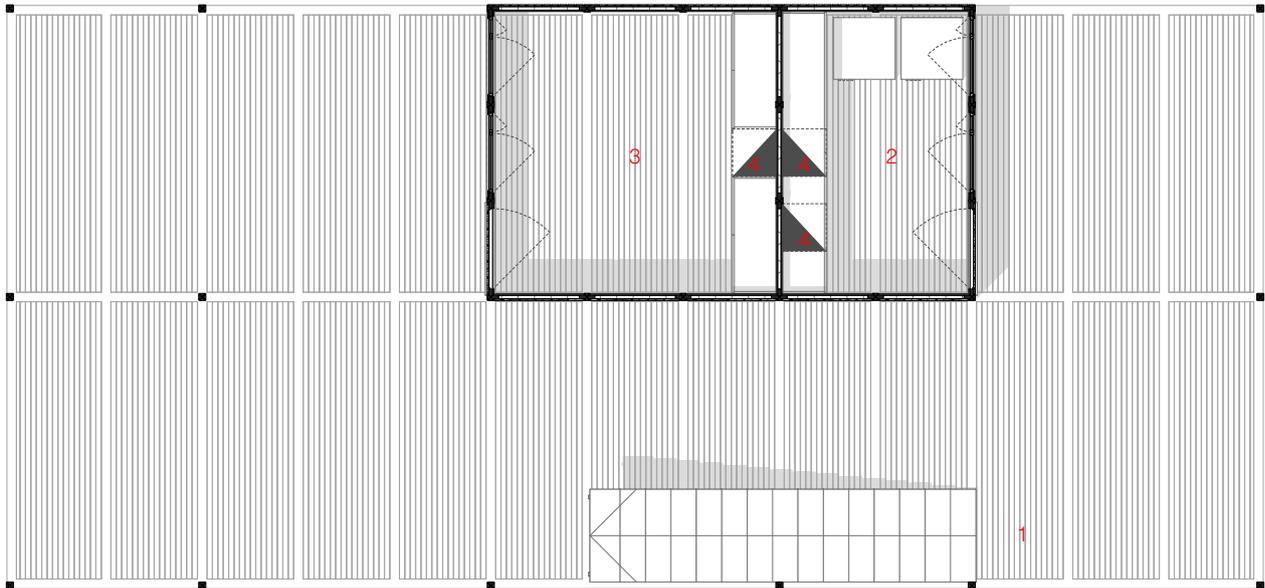
La estructura de las gradas se ha planteado en base a los detalles constructivos de los dibujos encontrados, utilizando los principios estructurales del Sistema del Panel Universal y manteniendo las mismas piezas. Existen también otros detalles que se han determinado para esta propuesta, como los pasamanos colocados en la terraza y balcones de la planta alta, los cuales se han propuesto a partir de este mismo sistema constructivo.

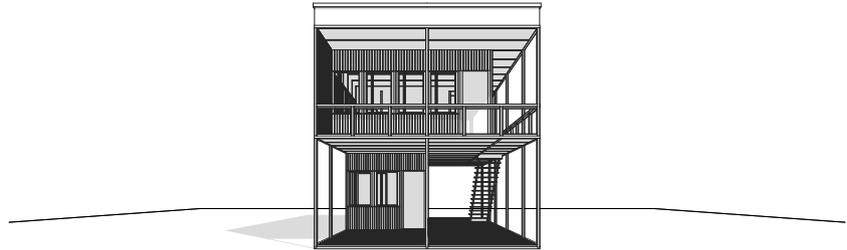


# Planta baja



- [1] Ingreso
- [2] Lavandería
- [3] Bodega
- [4] Ductos
- [5] Ingreso
- [6] Terraza
- [7] Sala
- [8] Comedor
- [9] Cocina
- [10] Baño
- [11] Dormitorio
- [12] Balcón





Al igual que en la casa B1, la cubierta de esta propuesta se planteó con la pendiente hacia el interior de la casa, dejando la recolección de aguas lluvia en la mitad, de tal manera que desde el exterior la forma de la casa sea un bloque delimitado por franjas horizontales. En este caso la terraza se cubrió con la prolongación de la misma cubierta, para conformar un solo bloque y estructurar mejor la vivienda.

Los revestimientos, tanto del interior como del exterior, no se modificaron en esta propuesta. En la parte exterior se mantuvo el panelado de los módulos que marcan líneas verticales y se contraponen a las franjas horizontales de los bordes. Al interior, los tableros lisos permitieron consolidar espacios más limpios que no compitan con la textura del piso y el mobiliario.

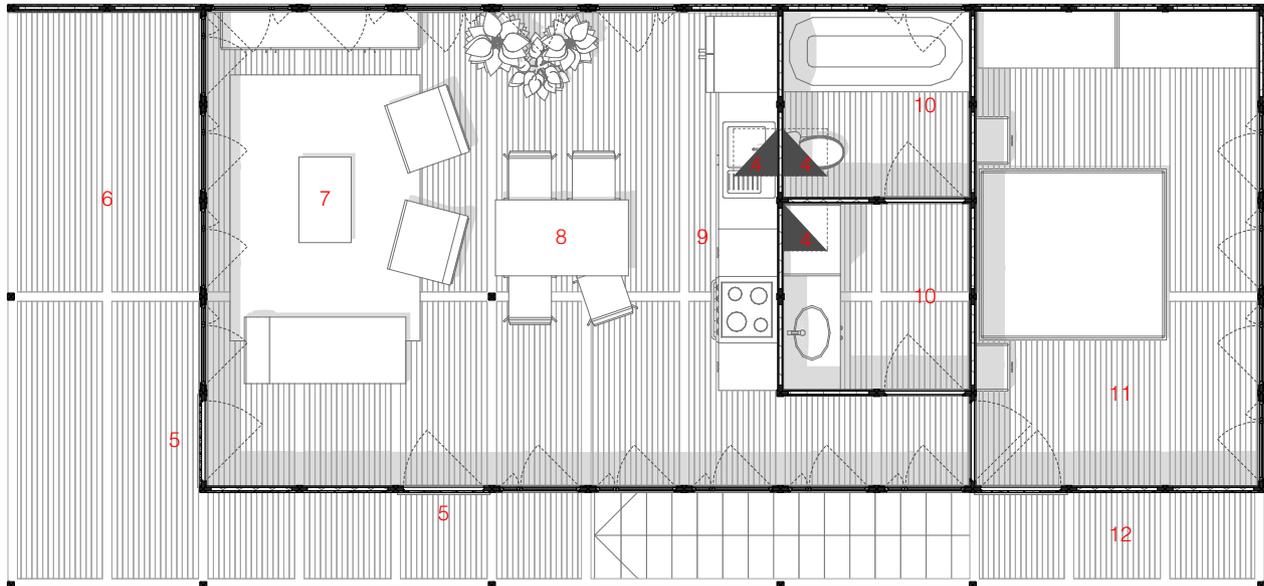
Un aspecto importante que se tenía que considerar en esta propuesta, son las instalaciones hidrosanitarias. Como ya se dijo, las estructuras que forman el entrepiso de las casas no poseen la dimensión para poder colocar y ocultar en el interior de éstas las tuberías necesarias. Por ello se requirió ubicar ductos centralizados en las dos plantas, lo cual restringió la disposición de las zonas húmedas y a su vez todas las áreas de la casa.



# Planta alta



- [1] Ingreso
- [2] Lavandería
- [3] Bodega
- [4] Ductos
- [5] Ingreso
- [6] Terraza
- [7] Sala
- [8] Comedor
- [9] Cocina
- [10] Baño
- [11] Dormitorio
- [12] Balcón

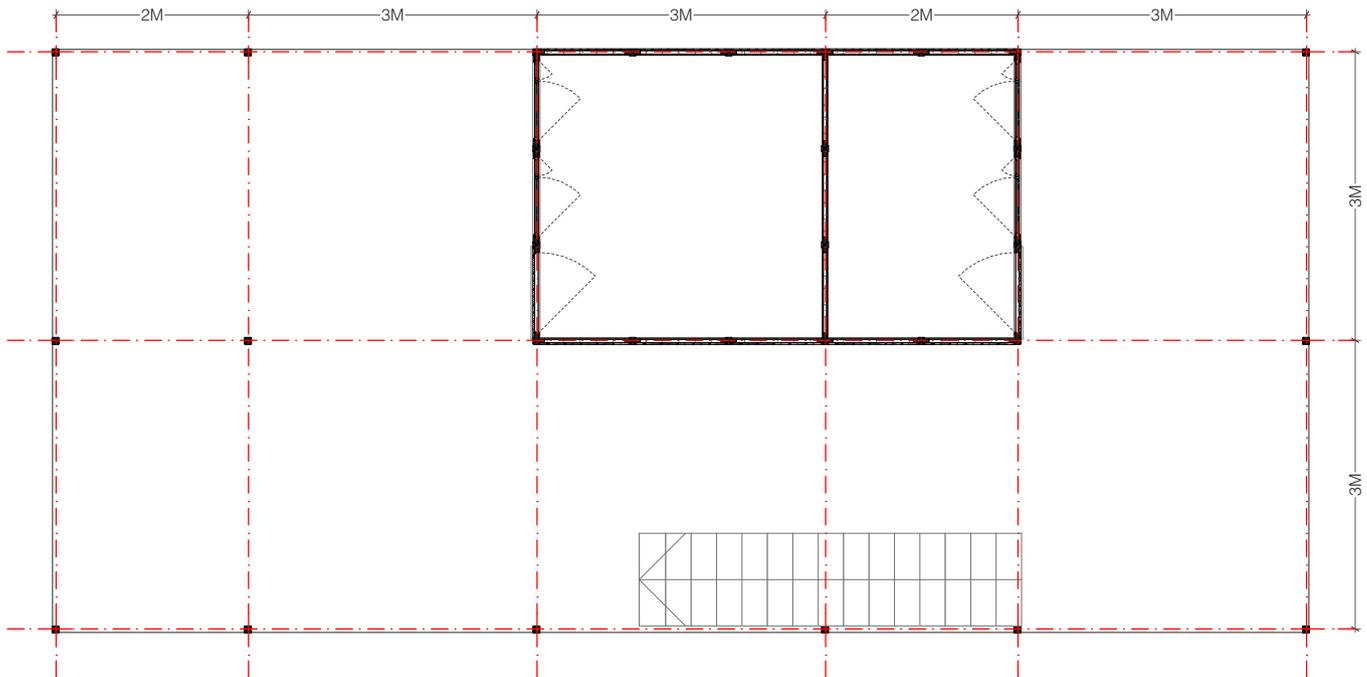




# Planta baja - Modulación



1M = 1 módulo (3'4")  
2M = 2 módulos (6'8")  
3M = 3 módulos (10'0")

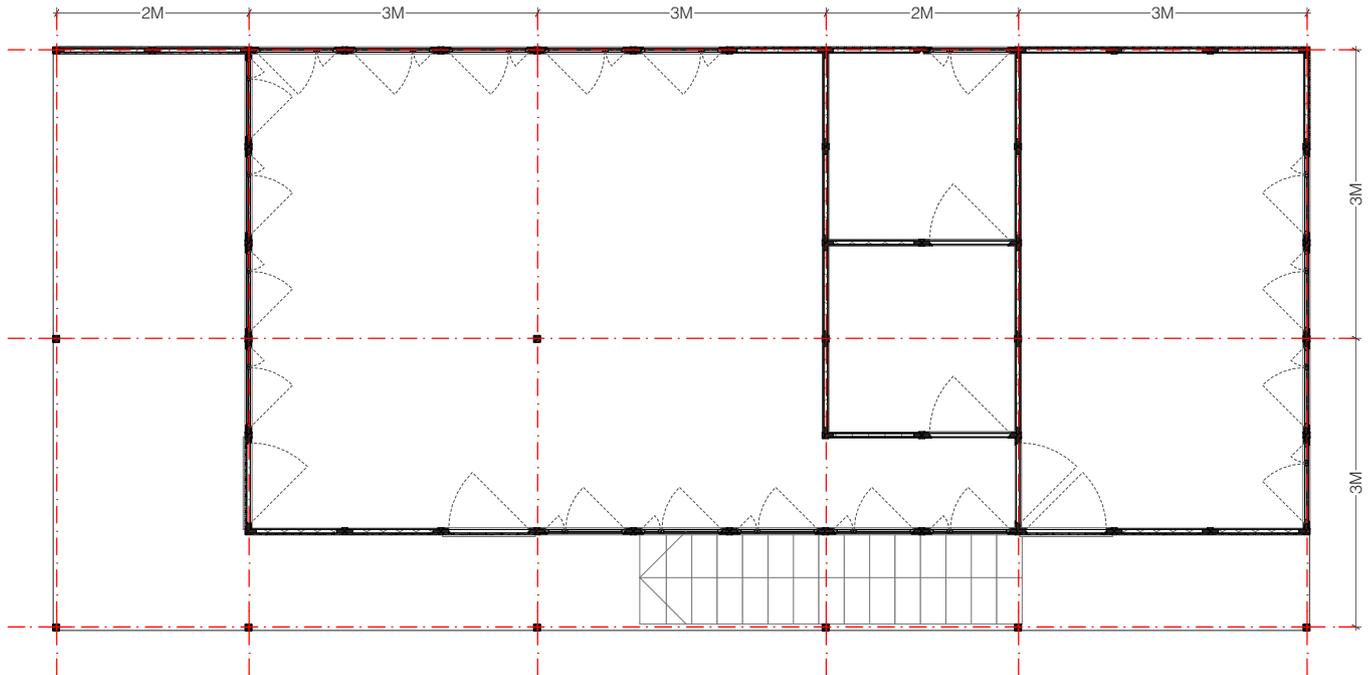




# Planta alta - Modulación



1M = 1 módulo (3'4")  
2M = 2 módulos (6'8")  
3M = 3 módulos (10'0")

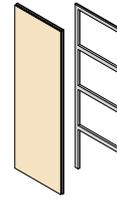
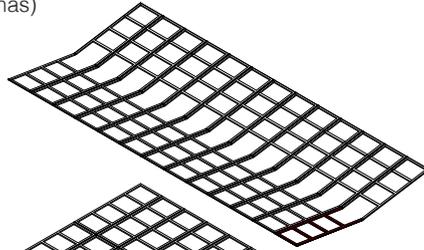




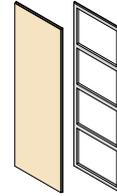
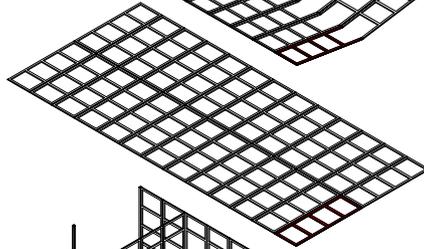
# Estructura general

(Sistema combinado de paneles y columnas)

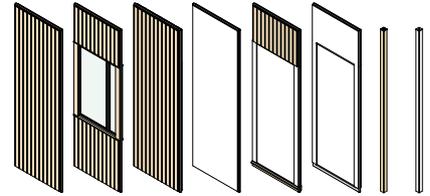
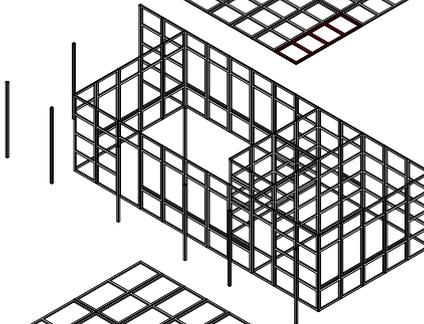
Cubierta



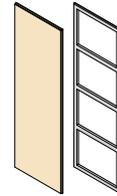
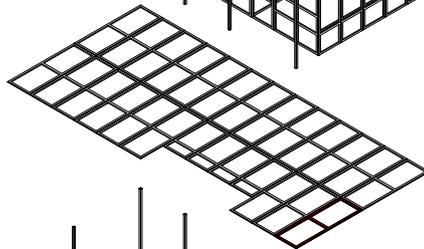
Entrepiso 02



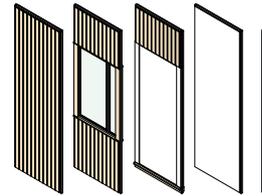
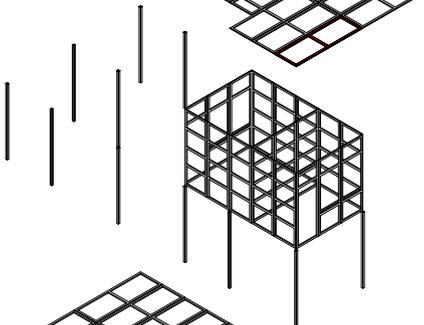
Planta alta



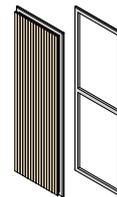
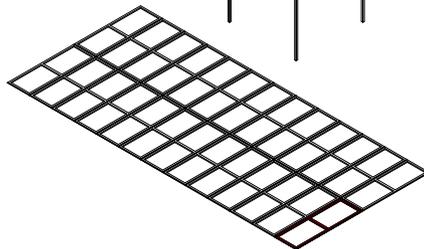
Entrepiso 01



Planta baja



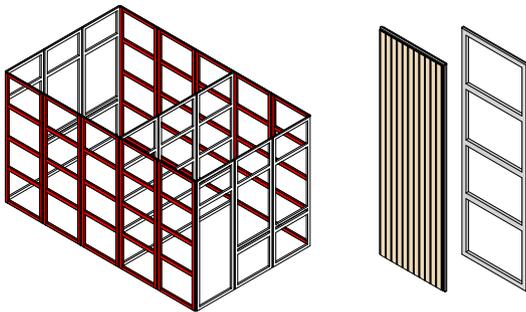
Piso



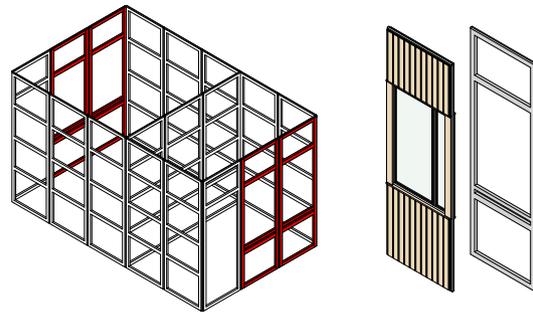


# Estructura paneles - Planta baja

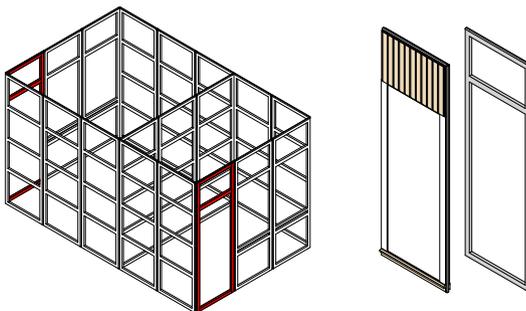
(Sistema combinado de paneles y columnas)



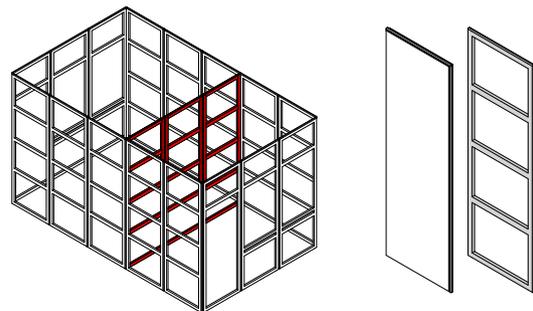
Panel de pared (interior/externo)



Panel de ventana



Panel de puerta (exterior)

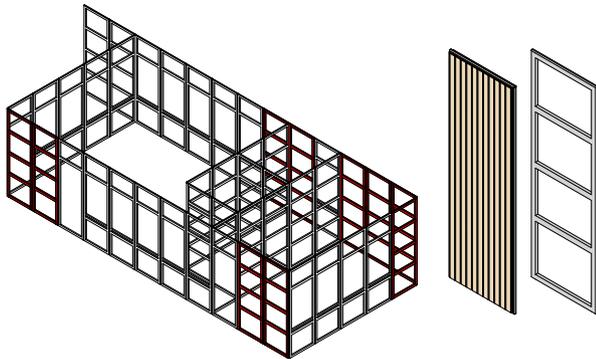


Panel de pared (interior)

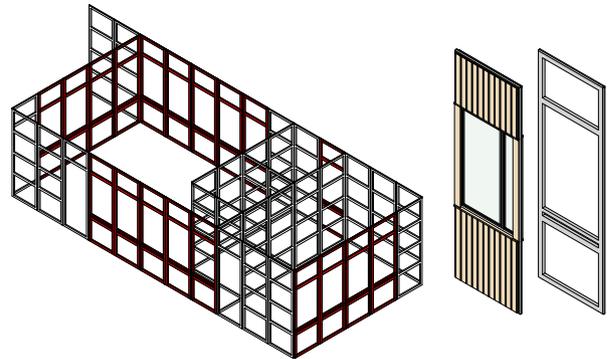


# Estructura paneles - Planta alta

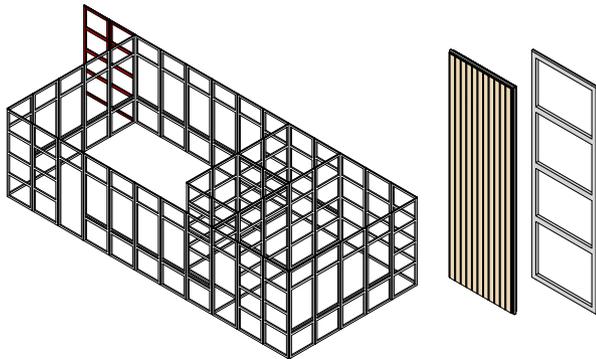
(Sistema combinado de paneles y columnas)



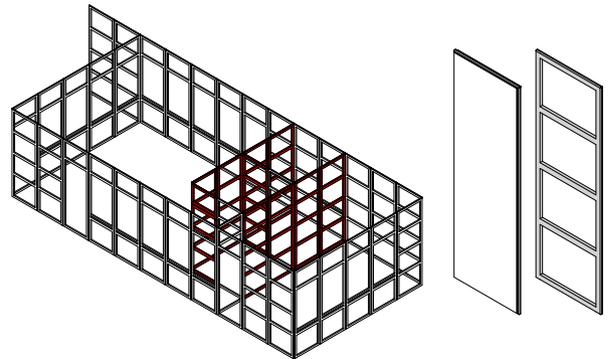
Panel de pared (interior/exterior)



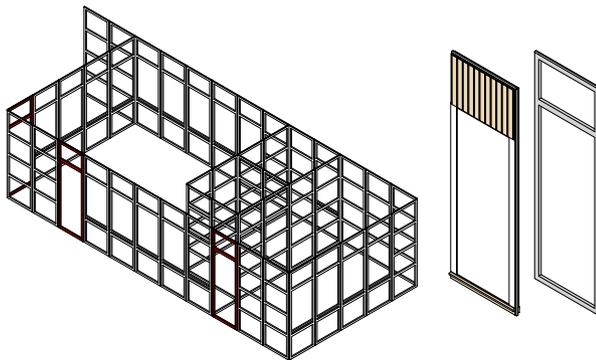
Panel de ventana



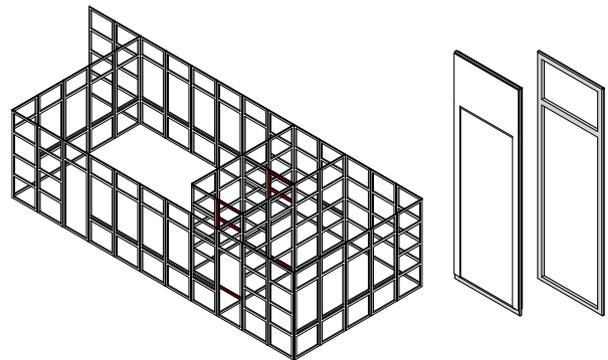
Panel de pared (exterior)



Panel de pared (interior)



Panel de puerta (exterior)

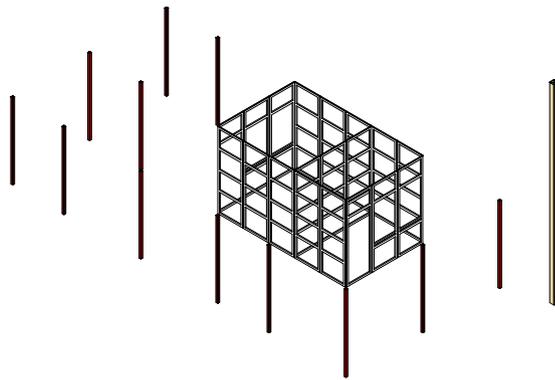


Panel de puerta (interior)



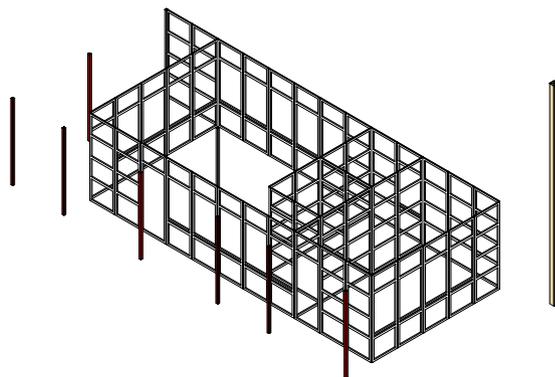
# Estructura columnas - Planta alta / Planta alta (Sistema combinado de paneles y columnas)

## PLANTA BAJA

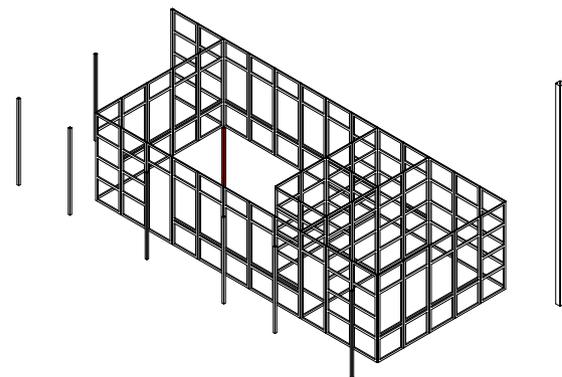


Columna exterior

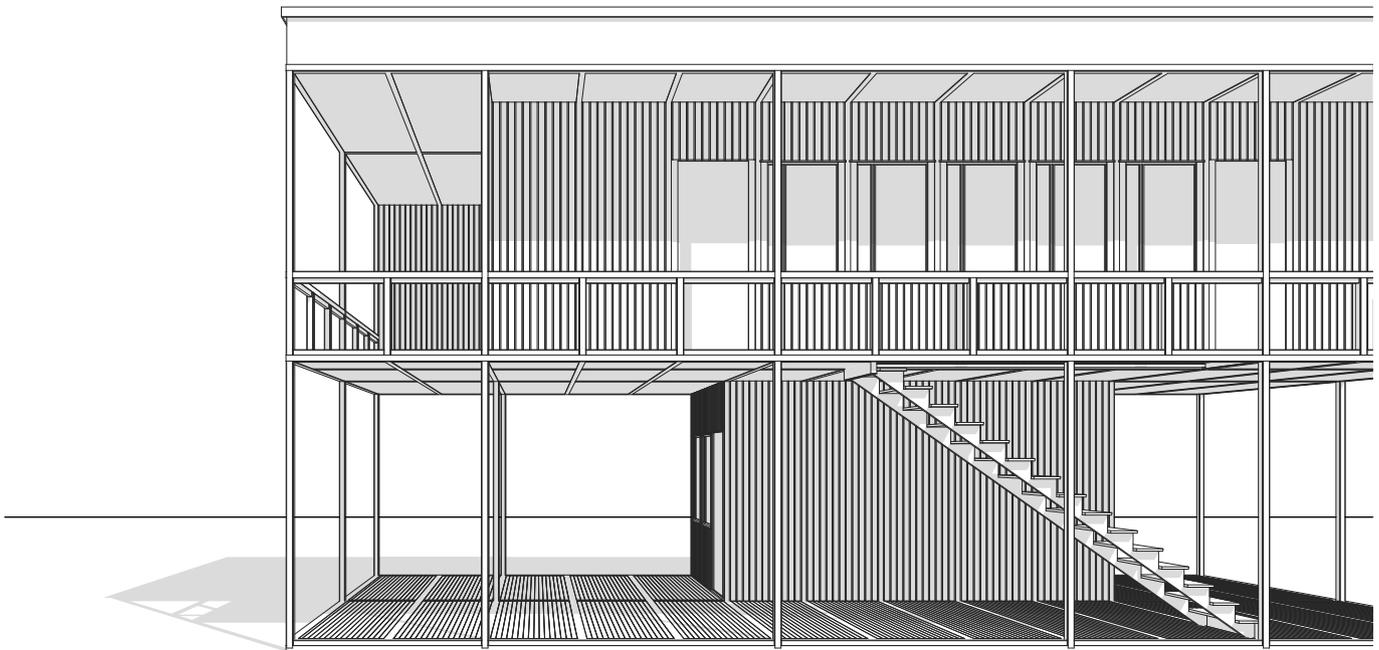
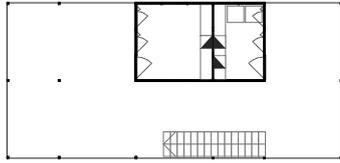
## PLANTA ALTA



Columna exterior

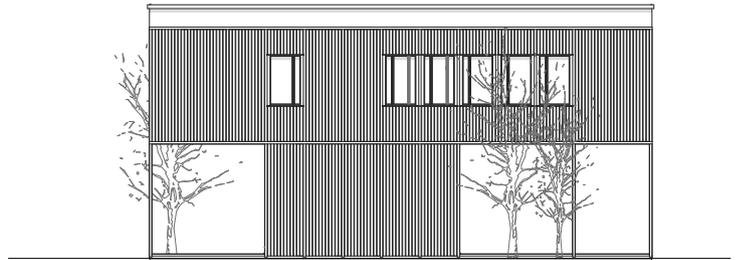
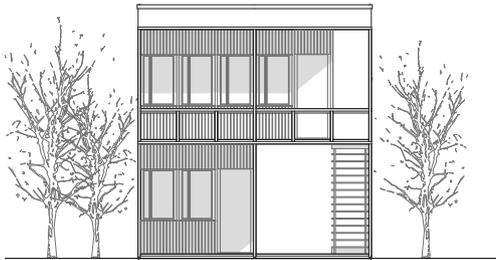
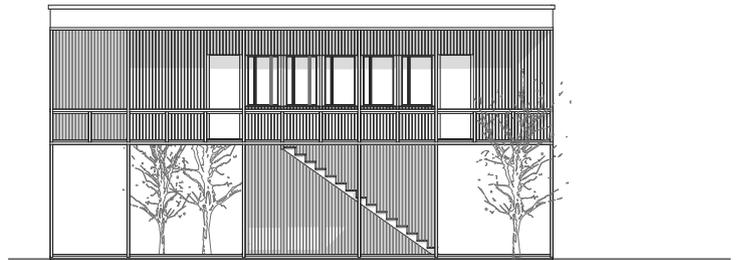
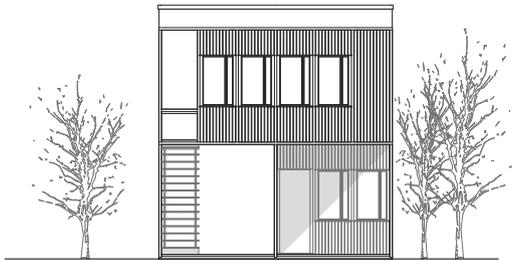


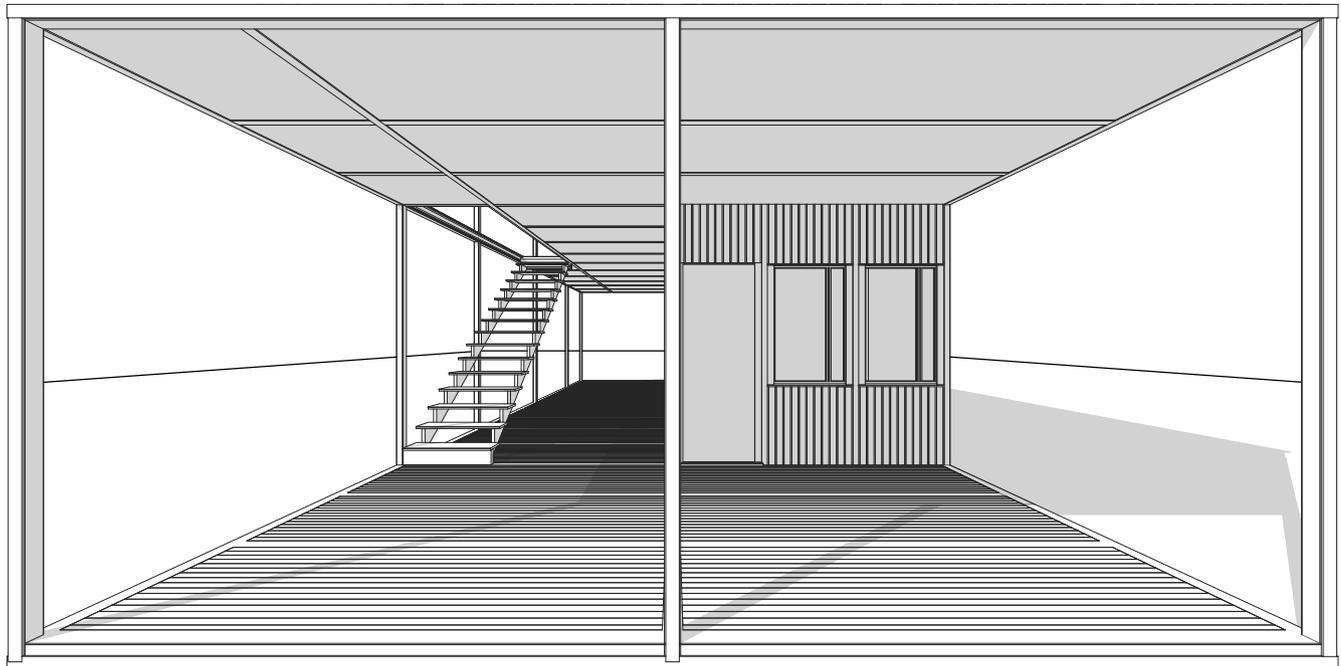
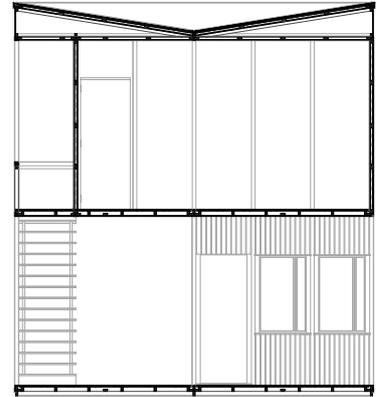
Columna interior

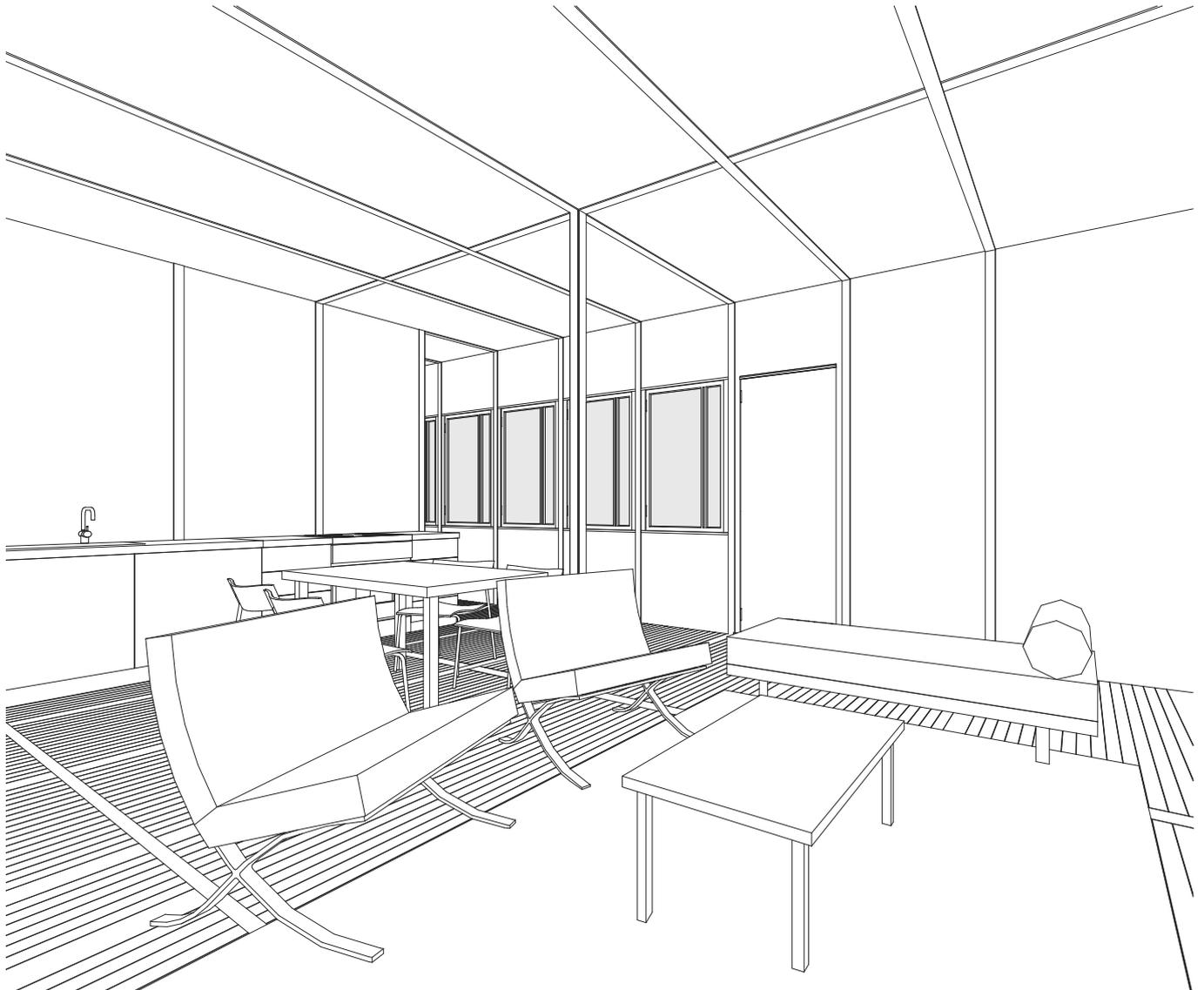
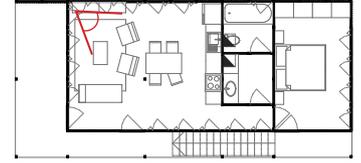




# Alzados









CONCLUSIONES





Al (re)construir y analizar el Sistema del Panel Universal y la Casa A, se buscó identificar y definir cuáles fueron los lineamientos que llevaron a los arquitectos Walter Gropius Y Konrad Wachsmann a concebir este proyecto de piezas estandarizadas, dentro de un entorno histórico que estaba urgido por una arquitectura renovada de valores constructivos, funcionales y formales.

Es importante resaltar el objetivo principal que llevó a los arquitectos alemanes a desarrollar este proyecto debido a que, desde el inicio de su concepción, Wachsmann, quien realizó los primeros bocetos, buscó crear un sistema universal con el que se pueda construir cualquier tipo de edificación. Pero debido a la necesidad urgente de viviendas que había en la época en la que se encontraban y por motivos económicos, el proyecto se desarrolló como un sistema de viviendas emergentes. Esta implicación fue clave en el desarrollo de todo el sistema, condicionándole a éste en un sentido formal, estructural y funcional, debido a los pocos recursos con los que contaban y al bajo costo que las viviendas debían tener. Al mismo tiempo, la importancia de utilizar un sistema que les permitiera construir las casas en poco tiempo, les llevo a estandarizar los elementos, lo cual limitaba el resultado final de las construcciones.

Por esta resolución del Sistema del Panel Universal, el proyecto se analizó desde la (re)construcción y estudio de la Casa A que fue el prototipo proyectado y presentado en la época de su concepción. No obstante, en este trabajo se determinaron ciertas condicionantes que requieren una revisión más detallada si se busca la construcción del sistema en un proyecto que sea adaptado a diferentes programas.



## EL SISTEMA DEL PANEL UNIVERSAL DESDE UNA REVISIÓN HISTÓRICA (SOCIAL, ECONÓMICA Y TECNOLÓGICA)

Los problemas económicos y sociales de la época demandaban la construcción inmediata de viviendas emergentes, lo cual permitió desarrollar una serie de proyectos conjuntos, en donde la industrialización se convirtió en la herramienta principal. El mercado requería que estos proyectos se concibieran bajo tres aspectos importantes: economía, calidad y versatilidad.

Para ese momento, la industrialización fue mucho más que solo un reto tecnológico, ésta tenía que responder a un contexto social, económico, cultural y político como una solución práctica e inmediata. Desde la llegada de la tecnología al campo de la construcción, los procesos se mantuvieron en sistemas modulados y uniformes, lo cual no llamaba la atención del mercado debido a la monotonía que estos generaban; por ello, vieron la necesidad de hacer una revisión de los valores que este nuevo proceso tecnológico traía consigo. Es así que en los años 20 nació la propuesta de una generación de arquitectos y artistas, con un concepto de renovación, de crecimiento y sobretodo de una mejora en la calidad de vida de la gente. El objetivo fue hacer una arquitectura con valor y sentido en el ámbito constructivo, funcional y formal.

En este entorno, aparecen Waschamann y Gropius con su propuesta del Sistema del Panel Universal. Desde el inicio de sus carreras ambos arquitectos estudiaron nuevas formas de hacer arquitectura en base a la estandarización y a través de los avances tecnológicos que se daban; ellos señalaban la necesidad de la industrialización y sistematización en la arquitectura. Para esto, la creación del Sistema del Panel Universal tenía que ser consecuente con los requerimientos de la época y alcanzar dentro del mercado un producto que sea competitivo, versátil y aplicable a las condiciones del momento.

La responsabilidad de los arquitectos, en primer lugar, fue diseñar un sistema económico debido a la falta de recursos y en segundo, construir viviendas de calidad. Estas dos condicionantes estructuraron el Sistema del Panel Universal, determinando en el proyecto desde la medida que debía tener el módulo para ser funcional y de bajo costo al mismo tiempo; pero, este recurso limitó las disposiciones de organización y construcción de las edificaciones.

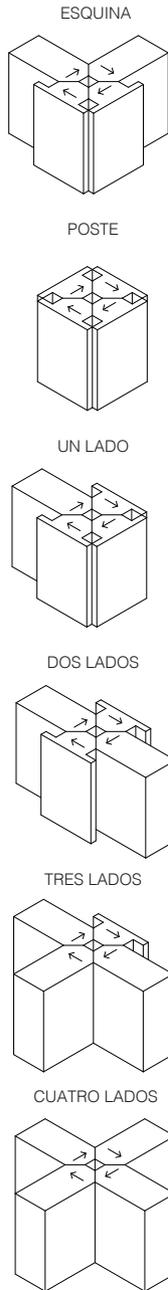


## EL SISTEMA DEL PANEL UNIVERSAL Y LAS REFERENCIAS DOCUMENTALES

La revisión y el estudio de las referencias documentales revelaron un antecedente importante para la comprensión del sistema en esta investigación. Se mencionó durante el análisis, que el sistema pasó por un proceso de desarrollo continuo debido al interés de Wachsmann por encontrar la perfección en el mismo; al parecer, esto no concluyó. Al inicio se encontraron varios planos que diferían unos de otros, especialmente en temas constructivos, pero todos basados en un programa de viviendas mínimas.

La idea de que el proceso de diseño y estudio del Sistema del Panel Universal no culminó, aparece cuando dentro de las publicaciones y planos se encontraron cinco propuestas diferentes a la de su concepción final que fue comercializada. En éstas se proponen edificaciones con variantes en la estructura, en la forma y en la función. El proyecto se originó a partir de un sistema universal, con el que se pueda armar cualquier tipo de composición, pero esto se vio interrumpido cuando el sistema tuvo que resolverse únicamente en base al programa de una vivienda emergente. Sin embargo, si los arquitectos hubieran estudiado y probado el sistema en otras tipologías, se habrían dado cuenta que éste requería algunos ajustes para ser aplicado como un sistema universal, siempre entendido desde la lógica de su construcción: la unión de cuatro elementos en cualquier sentido.

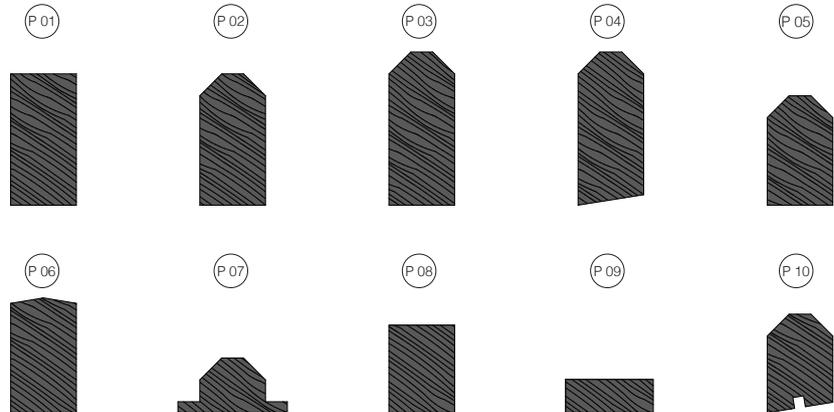
En la presente investigación se abordó el análisis constructivo, formal y funcional del sistema, en base a la (re)construcción de la Casa A, pero además de esto, se realizó un proceso de experimentación con el diseño de dos casas: B1 y B2, a partir de las cuales se valoró si el Sistema del Panel Universal está diseñado como una estructura flexible que sea adaptable a viviendas de diferentes tipologías y tamaños.



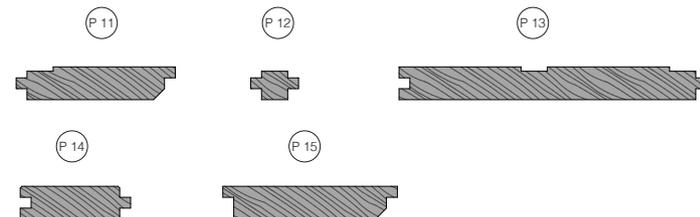
## EL SISTEMA DEL PANEL UNIVERSAL Y SU VALOR ESTRUCTURAL

El sistema estudiado se basa en un elemento principal como unidad estructural y de cierre al mismo: el panel; por eso se le dio el nombre de "Sistema del Panel Universal". Esta caracterización se entiende como un panel estructurado siempre de la misma forma y adaptado a las diferentes funciones: piso, paredes y cubierta. Sin embargo, no todos los paneles tienen las mismas dimensiones, ni el mismo revestimiento, por lo que se llegó a determinar que la universalidad del sistema está en la forma de las piezas que componen el panel y la manera en como éstas se unen a partir del conector metálico, debido a que se repiten siempre de la misma manera en todos los casos. En los gráficos de la derecha ( $U_1$ ) se puede observar todos los tipos de unión del sistema y se entiende que, si éstos se componen por cuatro piezas con la misma forma en el lado de unión, su función es idéntica. Del mismo modo, se pueden observar en la parte inferior las piezas que conforman el sistema y permiten que las edificaciones se estructuren ( $V_1$ ).

### PIEZAS DE ESTRUCTURA



### PIEZAS DE REVESTIMIENTO



U<sub>1</sub>. Tipos de unión del Sistema del Panel Universal.  
V<sub>1</sub>. Piezas del Sistema del Panel Universal.



Dentro de este mismo contexto de universalidad del método de unión, se puede determinar que las estructuras que conforman las edificaciones, en este caso de viviendas, pueden ser paneles o elementos individuales como columnas. Durante la revisión de los planos y fotografías se encontraron propuestas de viviendas en donde se emplearon columnas como parte de la estructura, por ello en el análisis del sistema se exploró la posibilidad de probar y cambiar el panel por columnas, comprobando a través de la (re)construcción que los dos tipos de estructuras están conformados a partir de las mismas piezas de madera y el tipo la unión, sin modificar el sistema constructivo. Por lo tanto, las viviendas o cualquier tipo de estructura que se plantee puede armarse a partir de paneles, columnas o en un sistema combinado de elementos. De esta manera el sistema se abre a nuevas opciones de organización en donde los espacios se ordenan con mayor flexibilidad.

En cuanto a la disposición estructural de las viviendas en planta, el sistema se propone a partir de una distribución de ejes paralelos en dimensiones no mayores a tres módulos, ya que es la máxima longitud que se puede alcanzar para un espacio libre; esto determina que las cubiertas se dispongan en ejes de la misma longitud; es decir, las estructuras de las cubiertas pueden ser de 3 módulos o menores, pero al ser elementos inclinados, la unión de dos estructuras o más, por cualquiera de sus lados, determina la parte formal de la casa, limitando la estética que éstas tendrían.

En la disposición de los planos verticales también se encuentra limitado el crecimiento de la casa; como se mencionó, los bocetos y fotografías solo muestran viviendas de máximo dos pisos, llevándonos a suponer que es por la resistencia que tiene el material de los paneles y su capacidad para soportar una cierta altura. Pero si concebimos que el sistema tenga un refuerzo estructural extra, como se hace en otros sistemas, la edificación puede crecer infinitas veces hasta donde la resistencia del material le permita, esto se debe a que los elementos pueden unirse por los cuatro lados sin restricciones.



## EL SISTEMA DEL PANEL UNIVERSAL Y SU VALOR FUNCIONAL

Para poder entender y analizar la estructura funcional de las casas del sistema, fue preciso determinar que éste se pensó para construir viviendas emergentes y a partir de esta condición existieron ciertos lineamientos que le definían como: la economía de la construcción, los espacios mínimos, la calidad y resistencia a las condiciones climáticas, geográficas, culturales y sociales.

La casa A tiene un área de  $541,18\text{pie}^2$  ( $54\text{m}^2$ ); esta medida está determinada por la dimensión de los módulos; en este sentido, la disposición de los mismos ha permitido conformar un perímetro que abarque los espacios necesarios para una vivienda mínima; no obstante, las divisiones interiores están limitadas por los ejes de unión de los módulos. Estas divisiones internas, al estar condicionadas, no cumplen con las disposiciones mínimas, como se demostró en el ejemplo de un baño, o por el contrario, como en el caso de las puertas, el espacio que se utiliza para el desplazamiento de ésta es demasiado amplio dentro de una vivienda mínima.

Si consideramos que las condiciones que determinan el diseño de la vivienda no son las de un proyecto emergente y económico, los espacios domésticos que se conforman con estos módulos sí cumplen con una disposición funcional en planta, como se demostró en las casas B1 y B2.

Durante el estudio de la casa A, se contempló la posibilidad de cambiar la dimensión del módulo o añadir módulos que sean múltiplos de  $3'4''$ , esto con la intención de organizar mejor los espacios de las casas y determinar cuáles serían las condiciones que se logran adaptar al sistema. Esta variación en la dimensión de los módulos no modifica la forma estructural ni tampoco el sistema constructivo, debido a que los nuevos módulos estarían estructurados con las mismas piezas, para poder mantener la forma de unión y así continúen siendo parte del sistema universal. Sin embargo, esta opción no se llegó a probar en el proceso de experimentación, porque en el trabajo de investigación se buscó determinar las condiciones del sistema como estuvo planteado en el diseño original.

En este mismo estudio del módulo, se estableció una comparación entre las alturas de los paneles de las paredes, debido a que existen dos tamaños; de  $8'0''$  o de  $10'0''$  ( $2,438\text{m}$  o  $3,048\text{m}$ ); el objetivo fue determinar cómo estos paneles se adaptan por un lado a requerimientos mínimos y por otro a requerimientos óptimos.



La existencia de dos paneles llamó mucho la atención durante el análisis, debido a que es el único elemento que varía en tamaño y además el panel de 8' es la única dimensión que no corresponde a un múltiplo del módulo, pero esto responde a un recurso utilizado por los arquitectos para disminuir el costo de la vivienda, acortando la altura de las casas. Los arquitectos mantuvieron el segundo panel de 10' con la intención de adaptar el sistema a viviendas de otros estándares en el futuro. La funcionalidad en ambos casos se cumple, sin embargo, con el panel de 8' la altura que se deja al interior es la mínima requerida; por el contrario, la altura con el panel de 10' es óptima para un buen funcionamiento.

Dentro de todos los proyectos es necesario identificar la ubicación que tendrán las instalaciones, especialmente las hidrosanitarias que contienen tuberías de mayor espesor; éstas pueden estar ubicadas dentro de un cielo raso que permite extender los recorridos necesarios sin quedar visibles, como sucede en construcciones actuales. En el caso del Sistema del Panel Universal, todos los elementos que componen la vivienda están diseñados con una estructura y revestimiento, sin dejar espacios mayores en su interior, incluidos los paneles que conforman el entrepiso y la cubierta; y, la colocación de un cielo raso en este sistema modificaría su composición con cambios en la disposición y unión de los elementos. Esta característica lleva a colocar todas las instalaciones en un solo ducto o distribuirlas en varias zonas, condicionando la organización de las áreas húmedas en el diseño. No obstante, el colocar un cielo raso en las edificaciones si es posible con un soporte diferente a las piezas del sistema.



## EL SISTEMA DEL PANEL UNIVERSAL Y SU VALOR FORMAL

El estudio del valor formal del Sistema del Panel Universal es pertinente debido a la crítica que se hace a los sistemas estandarizados desde la introducción de la tecnología en el campo de la construcción, pues estos son considerados monótonos y repetitivos, incluso han sido despreciados por considerarse sistemas emergentes y no aceptados para viviendas de otros estándares económicos. Estas características le han despojado a la arquitectura estandarizada de su valor estético e individual. Es oportuno citar las manifestaciones de Wachsmann frente a estas detracciones:

*“Sólo una valoración superficial podría apoyar la opinión de que el enfoque técnico-científico, la aplicación coherente de los procesos de producción industriales controlados de forma automática y la coordinación modular sistemática de todos los elementos, partes y productos para la construcción, conduce invariablemente a la monotonía o, como yo estoy oyendo continuamente con asombro, la destrucción total de todo impulso espiritual y emocional.”*  
(WACHSMANN. 1961 citado en RIDGWAY. 1996)

Gropius y Wachsmann buscaron romper con estas caracterizaciones dadas a los sistemas prefabricados, creando un sistema universal, en donde la estandarización de las piezas no limitaría ni restringiría el diseño de las viviendas. No obstante, el Sistema del Panel Universal se concibió finalmente como un proyecto para viviendas emergentes, con lo que ambos adquirieron un reto para romper con la monotonía de casas uniformes. Fue importante entonces, plantear una disposición variable de módulos, con la posibilidad de crecer infinitamente, lo que le permitió a este sistema abandonar la construcción de formas establecidas y repetidas. Pero, el sistema no pudo romper con las formas rectas y los perímetros rectangulares que conservan las viviendas; éstas son características invariables en su arquitectura, debido a que el método de unión que se requiere para conectar los elementos, no admiten formas curvas, determinando el orden y una proporción constante en el diseño de las edificaciones.

En este punto, cabe señalar que, si bien la disposición de los panales puede variar, estos están conformados por revestimientos comunes, lo cual hace que las fachadas tengan un carácter repetitivo con elementos modulados y definidos por líneas verticales. Pese a esto, durante el proceso de experimentación se probó y se demostró que existe la posibilidad de variar los revestimientos, ya sean tableros lisos como en el



interior o materiales equivalentes, sin modificar la estructura, rompiendo con la uniformidad del módulo y dejando la opción de adaptar cada edificación a los requerimientos del usuario.

En cuanto a la disposición de la cubierta, se identificó un aspecto importante en la forma que adquieren las viviendas. La rigidez y simetría que éstas presentan, dada por la disposición de su estructura como ya se mencionó, determina en todos los casos un resultado similar, lo cual se observó en los dibujos y fotografías de las viviendas. A pesar de esta condición, en las dos casas propuestas, B1 y B2, se vio la posibilidad de invertir las estructuras, para cambiar esta forma estricta y así adaptar pérgolas y porches que se puedan estructurar a partir de los mismos elementos; con esto se consiguió despojar a las casas de la forma rigurosa de una vivienda tradicional con una cubierta a dos aguas como en el caso de estudio de la "Casa A".



## EL SISTEMA DEL PANEL UNIVERSAL COMO UN SISTEMA FLEXIBLE

La búsqueda de una estructura más flexible y universal fueron los lineamientos que guiaron el proceso de diseño del sistema, conjugándose con la optimización de los recursos materiales, para así alcanzar una organización sistemática a partir de elementos idénticos que den lugar a productos finales diversos, con un balance armónico entre la función, la forma y la estructura.

Wachsmann y Gropius consiguieron romper en su sistema la monotonía de viviendas idénticas y construir a partir de un delimitado número de piezas y unión universal; este logro fue una respuesta determinante frente a los problemas y necesidades urgentes que había en la época. A pesar de que aparentemente el sistema no alcanzó a desarrollarse por completo y quedó plasmado únicamente en edificaciones de viviendas emergentes, el análisis y experimentación que se llevó a cabo en este trabajo concluyeron que el sistema sí se puede adaptar a otras tipologías de viviendas, la casa B1 y B2 son un ejemplo de ello. No obstante, cabe señalar que, como se mencionó, las restricciones estructurales, formales y funcionales que se encontraron, limitan la organización de los espacios, por lo que no sería un sistema totalmente flexible.

La mayoría de las restricciones en el diseño y la construcción del Sistema del Panel Universal, son características que se repiten en los sistemas industrializados. Estos sistemas trabajan a partir de elementos estandarizados y su construcción responde a normas establecidas de crecimiento y organización para garantizar que el producto final funcione correctamente; por ello, hablar de una total flexibilidad no es posible.

Finalmente, cabe señalar un aspecto sobre la flexibilidad del Sistema del Panel Universal, la cual podría ser una respuesta a porqué no pudo ingresar y comercializarse en el mercado, además de los motivos ya mencionados anteriormente. El sistema pertenece a dos categorías dentro de los tipos de sistemas industrializados. Por un lado, está dentro de la categoría de industrialización sutil cerrada, porque admite que cada vivienda tenga su propia organización tanto en lo formal como en lo funcional, pero sólo dentro del mismo sistema, esto le hace un sistema variable. Por otro lado, es considerado un sistema cerrado, porque en la construcción no acepta la combinación con elementos de otros sistemas, al no tener un método de unión genérico al cual puedan acoplarse otros componentes. Para la época, los sistemas estandarizados debían considerar el poder adaptar piezas existentes que disminuyan los costos de construcción, lo cual no



fue posible con el Sistema del Panel Universal. Por esto, el sistema no refleja una total versatilidad en su construcción, condicionando toda la forma de la edificación.

Para terminar, se puede manifestar que, después de todo el análisis y estudio del sistema, si consideraríamos hoy en día estas estructuras para construir viviendas, el sistema podría adaptarse a la mayoría de requerimientos básicos y necesarios para un correcto funcionamiento con espacios de una gran calidad funcional y formal. Sin embargo, es indiscutible que el sistema requiere una revisión a temas tecnológicos como el manejo de instalaciones y la disposición y resistencia de las estructuras en altura que limitan las viviendas o cualquier otro tipo de edificación que se plantee.

En este trabajo de investigación se abordó el estudio y análisis del sistema del Panel Universal desde una perspectiva funcional y formal de las viviendas, con el objetivo de comprobar las bondades de esta técnica constructiva, como un modelo industrializado que es aplicable a diferentes edificaciones, dándole un mayor impulso para así testar sus posibilidades. Este estudio ha permitido conocer y exponer las cualidades y las limitaciones del sistema que ha servido de ejemplo no solo en la época de su concepción, también ha sido un referente para el desarrollo de propuestas estandarizadas y prefabricadas hasta nuestros días, por su capacidad de combinación y variedad, que permiten economizar los recursos utilizando piezas universales.





## BIBLIOGRAFÍA

### LIBROS

- BLANCO, E. M. (2004). *Perfectible Housing* (Tesis de maestría). Universidad de Maryland , College Park, Estados Unidos.
- CANEPARO, Luca. (2014). *Digital Fabrication in Architecture, Engineering and Construction*. Torino: Antonietta Cerrato, Springer.
- COBBERS, Arnt & JAHN, Oliver. (2010). *Prefab Houses*. TASCHEN.
- GROPIUS, Walter. (1968). *Apollo in the Democracy: The cultural Obligation of the Architect*. Nueva York: McGraw-Hill.
- GROPIUS, Walter. (1970). *Scope of Total Architecture*. (4ta Edición ed.). (C. Books, Ed.) Nueva York, Nueva York, Estados Unidos: Collier Books.
- HERBERT, Gerbert. (1986). *The Dream of the Factory Made-House. Walter Gropius and Konrad Wachsmann*. (2nd Edición ed.). Cambridge, Massachusetts, Londres, Inglaterra: Edwards Brothers.
- KELLY, Burnham. (1951). *The Prefabrication of Houses*. Nueva York: The Technology Press of Massachusetts Institute of Technology.
- LE CORBUSIER. (1931). *Towards a New Architecture*. Londres: J. Rodker.
- NEUFERT, Ernst. (1977). *Arte de proyectar en arquitectura*. Barcelona: Gustavo Gilli, S.A.
- PIÑÓN, Helio. (2005). *El proyecto como (re)construcción*. Barcelona: EDICIONS UPC.
- PIÑÓN, Helio. (2006). *Teoría del proyecto*. Barcelona: EDICIONS UPC.
- WACHSMANN, Konrad. (1961). *The Turning point of building: Structure and design*. Nueva York: Reinhold Publishing. Corporation.

### PUBLICACIONES ELECTRÓNICAS

- ÅGREN, Robert & WING, Robert D. (2014). *Five moments in the history of industrialized building*. *Construction Management and Economics*, 32(1-2),7-15. Disponible en: <http://doi.org/10.1080/01446193.2013.825374>
- FERNANDEZ, Luisa & SOLER, Carlos. (2011). *El General Panel System de Konrad Wachsmann y Walter Gropius, 1941*. *Actas del Séptimo Congreso Nacional de Historia de la Construcción*, Santiago de Compostela, 1, 375-386. Disponible en: [http://www.sedhc.es/biblioteca/actas/CNHC\\_7%20%2838%29.pdf](http://www.sedhc.es/biblioteca/actas/CNHC_7%20%2838%29.pdf)
- IGNACIO ALONSO, Pedro. (2018). *Diagrams of a Universal System of Construction in the Work of Konrad Wachsmann: between Representation and Technology*.



- IMPERIALE, A. (2012). *An American Wartime Dream: The Packaged House System of Konrad Wachsmann and Walter Gropius*. ACSA Conferencia de Otoño, Universidad del Temple. Disponible en: <http://apps.acsa-arch.org/resources/proceedings/uploads/streamfile.aspx?path=ACSA.FALL.12&name=ACSA.FALL.12.8.pdf>
- LOUREIRO, F. (2014). *The Revolutionary Mind of Walter Gropius: Architectural Utopias for the Machine Age*. *Utopian Studies*, 25(1), 174-193. Disponible en: <http://www.jstor.org/stable/10.5325/utopianstudies.25.1.0174>
- RIDGWAY, Sam. (1996). *Being Technological: Heidegger and mass-produced houses*. *Architectural Theory Review*, 2(1), 98-121. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1080/13264829609478305>
- SALAS, J. (2008). *De los sistemas de prefabricación cerrada a la industrialización sutil de la edificación: algunas claves del cambio tecnológico*. *Informes de la Construcción*, 60(512), 19-34. Disponible en: <http://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es/index.php/informesdelaconstruccion/article/view/753/838>
- SALAS, J. & OTEIZA, I. (2009). *Estrategias divergentes de la industrialización abierta para una edificación pretenciosamente sostenible*. *Informes de la Construcción*, 61(513), 11-31. Disponible en: <http://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es/index.php/informesdelaconstruccion/article/view/761/846>
- SAMANIEGO, Pedro & SAMANIEGO, Esteban & SAMANIEGO, Augusto. (2014). *Prototipos virtuales para la industrialización abierta de la construcción: un caso de estudio*. MASKANA. Disponible en: <https://publicaciones.ucuenca.edu.ec/ojs/index.php/maskana/article/view/551/476>
- WACHSMANN, Konrad. (1980). *Notas autobiográficas de Konrad Wachsmann. L'AFFAIRE X*. Recuperado el septiembre de 2017, de [Harvardartmuseums.org](http://www.harvardartmuseums.org): [www.harvardartmuseums.org](http://www.harvardartmuseums.org)

#### SITIOS WEB

[www.harvardartmuseums.org](http://www.harvardartmuseums.org)



## CRÉDITOS DE ILUSTRACIONES

LIBROS Y PUBLICACIONES  
ELECTRÓNICAS

HERBERT, Gerbert. (1986). The Dream of the Factory Made-House. Walter Gropius and Konrad Wachsmann. (2nd Edición ed.). Cambridge, Massachusetts, Londres, Inglaterra: Edwards Brothers.  
2. Portada, 40. pág.261, 42. pág.296, 44. pág.291, 45. pág.295, 57;58. pág.272, 59;60. pág.269, 61. pág.283, 78. pág.273, 79. pág.245, 80. pág.250

IGNACIO ALONSO, Pedro. (2018). Diagrams of a Universal System of Construction in the Work of Konrad Wachsmann: between Representation and Technology.  
74. pág.163

COBBERS, Arnt & JAHN, Oliver. (2010). Prefab Houses. TASCHEN.  
102. pág.83

NEUFERT, Ernst (1977). Arte de proyectar en arquitectura. Barcelona: Gustavo Gili, S.A.  
109. pág.27

## SITIOS WEB

www.harvardartmuseums.org

1. BRGA.97.76, 14. BRGA.22.37, 15. BRGA.23.6,  
16. BRGA.57.267, 17. BRGA.57.268, 18. BRGA.82.259,  
29. BRGA.97.172, 36. BRGA.97.174, 37. BRGA.97.224,  
48. BRGA.97.202, 49. BRGA.97.201, 50. BRGA.97.184,  
51. BRGA.97.205, 52. BRGA.97.217, 53. BRGA.97.180,  
54. BRGA.97.179, 55. BRGA.97.210, 56. BRGA.97.213,  
62. BRGA.97.129\*, 63. BRGA.97.216, 64. BRGA.97.85,  
65. BRGA.97.116, 66. BRGA.97.139\*, 67. BRGA.97.118,  
68. BRGA.97.174, 69. BRGA.97.81, 70. BRGA.97.202,  
71. BRGA.97.141, 72. BRGA.97.194, 73. BRGA.97.181,  
75. BRGA.97.25, 84. BRGA.97.7, 85. BRGA.97.204,  
86. BRGA.97.76, 87. BRGA.97.78, 88. BRGA.97.77,  
89. BRGA.97.79, 90. BRGA.97.80, 91. BRGA.97.81,  
92. BRGA.97.82, 93. BRGA.97.83, 94. BRGA.97.84,  
95. BRGA.97.85, 96. BRGA.97.78, 97. BRGA.97.81,  
98. BRGA.97.80, 99. BRGA.97.83, 100. BRGA.97.84,  
101. BRGA.97.85, 103. BRGA.97.213, 104. BRGA.97.214,  
105. BRGA.97.215, 106. BRGA.97.217,  
107. BRGA.97.103, 108. BRGA.97.137, 110. BRGA.97.13,  
111. BRGA.97.100, 112. BRGA.97.101,  
113. BRGA.97.102, 114. BRGA.97.103, 115. BRGA.97.104

3. <http://4.bp.blogspot.com/-jzM3YsOGHmo/UwuCd9wMMI/AAAAAAAAAQ7k/II-ZfwGQJQ/s1600/crystal+palace.jpg>

4. [https://i2.wp.com/www.roomofpossibilities.com/wp-content/uploads/2017/11/FINAL\\_JohnManning\\_colonialcottage.jpg](https://i2.wp.com/www.roomofpossibilities.com/wp-content/uploads/2017/11/FINAL_JohnManning_colonialcottage.jpg)

5. [www.archdaily.com/401528/ad-classics-the-dymaxion-house-buckminster-fuller/51dee1f6e9e44eb808000010-ad-classics-the-dymaxion-house-buckminster-fuller-image](http://www.archdaily.com/401528/ad-classics-the-dymaxion-house-buckminster-fuller/51dee1f6e9e44eb808000010-ad-classics-the-dymaxion-house-buckminster-fuller-image)

6. [http://sdtb.de/uploads/tx\\_templavoila/415\\_244\\_zinshaeuser-leitner\\_FS\\_064-2-05-01.jpg](http://sdtb.de/uploads/tx_templavoila/415_244_zinshaeuser-leitner_FS_064-2-05-01.jpg)

7. [www.ottostumm.com/wp-content/uploads/2015/01/ottostumm\\_slider-04-b.jpg](http://www.ottostumm.com/wp-content/uploads/2015/01/ottostumm_slider-04-b.jpg)

8. [www.metalocus.es/en/news/aeg-turbine-factory-milestone-industrialization](http://www.metalocus.es/en/news/aeg-turbine-factory-milestone-industrialization)

9. <https://roadster.hu/app/uploads/2018/01/sommerfeld.jpg>\*

10. [www.plataformaarquitectura.cl/cl/793515/harvard-museum-lanza-catalogo-en-linea-con-mas-de-300-obras-de-la-bauhaus/57b49452e58e5f7d000036-harvard-museums-releases-online-catalogue-of-32000-bauhaus-works-photo](http://www.plataformaarquitectura.cl/cl/793515/harvard-museum-lanza-catalogo-en-linea-con-mas-de-300-obras-de-la-bauhaus/57b49452e58e5f7d000036-harvard-museums-releases-online-catalogue-of-32000-bauhaus-works-photo)\*

11. [https://s3.amazonaws.com/test.classconnection/500/flashcards/450500/png/19\\_gropius\\_house.png](https://s3.amazonaws.com/test.classconnection/500/flashcards/450500/png/19_gropius_house.png)

12. [2.bp.blogspot.com/-Lv\\_9Li6Nk/VGz6f0atFI/AAAAAAAAAT8/cKfMkHwcA8M/s1600/casas-de-los-maestros-bauhaus-gropius.jpg](http://2.bp.blogspot.com/-Lv_9Li6Nk/VGz6f0atFI/AAAAAAAAAT8/cKfMkHwcA8M/s1600/casas-de-los-maestros-bauhaus-gropius.jpg)

13. <http://kuenste-im-exil.de/KIE/Content/DE/Objekte/gropius-harvard.html>

19. <https://archnet.org/system/authorities/covers/196/original/AN00273.jpg?1456774157>

20. <http://kuenste-im-exil.de/KIE/Content/DE/Objekte/gropius-harvard.html>

21. [www.bauhaus.de/images/2\\_bauhaus-meister\\_2.jpg?w=950&h=950&c=0](http://www.bauhaus.de/images/2_bauhaus-meister_2.jpg?w=950&h=950&c=0)

22. [https://ia800703.us.archive.org/BookReader/BookReaderImages.php?zip=/30/items/DeutscheHolzhauser.KatalogXxiii/ChristophUnmackA.g.-DeutscheHolzhauserCca106372\\_jp2.zip&file=ChristophUnmackA.g.-DeutscheHolzhauserCca106372\\_jp2/ChristophUnmackA.g.-DeutscheHolzhauserCca106372\\_0000.jp2&scale=4&rotate=0](https://ia800703.us.archive.org/BookReader/BookReaderImages.php?zip=/30/items/DeutscheHolzhauser.KatalogXxiii/ChristophUnmackA.g.-DeutscheHolzhauserCca106372_jp2.zip&file=ChristophUnmackA.g.-DeutscheHolzhauserCca106372_jp2/ChristophUnmackA.g.-DeutscheHolzhauserCca106372_0000.jp2&scale=4&rotate=0)

23. [www.pictokon.net/bilder/12-bilder-10/8-konrad-wachsmamm-chefarchitekt-christoph-und-unmack-holzbausystem.jpg](http://www.pictokon.net/bilder/12-bilder-10/8-konrad-wachsmamm-chefarchitekt-christoph-und-unmack-holzbausystem.jpg)

24. [www.codiestudi.com/wp-content/uploads/2015/03/Casa-Einstein-copia.jpg](http://www.codiestudi.com/wp-content/uploads/2015/03/Casa-Einstein-copia.jpg)

25. <http://antiquariat-rohlmann.de/content/images/74cf3383ea86c68c25354337babfde5.jpg>

26. <http://images.cdn.baunetz.de/img/2/5/0/8/3/d21e8f0dd2b397a8.jpg>

27. <http://gallica.bnf.fr/ark:/12148/btv1b6917707m/f1.highres>

28. [html1-f.scribdassets.com/5r901d843k1qfo3o/images/11-606c0cf3ed.jpg](http://html1-f.scribdassets.com/5r901d843k1qfo3o/images/11-606c0cf3ed.jpg)

30. [a.patentimages.storage.googleapis.com/pages/US2559741-0.png](http://a.patentimages.storage.googleapis.com/pages/US2559741-0.png)

[b.patentimages.storage.googleapis.com/pages/US2559741-1.png](http://b.patentimages.storage.googleapis.com/pages/US2559741-1.png)

[c.patentimages.storage.googleapis.com/pages/US2559741-2.png](http://c.patentimages.storage.googleapis.com/pages/US2559741-2.png)

31. [www.urbanophil.net/wp-content/uploads/2010/04/34726\\_66667klein.jpg](http://www.urbanophil.net/wp-content/uploads/2010/04/34726_66667klein.jpg)

32. <https://dprbcn.files.wordpress.com/2010/01/410.jpg>

33. [www.adk.de/de/archiv/archivabteilungen/baukunst/images\\_quer/Wachsmann\\_Flugzeughangar\\_Modell\\_ausschnitt\\_web.jpg](http://www.adk.de/de/archiv/archivabteilungen/baukunst/images_quer/Wachsmann_Flugzeughangar_Modell_ausschnitt_web.jpg)

34. [www.sitterwerk-katalog.ch/data/book\\_images/covers\\_big/SIWE\\_C\\_GM00525850.jpg](http://www.sitterwerk-katalog.ch/data/book_images/covers_big/SIWE_C_GM00525850.jpg)

35. <https://openhousebcn.files.wordpress.com/2013/03/openhouse-magazine-high-tension-architecture-project-for-city-hall-california-city-1966-konrad-wachsmann-1.jpg>

38. <https://patentimages.storage.googleapis.com/pages/US2355192-0.png>

39. <https://patentimages.storage.googleapis.com/pages/US2421305-1.png>

41. [3.bp.blogspot.com/-fvumwF0D5Vc/UoiVFzgLDFI/AAAAAAAAAte/8Vc123F3pJQ/s1600/DSCF2195.JPG](http://3.bp.blogspot.com/-fvumwF0D5Vc/UoiVFzgLDFI/AAAAAAAAAte/8Vc123F3pJQ/s1600/DSCF2195.JPG)

43. [www.axxio.net/waxman/content/General\\_Panel/fabrik.ansicht.jpg](http://www.axxio.net/waxman/content/General_Panel/fabrik.ansicht.jpg)

46. [www.aiacc.org/wp-content/uploads/2017/01/Jones-1.jpg](http://www.aiacc.org/wp-content/uploads/2017/01/Jones-1.jpg)

47. <http://lestrictmaximum.blogspot.com/2013/11/gpc-et-phs.html>

76. <https://patentimages.storage.googleapis.com/pages/US2355192-1.png>

77. <https://patentimages.storage.googleapis.com/pages/US2355192-0.png>

81. <https://patentimages.storage.googleapis.com/pages/US2355192-2.png>

82: [a. https://patentimages.storage.googleapis.com/pages/US2421305-0.png](https://patentimages.storage.googleapis.com/pages/US2421305-0.png)

[b. https://patentimages.storage.googleapis.com/pages/US2421305-1.png](https://patentimages.storage.googleapis.com/pages/US2421305-1.png)

[c. https://patentimages.storage.googleapis.com/pages/US2421305-2.png](https://patentimages.storage.googleapis.com/pages/US2421305-2.png)

[d. https://patentimages.storage.googleapis.com/pages/US2421305-3.png](https://patentimages.storage.googleapis.com/pages/US2421305-3.png)

83. <https://patentimages.storage.googleapis.com/pages/US2355192-3.png>

\* *Imágenes editadas por el autor.*

Cuenca - Ecuador  
Julio, 2018