

SEGUNDA PARTE

DISEÑO DEL SISTEMA SEM.



Ejemplo de aplicación del Sistema para una alternativa de vivienda. Fuente: Autor

Basados en las lecciones aprendidas y en los análisis previos se propone un Sistema de Ensamblaje Modular (SEM). La prioridad del sistema es lograr la construcción de viviendas que atiendan la post-emergencia y la necesidad de habitación de calidad a los damnificados. La flexibilidad del sistema permitirá prever la construcción de viviendas con diferentes configuraciones, esto servirá para adaptar cada una a condiciones tanto rurales como urbanas, y sobre todo, a los diferentes usos y costumbres de las poblaciones afectadas. Se deben recordar experiencias donde la imposición de prototipos de vivienda rígidos pensados para una idea genérica de "familia" no cumplieron con las funciones que deberían y fueron desechados por los mismos usuarios al paso del tiempo.

La implementación del sistema puede realizarse a través de una colaboración entre productores de madera certificados (comunidades, ejidos y empresas privadas con certificación de la *Forest Stewardship Council* [FSC] en México), el gremio de los arquitectos, diseñadores industriales, el Gobierno Federal y los gobiernos locales, para aprovechar de la mejor forma los recursos regionales (maderas locales) y generar equipos de fabricantes de viviendas que se encuentren localizados en zonas estratégicas con el objeto de ser enviadas en poco tiempo a la población necesitada.

Características del Sistema

Más allá de una vivienda, se propone crear una estrategia específica que se basa en un sistema modular, prefabricado, fácil y rápido de ensamblar y desarmar que va de acuerdo con el clima, la topografía y los usos y costumbres específicos para cada región del país.

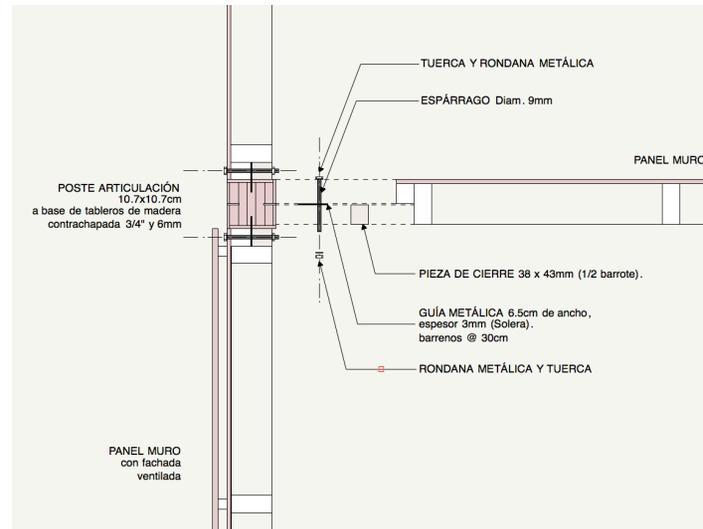
La propuesta parte de un modulo 1.31m x 1.31m que se desenvuelve en células mayores (múltiplos de 1.31m) que pueden formar espacios de diferentes medidas (ej. 2.62m x 2.62m, 2.62m x 3.93m, 2.62m x 5.24m etc.) de acuerdo a los requerimientos del programa que se solicite. Esto brinda la posibilidad de generar diferentes configuraciones de

VIVIENDA PREFABRICADA EN MADERA PARA POST-EMERGENCIAS PRODUCIDAS POR CATÁSTROFES (SEM)

viviendas que funcionen adecuadamente en diversas condiciones geográficas del país y que respondan de la mejor forma al clima y a las necesidades programáticas que derivan de los usos y costumbres de cada comunidad.

El modulo de 1.31m es el resultado de la medida del ancho del panel de muro que es 1.20m + el poste articulador de 0.107m.

El Sistema SEM es un sistema prefabricado a base de piezas de madera de Pino de Durango (*Pinus durangensis*). El sistema permitirá no solo la adición de módulos complementarios, sino también desmontarlos en su totalidad si fuera necesario.



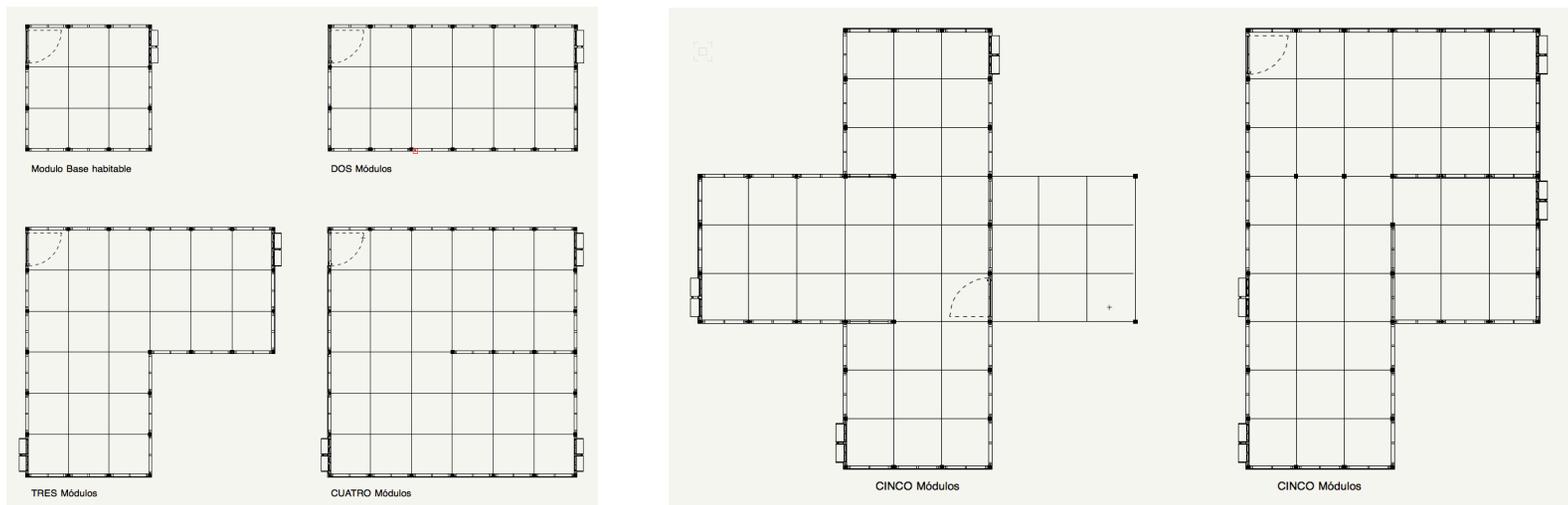
Detalle Poste articulación. Fuente: Autor

El número de módulos utilizados y la geometría que se le da a la vivienda será el resultado del previo análisis de las necesidades de la población afectada por la catástrofe, de las condicionantes del medio físico natural, las

VIVIENDA PREFABRICADA EN MADERA PARA POST-EMERGENCIAS PRODUCIDAS POR CATÁSTROFES (SEM)

condicionantes del medio físico artificial y de los recursos con que se cuente en ese momento para atender el la catástrofe.

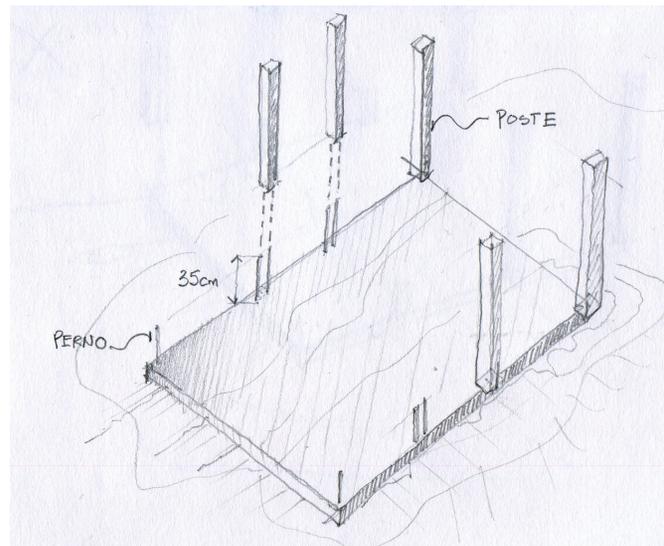
El objetivo del sistema es *NO* generalizar la tipología o dimensiones de la vivienda y reducirla a un prototipo único como respuesta para todos, si no que pueda personalizarse partiendo del tamaño adecuado según las necesidades de cada familia afectada. No gastar ni de más ni de menos. El Sistema lo permite: adecuarse a condiciones climáticas específicas y a costumbres diferentes (Rurales y Urbanas).



Ejemplos de posibles configuraciones. Fuente: Autor

Cimentación.

El tipo de cimentación se determinará en función de las características del suelo donde se ubicará la vivienda, eso definirá también la necesidad de incluir dentro de la fabricación de la vivienda los paneles que conformarán la plataforma del piso. El Sistema tiene previsto un panel de piso que conforma una plataforma apoyada sobre pilotes (pueden ser de madera o concreto) en caso de que la vivienda deba estar elevada sobre el nivel del terreno, pero si la cimentación conviene resolverla a base de una losa de cimentación directamente sobre el terreno natural es posible preveer fácilmente las preparaciones que recibirán los paneles de muros y elementos verticales, lo mismo sucede si lo más recomendable fuera la utilización de zapatas corridas o aisladas.



Ejemplo de colocación de postes con losa de cimentación. Fuente: Autor

VIVIENDA PREFABRICADA EN MADERA PARA POST-EMERGENCIAS PRODUCIDAS POR CATÁSTROFES (SEM)

Se propone en primer lugar la utilización de pilotes de madera impregnada, su tamaño y profundidad serán determinados por las condiciones del suelo. Los pilotes de madera son mejores que sus homólogos de hormigón o acero en lo que se refiere a su bajo coste, facilidad de transporte, manipulación (especialmente en zonas de difícil acceso), durabilidad (en la que se incluye su buen comportamiento en suelos ácidos o alcalinos), no se ven afectados por las corrientes eléctricas, no requieren protecciones frente a la corrosión, y a su facilidad de corte, mecanización e instalación. Además constituye la cimentación más barata en relación con la carga soportada.

Su calidad y durabilidad es la misma que la de los materiales alternativos siempre que se respeten las peculiaridades de la madera. Son particularmente adecuados para lugares de difícil acceso o donde el taladro o el empleo del hormigón presenta problemas, como por ejemplo terrenos con un nivel freático alto, o donde el firme se encuentra bajo un estrato de arena, arcillas blandas o suelos orgánicos; también en terrenos de aluvión profundos, donde la capacidad del pilote viene determinada por el rozamiento a lo largo del fuste; en terrenos granulares disgregados o sueltos; suelos ácidos o alcalinos, o los que contienen alto contenido en sulfatos o dióxido de carbono libre. Los pilotes de madera no son adecuados para terrenos duros.

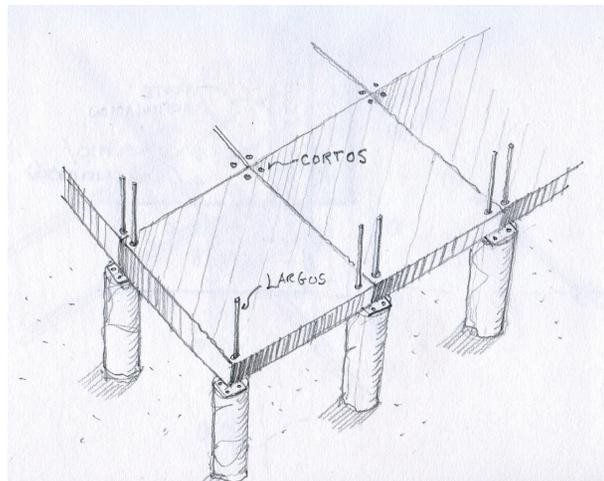


Pilotes de madera. Fuente: www.de.all.biz, [www.google/images/pilotes de madera](http://www.google/images/pilotes%20de%20madera)

Plataforma.

El piso de la vivienda se conforma por paneles de piso que se acomodan a manera de tableros. Cada panel mide 1.3m x 1.3m y está fabricado a base de piezas de 2 x 6" (barrote y medio) en su estructura principal perimetral y una estructura secundaria con barrotes de 2 x 4" @ 30cm; la tapa del panel la conforma un panel de cemento-madera marca Viroc de 18mm de espesor color Gris Bruto.

Después de colocar la cimentación deben dejarse preparaciones para recibir el panel de piso, en el caso de firmes de concreto o zapatas se pueden dejar espárragos anclados en las ubicaciones previstas; en el caso de pilotes la propuesta es colocar una placa metálica en la cabeza del pilote con las preparaciones para atornillar o dejar ahogados los espárragos requeridos. Los espárragos *tienen dos longitudes*: 153mm cuando solo recibirán el panel de piso, o 503mm cuando deben atravesar el panel piso y entrar en el poste articulador 35cm.

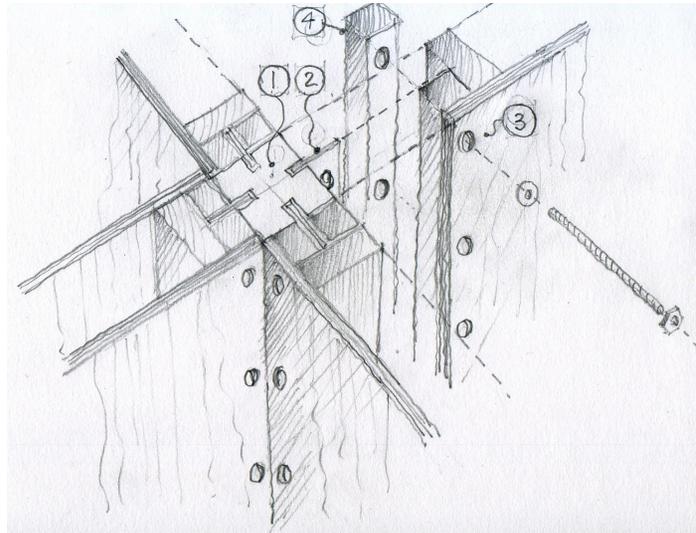


Plataforma con panel de piso y espárragos para fijación de postes. Fuente: Autor

Poste articulador, guías metálicas y panel muro.

El conjunto de éstas tres piezas es lo que le permite la posibilidad de crecer progresivamente con la misma modulación o desarmar cada panel sin afectar el resto del Sistema. Los postes y los paneles de muro apoyan la mitad de su sección en la plataforma, manteniendo la equidistancia entre los elementos de unión.

Los postes articuladores se insertan en los espárgos largos y de forma intercalada se van uniendo y levantando junto con las guías metálicas, las cuáles a su vez se atornillan en los cantos de la plataforma para dar rigidez al sistema. Cada poste tiene una sección de 10.7 x 10.7cm y está prefabricado mediante un proceso de encolado y clavado a base de placas madera contrachapada de 19mm y 6mm con el objetivo de evitar los cambios dimensionales por humedad y afectar las articulaciones. El poste tiene 2.4m de largo y está ranurado al centro en sus cuatro caras para insertar la guía metálica.

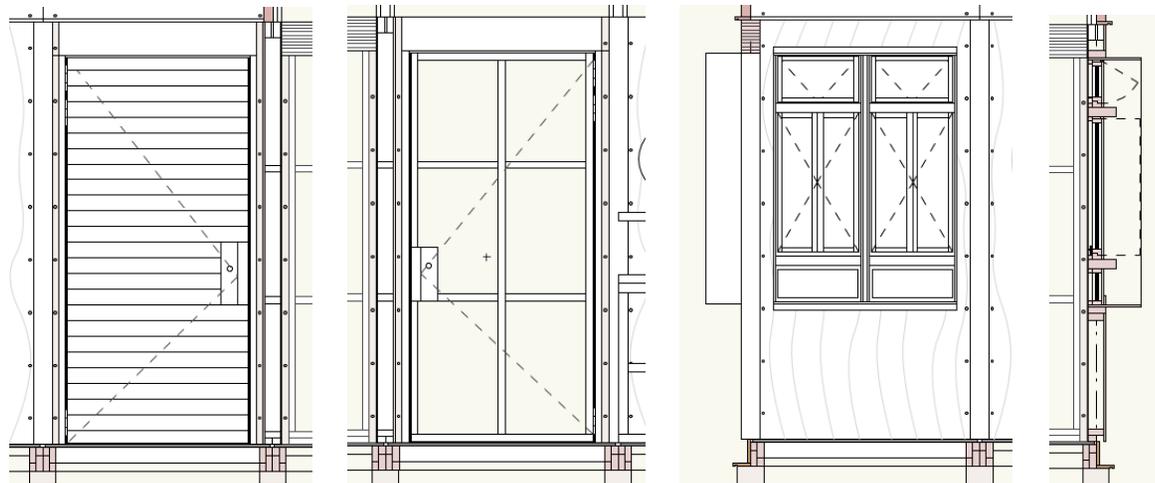


1. Poste articulador, 2. Guía Metálica, 3. Panel Muro, 4. Amarre, Fuente: Autor.

VIVIENDA PREFABRICADA EN MADERA PARA POST-EMERGENCIAS PRODUCIDAS POR CATÁSTROFES (SEM)

La guías metálicas son unas soleras de 65mm de ancho, 3/16" de espesor y dos largos 2.75m (al exterior) o 2.40m (al interior), y tienen dos funciones: la primera, guiar los espárragos que ligarán de lado a lado los muros con los postes y la segunda, ligar la plataforma o piso con los muros y la cubierta. Cada guía tiene barrenos @30cm donde se atornillarán los paneles de muro por medio de espárragos, rondanas y tuercas. El largo de la guía más larga sobrepasa la longitud de los postes para atornillarse en la parte inferior a la plataforma y en la parte superior a las piezas que conforman la estructura de la cubierta.

Cada panel de muro mide 1.20m de ancho por 2.4m de altura y tiene un espesor de 9.8 cm en su conformación más básica. La estructura del panel se compone por barrotes de 2 x 4", en la parte superior se colocan dos para aumentar la sección y recibir las cargas de la cubierta; la superficie es una placa rigidizadora de triplay de 9mm. Las puertas y ventanas son diseñadas a manera de panel puerta y panel ventana respectivamente con criterio similar al de los paneles de muro.



De izquierda a derecha: Vista frontal panel puerta, vista posterior panel puerta, vista frontal panel ventana, sección panel ventana. Fuente: Autor

Estructura de cubierta

Para sostener la cubierta se plantean vigas en forma de “L” fabricadas a base de placas dobles de triplay sólido de $\frac{3}{4}$ ” o 1”. Estos elementos se unen en sus extremos con la sección que sobresale de la guía metálica en el coronamiento de los postes y paneles de muros. En algunos casos, cuando existen claros que lo requieren, en lugar de un panel de muro se pueden colocar vigas de sección rectangular entre los postes para ligarlos y recibir las vigas “L”. La sección de las vigas es la recomendable para soportar la acción del viento en caso de tormenta o huracán, es posible reducirla si la ubicación de la vivienda está prevista fuera de las zonas de huracanes.

Entre cada viga “L” debe colocarse un marco de apoyo para evitar el volteo, tanto en su extremo alto como en el más bajo.

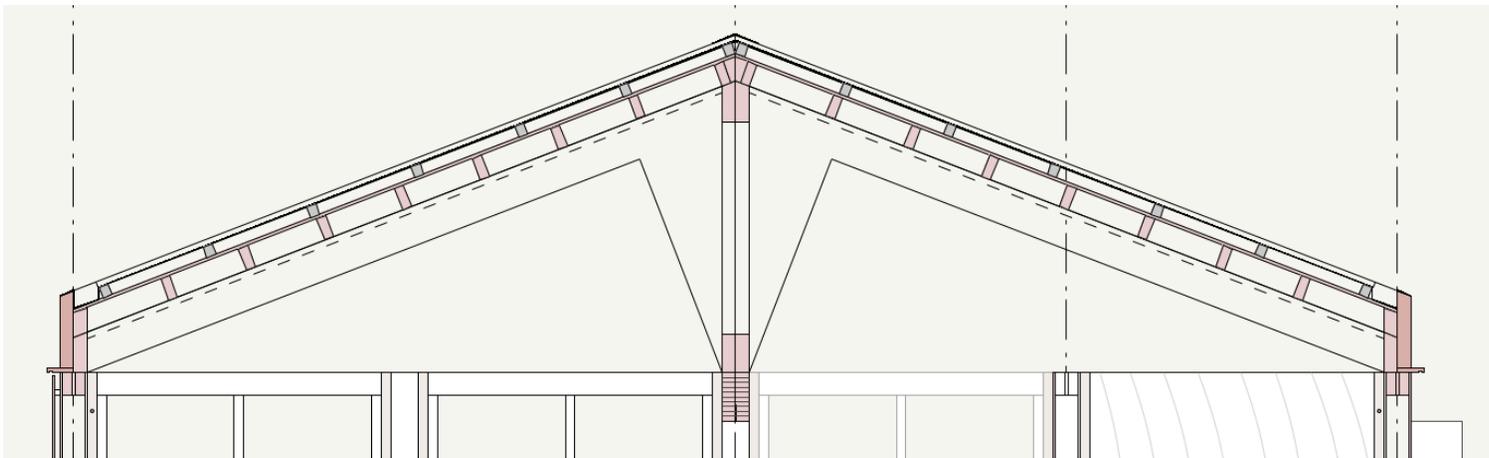
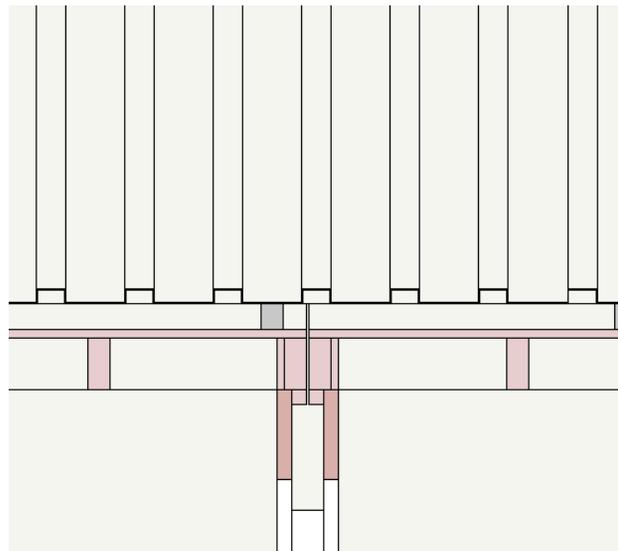


Imagen Sección con dos vigas “L”. Fuente: Autor

Panel techo y cubierta metálica.

El panel del techo es proporcionalmente más ligero que el del piso ya que toda su estructura está hecha a base de barrotes de 2 x 4" @33cm de separación entre sí. En la superficie tiene una capa rigidizadora de triplay de 13mm de espesor pero como alternativa puede utilizarse panel OSB. Cada panel de techo mide 1.3m de ancho x 2.8m de largo y embona directamente en el espacio intermedio de las vigas "L".

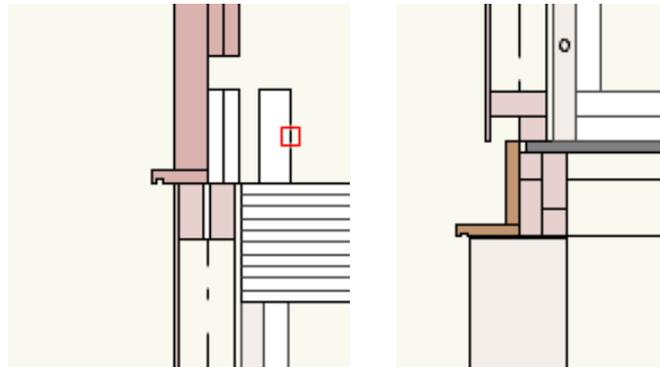
Por encima del panel de techo está prevista una cubierta comercial de panel Glamet de 1" o lámina acanalada de aluminio-zinc apoyada en un bastidor. El objetivo de ésta cubierta es generar una cámara de aire entre ésta y el panel de techo y al mismo tiempo dar mayor protección a la madera de la cubierta contra la lluvia y otros agentes externos.



Sección transversal donde se observan de arriba hacia abajo: cubierta aluminio-zinc, bastidor, panel de techo y doble viga "L". Fuente: Autor

Molduras, piezas de cierre en pisos, muros y techo.

Como complemento, además de los flashings metálicos requeridos para sellar la cubierta y dejar listos los canalones para el desagüe se instalan diferentes piezas de remate y cierre (también de madera), las cuáles tienen la función de sellar uniones. En el perímetro éstas piezas cuentan con un gotero integrado como parte de su diseño.



Remate superior con gotero (izquierda). Remate inferior con gotero (derecha) Fuente: Autor

Instalaciones

Instalación Hidráulica.

Se captará agua pluvial por medio de dos canalones de 4" de diámetro y se conducirá a una pileta de 1.2m x 1.2m x 1.2m (1.72m³). De ese proceso se reutilizará el agua filtrada en W.C., lavabo, tarja y regadera. Cuando se tenga una captación de agua que rebase lo que se puede almacenar el agua rebosará a un pozo de absorción.

Si existe la posibilidad de extraer agua del subsuelo y no se cuenta con una red de alimentación se instalará un pozo artesiano con una bomba eléctrica de 0.5hp, caudal 90lts/min y altura manométrica hasta 100m que llevará el agua a la pileta y de ahí se colocará otra bomba que la lleve a un tinaco. *(ver plano IH en anexo planos)*

Instalación Sanitaria

Se realiza la separación de aguas negras (WC) y aguas grises (tarja, lavabo y regadera). Por ello se tienen dos posibilidades de presentar un pozo de absorción y de fosa séptica.

Para el pozo de absorción el agua llegará de un registro que colectara las aguas grises y el agua filtrada de la fosa séptica. La fosa séptica se proveerá de agua mediante un registro de aguas negras que colectará los fluidos del WC. Al llegar a la fosa séptica se separarán los residuos. *(ver plano IS en anexo planos)*

Instalación Eléctrica

La línea de alimentación partirá del interruptor general, éste será instalado en un lugar protegido por la lluvia y será suministrado por la compañía de luz. El montaje se realizará en dos etapas: la primera donde se procede al tendido y colocación de las tuberías, conexiones y conductores, después de haber montado la estructura: la segunda donde se instalan los accesorios y aparatos eléctricos. El cableado se instalará dentro de tubo conduit metálico de pared gruesa y de forma aparente dentro de la vivienda. *(ver plano IE en anexo planos)*

Valores añadidos

Una de las formas fundamentales para ahorrar energía, y relacionar la vivienda con el medio ambiente, es el uso de diversos sistemas pasivos que se encuentran engendrados en el diseño básico arquitectónico, y que según la localización geográfica y climática actúan de diferente forma. Otro aspecto importante es la elección de cada uno de los materiales que componen un edificio, los cuales tiene un peso importante si tomamos en cuenta la logística, gasto de energía, de agua, e implicaciones sociales durante su proceso de fabricación.

El sistema planteado se basa en la combinación de diversos elementos constructivos que actúan según las condiciones climáticas de cada zona, el nivel de aislamiento que se necesita, la forma de vida de los usuarios y la prevención a resistir el mismo tipo de desastre natural.

Niveles de terminación.

Para lograr mayor efectividad en la fabricación del sistema es fundamental comprender los conceptos de progresividad y variabilidad de los niveles de terminación, para poder graduar la entrega de unidades de acuerdo a la magnitud de la catástrofe y su consecuente requerimiento de soluciones habitacionales. Así se podrá comprender que, en casos donde los recursos lo permitan, es factible añadir el revestimiento exterior de los paneles de muro; lo cuál se hace posible gracias a que estos paneles de muro cumplen un rol estructural y protegen el espacio interior de la intemperie. De la misma forma, también se podría modificar el aislamiento interior en caso de que las condiciones climáticas lo requieran. Por último, también es parte del proyecto la necesidad de que el paquete constructivo se mejore en el tiempo mediante la incorporación de nuevos materiales como aislantes, cancelerías, refuerzos de la estructura interior, elementos de unión, instalaciones y revestimientos.

Consideraciones Bioclimáticas.

Definir un prototipo de vivienda que sea bioclimático y que logre abarcar toda la extensión del territorio mexicano es una tarea compleja, y para lograr coherencia en la propuesta deben comprenderse las limitaciones que tiene la idea en sí misma.

El proyecto, más allá de ser una vivienda, es una estrategia que se basa en un sistema modular, de ensamblaje, de acuerdo con el clima, la topografía, costumbres y condiciones específicas para cada zona. Es de suma importancia hacer un sembrado de la vivienda en el sitio correcto, tomando en cuenta las orientaciones adecuadas, la dirección de los vientos dominantes y las temperaturas locales entre otros factores. La configuración que se elija para la vivienda

deberá tomar en cuenta cada una de éstas consideraciones para lograr un calentamiento y/o un enfriamiento pasivos según se requiera.

Calentamiento Pasivo

El sistema permite elegir paneles sólidos o acristalados según la *captación de radiación solar* que se requiera. Así mismo, se pueden modificar los componentes del panel buscando materiales de diferentes densidades con el objeto de obtener un mayor almacenaje de calor. La distribución de las ventanas y de cada una de las habitaciones será definitiva para generar una distribución de calor dentro de la vivienda de manera natural. Por último, la condición de prefabricación de las piezas permite una mayor precisión al momento de hacer las uniones y construir la casa, evitando defectos que se pueden traducir en pérdidas de calor. El sistema debe lograr una conservación de calor, que normalmente se produce por un deficiente aislamiento térmico, o por la existencia de puentes térmicos. El sistema prefabricado debe reducir al máximo las infiltraciones e intercambios de aire debido a sellos mal colocados en puertas, ventanas y juntas constructivas.

Enfriamiento Pasivo

En éste aspecto, el sistema permite evitar la radiación solar directa hacia el interior y puede lograr una buena protección por medio de varios elementos, ya sea a través de la disposición de paneles sólidos y de celosía, o fragmentando el propio diseño de la casa para evitar la exposición de grandes superficies. Por otro lado, según la disposición de las ventanas y puertas se puede lograr la disipación requerida a través de la generación de una ventilación cruzada. En los paneles de techo existe una cámara de aire que separa el panel principal del revestimiento exterior, y en los paneles de muro existe la alternativa de instalar una fachada ventilada con el objeto de lograr el enfriamiento del aire.

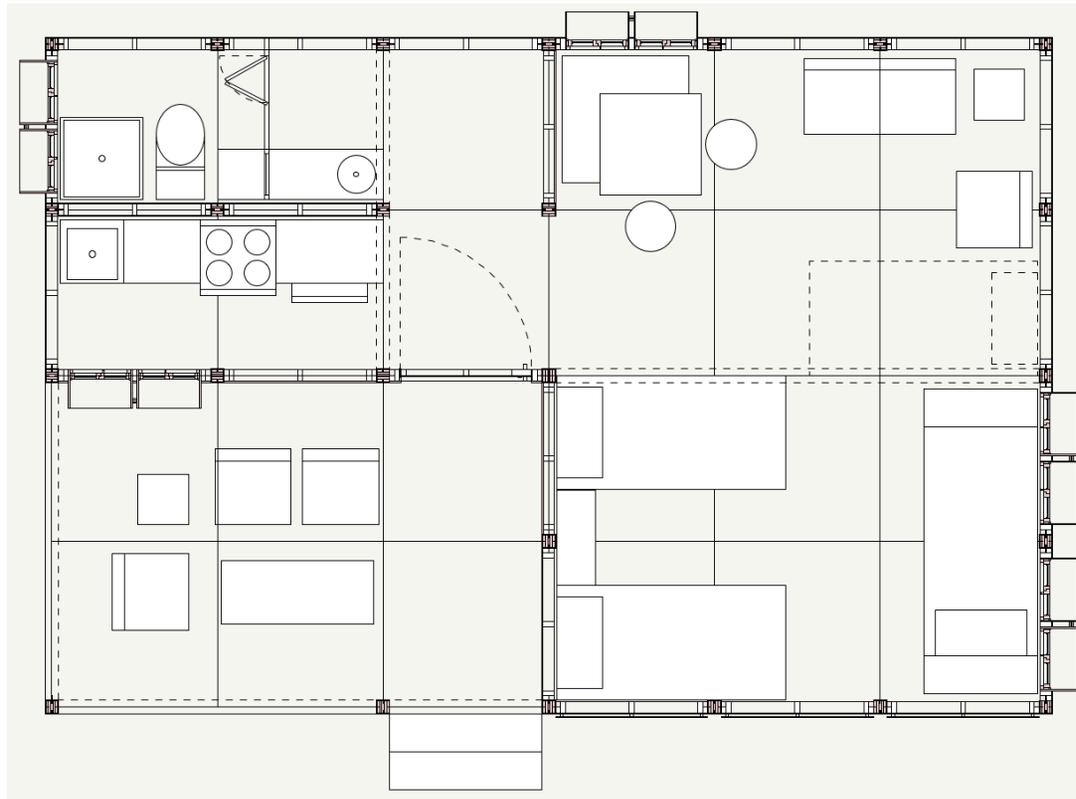
Vivienda temporal o definitiva

Existe una polémica constante respecto a la temporalidad real de las viviendas de emergencia y post-emergencia, ya que en muchos casos, por diversos factores se terminan convirtiendo en una vivienda definitiva. Éste prototipo está diseñado para ser una vivienda de carácter temporal, ya que puede desarmarse fácilmente y ser reutilizada, pero el sistema también admite la adición de módulos y su consolidación siempre y cuando se integren los componentes del propio sistema que permitirían su eventual desmontaje.

El desmontaje es importante considerarlo teniendo en cuenta el ciclo de vida del objeto. En un primer escenario a corto plazo esto permitirá la reutilización de la vivienda por otra familia damnificada, pero en un escenario más amplio se diseña una casa para otros usos potenciales en el futuro. Es posible diseñar un objeto de reuso ilimitado, aún cuando no se utilice siempre para la misma función, un objeto que se convierta en un nutriente para la biósfera, donde es posible separar todos sus componentes y reutilizarlos o reciclarlos evitando la generación de desperdicios.

Proceso de Construcción:

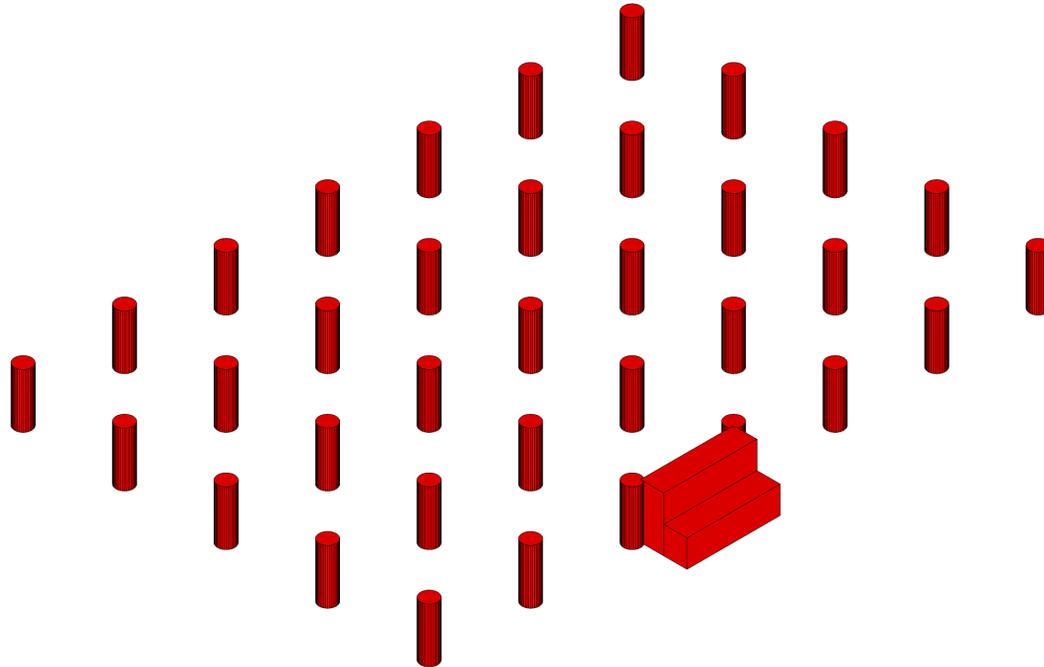
Para ejemplificar el funcionamiento del Sistema se ha definido un tipo de vivienda. En éste caso se propone una vivienda de 42.40m² calculada para una familia de 3 o 4 personas. Cuenta con un espacio techado al exterior que puede utilizarse como zona de convivencia. Los espacios cerrados se desarrollan alrededor de éste espacio exterior a manera de L, permitiendo separar las zonas de dormir, comer, trabajar y los servicios.



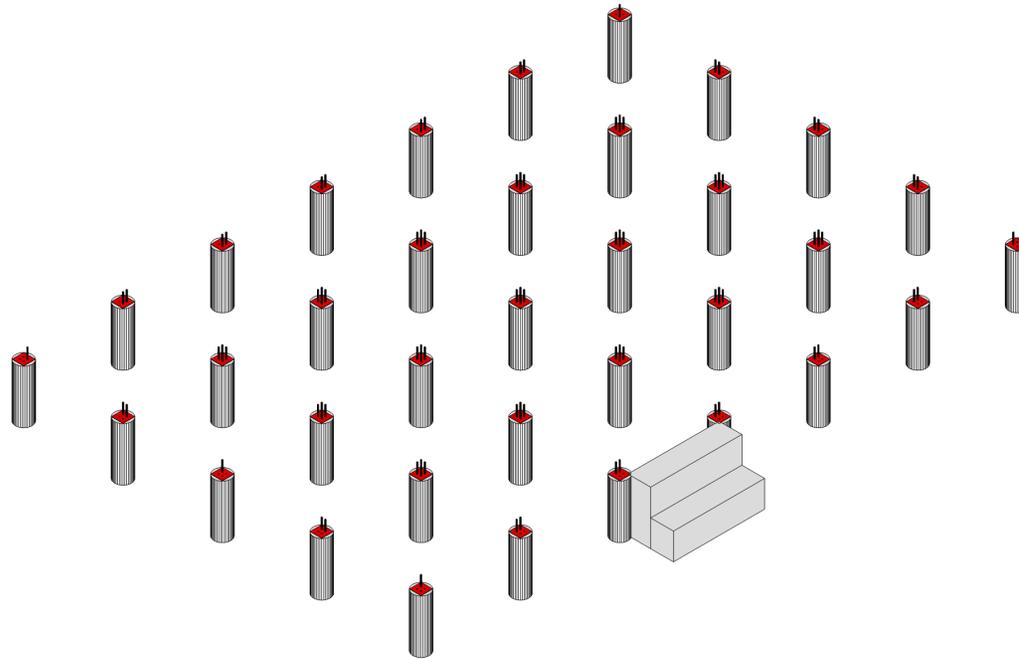
Planta arquitectónica, ejemplo de vivienda. Fuente: Autor

Los pasos a seguir para el armado de éste ejemplo de vivienda de post-emergencia se muestran resumidos en ésta sección, no obstante, y dependiendo de la configuración final de cada vivienda se deberá elaborar un manual de construcción específico para cada una. Se recomienda revisar los planos anexos al presente documento para la comprensión de las piezas y sus detalles.

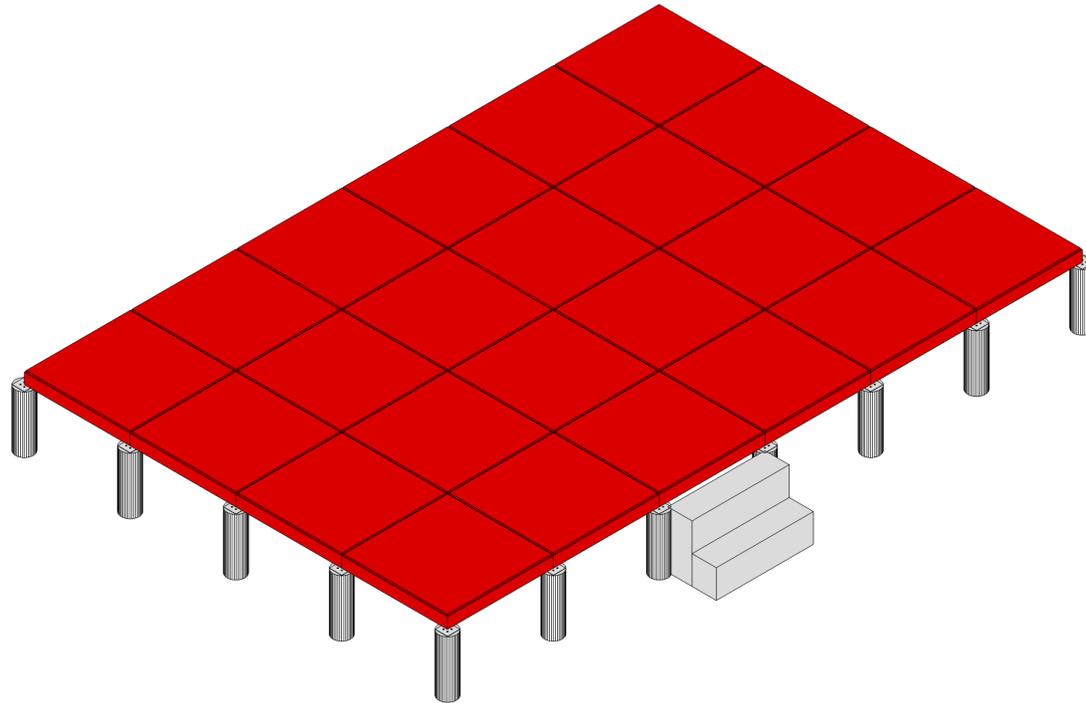
1. Excavación y colocación de la cimentación (pilotes en éste caso).



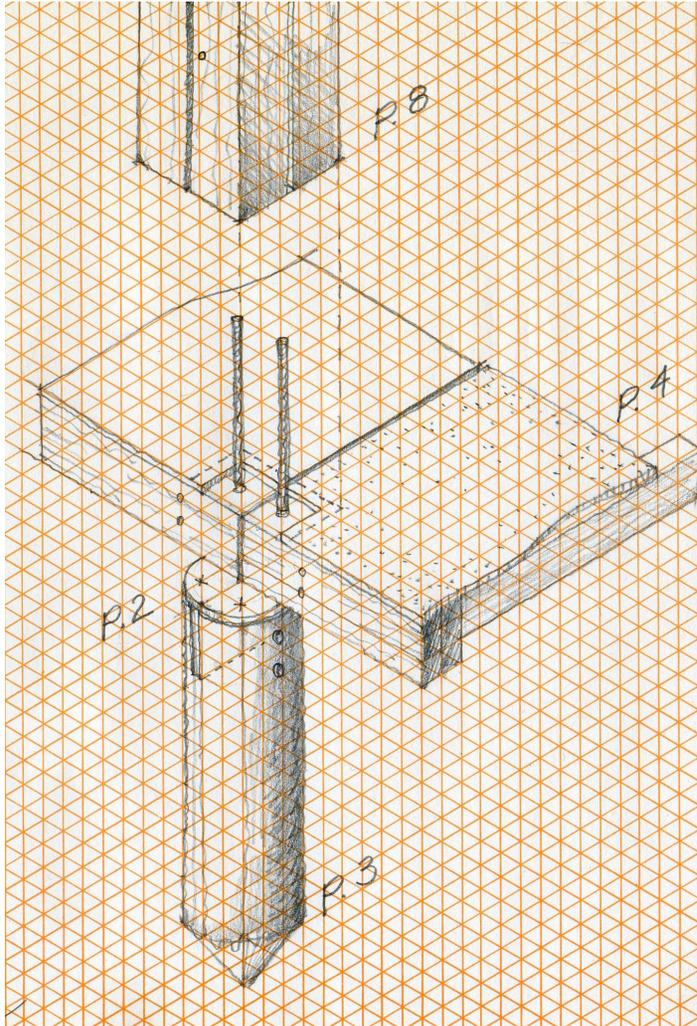
2. Colocación de placas con espárragos de dos longitudes en pilotes.



3. Colocación de paneles de piso para armar plataforma

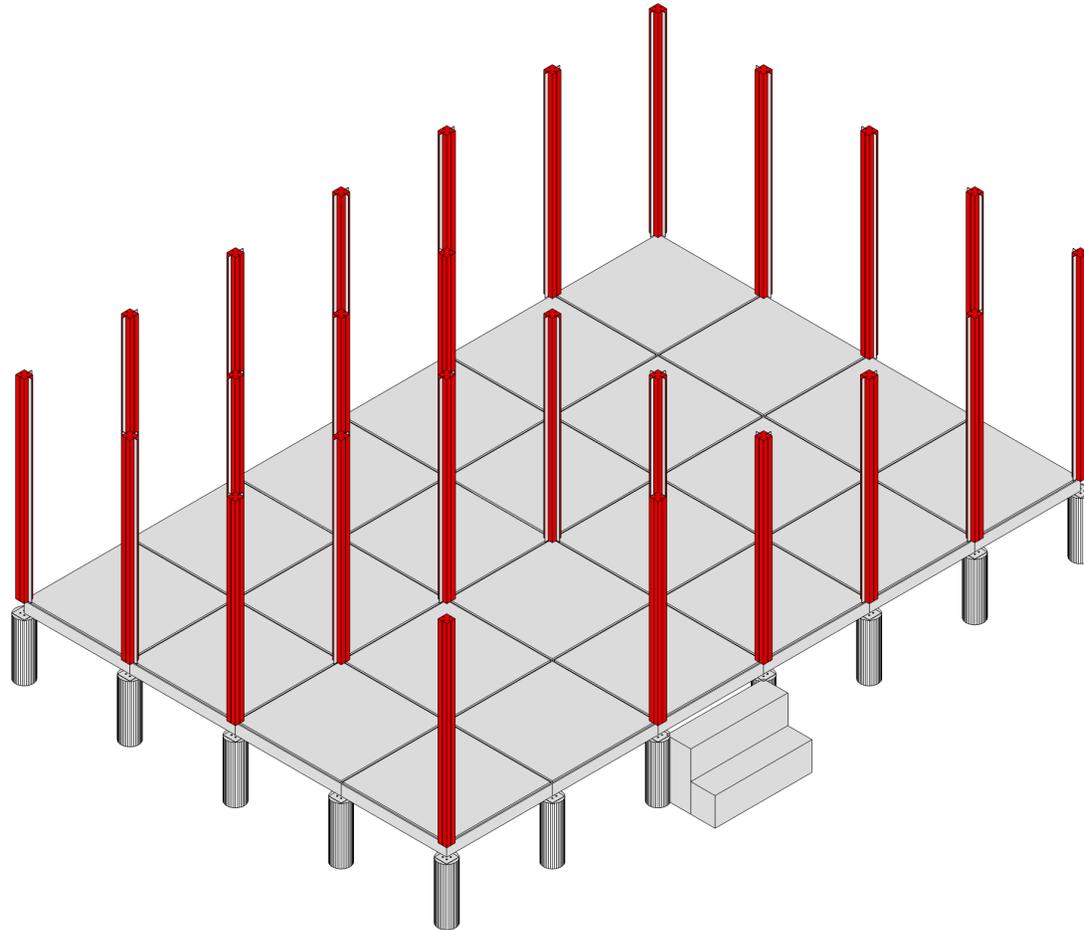


3.1. Detalle de union entre pilote P.3, placa con pernos P.2, panel piso P.4 y poste articulador P.8.

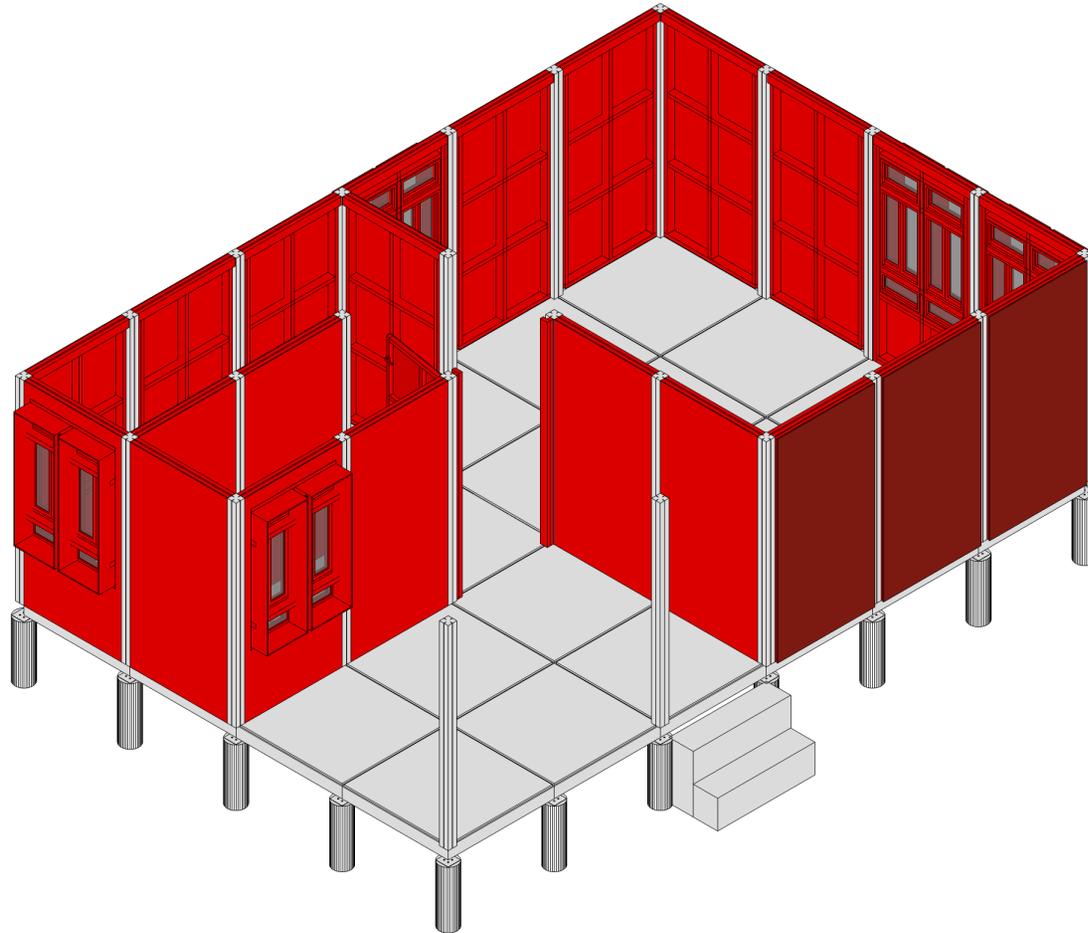


Después de hincar, nivelar y alinear el pilote, a éste se le inserta la placa con los espárragos largos y se atornilla a los costados del pilote para que quede completamente fija a éste. Posteriormente, en el mismo espárrago se insertan los paneles de piso, y una vez colocados y conformada la plataforma se procede a colocar los postes articuladores alternadamente junto con las guías metálicas, las cuáles son auxiliares en el siguiente paso para evitar el movimiento de los postes.

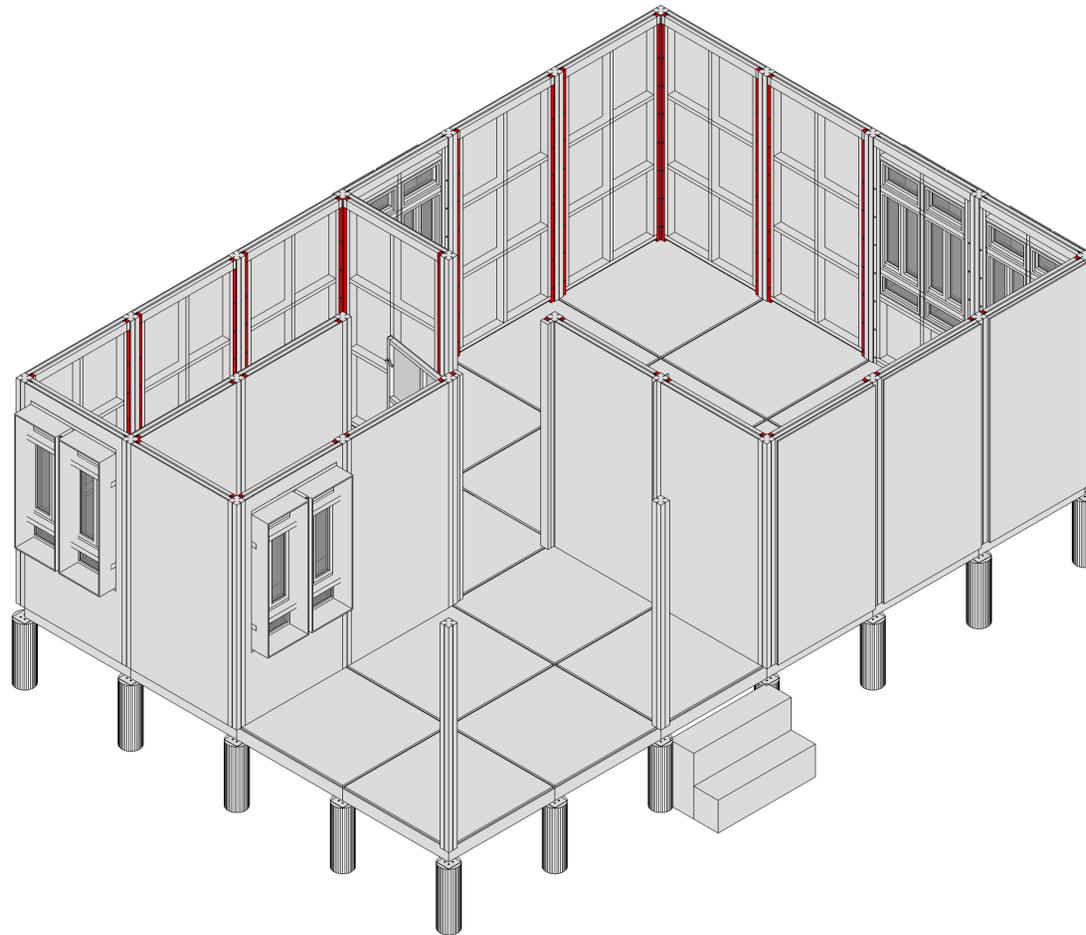
4. Colocación alternada de postes articuladores y guías metálicas.



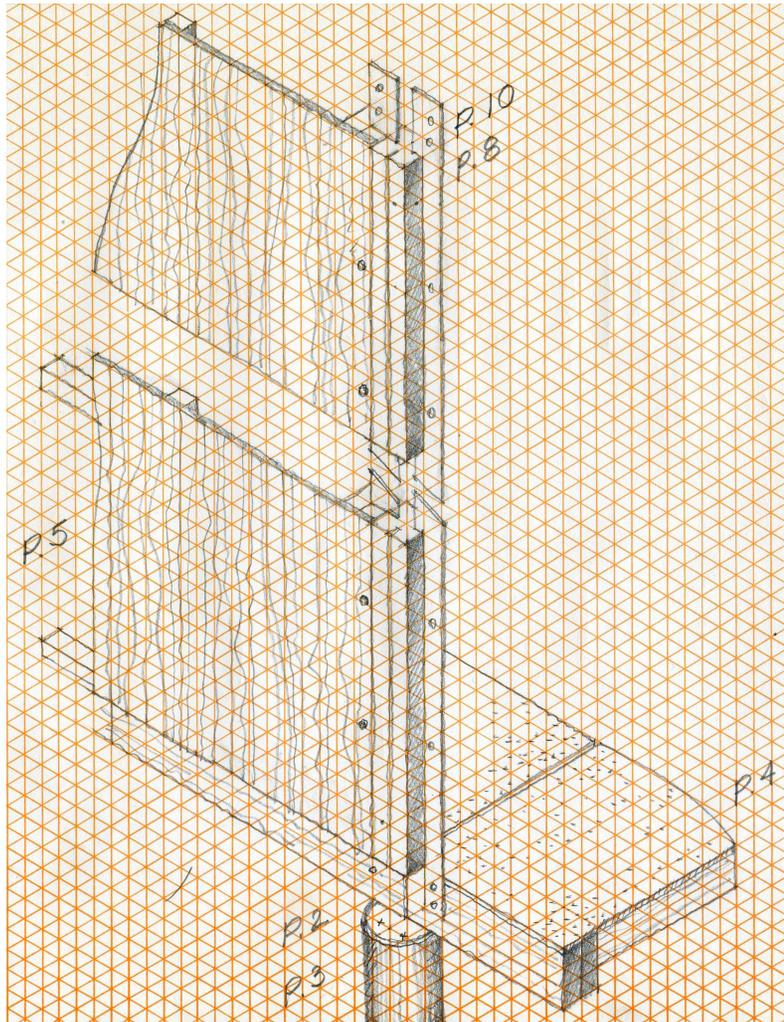
5. Colocación de paneles de muro, paneles de ventanas y panel de puerta.



6. Colocación de pieza de cierre para fijación de muros.

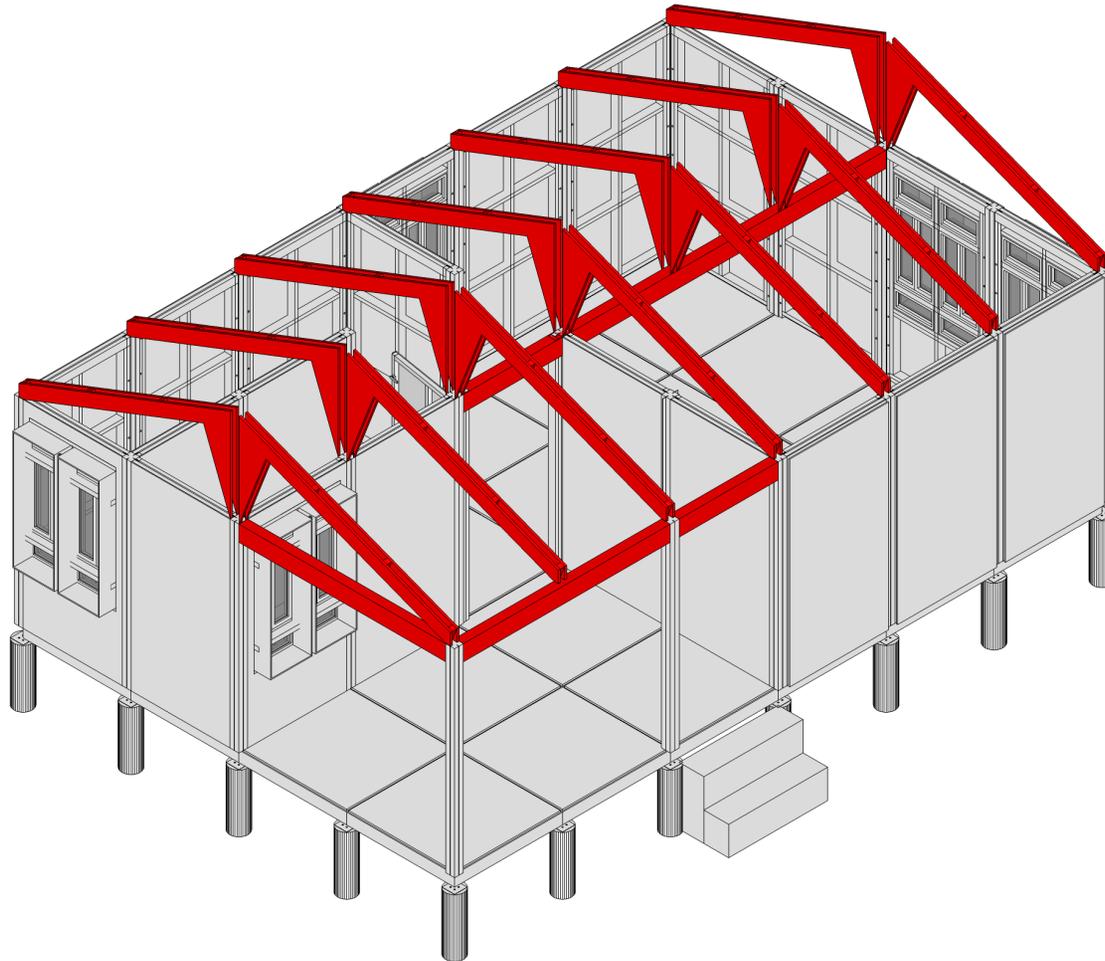


6.1 Detalle de unión entre panel de muro P.5, panel de piso P.4, poste articulador P.8 y guías metálicas P.10.

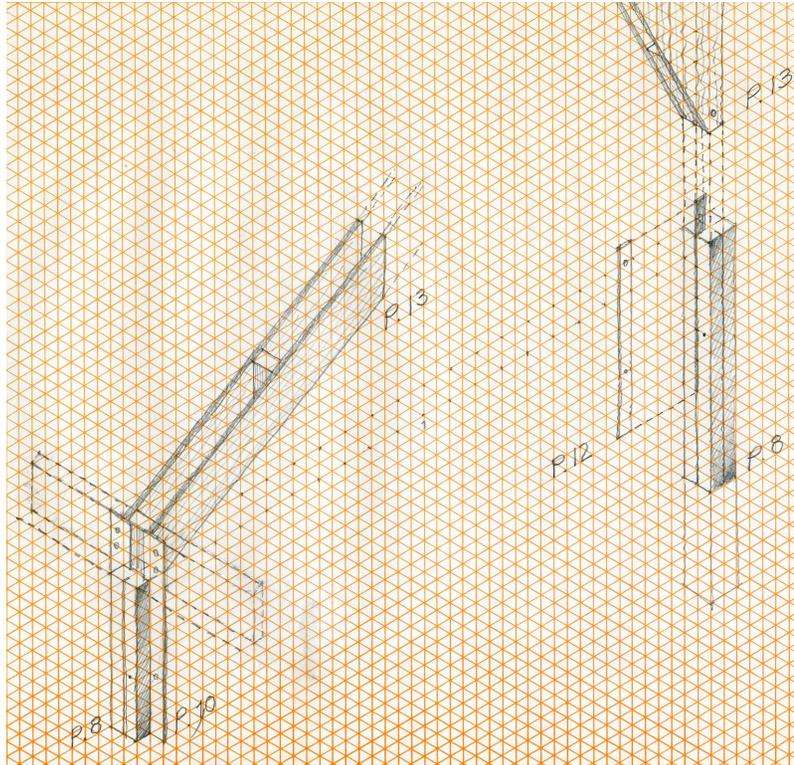


Una vez que se inserta el poste en el espárrago largo se van colocando las guías metálicas. Éstas guías son más largas que el poste, para que en su parte inferior se atornillen en el canto del panel de piso, y en su parte superior reciban los marcos de refuerzo (P.19). Para lograr una mejor fijación entre el poste y la guía se introducen un par de clavos lanceros que atraviesan poste y guía, tanto en la parte superior como en la inferior, evitando los deslizamientos verticales. Los paneles de muro se van ligando a su vez a los postes mediante espárragos que atraviesan las guías metálicas.

7. Colocación de Vigas “L” para soporte de panel de techo y vigas de sección rectangular como refuerzo.

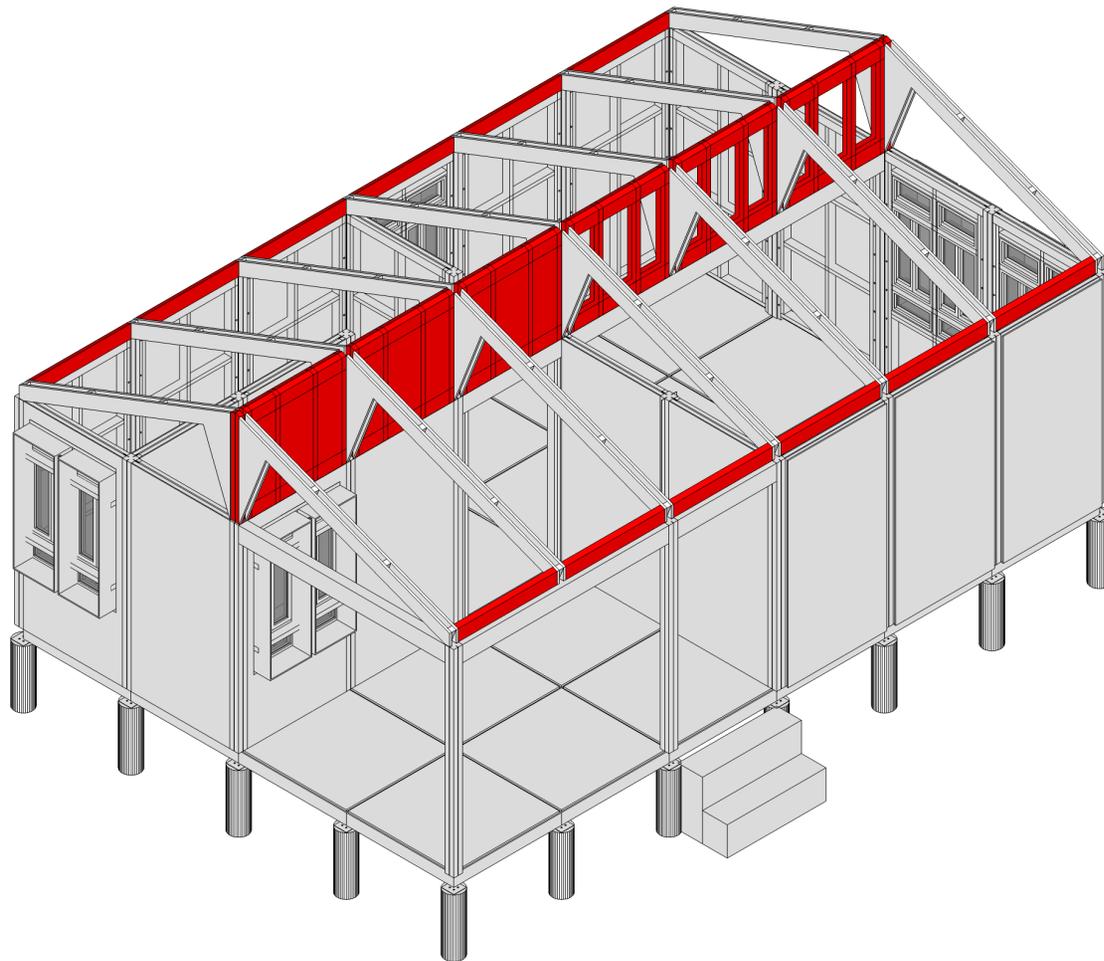


7.1 Detalle de union de viga "L" P.13 y poste articulador P.8 mediante pieza de amarre P.12

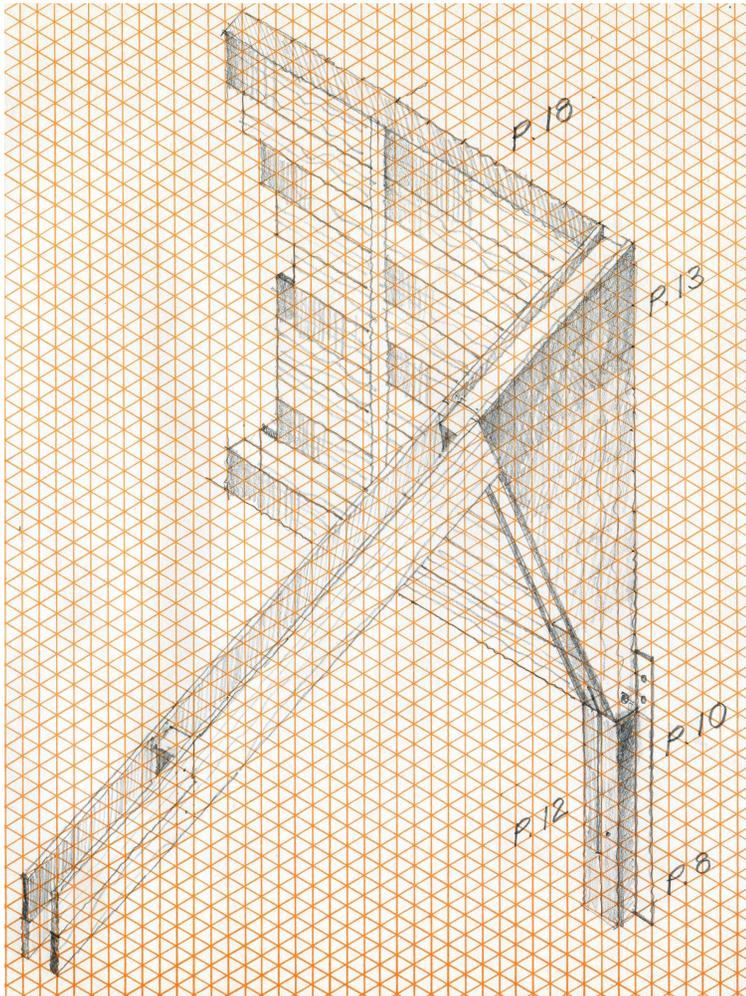


Para apoyar las vigas L primero se debe colocar y fijar la pieza de amarre P.12, la cuál es similar a una guía metálica pero mucho más corta. Ésta pieza P.12 sobresale en la parte superior del poste; es ahí donde embona la viga "L" y mediante un espárrago queda atornillada y ligada al poste articulador.

8. Colocación de marcos de refuerzo para evitar el volteo de las vigas.

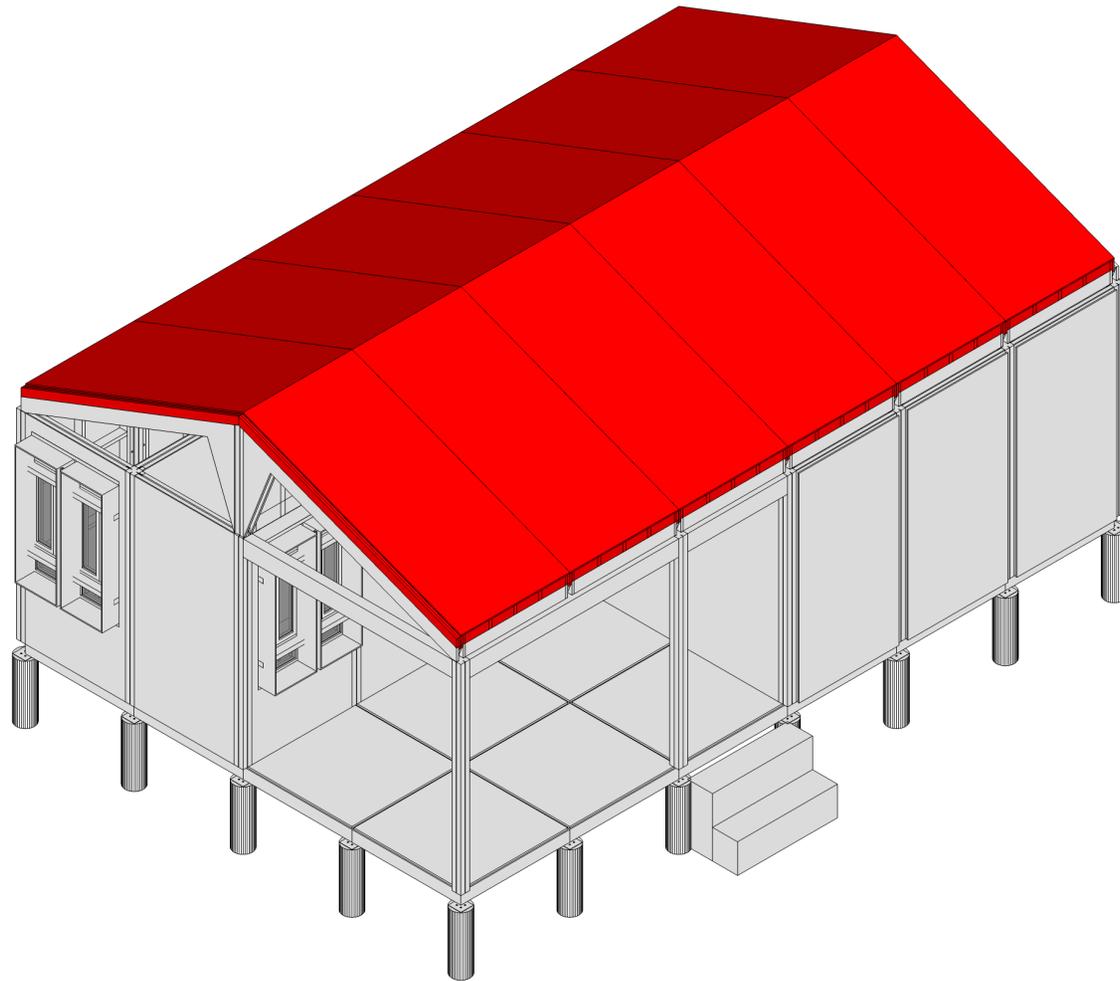


8.1 Detalle de unión de viga “L” P.13, poste articulador P.8 y marco de refuerzo P.18

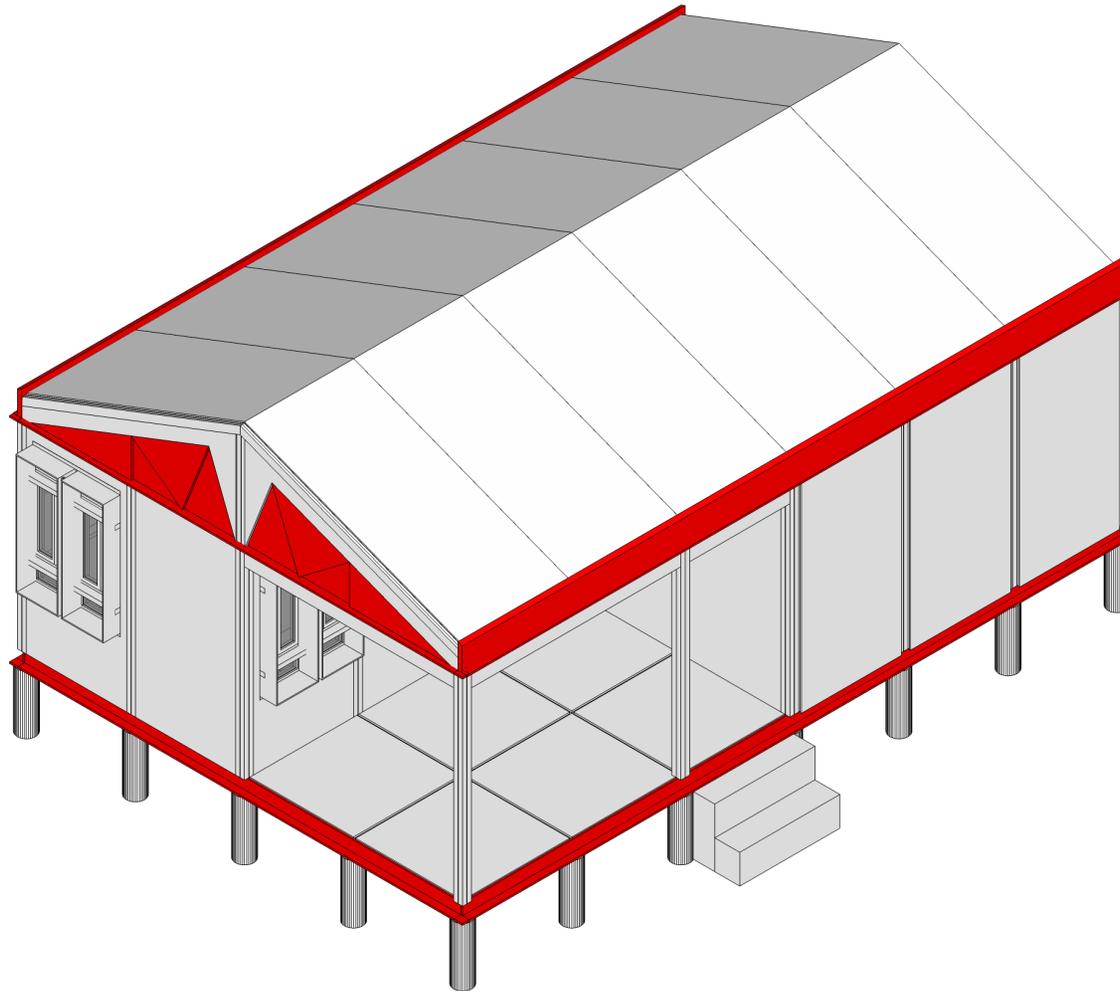


Los dos extremos de la viga “L” se apoyan en los postes insertándola en la pieza P.12. Una vez atornilladas las vigas se procede a colocar los marcos de refuerzo, los cuáles evitarán el volteo y “apretarán” las vigas aportando mayor rigidez al sistema.

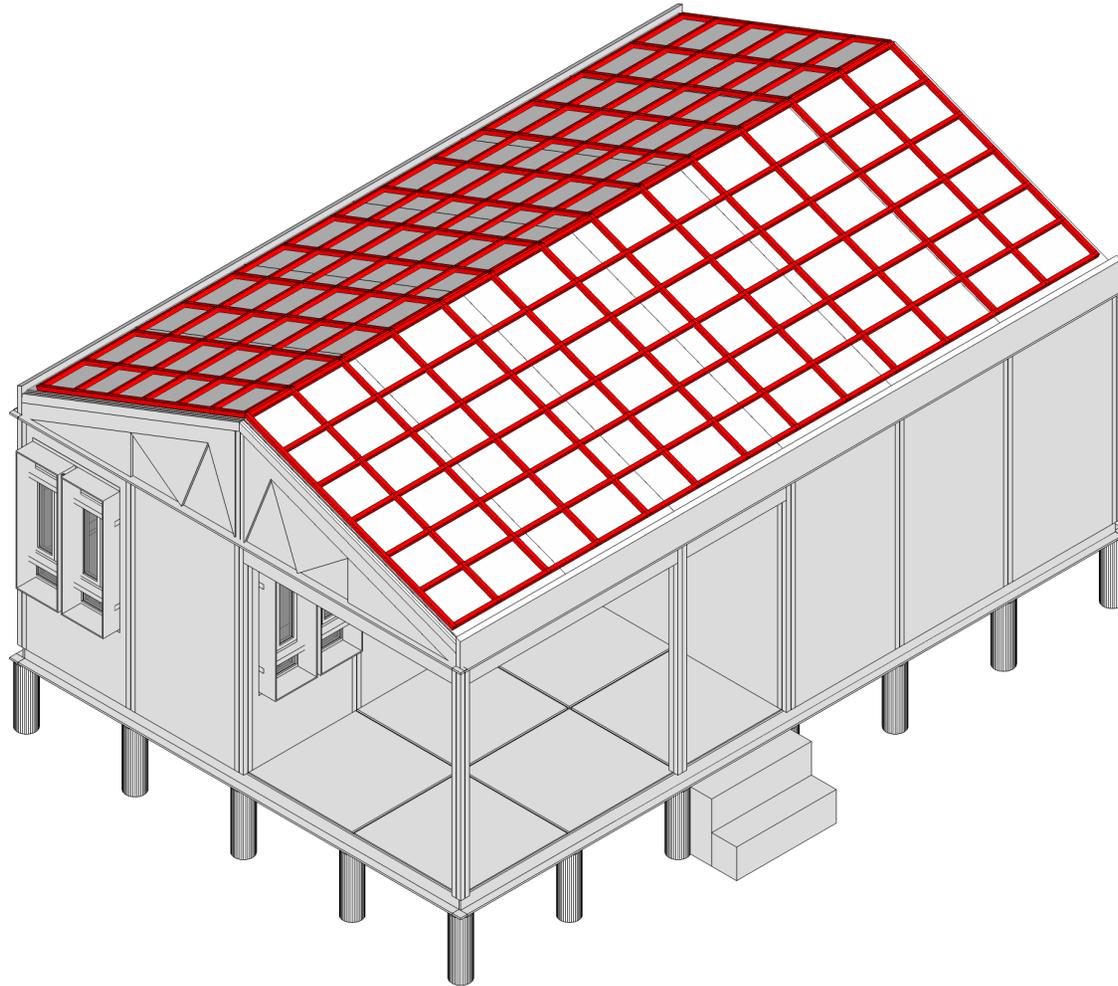
9. Colocación de paneles de techo.



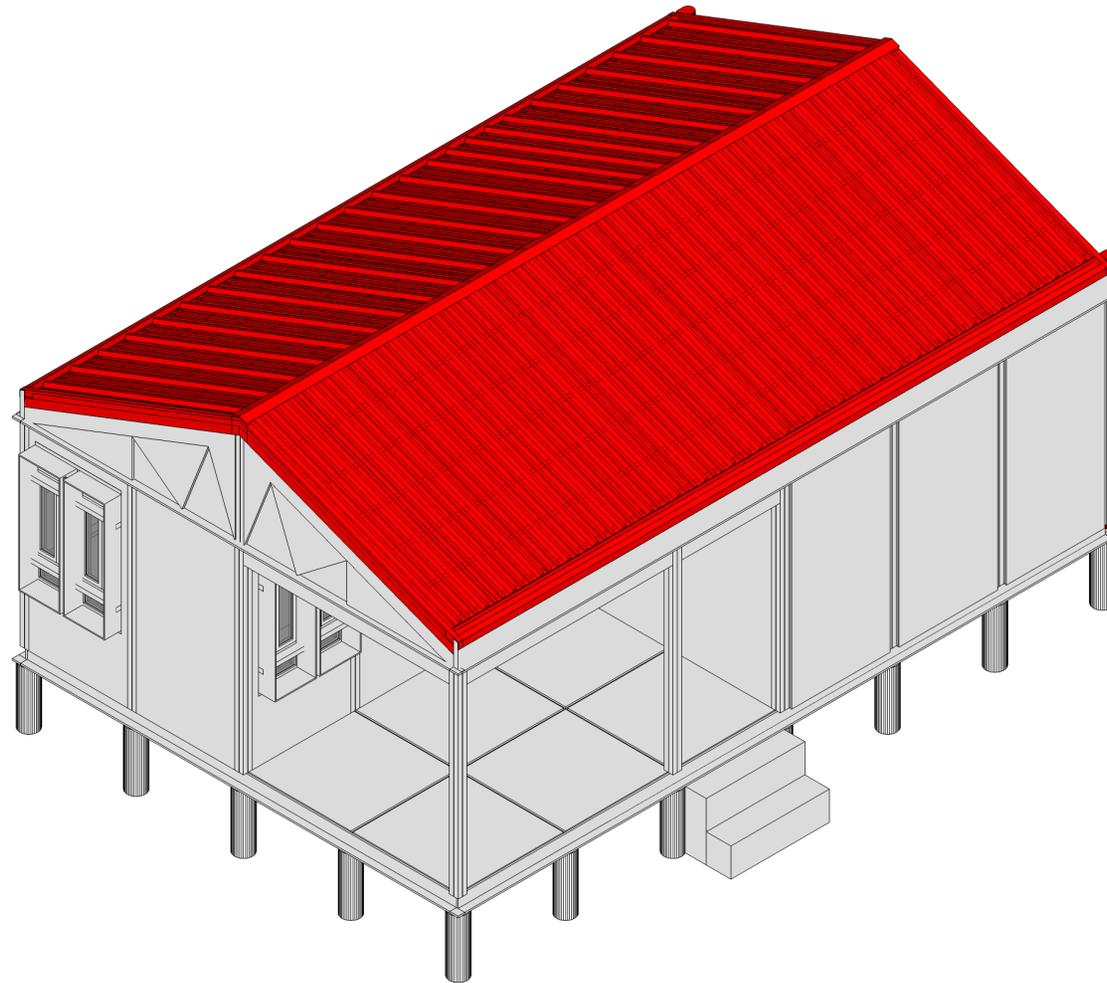
10. Colocación de cerramientos y tapas.



11. Colocación de bastidor para recibir cubierta de panel glamet o lámina acanalada aluminio-zinc.



12. Colocación de panel glamet o lámina acanalada aluminio-zinc.



13. Visualización de la vivienda propuesta.

