



**Fabricación**



# Índice

<b>1</b>	<b>FABRICACIÓN</b>	<b>2</b>
1.1	Introducción	2
1.2	Materiales	4
1.3	Montaje de la vivienda	9
1.4	Fabricación de partes y piezas	11
<b>2</b>	<b>EMBALAJE Y TRANSPORTE</b>	<b>22</b>
2.1	Conceptos básicos	22
2.2	Embalaje	26
2.3	Estiba	30
<b>3</b>	<b>CONTROL DE CALIDAD</b>	<b>32</b>
3.1	Gestión y control de calidad de paneles SIP en planta	32
3.2	Control de proceso de fabricación de paneles SIP	35

# FABRICACIÓN

## 1.1 Introducción

En este proyecto se fabrican prototipos de vivienda, según un diseño base. Se producen ciertas diferencias puntuales de fabricación, de forma de adecuar los requerimientos de cada zona climática y exposición de la vivienda. Así, existen prototipos con ventanas instaladas en la cumbrera -que permiten ventilación y/o iluminación- que varían en sus dimensiones y en los sistemas de cierre. También cambian los forros exteriores, los espesores de los paneles de cubierta, las mamparas vidriadas traseras y delanteras, la aislación de pisos, entre otros elementos.

La tecnología de construcción adaptada es Structural Insulation Panel (SIP). El panel SIP es el principal elemento que conforma este sistema constructivo y está constituido por dos tableros aglomerados de madera tipo OSB (Oriented Strand Board), pegados a un alma de poliestireno expandido de alta densidad mediante un adhesivo tipo poliuretano. Es debido a este núcleo de poliestireno que el panel presenta alta prestación térmica, puesto que otorga continuidad en la aislación, evitando fugas y puentes térmicos. Este panel es fabricado y utilizado en muros (espesor de 64mm) y techos (espesores varían desde 64 a 159mm).

La solución de piso está fabricada con entramados de madera impregnada de 2"x 6" y 2"x 4" que son fijados a vigas principales de 2"x6". Son forrados por su parte inferior con una membrana impermeable (tela impermeable denominada tafetán) que evita fugas térmicas y provee de aislación de humedad. En el alma de este piso se instala un aislante térmico de lana mineral (fisiterm), valiéndose de los cálculos térmicos indicados por la norma, según zona climática para conseguir el cumplimiento de aislación térmica. La parte superior de los pisos esta hecha con tablero contrachapado estructural de 18mm de espesor, con terminación superficial en poliéster vitrificante para pisos. Cada unidad de piso es prefabricada en taller y llevada a obra para ser conectada a los apoyos (hormigón o pilote).

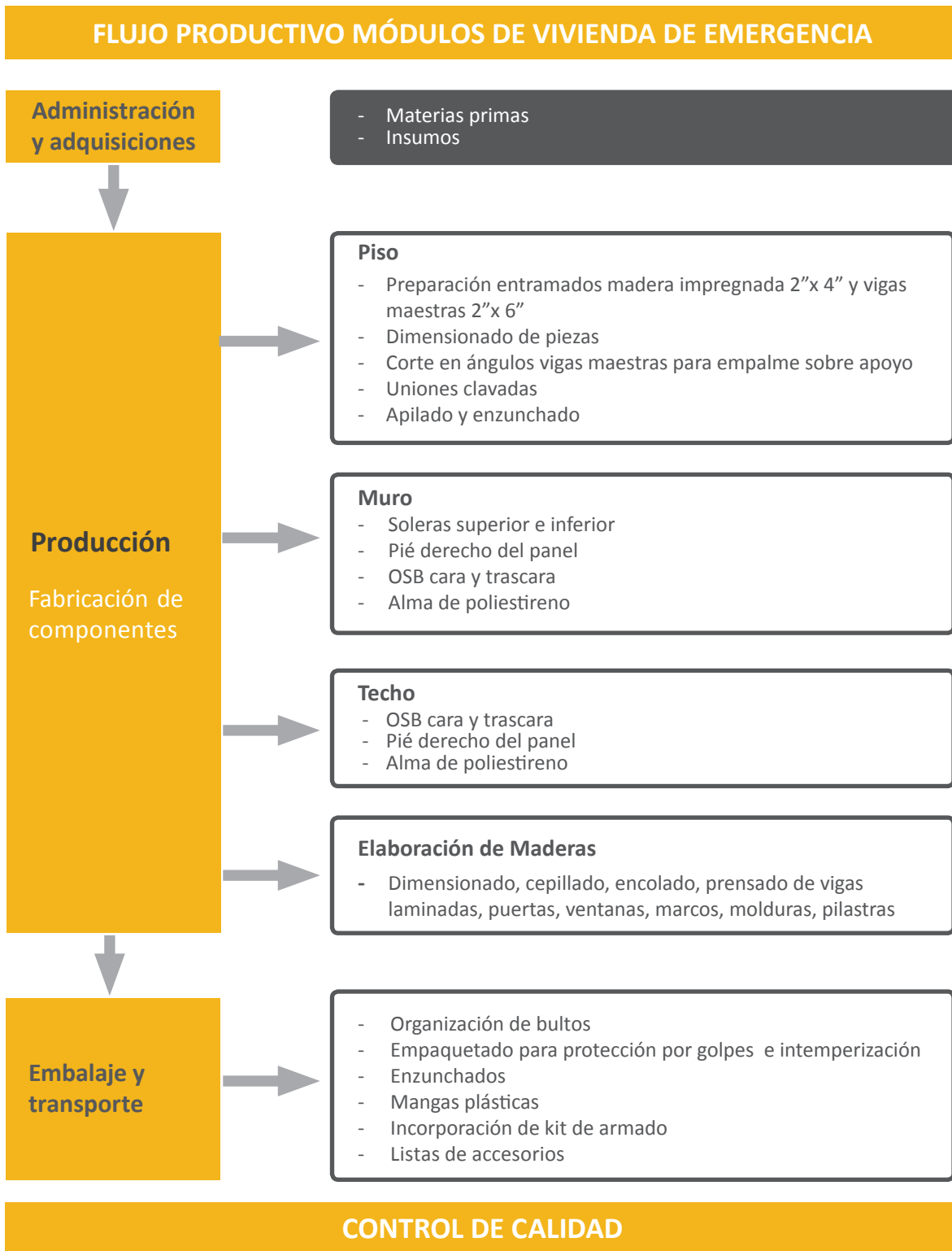


Figura 1: Flujo productivo módulos de vivienda de emergencia

## 1.2 Materiales

### 1.2.1 Madera dimesionada seca

En la norma NCh 1198 Of. 2006 las propiedades físicas y mecánicas de piezas de pino radiata se clasifican en tres grados visuales (GS, G1 y G2) y dos mecánicos (C16 y C24). Para el prototipo se utilizó madera de grado G2, cuyas propiedades se visualizan en la Tabla 1. Para el valor de la Flexión y Tracción paralela, los valores son aplicables para piezas de altura de sección transversal menor o igual que 90mm. En el caso del módulo de elasticidad en flexión estos valores son aplicables para piezas de sección transversal mayores o igual a 180mm.

**Tabla 1.** Tensiones admisibles y módulo de elasticidad en flexión (MPa) para madera aserrada pino radiata seco CH=12%, clasificación visual

Grado estructural	Tensiones admisibles					Módulo de elasticidad en flexión Ef	Índice de aplastamiento en compresión normal Ecn,h[MPa/mm]
	Flexión Ff	Compresión paralela Fcp	Tracción paralela Ftp	Compresión normal Fcn	Cizalle Fcz		
G2	5.4	6.5	4.0	2.5	1.1	8900	5.65

Fuente: NCh 1198, 2006

Más detalles en:

[http://www.registrocdt.cl/fichas%20especificas/listado\\_fichas/fichas/c10/ARAUCO\\_msd\\_estruc/index.htm](http://www.registrocdt.cl/fichas%20especificas/listado_fichas/fichas/c10/ARAUCO_msd_estruc/index.htm)

### 1.2.2 Tableros OSB estructurales

Para muros y techos se emplea tableros OSB estructurales. Las hojuelas son mezcladas con ceras y adhesivos para posteriormente ser sometidas a altas temperaturas y presiones, dando origen a tableros de 1,22 × 2,44m, que poseen características de resistencia y rigidez que resultan de la laminación cruzada de las capas. Esta característica está respaldada por la certificación como tablero estructural para viviendas entregada por Engineered Wood Assosiation (APA, USA), quien certifica más del 70% de los tableros estructurales para las viviendas en el mundo. Los tableros fabricados son libres de nudos y grietas, estables y uniformes, fáciles de cortar, clavar o atornillar, utilizando herramientas de uso común. Sin embargo, no están fabricados para resistir condiciones de intemperie, sólo pueden recibir humedad ocasional por traslado o montaje. Poseen una de las caras rugosa otorgando una característica antideslizante (techos) y/o mayor área específica de adherencia (muros y pisos). Para su aplicación en Techumbre y Muros, se cumple con las especificaciones que se detallan en la tabla 2.

**Tabla 2.** Especificaciones para la aplicación en obra de tableros estructurales OSB

Aplicación en techumbres					
Tipo de producto	Graduación APA	Espesor mm	Escuadría Mínima del apoyo	Separación de apoyo al eje cm	Carga admisible Kg/m <sup>2</sup>
LP OSB Standard	Rated Sheating 16/0	9,5	2"	40,64	146

Aplicación en muros				
Tipo de producto	Graduación APA	Espesor mm	Escuadría Mínima del apoyo	Separación de apoyo al eje cm
LP OSB Standard	Rated Sheating 16/0	9,5	2" x 3"	40,6

Más detalles en:

[http://www.registrocdt.cl/fichas%20especificas/listado\\_fichas/fichas/c10/louisiana%20pacific\\_tablero%20estr/index.htm](http://www.registrocdt.cl/fichas%20especificas/listado_fichas/fichas/c10/louisiana%20pacific_tablero%20estr/index.htm)

### 1.2.3 Maderas impregnadas

Las maderas impregnadas son elaboradas por proveedores nacionales certificados. La madera es secada previa a impregnar, alcanzando niveles bajo el 22% de humedad, garantizando que las células de la madera absorban la cantidad de sales necesarias a los niveles de retención solicitados, de acuerdo a NCh 819. Son tratadas con sales C.C.A., (cromo, cobre y arsénico), las que por medio de un proceso de vacío – presión – vacío son inyectadas en cada una de las células de la madera, con el objeto de evitar la biodegradación de la misma, otorgándole una protección efectiva y permanente.

Pueden utilizarse principalmente en la construcción de estructuras resistentes de madera, tales como tabiques estructurales y divisorios, envigados, terrazas, revestimientos exteriores, muelles, embarcaderos, defensas camineras, etc.

Más detalles en:

[http://www.registrocdt.cl/fichas%20especificas/listado\\_fichas/fichas/c10/COPREMA\\_madera\\_preservado/index.htm](http://www.registrocdt.cl/fichas%20especificas/listado_fichas/fichas/c10/COPREMA_madera_preservado/index.htm)

## 1.2.4 Adhesivo

El poliuretano (PUR) de dos componentes es un compuesto polimérico duroplástico indicado para uniones estructurales que posee ventajas como una elevada fiabilidad de proceso, indicado para temperaturas altas y muy bajas, elevada velocidad de proceso para mayor productividad, gran diversidad de métodos de aplicación y no perjudica el medio ambiente.

Más detalles en:  
[http://www.henkel.es/ess/content\\_data/100017\\_Macroplast.pdf](http://www.henkel.es/ess/content_data/100017_Macroplast.pdf)

## 1.2.5 Poliestireno expandido

El poliestireno expandido es una espuma rígida de color blanco de gran trabajabilidad, caracterizada por un termoplástico celular de baja densidad y alta resistencia físico-mecánica en relación a su reducido peso aparente. Está constituido por celdas cerradas, solidariamente apoyadas y termo-soldadas tangencialmente entre sí, las cuales contienen aire quieto ocluido en su interior. Se caracteriza por su capacidad como aislante térmico y acústico, su ligereza, resistencia a la humedad y capacidad de absorción de los impactos.

Para aislación termo-acústica, debe verificarse el cumplimiento de la reglamentación térmica contenido en el artículo 4.1.10. de la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones. Se deberá especificar y colocar un material aislante térmico, como es el caso del poliestireno expandido, incorporado o adosado, al complejo de techumbre, al complejo de muro, o al complejo de piso ventilado cuyo R100 mínimo, rotulado según la norma técnica NCh 2251, de conformidad a lo indicado en la Tabla 3, 4 y 5.

Tabla 3 REQUISITOS TÉRMICOS TECHUMBRE							
EMISOR: MINVU Referencia: Art. 4.1.10.O.G.U.C Según NCh 2251: R100 = valor equivalente a la Resistencia Térmica X 100 R100 mínimo del material aislante térmico, rotulado según norma técnica NCh 2251:							
Zona (*)	1	2	3	4	5	6	7
Techumbre Resistencia Térmica Mínima (RT (m <sup>2</sup> k / W))	1,19	1,67	2,13	2,63	3,03	3,57	4,00
Material Aislante R 100 mín	94	141	188	235	282	329	376

(\*) Las zonas geográficas se encuentran definidas en el Manual de Aplicación Reglamentación Térmica.



Tabla 4 REQUISITOS TÉRMICOS MUROS							
EMISOR: MINVU Referencia: Art. 4.1.10.O.G.U.C Según NCh 2251: R100 = valor equivalente a la Resistencia Térmica X 100 R100 mínimo del material aislante térmico, rotulado según norma técnica NCh 2251:							
Zona (*)	1	2	3	4	5	6	7
<b>Techumbre Resistencia Térmica Mínima (RT (m<sup>2</sup>k / W))</b>	0,25	0,33	0,53	0,59	0,63	0,91	1,67
<b>Material Aislante R 100 mín</b>	<b>23</b>	<b>23</b>	<b>40</b>	<b>46</b>	<b>50</b>	<b>78</b>	<b>154</b>

Tabla 5 REQUISITOS TÉRMICOS PISOS VENTILADOS							
EMISOR: MINVU Referencia: Art. 4.1.10.O.G.U.C Según NCh 2251: R100 = valor equivalente a la Resistencia Térmica X 100 R100 mínimo del material aislante térmico, rotulado según norma técnica NCh 2251:							
Zona (*)	1	2	3	4	5	6	7
<b>Techumbre Resistencia Térmica Mínima (RT (m<sup>2</sup>k / W))</b>	0,28	1,15	1,43	1,67	2,00	2,56	3,13
<b>Material Aislante R 100 mín</b>	<b>23</b>	<b>98</b>	<b>126</b>	<b>150</b>	<b>183</b>	<b>239</b>	<b>295</b>

Mas Detalles en:

<http://www.registrocdt.cl/registrocdt/www/adminTools/referenciaTecnicaDetalle.aspx?idRefTec=6>



## 1.2.6 Contrachapado estructural Pino Radiata

Tablero de gran estabilidad dimensional y resistencia mecánica. Se emplea para aplicaciones estructurales en interiores y exteriores. Caras de denominación C/D, espesores según recomendaciones técnicas en cubiertas de techo y base para pisos, recubrimientos de muros estructurales. Acepta defectos de apariencia, como decoloraciones, manchas por hongos, rugosidad, desastillado que no afecten la solidez del tablero. La cara C presenta una superficie sin lijar, permite nudos firmes e imperfectos de hasta 40mm de diámetro. Se aceptan agujeros de hasta 20mm. En la cara D con superficie no reparada que permite nudos firmes y sueltos, permite agujeros de nudos de hasta 65mm.

Más Detalles en:

<http://www.registrocdt.cl/registrocdt/www/adminTools/fichaDeProductoDetalle.aspx?idFichaPro=208>

Localización Prototipos VE	Espesor Poliestireno expandido [mm]	Espesor Panel SIP[mm]
Las Cardas Zona Climática 2	45	64
Santiago Zona climática 3	80	99
Las Balsas Zona climática 3	80	99
Pantaniillos Constitución Zona climática 5	100	119
Frutillar Zona climática 6	140	159

Tabla 6. Diferencias del espesor de los techos según las zonas climáticas

## 1.3 Montaje de la vivienda

### Montaje de la Vivienda

La superficie de la vivienda es de  $23,5\text{m}^2$  (fig. 1), que puede ser ampliable dependiendo de los requerimientos de las personas. La dimensión de los paneles SIP es de  $1,22\text{m} \times 2,44\text{m} \times 64\text{mm}$  de espesor en muro, los que se instalan secuencialmente uno al lado del otro. Para rapidez de armado, se fabrica y numera cada panel para una posición de embalaje, traslado a obra, descarga y colocación. La figura 2 permite observar el prototipo de vivienda de emergencia.

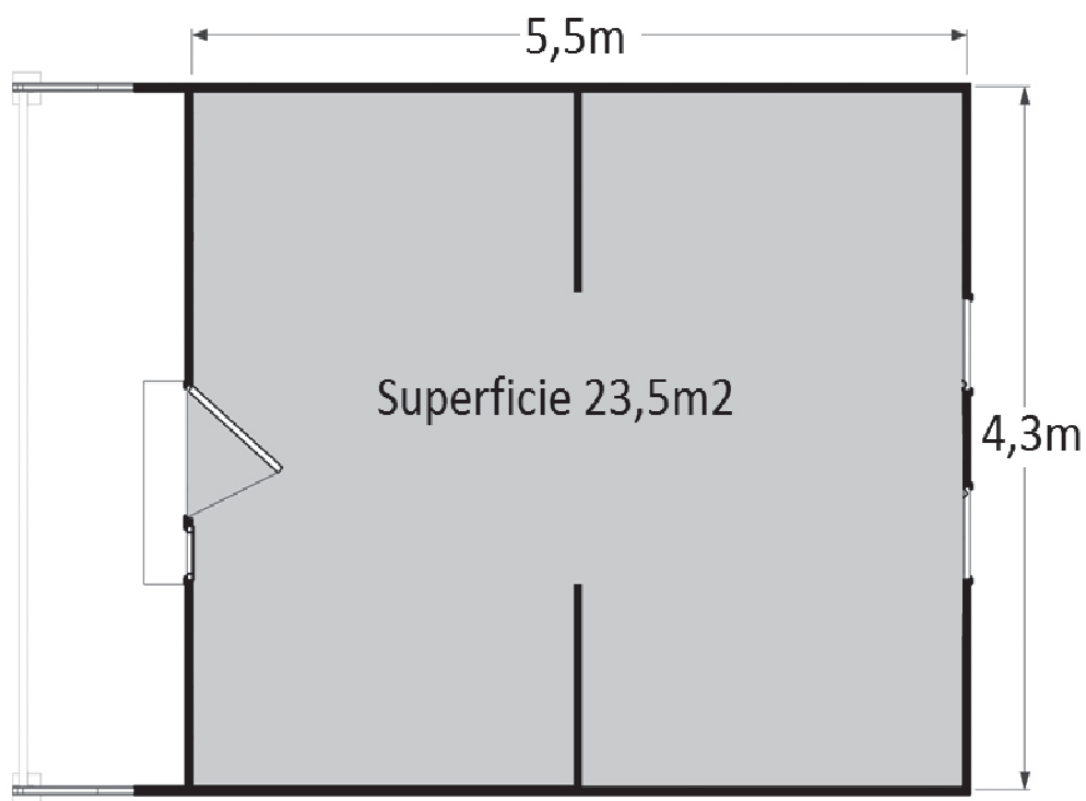
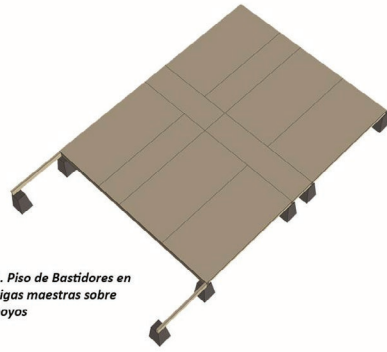


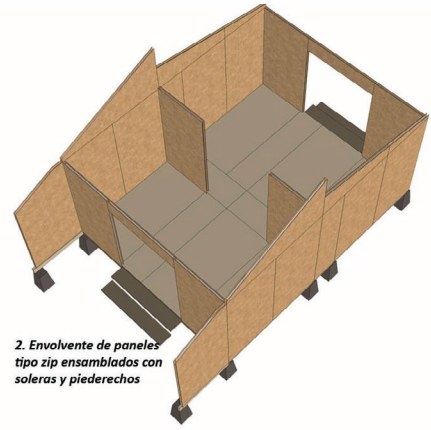
Figura 1. Planta de la vivienda de emergencia

El detalle de la instalación se explica en el Manual de Instalación adjunto.

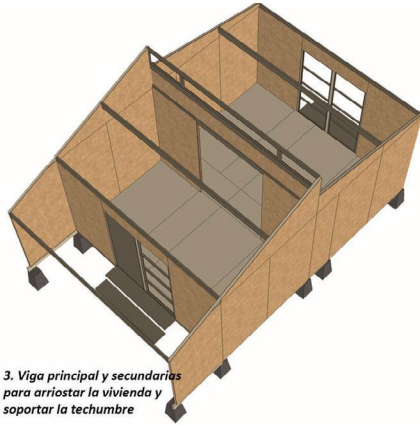




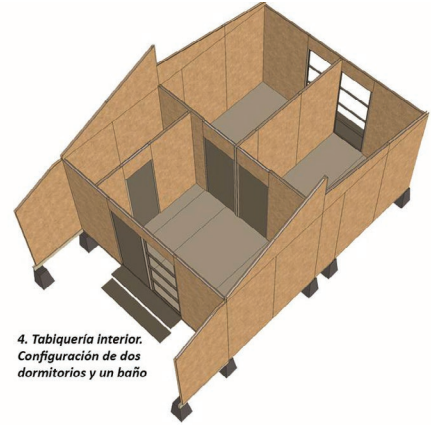
1. Piso de Bastidores en vigas maestras sobre poyos



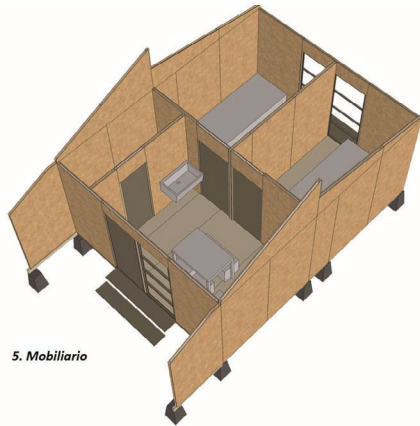
2. Envolve de paneles tipo zip ensamblados con soleras y piedrechos



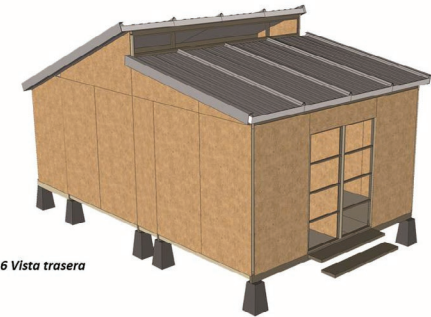
3. Viga principal y secundarias para arriostar la vivienda y soportar la techumbre



4. Tabiquería Interior. Configuración de dos dormitorios y un baño



5. Mobiliario



6 Vista trasera

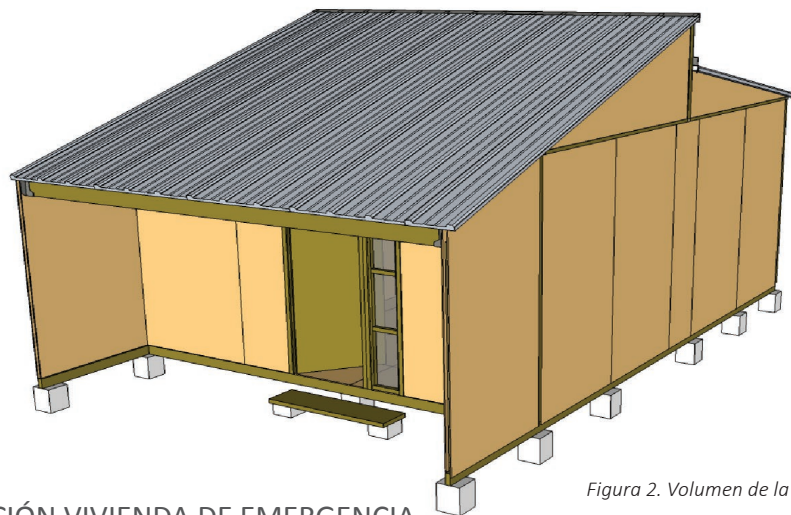


Figura 2. Volumen de la vivienda de emergencia

## 1.4 Fabricación de partes y piezas

### 1.4.1 Paneles de Cubierta

Por tratarse de cinco zonas del país en las cuales las condiciones climáticas son muy distintas, los paneles SIP de techumbre presentan diferencias en su espesor, con el fin de mejorar las condiciones térmicas, como lo indica la Tabla 6. Los espesores de aislación varían según zona térmica, de acuerdo al cuadro siguiente:

La estructura soportante del techo se basa en vigas simples de pino radiata y vigas de madera laminada encolada (MLE). La figura 3 muestra los tipos de vigas (color negro vigas simples de pino radiata y color rojo vigas laminadas verticales, que fueron traslapadas para dar con el largo que requerían 4,06m). Las vigas de madera laminada encolada de laminación horizontal corresponden a aquellas que quedan por debajo del panel y son perpendiculares a las vigas de cubierta.

El detalle de fabricación de los paneles, independiente de su espesor, se explica más adelante.

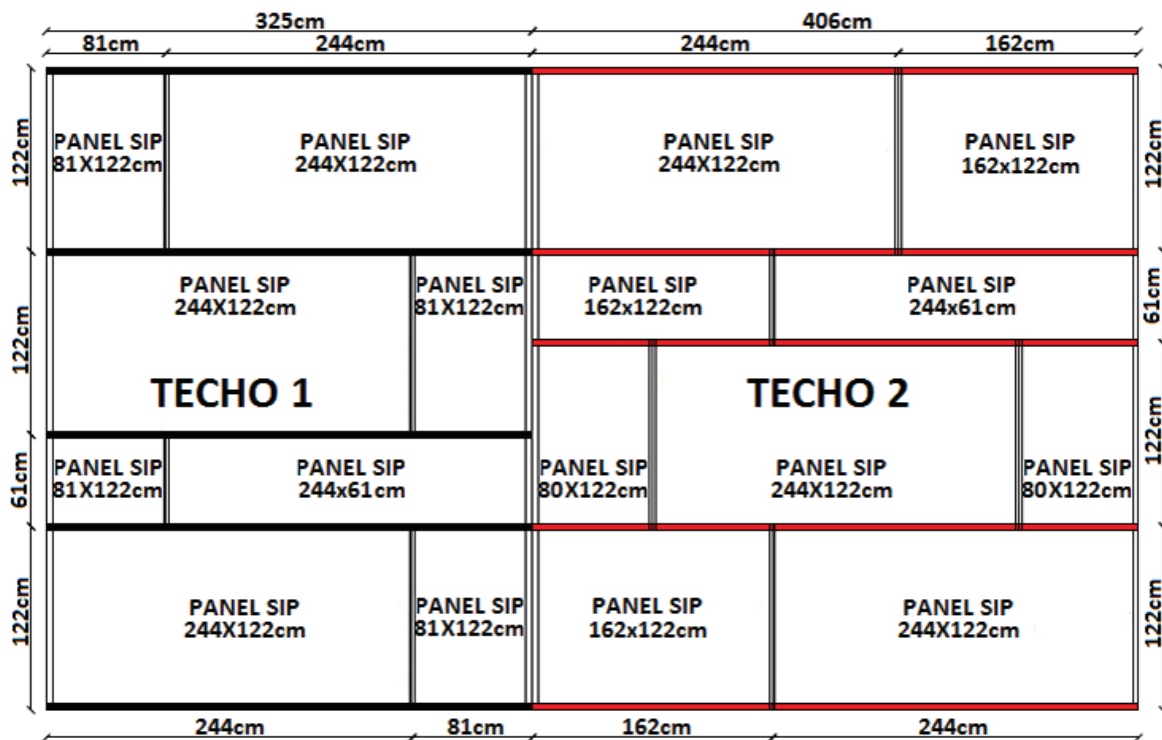


Figura 3 Vista en planta de la estructura de techo

## 1.4.2 Fabricación de piso

La estructura de piso está compuesta por un envigado de 2"x 6" y de 2"x 4" que se monta en terreno sobre poyos de madera u hormigón, según se detalla en el Manual de Instalación.

El sistema estructural de piso se puede visualizar en la Figura 4.

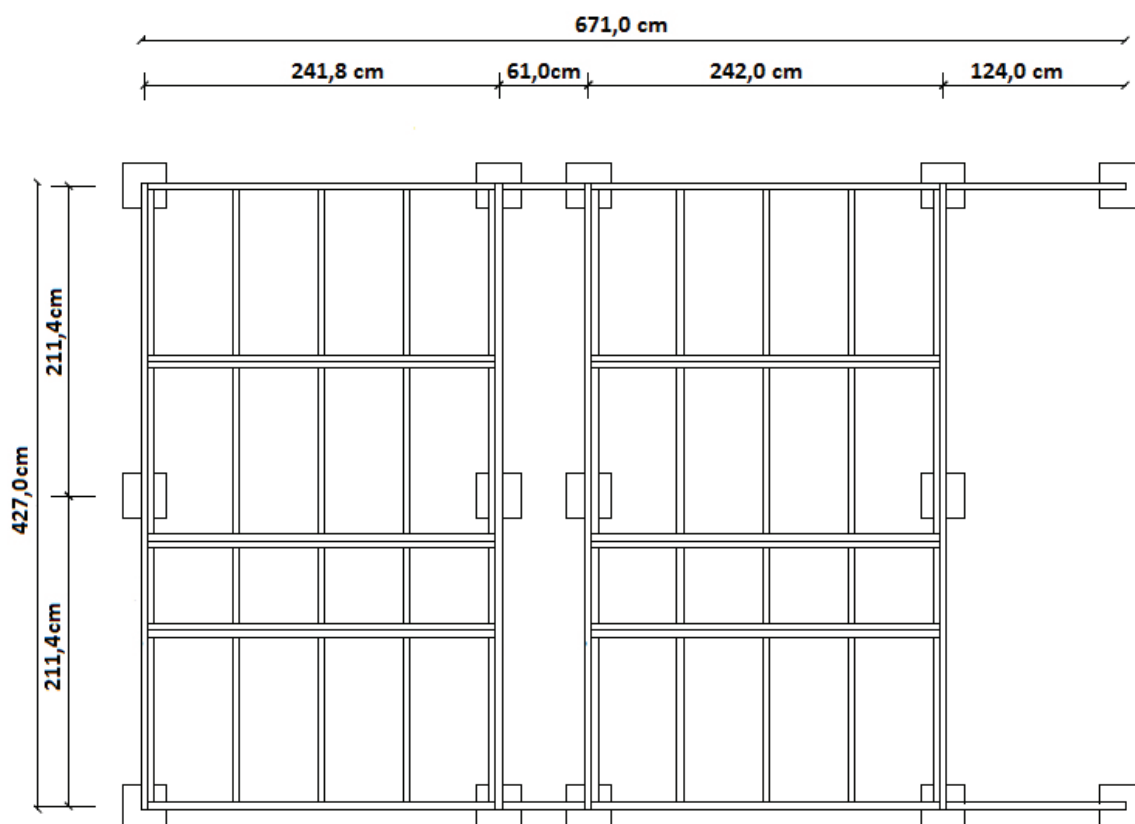


Figura 4. Vista en planta vigas de piso (Vigas periféricas en 2x6" y Vigas interiores en 2x4")

Las actividades de fabricación en taller que corresponden al piso son el armado de los entramados interiores, en madera de 2"x4" mediante clavado y el empalme de las vigas de 2"x6" que se hace siguiendo la secuencia de medir, marcar y cortar en ángulo para que la unión de la viga quede apoyada sobre un pilote o apoyo de hormigón. (Figura 5)



Figura 5. Empalme vigas principales, longitud total 4,27m

### 1.4.3 Fabricación de Paneles SIP

Los paneles SIP de muros de 64mm de espesor y los de cubierta en espesores de 64mm, 98mm, 119mm y 159mm son fabricados mediante la unión de los componentes y posterior prensado en frío.

El panel está formado por dos capas externas de OSB estructural tipo 2 de 9,5mm y un núcleo de poliestireno expandido de espesor según detalle y 15kg/m<sup>3</sup> de densidad, tal como se puede visualizar en la Figura 6.

La fabricación debe proveer todas las piezas de madera a emplear correctamente dimensionadas y codificadas, según se detalla en el cuadro final de cubicación.

El OSB se une al Poliestireno expandido mediante adhesivo poliuretano de 2 componentes. En los costados del panel se inserta un pie derecho previamente cepillado de 45mm x 45mm y se pega a media madera. La mitad restante servirá posteriormente durante la instalación para unir el panel contiguo mediante tornillos spack de 1" ¼.

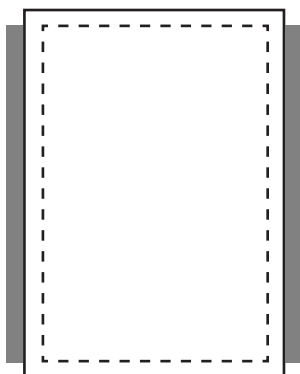


Figura 6a. Vista en elevación de paneles de muro



Figura 6b. Vista en planta de paneles de muro

## Secuencia de Fabricación de Paneles SIP

El armado de paneles se debe hacer en una mesa de trabajo de dimensiones ligeramente superiores al tamaño del panel, de manera que lo sobrepase en al menos 0,20m por lado. Este mesón de armado (cuyas dimensiones mínimas son 1,60m x 2,8m) deberá tener fijados dos bordes cantoneras perfectamente a escuadra que sirvan de guía para el montaje de las planchas que conforman el panel.

## Equipos y herramientas

Para los paneles OSB y contrachapados es necesario contar con una sierra panelera que permita el dimensionado al largo y ancho de estos tableros, así como realizar cortes de ajuste dimensional en planchas de poliestireno expandido.

## Secuencia de Encolado y Armado

- Utilizar la plantilla de codificación indicada en el plano de tipología de paneles para comenzar con la fabricación (ir a planos tipología de paneles), seleccionando por tipo de panel a fabricar, por ejemplo: paneles con pies derecho embutidos o paneles con un pie derecho embutido y un pie derecho a media madera.
- Poner un OSB en la mesa de trabajo con la cara rugosa hacia arriba (Figura 7a), Marcar en la cara que quedará hacia el interior del panel las líneas de instalación del poliestireno y marcar la posición en la que quedarán la solera superior e inferior, el espesor del pie derecho que quedará a media madera o embutido completo cuando corresponda. Retirar las piezas utilizadas para marcaje. Aplicar el adhesivo (preparado según se detalla en apartado) con una llana lisa, luego fijar los pies derechos mediante tornillo. Colocar la plancha encolada en posición en la jaula de armado (Figura 6b, 6c, 6d) y poner sobre ésta la plancha de poliestireno preocupándose de ubicarla en posición centrada correctamente. Se debe cuidar no traspasar las líneas demarcadas para evitar que el adhesivo dificulte el calce del panel contiguo o de las soleras y vigas.
- Volver a la mesa de encolado para encolar la otra plancha de OSB, repetir el procedimiento de marcaje y encolado y cubrir el panel en fabricación que se encuentra en la jaula de armado. Presionar con rodillo y golpes de martillo de goma para asegurarse el completo contacto entre los elementos a pegar y el adhesivo. Proporcionar algún sistema intermedio de prensado del tipo que se describe en la Figura 6c.



- Repetir el procedimiento las veces que pueda cuidando de no sobrepasar la altura útil de la jaula de armado que se haya implementado, considerando una altura que permita una manipulación cómoda, altura máxima recomendada 1,5m. Evite tiempos muertos en este procedimiento, puesto que el adhesivo preparado mantiene la viscosidad adecuada sólo por 1,5 horas como máximo por lo que sólo debe preparar la cantidad que pueda ejecutar en ese tiempo, procurando no sobrepasar una altura de 1,4m, si lo requiere puede instalar otra jaula de armado y repetir la preparación de adhesivo para fabricar mayor número de paneles por día.



Figura 7a Encolado de paneles OSB



Figura 7b Ordenamiento en Jaula de armado

## Prensado

El armado y prensado se deben hacer en un sector seco y aislado del taller, no expuesto a movimientos ni golpes, preferentemente sobre un piso o radier de hormigón. Como ya se mencionó se puede implementar una caja de armado del tipo que se muestra en la Figura 6 La secuencia de actividades es la siguiente:

- Colocar la jaula y los paneles sobre una superficie perfectamente lisa y plana.
- Apilar hasta una altura máxima de 1,4m.
- Cargar con una plancha de acero de 10mm de espesor de las dimensiones del panel.
- Agregar carga uniformemente distribuida de por lo menos 6 sacos cementeros llenos de arena u otro elemento de carga equivalente.
- Revisar cuidadosamente el alineamiento de cada panel, ajustar según necesidad.
- Dejar en fraguado por lo menos durante 48 horas.



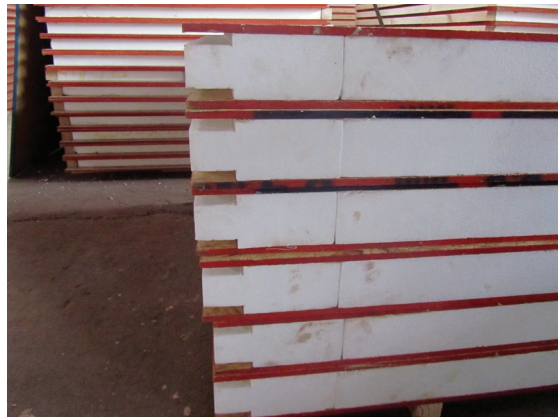
**Figura 7c** Prensado intermedio



**Figura 7d** Jaula de armado y prensado con plancha de acero



**Figura 7e** Instalación eléctrica



**Figura 7f** Apilado de paneles terminados

## Preparación del adhesivo

Para la preparación del adhesivo se debe contar con recipientes limpios de plástico de dimensiones adecuadas a la cantidad de adhesivo que se preparará. El adhesivo PUR que puede usarse es el Macroplast plus UK8103 con el endurecedor Macroplast UK5400 de Henkel en proporción 4:1. Todos los implementos que se utilicen deben estar secos. No debe manipularse el adhesivo a manos descubiertas, debe utilizarse guantes. La preparación se hará bajo techo, en un lugar seco y no expuesto a tráfico ni riesgo de ser vertido. Se recomienda fabricar exclusivamente la cantidad de adhesivo que se pueda aplicar en una secuencia de trabajo que permita su aplicación antes de comenzar a reaccionar o a fraguar. El gramaje recomendado es de 400g/m<sup>2</sup>, por lo que cada panel consume alrededor de 1,2kg de adhesivo preparado, considerando un promedio de 3m<sup>2</sup>.

## Seguridad

El MDI corresponde a un material peligroso, debido a su característica de reactividad, y debe ser manipulado con los cuidados necesarios. A temperatura de 20°C, la presión del vapor del producto no supera 105mbar, lo que permite su procesamiento en ambientes cerrados, poca ventilación o sin adecuada renovación del aire. En procesos donde pueda haber generación de vapores o aerosoles, como por ejemplo, aplicación vía spray, se debe obligatoriamente utilizar equipos de protección respiratoria. Para toda la manipulación o aplicación del producto se debe utilizar lentes de protección, guantes de PVC y ropas de trabajo adecuadas. En caso del contacto con los ojos, deben ser lavados exhaustivamente y acudir de inmediato a una consulta de urgencia con el oftalmólogo. En contacto con la piel, la zona debe ser lavada localmente en forma inmediata con agua y jabón.

Para informaciones más detalladas, consultar la Hoja de Seguridad del producto.

### 1.4.4 Preparación de la Madera

Tal como se indicaba previamente, la construcción de la vivienda de emergencia contempla la preparación de partes y piezas complementarias a la fabricación de paneles SIP y para los componentes de piso y de cubiertas.

El trabajo de taller deberá centrarse principalmente en realizar los ajustes dimensionales, cepillado, cortes y empalmes de las piezas, así como el etiquetado y embalaje de diversas piezas de madera y vigas necesarias para la instalación.

Para la preparación de piezas de madera, la secuencia de operación se puede organizar según el siguiente diagrama de producción:

- Diseño del elemento y estudio de planos de detalle
- Madera dimensionada seca
- Planeadora
- Canteadora
- Cepilladora
- Trozado y corte en ángulo
- Armado mediante clavado y atornillado para los entramados de piso
- Encolado de caras o cantos y prensado para vigas
- Dimensionado final y terminación

Los **elementos simples** que se preparan en esta sección son:

**Pies derechos** cepillados y dimensionados para todos los paneles de muros y cubierta, soleras inferiores y superiores.

Los **elementos complejos** que se preparan en esta sección son: **a)** vigas laminadas de unión entre paneles SIP de cubierta y **b)** vigas laminadas horizontales que soportan los paneles SIP en el techo.

Adicionalmente se contempla la posibilidad de confección de **puertas y ventanas**.

Las **puertas** se fabrican con un entramado interior tipo bastidor unidos mediante adhesivo a tablero contrachapado o MDF ranurado en ambos costados. El alma se rellena con excedentes de aislantes utilizados en la fabricación de piso y paneles SIP, sean estas fibras sintéticas o poliestireno expandido.

Las **ventanas** se perfilan posteriormente al dimensionado de las piezas para conseguir un máximo ajuste y cierre hermético, se incluye pilastras para el sello exterior.

Para las **puertas y ventanas** la secuencia de operación es la siguiente:

- Diseño o estudio de planos de detalle
- Preparación de bastidores y marcos
- Encolado (o corcheteado)
- Armado y prensado simple con tornillos y prensas tipo sargentos
- Dimensionado Final

Un paquete de salida de la sección **Preparación de la madera** debe contener por cada módulo:

- Complementos, muros y cubiertas: Soleras inferiores y superiores, vigas, puertas y ventanas con sus marcos y quincallería para instalación.
- Pisos: Entramados de pisos y contrachapados

La sección **Preparación de la madera** no contempla la fabricación de molduras, éstas son adquiridas en el mercado y se incluyen en el kit listo para armar.

Más detalles en Tabla 7 cubicación por Módulo

### 1.4.5 Alcances de la fabricación

Los paneles SIP son fabricados de manera sencilla con adhesivos de poliuretano de fraguado en frío y presión suministrada por pesos repartidos uniformemente, sin necesidad de prensas con temperatura. Un taller de carpintería con máquinas básicas de corte de madera, tales como sierras huinchas o paneleras con sierras circulares puede fabricar estas viviendas. El requisito fundamental es el cumplimiento de las medidas y tolerancias dimensionales, trabajar con madera seca dimensionada y ajustar la escuadría mediante cepillado.

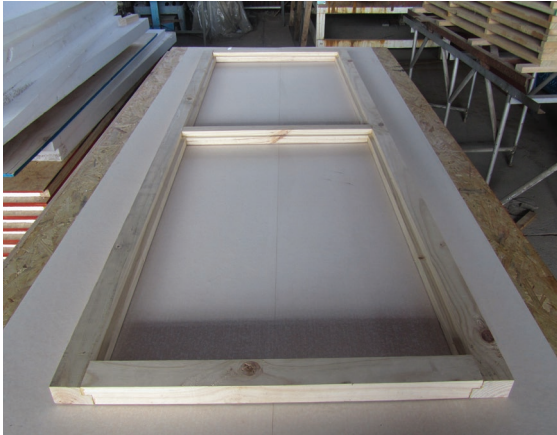
La fabricación de paneles de muros y techo requiere de 1 semana de tiempo, contando con 3 operarios. En caso de ser posible contar con dos operarios más, se recomienda avanzar en paralelo con la preparación madera de piso y muros. Desde fábrica se debe considerar las terminaciones de paneles exteriores, pintado o zincado según la región de destino. Del mismo modo está integrado en el prototipo el sistema eléctrico que ha sido propuesto para los prototipos. Se adjunta plano eléctrico y especificaciones. En cuanto a instalaciones sanitarias, se adjuntan los planos, pero no se incorporan durante la fabricación, pues se sabe que la solución debe regirse por los requerimientos específicos de cada situación.

Es posible el stock de los elementos envolventes principales, muros, techos y pisos, de manera que el Kit de fabricación incluya para la posterior incorporación aspectos puntuales como puertas y ventanas con sus marcos, terminaciones interiores, sistemas de sellado, cerraduras y bisagras, componentes básicos para conexiones húmedas y secas a las redes cercanas, en caso de ser necesario.

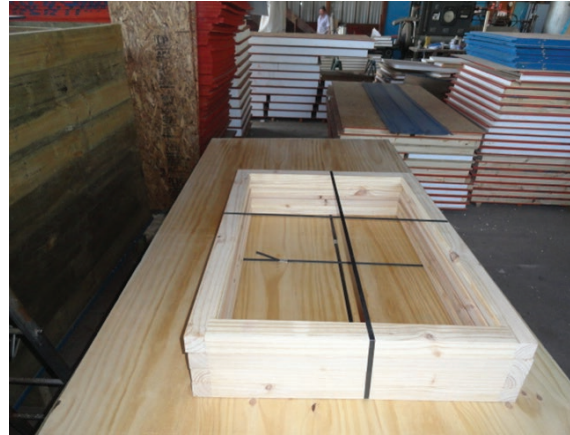
**Tabla 7** Cubicación por Módulo.

<b>Materiales</b>	<b>Cantidad (u)</b>
Vigas 2 x 6 x 3,2m impregnado	24
Viga 2 x 4 x 3,2m impregnado	15
Pieza 2 x 2 x 3,2m pino bruto seco	40
Pieza 2 x 3 x 3,2m pino bruto seco	16
Pieza 2 x 4 x 3,2m pino bruto seco	20
Pieza 1 x 4 x 3,2m pino bruto seco	21
Pieza 1 x 6 x 3,2m pino bruto seco	12
Contrachapado piso 244m x 122m x 15mm	8
OSB muros y techo 244m x 122m x 9,5mm	71
Terciado 244m x 122m x 4mm	2





**Figura 8a** Preparación Ventanas



**Figura 8b** Codificación de Puertas y ventanas



**Figura 8c** Preparación de Vigas laminadas



**Figura 8d** Preparación Entramados de piso

En la formulación del proyecto se hace mención a la necesidad de lograr un producto tecnológico relevante como lo es la solución de un embalaje protegido y fácilmente transportable de la vivienda de emergencia, de tal forma de evitar el deterioro durante se traslado e instalación.

Se postula que el sistema de embalaje deberá permitir entregar una garantía del producto a los compradores, aspecto que actualmente no existe en los productos ofrecidos por el sector maderero y de la construcción a este nivel.

Adicionalmente, se menciona que se estudiará la posibilidad de que el embalaje y la tecnología asociada a él sean parte integrante de la construcción final.

Durante el desarrollo de la investigación en torno al prototipo, el aspecto del transporte y embalaje de los componentes de la vivienda de emergencia ha sido muy relevante en todas las etapas.

En efecto, en la investigación realizada en el marco del Taller de licenciatura en la Facultad de Arquitectura y Urbanismo dirigido por el profesor Sepúlveda en el primer año, se discutieron desde soluciones de embalaje compacto hasta alternativas de sistemas que incluían su propia solución de movilización y transporte, aprovechando las ruedas en sistemas de apoyo y fundación de la vivienda.

De la discusión de alternativas se han considerado los aspectos relevantes que orienten el diseño del sistema de embalaje y transporte que se detallan a continuación.

## 2.1 Conceptos Básicos

### 2.1.1 Sistema de Embalaje

#### Consideraciones sobre Clima

El sistema de embalaje deberá asegurar que los componentes de la vivienda no se dañen durante el transporte y apercbe tanto en origen como en destino. Lo anterior deberá asegurar que se protejan tanto de la lluvia como de la radiación, así como de la acumulación de polvo y por efecto de golpes o apilamiento en condiciones inseguras.

#### Protección Física

Aunque los materiales, a excepción de las ventanas, en general no son frágiles, el embalaje las deberá proteger de daño por golpes, raspaduras y deformaciones tanto en sus sistema de apercbe como de transporte.

Otro aspecto importante es que el embalaje no exponga al contenido a condiciones de riesgo (fuego, emanaciones tóxicas)

#### Reaprovechamiento o incorporación a proyecto de Vivienda de Emergencia

Se asume que el embalaje es un costo habitualmente no incluido en las soluciones de vivienda de emergencia ni en el transporte de elementos y materiales de la construcción destinados a obra gruesa. En consecuencia, este costo deberá, en lo posible, poder aprovecharse en la construcción final de la vivienda o, al menos, recuperarse (como el caso de los pallets). Se privilegiarán materiales reciclados o reciclables, de bajo impacto medioambiental.

#### Identificación

Todos los elementos y componentes de la vivienda deberán ir debidamente identificados. Independiente de la solución específica de nomenclatura (nombre, número, código, código de barras), la identificación debe ser clara y coincidir con la que se señala en el Manual de Fabricación y Montaje. La identificación se hará en las caras ocultas y en los cantos de los elementos, aunque siempre en la misma posición, aspecto que se detallará en el Manual.

### 2.1.2 Transporte y manipulación

El embalaje debe permitir tanto el transporte como la manipulación de los elementos y componentes. Frente a ello hay al menos dos criterios que se deben confrontar: asegurar un peso de los elementos y componentes que permita su manipulación por una o dos personas (50kg) y agrupar en paquetes que, aunque obliguen a una manipulación mediante elementos mecánicos (grúa horquilla, transpaleta, etc.) aseguren un desplazamiento seguro y la no dispersión de los componentes.



## Dimensión

El dimensionamiento de los bultos se debe hacer optimizando las dimensiones del transporte en camión en las rutas nacionales. Aunque existen diversas plataformas de carga disponibles, se estima que la rampa (2,40 x 12,00m es el medio de transporte más adecuado y de mayor disponibilidad en el territorio nacional. Aun así, la carga deberá poder ajustarse a plataformas menores (como la de camión con carro - 2,40m x 8,00m y carro de 2,40m x 6,00m - e incluso a la de los camiones menores - 2,4m x 6,0m).

## Peso

El peso total de cada bulto no debería exceder los 500kg. Para este proyecto se apilaron hasta 20 paneles en altura, cada uno con 48kg, vale decir 960kg, el que es desarmado fácilmente en terreno para su distribución en obra, según secuencia de instalación



### 2.1.3 Almacenamiento

#### Aislación del terreno

Los bultos se deben poder aperchar por si mismos, sin requerir de plataformas auxiliares. De esta forma, la superficie sobre la que se instala la carga (pallet) deberá permitir depositarla sobre el terreno natural y asegurar un distanciamiento de los elementos del suelo que asegure que no sean afectados por las posibles humedades del terreno.

#### Apilamiento

Por un mejor aprovechamiento del espacio disponible tanto en el transporte como en bodega o terreno, se privilegiarán soluciones que permitan apilar al menos dos bultos uno sobre otro.

#### Intemperie

Es imposible asegurar la existencia de bodegas protegidas o cubiertas, especialmente el destino de emplazamiento. El embalaje deberá permitir una resistencia razonable a la intemperie.



## 2.1.4 Desembalaje

### Orden de instalación

Los elementos y componentes, especialmente los paneles de piso y muros, deberán embalsarse bajo el concepto de FILO (First in Last out). Esto significa que se debe paletizar en el sentido inverso a la secuencia de montaje de manera que al abrir el pallet o paquete, el primer elemento que se encuentre (que es el último que se ha embalado) sea el primero que se deba instalar en obra.

Lo anterior es especialmente crítico para optimizar el tiempo de montaje y el aprovechamiento del terreno y evitar la pérdida de los elementos.

La propuesta que se adjunta en los esquemas se hace cargo de los objetivos señalados precedentemente a partir del siguiente detalle:

- La carga se separa en 4 bultos básicos independientes a partir de bases de apoyo o pallets. Estos elementos serán re aprovechados en la habilitación del espacio de acceso de la vivienda de emergencia y/o en la fabricación de cerramientos laterales, según alternativas que se detallan en documentos anexos del proyecto.
- Los bultos se deberán consolidar a fin de permitir un volumen regular, equilibrado, estable y apilable.
- Se privilegiará incluir en el bulto de entramados de piso los elementos complementarios (fijaciones, clavos, tornillos, conectores, pinturas, rodillos, herramientas menores como martillos, prensas, etc., todos debidamente identificados y embalados). Estos elementos menores deberán ir en un envase propio, independiente y resistente, en forma de caja o bolsa, con su rotulación para fácil identificación.

Los bultos podrán ir envueltos en un material resistente e impermeable, inicialmente en papel Filtro tipo Tyvek, tafeta o similar (DuPont) .

Todos los bultos, incluidos los envueltos en Tyvek, serán estabilizados mediante zunchos metálicos o plásticos (según costo y resistencia) que harán del conjunto de los componentes y el pallet una unidad que pueda ser movilizada sin riesgo por la grúa horquilla, en caso que se cuente con una de éstas.

En caso de no contar con equipos de levante, los paquetes o bultos se pueden desarmar cortando los zunchos para descarga manual de los componentes. La cantidad de zunchos se determinará según la resistencia del zuncho y las dimensiones y peso de cada bulto, aunque se deben considerar a lo menos 2 en cada sentido del bulto..



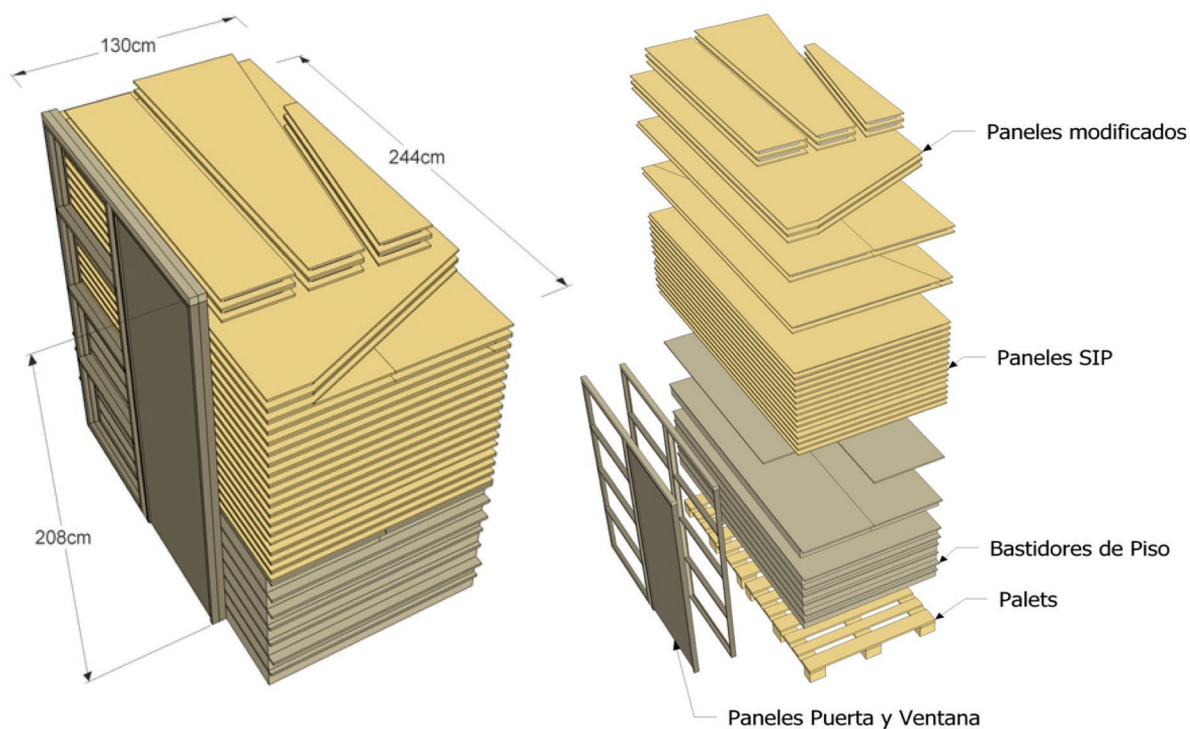
Los zunchos llevarán esquineros en el paso por el vértice de los componentes que fijan (aunque no necesariamente en el paso por el pallet). Estos esquineros podrán ser confeccionados en base a planchas de acero galvanizadas perforados y estampadas de forma de tener un rebaje en el centro por el que pasa el zuncho y podrán ser reutilizados en la fijación (conectores) de algunos de los elementos estructurales, actuando como esquineros.

## 2.2 Embalaje

### 2.2.1 Bulto N°1: Plataformas de piso y paneles de muros

Incluye los paneles de piso, paneles de muros y elementos de cerramiento como puertas y ventanas, las fijaciones y elementos complementarios.

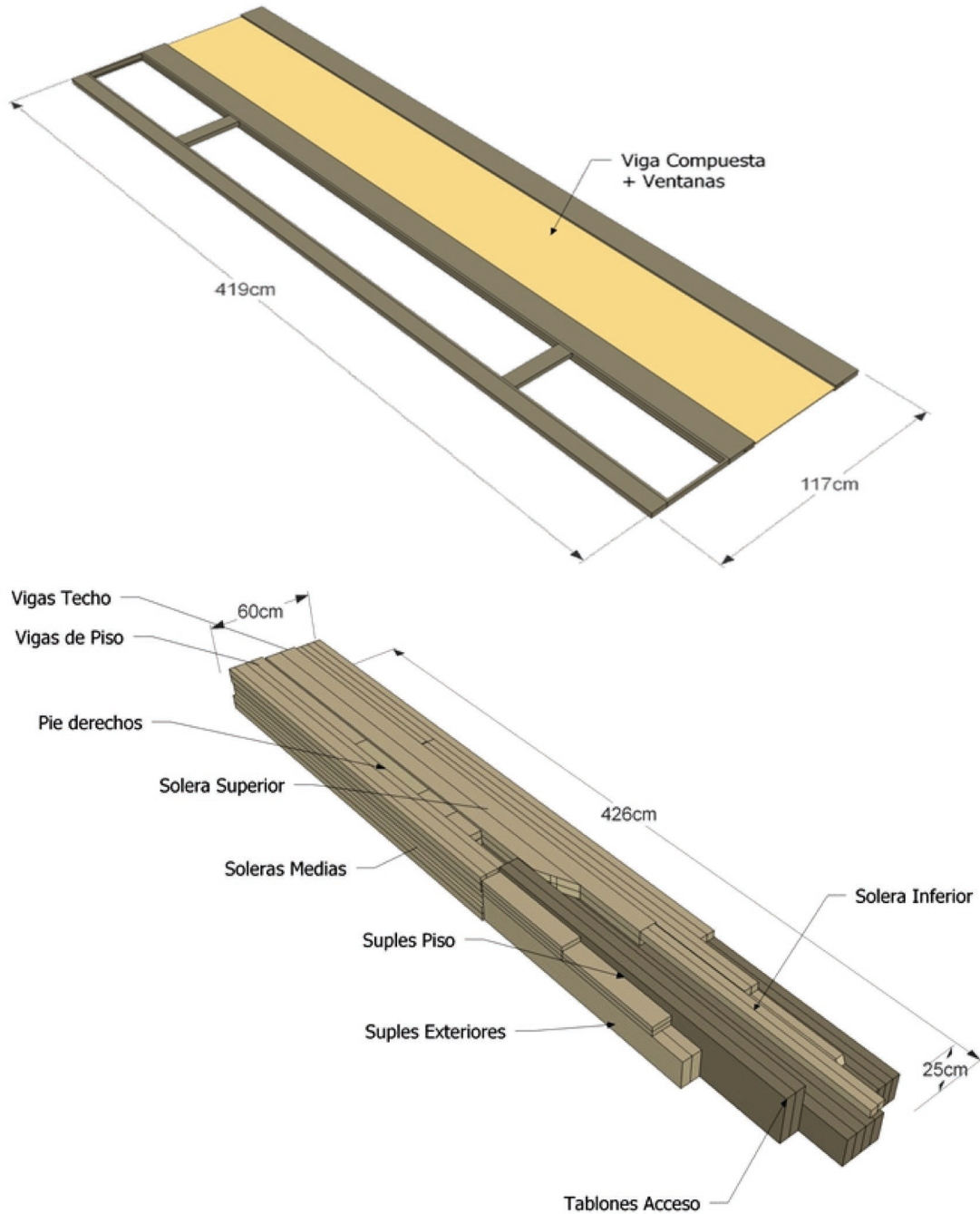
Dimensiones básicas: 1,30m x 2,44m x 2,08m (altura)



## 2.2.2 Bulto N°2: Envigados y elementos largos

Incluye los envigados maestros de piso y cubierta y las fijaciones y elementos complementarios.

Dimensiones aproximadas

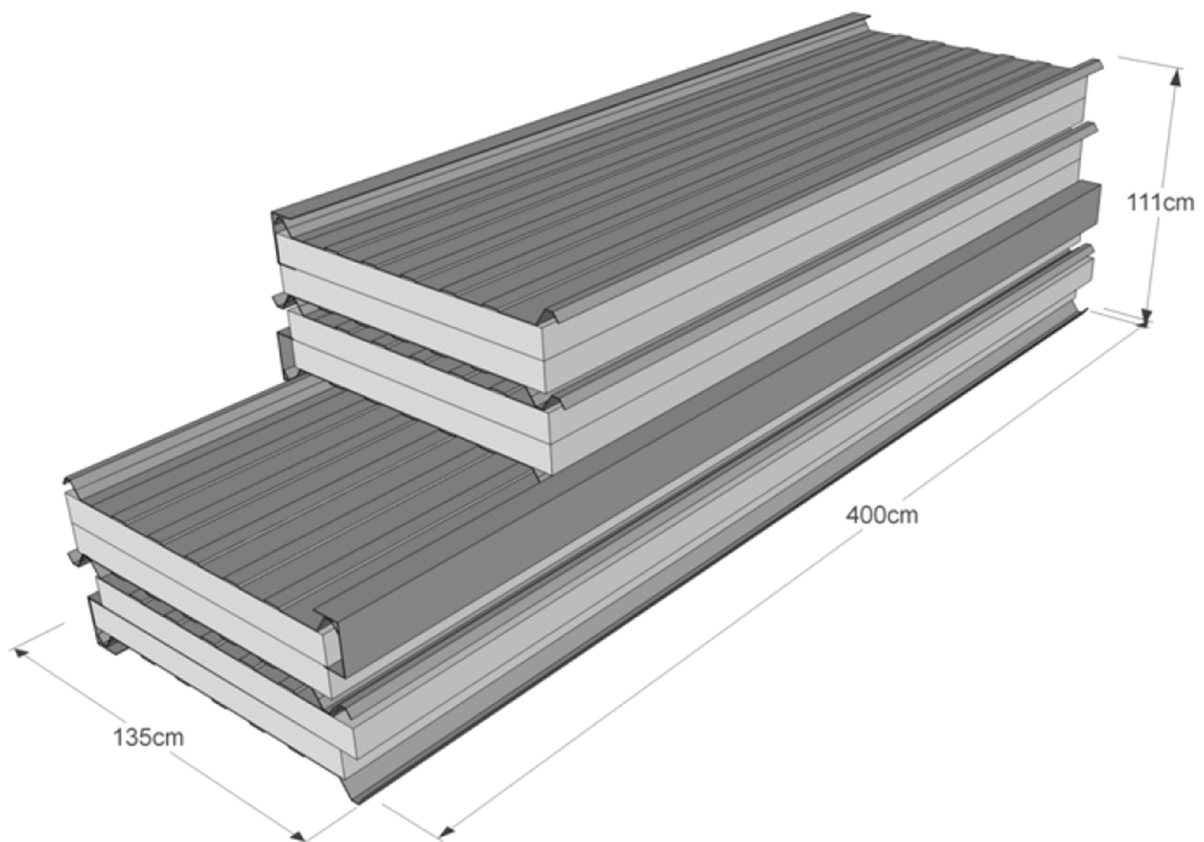


### 2.2.3 Bulto N°3: Planchas de cubierta

Incluye las planchas aisladas de cubierta, la hojalatería y los elementos de fijación y complementarios

Dimensiones aproximadas

Peso Estimado



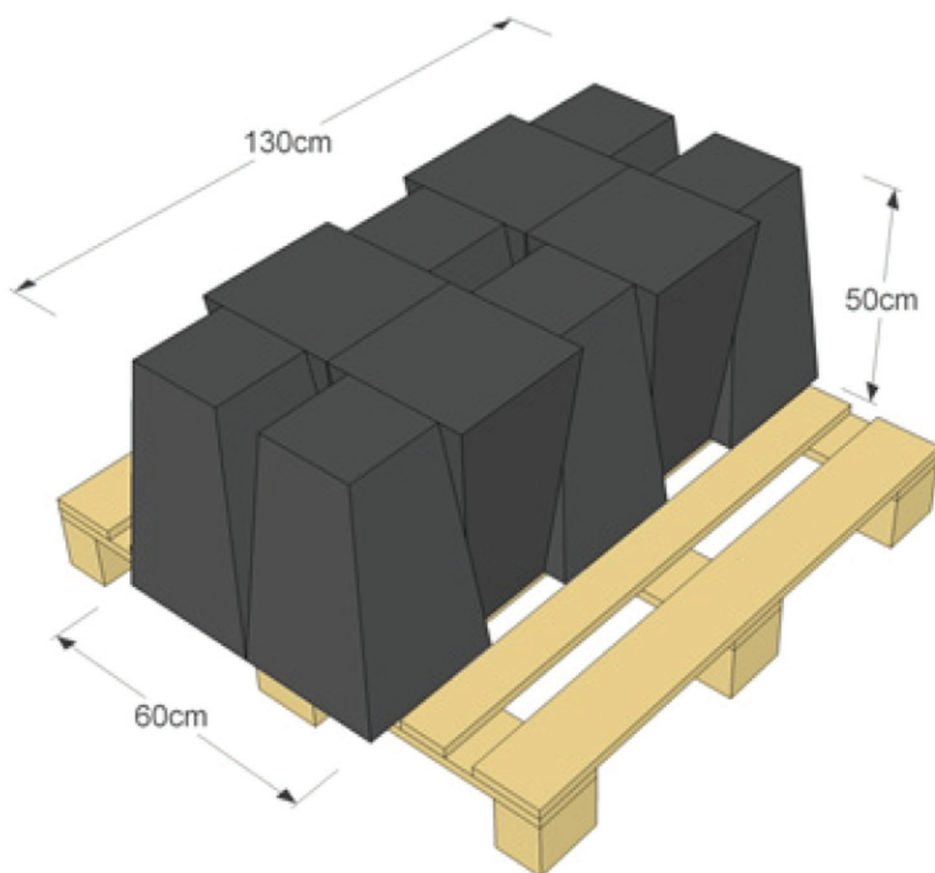
## 2.2.4 Bulto N°4: Poyos de fundación

Este bulto es variable según el tipo de fundación que se despache.

En el caso de las fundaciones de madera o acero, se recomienda una caja independiente y cerrada que incluya todas las otras fijaciones mencionadas anteriormente y que pueda, asimismo, servir como caja de herramientas, mesón de trabajo, etc.

En el caso de las fundaciones de hormigón se podrán disponer en un pallet o despachar como carga libre, teniendo siempre especial cuidado en la seguridad y estiba equilibrada de la carga.

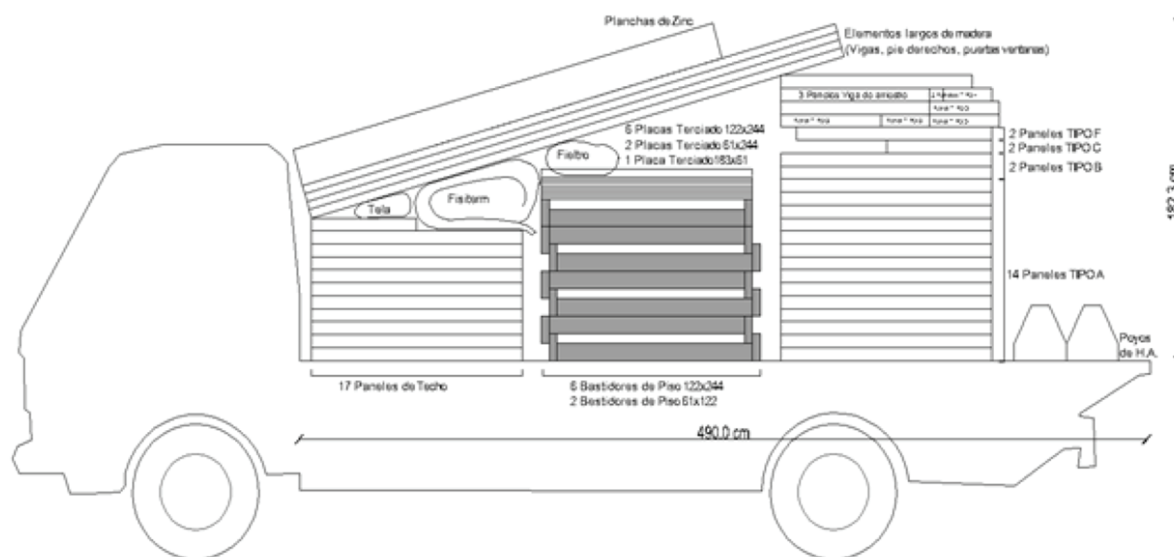
Se debe tener en cuenta que los poyos de hormigón representan un peso importante en relación al volumen y muy superior al peso de los bultos con elementos de madera.



## 2.3 Estiba

- Agrupar por forma y tamaño.
- Es altamente probable que la descarga se hará a mano por pocas personas, los embalajes no deben ser demasiado altos o pesados
- Tabiques con revestimiento exterior deben embalarse con las caras revestidas enfrentadas para protegerlas de daños.
- En vehículos de transporte de plataforma abierta se deberá poner especial atención a las amarras laterales y posteriores que aseguren que la carga no se desestibe.
- Los embalajes deberán envolverse con mangas plásticas para evitar daños por lluvia.

Ejemplo de carga en camión pequeño:







# CONTROL DE CALIDAD

## Control de calidad en viviendas modulares de madera

El Control de Calidad involucra el espectro completo de las actividades asociadas a un producto o servicio, pasando desde el Diseño, Materias Primas, Proceso Productivo, hasta la Puesta en Servicio.

En el caso del producto “Vivienda Modular de Madera”, el aseguramiento de las características de calidad del producto es abordado en la Planta donde se considera la Adquisición de Materias Primas y la Fabricación de los Paneles SIP y en Obra, la cual considera también la adquisición de Materias Primas y el Armado de la Vivienda, debido a que son realizadas en momentos, lugares y trabajadores diferentes. Las etapas de Diseño y Desempeño en Servicio no son abordadas, no obstante, la experiencia de fabricación de los prototipos ha proporcionado antecedentes que permitirán modificar el diseño original mejorando su fabricación y construcción.

### 3.1 Gestión y control de calidad de paneles SIP en planta

La gestión y control de calidad interna en la planta está centrada en las actividades que se detallan a continuación.

El control de proceso sigue una secuencia en función del orden de producción de los componentes de los módulos, los que están estructurados en 4 secciones:

- Fabricación de piso.
- Fabricación de paneles de muros.
- Fabricación de paneles de techo.
- Elaboración de vigas laminadas, puertas y ventanas.

Para cada sección existe un orden lógico de control.

#### a) Materias Primas e Insumos

**Piso:** Madera impregnada con sales CCA en dimensiones de 2”x 4” y 2”x 6”

#### **Paneles de muros y techos:**

La inspección involucra:

- Tableros OSB de 9,5mm x 1,22 x 2,44m
- Madera aserrada seca en bruto y cepillada de pino radiata en distintas esquadras (2”x 2”, 2”x 4”, 1”x 6” y 2”x 8”)

- Poliestireno expandido de alta densidad (15Kg/m<sup>3</sup>; 30Kg/m<sup>3</sup>)
- Adhesivo de poliuretano bicomponente de fraguado frío.

Los insumos corresponden a:

- Recubrimientos (Pinturas, barnices e imprimantes)
- Conectores metálicos (tornillos, pernos, clavos y puntas)
- Sellantes del tipo siliconas y poliuretanos u otras
- Vidrios o policarbonato alveolar
- Puertas, ventanas y herrajes

## **b) Adquisición y Recepción de Materias Primas de Proveedores**

La compra de materias primas e insumos realizada por el encargado de esta actividad debe ajustarse a lo establecido en el diseño, a las especificaciones técnicas registradas de cada producto, así como a una cantidad que permita el funcionamiento del proceso sin detenciones, asegurándose que sean recibidas en el momento que se requieren.

La recepción en planta debe estar asignada a una persona, quien ejecutará las siguientes acciones:

### **Control Documental:**

Se hará control documental de la Orden de Compra de las materias primas e insumos con la Guía de Despacho del Proveedor, los certificados de ensaye correspondientes (o cuando corresponda) y otros documentos de la compra.

### **Control de correspondencia de cantidades y especificaciones:**

No será labor de la producción la realización de ensayos de verificaciones de las características técnicas declaradas por los fabricantes de las materias primas, pero sí será labor la revisión periódica de las fichas técnicas de las materias primas, observando e informando de modificaciones que éstas pudieran introducir, tales como cambios de propiedades o aspectos estéticos, entre otras.

### **Control de materias primas:**

**Paneles.** Consiste en verificar visualmente la integridad de los paneles, que no presenten daños que impidan o limiten su uso en el proceso, tales como esquinas rotas, daños en los cantos y deformaciones (curvatura excesiva) para el contrachapado estructural de pino

radiata de 18mm x 1,22 x 2,44 m, el control contempla dimensiones, presencia de defectos superficiales, delaminaciones y deformaciones fuera de lo admisible según normas de tolerancias dimensionales y especificaciones técnicas de los fabricantes.

**Maderas.** Verificar visualmente la presencia de deformaciones o defectos (nudos, grietas, manchas, bolsones de resina, cantos muertos, pecas, entre otros) notoriamente fuera de especificación para el grado de la madera. En caso de dudas proceder a apartar la madera y realizar un muestreo para chequear el nivel de calidad del producto (correspondencia con el grado estructural G-2 o superior, establecido en la NCh 1207 o C-16 de clasificación mecánica), antes de su aceptación o rechazo. Paralelamente verificar la concordancia del contenido de humedad (C.H.) de la madera. Para ello, muestrear aleatoriamente 3 a 5 piezas del lote (pallet) para verificar que el contenido de humedad (C.H.) =  $18 \pm 2\%$  para las maderas empleadas en las estructuras y de  $12 \pm 1\%$  para las maderas empleadas en terminaciones, tales como marcos de puertas y ventanas, molduras. Para la madera impregnada, el control consiste en la verificación del contenido de humedad (C.H.) de cada pieza, inspección visual de retención de sal. En caso de dudas se debe solicitar un ensaye a laboratorio especializado para su constatación. Se debe chequear un correcto apilamiento y enzunchado hasta su procesamiento.

**Adhesivo.** De acuerdo al número de recipientes (tinetas) de adhesivo, se procederá a muestrear entre 2 y 3 recipientes para inspeccionar el contenido y verificar el color y la viscosidad de la resina y el endurecedor. En el caso de detectar diferencias o anomalías proceder a apartar la carga y solicitar al proveedor los informes de control (pH,, % de sólidos y viscosidad) de la carga enviada. De persistir las dudas, realizar un muestreo para chequear el nivel de calidad del producto en un laboratorio especializado antes de su aceptación o rechazo.

**Planchas de poliestireno.** Consiste en verificar visualmente la integridad de las planchas, sin daños que impidan o limiten su uso en el proceso, tales como esquinas rotas o daños en los cantos y manchas o contaminación de las superficies que serán encoladas. En caso de existir no conformidades para cualquiera de las materias primas recepcionadas, el encargado deberá apartar el material e informar por escrito al Jefe de Planta, quien procederá conforme a los protocolos de comercialización que estén suscritos en los respectivos contratos.

### **c) Insumos**

En esta categoría de materiales se encuentra:

**Polietileno** (barreras de humedad), pinturas, protectores superficiales para madera, conectores metálicos tales como clavos, tornillos, puntas, y herrajes de puertas y ventanas (Cerraduras, pestillos, bisagras y otros). En general, todos los insumos que se empleen en la fabricación de los paneles de muros, pisos y techos en la planta deberán cumplir con los índices de calidad mínima establecida para su tipología por el I.N.N. Los insumos que se empleen y que no tengan calidad certificada por empresas fabricantes serán recibidos por el Jefe de Planta quien dará su VºBº y autorización para uso. En caso de existir no conformidades, el encargado deberá apartar el material e informar por escrito al Jefe de Planta.

### **d) Control de Material en Bodega**

Una vez recepcionadas en conformidad las materias primas e insumos, se procede a su bodegaje y/o aperche, cuidando de respetar las indicaciones y recomendaciones del fabricante a tales efectos.

## **3.2 Control de proceso de Fabricación de Paneles SIP**

### **a) Control visual al inicio del Proceso**

Iniciado el proceso de producción se vuelve a inspeccionar visualmente las materias primas de acuerdo a la Orden de Trabajo, verificando las cantidades para el turno de trabajo y las características relevantes (especificaciones y estado) en el armado del panel. Esta actividad es realizada por el operario encargado de procesar la materia prima correspondiente que compone el panel SIP.

### **b) Proceso de fabricación del panel SIP**

Este consiste de la preparación de los diferentes componentes e insumos y el armado del panel.

### Panel de Muros

- Soleras superior e inferior. La madera de pino aserrada y seca, recepcionada en 2"x2"x 3,2m es cepillada a una dimensión final de 44 x 44 ± 0,5mm y dimensionada en el largo a 2400mm. El mismo operario encargado de realizar este trabajo, verifica las dimensiones y la tolerancia especificada y procede a etiquetar, enzunchar y enviar las soleras aceptadas a la sección de embalaje.
- Pie derecho del panel. Cada panel tiene un pie derecho de 44 x 44 ± 0,5mm, el cual se incorpora junto con el adhesivo en la mayoría de los paneles, quedando a 22,5mm al interior del lado derecho del panel, mientras que los otros 22,5mm quedan disponibles para ser embutidos en el panel contiguo. Son excepciones a esta forma de unión los paneles esquina, en donde el pie derecho queda embutido completamente en el panel. Es decir, se debe verificar que el pie derecho este a ras del panel en estos casos y en los restantes estén 22,5mm fuera de este en un lado y en el otro extremo del panel en el ancho, exista un espacio vacío de 22,5mm, espacio donde entrará el pie derecho del panel contiguo.
- Cara y contracara de OSB. Los tableros recepcionados de 1220 x 2440 x 9,5mm, Los paneles interiores deben ser recortados en una máquina panelera, quedando éstos en 2400mm. Se dimensionan a 915, 610, 406, y 305mm de ancho, de acuerdo a la orden de trabajo. El mismo operario encargado de realizar este trabajo, verifica las dimensiones y la tolerancia especificada para el elemento y procede a enviar los paneles aceptados a la etapa de encolado.
- Alma de Poliestireno de alta densidad. La plancha de 45mm de espesor es adquirida predimensionada en 2350 x 1175mm y es dispuesta para el armado del panel, según especificaciones de los planos. El operario encargado del armado debe realizar la revisión de los planos y proceder en conformidad a las especificaciones de cada panel, verificando las dimensiones y la tolerancia especificada para el elemento y procede a enviar las planchas rebajadas y aceptadas a la etapa de encolado. Realizar este trabajo, verifica las dimensiones y la tolerancia especificada para este componente constructivo y procede a enviar los paneles aceptados a la etapa de encolado.

### Panel de Cubierta

- Se fabrica de manera similar respetando las dimensiones finales y las tolerancias en las caras de OSB, y poliestireno, establecidas en el diseño.
- Cara y contracara de OSB. Los tableros recepcionados de 1220mm de ancho y 2440mm de largo x 9,5mm de espesor, mantienen el ancho base de 1220mm, según requerimientos

del diseño establecido en la orden de trabajo. El mismo operario encargado de realizar este trabajo, verifica las dimensiones y la tolerancia especificada para este componente constructivo y procede a enviar los paneles aceptados a la etapa de encolado.

- Alma de Poliestireno de alta densidad. Las planchas son ordenadas, separando por pilas para muros y pilas para techos, éstos a su vez deben ordenarse de acuerdo al espesor según zona climática, las que deben ser inspeccionadas para verificar que estén rebajadas en sus costados en  $45 \pm 0,5\text{mm}$ . El operario encargado de realizar este trabajo, chequea las dimensiones y la tolerancia especificada para este componente constructivo y procede a enviar las planchas procesadas y aceptadas a la etapa de encolado.

### **Encolado y Armado**

Los operarios encargados de esta etapa realizan la siguiente secuencia de actividades y los aspectos a controlar en cada una de ellas son:

- Preparación de la mesa de trabajo y de la jaula de armado, selección y distribución de los paneles para cara, trascara y alma.
- Preparación del adhesivo (de acuerdo a formulación del fabricante), en la cantidad necesaria ajustando los tiempos de fraguado a la velocidad de operación. Es recomendable preparar cantidades pequeñas varias veces en el turno para evitar la pérdida de material por endurecimiento en tarro
- Aplicación de adhesivo (Control de gramaje, uniformidad del esparcido, tiempos abierto y cerrado máximos)
- Verificación de la coincidencia de los bordes y posición del poliestireno.
- Presión y tiempo en prensa (Control del tiempo mínimo que el ensamble debe permanecer bajo presión mínima de  $40\text{kg/m}^2$ ).

### **Producto Terminado**

El producto terminado es sometido a verificación visual caso a caso, así como a una verificación dimensional y de correcta adhesión entre paneles y planchas. El tablero es marcado con una codificación que identifica la posición que lleva en el armado del modulo, según especificación del plano. Se traslada a la pila de reposo para completar el ciclo de encolado. Este control es realizado por el Encargado o Jefe de armado de los paneles SIP en planta.

### **Despacho**



Aunque el propósito de una planta sea fabricar módulos industrializados de viviendas, es posible la comercialización de paneles en forma individual o agrupada bajo criterios tales como panel muro, panel piso o paneles de cubierta. En estos casos, se verifica la correspondencia entre la Orden de Trabajo y la Orden de Compra del cliente, la correspondencia física del material a despachar y la verificación documental de las actividades de control anteriores.



