

MANUAL DE DISEÑO

CONSTRUCCIÓN, MONTAJE Y APLICACIÓN DE ENVOLVENTES PARA LA VIVIENDA DE MADERA

FONDEF D03I1020 MURO VENTILADO
FONDEF D06I1034 PISOS Y TECHOS

ALEXANDER FRITZ | MARIO UBILLA



Introducción

A.1 Presentación 6
 A.2 El proyecto de investigación 8

Consideraciones para el diseño y proceso constructivo del muro envolvente

B.1 Especificación de la madera de pino radiata para la estructura de muro envolvente, plataforma de piso, entramado de entrepiso y cercha casetón 16
 B.2 Muro envolvente estructurado en madera (entramado vertical), plataforma de piso en madera, entramado de entrepiso en madera, cercha casetón 18
 B.3 Partes que conforman la estructura de los componentes estudiados.... 20
 B.4 Componentes de unión, arriostramiento y fijación de los elementos de las estructuras investigadas 25
 B.5 Fundación continua y aislada 28
 B.6 Anclaje inferior del muro envolvente a la plataforma de piso y entrepiso 32
 B.7 Anclaje superior del muro envolvente a entrepiso y cercha casetón 36
 B.8 Solución de encuentro de muros: adyacentes, en equinas y con muros interiores 39
 B.9 Consideraciones necesarias para la prefabricación de los componentes 41

Revestimiento interior

C.1 Instalación y fijación de la barrera de vapor y de las placas de yeso 46
 C.2 Exigencias y recomendaciones para la protección al fuego 50
 C.3 Solución con encuentro de rasgos de puertas y ventanas 52
 C.4 Solución con encuentro de cielo y piso 53

Terminaciones exteriores del tabique Fondef

D.1 Elección de revestimiento 56
 D.2 Condiciones de la base, diseño e instalación 57
 D.3 Revestimiento de moldura de madera 59
 D.4 Revestimiento de moldura y placa de OSB 65
 D.5 Revestimiento de mortero cemento 68

Recomendaciones generales para el diseño y construcción de otros elementos estructurales y arquitectónicos e instalaciones domiciliarias

E.1 Empalmes y conexiones de entramados horizontales al muro envolvente 72
 E.2 Consideraciones y recomendaciones para el armado de la plataforma de entrepiso 73
 E.3 Empalmes y conexiones de entramados de techumbre al muro envolvente 78
 E.4 Consideraciones y recomendaciones para el armado de la estructura de techumbre 83
 E.5 Criterios para la instalación de ductos y cañerías, de alcantarillado, agua potable y electricidad en plataforma de entrepiso y en el muro envolvente 87
 E.6 Recomendaciones y cuidados en la ejecución de cortes y perforaciones en elementos estructurales de la plataforma de entrepiso y en el muro envolvente 89
 E.7 Refuerzos necesarios en las estructuras 90

Consideraciones elementales para el diseño arquitectónico de viviendas

F.1 El edificio, el entorno y los ocupantes 94
 F.2 Confort 96

Comportamiento térmico

G.1 Comportamiento térmico de viviendas 100
 G.2 El muro envolvente: cualidades térmicas 104

Humedad y condensación en sistemas constructivos de la envolvente de vivienda

H.1 Condensación superficial e intersticial 116

Calidad del aire y ventilación en viviendas

I.1 Requerimientos de ventilación 122
 I.2 Ventilación forzada 124
 I.3 Ventilación natural 126

Aplicaciones constructivas en viviendas para tres zonas geográficas

J.1 Consideraciones preliminares..... 130
 J.2 Prototipo Santiago..... 132
 J.3 Prototipo Temuco 140
 J.4 Prototipo Puerto Montt..... 148
 J.5 Prototipo Traiguén..... 156
 J.6 Prototipo Brotec Santiago..... 158

Ensayos

k.1. Ensayos mecánicos 162
 Ensayos de compresión
 Ensayos monotónico de Corte puro
 Ensayo cíclico de Corte puro
 Ensayo monotónico de Corte – flexión
 Ensayo de Flexión transversal
 Ensayo de Impacto
 Sistema de techo tipo casetón
 Flexión de entresijos
 k.2 Ensayos de fuego 172
 Ensayos de Resistencia al fuego
 Ensayos de Reacción al fuego
 k.3 Ensayos de humedad..... 174
 k.4 Ensayos acústicos..... 175
 k.5 Productos incluidos en la envolvente..... 175
 k.6 Empresas e instituciones responsables de los testeos 175

Anexos

1. Espesores y anchos nominales para madera aserrada y madera cepillada nch 2824 of. 2003 maderas – pino radiata – unidades dimensiones y tolerancias..... 178
 2. Cuadros según nch 819 of. 2003 madera preservada pino radiata clasificación y requisito..... 179
 3. Certificación y registro del muro envolvente 181
 4. Transferencia y aplicación tecnológica del proyecto 189
 5. Autores 192

 Fichas Técnicas..... 196

 Bibliografía 204



A

INTRODUCCIÓN

A.1 PRESENTACIÓN

A.2 EL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

A.1 PRESENTACIÓN PRIMERA EDICIÓN

Toda sociedad aspira a tener cada vez mejores estándares de calidad de vida, y en ello los niveles de satisfacción que le entregan sus ciudades y vivienda (1), se da cuenta con un elevado, porcentaje de propietarios, los que aspiran a mayores niveles de calidad y confort de éstas (2), lo que implica elevar sus estándares constructivos y con ello los niveles de habitabilidad y seguridad, cuestión que requiere de la mejora continua de esta industria (3), y la modernización de los cuerpos normativos relacionados (4).

Frente a este doble desafío país (cantidad y calidad), el recurso madera, disponible hoy en su nuevo formato industria de calidad certificada (5), aparece como una excelente alternativa para hacer frente a esas demandas, requiriendo del ingenio y capacidad emprendedora de profesionales, científicos e industriales para que, a partir de la proposición de innovaciones tecnológicas de avanzada, pueda ser concebible una vivienda de madera que responda satisfactoriamente a estas solicitudes.

La experiencia internacional en tanto, nos muestra como en países avanzados (6) más del 80% de las viviendas unifamiliares de uno a cuatro pisos son construidas en madera, aprovechando todas las ventajas comparativas de ese noble material (resistencia, economía, flexibilidad), ofreciendo grandes ventajas con respecto a sus alternativas (albañilerías, hormigón o metal) lo que muestra a las claras por donde vendrán las nuevas oportunidades hacia los industriales y productores de vivienda en el país.

Chile está recién en los albores de su agenda de innovación a escala país, liderando este camino los proyectos Fondef (7), en que de manera pionera invita a centros de investigación y empresas a reunir sus capacidades para que, con el apoyo del estado (asesoría y orientación de expertos y finan-

ciamiento con recursos públicos), puedan desarrollarse en el país nuevas tecnologías, productos y procesos, que aumenten su capacidad competitiva.

En este marco, la Pontificia Universidad Católica de Chile (8) en conjunto con la Corporación de la Madera (9), y un grupo muy importante de empresarios ligados a estos mercados (10), se ha hecho parte de esta tarea, desarrollando una nueva línea de productos de probada eficiencia para la construcción en madera lo que permite ofrecer una vivienda que entre sus indicadores de desempeño (11) exhibe el ahorro de hasta el 50% de energía de calefacción durante el invierno, y una disminución de hasta 4 grados de temperaturas durante el verano.

Queda por delante el desafío de superar los obstáculos culturales que identifican a la casa de madera más como una solución provisoria o de emergencia que como una vivienda definitiva, sin embargo tenemos la convicción que a través de un producto certificado y con garantías explícitas, la voluntad y opción de compra cambiará radicalmente hacia la vivienda de madera, ya que el imaginario colectivo le reconoce cualidades ambientales y estéticas que ninguna otra oferta constructiva reemplaza (12). Sería esperable por tanto, que en un esfuerzo colectivo de mediano y largo plazo, se pueda contar con una oferta real y consistente de una nueva vivienda de madera, con niveles de calidad equivalentes al existente en los grandes centros mundiales de referencia.

El presente Manual de Diseño pretende ser un aporte en esa línea, al presentar de manera detallada y muy didáctica el modelo desarrollado, posibilitando el acceso a esta nueva oferta tecnológica a toda la industria de la construcción en Chile, sirviendo también de vehículo de transferencia hacia profesionales y estudiantes del área (13) con ello sin duda no se completa esta

labor, sino que seguiremos desarrollando un conjunto de proyectos (14) que permitan complementar, sostener y perfeccionar esta nueva oferta, que busca ser un beneficio real para la gran familia chilena.

Juan José Ugarte
Director CIDM

(1) La magnitud de los requerimientos habitacionales en Chile alcanzan la cifra de 543.542 nuevas viviendas que, expresadas en términos relativos a la población corresponden a 36,7 viviendas por cada mil habitantes censados. Por otra parte, el indicador de viviendas recuperables alcanza a 677.556 que corresponden al 17,38% del total del país. Fuente: Departamento Estudios DITEC MINVU con base en el procesamiento del Censo 2002.

(2) Reportajes prensa diferentes estratos socioeconómicos.

(3) La Cámara chilena de la Construcción a través de su Centro de Desarrollo Tecnológico, ha creado el área de eficiencia energética y construcción sustentable, (EE-CS), la cual nace de la visión de incorporar como componente de transferencia tecnológica y conocimiento al mercado chileno, todos aquellos conceptos y tecnologías relacionados con la mejora del estándar de edificaciones.

(4) Entrada en vigencia de la segunda etapa de la reglamentación térmica, con la modificación del artículo 4.1.10 de la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones, que incorpora exigencias para muros, ventanas y pisos ventilados para cada zona térmica.

(5) Estándares y mercados de exportación.

(6) Canadá, Nueva Zelanda, Suecia, Finlandia, Alemania, Estados Unidos y otros.

(7) Fondo de Fomento al desarrollo científico y Tecnológico, dependiendo de la Comisión Nacional de Ciencia y Tecnología, Conycit. Creado en 1991 con el propósito de fortalecer

y aprovechar las capacidades científicas y tecnológicas de las Universidades e Institutos Tecnológicos y otros institutos, para incrementar la competitividad de las empresas, y contribuir a mejorar la calidad de vida de la población.

(8) Escuelas de: Arquitectura, Diseño, Construcción Civil e Ingeniería PUC.

(9) Empresas adheridas a la Corporación Chilena de la Madera, CORMA.

(10) Andes Construction Chile S.A., Empresas Fourcade, Inmobiliaria NOVATERRA, Inchalam, Volcán S.A., CMPC, Arauco Distribución S.A., Aserraderos Cementos Bio-Bío, Ecopinturas TMI Chile y Terranova S.A.

(11) Resultados proyecto FONDEF DO311020 Capítulo G, Comportamiento térmico.

(12) Según resultados de estudio realizado por la empresa Collect Investigaciones de Mercado S.A. para proyecto FONDEF DO311020 en Octubre de 2005.

(13) Durante el desarrollo del proyecto, los investigadores han impartido cursos de postgrado en la Escuela de Arquitectura y Construcción Civil de la PUC.

(14) Desarrollo de proyecto FONDEF DO611034 "La buena casa: diseño por envolvente para la vivienda de madera: Complejos de techumbre y pisos"/ Postulación a línea de financiamiento para Proyectos Consorcios Ventanilla Abierta/INNOVA CORFO.

A.2 PRESENTACIÓN SEGUNDA EDICIÓN

La nueva edición de este Manual constituye un esfuerzo gráfico-editorial por incorporar en un solo texto los contenidos de la primera investigación que el Centro de Innovación y Desarrollo de la Madera CIDM PUC & CORMA inició con el FONDEF DO311020 donde se desarrolló el Muro Ventilado, con el nuevo FONDEF DO611034, que profundiza en el desarrollo de los componentes de piso y techumbre. Con ambas investigaciones finalizadas, podemos dar por consolidada una instancia de reflexión y proyecto, que propuso mejorar la calidad de las viviendas, utilizando el material madera y sus propiedades en el ámbito constructivo, ambiental y de la eficiencia energética.

Nuevamente gracias al apoyo y la confianza de CONICYT y su plataforma FONDEF, el CIDM PUC CORMA, junto a un grupo de importantes empresas del rubro demostramos que podemos desarrollar proyectos exitosos, con la solidez que entrega una asociación que amalgama los saberes de la industria con los de la academia. En esta segunda etapa, estudiando el diseño de complejos de piso y techumbre, con validación y testeo en laboratorio, aplicando además, en dos zonas climáticas geográficas distintas, las probetas obtenidas. Para ello se proyectaron tres viviendas en Madera, dos en Traiguén en la zona sur de Chile y una en Santiago, zona central del País. En ambos casos hemos consolidado productos; que bajo la certificación que otorgan las pruebas y los ensayos realizados, podrán ser utilizados en proyectos de viviendas que exijan los más altos estándares de calidad y confort.

Los invitamos a conocer estas innovaciones que prueban el valor de nuestros componentes constructivos de madera y que están sintetizados en el concepto de la “Buena Casa”, definición que hemos acu-

ñado para demostrar que las propiedades que definen a una buena vivienda como un sistema habitable de calidad, están determinadas por las características de sus complejos constructivos que deben considerar al mismo tiempo un buen diseño estructural, protección y aislamiento, junto a una excelente arquitectura. Así fueron pensados el Muro Envoltivo en el FONDEF 1, y ahora la Cercha Casetón y las plataformas de Piso y Entrepiso.

Como responsable ejecutiva del equipo que ha llevado a cabo este riguroso proyecto, solo cabe agradecer el esfuerzo de todos los que hicieron posible este exitoso resultado, que está fundamentado en los valores que supone la promoción de la madera en cuanto a su riqueza cultural y material.

Agradecemos a la Pontificia Universidad Católica de Chile y sus Escuelas de Ingeniería, Arquitectura, Construcción Civil y Diseño, al mismo tiempo a las Empresas socias del CIDM PUC & CORMA, CMPC, ARAUCO, y a otras instituciones que han creído en este proyecto como DICTUC, DECON UC, LP, Volcán S.A., BROTEC ICAFAL, CLUSTER Traiguén y METRALUM S.A.

Procuramos con este emprendimiento de investigación aplicada, mejorar la vida de las personas que; en su concepto de irreductible verdad, tienen en el derecho a una vivienda de calidad una razón evidente para dignificar la condición humana. Estamos convencidos que utilizar la madera para ese propósito entrega ventajas muy significativas.

Paula Martínez Torres
Directora Ejecutiva
CIDM PUC & CORMA
Diciembre 2011

En un esfuerzo multidisciplinario ha concluido exitosamente el proyecto FONDEF DO611034. En él se han desarrollado tanto distintos sistemas constructivos de techumbre y pisos de madera, como así un muro envolvente posible de ser aplicado en viviendas de menos de 1000UF. A todos estos sistemas, luego de su proceso de revisión del estado del arte, especialmente en centros de investigación de países con alta experiencia en construcción en madera -Nueva Zelanda, Australia, Canadá, Estados Unidos, Alemania, Suecia y Finlandia- se aplicaron normas de ensayos estructurales y de fuego junto con el análisis de desempeño térmico, acústico y frente a fenómenos de humedad.

El proyecto, para el desarrollo de los sistemas constructivos aplicó una metodología con amplia e invaluable participación de investigadores y representantes de la industria –a quienes se reitera nuestros agradecimientos- utilizando para ello una evaluación multicriterio, que ha favorecido el uso de los sistemas en la construcción de cuatro viviendas, en las que se implementó algunos de los conceptos básicos de la arquitectura bioclimática, con el fin de aportar a la eficiencia energética en la edificación y lograr altos estándares de confort en todo período del año y con especial cuidado en el período de verano para evitar el sobrecalentamiento de espacios interiores. En este sentido, la ventilación en complejos de techumbre y la cámara de aire ventilada exterior en muros, juegan un rol fundamental.

Lo que se presenta en este Manual a partir de los proyectos FONDEF realizados en el Centro de Innovación y Desarrollo de la Madera PUC-CORMA, constituye un avance altamente significativo para el mejoramiento de la vivienda en madera y, al mismo tiempo, abre otros desafíos futuros. La madera, como producto proveniente de un

recurso renovable como es el bosque y con reconocidas cualidades ambientales en el ciclo de vida de los edificios, sin duda que seguirá siendo un material que incrementará su aporte a una edificación eficiente desde el punto de vista energético y en el marco del desarrollo sustentable que las generaciones presentes y futuras necesitan con urgencia.

Waldo Bustamante Gómez
Director Proyecto FONDEF DO611034
2010-2011

PRESENTACIÓN PROYECTO FONDEF CONICYT DO3L1020

“Diseño por Envolvente para la Vivienda de Madera: Innovación tecnológica para fomentar el uso del pino radiata en Chile”.

Presentación proyecto Fondef CONICYT DO6I1034

“LA BUENA CASA: SOLUCIONES PISOS Y TECHOS”. Esta guía técnica constituye la presentación gráfica de los productos denominados Muro Envolvente, Plataforma de Piso en Madera, Entrepiso y Cercha Casetón, incluye sus características estructurales, materiales, funcionales y sus prestaciones tecnológicas.

Se trata de: Un entramado vertical de madera de pino radiata, con revestimientos alternativos, al que se le incorpora una cámara de aire.

Una plataforma de piso de madera, montada sobre fundación de pilotes aislados.

Un Entrepiso conformado por entramados principal y secundario y arriostrado por tablero estructural.

Una cercha caseton que incorpora los envigados del entrepiso como tirante de amarre y ventilación a la techumbre.

CONSIDERACIONES QUE FUNDAMENTARON ESTE TRABAJO:

• El reducido uso que se realiza en Chile del recurso madera en la industria de la construcción de viviendas, responde principalmente a los problemas de habitabilidad, seguridad y durabilidad que se asocian a ella, y a la estigmatización cultural que vin-

cula las viviendas de madera a soluciones económicas de emergencia (“mediaguas”) y a la segunda vivienda. Para abordar esta situación es necesario generar una innovación tecnológica que permita un mejoramiento sustancial del producto que se ofrece al mercado.

• Considerando que las patologías más graves que afectan a la vivienda de madera se concentran en sus cerramientos Muro, Pisos y Techumbre. Estas innovaciones tecnológicas pueden y deben realizarse a través de la aplicación de un diseño integral que asegure alta calidad y buen desempeño de estos elementos.

• El concepto “Diseño por envolvente” estudia los cerramientos; es decir, la piel o envolvente como un solo elemento compuesto por varios materiales que interactúan logrando un determinado comportamiento; sin detenerse en la calificación aislada de cada uno sino que poniendo el énfasis en una visión y análisis integral del problema, o sea como elementos que separan el interior del exterior de una vivienda.

• La envolvente de una vivienda está entonces compuesta por Muro Envolvente, Piso Envolvente y Techo Envolvente que debe ser entendida, proyectada y construida como una totalidad solidaria a las distintas solicitaciones climáticas, estructurales y de uso de la vivienda.

• En el curso de la investigación, los elementos ya mencionados han sido sometidos a ensayos Estructurales, de Comportamiento al Fuego, Térmicos y Acústicos dando como resultado comportamientos de excelencia. Se aplicaron además novedosos procedimientos que estudian y demuestran alta eficiencia en el control del sobrecalentamiento del ambiente interior,

asociado a la edificación en madera.

• Durante el proceso de investigación se realizaron estudios de percepción de mercado mediante encuestas realizadas por COLLET estudios de mercado S.A. como implementación de la innovación y la elaboración de la requerida estrategia comunicacional.

• Se construyeron siete prototipos de vivienda aplicando las tecnologías. Estos están a disposición del público para estudiar su percepción y disposición de compra. Mediante ensayos en terreno y en los prototipos, se valida su comportamiento ante las variables que definen confort y habitabilidad.

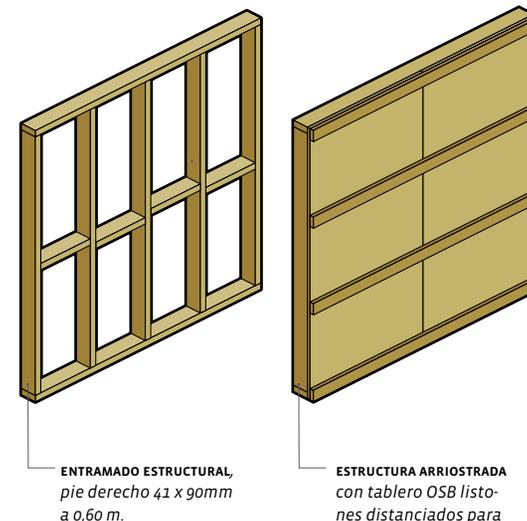
• El objetivo de este Manual, es incentivar la buena construcción en madera cautelando las buenas prácticas, difundiendo e informando sobre las prestaciones de los componentes, constituyéndose en un producto que promueva la Gestión de Calidad y la Certificación.

INSTITUCIONES PARTICIPANTES

En el marco del proyecto FONDEF DO3L1020 realizado por las escuelas de: Arquitectura, Diseño, Construcción Civil e Ingeniería de la Pontificia Universidad Católica de Chile y junto a importantes instituciones y empresas asociadas, del sector forestal y de la construcción, como Arauco Distribución S.A, Andes Construction, Aserraderos Cementos BIO-BIO, CMPC, CIDM de PUC&CORMA, DECON UC, DICTUC, Ecopinaturas, Empresas Fourcade, INCHALAM, Inmobiliaria NOVATERRA, TMI Chile S.A, VOLCAN S.A, TERRANOVA S.A y Duoc UC.

En el marco del proyecto FONDEF DO6I1034, realizado por las escuelas de: Arquitectura, Diseño, Construcción Civil e Ingeniería de la Pontificia Universidad Católica de Chile

1 Entramado estructural del muro y sus componentes.



ENTRAMADO ESTRUCTURAL, pie derecho 41 x 90mm a 0,60 m.

ESTRUCTURA ARRIOSTRADA con tablero OSB listones distanciados para conformar la cámara ventilada.

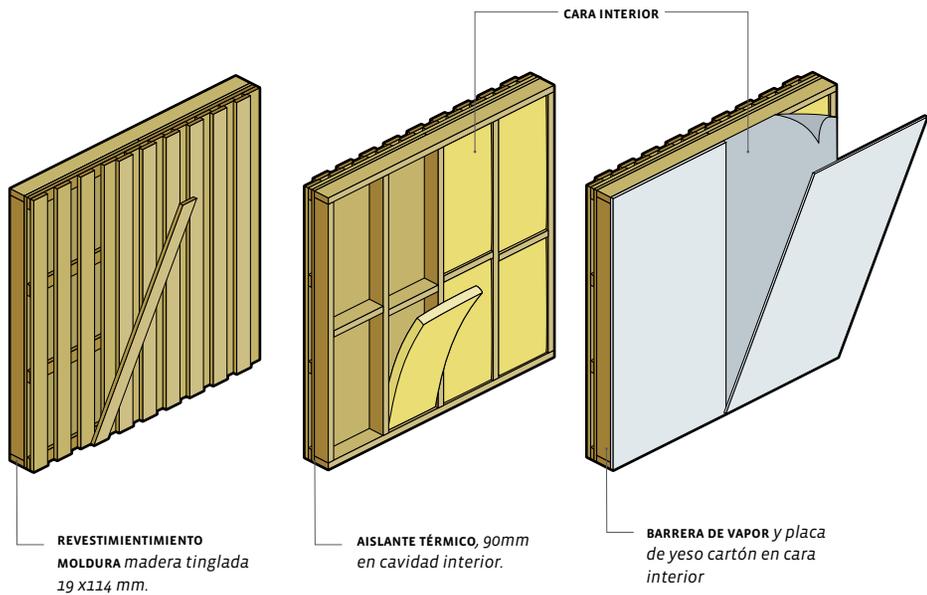


TABLA 1 TEMPERATURA MÁXIMA PARA CADA DÍA DE MEDICIÓN °C

	Temperatura Exterior	Cámara de aire Tinglado	Tinglado Cámara de aire Smart Panel	Cámara de aire Estuco	Sin Cámara
Día 1	27°	23°	23,6°	23,3°	28,3°
Día 2	27,8°	23,7°	24,4°	24,2°	28,9°
Día 3	27,2°	23,9°	24,4°	24,2°	28,8°
Día 4	27,8°	24,2°	24,8°	24,4°	28,4°
Día 5	26,9°	23,7°	24,2°	23,8°	28,3°
Día 6	22,2°	21,1°	21,2°	21,1°	23,7°
Día 7	29,2°	23,6°	23,9°	23,6°	27,9°

Temperaturas máximas alcanzadas en los siete días de medición para cada módulo. (Incluye temperatura ambiental). Fuente: Capítulo G.

y junto a importantes instituciones y empresas asociadas, del sector forestal y de la construcción, como Arauco Distribución S.A, CMPC, CIDM de PUC&CORMA, DECON UC, DICTUC, VOLCAN S.A, Louisiana Pacífic, METRALUM, BROTEC ICAFAL, CLUSTER TRAIGUEN.

También están asociadas a este proyecto, instituciones de enseñanza superior de reconocido prestigio internacional, como el Instituto Tecnológico Sueco para la Investigación de la Madera TRATEK, la Universidad British Columbia de Canadá, la Universidad Técnica de Berlín, Washington State University y SIMPSON Strong Tie.

Las instituciones patrocinadoras que respaldan este estudio de investigación son, el Colegio de Arquitectos de Chile, el Fondo de Cooperación Chile-Suecia, el FONTEC, la Intendencia Metropolitana de Santiago, el Ministerio de Agricultura y el Ministerio de Vivienda y Urbanismo.

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

El Muro Envolvente corresponde a un muro exterior, de estructura de madera de pino radiata, al que se le incorpora un revestimiento ventilado (cámara de aire formada entre la placa arriostrante del muro y el revestimiento), que actúa como un medio o barrera intersticial que reduce la transmisión de calor en primavera verano, permitiendo mejorar los niveles de confort al interior de la vivienda, **Figura N°1**.

Según se explica en capítulo G del presente manual, a través de un procedimiento experimental desarrollado en el marco de este proyecto, se analizó el efecto que la cámara de aire exterior ventilada del muro panel tiene en la temperatura interior de pequeños módulos construidos con diferentes tipos de piel, los cuales se sometieron a condiciones climáticas de verano. Se

pudo verificar que viviendas que utilicen el muro envolvente ventilado desarrollado en el marco de este proyecto, podrán disminuir significativamente el riesgo de sobrecalentamiento en su ambiente interior, si se comparan con viviendas de madera tradicionalmente construidas en el país, cuyos muros no cuentan con la mencionada cámara ventilada. Ello es particularmente importante en climas mediterráneos como el de Santiago y de otras ciudades del norte, centro y centro sur del país.

La **Tabla 1** muestra la temperatura ambiental exterior y la máxima interior en diferentes módulos de 2.40x2.40x2.40 m. instalados en los laboratorios de DICTUC S.A. Se observa que el módulo con panel envolvente sin cámara de aire presenta temperaturas máximas siempre superiores a la del exterior y a la de los diferentes módulos con distintos tipos de piel exterior. En módulos con cámara de aire ventilada exterior, la temperatura máxima interior registrada es hasta 4°C inferior a la medida en el módulo de envolvente sin cámara de aire ventilada sobre su piel exterior.

Los pisos y cercha caseton son estructuras de madera de pino radiata conformada por diferentes elementos dispuestos según un diseño específico, que atienden a la aplicación de diferentes productos ingenieriles como tableros estructurales, madera laminada y aserrada, en diferentes secciones y largos que permite facilitar su armado, como en el caso de la cercha caseton o mejorar la conductividad térmica, acústica y eliminar procesos húmedos como en el caso de los pisos, **Figura N°2 y 3**.

ESPECIFICACIONES DE LOS PRODUCTOS

DEL MURO ENVOLVENTE CON REVESTIMIENTO VENTILADO

Se trata de un estructura de madera en Pino radiata, seco en cámara al 12% (contenido de humedad) según NCh 176/1 Of. 1984. Madera-Parte 1. Determinación de humedad; Grado estructural G-2 según NCh 1970/2 of. 1988. Maderas-Parte 2 Especies Coníferas, Clasificación visual para uso estructural; Preservado según NCh 819 Of. 2003. Madera Preservada – Pino Radiata – Clasificación según uso y riesgo en servicio y muestreo, con sales de C.C.A. (Cobre, Cromo, Arsénico); Escudrías para pie derecho, cadeneta o travesaños y soleras de 41 x 90 mm (2x4), arriostrado por el plomo exterior con placa de O.S.B de espesor 11,1 mm; entre los pie derecho se dispone el aislante de lana de vidrio de espesor de 90 mm; por el plomo interior una barrera de vapor de polietileno de espesor 0,2 mm y como revestimiento interior placa de yeso cartón de espesor de 15 mm. Sobre la placa arriostrante de OSB se clavan en forma equidistante distanciadores de madera de 19 x 41 mm los que forman la cámara de aire. Este entramado vertical puede llevar como revestimiento exterior, moldura de madera tinglada, **Figura N°4**, placa de madera O.S.B, **Figura N°5**, revestimiento de O.S.B. o fibrocemento tinglado, **Figura N°6** o mortero cemento, **Figura N°7** sobre malla metálica galvanizada, u otra solución en materiales plásticos o compuestos, entre otros que se disponen sobre los distanciadores de madera anteriormente descritos.

DE LA FUNDACIÓN DE PLATAFORMA

Esta conformada por elementos verticales anclados al terreno a modo de pilotes, de sección variable de 8-10 pulgadas en pino

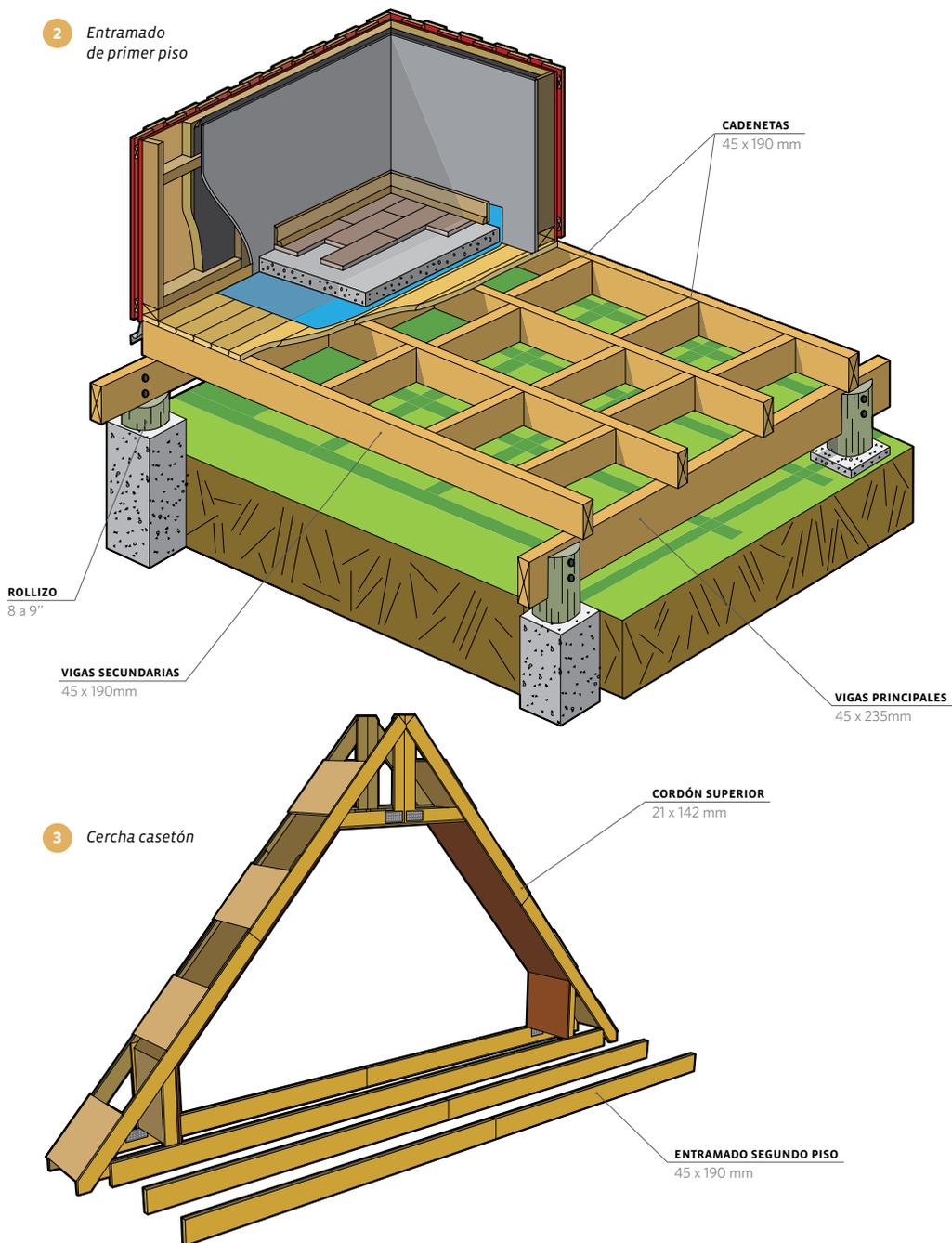
radiata impregnado con sales de CCA, el distanciamiento de pilotes esta dado por el plano de cálculo dependiendo de las características del entramado horizontal conformado por vigas principales y secundarias del mismo material, éstas tendrían secciones que varían de 8-10 pulgadas y de largo de 2,4 a 3,2 MT. Arriostrando todo el sistema mediante una placa estructural de OSB o contrachapado de espesor 15mm. Sobre dicho arriostramiento se puede instalar cualquier revestimiento de pavimento. **Figura N°8**

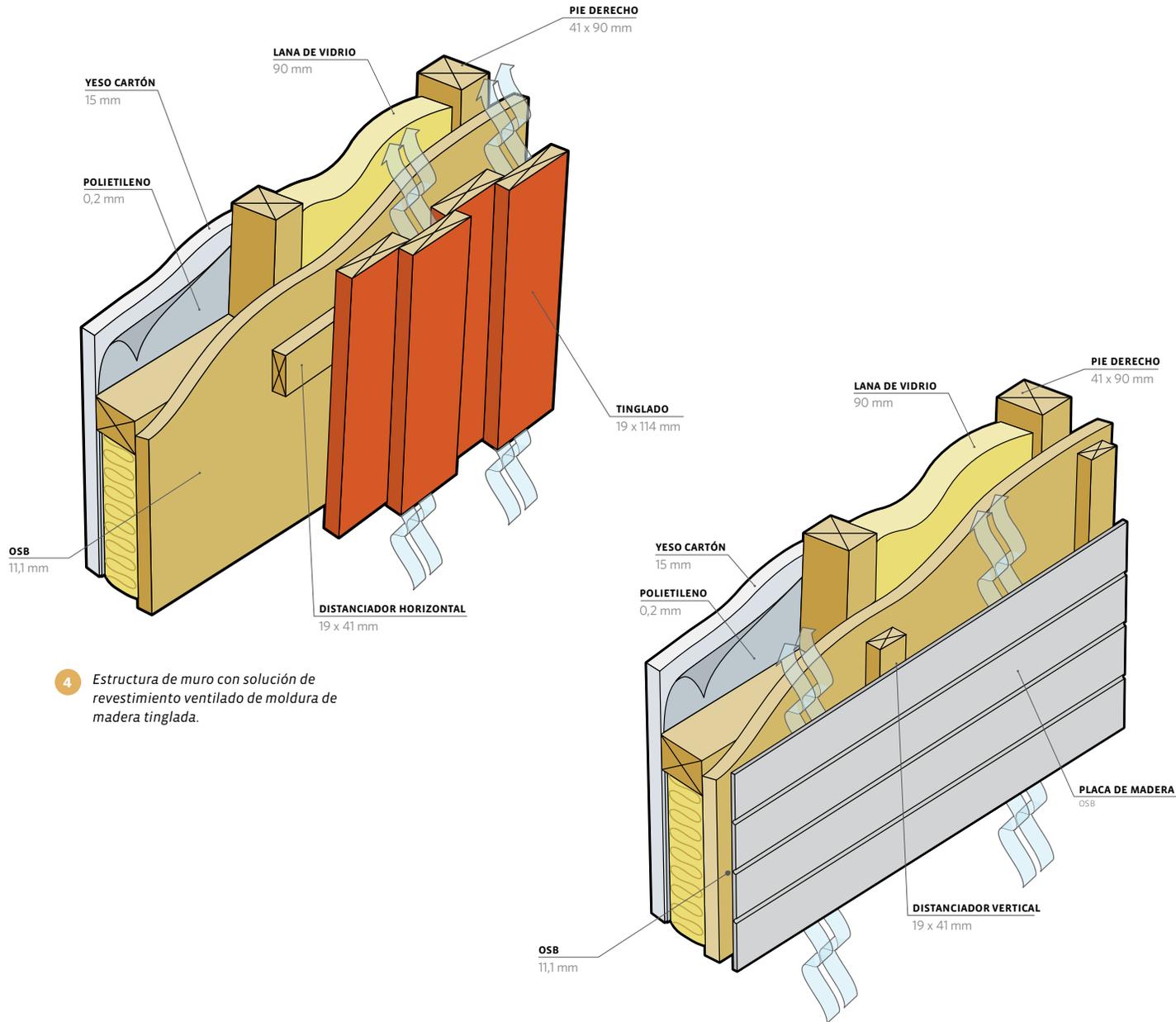
ENTREPISO

Entramado horizontal conformado por vigas principales apoyadas a los muros perimetrales donde descargan las vigas secundarias que conforman la trama, las vigas principales y secundarias varían entre 45x235mm (2x10) o 45x170mm (2x8). Este entramado está arriostrado por una placa estructural de OSB o contrachapado de 15mm, que sirve además como base para recepcionar una loseta de hormigón gravailla de espesor 45 a 50mm. Sobre esta placa se considera una barrera de humedad como una membrana de polietileno de espesor de 0,4 a 0,5mm. Que protege al tableto del agua que contiene el hormigón gravailla. Sobre este hormigón puede instalarse cualquier tipo de pavimento. **Figura N° 9.**

CERCHA CASETON

Estructura conformada por piezas de madera de pino radiata de sección 22x138mm (1x6), para el cordón superior y de 22 por 120mm (1x5) para los tirantes. Un par de cerchas unidas por una placa estructural de contrachapado de espesor de 11,1mm, conforman lo que se ha denominado cercha caseton, como lo muestra la **Figura N°10.**





PROTOTIPOS DE VIVIENDAS DISEÑADAS Y MATERIALIZADAS POR LA INVESTIGACIÓN:

Se materializaron en tres zonas climáticas distintas, como: Santiago, Temuco, Traiguén y Puerto Montt, prototipos de viviendas 98, 95 y 92 metros cuadrados. Con la finalidad de testear y certificar este sistema constructivo se consideraron tres revestimientos exteriores distintos según lo apropiado para cada zona geográfica.

Mediante un estudio de mercado realizado por Collect se obtuvo información acerca de la opinión de futuros usuarios y la percepción que tienen del material madera. Cada uno de estos datos permitieron precisar el nicho en la vivienda de 2000 UF.

La necesidad por construir la vivienda en industria (industrializar o prefabricar por complejos) significó la incorporación al proyecto de arquitectura del desarrollo de legajos técnicos (planos de construcción de las estructuras) para la definición de módulos prefabricados en industria, para así adaptar a cualquier volumetría definida por la arquitectura, al Muro Envolvente, Plataforma de piso, Entrepiso y Cercha Casetón.

Cada vivienda fue diseñada en base a una modulación para adecuar el sistema de industrialización por paneles, que permitiera su posterior despacho desde fábrica y su armado en terreno, el porcentaje de prefabricación en obra gruesa logrado fue de un 85% siendo equivalente a la construcción en industria de todos los muros estructurales y tabiques interiores, además de los componentes constructivos de la techumbre, relativos a cerchas y vigas compuestas. La fabricación se realizó en la industria Lonco Panel de Empresas Fourcade, BROTEC Icafal y el Cluster de Traiguén. Durante el proceso de fabricación en industria, montaje y terminación en obra, las vivien-

das fueron visitadas cada dos semanas en promedio por profesionales de la Escuela de Construcción Civil y su Servicio DECON UC, quienes llevaron a cabo el control de calidad de los materiales y del proceso constructivo, realizando las auditorías e identificando las no conformidades, para asegurar un óptimo resultado del producto a certificar.

ENSAYOS REALIZADOS A LOS PRODUCTOS

DEL MURO ENVOLVENTE

Se llevaron a cabo ensayos que permitieron evaluar el comportamiento de los diferentes parámetros anteriormente enunciados a paneles de 240 x 240 con diferentes revestimientos: de moldura madera tinglada vertical, mortero cemento sobre malla metálica galvanizada y placa de O.S.B; Smart panel.

DE LAS ESTRUCTURAS DE PISO Y ENTREPISO

Se realizaron ensayos a la resistencia a la Flexión a cinco sistemas de entrepiso conformados por diferentes tipos de vigas con tablero arriostrante de OSB y Losa de hormigón de espesor de 45mm reforzada por una malla electrosoldada tipo ACMA C-2.

DE LA CERCHA CASETÓN

Se efectuaron ensayos de carga asimétrica y simétrica vertical, hasta una carga de servicio a probeta conformada por dos módulos de cercha casetón.

Los ensayos se ejecutaron en seis etapas:

ETAPA I

Ensayos mecánicos a 15 paneles, 8 con distanciamientos de pie derecho a 40 cm. y 7 a 60 cm. Con un 50% con placas arriostrantes estructurales de O.S.B y el otro, con contrachapado fenólico.

ETAPA II

Evaluados los resultados mecánicos de la Etapa I se determinó usar placa O.S.B como

placa estructural con distanciamiento de los pie derecho a 60cm, realizando ensayos a 27 paneles con tres revestimientos exteriores diferentes.

ETAPA III

Ensayos de resistencia al fuego a 15 paneles, con diferentes revestimientos exteriores y a 75 probetas a reacción al fuego.

ETAPA IV

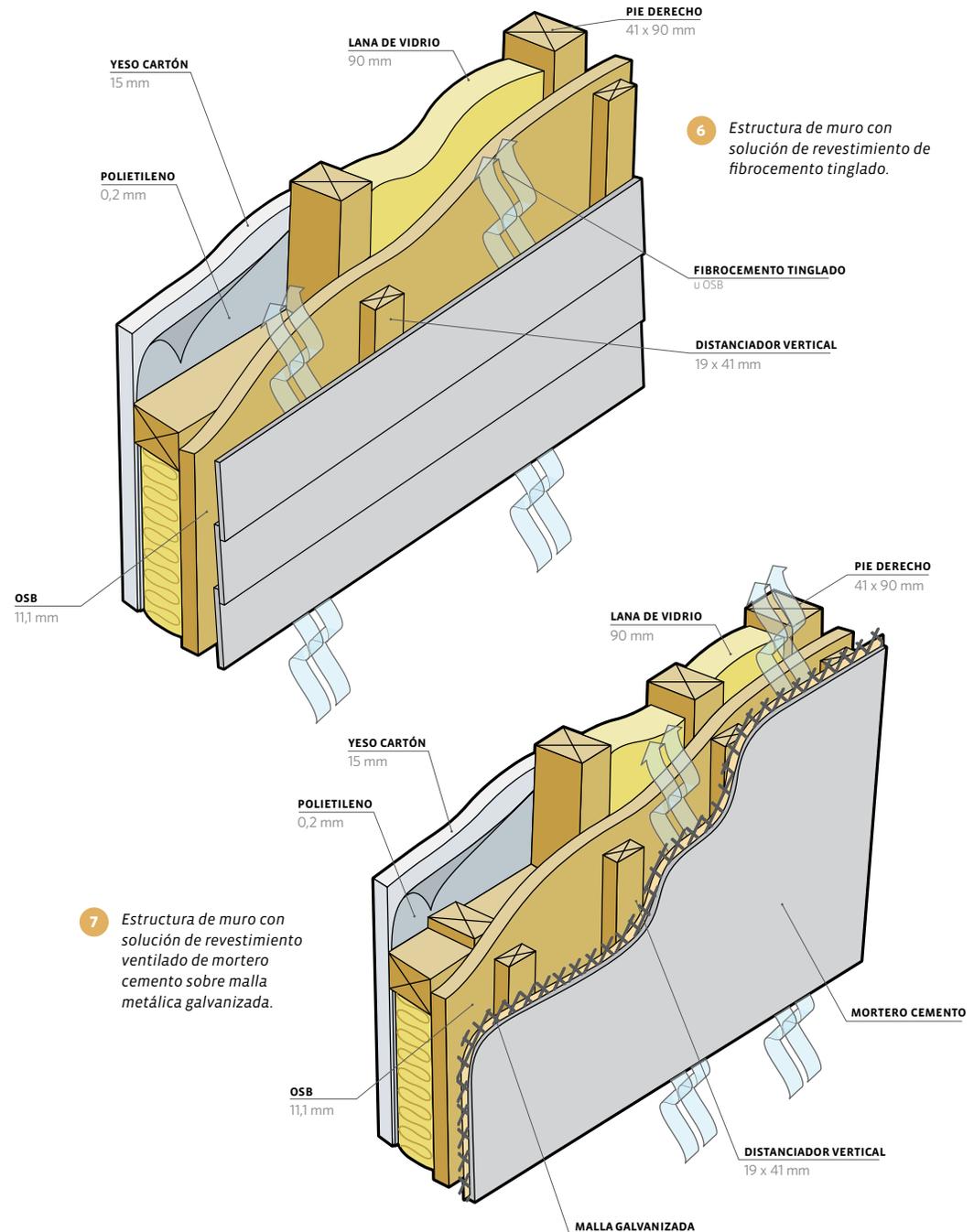
Se llevaron a cabo los ensayos de verano, para comprobar que la cámara ventilada amortigua el efecto de absorción de calor que ocurre en una superficie exterior de un muro estructurado en madera de uso común en Chile. Para lo cual se construyeron cuatro módulos de idénticas dimensiones, expuestos a las condiciones ambientales de verano. Información del análisis y resultados se presentan en el capítulo G. Comportamiento térmico, G.2. El Muro Envoltivo: Cualidades térmicas.

ETAPA V

Ensayos acústicos a 5 paneles con diferentes revestimientos exteriores.

Como última *ETAPA VI*, se realizaron mediciones en las viviendas prototipos, del comportamiento energético y de niveles de confort térmico, utilizando sofisticados sistemas de sensores que entregan una información que permite determinar el comportamiento de los diferentes revestimientos ventilados y soluciones de cubierta, ante diferentes temperaturas según el lugar geográfico tanto exterior como interiormente. De esta forma la investigación queda respaldada y fundamentada con parámetros técnicos que aseguran la calidad del producto vivienda.

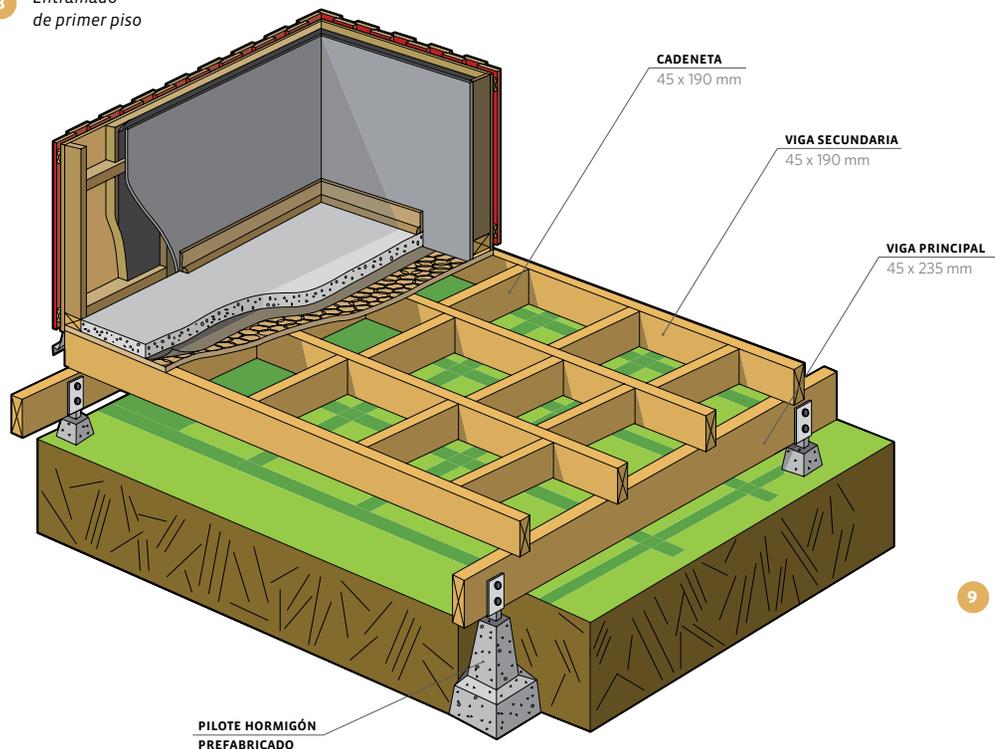
Este texto entrega aspectos a considerar, tanto para el diseño como para la construcción de las diferentes partes que conforman una vivienda, colocando el énfasis en las características técnicas y funcionales



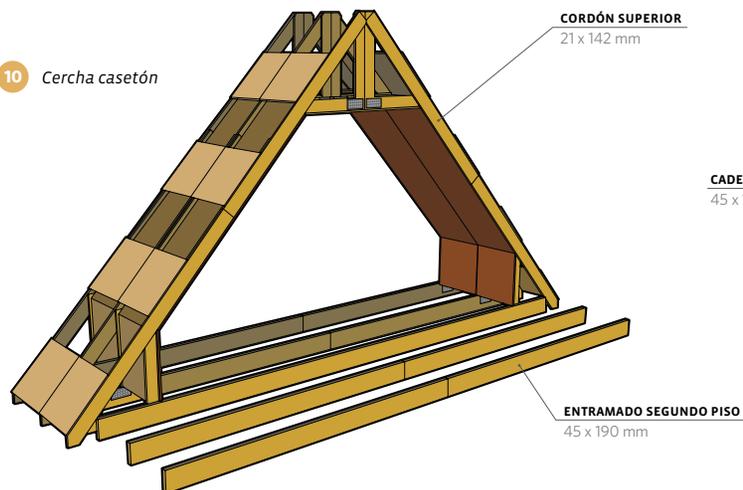
6 Estructura de muro con solución de revestimiento de fibrocemento tinglado.

7 Estructura de muro con solución de revestimiento ventilado de mortero cemento sobre malla metálica galvanizada.

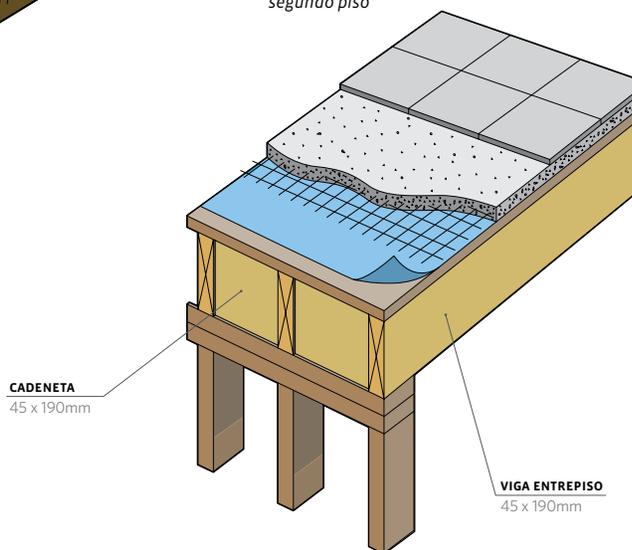
8 *Entramado de primer piso*



10 *Cercha casetón*



9 *Entramado de segundo piso*



del Muro Envoltente, Plataforma de Piso, Entrepiso y Techumbre Cercha Casetón productos principales de este proyecto.

Agradecemos a todos los profesionales investigadores que han participado en esta publicación. La noción multidisciplinaria que nos inspiró y el fortalecimiento de los contenidos y los conocimientos acerca del material madera, ha sido posible gracias a una fructífera relación de estudio entre ingeniería, construcción, diseño y arquitectura, entendidas como disciplinas complementarias y que se validan entre sí. Esta relación armónica, posibilita todo cuanto se edifica y le propone al lector un conjunto de productos, testeados y probados con profundo rigor, voluntad de innovación y cariño por la investigación, para nosotros editores, este trabajo puso; por sobre las consideraciones específicas del tema que nos convocó, en valor a la madera como material de noble procedencia, de calidad y durabilidad indiscutida, que por su abundancia en nuestro país, obliga a su cuidado y profundo conocimiento.

ALEXANDER FRITZ
MARIO UBILLA

Editores
Noviembre 2011

B

CONSIDERACIONES PARA EL DISEÑO Y PROCESO CONSTRUCTIVO DEL MURO ENVOLVENTE

Alexander Fritz | Mario Ubilla

- B.1 ESPECIFICACIÓN DE LA MADERA DE PINO RADIATA PARA LA ESTRUCTURA DE MURO ENVOLVENTE, PLATAFORMA DE PISO, ENTAMADO DE ENTREPISO Y CERCHA CASETÓN.
- B.2 MURO ENVOLVENTE ESTRUCTURADO EN MADERA (ENTAMADO VERTICAL), PLATAFORMA DE PISO EN MADERA, ENTAMADO DE ENTREPISO EN MADERA, CERCHA CASETÓN.
- B.3 PARTES QUE CONFORMAN LA ESTRUCTURA DE LOS COMPONENTES ESTUDIADOS.
- B.4 COMPONENTES DE UNIÓN, ARRIOSTRAMIENTO, Y FIJACIÓN DE LOS ELEMENTOS DE LAS ESTRUCTURAS INVESTIGADAS.
- B.5 FUNDACIÓN CONTINUA Y AISLADA.
- B.6 ANCLAJE INFERIOR DEL MURO ENVOLVENTE A LA PLATAFORMA DE PISO Y ENTREPISO.
- B.7 ANCLAJE SUPERIOR DEL MURO ENVOLVENTE A ENTREPISO Y CERCHA CASETÓN.
- B.8 SOLUCIÓN DE ENCUENTRO DE MUROS: ADYACENTES, EN EQUINAS Y CON MUROS INTERIORES.
- B.9 CONSIDERACIONES NECESARIAS PARA LA PREFABRICACIÓN DE LOS COMPONENTES.

ESPECIFICACIÓN DE LA MADERA DE PINO RADIATA PARA LAS ESTRUCTURAS ENVOLVENTES

B.1 B.2 B.3 B.4 B.5 B.6 B.7 B.8 B.9

Las cualidades o defectos que posee la madera pueden determinarse a partir del árbol de donde proviene. Ésta tiene una compleja estructura natural, diseñada para servir a las necesidades funcionales de un árbol en vida, más que para ser utilizado como material en carpintería y para fabricar estructuras de viviendas.

Para establecer y efectuar un buen uso de éste material, es necesario, conocer su naturaleza, características y comportamiento, para lo cual resulta fundamental contar con sus especificaciones técnicas.

Una correcta especificación debe considerar los siguientes aspectos:

USO O DESTINO DE LA MADERA

Madera para uso estructural, por ejemplo, para pie derecho del Muro, Vigas de Entrepiso, o elementos que conforman la Cercha Casetón. Madera para terminaciones, por ejemplo revestimiento exterior, interior o piso.

ESCUADRÍA NOMINAL

Con el objeto de facilitar la comprensión y promover el buen uso de la normal chilena NCh 2824 Of 2003 Maderas – Pino radiata – Unidades, dimensiones y tolerancias, (ver Anexo 1), se introduce el concepto de denominación comercial que corresponde a una designación adimensional, de las dimensiones nominales de piezas de madera de Pino radiata. Su grado de elaboración queda establecido por las dimensiones expresadas en milímetros. Por ejemplo; si se especifica la utilización de piezas de 2x4, sin informar sus dimensiones normalizadas en milímetros, queda abierta la posibilidad de usar tres tipos posibles de calidades de madera:

- Madera dimensionada (aserrada verde, de 48 x 98 mm), con un contenido de humedad no menor al 25%.

- Madera dimensionada (aserrada seca, de 45 x 94 mm), con un contenido de humedad de 15 a 19%.

- Madera cepillada (cep/4c de 41 x 90mm), con un contenido de humedad de 13 a 15%.

LARGO COMERCIAL

Dependiendo de la escuadría y la función del elemento de la Estructura especificada para el muro, el entrepiso o techumbre, será el largo necesario ha adquirir. El largo de una pieza se expresa en metros con dos decimales y se fabrican en largos de 2,40; 3,20; 4,00 y 4,80 m.

CONTENIDO MÁXIMO DE HUMEDAD

La madera que se utiliza para estructura, necesariamente debe ser secada en cámara, con una humedad de salida de ésta del 12% +-2%.

TIEMPO DE ESTABILIZACIÓN

La madera en el lugar donde prestará servicio, debe pasar por un período de estabilización de humedad, adaptándose a las condiciones locales de temperatura, humedad relativa del aire y época del año, antes de ser utilizada en la fabricación de elementos soportantes o de ubicarla en su lugar definitivo.

La estabilización debe realizarse de manera adecuada, ya que si bien la madera recibida en obra puede llegar en óptimas condiciones, ésta podría sufrir severas deformaciones que afecten su resistencia, estabilidad dimensional, o el desempeño de éstas en servicio, producto de una deficiente manipulación y/o mal almacenamiento en obra.



1 Aislación del suelo mediante colocación de polietileno y piezas de maderas (cuartones) que receptionan a la madera a encastillar.



2 Encastillamiento de paneles sobre cuartones.

ESPECIFICACIÓN DE LA MADERA DE PINO RADIATA PARA LAS ESTRUCTURAS ENVOLVENTES

B.9 B.8 B.7 B.6 B.5 B.4 B.3 B.2 B.1



3 Encastillado ordenado, clasificado de vigas doble T.

Debido a esto, es de suma importancia tomar las siguientes precauciones y consideraciones:

- Evitar contacto directo de la madera con el suelo, **Figura N°1**.
- Almacenar la madera en forma encastillada, **Figura N°2**, y protegida de la exposición directa al sol o de la lluvia.
- Evitar almacenar la madera en ambientes húmedos y no ventilados.
- Mantener encastilladas, en orden, clasificadas por escuadrías y largos, **Figura N°3**, evitando piezas arrumbadas.

GRADO ESTRUCTURAL DE LA MADERA:

Por tratarse de madera para uso estructural (entramados verticales, horizontales y tijerales) se debe especificar su clasificación, ya sea visual (GS, G1 o G2) según NCh 1207 Of. 2005 Pino radiata – Clasificación visual para uso estructural – Especificaciones de los grados de calidad, o clasificación mecánica (C16 o C24), según BSEN-519, (Norma Británica).

PRESERVACIÓN

Para asegurar la durabilidad natural de la madera debido a los ataques de hongos, insectos o perforadores marinos se debe impregnar mediante sustancias químicas que la hagan resistente a los ataques. Esto se consigue haciendo la madera venenosa o repelente a los agentes biológicos, según uso y riesgo de servicio de las piezas. NCh819 Of. 2003 Madera preservada – Pino radiata – Clasificación según uso y riesgo en servicio y muestreo, se clasifica el riesgo de la madera y requisitos que debe cumplir en función de la penetración (mm, cm) y retención, kgs óxido / m³. Por ejemplo para el caso de una estructura resistente corresponde a la clasificación de riesgo R2, preservado con C.C.A. con retención mínima del producto químico de 4kg/m³. (Anexo 2).

EJEMPLO DE ESPECIFICACIÓN DE LA MADERA DE PINO RADIATA:

La estructura del entramado del Muro Envoltente está conformado por piezas de madera de pino Radiata (soleras, pie derecho, cadenetras), escuadrías de 41 x 90 mm cepillado dos caras, largo de las piezas de 2.40m, secado en cámara con humedad máxima del 14% (certificada), el contenido de humedad según la zona geográfica, se controlará de acuerdo con los procedimientos establecidos en la Norma NCh 176/1 Of. 1984 Maderas – Parte 1 Determinación de humedad, aceptándose una tolerancia de $\pm 3\%$, antes de su colocación en servicio. Para que adquiera su humedad de equilibrio, se debe considerar encastillar 20 días antes en las Zona Litoral, Norte Valle Transversal o Central Litoral, y 30 días en Zona Central Interior, Sur Interior o Sur Litoral, según la Norma NCh 1079 Of. 1977 Arquitectura y construcción – Zonificación climático habitacional para Chile y recomendaciones para el diseño arquitectónico. Importante es conocer el lugar donde se fabricarán los muros, ya que deben ser protegidos de la lluvia, humedad del terreno y rayos solares, en su encastillamiento. Grado estructural G2 certificado según NCh 1207 Of. 2005, por organismo oficial, impregnado con C.C.A. con retención mínima de 4kg/m³ según NCh 819 Of. 2003

MURO ENVOLVENTE

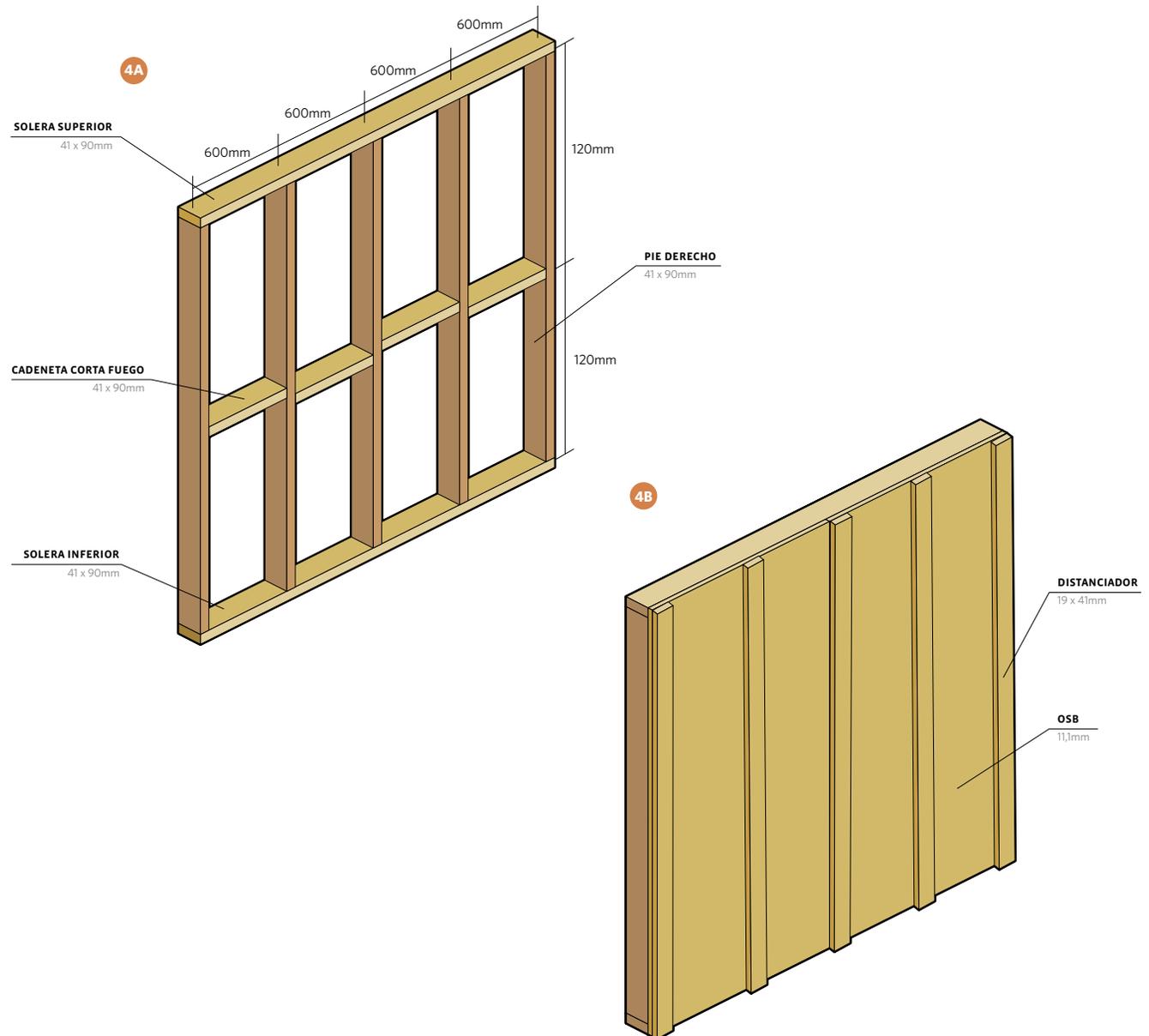
Conformado por Pie Derechos, Soleras superior e inferior y cadenetitas, logrando un entramado vertical de madera de pino radiata según especificación técnica.

En la **Figura N°4A** se presenta un panel de dimensiones aproximadas de 2.40m x 2.40m entramado de madera de pino radiata de escuadrías de 41x90mm. (cuyas especificaciones se expondrán a continuación). Con distanciamiento de pie derecho a eje de 600mm y una transversal cortafuego que se ubica en la mitad de la altura.

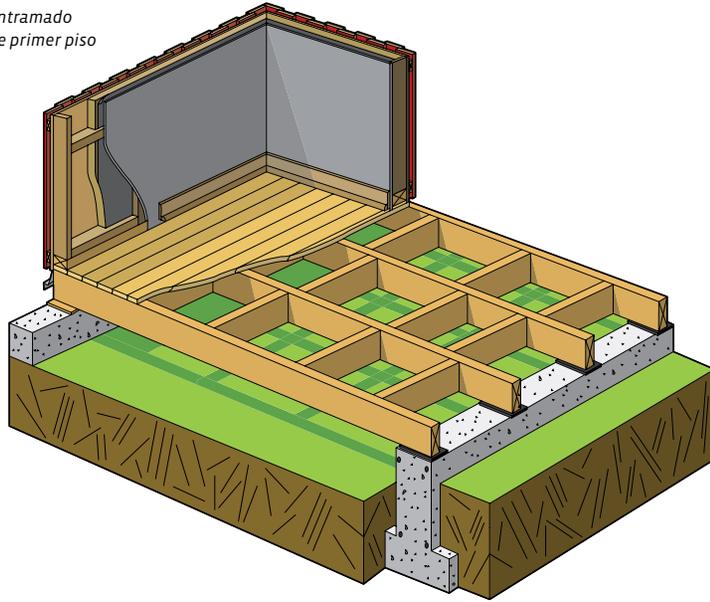
En la **Figura N°4B** se presenta el panel con placas arriostrantes de O.S.B. de espesor 11,1mm. Sobre la placa estructural se ubican los distanciadores de 19x41mm que conforman la cámara ventilada.

PLATAFORMA DE PISO

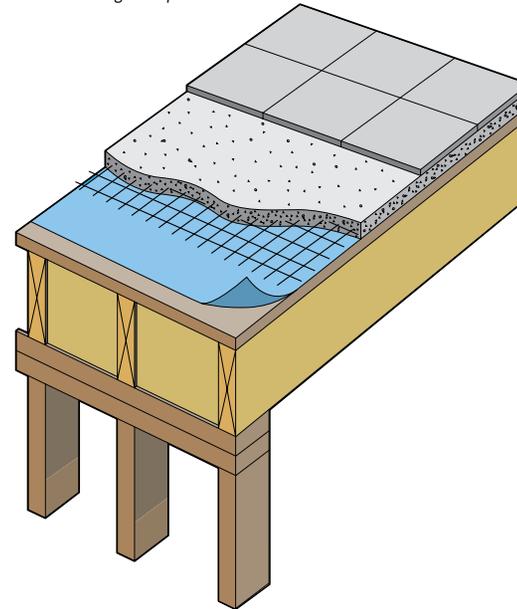
Entramado horizontal de madera de Pino radiata, que puede montarse en una fundación continua. La especificación de los elementos referido a escuadrías, largos y distanciamientos, dependerán del cálculo estructural. A modo de ejemplo se muestra la **Figura N°5A** la solución constructiva de una plataforma montada en una fundación continua y **Figura N°5B** Fundación aislada.



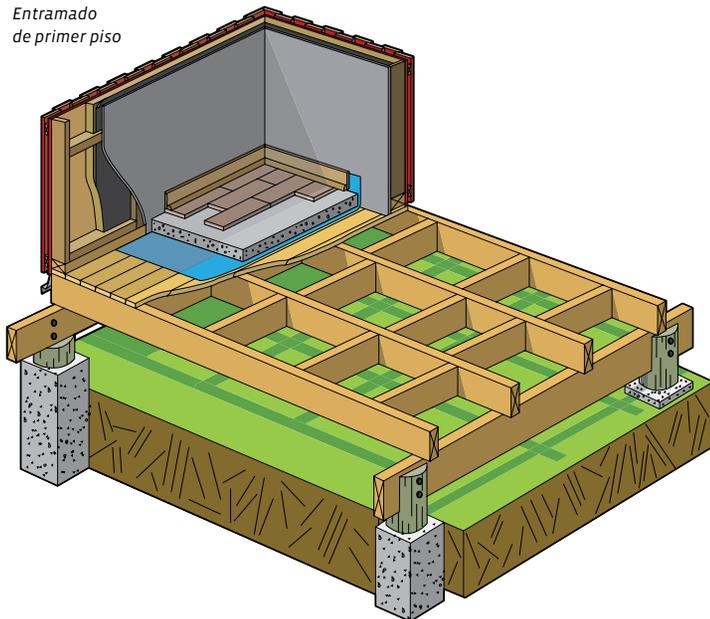
5A Entramado de primer piso



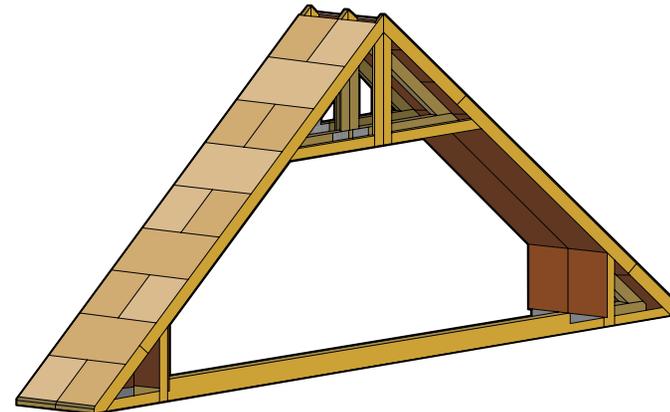
6 Entramado de segundo piso



5B Entramado de primer piso



7 Cercha casetón

**ENTREPISO**

Entramado horizontal de madera de Pino radiata, que se monta sobre los muros perimetrales del primer piso. La especificación de los elementos referidas a escuadrías, largos y distanciamientos dependerán del cálculo estructural. A modo de ejemplo en la **Figura N°6** se muestra la Solución constructiva de un entrepiso de una vivienda tipo.

CERCHA CASETÓN

Techumbre prefabricada conformada por Módulos llamados cercha casetón, consiste en una estructura de madera a modo de cercha tipo A doble, que se fija al muro perimetral incorporando como cordón inferior de amarre traccionado los cordones inclinados de la cercha. Además este cordón inferior conforma el entramado de entrepiso. Como lo muestra la **Figura N°7**.

PARTES QUE CONFORMAN LAS ESTRUCTURAS

B.1 B.2 B.3 B.4 B.5 B.6 B.7 B.8 B.9

MURO ENVOLVENTE

El entramado del Muro Envoltente de la vivienda, está conformado por piezas estructurales, verticales y horizontales de madera de Pino radiata, y un tablero estructural arriostrante de terciado fenólico u O.S.B. (Oriented Strand Board).

Se diseñan para resistir cargas estáticas provenientes desde niveles superiores, y cargas dinámicas de transmisión de esfuerzos horizontales producidos por sismo o viento.

COMPONENTES PRINCIPALES

Son aquellos elementos que estructuran el Muro Envoltente en su fase de armado o prefabricación, **Figura N°8A**:

SOLERA INFERIOR

Su función principal es distribuir las cargas verticales hacia la fundación y afianzar el Muro Envoltente a la plataforma (hormigón, loseta o madera).

PIE DERECHO

Su principal función es transmitir axialmente las cargas provenientes de niveles superiores de la estructura y soporte para el arriostramiento.

SOLERA SUPERIOR

Transmite y distribuye a los componentes verticales las cargas provenientes de niveles superiores de la vivienda (entrepiso o techumbre).

TRANSVERSAL O CADENETA CORTAFUEGO

Su función consiste en bloquear la ascensión de los gases de combustión y retardar la propagación de las llamas por el interior del Muro Envoltente, en caso de incendio. Además desde el punto de vista estructural, cumple la función de acortar la luz de pandeo de los pies derecho de los paneles.

JAMBA

Su función principal es soportar la estructuración del dintel. Mejora la resistencia al fuego del vano como conjunto, y refuerza en forma colaborante, con su pie derecho de apoyo longitudinal, la rigidez necesaria para el cierre y abatimiento (eje pivotante), de puertas y ventanas.

DINTEL

Su estructuración dependerá de la luz del vano y de la carga superior por el entrepiso o por la solución de la estructura de techumbre.

TABLA DE ESCUADRÍAS DE DINTEL

Luz de Vano	Escuadría del dintel
0,50 a 1,0 mt.	2(2x4) o 2(41x90mm.)
1,0 a 1,5 mt.	2(2x6) o 2(41x138mm.)
1,5 a 2,0 mt.	2(2x8) o 2(41x185mm.)
2,0 a 2,5 mt.	2(2x10) o 2(41x230mm.)

ALFEIZAR

Su estructuración dependerá de la longitud o ancho del vano, tipo y materialidad de la ventana que se especifique, **Figura N°8B**.

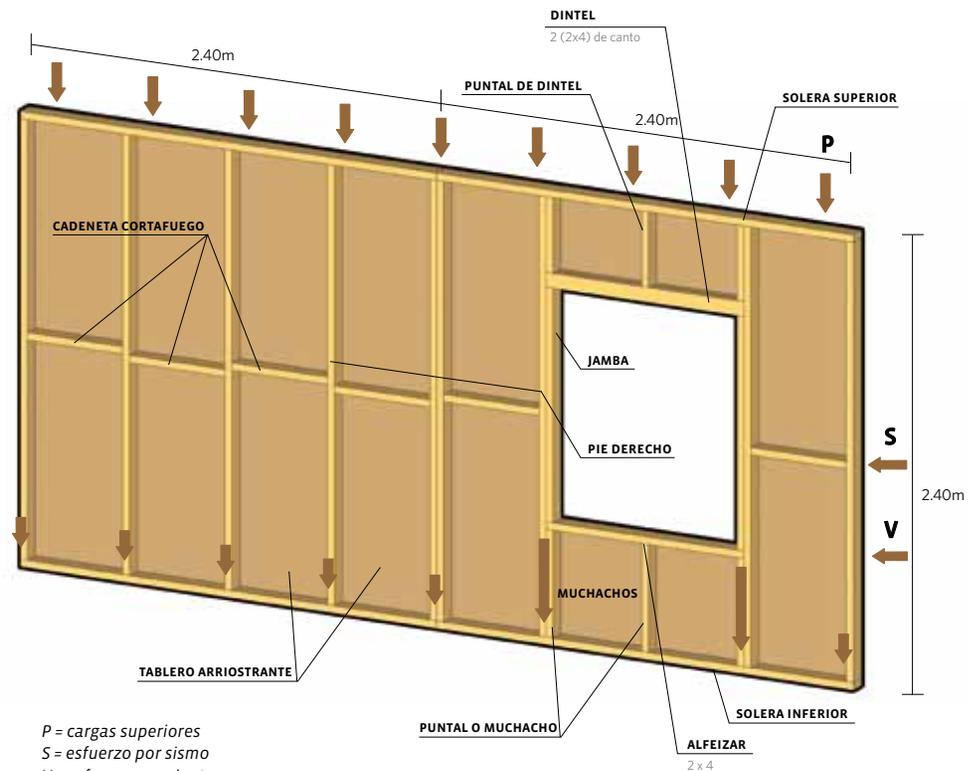
PUNTEL DE DINTEL

Permiten mantener, para efectos de modulación (según distanciamiento entre pie derecho), la fijación de revestimientos por ambas caras del entramado vertical, **Figura N°8B**.

MUCHACHOS O PUNTEL

Cumple la función de reforzar el apoyo del alfeizar, para asegurar un buen mecanismo de abertura de la ventana, **Figura N°8B**.

8A Dos paneles prefabricados de 240m de ancho por 240m de altura aproximado.

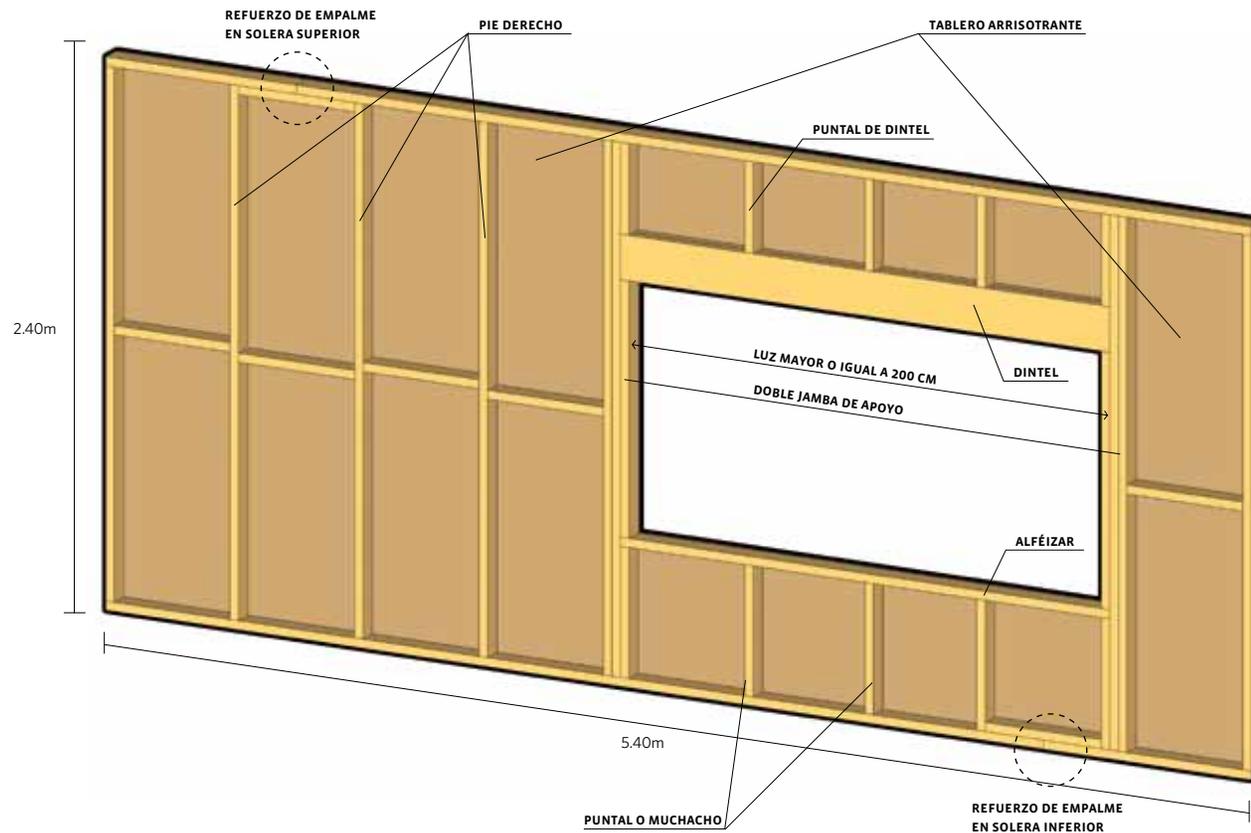


P = cargas superiores
 S = esfuerzo por sismo
 V = esfuerzo por viento

TABLERO ARRIOSTRANTE*(APLICADO A PROYECTO FONDEF)*

Cumple la función de rigidización del entramado vertical (conjunto de pie derecho y soleras). Como componente arriostrente, la incorporación de tableros contrachapados (terciados) o tableros de hebras orientadas (OSB Oriented Strand Board), presentan una serie de ventajas respecto a otras soluciones tradicionales (como cadenetas entre pie derecho cada 40 cm y diagonales de madera que cortan a media madera los pie derecho), tales como:

- Mayor eficacia estructural.
- Mayor rendimiento y economía en la fabricación de estructuras.
- Una vez armado, el Muro Envolvente no presenta piezas mecánicamente debilitadas por uniones de corte a media madera entre los pies derecho y la diagonal estructural.
- Los muros arriostrados con este tipo de tableros han demostrado un mejor comportamiento al sismo.
- Potencia el diseño de arquitectura, tanto en la proyección de superficies, como en vanos de puertas y ventanas.
- Al no utilizar diagonales estructurales, se requiere la incorporación de solo una fila central o intermedia de transversales cortafuego.
- Se requiere un menor volumen de madera incorporada a la estructura del Muro Envolvente.
- Se realiza un menor número de cortes de piezas y clavado de nudos (uniones) por unidad de superficie.
- Se logra una mayor eficiencia en la utilización de horas hombre de fabricación.

8B Muro armado in situ.

PARTES QUE CONFORMAN LA ESTRUCTURA DEL MURO ENVOLVENTE

B.1 B.2 B.3 B.4 B.5 B.6 B.7 B.8 B.9

COMPONENTES ESTRUCTURALES
(uniones y anclajes)

Los muros soportantes son los principales elementos de la estructura resistente de una vivienda. Sus componentes son encargados de transmitir las cargas estáticas y dinámicas que afectan la edificación.

Por tal razón, debe realizarse una cuantificación del tipo y magnitud de las sollicitaciones permanentes y eventuales, de modo que una vez en servicio, los muros soporten y cumplan con la función para la cual fueron diseñados.

Por lo anterior, es necesario incorporar una serie de piezas al o a los muros para asegurar su comportamiento estructural, y que según diseño se pueden identificar las siguientes:

SOLERA SUPERIOR DE AMARRE

Pieza horizontal de igual escuadría que la solera superior, que cumple la función de amarrar los muros adyacentes por la parte superior, **Figura N°9**. La fijación de la solera de amarre a la solera superior se ejecuta mediante los clavos de acero helicoidales de 31/2" o corrientes, cada 30 cm, alternados cada 15 cm, como lo muestra la **Figura N°10**.

La solera de amarre de estos muros logra entre ellos una continuidad, con un eje central común, sin embargo, se debe tener especial atención en dos casos que se pueden presentar:

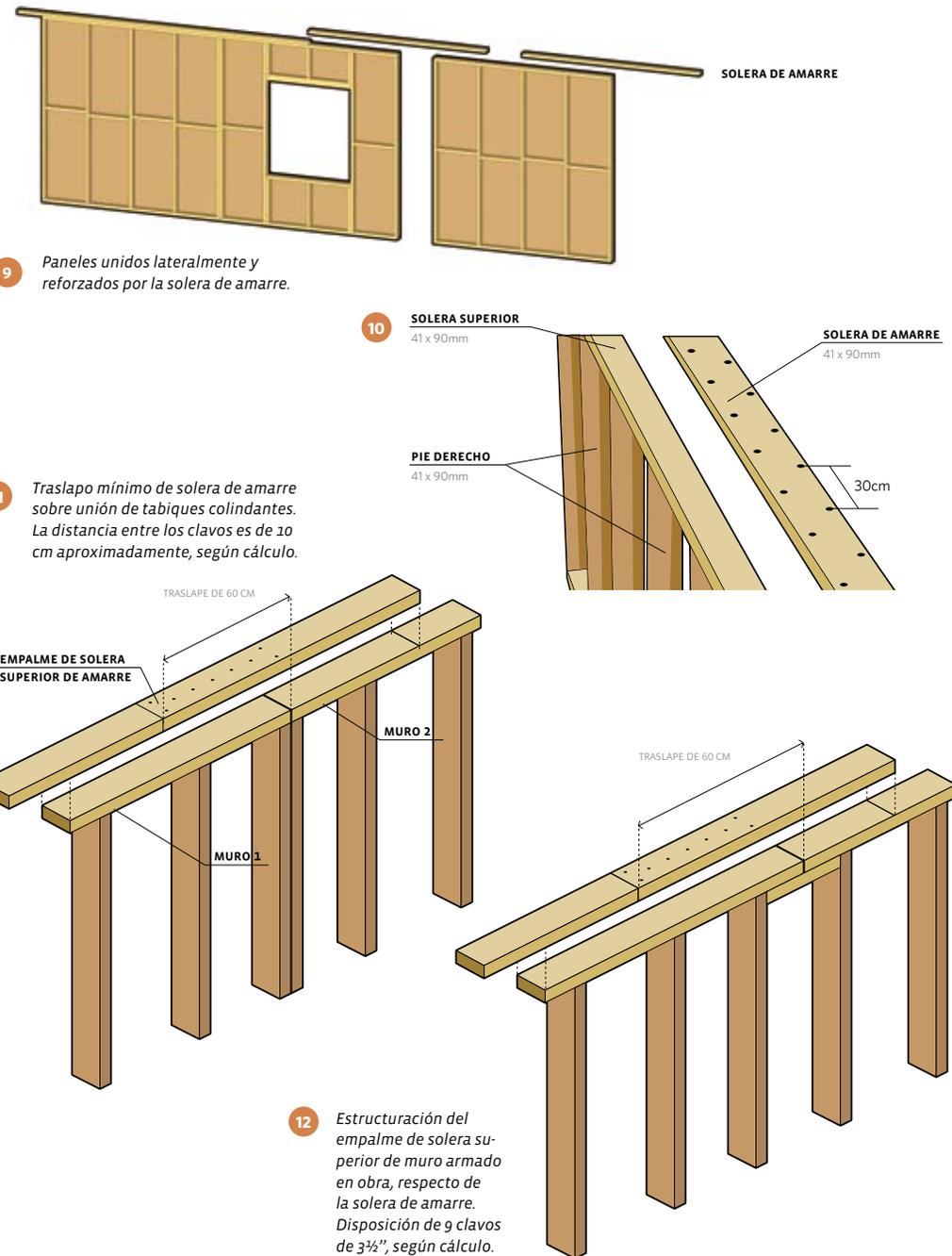
a. La solera de amarre debe contar con un traslape mínimo de 60 cm sobre el muro adyacente cuando se produzca discontinuidad de ésta. Este último tramo debe ser asegurado con nueve clavos de acero de

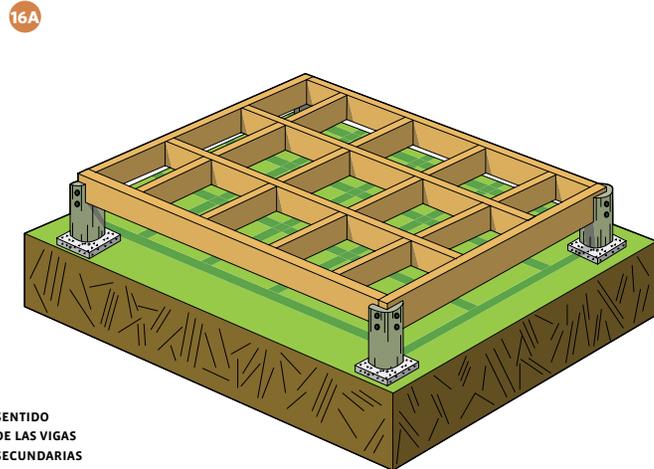
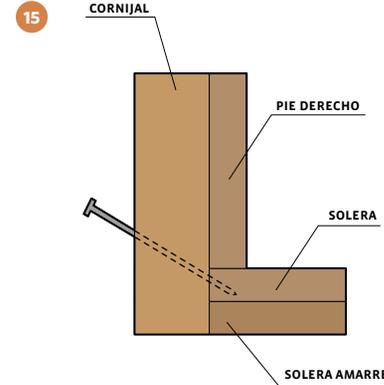
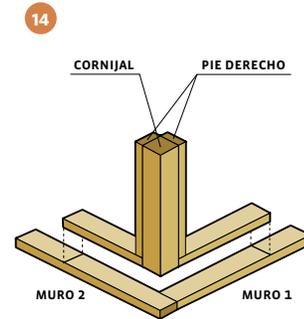
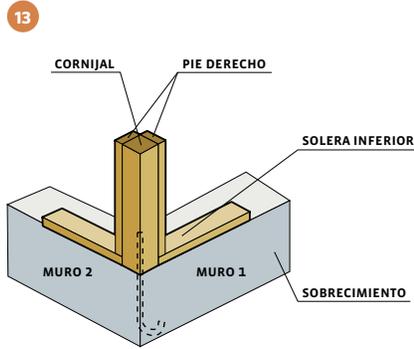
31/2" helicoidales o corrientes, según la disposición que se muestra en la **Figura N°11**.

b. Otra situación que se puede presentar, es cuando la prefabricación del Muro Envoltente se realiza en obra sobre la plataforma, y al prearmar los elementos en longitudes mayores se producen discontinuidades por la limitante del largo comercial de las piezas utilizadas, como se observa en la **Figura N°12**, en dicho caso se debe disponer de una pieza por debajo de la solera superior de largo igual a la distancia entre los pie derecho, en este caso de aproximadamente 60 cm, con cuatro clavos de acero helicoidales de 31/2" o corrientes mínimo. Sobre el empalme de las dos soleras se dispone la solera de amarre, utilizando el mismo criterio anterior, con respecto al traslape mínimo y la solución de anclaje con clavos.

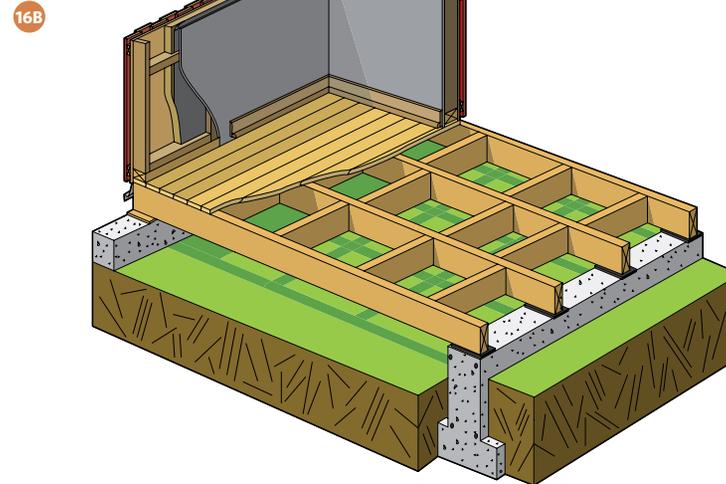
CORNIJAL

Según la solución que se defina para el encuentro de esquina de dos muros, es necesario contar con un elemento estructural de igual ancho que los pie derecho que conforman el Muro Envoltente para anclarlos a esta pieza, llamada cornijal. De sección cuadrada aporta capacidad de soporte y una mayor superficie de clavado a la solución del revestimiento exterior. El anclaje de la base del cornijal puede materializarse sobre una plataforma de hormigón, **Figura N°13**, la unión de éste a la plataforma de hormigón se realiza mediante un espárrago de acero diámetro 8mm, introducido por roce al cornijal. En caso del primer piso o a una solera de montaje, **Figura N°14**, la unión del cornijal a la plataforma de madera se realiza a la solera de montaje mediante 2 clavos de lancero con un ángulo de 30 grados, para las dos caras exteriores como se muestra en la **Figura N°15**.





SENTIDO DE LAS VIGAS SECUNDARIAS



2. PLATAFORMA

Entramado horizontal del primer piso que recibe las cargas de peso propio, uso permanente y transitorios, transmitiéndolos a la fundación aislada y continua **Figura N° 16A** y **Figura N° 16B**.

COMPONENTES PRINCIPALES

- **VIGAS PRINCIPALES** Elementos de pino radiata estructural según especificaciones de sección de 45x190mm, 2x8 o 45x235mm, 2x10, que salvan luces según cálculo entre 2.40mt a 3.20mt, transmitiendo las cargas de su peso propio, de uso y de los esfuerzos laterales como viento y sismo a la fundaciones aisladas como se muestra en la **Figura N°16A** y **Figura N° 16B**; o en fundaciones continuas.

- **VIGAS SECUNDARIAS** Elementos estructurales lineales de madera de pino radiata según especificaciones de sección de 45x190mm (2x8) o 45x235mm (2x10), que conforman una trama de distancias entre 400 y 600mm, que transfieren las cargas a que es sometida la plataforma a las vigas principales, como la muestra la **Figura N°16A** y **Figura N° 16B**.

- **CADENETAS** Elementos estructurales de madera de pino radiata según especificaciones de sección variable, dependiendo de la forma de su instalación entre las vigas secundarias podrán ser de igual sección o menor en un 50% dispuesto perpendicular a una distancia de 1.20mt para evitar las deformaciones laterales, volcamiento y posibles alabeos de las vigas secundarias, como lo muestra la figura **Figura N° 20 (p.24)**. Además la distancia de 1.20 favorece la instalación de la placa arriostrante debido a su proporcionalidad por formato 120x240. Otra forma de lograr este cadeneteo es mediante la instalación de piezas de 41x65mm (2x3) en forma de cruces de san Andrés que ofrece la ventaja de mantener ventilada la estructura y facilitar las pasadas de ductos de instalación sanitaria y calefacción. Como se muestra en la **Figura N° 27 (p.27)**.

PARTES QUE CONFORMAN LA ESTRUCTURA DEL MURO ENVOLVENTE

B.1 B.2 B.3 B.4 B.5 B.6 B.7 B.8 B.9

TABLERO ARRIOSTRANTE Placa estructural de hebras orientadas OSB o contrachapado fenólico que permite rigidizar la plataforma, absorbiendo los esfuerzos laterales por la acción del viento y sismo. Los tableros son de formato 1.20 x2.40 dispuesto sobre las vigas en forma trabada en un tercio de su largo como mínimo, con una dilatación de dos milímetros entre ellas. Estos deben ser humedecidos antes de ser colocados en su posición definitiva. Como lo muestra la **Figura N°17** y **Figura N° 18**.

OTROS COMPONENTES Los componentes de la sub-base de la plataforma, esta conformada por una placa de fibra de madera prensada perforada de 3mm, cuya función es contener la aislación térmica de lana mineral o fibra de vidrio espesor mínimo de 80mm, como se muestra en la **Figura N° 19**.

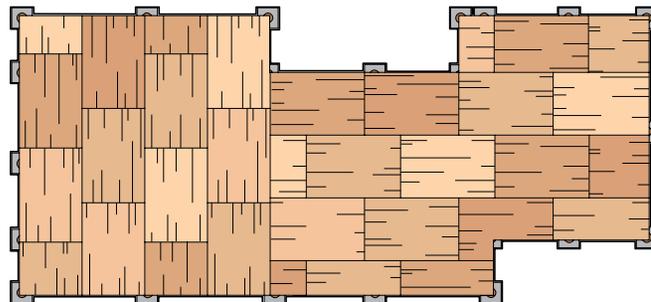
ENTREPISO

Entramado horizontal del segundo piso, que recibe las cargas del peso propio, uso permanente y transitorios, transmitiéndolos a los muros perimetrales e intermedios del primer piso, necesarios para acortar las luces de apoyo de las vigas secundarias. Como se muestra en la **Figura N°20**.

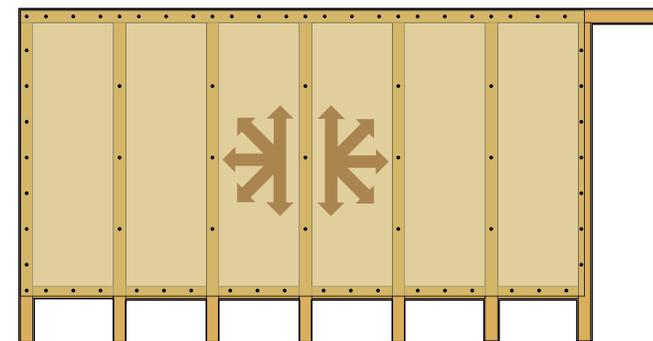
COMPONENTES PRINCIPALES

Los componentes son los mismos que se expusieron en la plataforma del primer piso cuya diferencia es que ésta se materializa a nivel del segundo piso **Figura N° 20**.

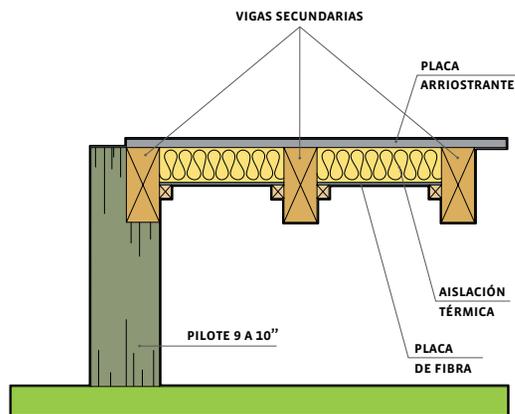
17 Superficie de piso en base a placas



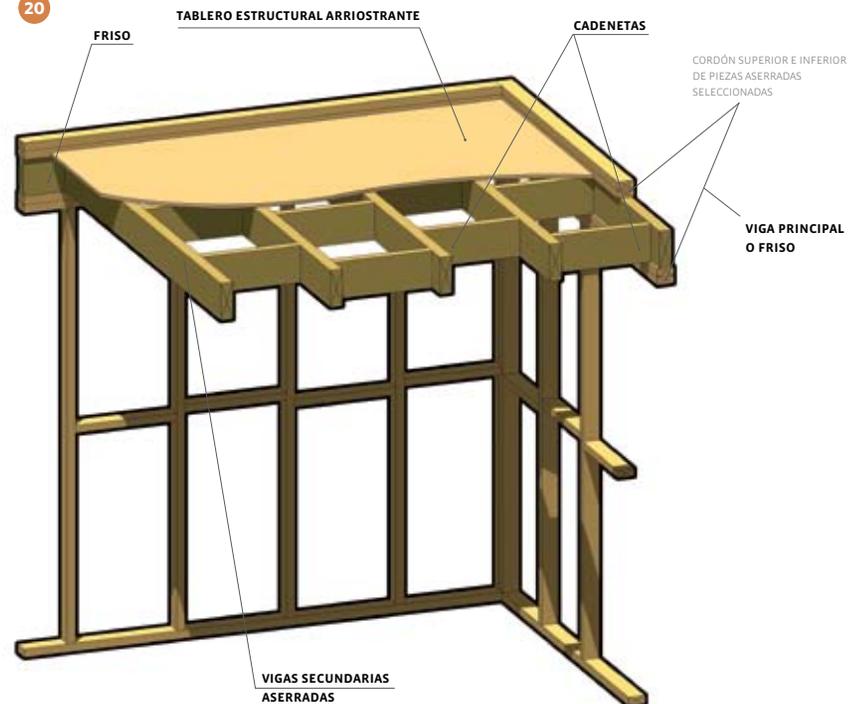
18 Entramado clavado de superficie de piso



19 Envigado y aislación de entramado de piso

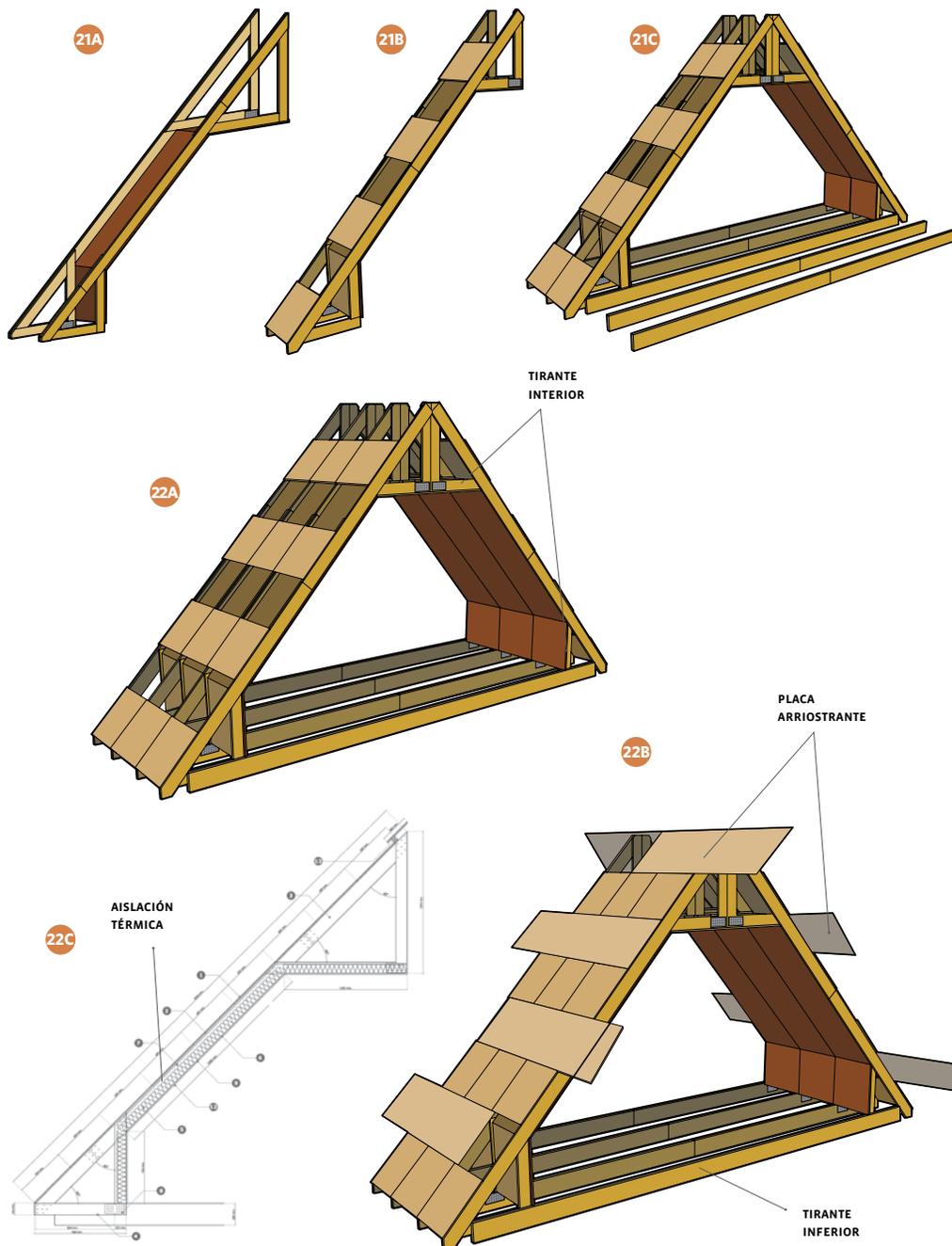


20



COMPONENTES DE UNIÓN, ARROSTRIAMIENTO Y FIJACIÓN DE LOS ELEMENTOS DEL MURO ENVOLVENTE

B.9 B.8 B.7 B.6 B.5 B.4 B.3 B.2 B.1

**CERCHA CASETÓN**

Solución prefabricada de una techumbre a dos aguas mediante la construcción de dos pares de medias cerchas de tipo habitable, conforman lo que se ha denominado como cercha casetón. A la cual se le ha incorporado un tirante inferior que se ubica entre dos cerchas casetón permitiendo obtener la solución del entramado horizontal del segundo piso, como lo muestra la **Figura N° 21c**.

COMPONENTES PRINCIPALES*PAR O CORDÓN SUPERIOR*

Para el armado de la cercha casetón se debe disponer de cuatro piezas de madera estructural según especificaciones técnicas de sección de 19x138mm (1x6), de largo que dependerá de la luz que salvará la estructura de techumbre en la vivienda. Dichas piezas se disponen en 45° como se muestra en la **Figura N° 21 A, B, C**.

TIRANTES INTERIORES

Conjunto de piezas de madera estructural de pino radiata, que conforman ocho triángulos 4 superiores y 4 inferiores, rectángulos de sección de 19x125mm (1x5) cuyos largos dependerán de las especificaciones del plano estructural de la cercha casetón como lo muestra la **Figura N° 22A**.

PLACA ARRIOSTRANTE

Tablero estructural de hebras orientadas OSB o contrachapado fenólico de 11,1 mm. que se instala por el borde interior del par como se muestra en la **Figura N° 22B**. Conformando el medio casetón. Sobre la placa arriostrante se instala la aislación térmica, colchoneta de lana de vidrio o colchoneta

de fibra mineral papel dos caras de espesor 90 a 100mm. **Figura N° 22C**. A continuación se instala por el borde exterior del par la placa arriostrante OSB o contrachapado fenólico formato de 600x600mm que se dispone en sentido longitudinal entre los pares que conforma el casetón como se muestra en la **Figura N° 22B**.

TIRANTE INFERIOR

Para completar la instalación de la cercha casetón se incorpora un tirante inferior de madera de pino radiata estructural según especificaciones técnicas de 41x230mm (2x10) de largo dependiente de proyecto de arquitectura, como se muestra en la **Figura N° 22B**. El conjunto de cerchas casetón armado con el tirante incorporado conforman la trama horizontal que entrega la solución del entrapiso de la vivienda.

SOLUCIÓN ESTRUCTURAL DEL MURO ENVOLVENTE

UNIONES DE LAS PIEZAS DEL ENTRAMADO QUE CONFORMAN EL MURO ENVOLVENTE

La estructura del entramado del Muro Envoltente se conforma por piezas de escuadría de 41x90mm, con uniones de tope con dos clavos mínimo para evitar la rotación de las piezas, como lo muestra la **Figura N°23 A**. Los pie derecho se ubican a 60cm a eje y la altura de solera superior a inferior es de 240cm aproximadamente, la transversal de cortafuegos se instalará en la mitad de la altura del entramado vertical. La disposición de los demás elementos (jambas, dintel, alfeizar y otros), serán instalados según lo especifiquen los planos de estructura para cada caso.

La unión de las piezas del entramado se especifica con clavos helicoidales galvanizados de 3 1/2" o corrientes, en la disposición que lo muestra la **Figura N°23 A y B** en el nudo que corresponda, en el caso de la transversal cortafuego en línea, se obliga a clavar de lancero la pieza correspondiente.

FIJACIÓN DE LA PLACA ARRIOSTRANTE

Sobre el entramado de la estructura del Muro Envoltente se clavará, por el paramento exterior, la placa arriostrante de O.S.B, de 1.22 x 2.44m de espesor de 11.1mm, que debe ser instalada de acuerdo a las instrucciones del fabricante.

El perímetro del tablero de hojuelas orientadas O.S.B. deben llevar como fijación clavo helicoidal de 2" o corrientes, como lo muestra la **Figura N°24**, distanciados cada 100mm entre sí. Se entenderá como tal, a todo borde de tablero que se apoye en:

- Solera de montaje y de amarre.
- Soleras superior e inferior.
- Pie derecho de encuentro entre tableros.
- Borde de vanos en puertas y ventanas (jamba, dintel y alfeizar).

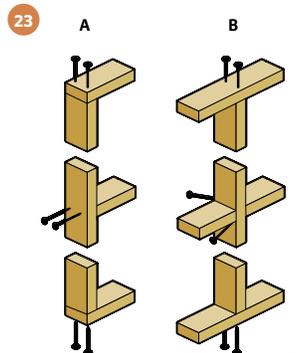
En la parte central del tablero se colocarán las fijaciones, de clavos helicoidales o corrientes de 2" a doble distancia o sea cada 200mm. Se debe cuidar que el clavado se realice desde el centro del tablero hacia los bordes, tal como se ilustra en la **Figura N°25**.

PLATAFORMA

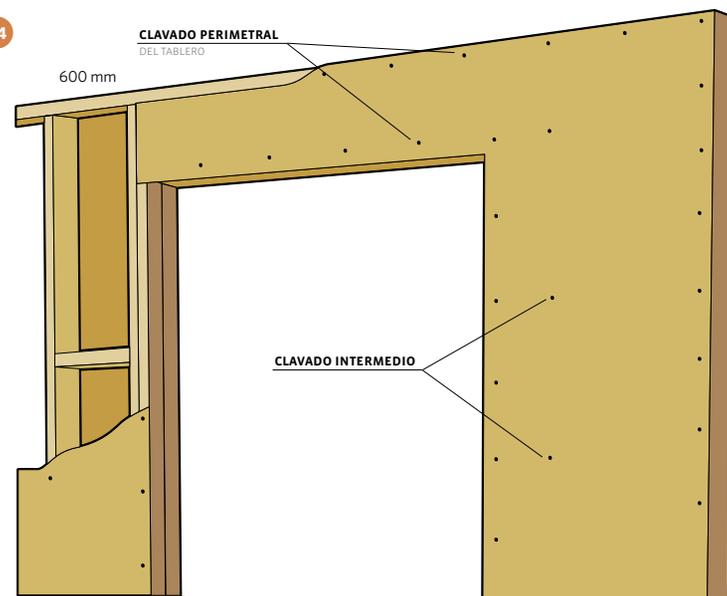
Las vigas principales 2x8 o 2x10 del entramado van unidas a los pilotes de madera impregnado según norma Nch 819, de 8 a 10 pulgadas de diámetro, mediante dos tirafondos o pernos pasados de 10mm de diámetro y largo variable según el plano de cálculo como lo muestra la **Figura N°26 A**.

Se debe considerar que la unión entre la viga y el pilote se realiza en toda la superficie del corte que es necesario efectuar en el mismo, como el control riguroso de los niveles para que el canto superior de la viga conforme un plano horizontal. La unión entre las vigas secundarias a las vigas principales pueden ser de variadas formas, con tres clavos corrientes de acero, como mínimo de 5 pulgadas. Como se muestra en la **Figura N°26 B**, otra forma de unir estas piezas es mediante diferentes conectores metálicos de variadas formas utilizando tornillos y clavos según especificaciones del catálogo del fabricante.

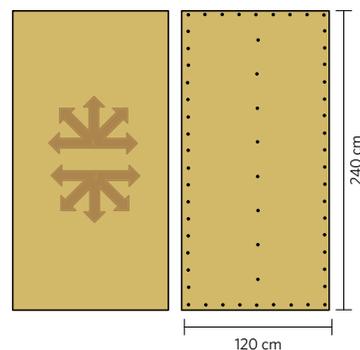
La unión de las cadenetetas que se ubican entre las vigas secundarias se realiza de la misma forma que las uniones de las vigas principales y secundarias. En el caso de las cadenetetas en cruz de San Andrés se de-



24

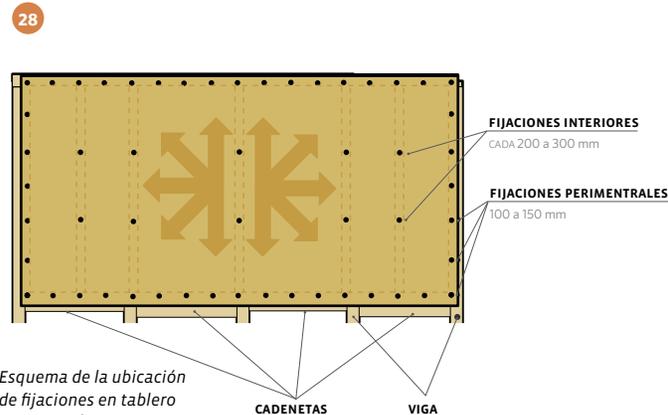
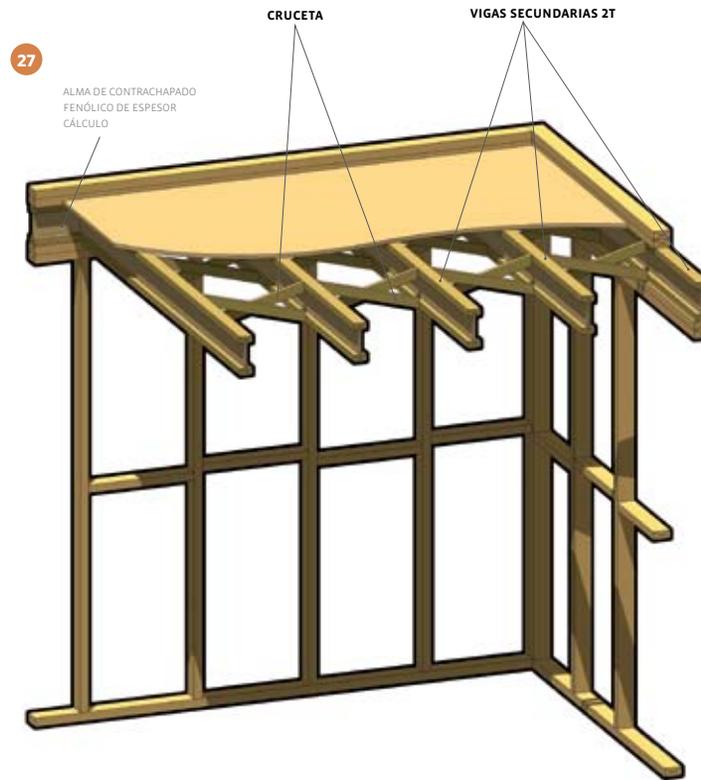
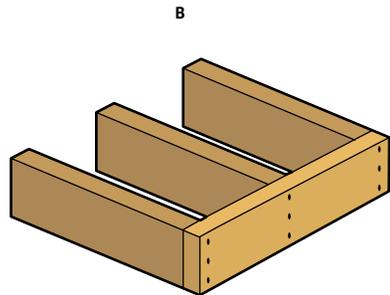
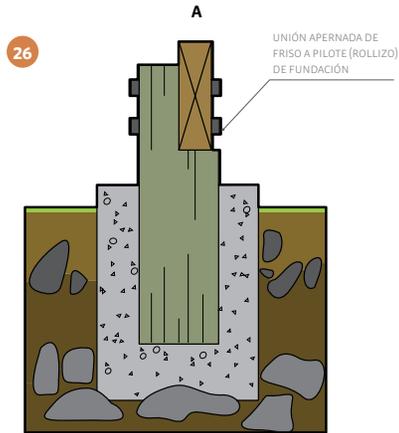


25



COMPONENTES DE UNIÓN, ARROSTRIAMIENTO Y FIJACIÓN DE LOS ELEMENTOS DEL MURO ENVOLVENTE

B.9 B.8 B.7 B.6 B.5 B.4 B.3 B.2 B.1



Esquema de la ubicación de fijaciones en tablero estructural.

ben fijar las piezas en su extremo superior como se muestra en la **Figura N°27**, y el extremo inferior se fijará a la viga secundaria días después de que se halla producido un mejor equilibrio de humedad con el medio.

La fijación de los tableros estructurales al entramado conformado por vigas y cadenas, se realiza mediante clavos helicoidales o corrientes de 2,5 pulgadas. O tornillos de 2,5 pulgadas de largo y diámetros de 5 a 6 mm considerando los aspectos siguientes:

TRAZADO DE EJES

Tizado sobre el tablero según distancias de las vigas secundarias y ubicación de las vigas principales.

Distanciamiento entre fijaciones perimetrales cada 100 a 150mm y en el interior de 200 a 300mm. Cuidando que la distancia del borde sea de 10mm como lo muestra la **Figura N°28**.

La fijación se debe iniciar desde el centro del tablero hacia el perímetro, **Figura N°28**.

ENTREPISO

La estructura conformada por vigas, cadenas y tablero arriostrante, son resueltas por uniones mecánicas, mediante clavos helicoidales o corrientes y tornillos como se expuso detalladamente en la estructura de plataforma, que tiene los mismos elementos constituyentes.

CERCHA CASETÓN

Los diferentes elementos que conforman la estructura son unidos por clavos helicoidales o corrientes como se observa en la solución de cada uno de los nudos que se presenta en la **Figura N°21A (p.25)**.

Solo en el caso de unión de contacto de las piezas se utiliza una placa plana de acero de 2mm o madera estructural de contrachapado fenólico de 11mm características especificadas según cálculo.

CONSIDERACIONES GENERALES

CARGAS INVOLUCRADAS

El sistema constructivo en madera tiene la ventaja respecto a las soluciones constructivas tradicionales, que el peso de los elementos estructurales corresponde alrededor del 20% de la carga que son capaces de soportar, esto implica que las condiciones de carga que debe resistir el suelo donde será materializada la vivienda de madera resultan bastante menos exigentes. Cabe recordar que un m³ de madera de pino radiata tiene un peso aproximado de 440 a 460 Kg/m³ (10 a 15% humedad) y que en una albañilería armada o reforzada u hormigón armado, fluctúan sus pesos entre 1.800 a 2.400 Kg/m³. Las cargas que actuarán sobre el terreno serán principalmente de compresión (considerando el peso propio de la fundación, muros del primer y segundo piso, plataforma del segundo piso, estructura de techumbre), cargas de uso (peso de las personas, muebles y enseres de casa) y cargas eventuales como viento, nieve o sismos.

Para el cálculo, criterios y consideraciones de dichas cargas, se deben respetar las indicaciones de la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones (OGUC) y de las normas chilenas vigentes NCh 1198. Of. 2006 Madera – Construcciones en madera – Cálculo y de otras normas complementarias.

CARACTERÍSTICAS DEL SUELO

NATURALEZA DEL SUELO

Existen terrenos donde es difícil fundar como los poco consolidados, tales como rellenos con capacidad de soporte muy baja, los que pueden presentar asentamientos a la aplicación de sobrecarga durante el primer año o suelos salinos suscep-

tibles a las filtraciones de agua que puedan disolver parte de la estructura salina, produciendo también asentamientos.

PRESENCIA DE AGUA

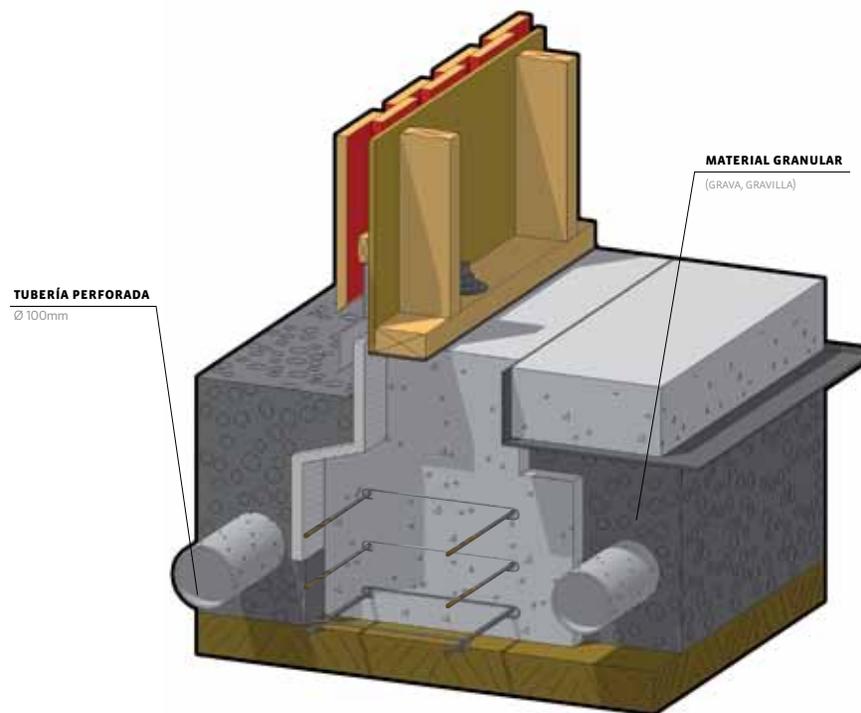
La presencia de agua en un suelo o las variaciones de humedad pueden tener consecuencias en la capacidad de soporte de éste, en el diseño de la fundación, como en el proceso constructivo, impactando en el valor final de la vivienda.

Los efectos del agua sobre terrenos conformados por gravas, arenas o combinación, no afectan a sus propiedades, pero si éstas son arenas finas, limos o arcillas pueden actuar como agente cementador y tienen el efecto de aumentar la adherencia y volumen del suelo, lo que hace necesario considerar construir un sistema de zanjas de drenaje para evitar dichos cambios de volumen, **Figura N°29**.

En el caso de fundaciones que han quedado por debajo de la napa freática, se hace necesario impermeabilizar la fundación y evacuar el agua mediante drenes.

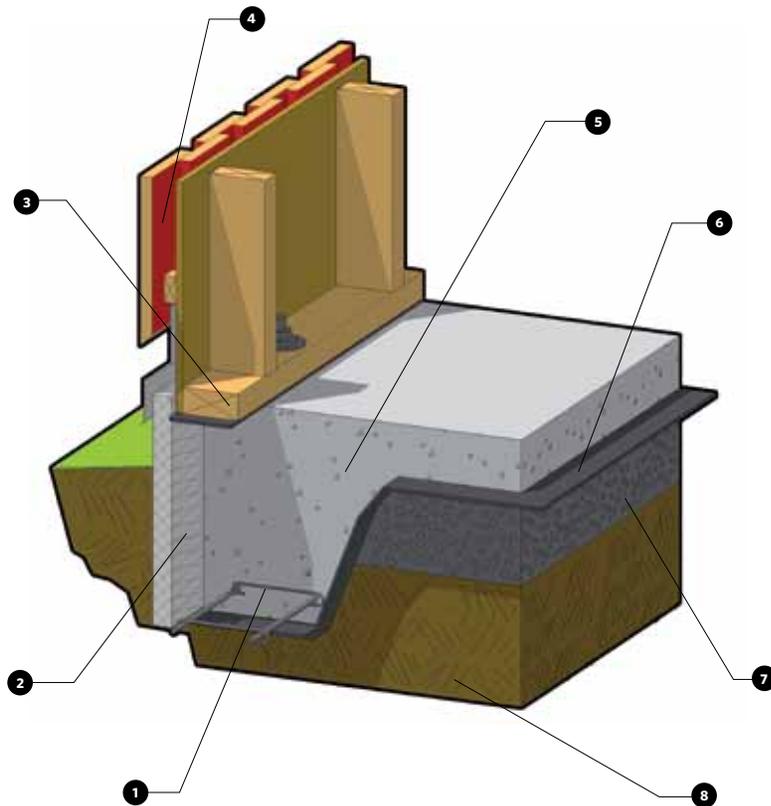
Las soluciones a este tipo de problemas son variadas y en general consisten en evitar que el agua ascienda por capilaridad en las fundaciones que se puedan transmitir hacia el interior de la vivienda, **Figura N°29, 30, 31** se muestran las soluciones más comunes y económicas.

En zonas frías, las bajas temperaturas pueden congelar el agua, produciendo un cambio de su volumen, repercutiendo en las propiedades del suelo, lo que hace necesario que las fundaciones se ubiquen a la profundidad de al menos un metro, del nivel medio natural, sobre todo cuando se trata de suelos finos no plásticos.



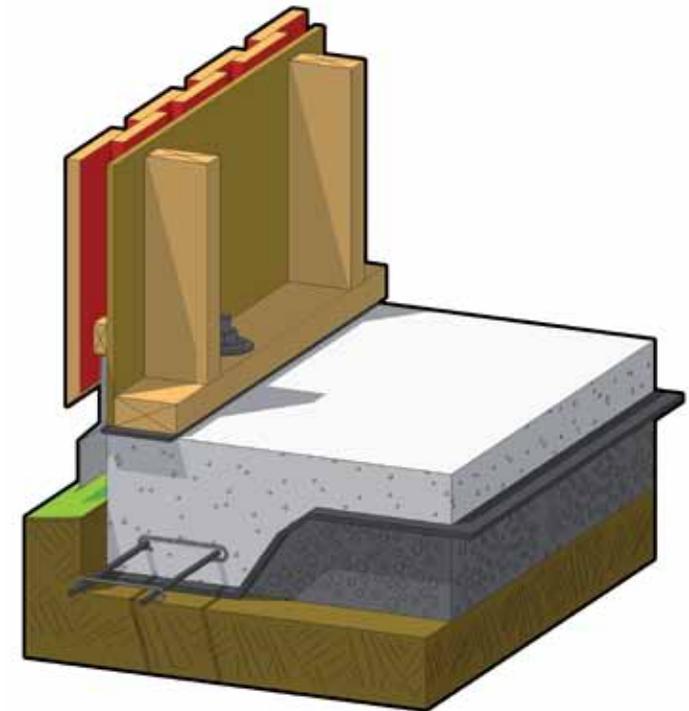
29

Fundación que han quedado por debajo de la napa freática, y zona geográfica lluviosa, se refuerza con dren interior adicional y protección superficial del cemento, sobrecimiento y bajo el radier, como se observa en la figura. Es necesario evacuar el agua mediante tubos de drenaje que se instalan. Es necesario evacuar el agua mediante tubos de drenaje que se instalan. protección superficial.



30 Protección de filtración de aguas superficiales producida en zonas altamente lluviosas.

- 1.- Armadura refuerzo diámetro 10mm
- 2.- Impermeabilización (fibra de vidrio)
- 3.- Solera inferior del muro
- 4.- Revestimiento del muro
- 5.- Hormigón de fundación
- 6.- Barrera de humedad
- 7.- Material granular (grava)



31 Fundación que han quedado por debajo de la napa freática, y zona geográfica lluviosa, se refuerza con dren interior adicional y protección superficial del cimient, sobrecimiento y bajo el radier, como se observa en la figura. Es necesario evacuar el agua mediante tubos de drenaje que se instalan. Es necesario evacuar el agua mediante tubos de drenaje que se instalan. protección superficial del cimient, sobrecimiento y b uperficial del cimient, sobrecimiento y bajo el radier, como tubos de tubos de drenaje que se .

FUNDACIÓN CONTINUA Y AISLADA

B.1 B.2 B.3 B.4 B.5 B.6 B.7 B.8 B.9

TIPOS DE FUNDACIÓN

Las fundaciones superficiales utilizadas generalmente en la construcción de viviendas de madera son:

FUNDACIÓN AISLADA

Con pilotes de madera sobre dados de hormigón, como lo muestra la **Figura N°32**. Pilote de hormigón con cimiento de 0.5 x 0.5m, altura variable según estudio de suelo, armadura de 0.15 x 0.15m con 4 barras A63-42H de diámetro de 10mm (según cálculo), estribos diámetro de 6 mm cada 20 cm, emplantillado hormigón pobre de espesor de 10 cm, **Figura N°33**.

En caso de pilotes de madera, **Figura N°32**, de diámetro de 9 a 10", de pino radiata impregnados (8kg/m³ de sales de C.C.A.). Cimiento de 0.5x0.5m y altura variable según estudio de suelo, hormigón simple H-5, emplantillado hormigón pobre o grava de espesor de 10 cm. Disposición en planta de los pilotes de madera, unidos por vigas principales de pino radiata, por ejemplo de 45x235mm.

FUNDACIÓN CONTINUA EN HORMIGÓN SIMPLE

Recomendadas para suelos de buena calidad de soporte y con poca pendiente, conformado por emplantillado, cimiento y sobrecimiento como lo muestra la **Figura N°34**.

FUNDACIÓN CONTINUA CONFORMADA POR CIMIENTO DE HORMIGÓN H5 CON 20 A 30% DE BOLÓN DESPLAZADOR, ancho de 0.40 a 0.50m y altura variable según estudio de suelo, sobre emplantillado de espesor de 0.10m de hormigón pobre o grava. Sobrecimiento armado de altura mínima en punto más desfavorable de 0.20m, ancho de 0.15 m hormigón H-10. Anclaje de la solera inferior de los muros de madera, que muestra la ubicación de un espárrago con punta hilada de diámetro mínimo de 8mm.

FUNDACIÓN CONTINUA CON HORMIGÓN ARMADO: Recomendada para terrenos de baja calidad de soporte, conformado por un sobrecimiento con armadura o sea viga que permite tomar las cargas de los muros y transmitirlas a zapatas aisladas como se muestra en la **Figura N°35**. La armadura de la viga de fundación corresponde a acero A63-42H, y hormigón H20, dimensiones de la viga, según cálculo.

CASOS ESPECIALES

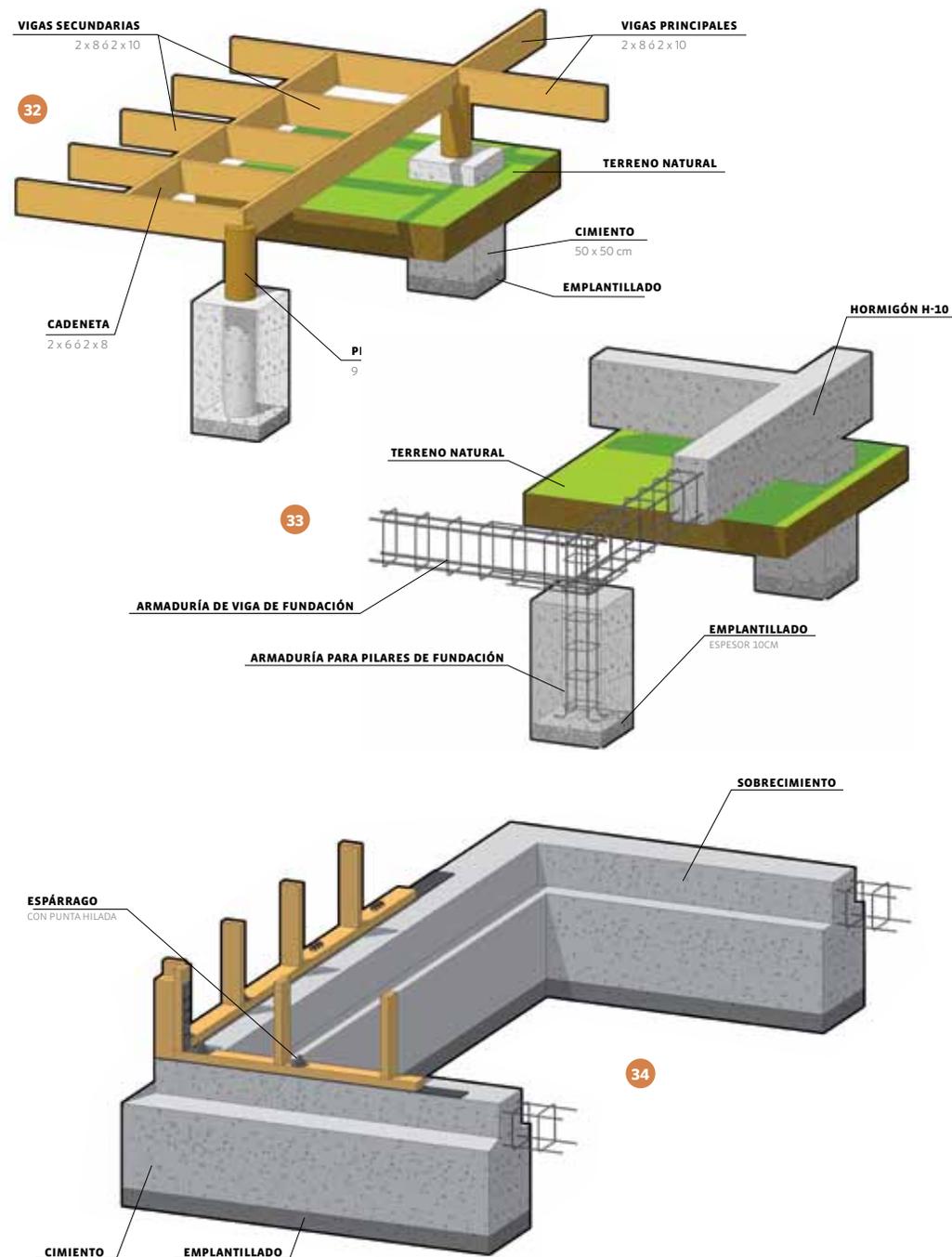
Se pueden presentar situaciones especiales relacionadas con la composición y calidad de suelo, que deben ser considerados en el diseño y proceso constructivo ya que pueden afectar al desempeño de la fundación y estructura.

- a) Presencia de suelos finos.
- b) Suelos contaminados.

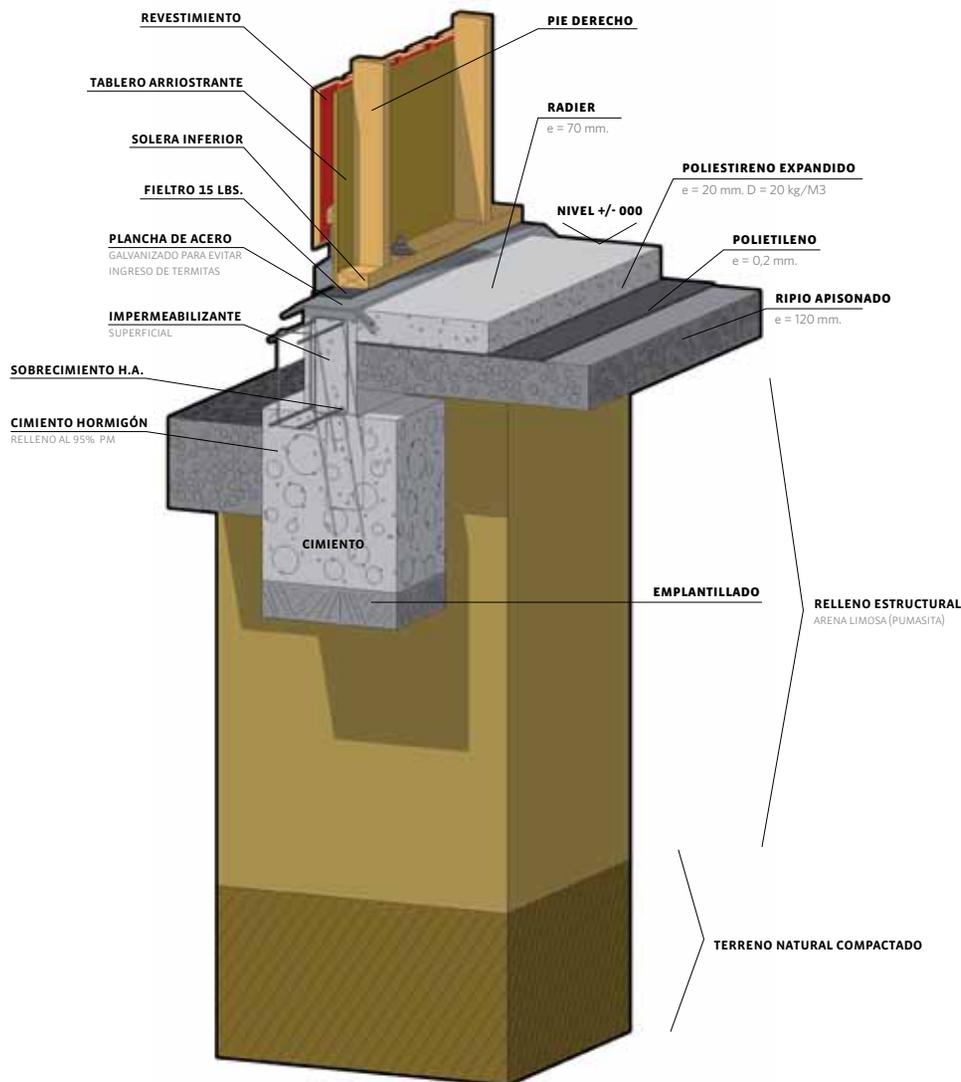
a) Suelos finos: Es recomendable siempre realizar ensayes en caso de suelos finos de granos menores de 0.076 mm de diámetro, con el fin de clasificar y conocer las características del suelo donde se construirá la vivienda.

En suelos tipo arcillosos de plasticidad media elevada de grano menor a 0.002mm, normalmente con mal drenaje, considerado como terreno impermeable, tienen la desventaja de absorber grandes cantidades de agua, sufriendo una hinchazón que es seguida de una contracción importante al secarse, lo que se puede traducir posteriormente en posibles asentamientos de la vivienda que son delatados por puertas y ventanas perimetrales que son difíciles de abrir o deslizar.

En la **Figura N°35** se presenta como ejemplo la solución de la fundación para un suelo de estas características, como es el de la vivienda prototipo de Santiago del proyec-



35



to FONDEF DO311020, que según estudio de mecánica de suelo debe ser reemplazado por un relleno estructural como una arena limosa (pumasita) hasta la profundidad media de 1.40m, compactada al 95% de su densidad media seca (D.M.C.S.)

b) Suelos contaminados: Según los últimos estudios realizados por diferentes instituciones gubernamentales, universidades y privados los suelos de la Región Metropolitana, V y VI, están altamente contaminados por termitas subterráneas o sea cualquier sistema constructivo que se elija para una vivienda, debe contar con el máximo de antecedentes sobre la estrategia de diseño, con la asesoría de especialistas, de Empresas expertas en la materia, como igualmente la consulta de Normas y literatura al respecto.

MEDIDAS PREVENTIVAS MÍNIMAS QUE DEBEN CONSIDERAR LOS DISEÑADORES, Y CONSTRUCTORES

- El diseño del sobrecimiento de fundación debe considerar una altura mínima de 30cm sobre el terreno natural, de forma tal de aislar del terreno a la estructura de la vivienda y evitar su contacto con el agua. De lo contrario se puede generar un ambiente propicio para que aniden hongos e insectos.

Esta altura además de aislar, permite generar una zona de detección de ataque de insectos, principalmente termitas, a la estructura, ya que de ocurrir dicha situación, las termitas generarán túneles que serán visibles en los sobrecimientos, para protegerse de la acción directa del sol o lluvia y de las variaciones de temperatura y humedad que les impedirán sobrevivir.

- En algunos casos como barrera física contra las termitas, es recomendable colocar entre el sobrecimiento y la solera inferior de los muros perimetrales una

plancha de acero galvanizado de espesor $e = 0.5\text{mm}$, con alas a ambos lados que sobresalen del sobrecimiento, para evitar el ingreso de las termitas a la vivienda, **Figura N°35** idem anterior.

- Especificar que las maderas que estén en contacto con el sobrecimiento estén protegidas de la humedad del hormigón por un fieltro doble de 15 libras, además de tratadas con sales de CCA, CA, CAB, ACQ o Boro, los cuales también protegen contra el deterioro de otros agentes bióticos y abióticos.

- Cuando el proyecto exige madera a las intemperie, donde es probable la exposición a la humedad, lo más seguro es impregnar con CCA (cobre, cromo, arsénico).

ANCLAJE INFERIOR DEL MURO ENVOLVENTE AL PRIMER PISO Y SEGUNDO PISO (ENTREPISO)

B.1 B.2 B.3 B.4 B.5 B.6 B.7 B.8 B.9

La fijación inferior de los Muros Envoltentes implica anclar, mediante soluciones definidas por cálculo estructural, la solera inferior y/o los pie derecho de los módulos (que conforman los muros) ya sea al sobrecimiento en fundaciones continuas (cimiento y sobrecimiento) o a la plataforma del entramado horizontal dispuesto en el caso de fundación sobre pilotes o a la plataforma de entrepiso en el caso de muros del segundo piso.

Los criterios para definir el distanciamiento y tipo de fijación consideran el conjunto de solicitaciones a la que será sometida la estructura, que deben ser capaces de soportar, con estabilidad y rigidez, la totalidad de las cargas a la que serán sometidas durante su vida útil, sin exceder las tensiones de diseño y deformaciones admisibles que se establecen por la norma NCh 1198 Madera – Construcciones en Madera – Cálculo. En casos de tramos de muros largos, sin encuentros perpendiculares interiores con otros muros o tabiques que sirvan de arriostramiento, es necesario considerar fijaciones adicionales en la zona central, de forma de asegurar su estabilidad.

FIJACIÓN A FUNDACIÓN CONTINUA CONSIDERACIONES GENERALES

Previo a la ubicación y fijación de los muros estructurales perimetrales al sobrecimiento y los interiores a la plataforma de hormigón se deben verificar en el terreno los siguientes aspectos:

Cumplimiento de los 28 días de fragüe del hormigón de sobrecimiento y radier de plataforma.

Geometría y horizontalidad de sobrecimientos. Verificación del paralelismo y perpendicularidad entre los ejes, considerando una tolerancia de ± 2 mm cada 1 m para eventuales desviaciones. Control de horizontalidad de la cabeza del sobrecimiento, aceptándose variaciones de dicho plano en

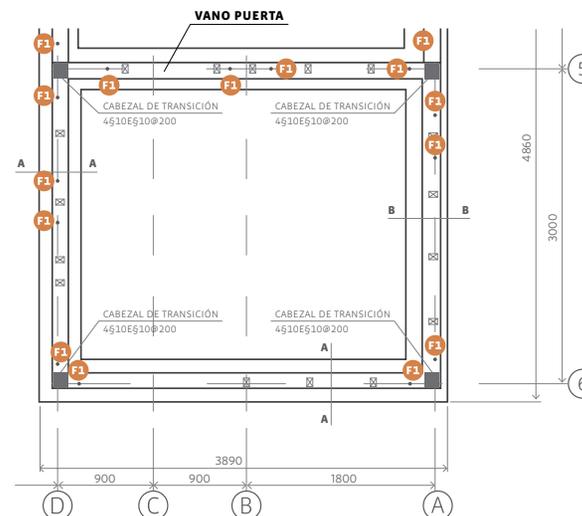
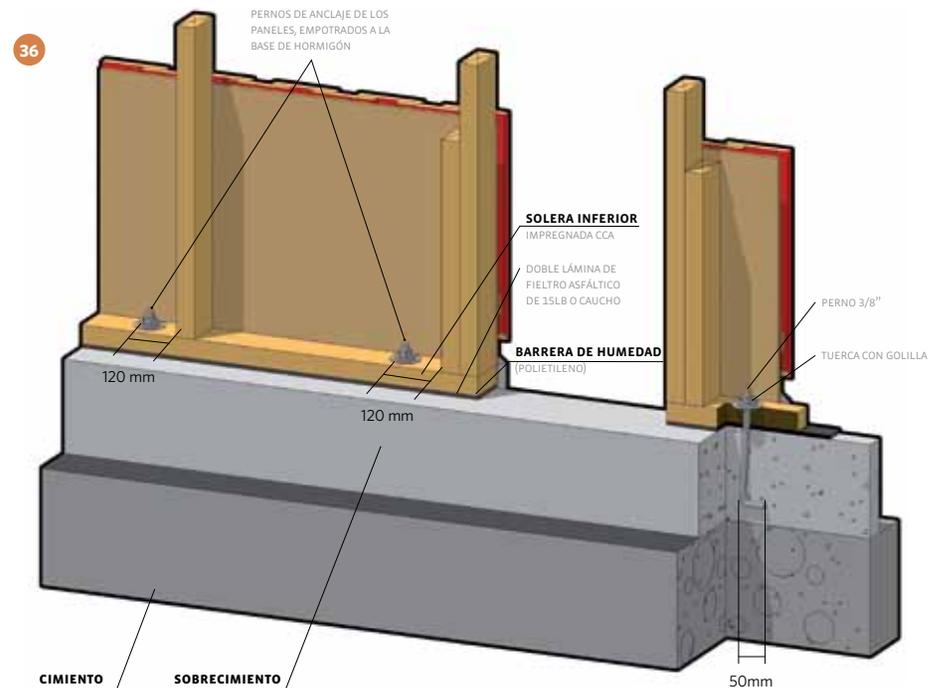
± 5 mm por cada 3 m longitudinal.

Grado de terminación superficial de la cabeza horizontal del sobrecimiento. Verificación rigurosa del afinado de la superficie del plano horizontal de la cabeza del sobrecimiento, que permita que las soleras se apoyen en toda su extensión. Para asegurar la no infiltración de viento o humedad a través de ésta, es recomendable instalar bajo la solera un doble fieltro de 15 libras o un sellador elástico como se muestra en la **Figura N°38**. Además la solera inferior y toda la estructura del Pino radiata, está considerada como poco durable según norma chilena NCh 789/1 Of. 87 Maderas – Parte 1: “Clasificación de maderas comerciales por su durabilidad natural”, requiere ser protegida por un preservante adecuado y por medio de un método de impregnación certificado.

Ubicación y tipo de fijaciones ancladas al hormigón del sobrecimiento

Las soluciones más comunes que se utilizan en la fijación del Muro Envoltente se pueden observar en el plano planta de estructura de fundación, donde se muestran la posición de los anclajes que según el plano lo denomina F1, el cual corresponde a una barra lisa o estriada de diámetro de 6 u 8 mm con hilo en el extremo para instalar una tuerca con golilla, ésta última de un diámetro exterior de 30 mm y espesor 2 mm, como se muestra en la **Figura N°36**.

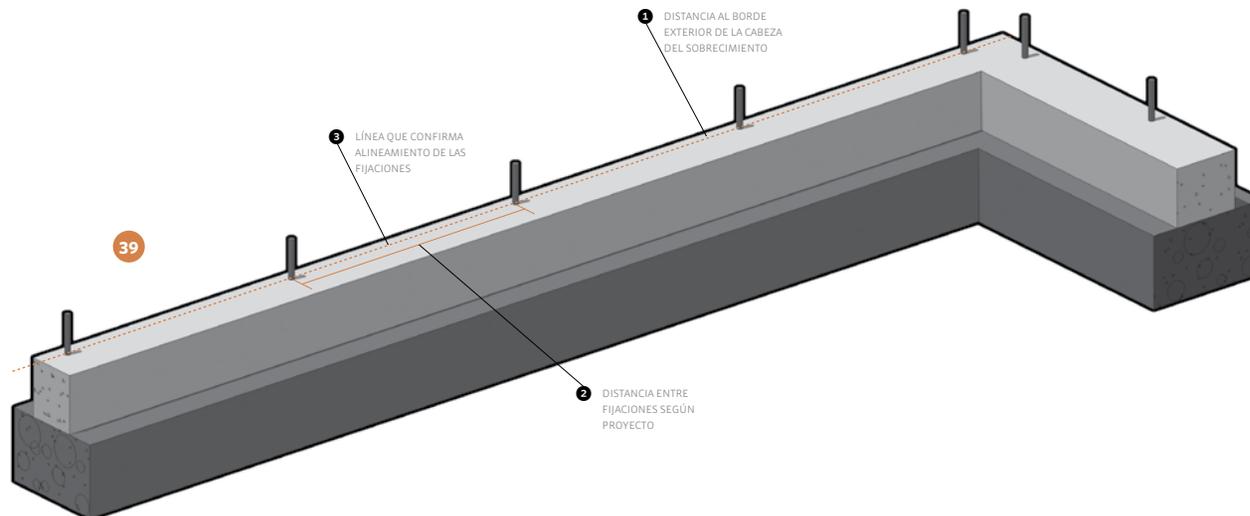
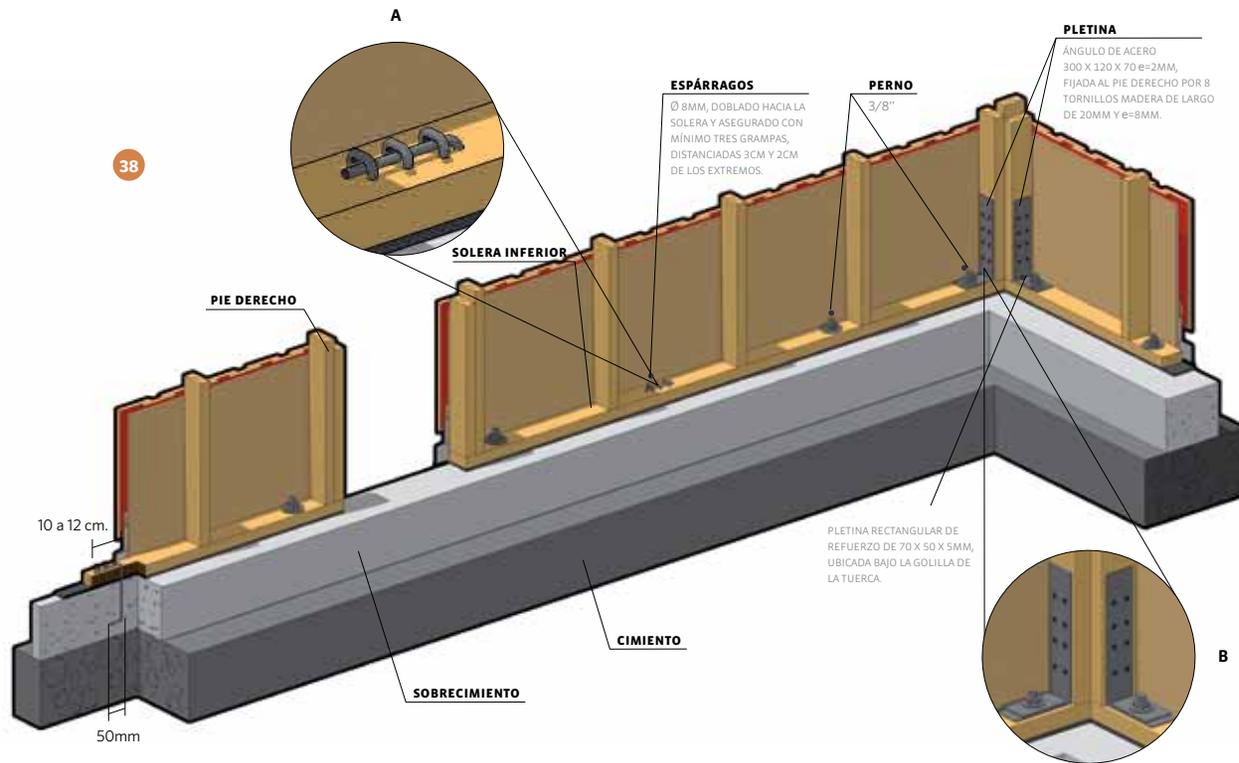
Normalmente se ubican en las esquinas de los muros, y en los extremos de los sectores donde por proyecto se ubican puertas y ventanales, **Figuras N°36 y N°37** o en uniones de módulos (paneles) prefabricados que conforman el muro. Además entre los anclajes anteriormente descritos, se ubican cada 60 cm los anclajes simples, conformados por un espárrago de diámetro 8 mm, doblado según especificaciones que se muestra en la **Figura N°38A**. En los casos anteriores se especifica que las fijaciones de los muros deben quedar ubicadas pre-



37 Plano detalle de ubicación de anclajes de los muros.

ANCLAJE INFERIOR DEL MURO ENVOLVENTE AL PRIMER PISO Y SEGUNDO PISO (ENTREPISO)

B.9 B.8 B.7 B.6 B.5 B.4 B.3 B.2 B.1



vio al hormigonado del sobrecimiento, por lo que es recomendable, corroborar con el plano de planta de estructuras y detalle correspondiente, y especificaciones técnicas, el tipo de fijación (diámetro, largo de la barra, con o sin hilo, características de la golilla), ubicación de las fijaciones como se muestra en la **Figura N°38**, y especialmente ubicación de la fijación respecto al borde de la cabeza del sobrecimiento por su lado exterior (1), distancia entre fijaciones (2) y alineación (3), como se muestra en la **Figura N°39**, revisando que no haya coincidencia con algún elemento vertical del Muro Envolverte (pie derecho o jambas). En los ensayos realizados en la investigación del Proyecto FONDEF N°DO31202 (Nov.2004-Abril2007), se ensayaron tres soluciones para muro del primer piso.

a. Pernos de anclaje recto de 3/8", con tuerca y golilla de diámetro de 30mm, como lo muestra la **Figura N°38**.

Se ha generalizado el uso de pernos de anclaje de acero zincado bicromatado o acero inoxidable.

b. En los casos de extremos traccionados de los muros, es necesario reforzar la anterior fijación del perno de anclaje recto de 3/8", con su tuerca y golilla correspondiente, con una pletina ángulo de 300x120x70mm y e=2mm, fijada al pie derecho con 8 tornillos para madera, largo de 20mm y e=8mm, además de un refuerzo con pletina rectangular de acero de 70x50x5mm, ubicada bajo la golilla de la tuerca, como lo muestra la **Figura N°38B**.

c. En anclajes de muros ubicados a una distancia mayor de 1.20 m de los extremos muros interiores no estructurales, basta con colocar anclajes simples con espárragos de fierro estriado de diámetro de 8mm doblado, como lo muestra la **Figura N°38A**, asegurando el extremo doblado en un largo no menor de 12cm, hacia la solera, fijado mediante 3 grapas galvanizadas de 1 1/2", como lo muestra la **Figura N°38A**.

ANCLAJE INFERIOR DEL MURO ENVOLVENTE AL PRIMER PISO Y SEGUNDO PISO (ENTREPISO)

B.1 B.2 B.3 B.4 B.5 B.6 B.7 B.8 B.9

FIJACIÓN DEL MURO ENVOLVENTE DEL SEGUNDO PISO A PLATAFORMA DE ENTREPISO

CONSIDERACIONES PREVIAS

Los aspectos que se deben controlar previamente al fijar los muros del segundo piso son:

CONDICIONES GEOMÉTRICAS DE EJES PARA DEFINIR LA UBICACIÓN DE SOLERA DE MONTAJE O INFERIOR DE LOS MÓDULOS (PANELES).

El replanteo de los ejes de los Muros Envoltentes, definidos por proyecto, deben estar acorde a los planos respectivos, comprobando el paralelismo entre ellos, con una tolerancia de $\pm 2\text{mm}$ cada 1m, y que los ángulos que conforman los muros sean los especificados por proyecto. Se debe verificar que las soleras de montaje dispuestas en el perímetro de la plataforma, puedan apoyarse en todo su ancho y largo sobre ésta, evitando que quede en forma parcial fuera del plomo de la viga perimetral o friso.

HORIZONTALIDAD DE LA PLATAFORMA DE ENTREPISO

Verificar que el plano horizontal que generan las placas arriostrantes de O.S.B. no tengan una variación mayor a $\pm 1\text{mm}$ cada 1m.

FIJACIÓN DE MUROS ENVOLVENTES A DIFERENTES SOLUCIONES DE ENTAMADOS DE ENTREPIOS

Caso de entramado horizontal conformado por piezas de madera aserradas:

La plataforma de entrapiso (entramado horizontal), estará estructurada por vigas maestras o principales, secundarias y cadenas, todas aserradas. Para arriostrarla se utilizarán placas estructurales de O.S.B. o contrachapado estructural, ambas de espesor de 15 mm **Figura N°40**.

Los clavos deben ser dispuestos como lanceiros, con la precaución que éstos queden con un ángulo de 30° con respecto al plano imaginario vertical interior de la solera inferior.

CASO DE ENTAMADO HORIZONTAL CONFORMADO POR VIGAS 2 T Y MADERAS ASERRADAS.

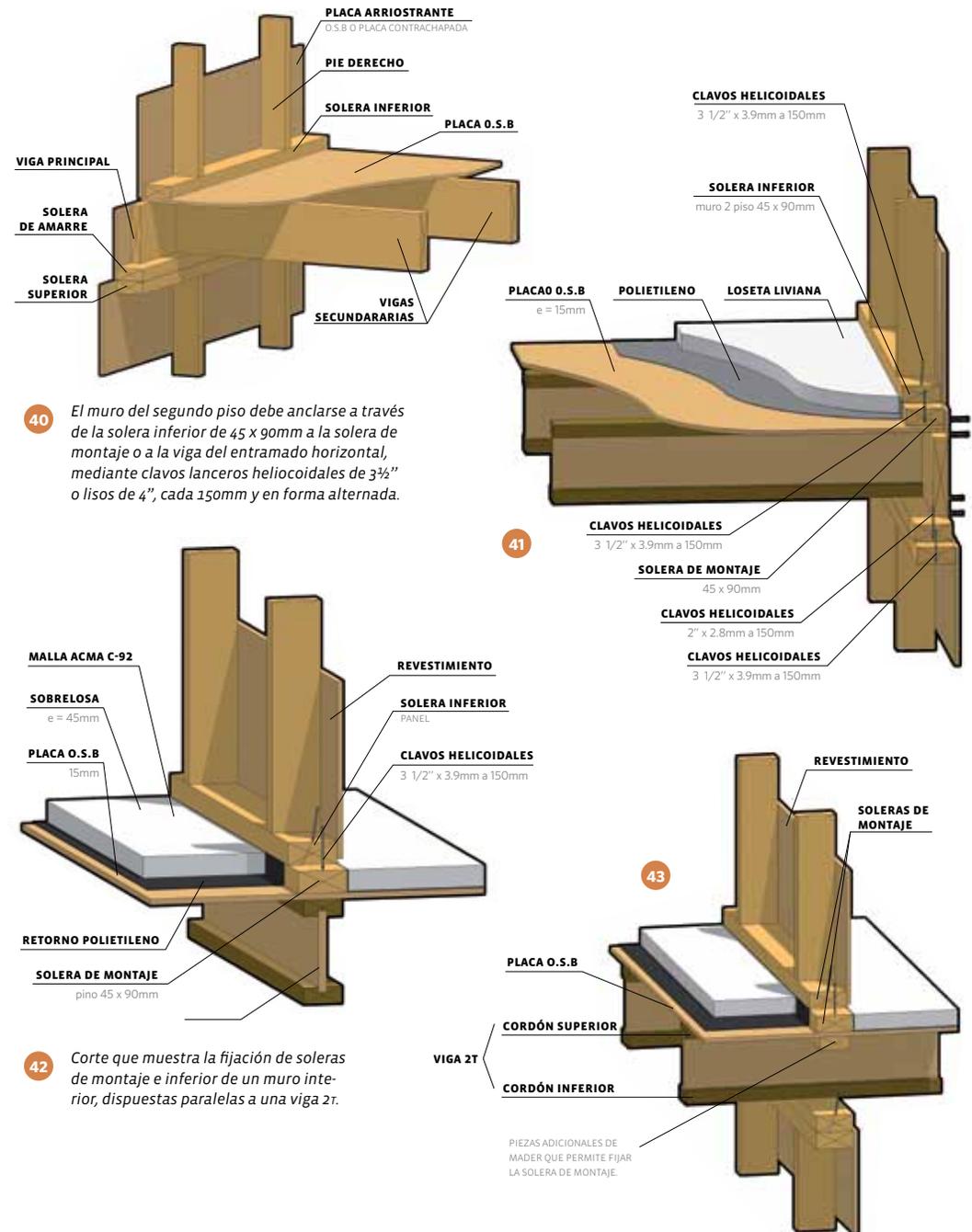
Vigas 2 T, especificadas según cálculo, con cadenas o crucetas de madera aserrada, y arriostrante con placas de O.S.B. o placa contrachapada estructural, en ambos casos espesor de 15mm **Figuras N°41 y N°42**.

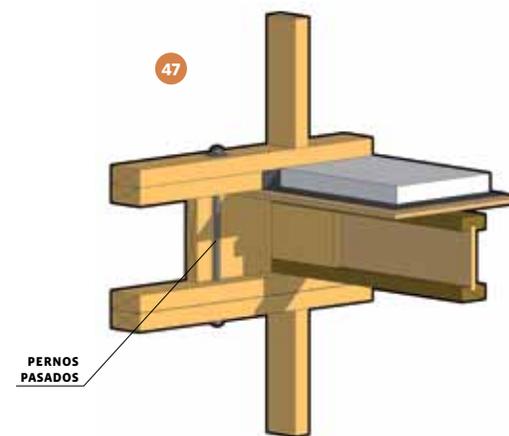
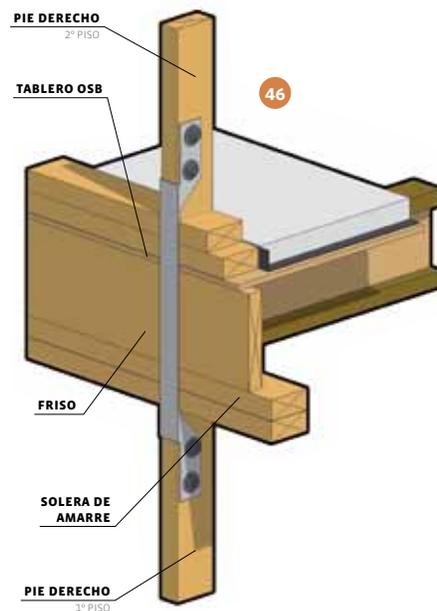
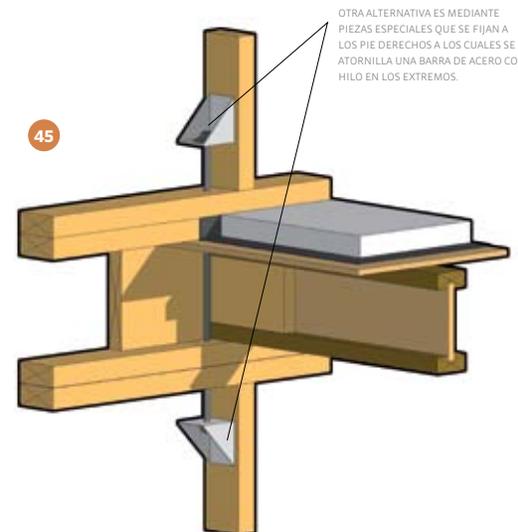
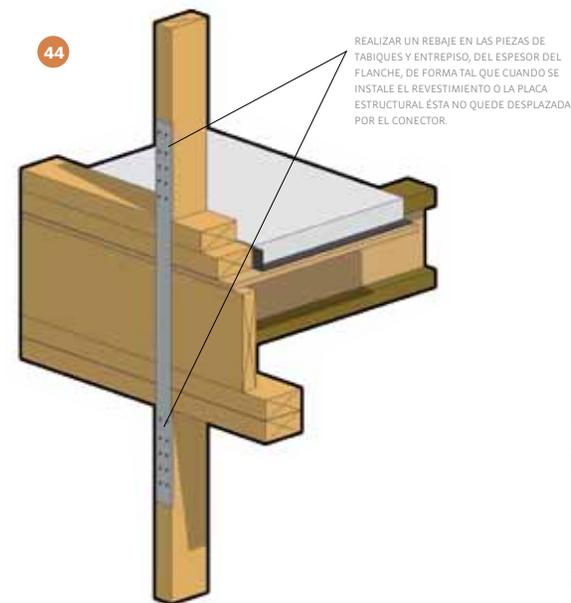
Cuando las soleras de montaje se disponen en forma paralela o perpendicular a las vigas principales del entramado del entrapiso (vigas aserradas o vigas 2T), se fijarán a la estructura mediante clavos helicoidales distanciados a 150mm, dispuestos en forma alternada y lanceiros, a una distancia igual o superior a 15mm del borde. Se debe verificar que bajo los tableros arriostrantes de la plataforma existan piezas de madera de sección similar a la que tiene la solera de montaje, a las cuales se fijaran los clavos helicoidales antes especificados **Figura N°43**.

En caso que el proyecto no considere solera de montaje, la fijación se introduce directamente, desde la solera inferior del muro del segundo piso, a la plataforma de entrapiso, por lo que se debe considerar que existan, bajo los tableros arriostrantes de la plataforma, piezas de madera con las mismas características anteriormente descritas, a las cuales se pueda fijar el muro del segundo piso.

FIJACIONES ESPECIALES

Si el cálculo determina que las fijaciones mecánicas expuestas anteriormente no son suficientes, existen otras fijaciones para complementarlas, debiendo ser instaladas en esquinas o tramos de muros muy largos, mayor a 6m, sin encuentros perpen-





diculares interiores con otros muros o tabiques que sirvan de arriostramiento como también en los extremos de los sectores donde por proyecto se ubican ventanales. Estas fijaciones requieren apoyarse en las estructuras inferiores para mejorar la resistencia ante las solicitaciones, como se muestra a continuación:

- Se pueden utilizar barras de diámetro 8mm con hilo, con golilla de 30mm diámetro externo y tuerca de 3/8" (8mm) en los extremos. Esta barra debe tener un largo suficiente para unir las soleras inferiores del segundo piso (inferior y de montaje) con las soleras superiores del primer piso (superior y de amarre), aproximadamente entre 300 a 400mm. En caso de existencia de loseta de 50mm el largo del perno puede llegar hasta 400mm, **Figura N°47**.

- En las esquinas y a continuación de las jambas, puede ser necesario utilizar elementos especiales para la fijación de los muros, siguiendo las instrucciones del fabricante para su instalación. **Figura N°45**.

Para casos especiales de entramados de segundo piso que se encuentran en zonas sísmicas y con cargas extremas de vientos, es necesario que en la intersección de muros perimetrales, la fijación tradicional sea reforzada con un flanje de acero galvanizado de 600 a 700x15x2 a 1,2mm, que se fijan al pie derecho de los muros del segundo y primer piso. Se debe considerar la realización de un rebaje igual al espesor del flanje, para que éste no interfiera ni deforme el plomo durante la instalación de los tableros arriostantes, como muestra la **Figura N°44**.

Con el mismo concepto anteriormente descrito, se pueden utilizar los conectores metálicos que se fijan a los pies derechos, de los muros del primer y segundo piso, mediante pernos, los que también transmiten los esfuerzos a través de los pie derecho. **Figura N°46**.

CONSIDERACIONES PREVIAS

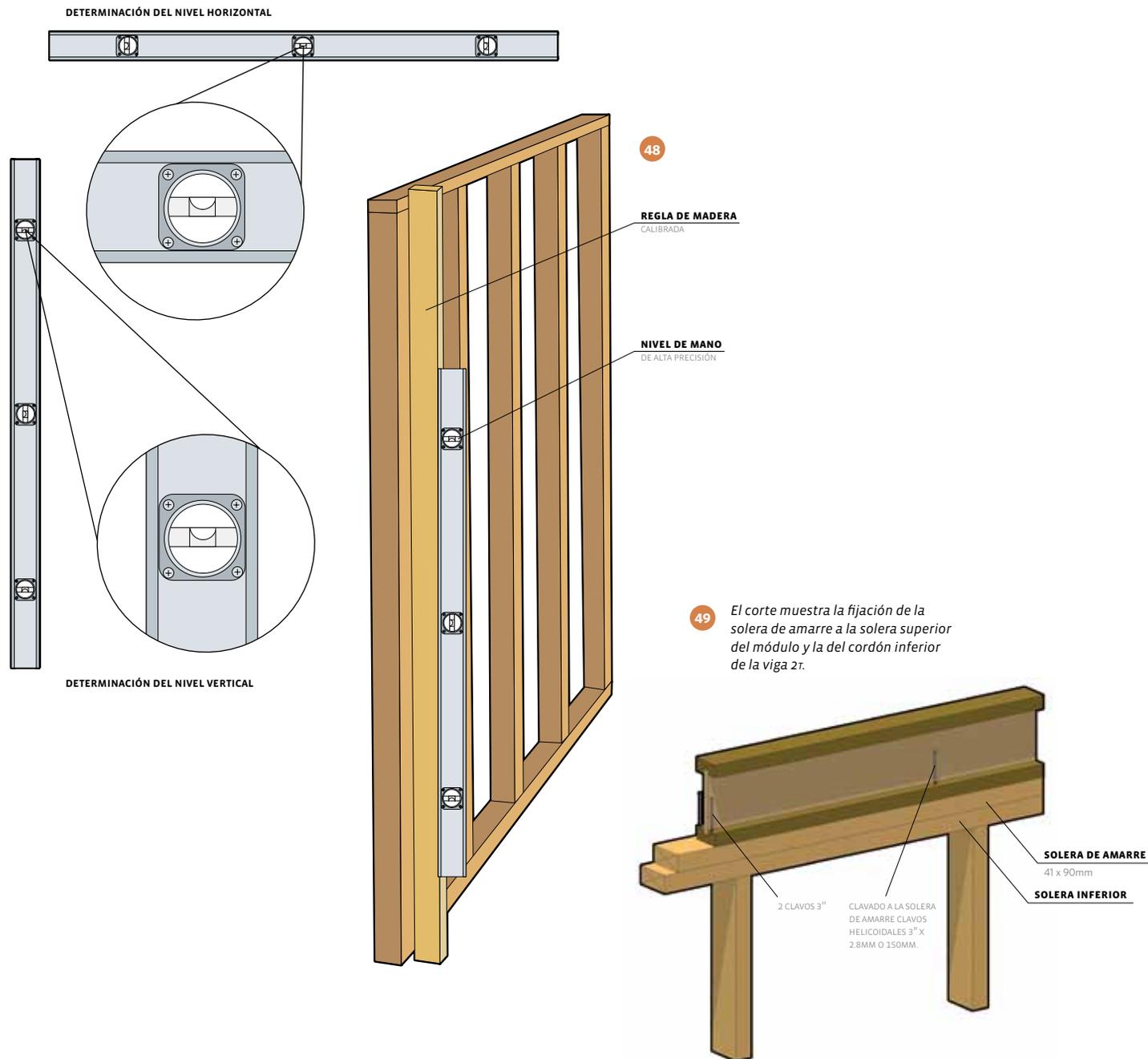
Una vez realizado el control geométrico de los muros perimetrales y tabiques interiores, verificando tanto la verticalidad de los diferentes paneles con nivel de mano de alta sensibilidad, (1,2 mt de largo) **Figura N°48**, con una tolerancia máxima de 2,5mm por metro de altura, como el alineamiento de los paneles, controlado mediante una lienza que se tensa paralela al muro perimetral desde un extremo al otro, cuya desviación máxima en su punto más desfavorable (distancia entre lienza y muro), no debe ser mayor de 10mm, y que las soleras de amarre de los paneles generen un plano horizontal aceptando una tolerancia máxima de 5mm, se puede iniciar la instalación de los elementos que conformarán ya sea la plataforma de entrepiso o la estructura de techumbre, según corresponda.

La **Figura N°48**, muestra el nivel de alta sensibilidad de largo mínimo de 1.00 a 1.20 m. Se debe contar con una pieza de madera calibrada de altura igual al panel aproximadamente de 2.40m, que permita controlar rigurosamente la verticalidad del panel en toda la altura, aceptándose una desviación máxima de 6 mm.

ANCLAJE A LA PLATAFORMA DE ENTREPISO Y ESTRUCTURA DE TECHUMBRE

FIJACIÓN A LA PLATAFORMA DE ENTREPISO

En este caso los muros se fijarán en su extremo superior, al envigado de entrepiso que conforma la plataforma. Dependiendo de las condiciones del medio y el criterio de cálculo serán las soluciones que se adoptarán. En éste manual se entregarán soluciones económicas que normalmente se especifican en proyectos de viviendas estructuradas en madera.

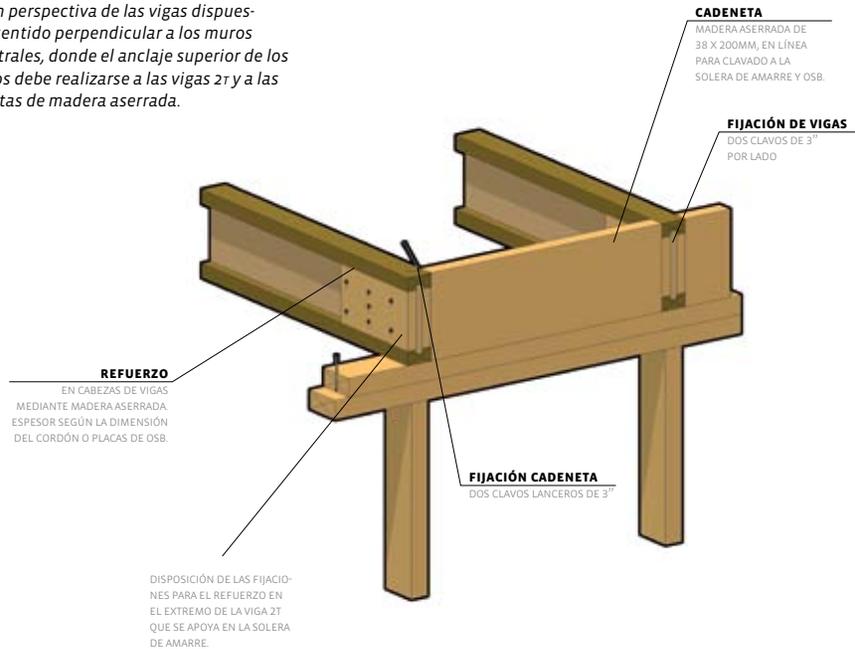


ANCLAJE SUPERIOR DEL MURO ENVOLVENTE A LA PLATAFORMA DE MADERA (ENTREPISO) Y ESTRUCTURA DE TECHUMBRE

B.9 B.8 B.7 B.6 B.5 B.4 B.3 B.2 B.1

50

Vista en perspectiva de las vigas dispuestas en sentido perpendicular a los muros perimetrales, donde el anclaje superior de los módulos debe realizarse a las vigas 2T y a las cadenetitas de madera aserrada.



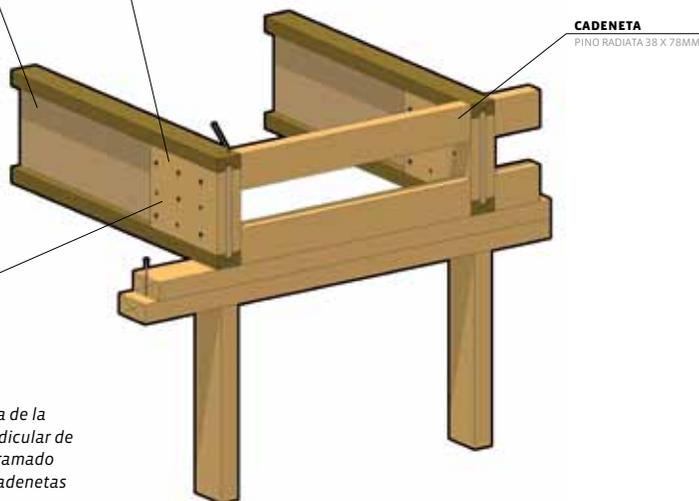
PINO RADIATA
38 x 78mm

REFUERZO OSB
11.1MM O MADERA ASERRADA

CADENETA
PINO RADIATA 38 X 78MM

51

Vista en perspectiva de la disposición perpendicular de las vigas 2T del entramado del entrepiso con cadenetitas descritas.



Normalmente la solución del entramado del entrepiso está conformado por vigas principales; para luces mayores de 4 m se utilizan vigas dobles T o vigas laminadas y para luces menores, maderas aserradas (2x10, 45x235mm.)

1. ANCLAJE A LA VIGA DOBLE T.

1.1 Viga 2T dispuesta a lo largo de un muro perimetral, como se observa en la **Figura N°49**.

La fijación del Muro Envolvente dispuesto bajo ésta viga perimetral (friso), se materializa mediante clavos helicoidales de 3" o clavos de acero liso (clavo común), cada 600mm, los cuales atraviesan el cordón inferior de la viga 2T, uniéndolo a la solera de amarre. Se recomienda disponer éstos clavos en lancero.

1.2 El anclaje de los módulos a las Viga 2T dispuestas en el sentido perpendicular a los muros perimetrales, deben considerar varios aspectos como se presenta en las **Figuras N° 50 y 51**. En el caso que por cálculo la altura de las vigas 2T superen los 25 cm, la cadeneta se conforma por dos piezas de madera aserrada de 38x78 mm, como se muestran en la **Figura N°51**.

En la **Figura N°50**, el extremo de la viga 2T, que se apoya sobre la solera de amarre, es necesario reforzar el alma de la viga, mediante una pieza aserrada o placa de OSB, complementada con la **Figura N°51**. Dependiendo de la altura de la viga como del espesor del borde del cordón de la viga 2T.

En la instalación de las fijaciones mecánicas se debe tener la precaución de verificar el distanciamiento entre los clavos, de forma de no debilitar la pieza que se instalará como refuerzo de la viga doble T.

2. ANCLAJE A LA VIGA ASERRADA:

En este caso se trata de luces menores de 4.00m en que la solución del entramado es mediante vigas de madera aserradas secas que se disponen perimetralmente sobre la solera de amarre, fijadas con clavos de 4" en lancero alternado cada 30cm, como lo muestra la **Figura N°52**.

3. REFUERZOS ADICIONALES:

Estos refuerzos adicionales son elementos que se pueden diseñar y fabricar para casos específicos, o se pueden utilizar los que ofrecen las empresas especializadas, que cuentan con catálogos que entregan la información técnica necesaria para su instalación.

A continuación se expondrán soluciones desde las más simples, consistente en una amarra con barra de acero, hilada en los extremos, de diámetro 3/8" a la cual se le instalan golillas y tuercas en sus extremos o un perno coche. Las barras o pernos atraviesan las soleras (superior, amarre, inferior de los paneles del segundo piso) como lo muestra la **Figura N°53**.

Otros sistemas de anclaje utilizan un elemento (caja abierta), que se fija al pie derecho, al cual se atornilla la barra de acero. En general la ubicación de éstos refuerzos es en las esquinas de la vivienda (uno en cada lado de la esquina), en el encuentro de los muros (uno en cada panel que genera el encuentro), o en zonas donde existen por proyecto, puertas y ventanas. En el comercio existen conectores metálicos especialmente diseñados para reforzar el anclaje de los muros (tipo flanche), los cuales se fijan al pie derecho, mediante fijaciones establecidas por el fabricante de los conectores.

El uso de estos conectores metálicos, al unir pie derecho con pie derecho, permite transmitir directamente el esfuerzo de un nivel a otro, como se muestra en la **Figura N°54**.

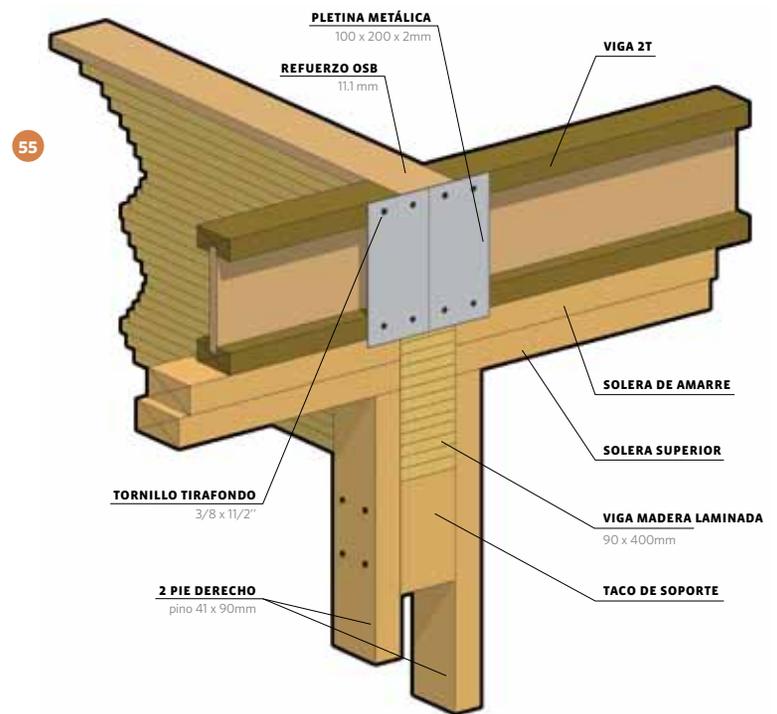
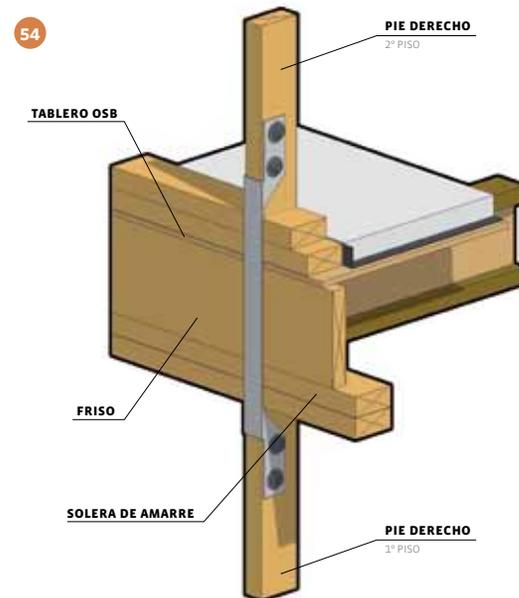
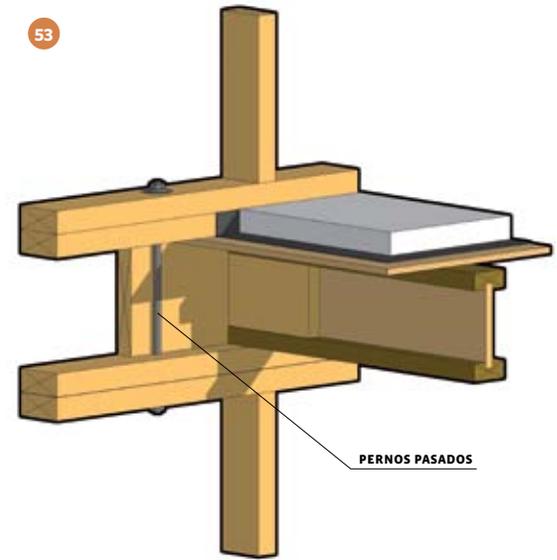
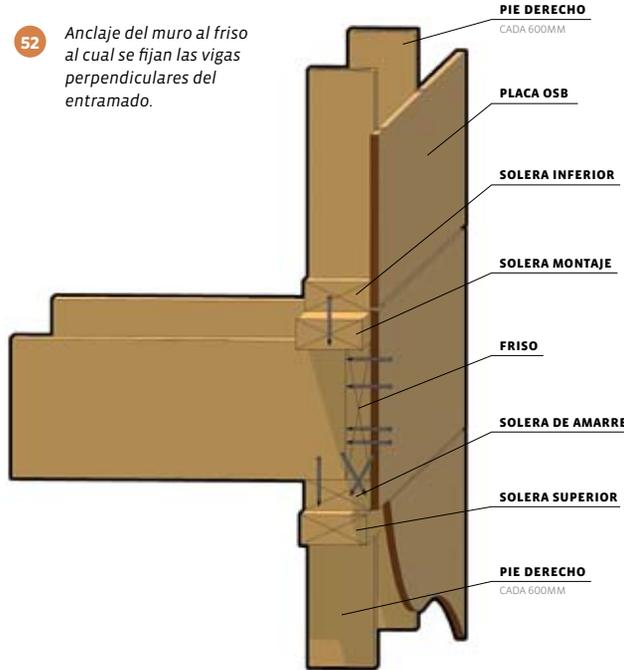
4. CASOS ESPECIALES:

Por diseño se puede consultar la disposición de una viga laminada como parte de la solución estructural del entramado del entre piso, la que debe ser anclada al muro perimetral.

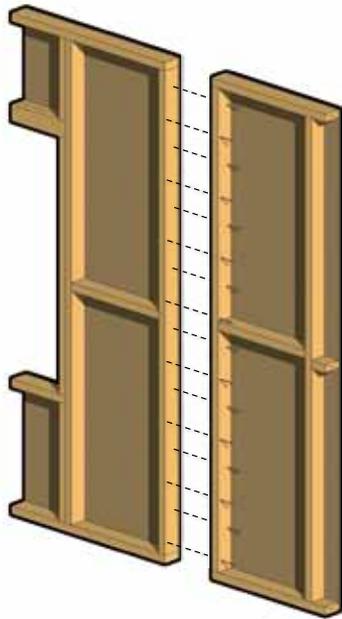
Como la altura normal de una viga laminada supera los 30cm, es necesario apoyarla entre una discontinuidad del Muro Envoltente, para lo cual se debe instalar una pieza laminada entre dos pie derecho, aprisionando la cabeza de la viga, como se muestra en la **Figura N°55**.

El diseño estructural especificará el número, largos, diámetro y espesores de las placas metálicas, tornillos, pernos coches y tirafondos para dar solución a dicho nudo.

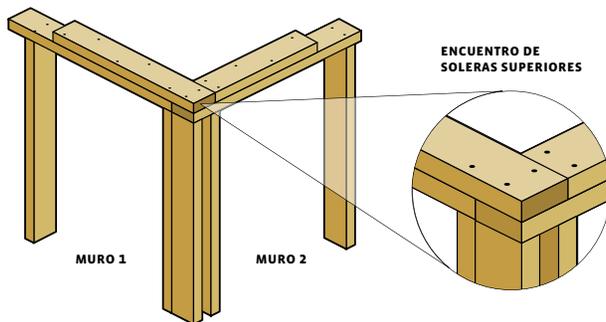
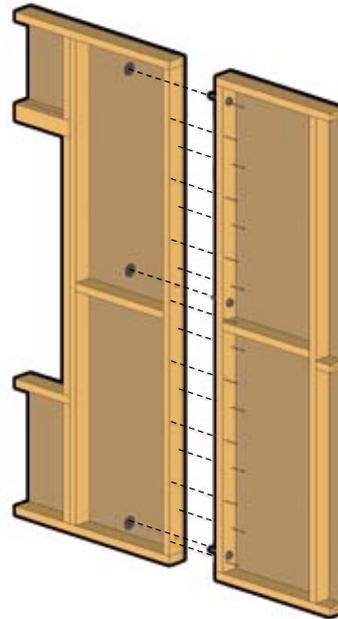
Para otras soluciones de uniones entre vigas 2T o con maderas aserradas se recomienda consultar el Manual de Construcción de Louisiana Pacific y el Catálogo de “Conectores metálicos para uniones de estructuras de madera” de Simpson Strong Tie.



56



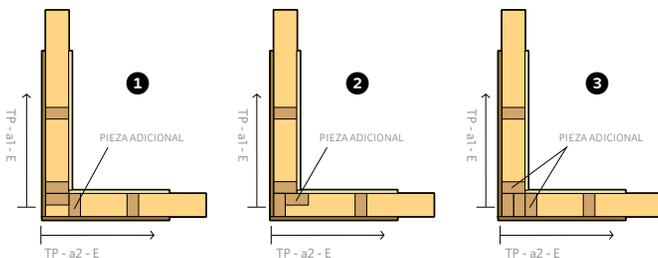
57



ENCUENTRO DE SOLERAS SUPERIORES

58

Unión alternada de solera de amarre y solera superior de muros en encuentro "esquina". También válido para solera basal e inferior de los elementos.



59

Vista en planta de distintas alternativas para unión de paneles en esquina de paneles. Ubicación de la pieza adicional que se debe consultar para entregar el apoyo correspondiente al encuentro.

SOLUCIÓN DE ENCUENTROS ENTRE PANELES QUE CONFORMAN LOS MUROS ENVOLVENTES

El encuentro entre los paneles prefabricados, que conformarán los Muros Envoltentes de la vivienda, requiere la aplicación de ciertos criterios y exigencias, que permitirán incluir la función de estructuración con cualquier método de prearmado que se aplique, con el objeto de:

- Lograr una adecuada unión entre muros que se encuentran de tope.
- Obtener la resistencia adecuada a las sollicitaciones, con la cantidad, disposición y tipo de elementos de unión que se especifique por cálculo.
- Lograr una base adecuada para el encuentro de los revestimientos interiores y exteriores, permitiendo una fijación segura de éstos.

ENCUENTRO DE PANELES ADYACENTES

Corresponde a la unión de paneles prefabricados, que deben ser unidos en sus extremos, conformando entre ellos una continuidad, con un eje central común. La unión de los pie derecho extremos se realiza mediante clavos de acero helicoidales o corrientes que se ubican cada 300mm, a partir del borde a 15mm en forma alternada, como lo muestra la **Figura N°56**.

En casos de largos de Muros Envoltentes mayores a 6 m. sin arriostamiento interior por algún muro perpendicular, es recomendable reforzar adicionalmente, con tres pernos de anclaje (perno coche), **Figura N°57**, de diámetro mínimo de 8mm, con golilla y tuerca. La longitud de los pernos en cada encuentro dependerá exclusivamente de la escuadría de las piezas a unir, la distribución y ubicación recomendada para la perforación y colocación de pernos de anclaje, en general es:

- Un perno de anclaje 5 cm por debajo de la solera superior del Muro Envoltente.
 - Un perno de anclaje en sector central de la altura total de Muro Envoltente.
 - Un perno de anclaje 5 cm por sobre la solera inferior del Muro Envoltente.
- Complementan la unión entre muros, la fijación con clavos helicoidales o corrientes de 3 1/2", dispuestos como anteriormente se explicó.

UNIONES EN ESQUINAS

El encuentro de esquina entre dos muros que conforman un ángulo generalmente ortogonal, considera que la solera de amarre debe fijarse alternadamente con respecto a la solera superior de los entramados que se unen. La fijación puede ser con clavos helicoidales de 3 1/2" o corrientes, cada 150mm dispuestos en forma alternada, a 15 mm del borde, como se muestra en la **Figura N°58**.

El encuentro de los pie derecho de los muros en la esquina, es necesario solucionarlo adecuadamente ya que corresponden a puntos de uniones críticos en cuanto a la transmisión de esfuerzos horizontales. Para ello es recomendable incorporar piezas extras de igual escuadría, requeridas para dicha unión desde la planta de prefabricación (planta externa o en obra), **Figura N°59**

Se muestran las siguientes soluciones:

SOLUCIÓN 1 **Figura N°59-1**

Recomendable para encuentros entre muros, sobre los cuales descansa el segundo piso de la vivienda.

SOLUCIÓN 2 **Figura N°59-2**

Se recomienda para muros de viviendas de un piso y para todo encuentro de muros autosoportantes.

Solución 3 **Figura N°59-3**

Sólo es aplicable en encuentro entre muros autosoportantes, dejando al mismo tiempo, la superficie necesaria para la fijación de los revestimientos.

SOLUCIÓN DE ENCUENTRO DE MUROS: ADYACENTES, EN ESQUINAS Y CON MUROS INTERIORES

B.1 B.2 B.3 B.4 B.5 B.6 B.7 **B.8** B.9

En cada encuentro entre muros soportantes, una vez que éstos ya han sido montados y aplomados en obra; especialmente en los vértices conformados por los elementos perimetrales, debe colocarse a lo menos tres pernos de anclaje de diámetro mínimo 8 mm, con golilla y tuerca.

La longitud de los pernos en cada encuentro dependerá exclusivamente de la cantidad y disposición de las piezas que conforman la unión.

La distribución y ubicación recomendada para la perforación y colocación de pernos de anclaje **Figura N°64**, debe ceñirse a los siguientes criterios:

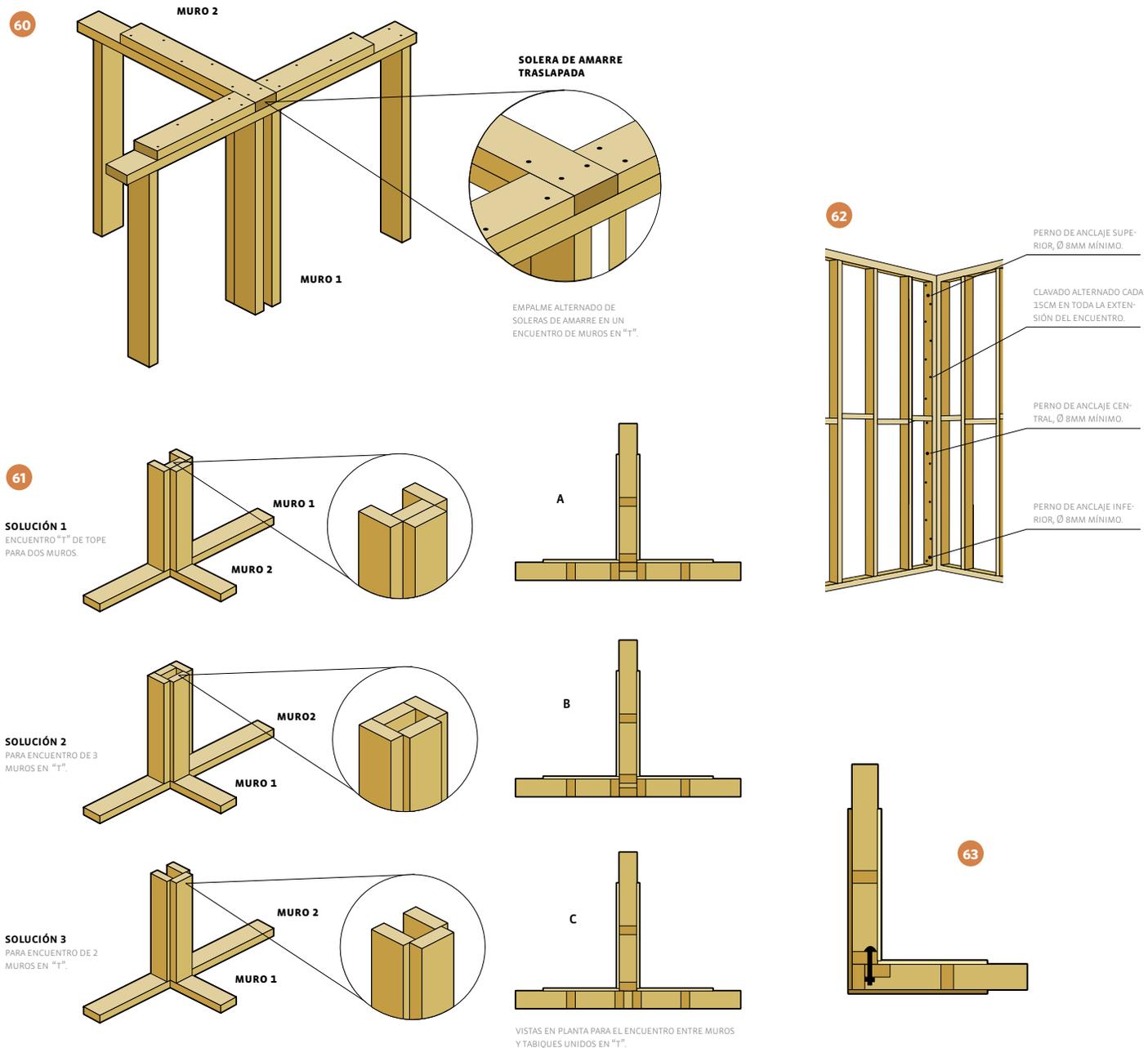
Un perno de anclaje de largo de 5 cm (perno-coche) por debajo de la solera superior del Muro Envolvente, uno en el sector central y un tercero por sobre la solera inferior.

Considerar que el diámetro de la perforación debe ser idéntico al del perno de anclaje, es decir, $\varnothing = 8\text{mm}$, **Figura N°65**.

UNIONES CON MUROS INTERIORES

Para encuentros entre muro perimetral y muros interiores o sea en T, se pueden tener las tres soluciones que se muestran en la **Figura N°61 A, B y C**.

El encuentro entre soleras de amarre se muestra en la **Figura N°60** para el caso de encuentro en T.

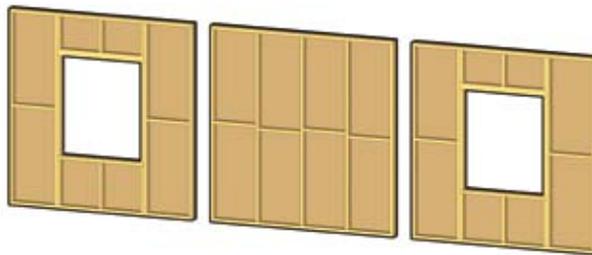


64



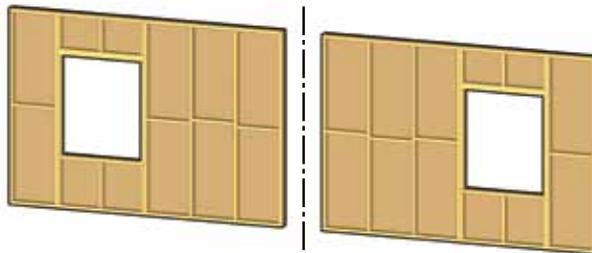
65

Tramo estructural de 7,2m de longitud, resuelto con la prefabricación y alineación de 3 paneles soportantes sucesivos (colindantes), de igual ancho, de 2.40m.



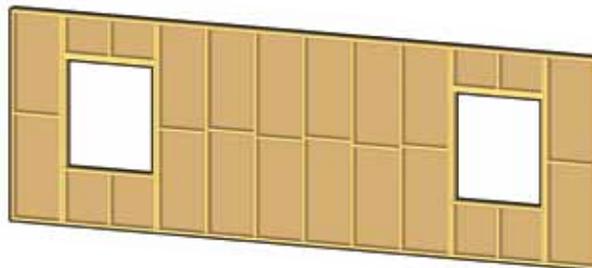
66

Prefabricación de 2 paneles, ancho de 3.20m.



67

Armado del muro de 7.20m en obra.



INTRODUCCIÓN

ASPECTOS DEL DISEÑO ARQUITECTÓNICO

Una vez que se hayan determinado las dimensiones definitivas de los recintos para uno o más plantas de la vivienda, es fundamental estudiar dichas medidas para ajustarla a la modulación que se defina para los paneles que conformarán los muros de cerramientos y las divisiones interiores. Éstos deben ser múltiplos de los largos comerciales de las piezas de Pino radiata, de escuadrías de 41 x 90 mm de 2,40 m; 3,20 m ó 4,80 m de largo.

Definidos los aspectos de la calidad de los materiales, las bases de cálculo estructural que definirán los paneles que conformarán los muros perimetrales de la vivienda, es necesario tener presente algunos criterios complementarios de diseño que permitan llevar a cabo la prefabricación de éstos, como son:

CONDICIONES DE FABRICACIÓN

Consiste en establecer si la fabricación de los paneles se realizará en una planta de prearmado o en una planta en obra, (también pueden ser prefabricados directamente sobre la plataforma de madera u hormigón), para posteriormente ser montados, arriostrados y anclados en su lugar de destino, como se muestra en la **Figura N°64**.

El procedimiento que se establezca debe tener en consideración que, mientras mayor sea la distancia entre la ubicación física de la obra y la de prefabricación de los paneles, más limitada será la longitud de fabricación de los mismos, o en su defecto, mayor deberá ser el equipamiento requerido para el carguío y traslado de paneles de dimensiones mayores.

Por ejemplo, si se tiene que cubrir una gran distancia geográfica entre la planta de fabri-

cación y el lugar de la obra, y no se cuenta con mano de obra y equipamiento para el montaje, la solución recomendada de prefabricación para un tramo de panel de 7,2 m de largo, será la indicada en la **Figura N°65**.

En la **Figura N°66**, se plantea igual situación, resuelta con sólo dos tabiques colindantes de iguales características entre sí, pero con un eje de simetría en medio de ambos. Con esta alternativa es posible prefabricar los elementos con mayor longitud y así realizar una menor cantidad de empalmes.

Por último, la alternativa planteada en la **Figura N°67**, se recomienda aplicarla cuando el Muro Envolvente es posible prearmarlo como un solo elemento sobre la misma plataforma, levantar y montar prácticamente, sobre su eje de ubicación.

En general los anchos recomendados para la fabricación de paneles están relacionados con la modulación de revestimientos y sus dimensiones estándar.

CONDICIONES DE LA ESTRUCTURA

En este aspecto se consideran aquellas variables que afectan a las dimensiones externas de los paneles, siendo uno de los criterios más importantes el de definir, la altura definitiva de fabricación de los paneles de los Muros Envoltentes de una vivienda. La fabricación de los paneles con respecto a una altura de piso a cielo, definido en los planos de arquitectura, requiere tomar en cuenta algunas condiciones básicas en cuando al uso y complementación de materiales existentes en el mercado nacional. Entre las variables más importantes se destacan:

- Tipo de plataforma, de madera u hormigón.
- Vivienda de 1 o 2 pisos.
- Dimensión definitiva de las maderas a utilizar.
- Tipo de revestimiento de los Muros Envoltentes.

En este caso, se considera como patrón de altura el tablero estructural perimetral, ya sea contrachapado fenólico o tablero OSB, de dimensiones 1.220 x 2.440 mm (espesor 11.1 mm), el cual debe cubrir en la vertical los siguientes componentes:

VIVIENDA DE UN PISO

Manteniendo la integridad de altura del tablero, desde el borde superior de la solera de amarre hasta 40 mm bajo el borde de la plataforma de hormigón o de madera, “pestaña” que cumple la función de evitar la penetración e infiltración, a nivel de piso, de agua lluvia y humedad hacia el interior de la vivienda.

Cuando se utiliza solera basal de montaje, **Figura N°68** y se mantiene la integridad de tableros estructurales perimetrales, la altura final de piso a cielo puede verse disminuida hasta alcanzar 233 cm. Altura que en ningún caso afecta la normalidad de viviendas destinadas a la habitación.

VIVIENDA DE DOS PISOS

Manteniendo la integridad de altura del tablero, el segundo piso se puede resolver de igual forma que el anterior. Sin embargo, para el primer piso es conveniente considerar, como mínimo, los 40 mm de “pestaña” o “cortagotera” y en el borde superior del tablero, coincidir a media altura de la solera de amarre. La franja intermedia, de aproximadamente 183 mm que se produce perimetralmente a la altura del entrepiso, debe ser cubierta con flejes de tablero de igual espesor.

Cuando se utiliza solera basal de montaje, **Figura N°69** y se mantiene la integridad de tableros estructurales perimetrales, la altura final de piso a cielo puede verse disminuida hasta alcanzar 233 cm. Altura que en ningún caso afecta la normalidad de viviendas

destinadas a la habitación.

En cuanto a los cuidados en la fabricación de la estructura de Muro Envoltente, los aspectos más importantes son:

- Dimensión de puertas y ventanas especificadas.
- Espesor de marcos y centros de puertas y ventanas.
- Espesor de los distintos recubrimientos de piso que se especifican.
- Estructura y espesor de cielo raso de la vivienda.

Dependiendo de las condiciones anteriormente señaladas, la longitud de fabricación de un panel puede ser variable:

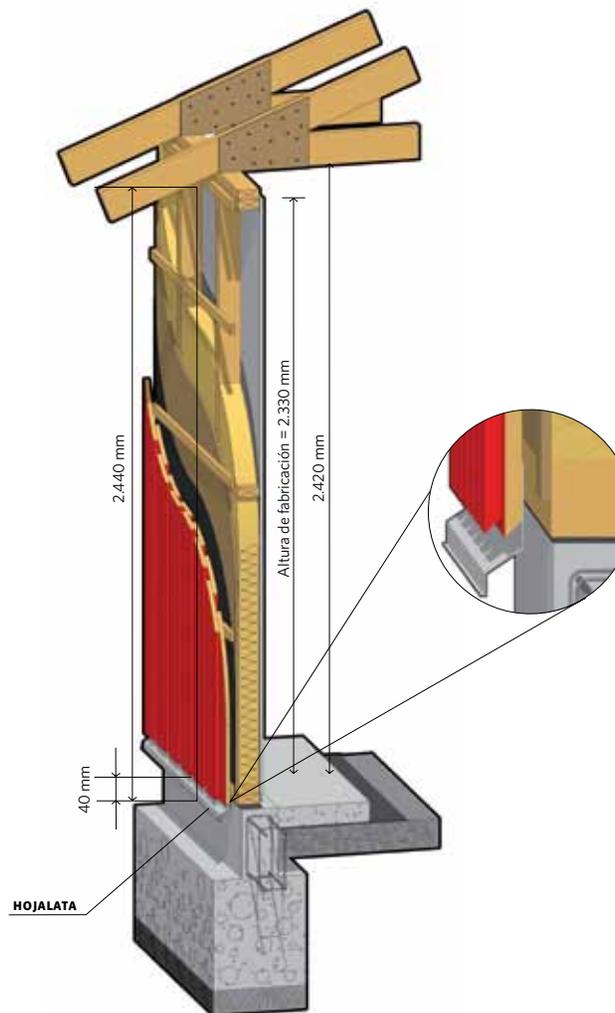
- Ancho mínimo recomendado: 60 cm.
- Ancho máximo recomendado: 480 cm.

Con ello, no sólo se busca responder a los requerimientos del lugar de prearmado o del medio de transporte utilizado, sino que también condiciones de:

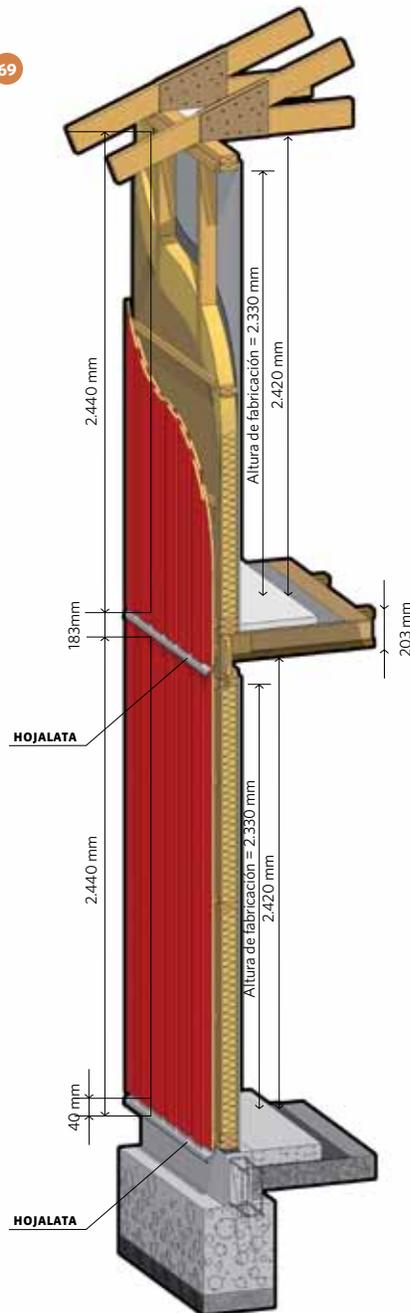
- Uso y aprovechamiento de largos comerciales de las piezas o perfiles de madera especificada.
- Uso y aprovechamiento de tableros estructurales y placas de revestimiento interior.

La forma de responder adecuadamente a estos requerimientos es a través de la información proporcionada por los Planos de Montaje de los elementos prefabricados, que complementaria y coordinadamente con los planos de arquitectura y estructura, deben proporcionar la información necesaria para ejecutar los trabajos de manera secuencial y lógica.

68



69



Por esta razón, los planos de montaje forman parte de la gestión de calidad de la edificación y la metodología de su confección debe basarse en los parámetros técnicos que a continuación se describen:

- Cantidad y ubicación de componentes verticales (pies derechos u otros) necesarios para la fijación entre tabiques, en encuentros colindantes, en esquina, en "T" o en cruz.

- La plataforma de madera u hormigón debe corresponder, en dimensiones parciales y totales, con el trazado y ubicación de los paneles.

- Los paneles deben ser verificados en cuanto a sus medidas de ancho y posicionamiento de piezas que conforman vanos de puertas y ventanas, de manera que los elementos verticales coincidan con el trazado en planta y encuentros destinado a su lugar de servicio. La tolerancia máxima aceptada en módulos de 2.4 m de altura y 2.4 m de largo es de 5 mm.

- Perforaciones para el paso de pernos de anclaje, tubos, ductos y cañerías de instalaciones básicas y de equipamiento deben ser rectificadas, correctamente ejecutados y protegidos de posibles daños, golpes y roturas durante el montaje y colocación de los revestimientos.

ASPECTOS A CONSIDERAR PARA EL TRASLADO Y TRANSPORTE

En general los factores que deben ser considerados para establecer la forma más adecuada de transportar los elementos prefabricados son:

- Factibilidad de proteger debidamente los paneles, por medio de láminas o lonas impermeables resistentes a condiciones severas de velocidad, temperatura, humedad del ambiente, lluvia, exceso de exposición al sol y tiempo de transporte, entre otros, para evitar deformaciones en los paneles ya

prefabricados, o a la madera paletizada que se traslada para ejecutar la prefabricación en obra.

- La factibilidad de acceder al lugar de la obra con el medio de transporte de carga seleccionado, ya sea por el estado del camino, curvas y pendientes de la ruta, por lo que es aconsejable efectuar un reconocimiento del terreno previamente.

- Facilidad de manipular los módulos en la obra por el personal o maquinaria con que se cuente.

ASPECTOS GENERALES A CONSIDERAR EN EL MONTAJE DE LOS ELEMENTOS PREFABRICADOS

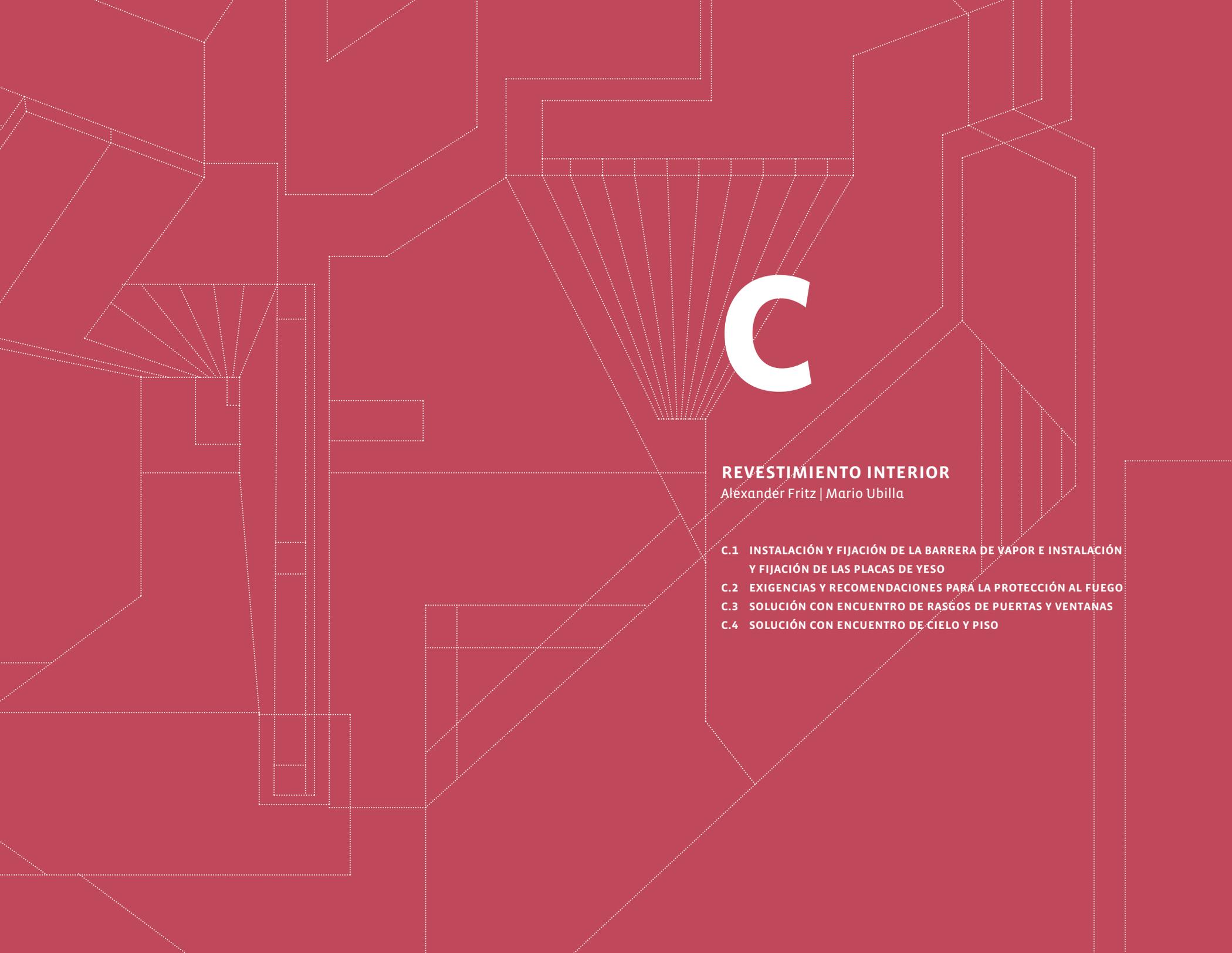
El montaje de los elementos prefabricados, debe planificarse desde dos puntos de vista:

MONTAJE DE ELEMENTOS MENORES

Cuando los elementos constructivos que se montan son módulos de poca longitud (máximo 4,80 m), puede realizarse manualmente por el personal de la obra, con las debidas precauciones de seguridad que deben adoptarse para dicha situación.

MONTAJE DE PANELES TRANSPORTABLES

Si el sistema de prefabricación contempla el transporte de paneles completos, los cuales pueden encontrarse parcial o completamente terminados, el montaje debe realizarse mecanizadamente; es decir, con la incorporación de máquinas y equipos que permitan realizar dicha faena con alta seguridad, con conocimiento absoluto de los procedimientos a seguir y con la precisión que se requiere.



C

REVESTIMIENTO INTERIOR

Aléxander Fritz | Mario Ubilla

- C.1 INSTALACIÓN Y FIJACIÓN DE LA BARRERA DE VAPOR E INSTALACIÓN Y FIJACIÓN DE LAS PLACAS DE YESO
- C.2 EXIGENCIAS Y RECOMENDACIONES PARA LA PROTECCIÓN AL FUEGO
- C.3 SOLUCIÓN CON ENCUESTRO DE RASGOS DE PUERTAS Y VENTANAS
- C.4 SOLUCIÓN CON ENCUESTRO DE CIELO Y PISO

REVESTIMIENTO INTERIOR

Las soluciones para el revestimiento interior pueden ser de variados materiales, siendo los más utilizados: maderas (molduras y placas), planchas en base a yeso-cartón o fibro-cemento entre otras.

Las características y terminación del revestimiento interior está definido por:

- Diseño arquitectónico.
- Grado de Terminación (pintura, barniz u otros).
- Tipos de muro interior (ej. Medianero, exigencias de resistencia al fuego y acústica, muro en ambientes húmedos).

REVESTIMIENTO YESO – CARTÓN

Uno de los revestimientos más versátiles y más utilizados es la plancha de yeso-cartón conformada por un núcleo de yeso y aditivos especiales, que le entrega propiedades de solidez, resistencia, estabilidad, durabilidad e incombustibilidad, y revestido por ambas caras con un cartón de alta resistencia, que le entrega las propiedades de flexibilidad, ductilidad, trabajabilidad (facilidad de corte, perforación, clavado o atornillado).

Existen en el mercado distintos tipos de planchas de yeso cartón, con borde biselado o recto como se presentan en las **Figuras N°1A y N°1B** de variados espesores (8, 10, 15, 20 a 25 mm), en función de los requerimientos que debe cumplir.

Tradicionalmente se comercializan en formatos de 1,2 m x 2,4 m, y otras de dimensiones a pedido. Se fabrican la plancha ST (Standard), utilizada en ambientes secos (dormitorios, estar, comedor), la plancha RH (resistente a la humedad) para recintos húmedos como baños y cocina, y la RF (resistente al fuego) generalmente utilizada

en muros medianeros. Para lograr mejores condiciones de estructura, aislación acústica y de resistencia al fuego, se pueden combinar una o más planchas, aumentando el espesor del revestimiento.

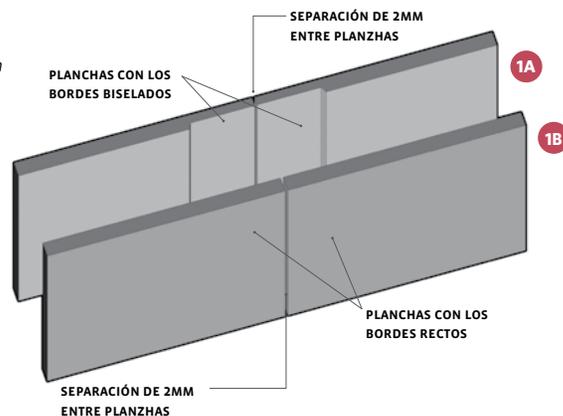
CONDICIONES DE LA BASE

Antes de iniciar la instalación del revestimiento, se deben verificar los aspectos geométricos de la base:

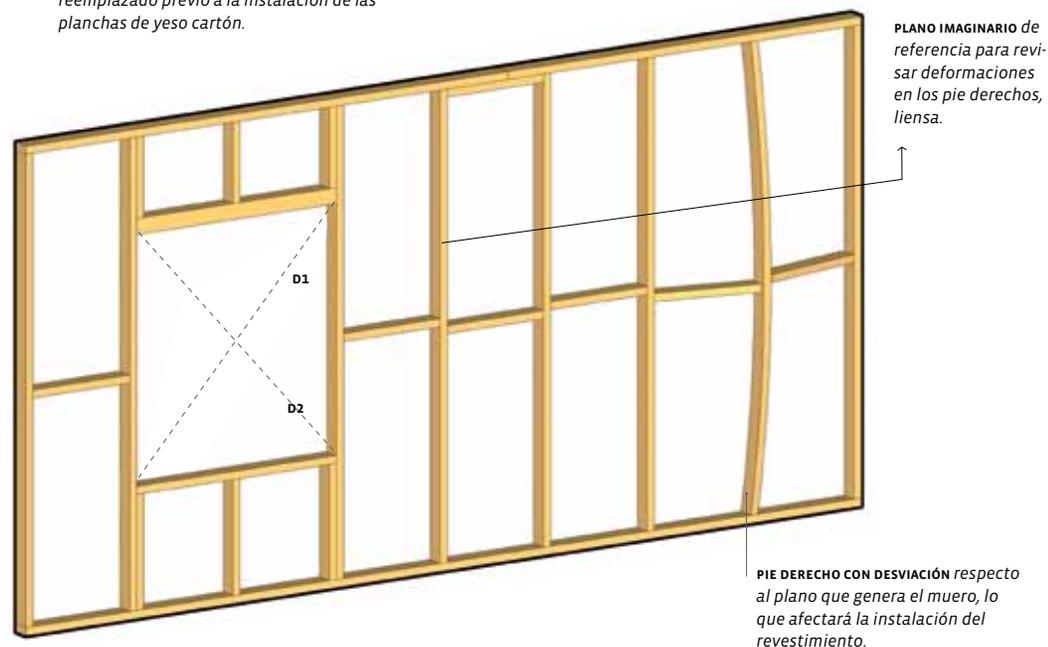
- Verticalidad de los muros a revestir, aceptándose una tolerancia máxima de desplome de 5 mm de la altura del nivel de piso terminado (N.P.T.) al cielo del entrecielo o techumbre.
- Verificación de paralelismo entre piso y cielo en la línea del muro aceptándose una tolerancia máxima de desviación de 5 mm por cada 3 m.
- Medición de la altura de la estructura de muro donde se instalarán las planchas, para asegurar que éstas calcen en su ubicación definitiva. Si fuese necesario se debe realizar el rebaje correspondiente a las planchas previo a la instalación, considerando que debe quedar una separación del borde de la plancha con el piso de 1 cm a lo menos.
- Verificación geométrica de rasgo de puertas y ventanas controlando la longitud de las diagonales de los vanos, aceptándose una tolerancia máxima de diferencias entre los largos de éstas, de ± 3 mm, como lo muestra la **Figura N° 2**.

Verificar que el conjunto de los pie derecho conformen un plano, para lo cual se colocan clavos a 10 cm del cielo, a la mitad de la altura y a 10 cm del piso, en los pie derecho extremos donde se instalarán lienzas en forma horizontal distanciadas 2mm del plano vertical que conforman los pie derecho, si se observa que algún pie derecho está en contacto con las lienzas significa que no pertenece al plano, se aceptan des-

- 1** Vista en planta del encuentro de planchas con borde biselados (1A) y con bordes rectos (1B)

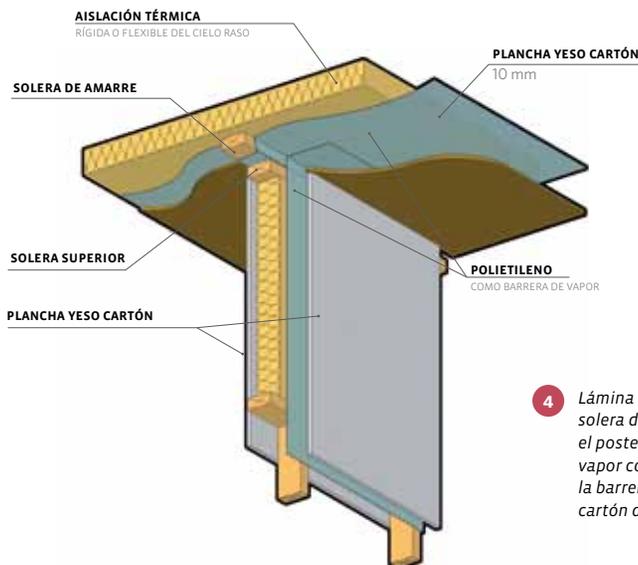
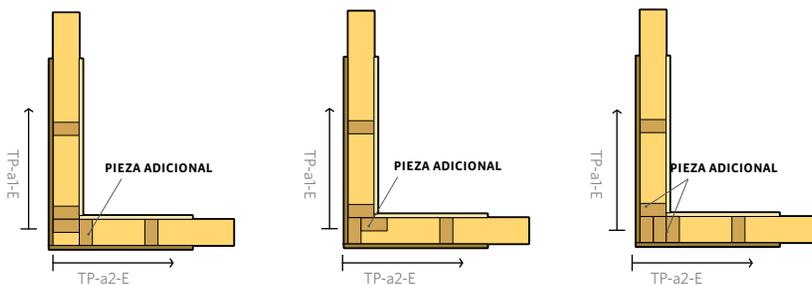


- 2** Ventana rectangular a la cual se le miden las diagonales. Panel que presenta la deformación de un pie derecho el cual debe ser reemplazado previo a la instalación de las planchas de yeso cartón.



PIE DERECHO CON DESVIACIÓN respecto al plano que genera el muro, lo que afectará la instalación del revestimiento.

3 Ventana rectangular a la cual se le miden las diagonales. Panel que presenta la deformación de un pie derecho el cual debe ser reemplazado previo a la instalación de las planchas de yeso cartón.



4 Lámina de polietileno colocado entre la solera de amarre y la solera superior, para el posterior traslape con la barrera de vapor colocada en el cielo. Continuidad de la barrera de vapor en las planchas de yeso cartón del cielo.

viaciones no mayores de 2mm como tolerancia. De ocurrir una variación mayor, se deben tomar medidas al respecto, ya que esas variaciones se traspasaran al revestimiento, como se muestra en la **Figura N° 2**.

· Verificar que todos los bordes de las planchas tengan superficie de apoyo en la estructura del panel para poder ser fijadas, especialmente en los encuentros de paneles de esquinas, donde se produce el encuentro de muros, existiendo variadas soluciones, que dependerán de la solución estructural de la esquina de los paneles, como se muestra en la **Figura N°3**.

INSTALACIÓN Y FIJACIÓN DE LA BARRERA DE VAPOR

Previo a la instalación de las planchas de yeso cartón como revestimiento, es necesario verificar la correcta instalación de la aislación térmica en los paneles perimetrales para luego instalar la barrera de vapor que debe estar definida en las especificaciones técnicas respecto al material tipo, espesor y consideraciones para su instalación.

Generalmente se especifica un polietileno de 0,2 mm de espesor como barrera de vapor, el cual debe cubrir desde la solera de montaje o solera inferior según corresponda, hasta la solera de amarre, asegurándose que retorne en el cielo al menos 15cm, como lo muestran la **Figura N°4**.

La fijación del polietileno se realiza con engrapadora para grapas de 10 a 12mm, fijadas cada 20cm aproximadamente, sobre los pies derechos y soleras de la estructura del Muro Envoltente, verificando que el polietileno quede tenso, como se observa en la **Figura N°5**.

Cuando se realicen empalmes entre paños de polietileno, se debe dejar un traslape de 15cm entre ellos y sellar el encuentro con

cinta adhesiva o un cordón de silicona, asegurándose que no queden pliegues, ya que al momento de instalar las planchas de yeso cartón podrían generar deformaciones o pueden impedir un correcto encuentro entre las planchas, afectando la terminación.

Cuando es necesario realizar cortes en el polietileno, por ejemplo para la instalación de cajas eléctricas, éste debe ser lo más preciso posible, sellando el encuentro entre el polietileno y el elemento con producto de silicona indicado para esto o con cinta adhesiva, para evitar que ingrese vapor por ese sector al interior del Muro Envoltente. Al momento de instalar la caja eléctrica, **Figura N°6**, se debe cortar la aislación térmica lo suficiente para su cabida, de manera

de no generar un puente térmico.

INSTALACIÓN Y FIJACIÓN DE LAS PLACAS YESO CARTÓN

Se requerirán herramientas e instrumentos en buen estado, sobre todo el cuchillo cartonero para realizar cortes en las planchas, y el atornillador, idealmente eléctrico, con puntas adecuadas para las fijaciones.

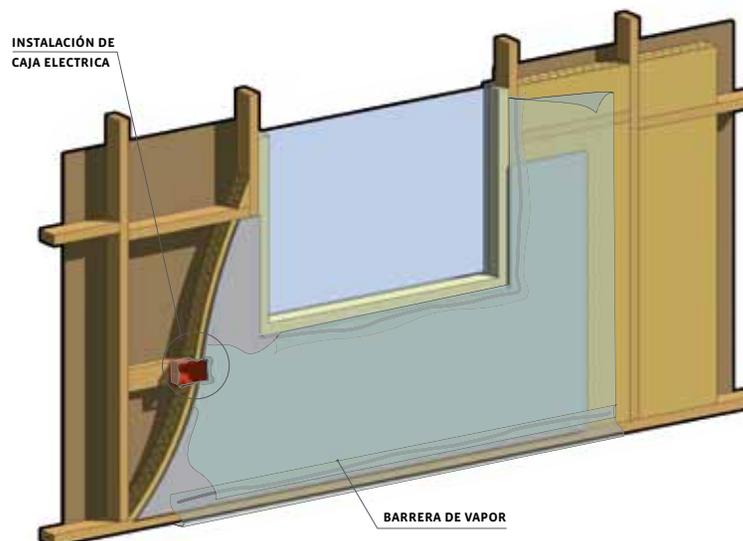
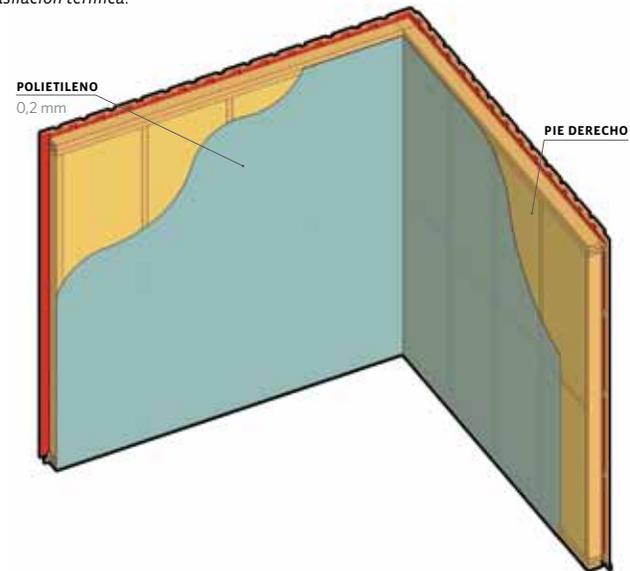
Si la altura de piso a cielo es la establecida por proyecto, y es menos a 2.4 m, que es la altura de la plancha, se debe proceder al corte correspondiente previo a la instalación, verificando que sean bien definidos y rectos.

Verificar que la plancha a instalar sea la establecida por proyecto (ST, RH o RF), y el espesor el indicado (10mm, 15mm o una combinación de ellas).

Las uniones entre planchas en el pie derecho deben quedar aproximadamente 2mm separadas unas de otras en el momento de su instalación.

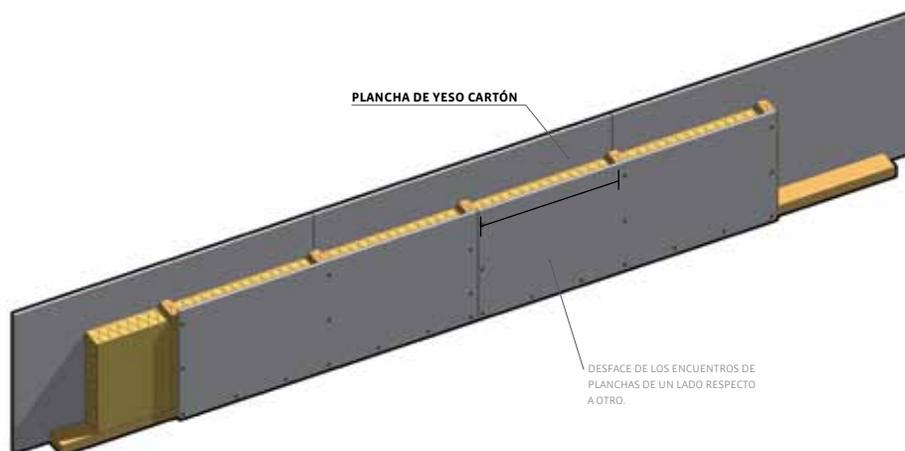
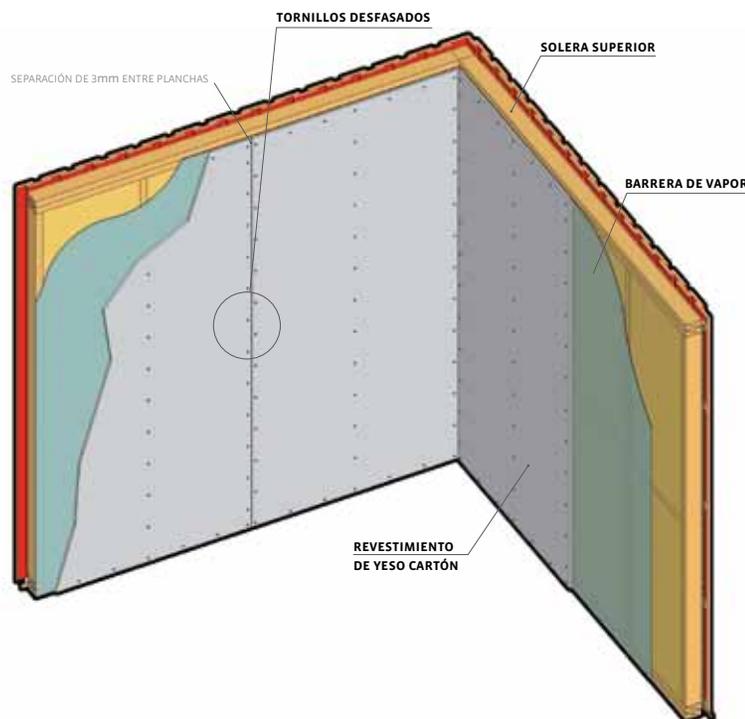
Las especificaciones técnicas generalmente consideran tornillos auto-perforantes, con un recubrimiento especial para evitar su oxidación, cadmiada o fosfatada, con un largo mínimo de 35mm, punta de clavo y cabeza de trompeta. Los fabricantes de las planchas de yeso cartón consideran la alternativa del uso de clavos, estos deben ser de cuerpo anillado y cabeza plana con un largo mínimo de 1 5/8", diámetro anillado de 2,82mm y protegidos contra la corrosión. Las fijaciones se distanciarán cada 20cm, dejando 1cm del eje del tornillo al borde de la plancha, en todo el apoyo de la plancha al pie derecho y solera superior e inferior, cuidando que la cabeza quede en el mismo plano sin dañar el cartón de la plancha, ya que de no ser así, impide un adecuado trabajo de la fijación sobre la plancha y genera una zona debilitada, **Figura N°7**.

- 5 Instalación de polietileno de $e=0,2$ mm sobre pie derecho, una vez que ha sido instalado la asilación térmica.



- 6 Sellado que se debe considerar en la barrera de humedad (polietileno), por posible condensación interna debido a la abertura en la placa de yeso para la instalación de caja eléctrica.

- 7 Disposición de los materiales que servirán como base para la instalación del revestimiento con placa de yeso cartón. Elevación de parte de un tabique donde se destacan la disposición de las fijaciones en la plancha de yeso cartón.



- 8 Vista de un muro interior destacando que el encuentro de las planchas por un lado no coincida con el encuentro de las planchas del otro.

Cuando se esté fijando el borde de la plancha, se debe cuidar que las fijaciones no queden enfrentados con los de la plancha siguiente, si no que queden desfasados, como se muestra en la **Figura N°7**.

En la instalación del revestimiento interior en tabiques o muros interiores, se debe verificar que los encuentros de planchas que se generan por uno de los planos del Muro Envolvente, no coincidan con los encuentros de las planchas del otro lado, **Figura N°8**. Una de las ventajas de utilizar planchas de yeso-cartón, es que dado el rebaje que tienen en sus bordes, permite obtener parámetros lisos y continuos, sin que se note el encuentro entre las planchas (junta invisible).

Las juntas se deben ejecutar de acuerdo a las instrucciones del fabricante de las planchas de revestimiento. En caso de utilizar una junta invisible para la plancha de yeso cartón, la separación entre planchas debe ser de 2mm, se deben eliminar con paño húmedo todo el polvo y material suelto de la superficie a tratar luego se aplica una mano de látex acrílico, y una vez seca, se coloca un a huincha de papel perforado o fibra de vidrio.

Se aplica una segunda mano de látex acrílico sobre el papel perforado o fibra de vidrio, terminando el proceso con la aplicación del compuesto para junta (pasta a base de yeso fino), que dejará una superficie a nivel con las caras de las planchas, cuidando de no dejar imperfecciones en los bordes de la aplicación.

Se limpia cualquier exceso del compuesto con llana plana o espátula y una vez seca, se debe alisar con lija fina para obtener una terminación lisa y pareja, libre de grietas e imperfecciones y sin sombras que perturben la vista, quedando disimulado el encuentro de las planchas y en condiciones de aplicar la terminación al revestimiento.

Ante un incendio, la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones, Capítulo 3 de las condiciones de seguridad contra incendio, establece como objetivo a cumplir por el diseño de las edificaciones:

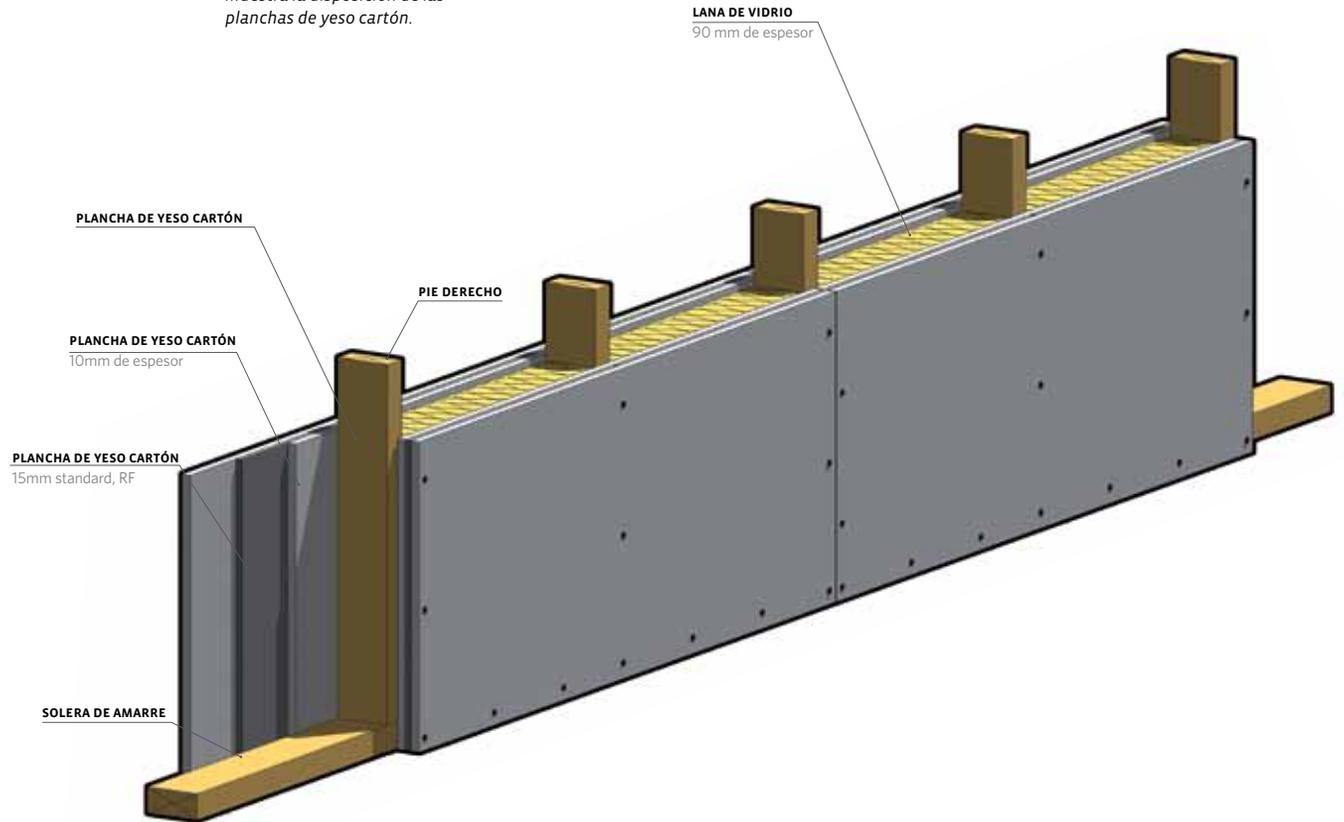
- Que se facilite el salvamento de los ocupantes de los edificios en caso de incendio.
- Que se reduzca al mínimo, en cada edificio, el riesgo de incendio.
- Que se evite la propagación del fuego, tanto al resto del edificio como desde un edificio al otro.
- Que se facilite la extinción de los incendios.

El revestimiento interior de plancha de yeso-cartón, debe cumplir con lo establecido para la Protección Pasiva (capítulo 3 OGUC), es decir que los materiales, por sus condiciones físicas aíslen la estructura de un edificio de los efectos del fuego durante un determinado lapso de tiempo.

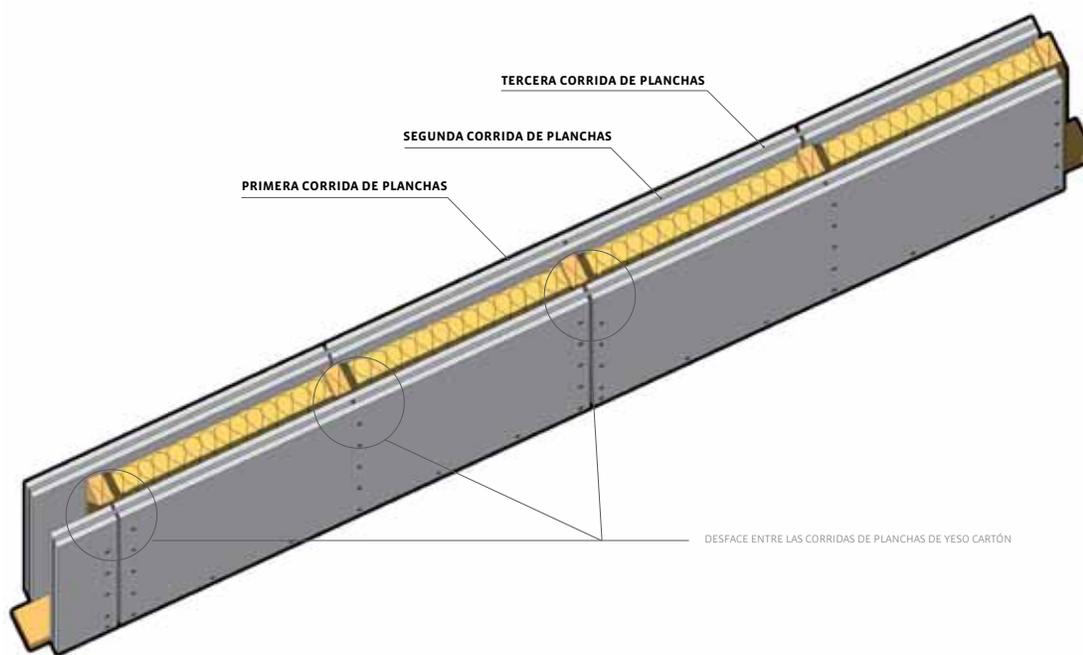
Es por esto, que considerando las características y propiedades de las planchas de yeso-cartón, se entrega una solución para muro medianero, donde el revestimiento interior es conformado por un conjunto de planchas que combinadas cumplen con lo exigido para F-60 (resistencia mínima al fuego de 60 min.).

La solución consiste en instalar por cada una de las caras del muro medianero primero una plancha de espesor 15mm ST, a continuación una de 10mm ST y finalmente una tercera de 15mm RF. **Figura N°9**, aislante térmico espesor de 90mm de lana de vidrio.

9 Corte de muro medianero que muestra la disposición de las planchas de yeso cartón.



- 10 Corte a un muro medianero donde se destaca el desface que debe existir entre las corridas de planchas.



El resto de los muros perimetrales cumple utilizando yeso cartón RF para la exigencia de F-30 (resistencia mínima de 30 minutos), dada la conformación y materiales utilizados en los Muros Envoltentes.

En los muros en que se deben instalar planchas en varias capas para aumentar el espesor, como el caso del muro medianero, que debe cumplir con un F-60, se debe verificar que las distintas corridas de planchas queden desfasadas, de forma tal que los encuentros de la primera corrida quedan cubiertos por las planchas de la segunda corrida y a su vez, los encuentros de la segunda corrida cubiertos por las planchas de la tercera corrida, **Figura N°10**.

Las planchas de yeso cartón pueden ser fácilmente trabajadas para variar su tamaño y forma en terreno, utilizando un cuchillo cartonero. Esto permite realizar cortes precisos en las planchas para dejar los espacios de los vanos de puertas y ventanas. Para obtener un corte adecuado que coincida con el vano (puerta o ventana) que se está generando, se debe medir la ubicación de éste con el Muro Envoltente, trasladar esas medidas a la plancha, trazarlas y realizar un corte con el chuchillo cartonero sobre los trazos, sin atravesar la plancha cortando sólo la parte del cartón, para luego doblarla y que se quiebre en la zona marcada.

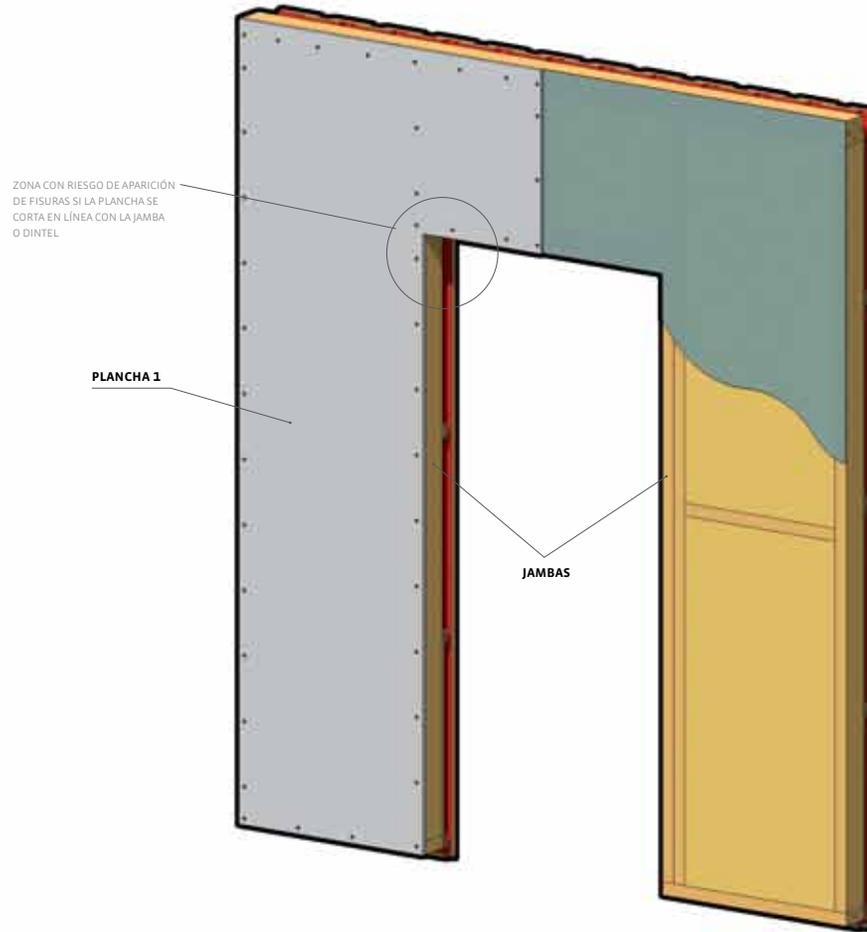
Los cortes en las planchas deben ser realizados considerando que el borde de ésta coincida con el plano que genera la cara de la pieza de madera, **Figura N°11.**

Para otro tipo de cortes, como curvos por ejemplo, se puede utilizar un serrucho especial para yeso cartón.

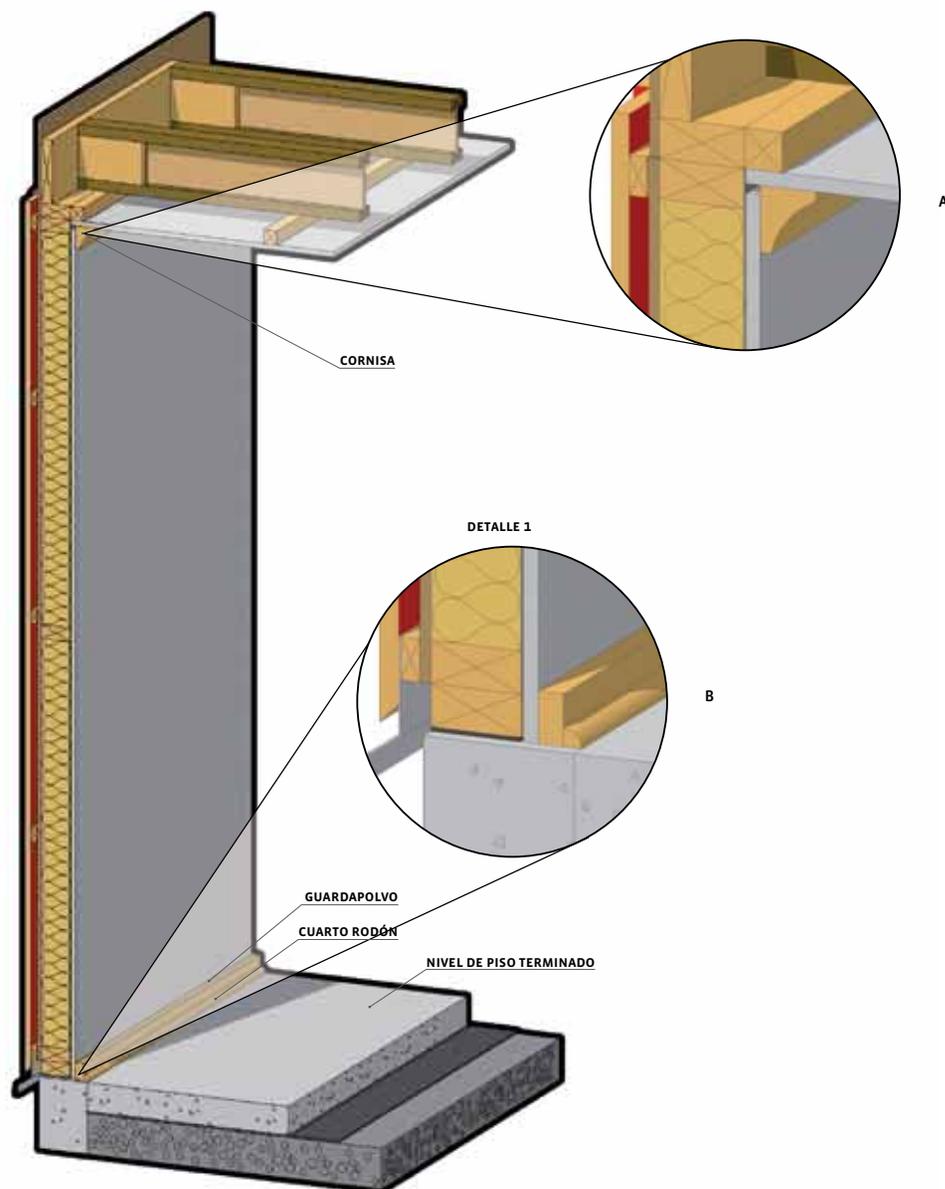
Si se requiere que los cortes queden perfectamente lisos, se deben pulir los bordes con un esmeril manual después de dividir las secciones de plancha.

En los casos que se esté instalando el revestimiento en un dintel, se recomienda que el encuentro de las planchas no quede alineado ni con las jambas ni con el dintel, sino que generar el encuentro, en el eje vertical del dintel, para evitar la posible aparición de fisuras debido al uso de las puertas o ventanas, **Figura N°11.**

11 Elevación que detalla las consideraciones para instalar las planchas en los sectores con vano de puertas o ventanas.



- 12 Corte que muestra la solución para el encuentro de la plancha de yeso cartón con el piso y cielo.



Cuando se instala la plancha de revestimiento vertical, ésta debe quedar distanciada en su parte inferior del piso 1 cm a lo menos y el extremo superior a 5mm del cielo. Estas separaciones o bordes irregulares de las planchas, serán tapados, una vez aplicada la terminación a la base, por guardapolvos en los pisos y cornisas en los cielos, obteniéndose una terminación bien definida.

En caso que el encuentro de las planchas de yeso cartón con el cielo no considere cornisas, se debe realizar un tratamiento al encuentro como el descrito para las juntas, pero con mayor precaución en los cortes que eventualmente se realicen, verificando que la distancia sea la mínima posible entre el borde y el cielo, **Figura N°12A y N°12B**.

D

TERMINACIONES EXTERIORES DEL MURO FONDEF

Alexander Fritz | Mario Ubilla | Anette Fürst

- D.1 ELECCIÓN DE REVESTIMIENTO
- D.2 CONDICIONES DE LA BASE, DISEÑO E INSTALACIÓN
- D.3 REVESTIMIENTO DE MOLDURA DE MADERA
- D.4 REVESTIMIENTO DE MOLDURA Y PLACA DE OSB
- D.5 REVESTIMIENTO DE MORTERO CEMENTO

El revestimiento exterior cumple con la función de: proteger la estructura, aislar del medio contra temperaturas extremas, humedad (el ingreso de agua lluvia), viento y también una función estética al crear espacios arquitectónicamente atractivos.

Al elegir el tipo de material para el revestimiento exterior se debe considerar:

- Aspectos estéticos: el aporte a la belleza de la edificación.
- El costo inicial de inversión: precio del material instalado.
- El costo de mantención.

Existe una multiplicidad de materiales que se pueden usar como revestimiento exterior como: diferentes tipos de molduras de madera aserrada, cepillada, tableros de madera tratada para exteriores, planchas de fibrocemento, mortero cemento, enchapes de arcilla o cerámicas e imitaciones en madera como: molduras vinílicas, de OSB o de fibrocemento.

La investigación FONDEF ha especificado los revestimientos:

- Moldura de madera.
- Tablero de madera reconstituída, O.S.B.
- Mortero cemento.

MOLDURA DE MADERA

Figura N°1 y Figura N°2, las molduras de madera son un revestimiento que permite la reparación y el eventual cambio de partes dañadas con gran facilidad, hacer cambios y remodelaciones, como por ejemplo abrir nuevas ventanas o perforaciones para mejorar la ventilación.

Mantención del revestimiento que depende de:

- La calidad de la madera.
- Diseño técnico de uniones y cortes.
- Instalación de las molduras, (traslapada, machimbrada, horizontal o vertical).
- Tipo de pintura elegida para la terminación final.

TABLERO OSB

Figura N°4, los revestimientos de tableros de OSB comparten aproximadamente las mismas ventajas que las molduras de madera aserrada o cepillada: fácil reparación, montaje y cambios en la fachada.

Estos tableros de OSB han sido tratados con borato de zinc que lo protegen contra los hongos y termitas, pero al igual que las molduras de madera, son de un material biodegradable y se deben ceñir a las especificaciones del fabricante rigurosamente, para asegurar su durabilidad en el tiempo.

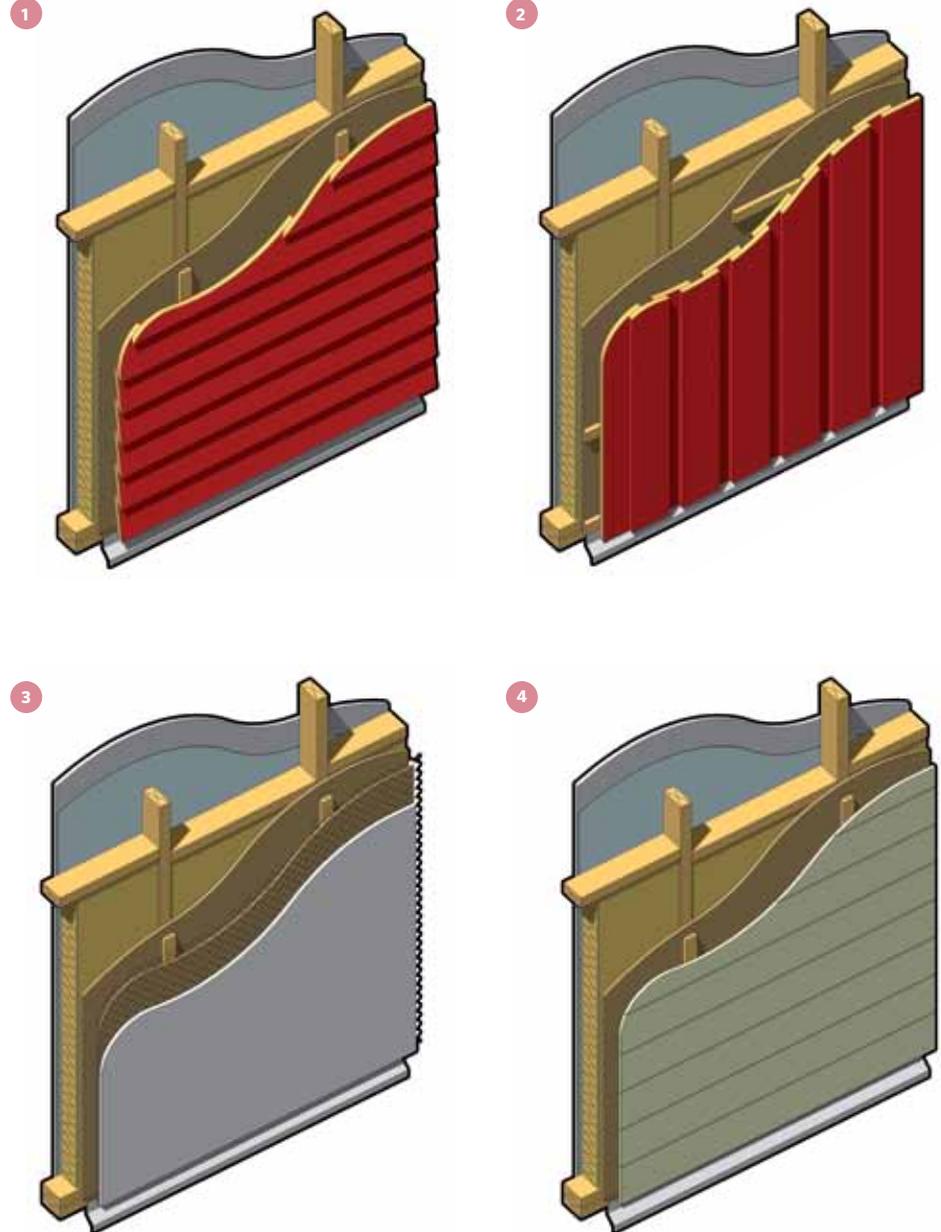
Este tipo de tableros vienen pre-pintados (con una resina fenólica), permiten la aplicación directa de la pintura que se desea como terminación final.

MONTERO CEMENTO

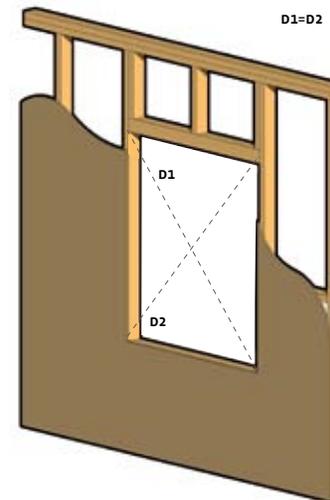
Figura N°3, el mortero cemento permite combinar las ventajas que tienen una construcción en madera con la adaptación arquitectónica a zonas donde hay una predominancia y tradición de construcciones de albañilerías o adobe, con una excelente protección.

Su mantención depende de:

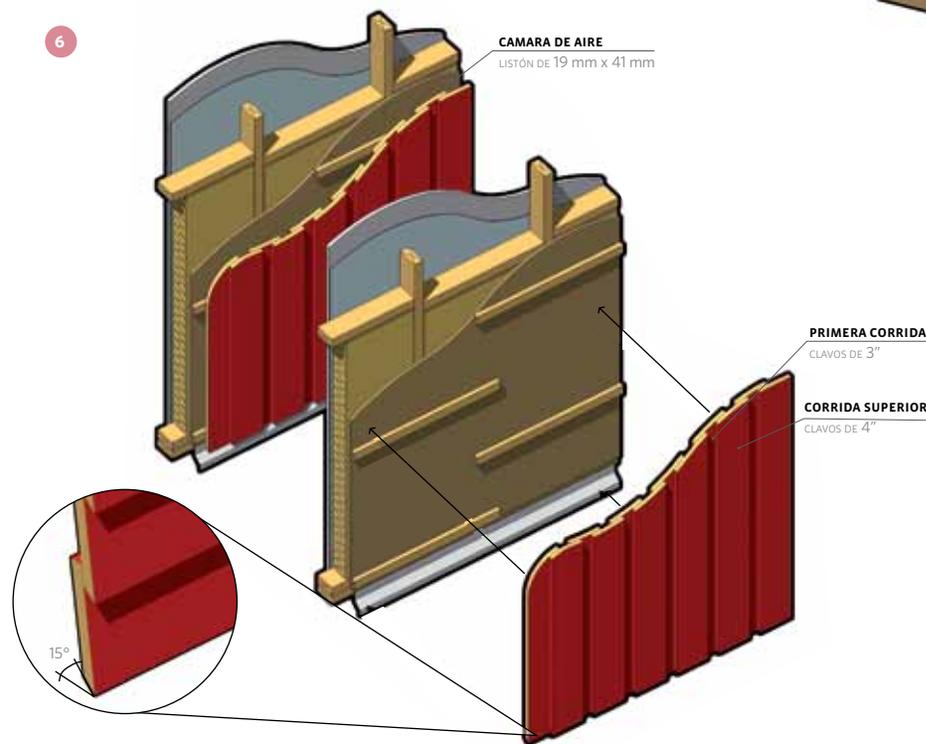
- El diseño técnico de detalles.
- Ejecución según instrucciones del fabricante.
- Terminación final del revestimiento.



- 5 Se debe cumplir que la distancia de los diagonales debe ser igual + 2mm. $D1+2m$



6



CONSIDERACIONES GENERALES

El diseño y la confección de la estructura del Muro Envolvente debe considerar que sobre ésta se fijará la solución del revestimiento exterior, y que para asegurar terminaciones óptimas, se deben considerar:

- El plano generado por los pies derechos sobre el cual se dispone el arriostramiento (tablero OSB) debe ser controlado geométricamente, previo a la instalación de éste, para que no acusen deformaciones a simple vista por desangulaciones, falta de paralelismo, verticalidad u horizontalidad, al igual que la geometría en vanos de puertas y ventanas, **Figura N°5**.
- Ejes de los pies derechos deben ser marcados en la superficie de las placas arriostrantes por la cara exterior; para guiar el anclaje del revestimiento.
- El paramento del primer y segundo piso deben formar un plano, aceptándose tolerancias de desaplome y alineado de no más de 1mm. cada 1 m.
- Considerar piezas adicionales que aseguren el soporte a la base del revestimiento y así evitar desprendimientos o deformaciones de éste posteriormente.
- Base (arriostramiento) plana, de superficie homogénea, alineada, aplomada, sin restos de otros materiales y limpia.
- Prevenir la instalación de forros de hojalatería sobre puertas y ventanas antes de la colocación del revestimiento.

CÁMARA VENTILADA

La característica fundamental de la instalación de cualquier revestimiento es de que éste tiene su trascara ventilada. Esto se logra en el Muro Envolvente mediante la instalación sobre la placa arriostrante de O.S.B; de listones de 21 x 41mm. de pino radiata cepillado, con humedad menor del 19%, en sentido horizontal o vertical donde se fijará el revestimiento elegido, como se observa en la **Figura N°9-1, N°9-2, N°9-3**.

Es tos listones permiten obtener una cámara ventilada que debe mantener un flujo ininterrumpido de aire entre la trascara del revestimiento y la placa arriostrante del Muro Envolverte.

En la **Figura N°6** se muestra como se deben disponer en listones distanciados dispuestos en sentido horizontal, cuyo revestimiento se coloca en sentido vertical, que asegure una buena ventilación.

Los listones distanciadores se instalan con clavos galvanizados, corrientes o helicoidales de 2 pulgadas, sobre cada pie derecho, en sentido vertical distanciados los clavos cada 60cm; en sentido horizontal a la distancia de los pie derecho.

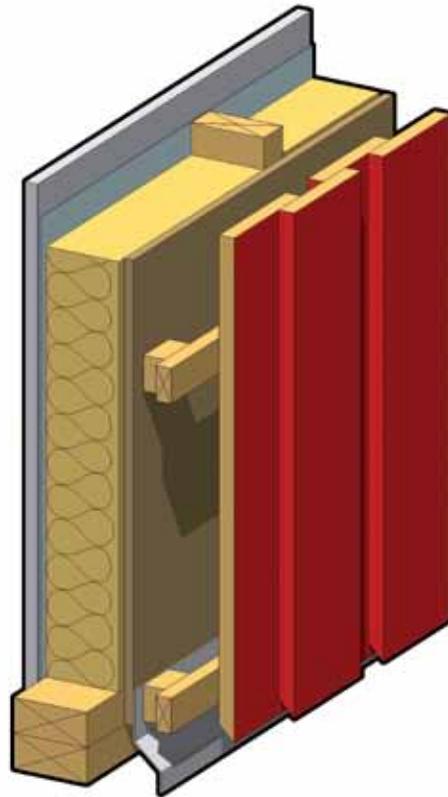
· Dispuestos los listones distanciadores horizontalmente en forma equidistante desde el borde inferior hasta el borde superior del Muro Envolverte, a una distancia 600 mm. con 1 clavo sobre cada pie derecho.

En muros con una exposición a intensa lluvia y con vientos se instala un distanciador extra, como se muestra en la **Figura N°7**.

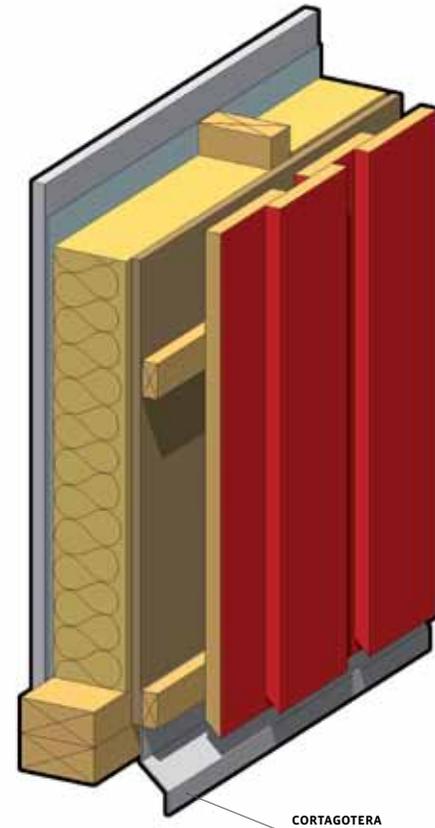
Además es conveniente considerar un corte a las molduras de aproximadamente 15° de forma de contar con una corta gotera, como lo muestran en la **Figura N°6**.

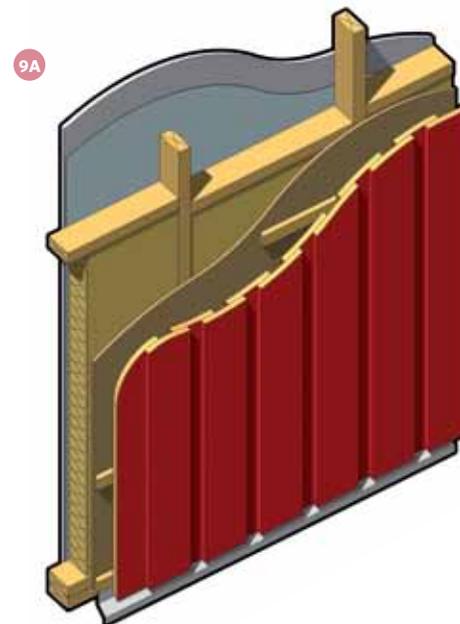
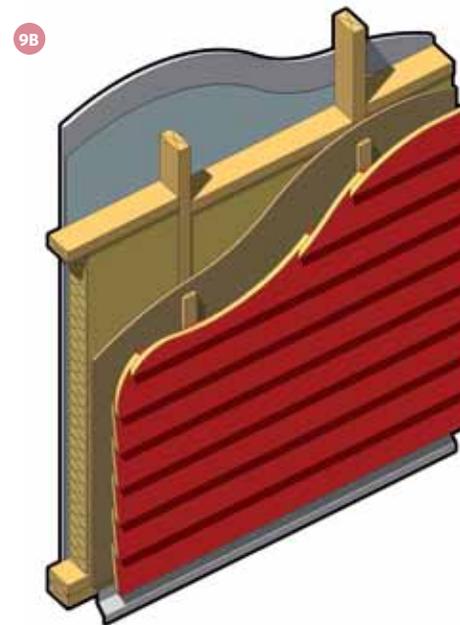
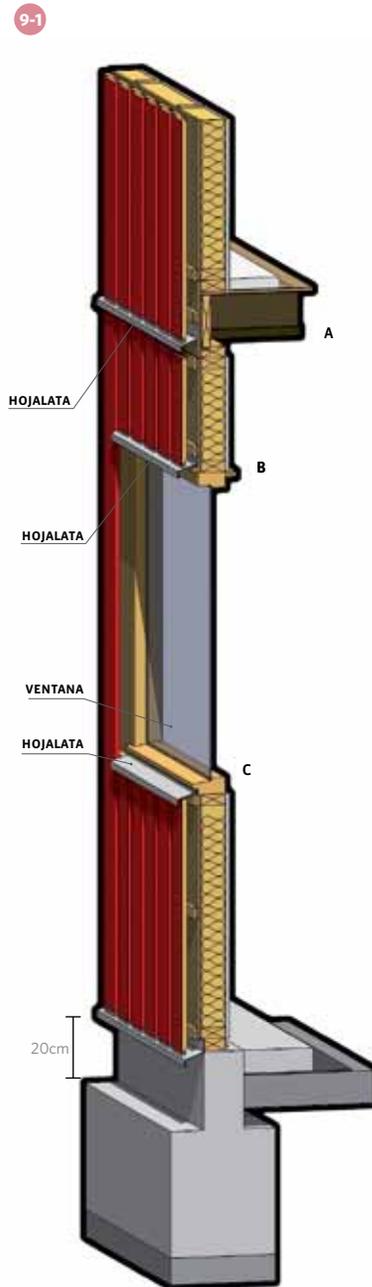
Finalizada la instalación, se debe verificar que los listones conformen un plano vertical homogéneo y uniforme, ya que esta superficie será la que reciba el revestimiento exterior y cualquier deformación afectará el resultado final, **Figura N°8**.

7 En caso que se deba aumentar la cámara de aire, se suple el separaor (listón 21 x 41 mm).



8 El rebaje de la moldura se realiza en obra con cepillo de mano, con corta gotera.





CONSIDERACIONES PARA EL DISEÑO

Independientemente del tipo y disposición de moldura utilizada (horizontal, vertical, machihembrada, corrida, abierta, etc.) se debe tener especial preocupación en el diseño de los detalles de los encuentros de materiales (estuco-madera, madera-madera, etc.), entre muros (esquinas, desfase entre pisos), bordes (con fundación, alero, atraques a ventana y puertas, etc.). Es fundamental considerar las propiedades de la madera para asegurar un revestimiento durable. Por lo tanto, se debe:

- Diseñar soluciones y detalles que consideren discontinuidad de las piezas de revestimiento como las molduras, por ejemplo con otra moldura o con forros de hojalatas; **Figura N°9-1 A y B.**
- Evitar soluciones que permitan que el agua se apoce en las piezas de madera, especialmente en elementos horizontales. Si se trata de las partes superiores e inferiores, por ejemplo, ventanas, se puede proteger los extremos de las piezas de las molduras con forros de hojalaterías o con otra pieza de moldura inclinadas, **Figura N°9-1C.**
- Evitar soluciones en las cuales la madera esté en contacto con el terreno, se debe mantener una distancia de al menos unos 20 cm. entre el nivel del terreno más cercano al revestimiento salvo que el diseño considere una solución que permita con facilidad, cambiar maderas dañadas en la parte inferior del revestimiento, **Figura N°9-1**
- Diseñar detalles que aseguren una buena ventilación del revestimiento, en los vanos de ventanas, bajo el alero o en un eventual cambio de materiales en la fachada; **Figura N°9-1.**
- En los lugares de excesiva pluviosidad, diseñar y dimensionar canales, cortagoteras, forros y bajadas de agua en acero galvanizado, de tal forma que cumplan su función de derivar el agua del revestimiento; a pozos de absorción, **Figura N°10.**

ESPECIFICACIÓN DE MATERIALES

Moldura de Pino Radiata según norma Nch 2100 of. 2003

- Escuadría 21 x 118 mm; (aserrada seca).
- Cepillada por las cuatro caras.
- Máximo de 18% de humedad.
- Impregnado según la indicación de Nch 819.

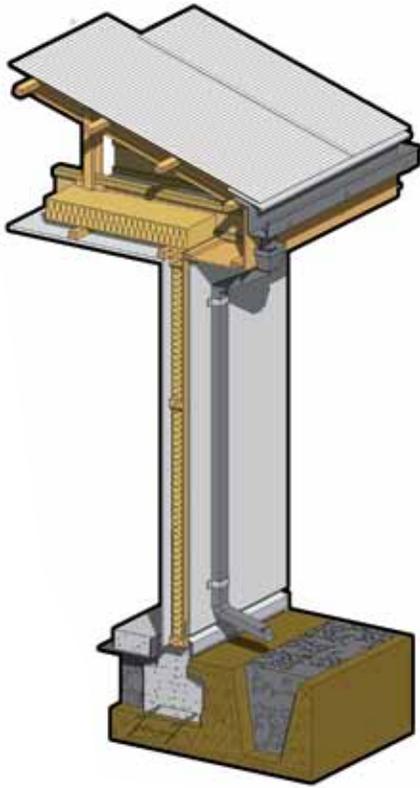
Para una mejor adhesión de la pintura de terminación final, la madera idealmente no debe ser cepillada.

- Clavos zincados, helicoidales o corrientes.
- Para las molduras de fondo (primera corrida) se utilizan clavos de 3", como se muestra en la **Figura N°11A y B**.
 - Para las molduras de la corrida superior se utilizan clavos de 4", como se muestra en la **Figura N°11A y B**.

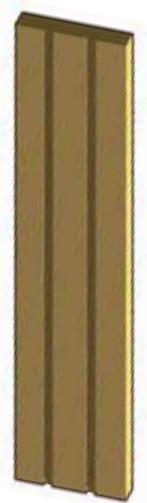
PREPARACIÓN DE LA MADERA

- La madera debe ser almacenada en un lugar seco, separado de la superficie de la tierra, bien ventilado y no expuesta a la radiación solar.
- Para evitar el "cuchareo" de las molduras de un ancho mayor a 125mm, éstas deben tener ranuras fresadas longitudinalmente en la superficie que representa el lado del crecimiento del árbol, en el plano montado hacia la cámara ventilada. **Figura N°12.**
- Todos los extremos inferiores de las molduras verticales, incluso en la parte superior de ventanas y puertas, deben tener una cortagotera de 15° y siempre mantenerse bien pintados sus cantos, **Figura N°12.**
- Las molduras verticales ubicadas en la parte inferior de las ventanas deben tener (junto al listón de clavado) el ángulo adecuado para el apoyo de la hojalatería del alfeizar exterior que a la vez se apoye en la moldura de la corrida superior. **Figura N°13.**
- Para lograr una óptima y duradera adherencia de la pintura la superficie no debe haber sido expuesta a la intemperie antes de ser pintada, idealmente se pre-pintan las

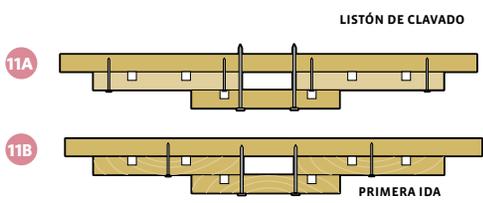
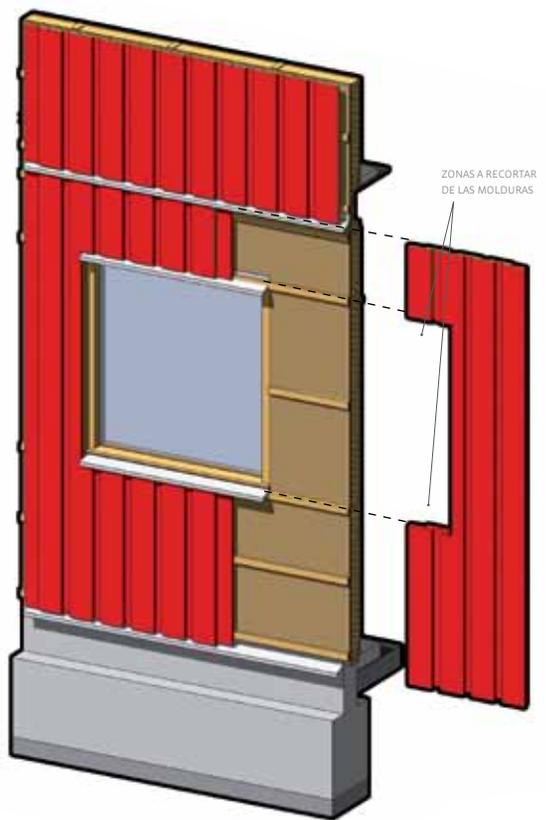
10 Evacuación de agua lluvias a pozo de drenaje.



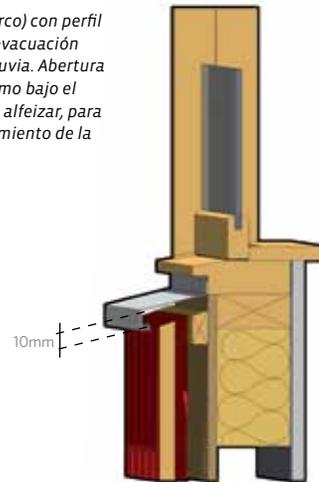
12 Frisado de la trascara de la moldura.



13



- 14 Pieza de madera (marco) con perfil con pendiente para evacuación superficial de agua lluvia. Abertura de 10 mm como mínimo bajo el forro cortagotera del alfeizar, para asegurar el funcionamiento de la cámara de aire.



15



molduras con una mano antes de instalarla como revestimiento definitivo de la obra.

- Si no es posible, se debe al menos pre-pintar todos los cortes de las molduras antes de ser instaladas, y pintar dentro de un período de dos semanas, como máximo.
- Cuando se usa pintura de tipo temple (Falun), como en el proyecto FONDEF, la degradación de las fibras superficiales no influyen en el desempeño de la pintura, al contrario, la degradación superficial mejora la adhesión de la pintura.

INSTALACIÓN DEL REVESTIMIENTO

- Previo al inicio de la colocación del revestimiento, se deben tener los planos de detalles y especificaciones con las soluciones de encuentros, esquinas, bordes, etc.
- En la instalación de cada una de las molduras, asegurar la formación de la cámara ventilada.
- Verificar que la superficie de apoyo del forro de hojalatería del alfeizar tenga la inclinación según el detalle que se especifica en el plano correspondiente, como se observa en la **Figura N° 14**.
- Verificar que la ventilación entre la moldura debajo de la ventana y el forro de hojalatería deje un espacio de 10 mm como se observa en la **Figura N° 14**.
- Forro corta gotera de hojalatería en la parte superior de la ventana (dintel exterior) fijado a la placa arriostante antes del montaje de la moldura. Se debe verificar los 15° formando un corta gotera.
- Verificar la instalación de las molduras alrededor de puertas y ventanas, en zonas de cambios de materiales, de forma que sus cantos superiores sean sellados (óleo o esmalte) con pintura.

Verificar la disposición de las molduras desde las puertas y ventanas, y de las esquinas para así obtener una repartición homogénea, **Figura N° 13** y **Figura N° 15**.

Con respecto a la solución de los encuentros con vanos, se debe considerar que queden las molduras en su ancho total, salvo el sector que coincide con la ventana o puerta, donde se deberá realizar el corte para que calce en esa zona, como se muestra en la **Figura N° 13**, 120 cm antes de llegar a una esquina se debe interrumpir la colocación del revestimiento, verificando que el espacio que queda permita llegar con una moldura del ancho normal, de no ser así, se deben desgastar, las molduras que quedan por colocar, a fin de distribuir entre varias el ancho que sobra, llegando al final con una pieza de ancho parecido al resto. Este desbaste a los anchos de las molduras no lo advierte el ojo, por lo que el diseño no se verá afectado, como se puede ver en la **Figura N° 15**.

Hay que evitar las juntas horizontales. En caso de ser necesario su uso, se deben realizar los cortes o rebajes que muestran las figuras, protegiendo del ingreso de humedad intersticial a la pieza de madera, **Figura N° 16**.

CLAVADO DE LAS MOLDURAS

La madera se hincha y se deshincha según si está absorbiendo humedad o secando, por lo que es importante que la instalación de las molduras no impida estos movimientos, por ejemplo, al colocar los clavos con distancias pequeñas, la moldura no tiene posibilidad de movimiento y empieza a tener grietas alrededor de los clavos. Cuando se trata de molduras de escuadrías delgadas esto es especialmente válido ya que el movimiento de la madera afecta especialmente a la dimensión a lo ancho y muy poco a lo largo de la moldura.

Se debe tener especial cuidado de no hundir la cabeza del clavo ni de generar grietas en la moldura. Al romper las fibras superficiales de la madera, estos puntos se transforman en debilidades en la fachada, **Figura N° 17**.

Para evitar que la madera se agrite o raje en los extremos, no se debe clavar más cerca de 10 cm. sin haber previamente hecho una perforación con broca y taladro, en forma horizontal, **Figura N°18**.

La instalación de la primera corrida de la moldura:

Según el ancho de las molduras de fondo (primera corrida que se clava) estas se fijan, o con un clavo en el centro de la moldura y a una distancia en el plomo igual a 600mm entre ellos, **Figura N°11B**, o con 2 clavos en sus laterales en tal forma que sus cabezas sean cubiertas por la moldura que conforma el plomo exterior del revestimiento, **Figura N°11A**.

Montaje segunda corrida de la moldura:

Las molduras que conforman el plomo exterior del revestimiento deben tener un traslapo de 20 mm sobre las molduras de base por cada uno de sus cantos. En el caso de las molduras anchas, estos deben ser fijados con dos clavos, con una distancia en altura igual a 600 mm, y a una distancia mínima al borde de 25mm.

Se debe tener especial precaución que los clavos de la corrida de molduras superior no atraviesen a la pieza que esta tras ella ya que las dos maderas se mueven en diferente formas y esto causaría grietas en la madera. Esta es la razón porque los clavos de las molduras superiores son más largos que los de la primera corrida, como se muestra en la **Figura N°19**.

TERMINACIÓN SUPERFICIAL Y MANTENCIÓN

La terminación superficial tiene dos objetivos: proteger la madera y agregar un valor estético a la construcción.

La protección de la madera que da una

terminación superficial no puede reemplazar ni a la impregnación al vacío con sales CCA u otros, ni a un diseño y construcción adecuada. Técnicamente la terminación debe ser considerada como una capa extra que recibe el primer golpe climático y que ayuda a prolongar la vida útil de la madera. Según el tipo de terminación se puede comparar ésta con una crema bloqueadora o la ropa usada para protegerse contra la radiación ultravioleta o la chaqueta liviana que protege contra viento y lluvia sin encerrar al agua que respira el cuerpo.

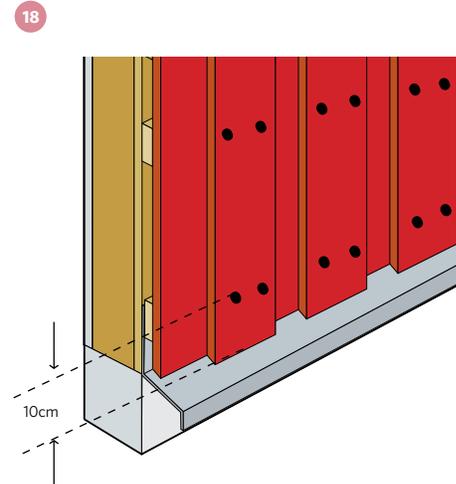
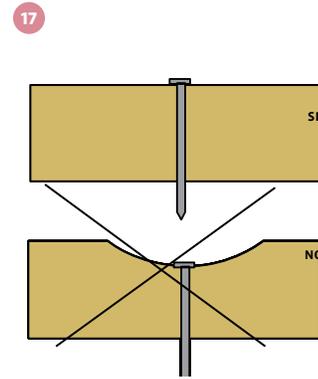
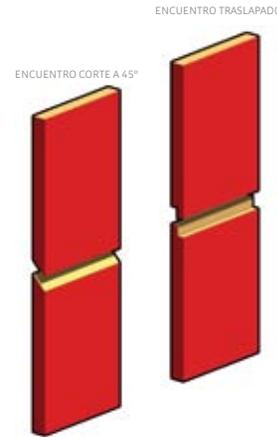
Hay diferentes formas de tratar la madera exterior. Se puede dejar la madera sin ningún tratamiento o se puede dar una protección superficial con o sin color. La elección de cómo hacerlo es una opción estética que a su vez tiene diferentes consecuencias técnicas y económicas en cuanto a la especificación y elección de la madera y frecuencia de mantención. Siempre se deben seguir las instrucciones de los fabricantes de los productos que se han especificado.

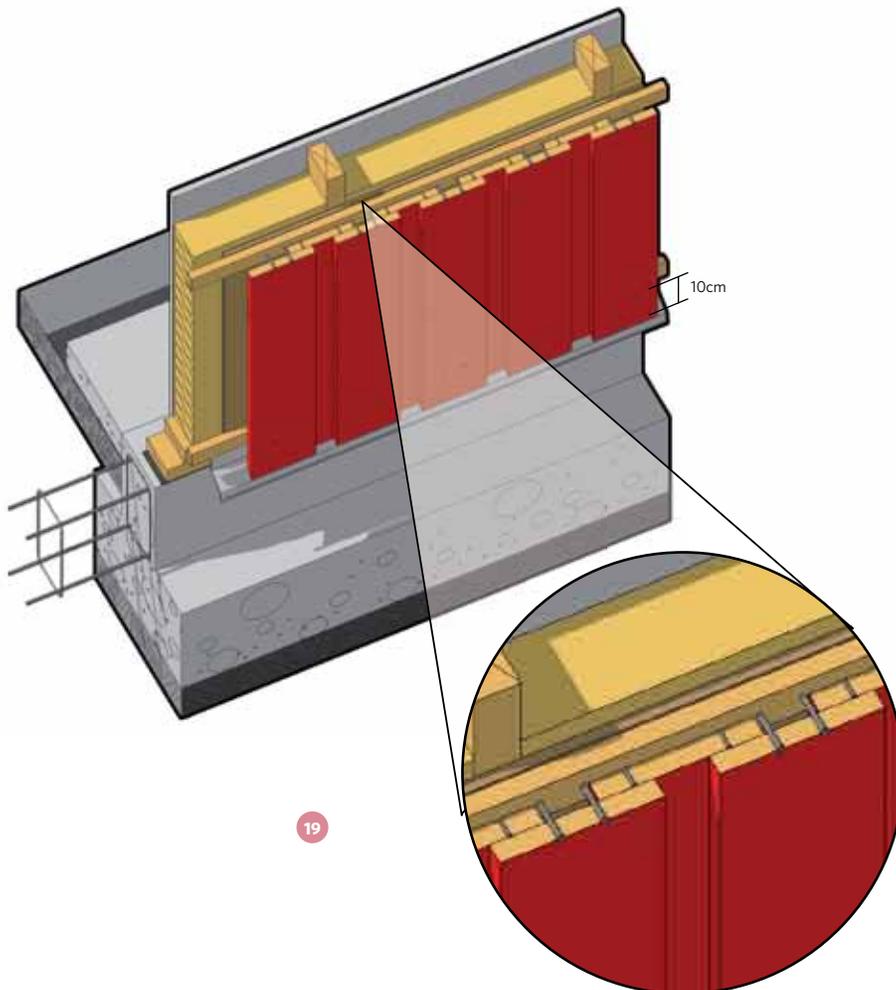
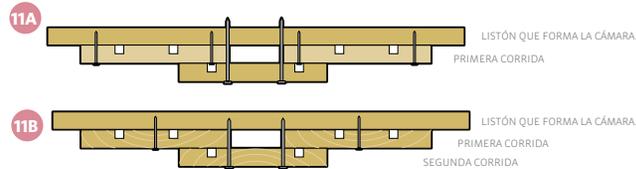
MADERA EXTERIOR SIN TRATAMIENTO

Al dejar la madera sin tratamiento superficial, esta se degrada al oxidarse sus resinas en la superficie. Las fibras de lignina lentamente se liberan, y se van soltando, la superficie se pone rugosa/pelusa y las vetas aparecen en relieve con la madera clara del crecimiento primaveral y la madera oscura del crecimiento de verano. La radiación ultravioleta es la causante de este proceso, el que puede ser acelerado por una eventual exposición a lluvias y vientos fuertes como, por ejemplo, se puede observar en las tjuelas de las casas e iglesias chilotas.

El proceso de degradación superficial conlleva a que la madera se “seca” y probablemente aparecen más grietas visibles que si hubiera sido pintada. La influencia de estas grietas en la durabilidad de la madera, de-

16 Solución horizontales, con el fin de evitar el ingreso de la humedad a la estructura.





19

COLOCACIÓN DE CLAVOS

pende de si éstas son superficiales o penetran toda la moldura, si el clima es seco o húmedo, de la especie usada y de la calidad y dimensión definida.

Las grietas son depositarias de tierra, polen y otras partículas y, en lugares con alta humedad ambiental durante períodos prolongados, se pueden transformar en lugares donde empieza el crecimiento de mohos y musgos lo que puede ser el inicio de un proceso de degradación de la madera aún siendo impregnada. Lugares de la fachada con menor flujo de aire pueden ser atacados por un moho negro, el cual sólo se puede evitar tratando la madera con productos químicos antihongos (agua con cloro).

Mientras que la madera es sana; es decir sin ataques orgánicos, cuando las grietas no influyen mayormente en su durabilidad. Daños por ataques orgánicos son fáciles de descubrir y permiten con tiempo tomar las medidas adecuadas para detener su origen. La mantención es económica ya que se limita a la inspección de la madera, al cambio de piezas o soluciones que han fallado.

Al no tratar la madera exterior es recomendable ser especialmente cuidadoso en la selección de ésta y usar espesores de al menos 1 1/2" a 2".

El uso de madera sin tratar es la forma más "tradicional" de usar la madera exterior. En el sur de Chile se pueden observar ejemplos de esto. Se puede ver cómo las casas o iglesias se han pintado en la medida que ha habido recursos económicos para esto. La pintura y el color, se aplicaban en los interiores o en componentes más expuestos, que se querían resaltar, por ejemplo, puertas exteriores. Hoy la opción es mantener la belleza de la madera natural con sus vetas a la vista. Con el tiempo esta madera recibe un tono gris plateado y, según las condiciones climáticas del lugar y la espe-

cie usada, negro. Se logra un efecto de integración con la naturaleza.

Como complemento se pueden pintar puertas, ventanas, esquineros y tapacanes de frontones con un color y pintura que permita a estos componentes resistir mejor el desgaste al cual están expuestos, o por roce, o por viento y lluvia.

MADERA EXTERIOR CON TRATAMIENTO TRANSPARENTE

Cuando se quiere mantener las vetas de la madera a la vista y además el color de la madera fresca no oxidada, se aplican tratamientos transparentes. Estos pueden ser de tipos que forman capas (barnices y lacas) o de tipos que dejan la madera "respirar" (imprimantes). Pueden tener o no tener un cierto volumen de pigmentos en tal forma que deje la madera con un tono diferente, imitando por ejemplo una madera nativa cuando se usa Pino Radiata, o reforzando y manteniendo el color verde que deja el cobre de la impregnación CCA (Cromo-Cobre-Arsénico). El tipo y la calidad de los pigmentos usados definen la durabilidad del color.

A veces los tratamientos transparentes contienen filtros contra la radiación ultravioleta. El efecto de éstos, en la mayor parte de los casos no es comprobado ni certificado.

El uso de tratamientos transparentes se debe; igual que cuando no se aplica ningún tratamiento, a la intención de mantener la belleza de la madera natural, sin embargo con la diferencia que, en este caso, con su color no oxidado. Es una estética que por un lado tiene su origen en los años 60 y que por otro lado expresa el deseo de ver y sentir la cercanía con lo "natural y noble".

Los tratamientos transparentes permiten

mantener la “madera natural” a la vista, sin embargo su efecto protector contra la radiación ultra violeta es casi inexistente. El efecto de esto es que la radiación ultra violeta llega a la madera que a su vez comienza el proceso de degradación. Cuando la lignina empieza a soltarse, se suelta también la laca o el barniz que, además, tiene un movimiento diferente a la madera.

En ambos casos los productos accesibles en el mercado nacional tienen poca materia sólida, factor que se expresa en su rápida degradación y necesidad de una mantención frecuente, la que debe ser hecha con una prolija limpieza de la madera eliminando toda la lignina degradada para así nuevamente tener una adherencia adecuada para el tratamiento. Tomando en cuenta la calidad de los tratamientos existentes, este proceso debe repetirse cada 1 a 3 años dependiendo, de la ubicación geográfica, exposición a lluvia y viento y la preparación previa a pintar de la madera.

MADERA EXTERIOR CON TRATAMIENTO OPACO

Al proteger la madera exterior con productos opacos se protege ésta contra la radiación ultravioleta. La costumbre de darle un color opaco a la madera exterior tiene su origen en la intención de imitar, mediante el color, materiales a la moda no accesibles. El ejemplo más antiguo de esto es el color rojo que imitaba el ladrillo de la cultura holandesa, sueca y alemana y luego el amarillo que imitaba la piedra amarillenta de la cultura francesa. Estas pinturas estaban basadas en aceite linaza y pigmentos de tierra.

Las pinturas para madera exterior más comunes en el mercado actual son de pigmentos sintéticos, igual que los aceites portadores de éstos. Los pigmentos sintéticos son generalmente menos estables que los naturales pero permiten un colo-

rido mayor y más variado. Una excepción en el mercado chileno es la pintura “al temple”, como la de Falum. Esta pintura tiene como base una tierra rica en óxido de hierro y sus características son diferentes a las otras pinturas del mercado.

ASPECTOS TÉCNICOS

Al usar un tratamiento opaco, la resina de la madera oxidada y la superficie no degradada por la acción de la radiación ultravioleta, la lignina no se suelta y la madera tiene una vida útil mayor. Para que éste sea el efecto técnico, es importante tener en cuenta que:

- La superficie de la madera empieza su proceso de degradación apenas está expuesta a la radiación ultravioleta y como consecuencia, la adherencia de las pinturas se disminuye. Por lo tanto, es recomendable pre-pintar la madera antes de su instalación o exposición a la intemperie por la cara que dará al exterior.

- La madera siempre se adapta a la humedad del ambiente: absorbe agua y el agua se evapora de ella. Por lo tanto, el agua debe tener la posibilidad de salir. Si la pintura aplicada encierra el agua en la madera, se producen condiciones muy favorables para que el ataque de hongos y mohos destruyan a la madera. Esto puede suceder especialmente en zonas muy lluviosas y cuando el revestimiento exterior además esté instalado sin estar ventilada su trasera.

- Distintos tipos de pinturas tienen diferente capacidad de adherencia a la madera y formas para dejar salir el vapor de la madera. Para compensar esto, se debe crear un “puente” entre la madera y la pintura final, lo que se hace usando un “sistema” de pintura. Se aplica primero un sellador que contiene aceites, que penetran la superficie y sella las células de la lignina. Luego se aplica la pintura recomendada para madera con una mano diluida y luego la mano final

sin diluir.

. El color elegido influye en la temperatura superficial de la madera exterior y, por lo tanto, en la rapidez en que la madera se seca después de la lluvia.

- Pinturas bien aplicadas necesitan una mantención menor cada 2 a 4 años y una mayor cada 6 a 7 años.

PINTURAS “AL TEMPLE”

En el caso del Muro con revestimiento ventilado, se ha elegido proteger la superficie exterior de la madera con una pintura “al temple”. Este tipo de pinturas son al agua, con pigmentos de tierra, ligante de almidón y una parte menor de aceite linaza, que le entrega más resistencia al roce a la pintura.

Este tipo de pinturas han sido usadas durante siglos en países con tradición maderera y sus características principales son:

- Pinturas al agua y donde la humedad entra y sale libremente de la madera.

- Sus pigmentos de tierra son los que forman la protección a la madera y no las resinas como es el caso de las pinturas en base de aceites o látex.

- Tienen cierto efecto conservante sobre la madera ya que contienen minerales como por ejemplo cobre.

- Su adherencia no empeora con la degradación de la superficie de la madera, al contrario, la mejora.

- Es menos inflamable que pinturas a base de aceites u óleos.

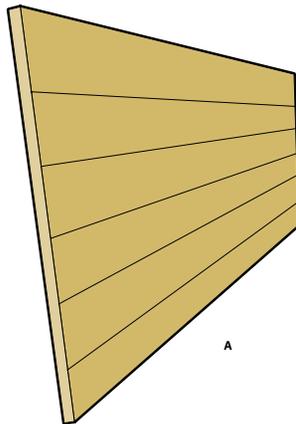
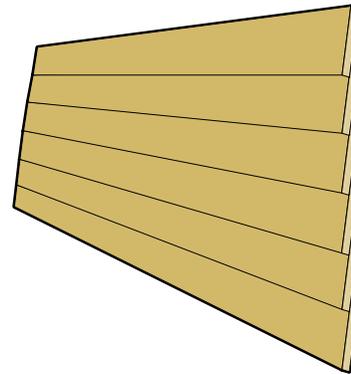
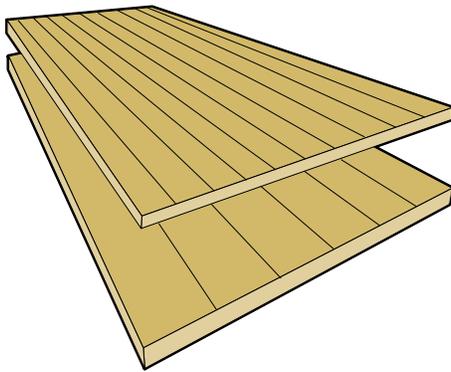
- Es de un color estable.

Las pinturas al temple recomiendan su uso

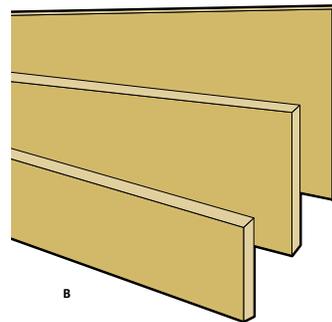
sobre madera no cepillada. Si la madera ha sido cepillada, la aplicación de la pintura no debe ser hecha antes de que la superficie tenga cierta degradación ya que mejora su adhesión. Los ligantes de estas pinturas son aceite linaza y cola de trigo. El pigmento mineral está formado por pequeños cristales que reflejan la luz, lo que le entrega propiedades especiales a este tipo de pinturas.

Usada en maderas no cepillada, después de unos 7 – 10 años, el pigmento empieza a soltarse de la madera y es tiempo de repintar. Al hacer mantención sólo se debe limpiar la superficie con una escobilla plástica dura, sacando así la suciedad y pigmento suelto.

20



TABLEROS DE OSB



TINGLADO DE OSB

GENERALIDADES

Las soluciones de revestimientos provenientes del material O.S.B. son los tableros y molduras tratados superficialmente que aportan gran rapidez en su instalación, flexibilidad, durabilidad y reducidos costos por m², **Figura N°20A y B.**

Otras características que se pueden destacar son:

- Diseñados para intemperie.
- Protegidos contra el ataque de termitas, hongos y retardadores de fuego.
- Fácil instalación, no requieren herramientas especiales.
- Fácil de pintar.
- Variedad de formatos según el producto.
- Cantos sellados de fábrica.

CONSIDERACIONES GENERALES PARA EL DISEÑO

· Como para todo tipo de revestimiento exterior, se debe considerar el diseño de ventanas y puertas, detalles de encuentros de materiales (mortero cemento / moldura OSB, Madera / PVC, etc.), encuentros entre paramentos (esquinas, desfase entre pisos), atraques y bordes (con fundación, alero, atraques a ventana y puertas, etc.), lo que hace necesario confeccionar planos de detalles que contengan las soluciones respectivas de los revestimientos, sin dejar las soluciones a la improvisación, en el momento de su instalación.

· A pesar que los revestimientos de O.S.B., son de madera y tienen sus particularidades propias de su condición, es igual de importante diseñar, especificar y realizar su instalación, considerando las propiedades de la madera para asegurar su durabilidad.

· El fabricante de los productos O.S.B. recomienda montar los tableros y las molduras tingladas directamente encima del tablero arriostrante provisto de una barrera de humedad y "tomar todas las precauciones con

el fin de evitar el ingreso de agua por detrás del revestimiento sellando esquinas, encuentro de muros, cubiertas y cualquier posible lugar de acumulación de agua, con sellos resistentes a la intemperie", en este caso el proyecto FONDEF, al integrar en el muro exterior una cámara ventilada incluso para este material, recomienda diseñar en detalles que sean necesario, que permitan la buena ventilación del revestimiento, es decir, que el aire pueda circular desde la parte inferior de la moldura hasta su parte superior, sea ésta debajo de una ventana, debajo del alero o en un eventual cambio de materiales en la fachada.

· Evitar soluciones en las cuales los tableros o molduras OSB estén en contacto directo con el terreno, se recomienda mantener una distancia de al menos unos 15 cm. entre la superficie del suelo más cercana al revestimiento, como en todas las otras soluciones de revestimiento.

· Diseñar y dimensionar forros, canaletas y bajadas de agua lluvia de forma que cumplan la función de derivar el agua del revestimiento a puntos específicos para su evacuación, como en todas las otras soluciones de revestimiento.

ESPECIFICACIONES DE MATERIALES

REVESTIMIENTOS

En la investigación, los revestimientos de O.S.B. que se privilegiaron fueron el tablero ranurado de formato 2.44 m x 1.22 m y espesor 11.1 mm, ranurados de 4" o de 8", **Figura N°20A**, y la moldura de OSB de formato 4.87m x 200mm de ancho y espesor de 9.5 mm, con un contenido de humedad igual al correspondiente a la humedad de equilibrio del lugar donde prestará el servicio, **Figura N°20B.**

CLAVOS

Clavos galvanizados de 8d (diámetros) como mínimo de largo suficiente para penetrar en los listones que conforman la cámara ventilada en a lo menos 1 1/2" o 4 veces el espesor del tablero.

SELLANTE DE UNIONES ENTRE LAS PIEZAS (TABLEROS O MOLDURAS)

MASILLA ELÁSTICA O SILICONA LÁTEX resistente a la intemperie, con protección UV, lijable y pintable, y para aplicación madera/madera, según especificaciones del fabricante del tablero o moldura de O.S.B.

PINTURA

Esmalte al agua o látex 100% acrílico de buena calidad, o pintura al temple tipo Falum.

PREPARACIÓN DEL TABLERO

ALMACENAMIENTO Y MANEJO DEL MATERIAL EN OBRA

Los productos deben ser almacenados en áreas limpias y secas, separadas del piso, si es posible bajo techo en una superficie lisa y a lo menos con tres puntos de apoyos, distanciados a no más de 1.20 m, **Figura N°21**. Si se almacena al aire libre se recomienda cubrir las con manga plástica de polietileno, cuidando de mantener los laterales separados de los costados de los paneles para permitir la circulación del aire. Medidas adicionales de protección, deben tomarse para períodos prolongados de acopio. Además es de mucha importancia el manejo interno del material dentro de la obra, de no astillar o mellar los cantos del producto ya que por esos puntos es por donde se iniciará el ataque biótico.

CONTENIDO DE HUMEDAD

El cambio del contenido de humedad se traduce en variaciones dimensionales de las piezas de O.S.B. (tablero o moldura), es recomendable que este efecto se produzca antes de instalarlos, ya que al no hacerlo, producirá deformaciones tanto en la estructura como en el revestimiento. Es necesario por lo tanto estabilizar la humedad de equilibrio, mediante los siguientes procedimientos:

ESTABILIZACIÓN

Para una correcta estabilización se debe conocer la humedad de equilibrio del lugar de utilización, así como también el contenido de humedad del producto O.S.B. que se utilizará, el que se obtiene mediante un instrumento de mediación de humedad, higrómetro de superficie.

Una forma eficiente y acertada de determinar la humedad de equilibrio, es medir el contenido de humedad de elementos de madera que existe en el lugar donde se instalará el revestimiento, con este antecedente y determinada la humedad de los tableros o molduras de O.S.B., se definirá si es necesario humectar o secar el revestimiento.

HUMECTACIÓN

Si el contenido del tablero o moldura está por debajo de la humedad de equilibrio del lugar geográfico donde se instalarán, es necesario incorporar humedad a estos tableros, mojándolos con 500 a 1000cc de agua y dejarlos reposar encastillado, durante dos días, se mide la humedad con higrómetro de superficie y se contrasta con la humedad del medio, de no ser suficiente, se repetirá el procedimiento.

SECADO

Cuando los tableros o molduras se encuentran sobre la humedad de equilibrio de la zona a instalarlos, es necesario disminuir la humedad interna, se procede a encastillar los tableros o tinglados de forma de permitir la ventilación entre los elementos para que desprendan agua al medio, durante unos 5 a 6 días. Luego se mide la humedad con el higrómetro de superficie, de no llegar a la humedad de equilibrio se debe continuar con el encastillado durante unos 3 a 4 días más, repitiendo el proceso si es necesario.

SELLADO DE CORTES Y PERFORACIONES

Los tableros y molduras de OSB vienen protegidos desde fábrica por ceras y adhesivos fenólicos en sus caras, y al momento de dimensionarlos esta protección se elimina, por lo que es necesario reponer dicho sello. Esto se debe realizar sobre todos los cortes o perforaciones que se realizan en su instalación con esmalte al agua, látex 100% acrílico o pinturas al temple (tipo Falum).

INSTALACIÓN DE LISTONES DE CÁMARA VENTILADA

Se montan los listones de pino radiata de 19 x 41mm verticalmente, repartidos sobre el tablero arriostrante de forma que coincidan con los pie derecho a distancia de 60 cm fijándolos con clavo de acero común de 2" cada 40 cm en toda su altura.

CONSIDERACIONES PARA EL MONTAJE DEL REVESTIMIENTO

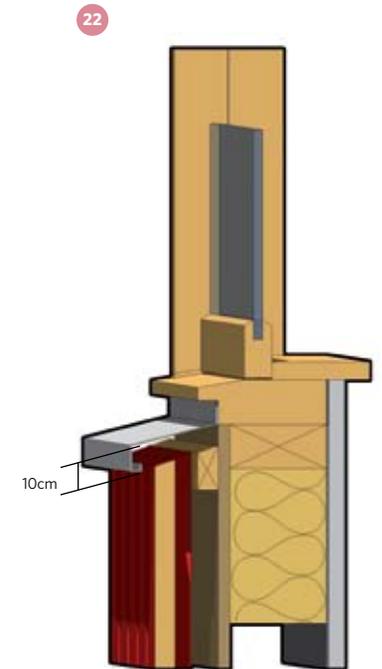
PLANIFICACIÓN

Previo al inicio de la instalación de los tableros, se deben revisar los planos de detalle con las soluciones para encuentros, esquinas, bordes, etc., como especificaciones especiales y consideraciones entregadas en el folletos instructivos del fabricante según el tipo de revestimiento a instalar.

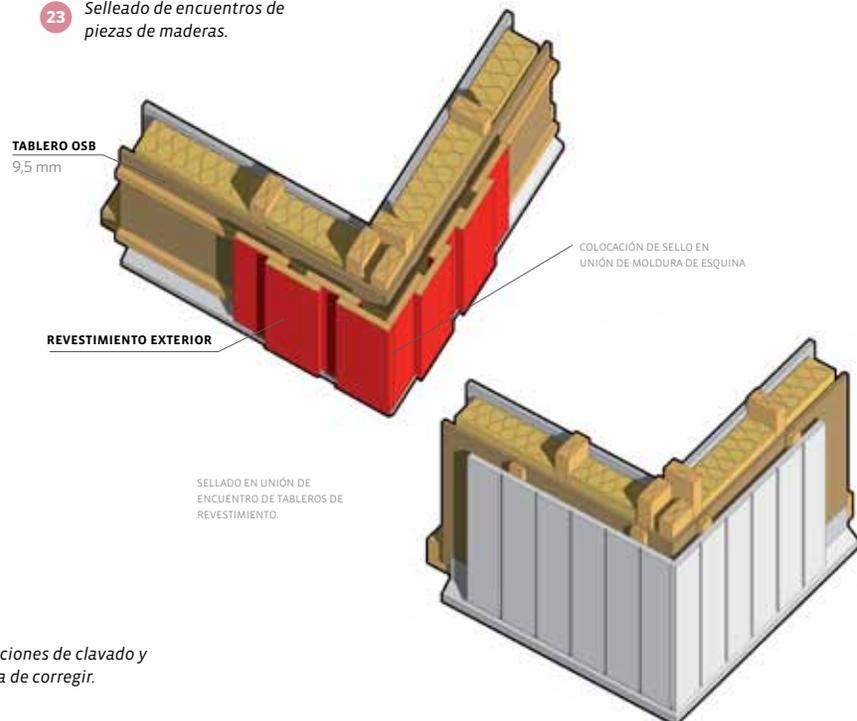
Montaje de tableros ranurados o molduras de O.S.B.

Para ambos se deben considerar:

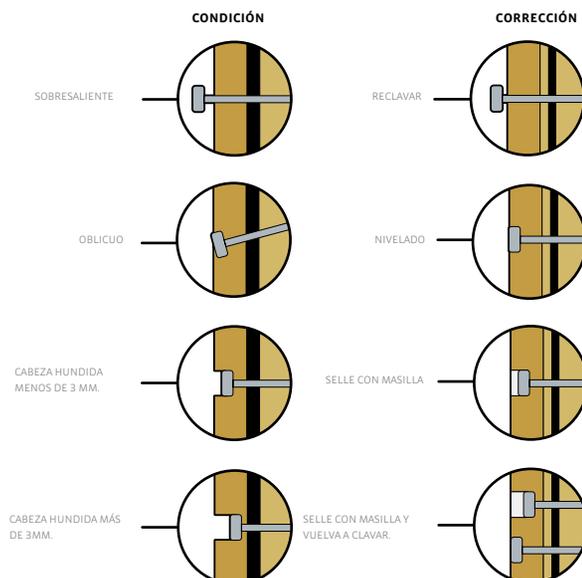
- Controlar que el montaje de tableros y molduras se realice de acuerdo a las recomendaciones y exigencias rigurosas del fabricante que se exponen en los folletos técnicos.
- Verificar cámara de ventilación mínima de 10 mm entre el revestimiento del OSB bajo ventanas y la hojalatería del dintel y/o su apoyo, **Figura N°22**.



23 Selleado de encuentros de piezas de maderas.



24 Situaciones de clavado y forma de corregir.



- Verificar sellado de esquinas, encuentros de muros, atraques de puertas, ventanas principalmente y cualquier punto de acumulación de agua, con sellos resistentes a la intemperie recomendados por el fabricante, **Figura N°23**.

CLAVADO

Verificar no hundir la cabeza del clavo, que rompe las fibras superficiales de la madera, y se transforman en puntos con debilidades en la fachada, disminuyendo su sujeción. En general cumplir rigurosamente con las recomendaciones del fabricante, **Figura N°24**.

El tablero ranurado se puede instalar con clavadora neumática, cuidando que la cabeza del clavo no avellane el revestimiento para que la sujeción de la pieza no se debilita. No se recomienda el uso de clavos de media luna, clavo T o clavos con punta de alambre.

INSTALACIÓN DE TABLEROS DE OSB

Se deben considerar las instrucciones del fabricante como:

- Los tableros deben ser instalados con una junta de dilatación de 3.2 mm entre éstos.
- Clavado de tableros sobre listones de la cámara ventilada, comenzando en las esquinas.
- Inicio de clavado desde sus extremos respetar un mínimo de 1 cm.
- En los perímetros de los tableros, se clava a una distancia máxima (entre clavos) de 15 cm. y en los interiores con una distancia máxima de 30cm.
- Los clavos deben penetrar a la estructura conformada por el listón, tablero arriostante y pie derecho al menos 38 mm.

PROTECCIÓN SUPERFICIAL

SELLADO

Los tableros de OSB vienen previamente imprimados de fábrica, sin embargo, según el fabricante, se deben:

- Sellar todas las uniones de tope, en los vanos y en las esquinas con masilla elástica o siliconas látex pintables de buena calidad de modo de prevenir la penetración de humedad o acumulación de agua.
- Sellar con imprimante de buena calidad (látex 100% acrílico) cualquier área de recubrimiento dañada durante la instalación, por pequeña que sea, o cualquier corte que se haya realizado.

PINTADO

Antes de comenzar a pintar, se debe verificar que los tableros de OSB estén limpios, sin aserrín o suciedad propia de la construcción. Por recomendación del fabricante, solo se debe usar una pintura látex para exterior 100% acrílica o esmalte al agua. La pintura debe ser lavable y de buena calidad y debe ser aplicada en un plazo máximo de 60 días una vez instalado el revestimiento.

No se debe utilizar imprimación o terminación alquídica (óleo), tinturas semitransparentes, pinturas adelgazadas, fórmulas resinosas sobre la base de vinílicos, como el acetato de vinilo o pinturas copolímeras acrílicas o acetatos vinílicos.

CONSIDERACIONES GENERALES PARA EL DISEÑO

Confección de planos de detalles con diseño de encuentros de materiales (estuco-madera, madera-madera, etc.), entre muros (esquinas, desfase entre pisos), bordes (con fundación, alero, atraques a ventana y puertas, etc.) ya que en estos puntos son las más susceptibles a que el agua penetre en la estructura.

BASE

Para la materialización del revestimiento de mortero cemento sobre una superficie de madera, es necesario contar con una base adecuada que tenga las condiciones de adherencia, para que el mortero cemento cumpla con las condiciones como revestimiento sometido a las acciones climáticas y que proteja a la estructura del muro, para lo cual es necesario instalar una malla de acero galvanizado, la investigación FONDEF, utilizó la malla de nombre comercial "Jaenson", que consiste en un sistema compuesto por tres componentes que permiten estucar sobre la estructura del Muro Envolvente, generando una carga de mortero, con las mismas características de un estuco tradicional, con la cualidad de entregar una terminación similar a una de hormigón armado, y además de asegurar el no paso de la humedad ambiental ni la lluvia.

CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA

- Papel fieltro de 25 libras que genera una barrera impenetrable al paso de la humedad, pero que permite que los vapores generados internamente en la vivienda, puedan salir del recinto.
- Papel kraft que tiene función de asegurar la adherencia del mortero.
- La malla de acero galvanizada, G-90 electrolítico (apta para ambientes costeros) y de una alta resistencia a esfuerzos de tracción.

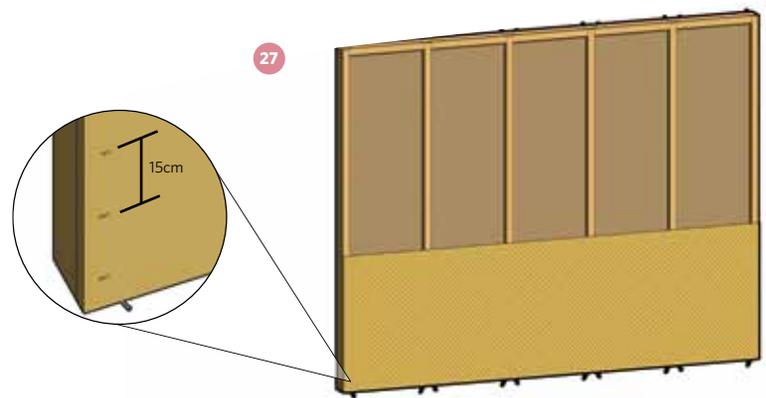
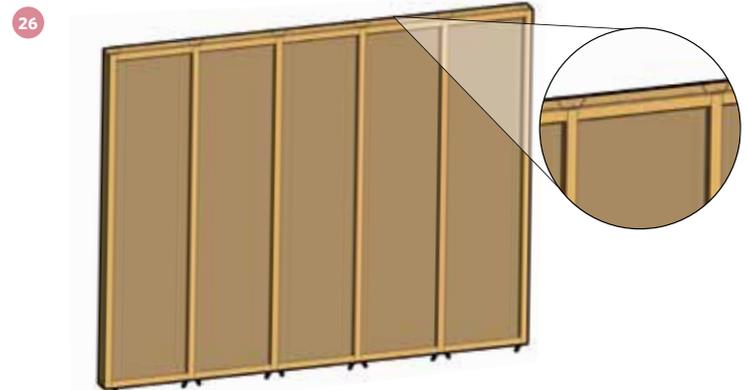
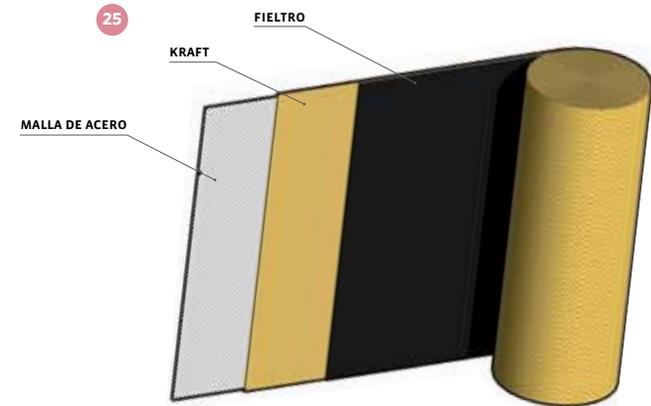
Estos tres materiales vienen entrelazados entre sí, lo cual genera una fácil instalación, Figura N°25.

Producto importado de los Estados Unidos, que cumple con la certificación técnica según Normas de dicho país. Se adquiere en rollos en único formato de 0.95m por una longitud de 31 m.

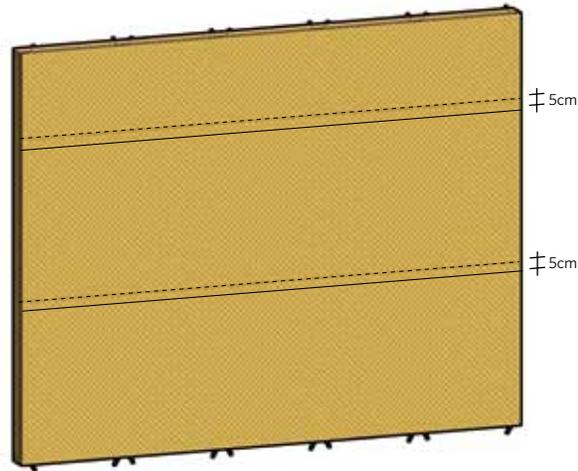
INSTALACIÓN MALLA JAENSON SOBRE MURO ENVOLVENTE

Sobre los listones de 19x41mm que se han dispuesto en forma vertical sobre la placa arriostrante OSB equidistante a 0.60m, para conformar la cámara de aire, como se observa en la Figura N°26, para asegurar el ingreso del aire por la parte inferior del muro y su salida por la parte superior, se deben instalar listones de igual dimensión a los de la cámara fijándolos entre éstos con clavos de acero de 2 1/2" en forma de lancero dejando 1/3 de éste sobre la superficie para luego del fraguado del revestimiento de mortero cemento, retirarlos asegurando así la entrada y salida del aire, Figura N°26. Se procede a instalar el producto, desenrollándolo en forma horizontal, partiendo de la parte inferior del muro, 50mm más bajo de la solera inferior, con el papel fieltro apoyado a los listones. Su fijación se realiza con grampas de 1 1/4" o 1 1/2" galvanizada, ubicadas a una distancia máxima de 15cm, como se muestra en la Figura N°27. Se debe tener especial cuidado de que el producto quede lo más tirante posible entre los listones, y no producir una especie de pando del producto entre éstos, ya que es fundamental no disminuir ni obstruir la cámara de aire.

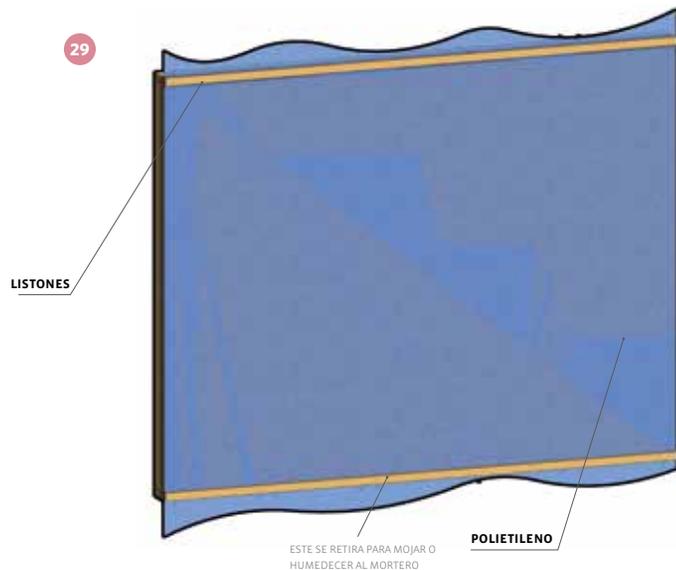
En las líneas sucesivas, se debe traslapar el producto, tanto el traslape asfáltico (extensión de 15 cm del mismo papel fieltro), como también 5cm de malla, fijándose que queden juntas ambas mallas, sin intermediar ninguno de los dos papeles que incluye el producto, Figura N°28.



28



29



Almacenamiento y cuidados del mortero cemento predosificado

- Se recomienda un mortero predosificado en seco que cumpla con la norma NCH2256/1Of.2001 “Morteros-Parte: Requisitos Generales”, con aditivo hidrofugante y fibra de nylon especialmente formulado para este tipo de revestimientos de estuco.
- Las bolsas con mortero predosificado se deben almacenar sobre pallets o un encastrado de madera que los separe del terreno o pavimento, un lugar fresco, seco, ventilado y techado. Si existiese una alta presencia de humedad en el ambiente y dicho material debe permanecer más de 5 días en bodega, es necesario protegerlas con polietileno.
- Se deben evitar las adiciones extras de agua, como de otros materiales como yeso o cal.

COLOCACIÓN DE MORTERO CEMENTO

Instalada la malla se procede a eliminar polvo y restos de material en ésta, iniciándose la colocación del mortero cemento plástico predosificado en forma manual, asegurando la fluidez necesaria para permitir la fácil penetración de éste en la malla.

La colocación del mortero cemento se realiza en dos etapas:

En la primera etapa, es depositado el mortero cemento sobre la malla presionando con una llana para lograr la mayor compacidad posible de forma de cubrir superficialmente ésta, en un espesor aproximado de 10 a 12 mm. (primera carga o adherencia).

Veinticuatro horas después se procede a la instalación de la segunda capa de mortero cemento en un espesor de 12 a 15 mm., dándole la terminación superficial deseada, rellenar con plana y pasar regla.

Dentro de lo posible efectuar cortes en fresco (canterías), esto permitirá reparar cualquier desperfecto sin dañar la adhe-

rencia de paños mayores. Si el espesor total del estuco es superior a 2,5 cm., terminar la faena en tres días.

En tiempos fríos, es común que los morteros en base a cemento experimenten un retraso del fraguado, por tanto la faena es más lenta. Por ningún motivo apurar la faena con la adición de cemento o yeso. Se recomienda que los paños no sean mayores de los 3 mt por 3mt.

La forma de curar el revestimiento resulta fundamental para que no se presenten fisuras a la vista (siempre habrán microfisuras que no serán visualizadas). Por el clima altamente caluroso, se recomienda que terminado de colocar la segunda capa, a las 6 horas se debe instalar una membrana de polietileno de arriba abajo siendo ésta fijada en la parte inferior mediante una pieza de madera que no permita el ingreso de viento, **Figura N°29**. Durante 7 días debe permanecer húmeda la superficie, o sea una vez al día soltar el polietileno de la parte baja y mojar la superficie desde arriba hacia abajo y volver a fijar el polietileno. Se recomienda contemplar cada 2,5 a 3mts juntas de dilatación de espesor máximo de 5 a 7mm.

The background of the page is a light purple color with a white architectural line drawing. The drawing consists of various geometric shapes, lines, and rectangles, some of which are filled with a light purple color. A large, bold, white letter 'E' is positioned in the upper right quadrant of the page, partially overlapping the architectural drawing.

E

RECOMENDACIONES GENERALES PARA EL DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE OTROS ELEMENTOS ESTRUCTURALES Y ARQUITECTÓNICOS E INSTALACIONES DOMICILIARIAS

Alexander Fritz | Mario Ubilla

- E.1 EMPALMES Y CONEXIONES DE ENTRAMADOS HORIZONTALES AL MURO ENVOLVENTE
- E.2 CONSIDERACIONES Y RECOMENDACIONES PARA EL ARMADO DE LA PLATAFORMA DE ENTREPISO
- E.3 EMPALMES Y CONEXIONES DE ENTRAMADOS DE TECHUMBRE AL MURO ENVOLVENTE
- E.4 CONSIDERACIONES Y RECOMENDACIONES PARA EL ARMADO DE LA ESTRUCTURA DE TECHUMBRE
- E.5 CRITERIOS PARA LA INSTALACIÓN DE DUCTOS Y CAÑERÍAS, DE ALCANTARILLADO, AGUA POTABLE Y ELECTRICIDAD EN PLATAFORMA DE ENTREPISO Y EN EL MURO ENVOLVENTE
- E.6 RECOMENDACIONES Y CUIDADOS EN LA EJECUCIÓN DE CORTES Y PERFORACIONES EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES DE LA PLATAFORMA DE ENTREPISO Y EN EL MURO ENVOLVENTE
- E.7 REFUERZOS NECESARIOS EN LAS ESTRUCTURAS

EMPALMES Y CONEXIONES DE ENTRAMADOS HORIZONTALES AL MURO ENVOLVENTE

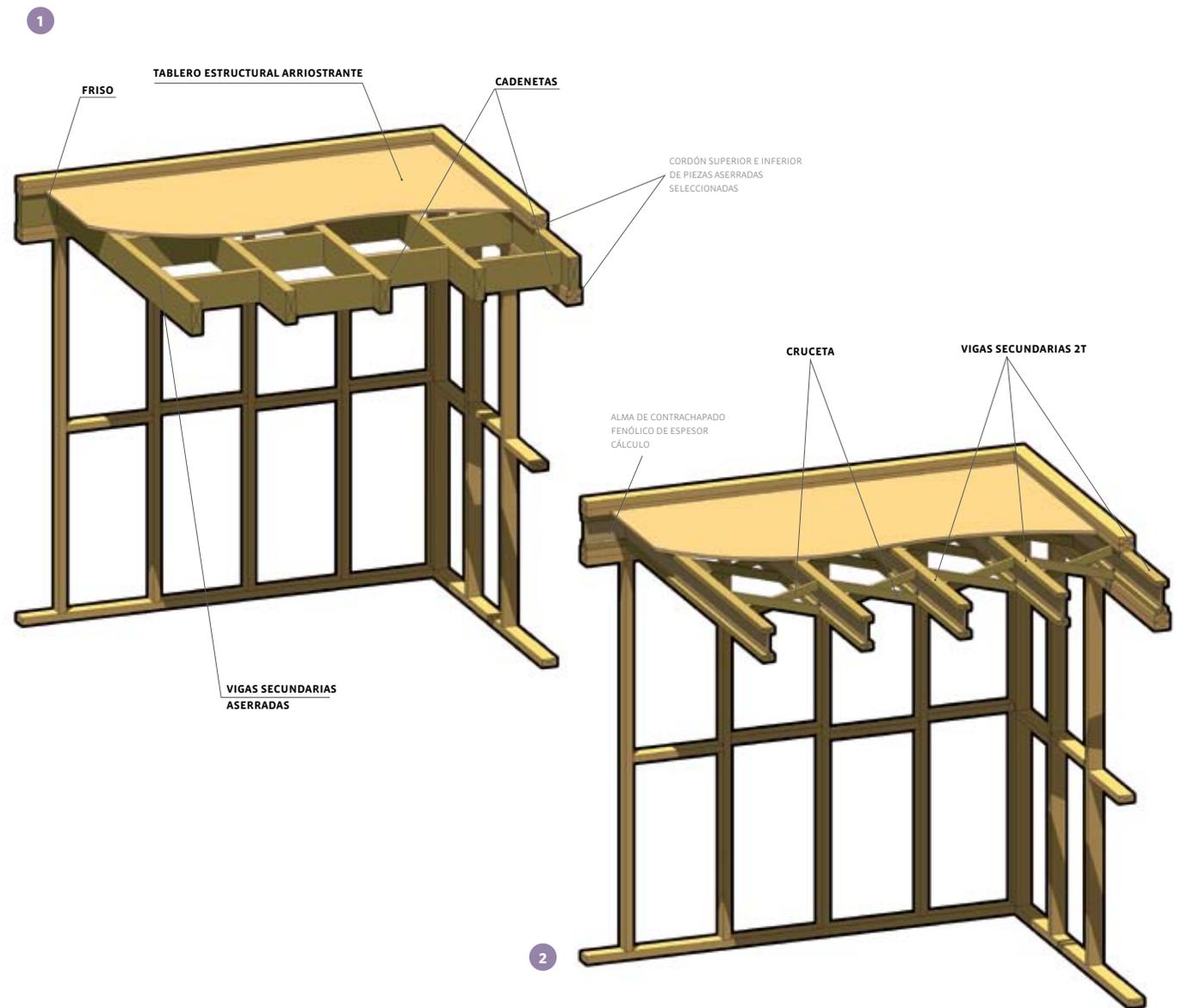
E.1 E.2 E.3 E.4 E.5 E.6 E.7

Diafragma horizontal constituido por madera de pino radiata estructural (G1, G2, Gs o C16, C24), según especificaciones técnicas, para soportar cargas de: peso propio, permanentes, de uso y las vinculadas a viento y sismo, siendo transmitidas a la fundación a través de los muros perimetrales.

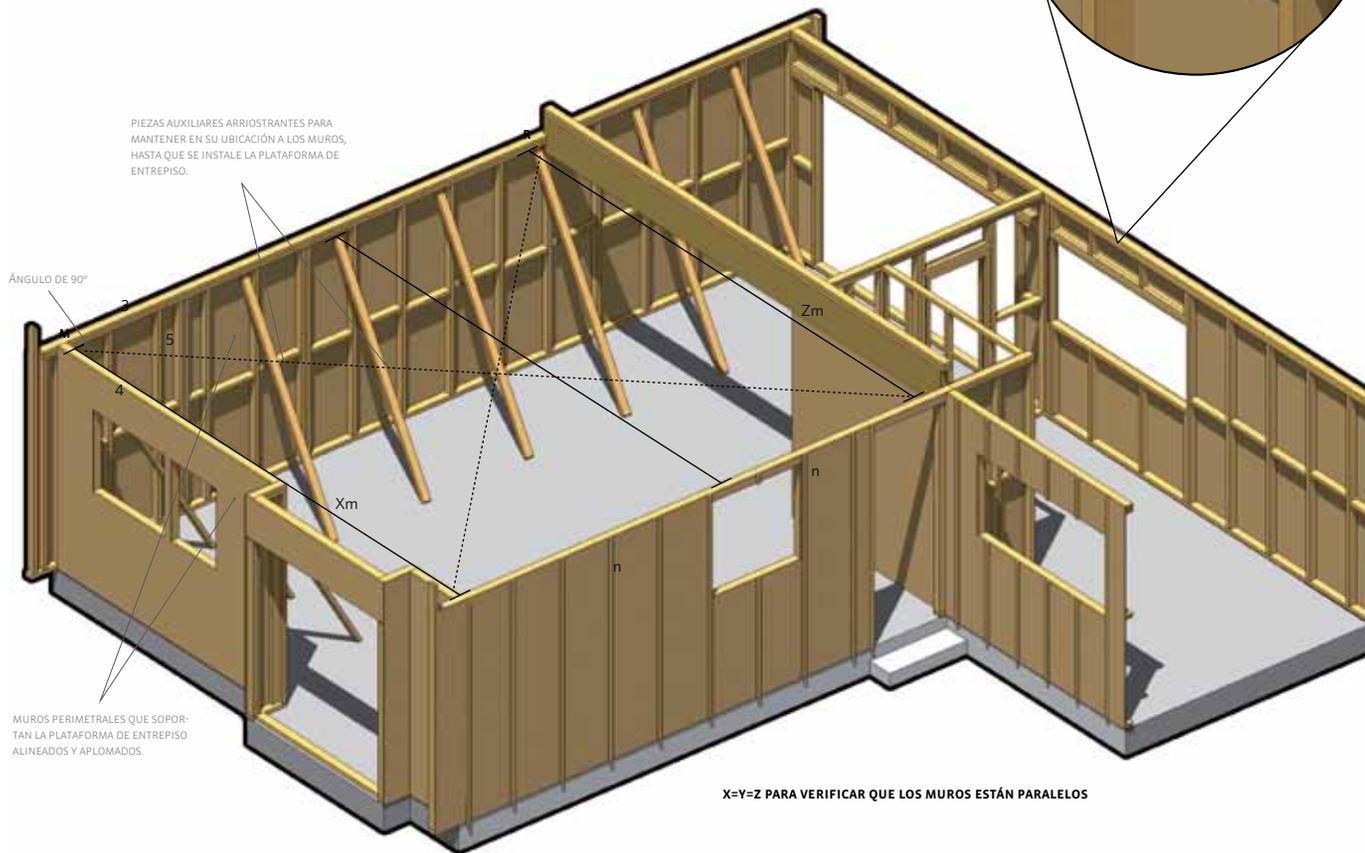
Los elementos que lo conforman son: vigas principales o friso, vigas secundarias, cadenas o crucetas y tableros arriostrantes, **Figura N°1.**

Los principales elementos estructurales de la plataforma corresponden a las vigas principales, que pueden ser de madera aserrada, viga 2T y eventualmente de madera laminada, dependiendo de las cargas a soportar y luces que deben salvar. Para el caso del proyecto FONDEF DO311020 se privilegió el uso de vigas 2T y las vigas de madera laminada, **Figura N°2.**

Los otros elementos como cadenas y crucetas son de madera aserrada y los tableros arriostrantes pueden ser: de contrachapado estructural u O.S.B. (Oriented Strand Board), de espesor mínimo de 15 mm. Las escuadrías y espesores de los elementos estructurales así como los distanciamientos entre ellos, corresponde definirlos al proyecto de cálculo, considerando además aspectos arquitectónicos que pudiese establecer el proyectista, como por ejemplo vigas secundarias a la vista.



- 3 *Uso de riostras como piezas auxiliares, para el aplome y alineamiento de los muros perimetrales. Controles geométricos de los muros, previo a la instalación de las vigas principales de la estructura de la plataforma.*



CONTROL GEOMÉTRICO

Previo al inicio de cualquier tarea relacionada con las instalaciones de las vigas principales y secundarias, se deben efectuar controles geométricos de muros perimetrales que soportaran la plataforma, sus aplomes y alineamientos, verificación de encuentros de muros en ángulos rectos y paralelismo entre ellos, como se observa en la **Figura N°3**.

La verificación de los encuentros entre muros en ángulo de 90°, se pueden comprobar midiendo los lados de los catetos de un triángulo rectángulo, midiendo 3 y 4 unidades (múltiplos en metros) y la hipotenusa debe medir 5 unidades, con una tolerancia de ± 5 centésimas de unidad, como se muestra en la **Figura N°3**.

El paralelismo de los Muros Envolventes se puede verificar realizando a lo menos tres medidas como lo muestra la **Figura N°3**, distancias X, Y, Z que deben ser iguales con una tolerancia ± 3 mm. La distancia (n) entre las medidas deben ser máximo de 3.00 m.

REPLANTEO PARA LA INSTALACIÓN DE LAS VIGAS

Revisados y corregidos los muros, se procede a marcar sobre la solera de amarre, la ubicación de las vigas secundarias según el distanciamiento especificado por plano de cálculo, trazando el espesor y marcando una X donde deben ser ubicadas las piezas definitivamente, **Figura N°3** detalle. Luego se montan las vigas principales o friso que se dispondrán linealmente sobre la solera de amarre, fijándolas según las especificaciones del plano de detalle correspondiente.

Por ejemplo en la **Figura N° 4**, se muestra imagen del entramado, donde se detallan la estructuración del entrepiso, donde se grafican los tipos de viga que se instalarán.

CONSIDERACIONES Y RECOMENDACIONES PARA EL ARMADO DE LA PLATAFORMA DE ENTREPISO

E.1 E.2 E.3 E.4 E.5 E.6 E.7

FIJACIÓN DE LOS ELEMENTOS DE LA PLATAFORMA

En el caso de que el entramado de entrepiso se conforme por vigas 2T, como lo especifican los proyectos prototipos FONDEF DO31020 se deben distinguir las vigas 2T principales o friso que se ubican sobre la viga de amarre sobre el Muro Envolvente y las vigas 2T secundarias, que se dispondrán en forma perpendicular a las vigas friso.

Los otros elementos del entramado como crucetas, cadenetas y tableros arriostrantes se fijan las vigas 2T, aumentando la resistencia y eliminando el pandeo o volcamiento de la o las vigas principales y secundarias.

FIJACIÓN DE VIGAS 2T PRINCIPALES, A LOS MUROS ENVOLVENTES

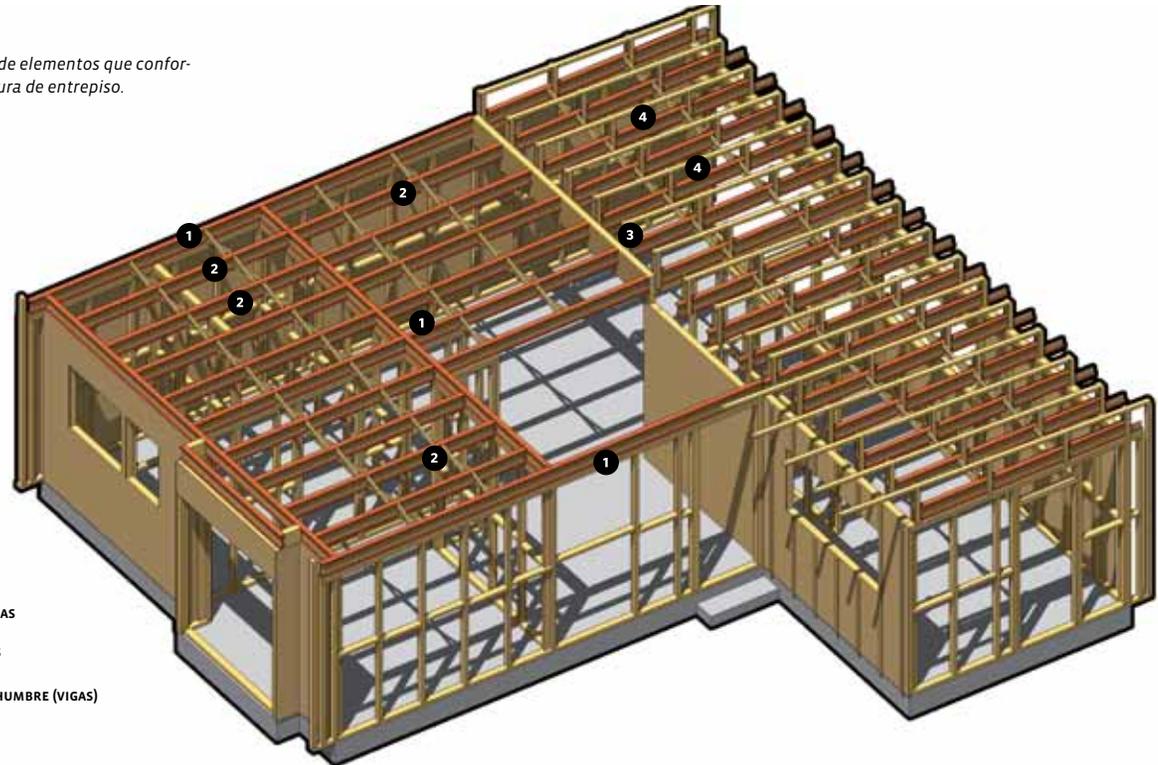
Las vigas friso o principales 2T se apoyan en todo el largo del muro perimetral, como lo muestra la **Figura N°4**, y se fijarán a la solera de amarre, con clavos helicoidales o corrientes de 2 ½" cada 600mm a ambos lados del alma de la viga 2T, **Figura N°5**.

FIJACIÓN DE VIGAS 2T SECUNDARIAS, A LOS MUROS ENVOLVENTES

La fijación de la viga 2T secundaria a la solera de amarre, se realiza con 2 clavos helicoidales o corrientes de 2 ½" en el cordón inferior, a cada lado del alma, penetrando en la solera de amarre como se muestra en la **Figura N°6**.

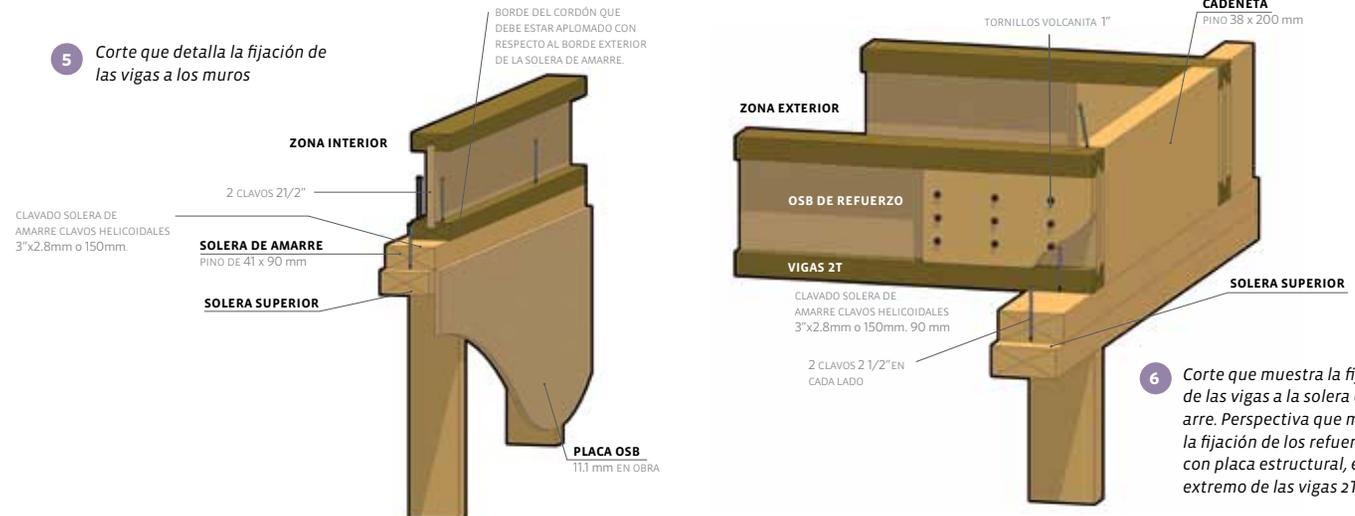
En los extremos de las vigas, previo a su instalación, es necesario fijar refuerzos con placa estructural (contrachapado u OSB) a cada lado del alma, como lo muestra la **Figura N°6**.

4 Disposición de elementos que conforman estructura de entrepiso.



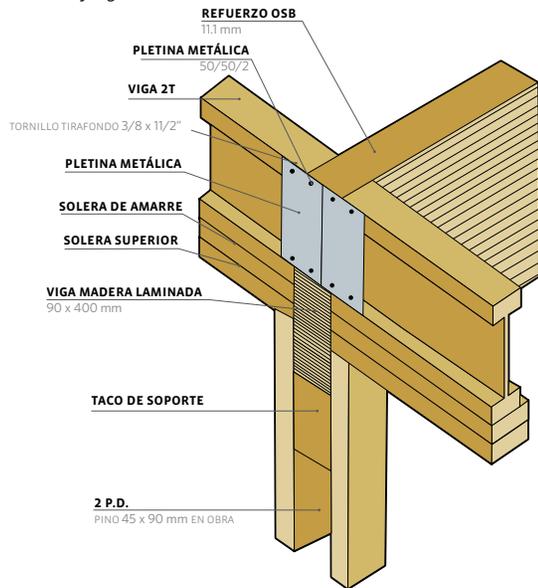
- 1 VIGAS FRISO
- 2 VIGAS SECUNDARIAS
- 3 VIGAS LAMINADAS
- 4 ESTRUCTURA TECHUMBRE (VIGAS)

5 Corte que detalla la fijación de las vigas a los muros

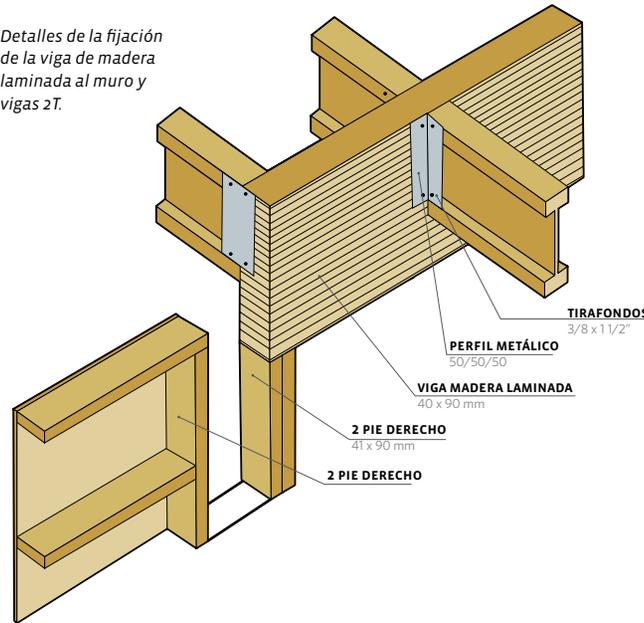


6 Corte que muestra la fijación de las vigas a la solera de amarre. Perspectiva que muestra la fijación de los refuerzos con placa estructural, en el extremo de las vigas 2T.

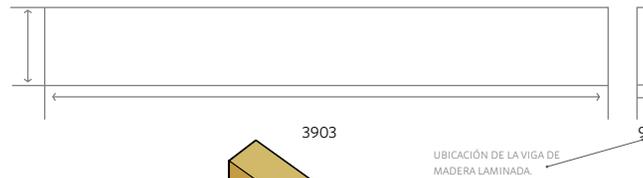
7 Encuentro de viga laminada y viga 2T.



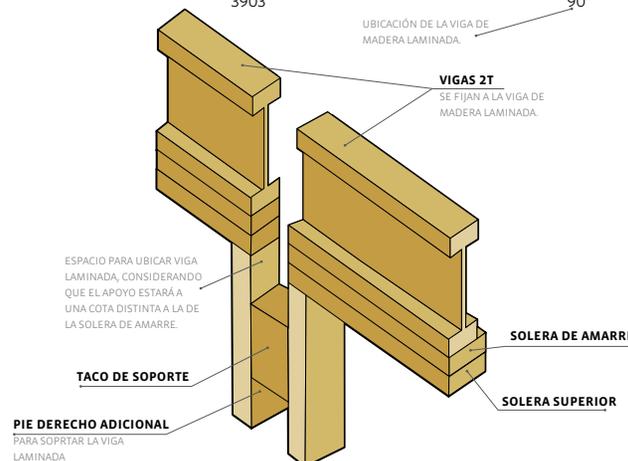
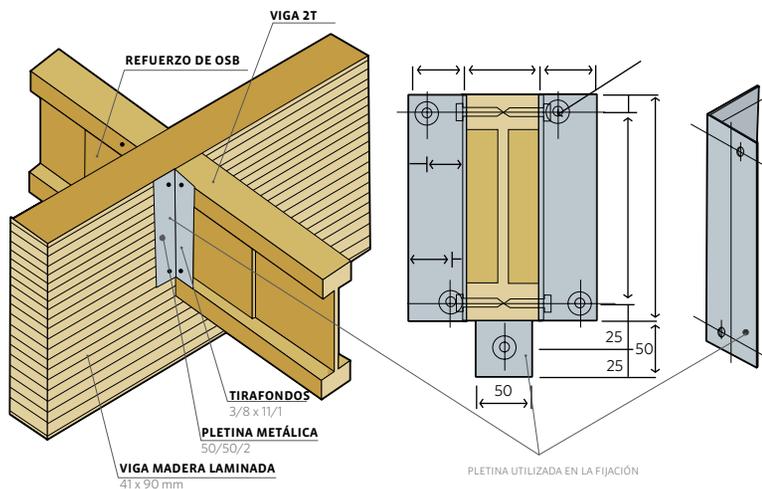
8 Detalles de la fijación de la viga de madera laminada al muro y vigas 2T.



10 Se debe trazar la ubicación de la viga laminada para determinar los elementos y zonas que serán intervenidas



9 Detalle de fijación de las vigas 2T a la viga de madera laminada.



CASO DE VIGA LAMINADA

El proyecto FONDEF DO31020 estableció el uso de una viga laminada para salvar una luz de aproximadamente 3.9 m y que además de formar parte de la plataforma de entrepiso, serviría como apoyo para algunas vigas 2T, como lo muestra la vista isométrico de la **Figura N°4**.

Parte de ésta viga quedará a la vista (la parte inferior), ya que su altura es superior a la de las vigas 2T. Esta situación debe ser prevista en el diseño de la vivienda para incorporar soluciones estructurales en la arquitectura interior. Su fijación a los Muros Envolventes es distinta a las soluciones utilizadas para las vigas 2T, dado que tienen distintas alturas y forma, considerándose para este caso, pletinas metálicas de 2mm de espesor para fijar la viga de madera laminada a las vigas 2T y muros, como lo muestra la **Figura N°7** y **Figura N°8**.

La fijación de las vigas 2T a la viga de madera laminada se realiza con pletinas metálicas fijadas con tirafondos de 3/8"x1 1/2". El extremo de las vigas 2T debe ser reforzado con piezas de O.S.B. de 200x134mm y espesor 11,1mm por ambos lados, como lo muestra la **Figura N°9**.

En algunos casos, se recomienda trazar la ubicación de la viga en todos los elementos que intervengan previo a realizar cortes o rebajes, establecidos en el proyecto, como se muestra en la **Figura N°10**.

CADENETAS Y CRUCETAS

La ubicación de las cadenetas y crucetas son definidas por el proyecto de cálculo, siendo generalmente cada 600mm. Ésta distancia u otra que se defina, debe ser establecida obedeciendo a una razón estructural y, en el caso de las cadenetas, además para servir de apoyo para tableros de arriostramiento (contrachapado u O.S.B.), es decir cada 300, 400, 600 ó 1200mm.

Las cadenas del Muro Envolvente son del alto de la viga 2T y un espesor de 35mm, escuadrías definidas por cálculo. Las cruces son piezas de 38 x 76 mm como mínimo, **Figura N°11**.

Cuando las vigas 2T son muy altas, las cadenas se fijan con dos piezas aserradas, una en el cordón superior y otra en el inferior de la viga, generando un espacio entre las dos piezas, como se observa en la **Figura N°11**.

En los extremos de las vigas, sobre los muros perimetrales, cuando las vigas van perpendiculares a éstos, se deben instalar cadenas entre las vigas secundarias, **Figura N°12**, ayudando a fijar y reforzar el extremo de las vigas, además de ser la superficie sobre la cual se fijará el perímetro de los tableros estructurales. Para el caso de los muros perimetrales que tienen sobre ellos apoyada una viga en toda su extensión, ésta será considerada como friso, **Figura N°12**.

En el sector donde se instala una cadena o cruceta, se debe reforzar el alma de la viga 2T con una pieza de madera aserrada, contrachapado u O.S.B., por cada lado de espesor suficiente para suplir el ancho del cordón, aumentando la resistencia de esa zona que se verá sometida a una carga puntual y al mismo tiempo acrecentar el espesor sobre la cual se ubica la fijación que asegura la cadena o cruceta a la viga 2T.

TABLERO ARRIOSTRANTE

La placa estructural además de arriostrar el conjunto de piezas que conforma el entramado del entrepiso cumple la función de base para la solución de piso, por lo que las condiciones geométricas que debe cumplir resultan bastante rigurosas.

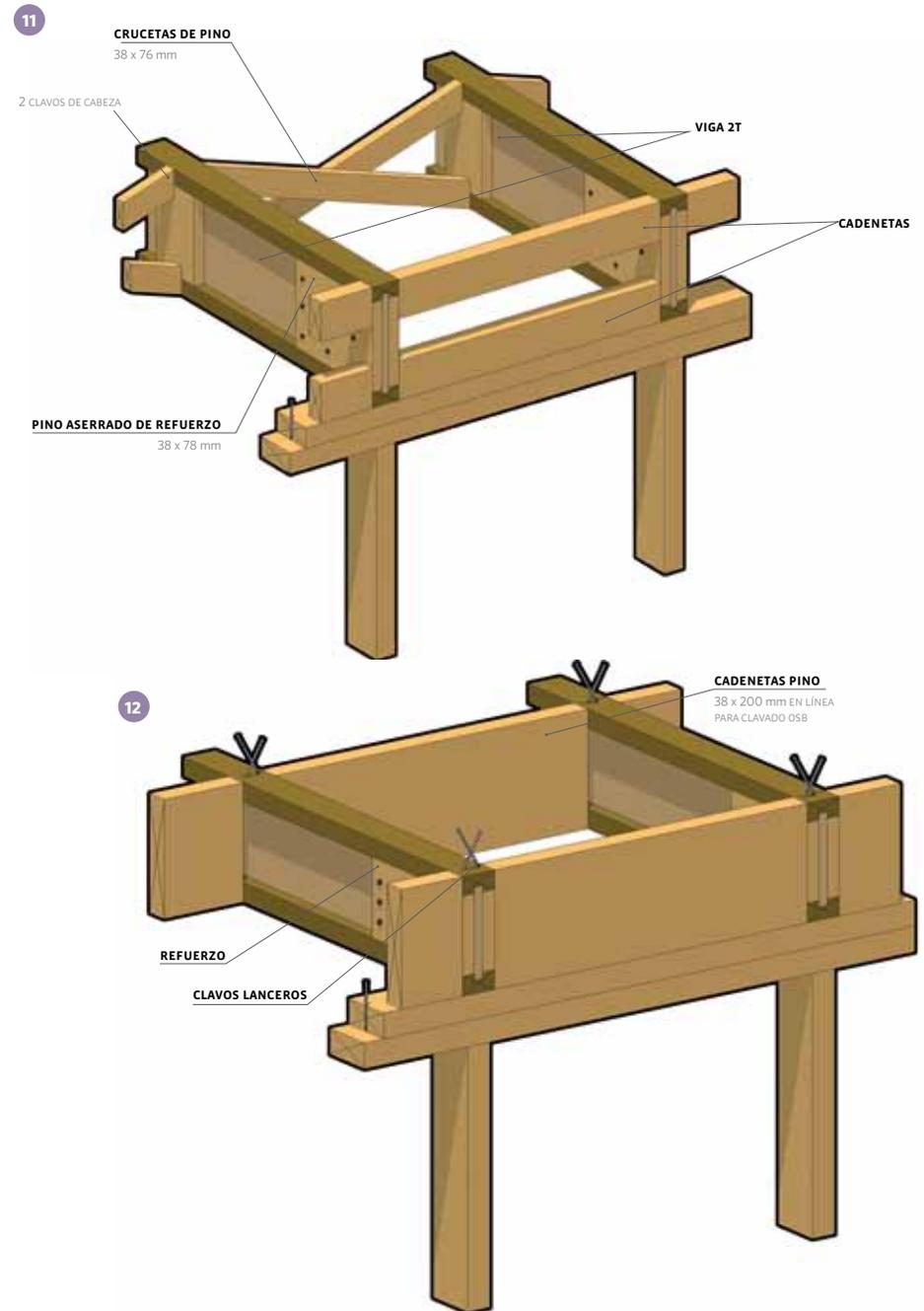
DISPOSICIÓN E INSTALACIÓN DE TABLES ARRIOSTRANTES

Deben disponerse en forma perpendicular al sentido de las vigas secundarias del entramado de entrepiso. O sea se deben disponer al largo del tablero de 2.42 m, perpendicular a las vigas, como lo muestra la **Figura N°13** y **Figura N°14**.

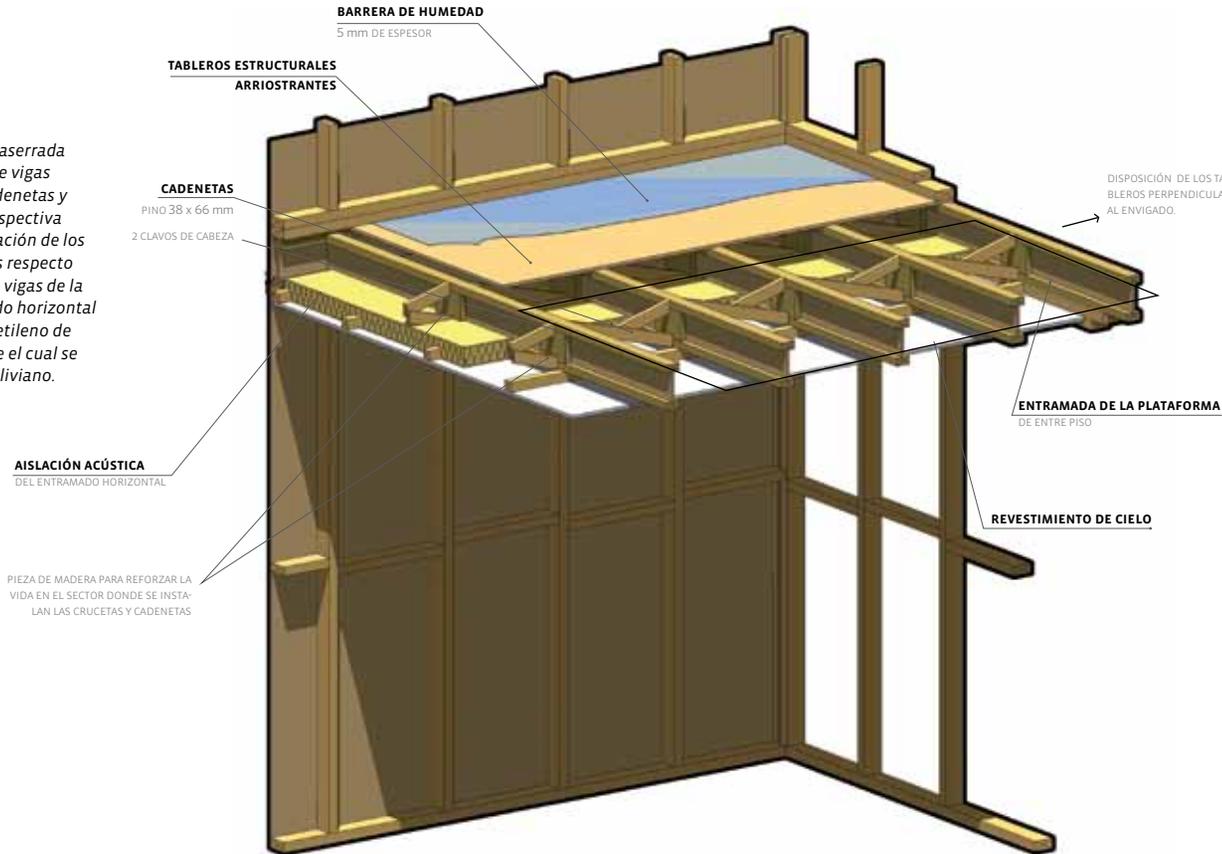
Previo a la instalación de los tableros, se debe asegurar que el conjunto de vigas y cruces del entramado cumplan geométricamente con la planimetría y la altimetría o sea conformen un plano, el que debe ser rigurosamente controlado, aceptándose una tolerancia máxima de ± 3 mm en 3 m en la altimetría y de ± 2 mm cada 2 m en la planimetría. Si el desnivel es mayor, se debe corregir supliendo él o los elementos que corresponda como igualmente para el caso planimétrico. La instalación de las corridas paralelas de los tableros sobre el envigado debe desfasarse al menos en un 30% de su largo como lo muestra la **Figura N°14**, con el fin de evitar generar líneas continuas de encuentros, de esta forma se aprovecha al máximo las características estructurales del tablero, ya que al menos en un sentido cada encuentro queda reforzado por el de la corrida siguiente.

Se deben además considerar todas las especificaciones que entregue el fabricante como por ejemplo los aspectos referidos al contenido de humedad de los tableros al momento de instalarlos, según sea la ubicación geográfica de la vivienda.

Considerar junta de dilatación de 2 a 3mm entre los tableros, lo que hace necesario considerar la posible variación dimensional, protección de la intemperie y disposición y condiciones del lugar de almacenamiento en la obra.



13 Refuerzos de madera aserrada ubicadas en el alma de vigas 2T para poder fijar cadenetras y crucetas a la viga. Perspectiva que muestra la instalación de los tableros estructurales respecto a la disposición de las vigas de la plataforma. Entramado horizontal de entepiso con polietileno de 5mm de espesor sobre el cual se colocará el hormigón liviano.



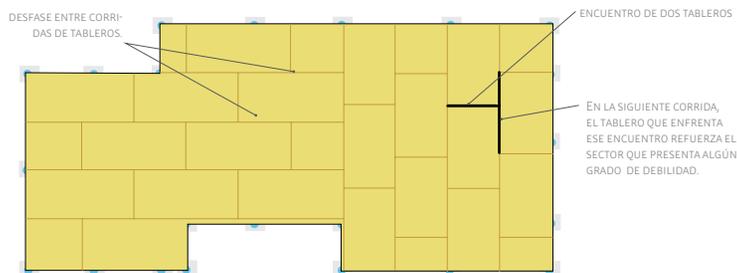
FIJACIÓN DE TABLEROS

La fijación de los tableros al envigado, se realiza mediante clavos helicoidales, corrientes o tornillos de 2½", considerando los aspectos siguientes:

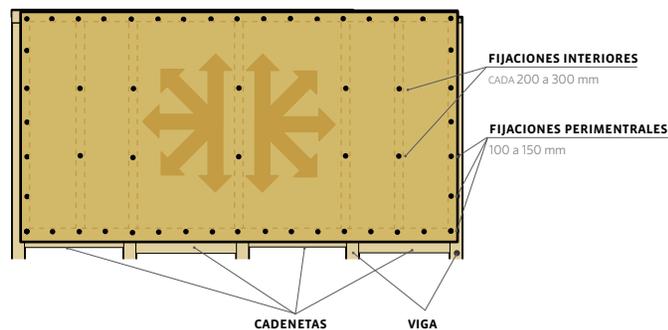
- Trazado de ejes (tizado) sobre el tablero según distanciamiento de las vigas secundarias y ubicación de las vigas principales.
- Distanciamiento entre fijaciones perimetrales, éstas cada 100 a 150mm y en las interiores, 200 a 300 mm cuidando que la distancia del borde sea de 10mm, **Figura N°15**.
- La fijación se debe iniciar desde el centro del tablero hacia el perímetro, como lo muestra la **Figura N°15**.

Dependiendo de la solución del pavimento y del sistema de protección acústica normalmente se instala sobre esta base, un polietileno o un poliuretano de espesor de 5mm, como lo muestra la **Figura N°13** que protege de la humedad en el caso de instalar posteriormente una sobrelosa de hormigón liviano y refuerza la barrera acústica que se logra con la sobrelosa.

14 Plata que detalla la disposición de los tablero arriostantes.



15 Esquema de la ubicación de fijaciones en tablero estructural.



EMPALMES Y CONEXIONES DE ENTRAMADO DE TECHUMBRE AL MURO ENVOLVENTE

E.1 E.2 E.3 E.4 E.5 E.6 E.7

SOLUCIONES CONSTRUCTIVAS DE TECHUMBRE MÁS UTILIZADAS

Los diafragmas inclinados pueden ser materializados mediante vigas aserradas o vigas prefabricadas 2T como se especifica en el proyecto FONDEF DO311020 **Figura N°16**, tanto para solucionar techumbres a una o dos aguas.

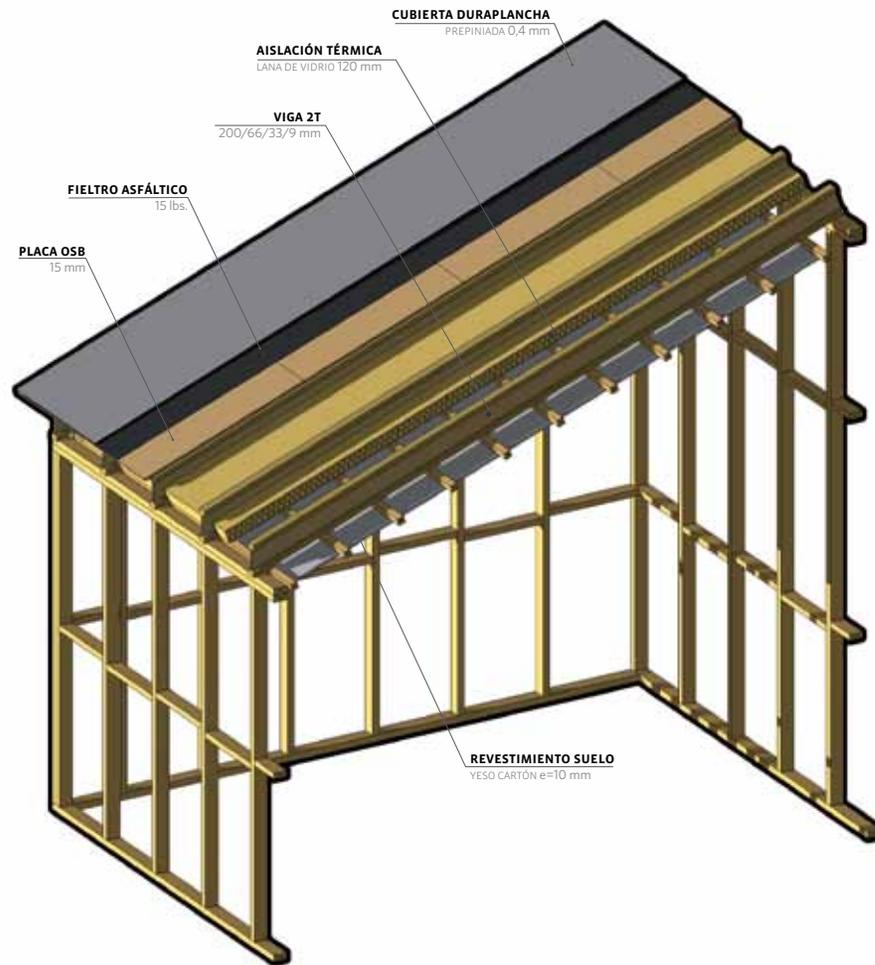
En proyecto con luces menores y de geometría en planta más regular es aconsejable que la estructura de la techumbre sea con cerchas, dependiendo de las luces a salvar, las más utilizadas son las tipo Fink, Howe y habitable, **Figura N°17**.

PROCESO CONSTRUCTIVO DE LA ESTRUCTURA DE TECHUMBRE

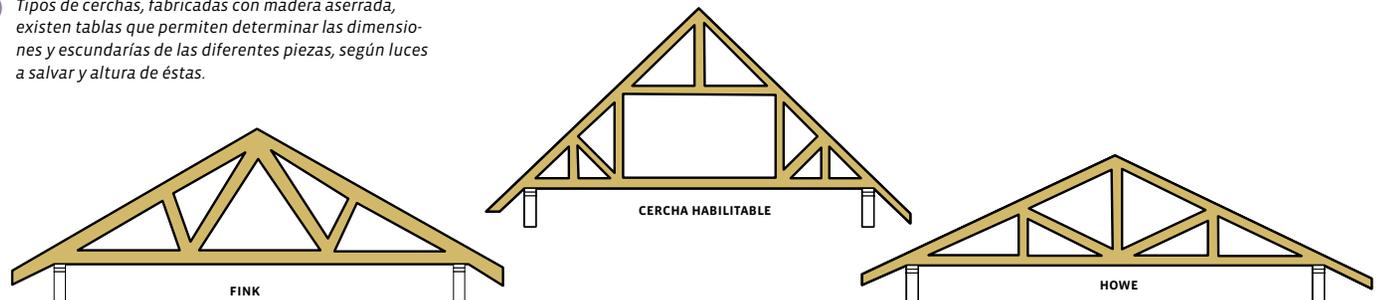
CONTROL GEOMÉTRICO

Terminada la instalación de los muros del último nivel de la edificación, se deben controlar que las soleras de amarres estén con las fijaciones según plano de proyecto a la solera superior del Muro Envoltente, que los muros estén en su ubicación definitiva, aplomados y alineados, hasta fijar los elementos estructurales de la techumbre, que ayudarán a asegurar su ubicación. Para controlar el paralelismo entre los muros, se procede a medir en tres sectores la distancia entre ellos (en extremos y zona central), como lo muestra la **Figura N° 18**. Para verificar los ángulos de 90° en las esquinas, se forma un triángulo rectángulo de catetos medidos sobre los muros de 3 y 4 unidades o múltiplos, correspondiendo medir los puntos extremos de los catetos, que conforma la hipotenusa en un largo igual a 5 unidades o múltiplo. Si no mide exactamente esta última medida con una tolerancia de $\pm 2\text{mm}$, **Figura N°18**, se debe efectuar la corrección del ángulo procediendo a modificar la posición de los muros donde se midieron los largos de los catetos. Otra metodología es medir las diagonales MN y RS, las cuales deben cumplir que $MN=RS \pm 5\text{mm}$,

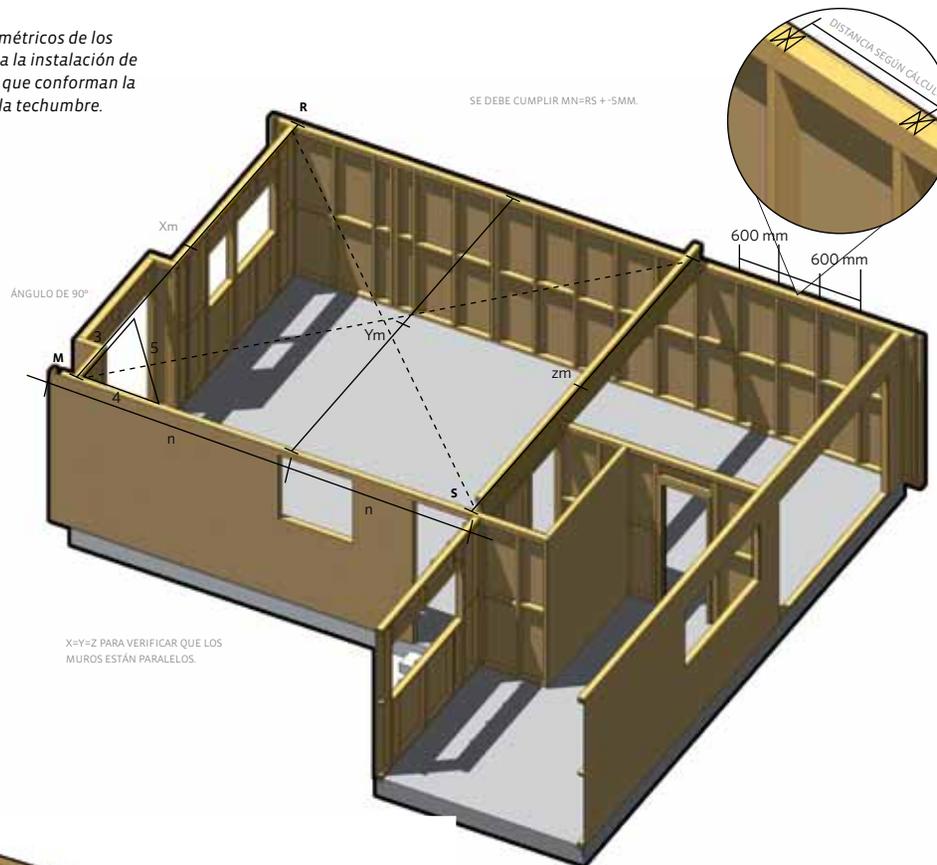
- 16 Corte de techo a un agua, utilizando vigas 2T. Características principales, alma de OSB y cordón superior e inferior de madera aserrada. Salvan luces mayores que las vigas aserradas.



- 17 Tipos de cerchas, fabricadas con madera aserrada, existen tablas que permiten determinar las dimensiones y escudarias de las diferentes piezas, según luces a salvar y altura de éstas.



- 18 Controles geométricos de los muros, previo a la instalación de los elementos que conforman la estructura de la techumbre.



- 19 Refuerzos que establece el diseño para reforzar el alma de las vigas 2T.

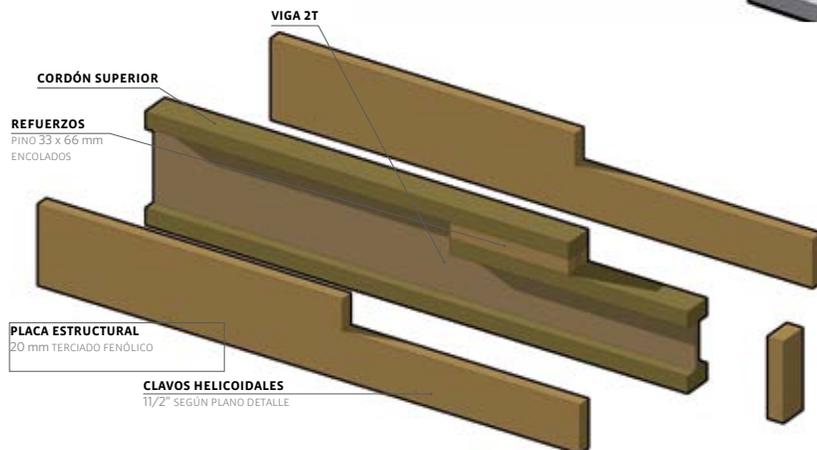


Figura N°18, si es distinta se deben efectuar las correcciones que correspondan.

REPLANTEO

marcar en la solera de amarre la ubicación de cada par o cercha, según la solución adoptada por el proyecto, a la distancia que determinó el cálculo.

Para asegurar la correcta ubicación de cada elemento, es recomendable trazar el ancho de la pieza que se apoyará sobre la solera de amarre marcando una X entre dos líneas que delimitan la ubicación, definiendo la zona de apoyo para la viga 2T o cercha, como ejemplo 600 mm de distancia como lo muestra el **Figura N°18**.

FABRICACIÓN E INSTALACIÓN

es recomendable prefabricar los elementos de la estructura de techumbre, minimizando el riesgo de obtener cortes imperfectos, piezas de largos inadecuados o problemas en los encuentros de las diferentes piezas. La solución que presenta más ventajas al momento de prefabricar es la solución con cercha, se recomienda profundizar el tema consultando el Manual de Construcción de Vivienda en Madera de CORMA (2004).

Es aconsejable que las estructuras prefabricadas o piezas para armar en obra se encuentren en terreno en un plazo mayor de 30 días, de forma de asegurar la humedad de equilibrio de la zona. En la solución con par inclinado o vigas 2T, donde la estructura se va armando por elementos se deben estudiar los encuentros que se producen, para realizar los cortes y uniones adecuadas, al respecto se aconseja que se consulte el Manual de Construcción de Vivienda en Madera de CORMA (2004). Si la solución considera vigas 2T, éstas deberán ser certificadas por el fabricante, cumpliendo con la escuadría de los cordones, el espesor, altura del alma y largo establecidos.

EMPALMES Y CONEXIONES DE ENTRAMADO DE TECHUMBRE AL MURO ENVOLVENTE

E.1 E.2 E.3 E.4 E.5 E.6 E.7

Por proyectos se deben fijar normalmente piezas de refuerzo para el alma, sobre todo en los extremos, encuentros con otros elementos o rebajes que sean necesarios realizar, todo según proyecto, **Figura N°19**.

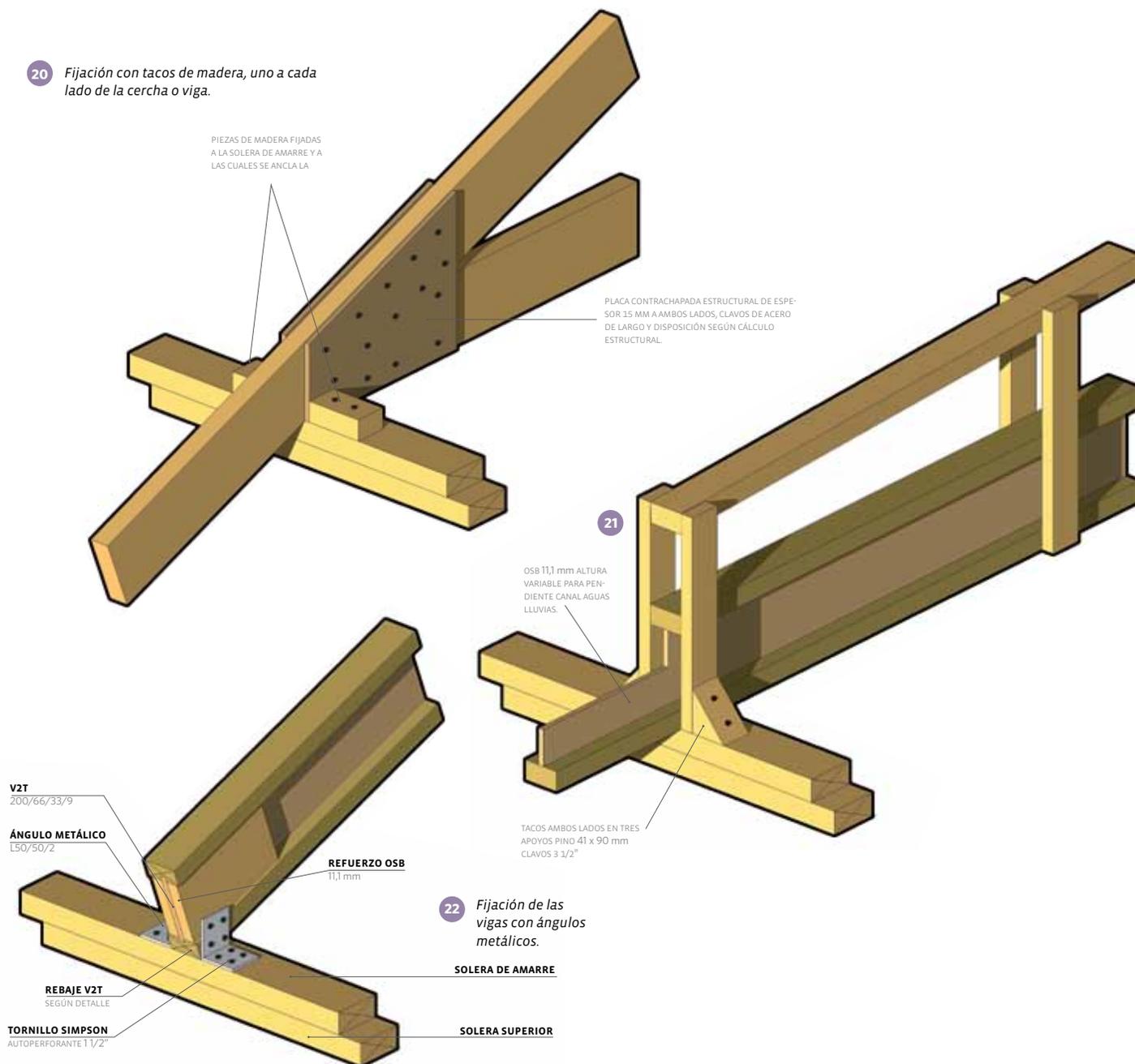
FIJACIONES

La unión de elementos estructurales dan origen a nudos o uniones (sectores más vulnerables de las construcciones de madera), los cuales deben ser resueltos en el diseño considerando los aspectos estructurales (resistencia y transmisión de las cargas), arquitectónicos (si quedara a la vista o no el nudo) y constructivos (procedimientos y consideraciones para la materialización de la unión).

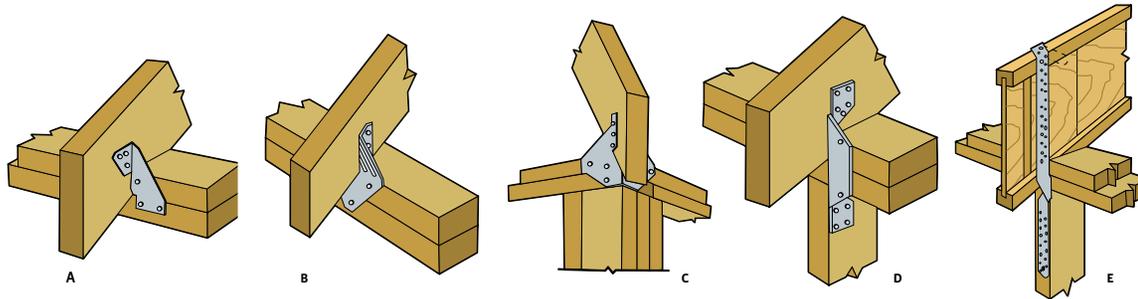
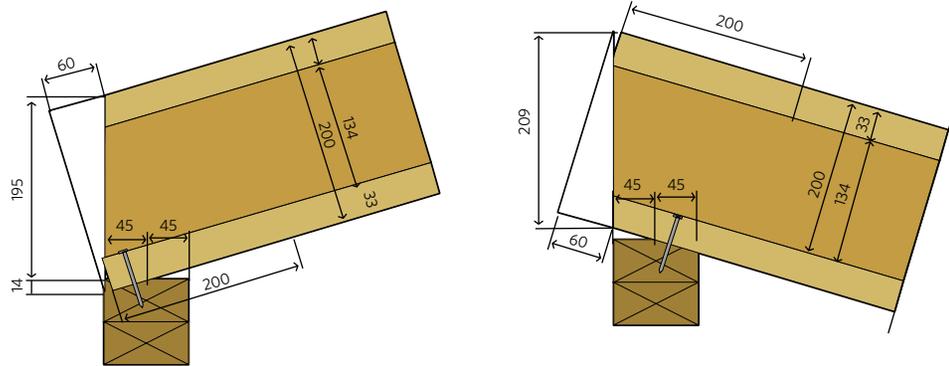
Estos nudos deben ser capaces de transmitir, sin comprometer la rigidez y geometría del sistema estructural, los esfuerzos de un elemento a otro, donde los esfuerzos de compresión se transmiten por simple apoyo, y los de tracción, que requieren de un mayor análisis para dar continuidad a la estructura, se resuelven mediante fijaciones que traspasar a los esfuerzos de un elemento a otro.

En general todas las piezas estructurales y ensambles, deben ser capaces de soportar, con adecuada estabilidad y rigidez, la totalidad de las cargas y otras solicitaciones que pueden ser razonablemente esperadas durante su montaje, construcción y uso, sin exceder las tensiones de diseño y deformaciones admisibles que se establece por la norma Nch 1198 Madera – Construcciones en madera – Cálculo.

20 Fijación con tacos de madera, uno a cada lado de la cercha o viga.

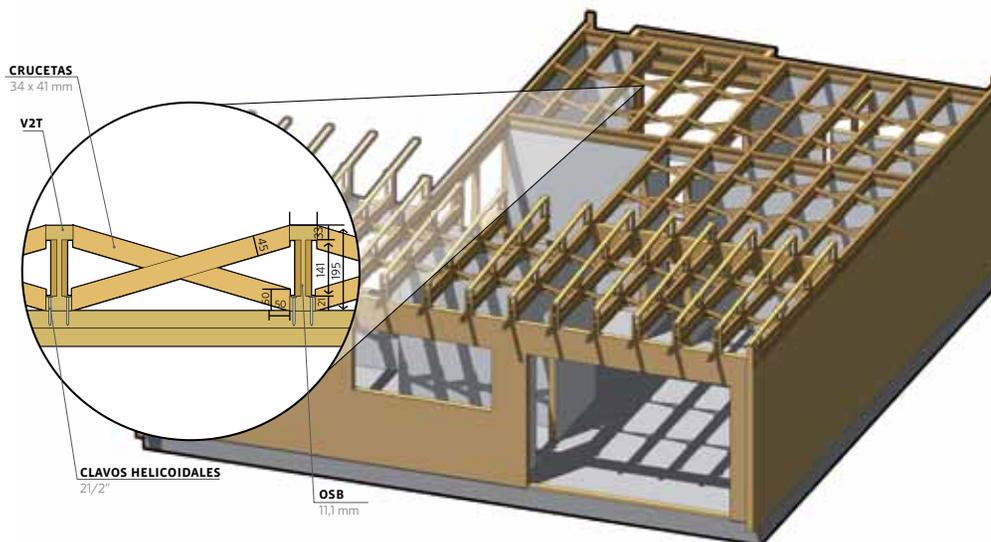


23 Solución de fijación inferior 23A y superior 23B de las vigas, mediante clavos fijados al ala de la viga.



24 Soluciones de fijación para cerchas o par, mediante conectores metálicos.

25 Solución con cruces de San Andrés.



Los elementos que conforman la estructura de techumbre se unen a los entramados verticales mediante, diferentes componentes de madera o metálicos, con fijaciones mecánicas como: clavos, tornillos, tirafondos, pasadores, pernos, placas dentadas y conectores.

Uno de los anclajes más utilizados es el de tacos de madera dispuestos a cada lado de las piezas, que se fijan a la solera de amarre mediante clavos lanceros, como se muestra en la **Figura N°20 y N°21**.

Con el mismo concepto de los tacos de madera, en las vigas 2T, se pueden especificar ángulos metálicos a cada lado de la viga, los cuales se fijan a la solera de amarre y al cordón inferior de la viga 2T, reforzando el alma de O.S.B, **Figura N°22**.

Para el caso de vigas 2T con pendiente, ancladas a la solera de amarre se pueden solucionar considerando cortes o rebajes en la solera, con el correspondiente refuerzo del alma de O.S.B; **Figura N°23**.

Conectores metálicos (tipo Simpson), de variados diseños y especificaciones que deben ser certificados e instalados rigurosamente según las indicaciones del fabricante, **Figura N°24A, B, C, D y E**.

ARRIOSTRAMIENTO

En los entramados con vigas 2T inclinadas, se utilizan Cruces de San Andrés, como lo muestra la **Figura N°25**.

EMPALMES Y CONEXIONES DE ENTRAMADO DE TECHUMBRE AL MURO ENVOLVENTE

E.1 E.2 E.3 E.4 E.5 E.6 E.7

Como complemento al arriostramiento interior de las estructuras, se refuerzan superficialmente estas, con placas estructurales de contrachapado u O.S.B., que pueden ser de 11.1 o 15mm, y se ubican perpendiculares a la estructura de la techumbre y desfasadas en un 30%, como se observa en la **Figura N°26**.

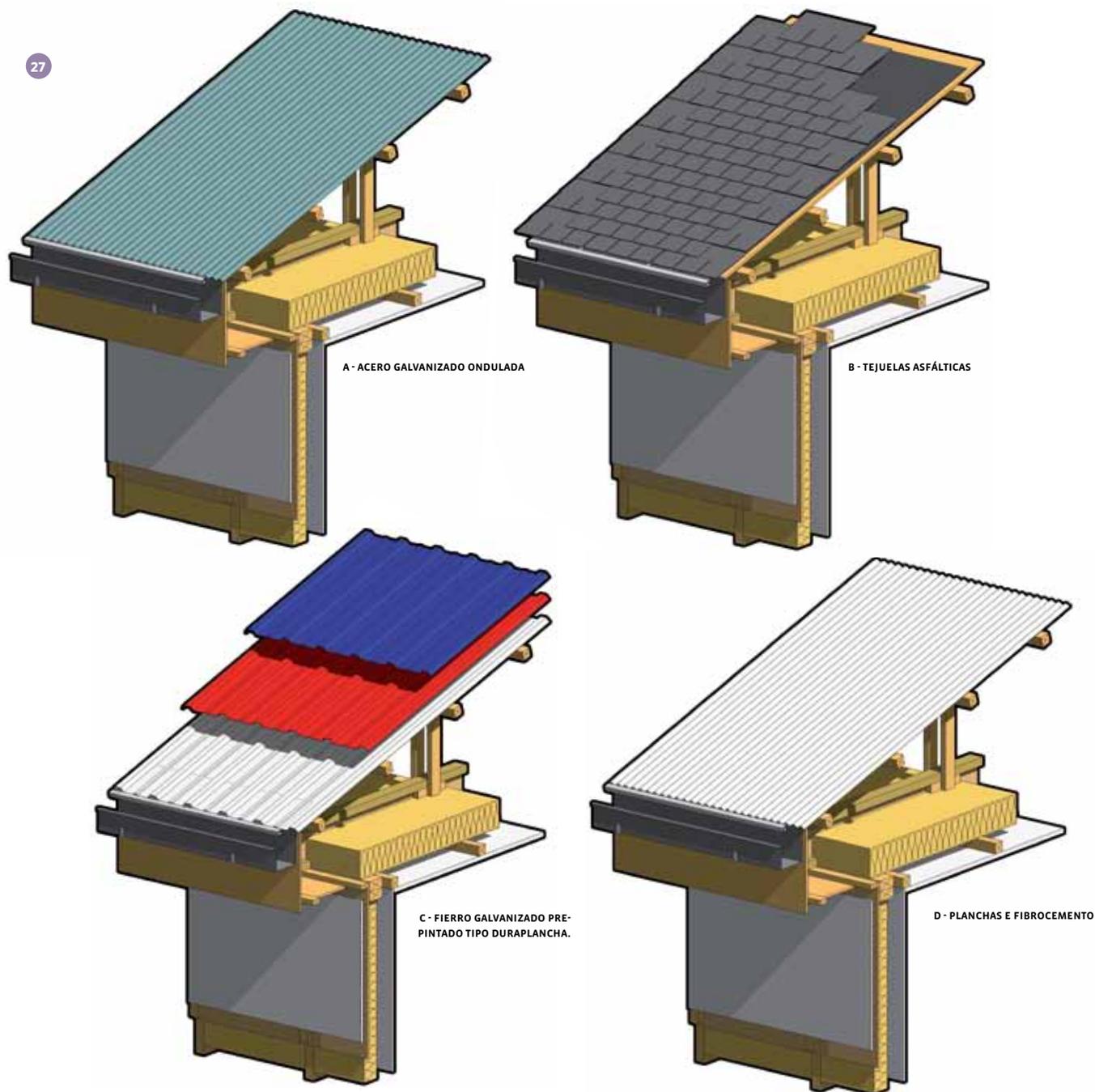
Se debe considerar una junta de dilatación perimetral entre las placas de unos 2 a 3mm, y fijados con clavos corrientes, helicoidales o con tornillos de 2 1/2". El distanciamiento de las fijaciones perimetrales es de 150 mm a 15 mm del borde, y en su fijación interior a una distancia de 300mm. Posteriormente sobre las placas, se instala una barrera de humedad, como fieltro de 10lbs, el cual se fija a los tableros con corchetes en retícula de 200mm. Con traslape entre corridas de paño, mínima de 100mm.

Sobre la barrera de humedad, está la opción de instalar costaneras para la instalación de la solución de cubierta o directamente en la barrera de humedad en el caso de las tejuelas asfálticas, **Figura N°26**.

26 Consideraciones en la instalación de tableros arriostrantes. Ubicación de los elementos que conforman la solución de la cubierta.



27



CUBIERTAS Y PROTECCIONES HÍDRICAS

ASPECTOS GENERALES

todo proyecto de vivienda, debe detallar gráficamente como especificar en forma rigurosa los materiales para la solución de cubierta, como de los protectores hídricos recomendados, en cada caso, forros, cortagóteras, piezas especiales, canales y bajadas.

CUBIERTA

considerando las condiciones del medio (lluvia, nieve y vientos entre otros), y características de la estructura de la techumbre (pendientes), conjugando estética, protección, costo y durabilidad, se define la solución de la cubierta más adecuada.

En el mercado existen variados materiales, que cumplen con los aspectos antes señalados, y resulta fundamental incorporar al proyecto las especificaciones y exigencias que establece el fabricante de la cubierta y exigir rigurosamente su cumplimiento.

Las cubiertas más utilizadas en el medio, se muestran en la **Figura N°27A, B, C y D**.

PROCESO CONSTRUCTIVO

CONDICIONES GEOMETRICAS

es necesario verificar la geometría de la superficie sobre la cual se instalará la cubierta, comprobando paralelismo entre los lados que conforman las aguas o verificando que los ángulos que determinan los encuentros sean los establecidos en el proyecto, asegurando una terminación adecuada para la cubierta. Esto evitará cortes inusuales o complicados que; junto con afectar negativamente la estética, pueden ser futuros puntos de infiltración de agua.

La base, sea ésta con costaneras o con tableros arriostrantes, debe generar una superficie plana y sin grandes deformaciones.

CONSIDERACIONES Y RECOMENDACIONES PARA EL ARMADO DE LA ESTRUCTURA DE TECHUMBRE

E.1 E.2 E.3 E.4 E.5 E.6 E.7

Se exige que el plano no presente deformación en la altimetría de 3mm cada 3m, ya que de existir deformaciones mayores, éstas se acusarán en la cubierta. Para esto se pueden fijar lienzas de extremo a extremo las que generan un plano de referencia para realizar el control, como lo muestra la **Figura N°28**.

CONDICIONES DE LA BASE

cuando la base para la cubierta es con tableros estructurales, se debe verificar la junta de dilatación exigida por los fabricantes de 2 a 3mm. Si quedaran en contacto unos con otros, al dilatarse por la acción del calor, deformarán el plano que genera la cubierta afectando además las fijaciones, con las consecuencias del deterioro de esta, **Figura N°29**.

En el caso de las costaneras, se debe verificar que estén distanciadas según lo que establece el fabricante de la cubierta para otorgar el apoyo suficiente y poder instalar las fijaciones según lo requerido. Además se debe tener la precaución de no dejarlas expuestas por mucho tiempo a la intemperie una vez instaladas, ya que las variaciones de temperatura y humedad del ambiente la harán captar y ceder humedad varias veces y en forma no controlada, lo que generará inevitablemente deformaciones que se traspasaran a la cubierta.

INSTALACIÓN DE LA CUBIERTA

previo a la instalación de la solución de cubierta, se deben considerar la ubicación de las salidas de ductos por ventilaciones de alcantarillado, calefont y chimeneas, para dejar el espacio adecuado para la protección adicional que se debe realizar en el entorno de estos ductos, acorde a la solución de cubierta especificada, como lo muestra la **Figura N°30**.

Posteriormente se procede a la instalación de una barrera de humedad, generalmente fieltro de 15lbs; a fin de proteger a la base

de la cubierta, por posible humedad a causa de la condensación que ocurre en la tras cara de las cubiertas.

La barrera se debe instalar de forma tal que el agua escurra por sobre ella en todo momento. Para esto, si se dispone a lo largo de la base del entramado, su instalación debe iniciarse con corridas desde el sector de tapacán hacia la cumbre, fijándolas con corchetes industriales cada 150mm, verificando que quede un traslape de 150mm entre corridas, **Figura N°31**.

Finalizada la fijación de la barrera de humedad, se está en condiciones de comenzar la instalación de la cubierta, para lo cual se deben considerar primero el sentido del viento más predominante del sector, lo que definirá la dirección del avance en la instalación, recomendada que sea contraria al viento, y según las instrucciones del fabricante respecto a la secuencia que se debe seguir en la instalación de la cubierta, **Figura N°31**.

Se deben cumplir las instrucciones respecto a los traslapes requeridos, e instalación de las fijaciones especificadas a las distancias establecidas. Prevenir cualquier trizadura o microfisura de una plancha utilizando en su colocación, tablonos o elementos auxiliares resistentes.

PROTECCIONES HÍDRICAS

Como complemento a la cubierta y para recibir el agua del medio ambiente (nieve, lluvia o niebla) que escurren sobre esta, es necesario la instalación de diferentes piezas normalmente de fierro galvanizado o PVC como forros, limatones, limahoyas, cumbres, canales, bajadas, mantas y embudillos que protegen e impiden la infiltración de agua hacia el interior de la vivienda.

Todos estos elementos deben estar incorporados en los planos, que deben contener detalles cuando sea necesario respecto

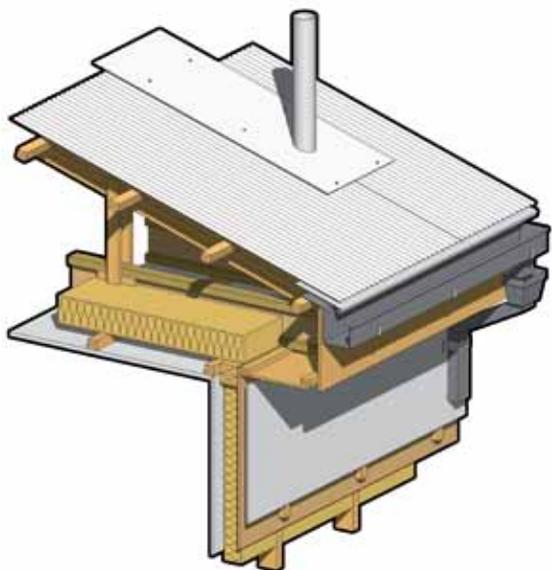


28 Base de la techumbre, de tableros de OSB, en condiciones de recibir la cubierta, previo control geométrico.

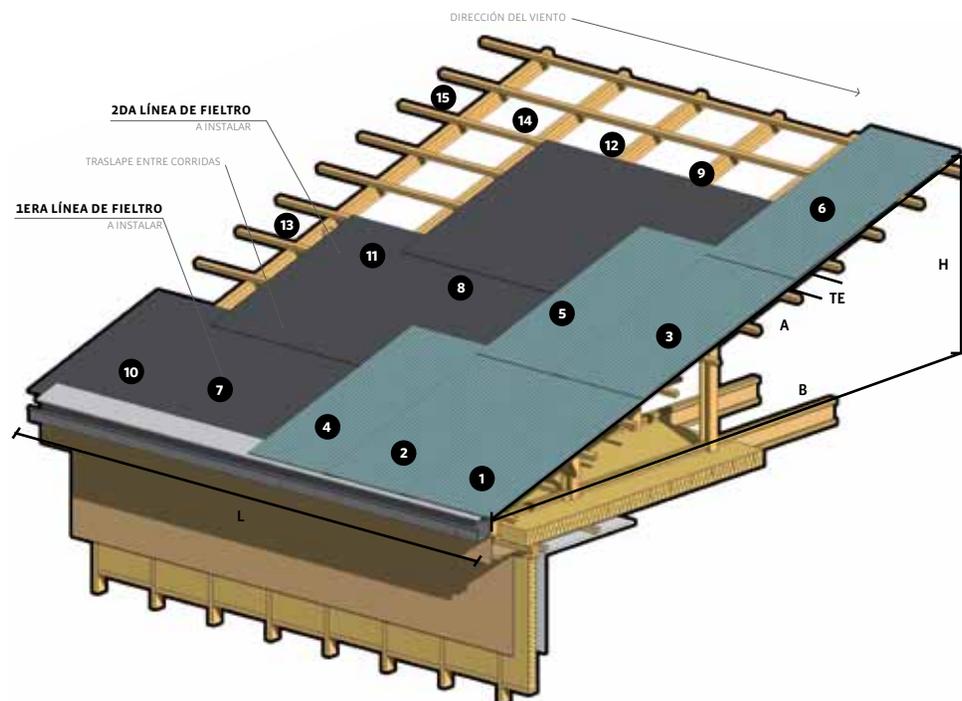
29 Tableros arriostrantes de la cubierta quedaron en contacto, situación que debe ser solucionada previo a la instalación de la cubierta para evocar posible deformación de los tableros, que repercute en la cubierta.



30



31 *Secuencia de la instalación del fieltro en una techumbre. Secuencia y sentido en que deben ser instaladas las planchas de acero galvanizado o de fibro cemento, según instrucciones del fabricante.*



a largos, dobleces, soportes, fijaciones, uniones, ángulos y complementados con las especificaciones respecto a espesores o consideraciones generales respecto a su almacenamiento, traslado e instalación.

Por ejemplo, las canaletas, no son capaces de auto soportarse por lo que requieren de ganchos intermedios colocados aproximadamente cada 1m, **Figura N°32**, para mantenerse en su ubicación y tener la pendiente requerida, los cuales se fijan al tapacan o can, según corresponda, toda información debe estar detallada y especificada en planos respectivos.

Si bien las canaletas generalmente son rectangulares, existen canaletas semicirculares, donde se debe especificar además de lo mencionado anteriormente, el radio requerido para la canaleta.

Los forros cortagoteras requieren de detalles donde se muestre la forma que deben adoptar, los dobleces y sus dimensiones mostrando claramente su ubicación, **Figura N°32**.

INSTALACIÓN DE LOS ELEMENTOS HÍDRICOS para la instalación de las canaletas, se requiere que los ganchos se fijen de forma de entregar una pequeña pendiente que refuerce el desplazamiento del agua hacia la bajada. Para esto se debe trazar la pendiente requerida sobre los elementos que soportarán la canaleta y luego instalar los ganchos, como se muestra en la **Figura N°32**.

CONSIDERACIONES Y RECOMENDACIONES PARA EL ARMADO DE LA ESTRUCTURA DE TECHUMBRE

E.1 E.2 E.3 E.4 E.5 E.6 E.7

Conjuntamente con la instalación de la canal, es necesario colocar un forro corta gotera (3) de acero galvanizado como lo muestra la **Figura N°32**, que impedirá el ingreso de aguas lluvia al entre techo, ya que el viento introduce gotas de agua entre la cubierta y el ala de la canaleta.

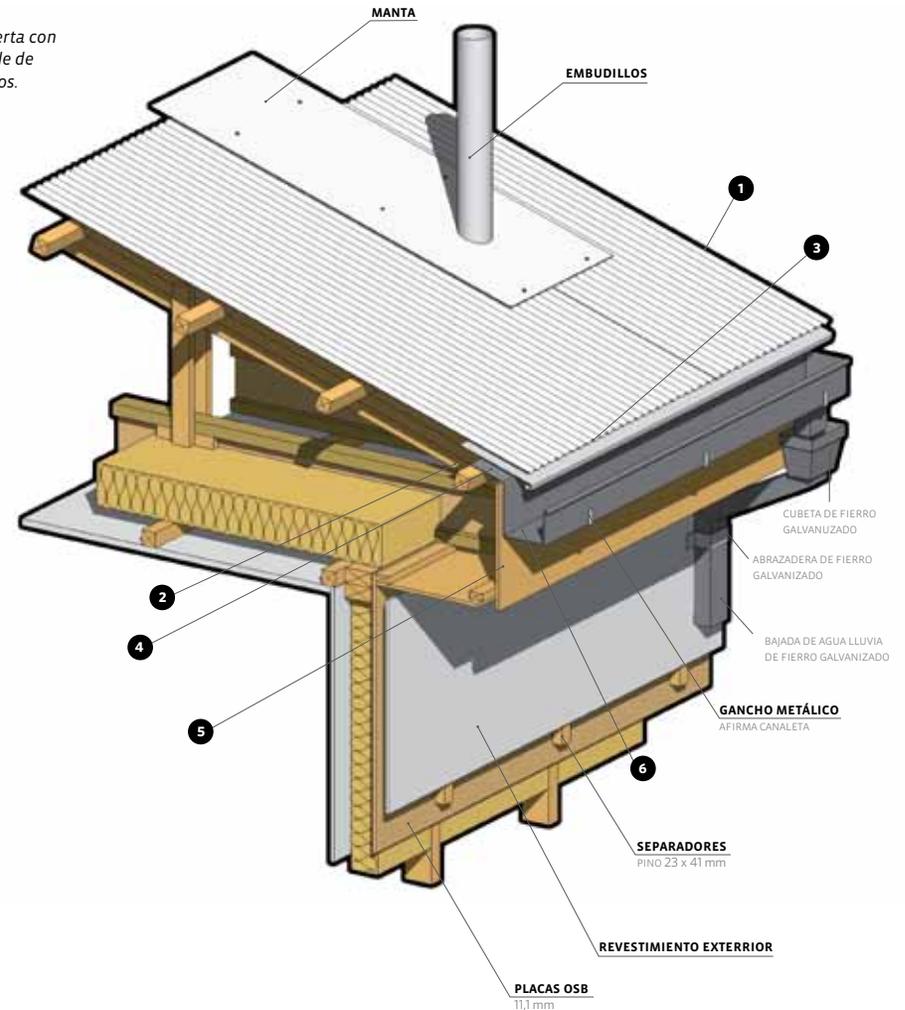
1. Cubierta
2. Costanera
3. Forro corta gotera
4. Fijación de canal
5. Tapacán
6. Gancho
7. Canal

Para la instalación de las bajadas, éstas deben ser aplomadas y luego aseguradas mediante abrazaderas que se fijan a la estructura del Muro Envoltente, **Figura N°32**.

Para soluciones de cubierta en base a planchas de acero galvanizado ondulado o fibro cemento, se debe instalar la cubierta y los ductos verificando su plomo y altura.

La solución para proteger la posible infiltración de agua por el contorno de los ductos de salida, **Figura N°33**, es mediante la instalación de mantas con un largo tal que se inicien en la cumbrera y terminen al menos 300mm pasado el ducto, con un ancho de 300mm para cada lado y soldadas al embudillo que protegerá al ducto.

32 Solución de cubierta con muestra de detalle de elementos hídricos.

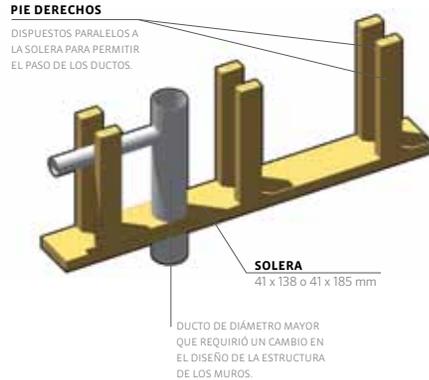


33 Ventilaciones protegidas por embudillos soldado a la manta.

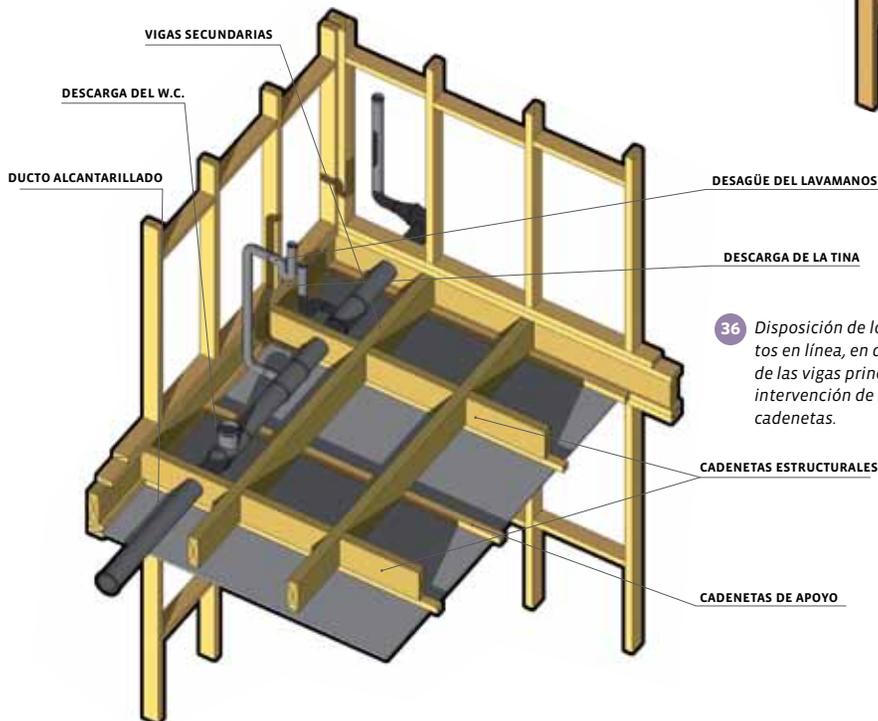
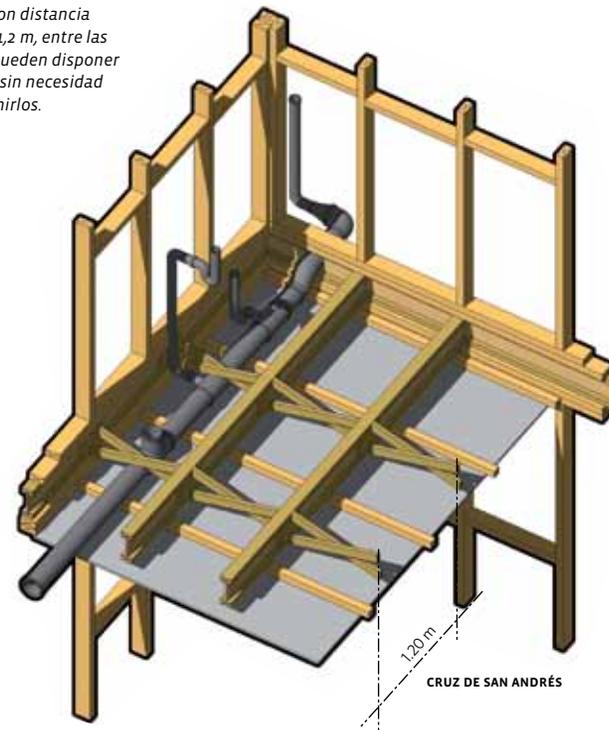


MANTAS
EMBUDILLOS
ENCUENTRO SOLDADO

34 Estructura de muro o tabique para diámetros de tuberías y cañerías de diámetros mayores a los tradicionalmente utilizados.



35 Crucetas con distancia máxima a 1,2 m, entre las cuales se pueden disponer los ductos sin necesidad de intervenirlos.



36 Disposición de los artefactos en línea, en dirección de las vigas principales, intervención de las cadenetas.

CONSIDERACIONES PARA LAS INSTALACIONES DOMICILIARIAS

En las soluciones constructivas de los entramados horizontales de una vivienda y el trazado de redes de alimentación y descargas de baños y cocina, es necesario considerar los aspectos siguientes:

- Ubicar los recintos húmedos en el perímetro de la vivienda, tanto en el primer y segundo piso, de manera que asegure su ventilación natural.
- Qué baños de segundo piso estén sobre los baños y/o cocina del primer piso.
- La dirección de los ductos de mayor diámetro en caso de entramados de piezas aserradas de pino radiata, deben disponerse en forma paralela a los elementos estructurales.

CRITERIO PARA EL TRAZADO DE DUCTOS Y CAÑERÍAS

En los casos que el trazado deba ir perpendicular a los elementos estructurales, se deben considerar los detalles con sus respectivas especificaciones de las zonas en que es necesario realizar perforaciones o cortes a las piezas estructurales, cumpliendo las consideraciones de cálculo.

El trazado de los ductos, debe prever las zonas en las cuales el proyecto considera fijar elementos como muebles, espejos o artefactos en general y que requieran clavar o atornillar fijaciones mecánicas, las que podrían dañar los ductos y cañerías instaladas.

TRAZADOS VERTICALES EN MUROS Y TABIQUES PARA DUCTOS

- Se debe considerar:
- Dejar registro con tapas que permitan acceder al ducto en caso de mantención o efectuar un destape de cañería por mal uso.
 - Anclar la cañería en a lo menos tres puntos de su altura (normalmente 2.40 m), de forma que no haya vibración en el caso que

CRITERIOS PARA LAS INSTALACIONES DE DUCTOS Y CAÑERÍAS

E.1 E.2 E.3 E.4 E.5 E.6 E.7

el ducto sea de descarga de aguas servidas.
· Aislar acústicamente el ducto en su recorrido vertical con material adecuado que permita asegurar una escasa transmisión de ruidos hacia los recintos habitables.

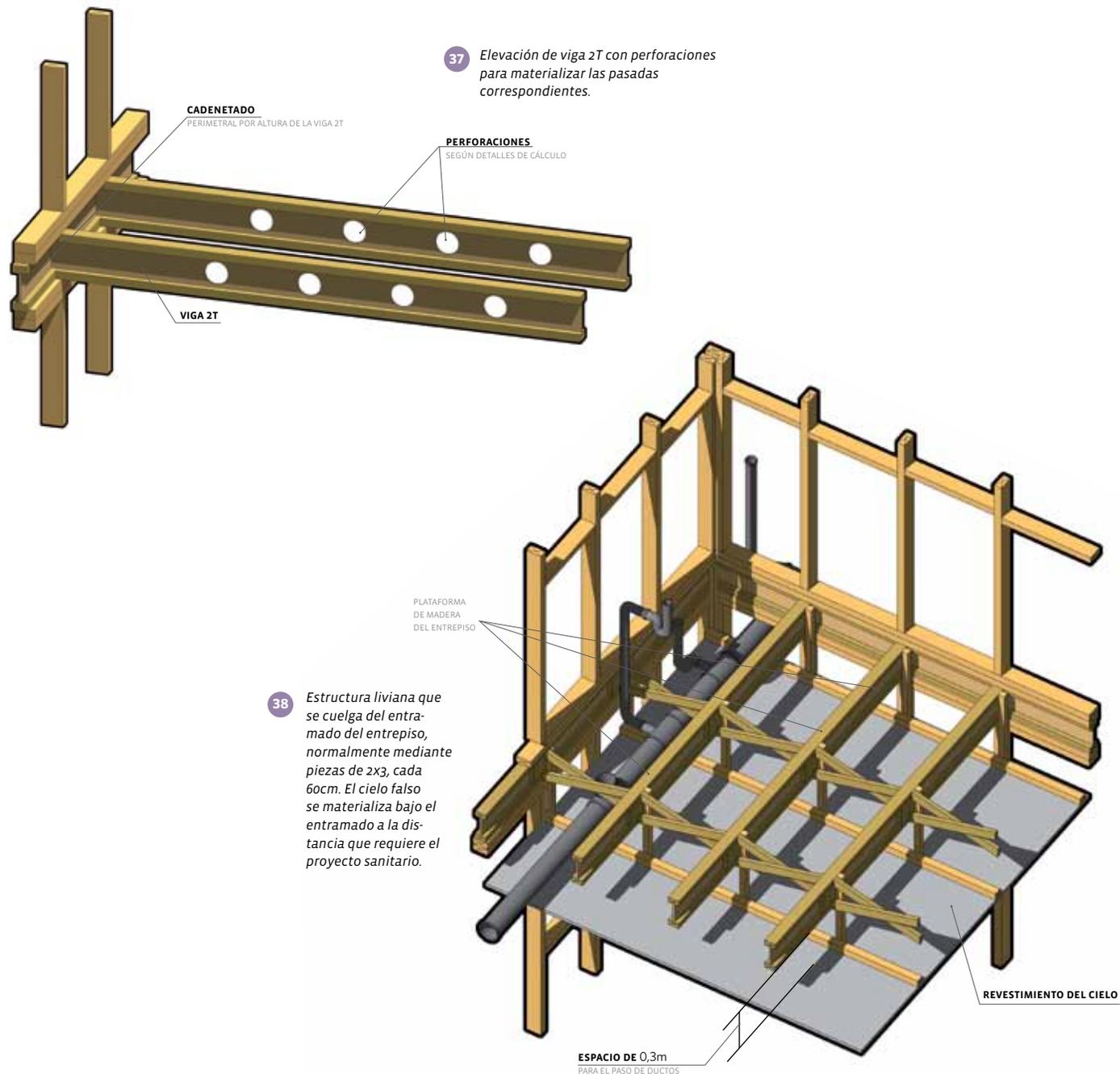
TRAZADOS EN PLATAFORMAS DE ENTREPISO Y CIELOS

En general el criterio para el trazado de los ductos en el entramado de entrepiso caso de vigas de madera aserrada en pino radiata, el ducto se ubica entre vigas, siendo intervenidas las cadenetitas que se deberían disponer cada 1.20m de distancia sin mayor problema. Una alternativa para las cadenetitas es que el proyecto considere la utilización de crucetas, **Figura N°35** y **Figura N°36**.

En caso de la utilización de vigas doble T, como solución del entramado de entrepiso, el trazado de los ductos puede ser dispuesto en forma perpendicular, ya que permiten ser perforados y los ductos se disponen a través de estos, es recomendable que la abertura de las perforaciones sea definida en conjunto con el proyectista estructural, **Figura N°37**.

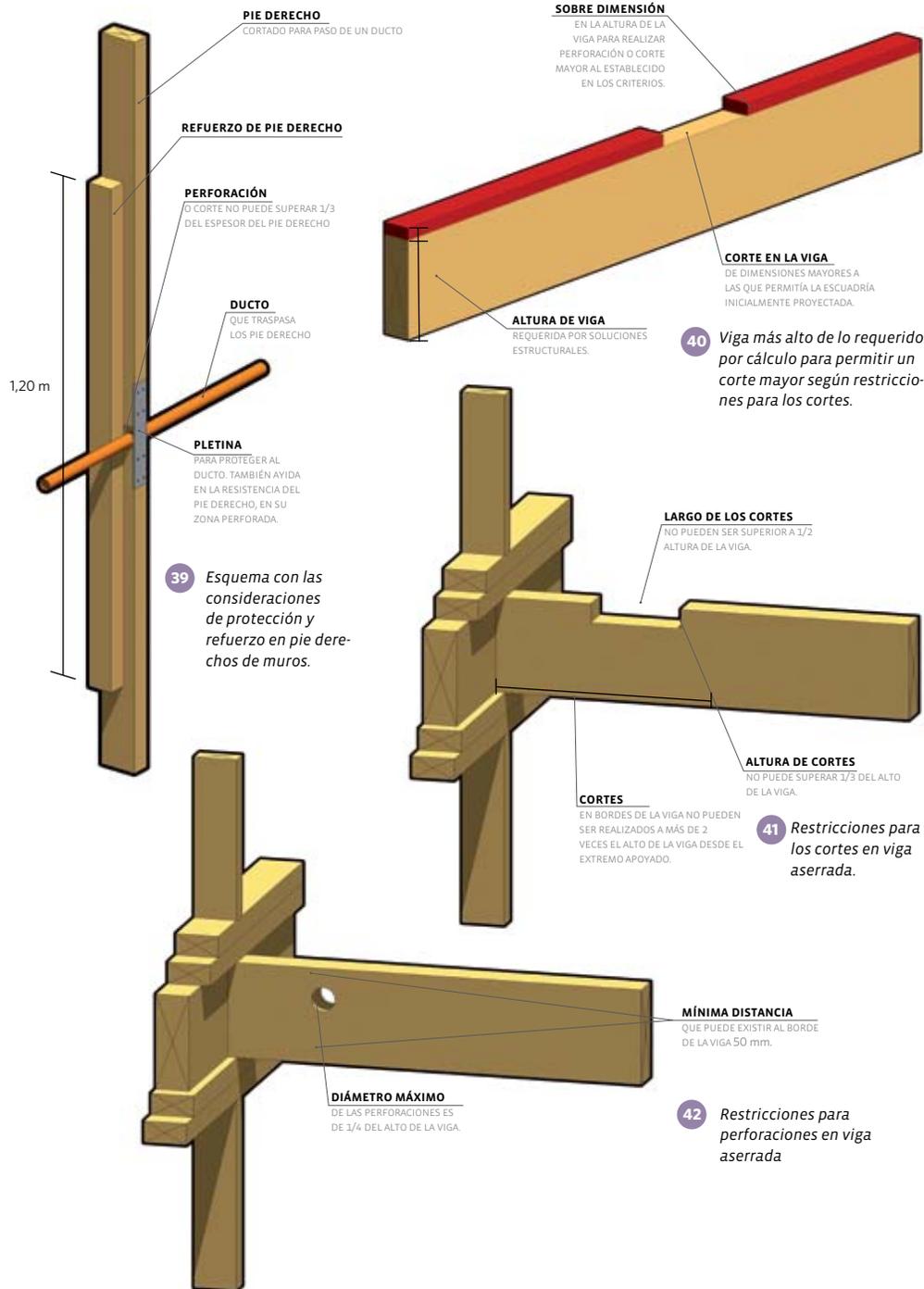
Cuando el ducto se requiere en dirección de las vigas doble T, una manera de evitar intervenir las cadenetitas es utilizando crucetas, cuya escuadría y fijación quedan definidas por proyecto. En este caso se disponen los espacios por los cuales pueden pasar los ductos, sin afectar la estructura de la plataforma de entrepiso, **Figura N°37**.

Cuando por exigencias del proyecto sanitario se requieren mayores pendientes para evacuación de las aguas servidas, no es posible incorporar los ductos al envigado de la estructura de entrepiso, siendo necesario proyectar una estructura liviana como cielo falso bajo el entrepiso, **Figura N°38**, para desarrollar el trazado de los ductos sanitarios. También es necesario aislar acústicamente los ductos para no transmitir el ruido al ambiente de los recintos.



RECOMENDACIONES PARA CORTES Y PERFORACIONES EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES DE LA PLATAFORMA DE ENTREPISO Y EN EL MURO ENVOLVENTE

E.7 E.6 E.5 E.4 E.3 E.2 E.1



39 Esquema con las consideraciones de protección y refuerzo en pie derechos de muros.

40 Viga más alto de lo requerido por cálculo para permitir un corte mayor según restricciones para los cortes.

41 Restricciones para los cortes en viga aserrada.

42 Restricciones para perforaciones en viga aserrada.

CORTES Y PERFORACIONES EN ELEMENTOS VERTICALES

En muros y tabiques, se deben considerar las perforaciones a realizar en los elementos verticales, los cuales tendrán restricciones respecto al área a perforar y refuerzos requeridos, dependiendo si son elementos estructurales.

Para el caso de los Muros Envoltentes, sus pie derecho no pueden ser cortados en su zona central, respecto al alto del pie derecho, (aproximadamente una zona de 50cm, 25cm para cada lado respecto al punto medio del pie derecho), no se pueden realizar cortes o perforaciones que comprometan más de 1/3 del ancho de la pieza. Si se requieren cortes mayores, se pueden cambiar las piezas por unas más anchas, situación que debe ser considerada en la etapa de diseño, o se pueden reforzar él o los elementos afectados con un par de piezas de madera, una a cada lado, que se extienda 60cm sobre y bajo la perforación, fijadas con clavos en forma alternada cada 15cm, **Figura N°39**.

Si los ductos quedan a menos de 30mm del borde del pie derecho o se realizó un corte en algún borde de éste, se debe instalar una pletina de espesor $e=1\text{mm}$, frente al sector donde el ducto traspasa al elemento vertical, protegiéndolo de futuras instalaciones: fijaciones que podrían perforarlo, pudiendo ocurrir un accidente con graves consecuencias.

Para los elementos verticales que conforman los tabiques, si la perforación o corte realizado deja una sección de menos de 40mm del ancho del pie derecho, es necesario colocar el refuerzo de 1.2m descrito para los pies derechos de los muros envoltentes, **Figura N°39**.

PERFORACIONES Y CORTES EN ELEMENTOS HORIZONTALES

Las perforaciones y cortes deben evitarse cada vez que se pueda, si no, hay que aplicar criterios referidos al comportamiento estructural de la madera para realizarlos, siempre respaldados y verificados por el proyecto de cálculo, sabiendo que tienen un mejor comportamiento ante solicitaciones de compresión.

Las perforaciones factibles de realizar tienen restricciones respecto al diámetro y los cortes respecto al largo y altura de la viga. Esta limitación requiere modificar en la etapa de diseño, las escuadrías de los elementos aumentando su altura en caso que se requiera una perforación o corte mayor al posible de realizar en la pieza inicialmente proyectada, la cual cumplía con las exigencias de resistir las solicitaciones, pero no con la perforación requerida para el paso de los ductos proyectados, **Figura N°40**.

Los cortes en el borde de las vigas, deben ser realizados a una distancia no mayor a 2 veces el alto de la viga medido desde borde interior de la solera de amarre hacia el centro de la viga, y el largo del corte no exceda la mitad del alto de la viga. La profundidad del corte es máximo 1/3 del alto de la viga, **Figura N°41**.

En el caso de las perforaciones, estas deben estar distanciadas del borde superior, al menos 50mm y pueden tener un diámetro máximo 1/4 del alto de la viga, **Figura N°42**.

REFUERZOS NECESARIOS EN LAS ESTRUCTURAS

E.1 E.2 E.3 E.4 E.5 E.6 E.7

Definidos los trazados de los proyectos de instalaciones se deben considerar las piezas adicionales que se incorporan a la estructura de la vivienda en muros, tabiques y plataformas, e incluirlos en los planos de los proyectos correspondientes. Estos pueden ser instalados en obra o desde fábrica, incluso pueden contener las cañerías ya instaladas como se observa en la **Figura N°43**.

Estas piezas tienen la función de reforzar la estructura para resistir cargas adicionales, además de servir de apoyo para cajas eléctricas, enchufes, cajas para lámparas colgantes, ductos, cañerías y artefactos sanitarios (W.C., lavamanos, tinas, ducha) u otros como ductos de aire acondicionado, **Figura N°45**.

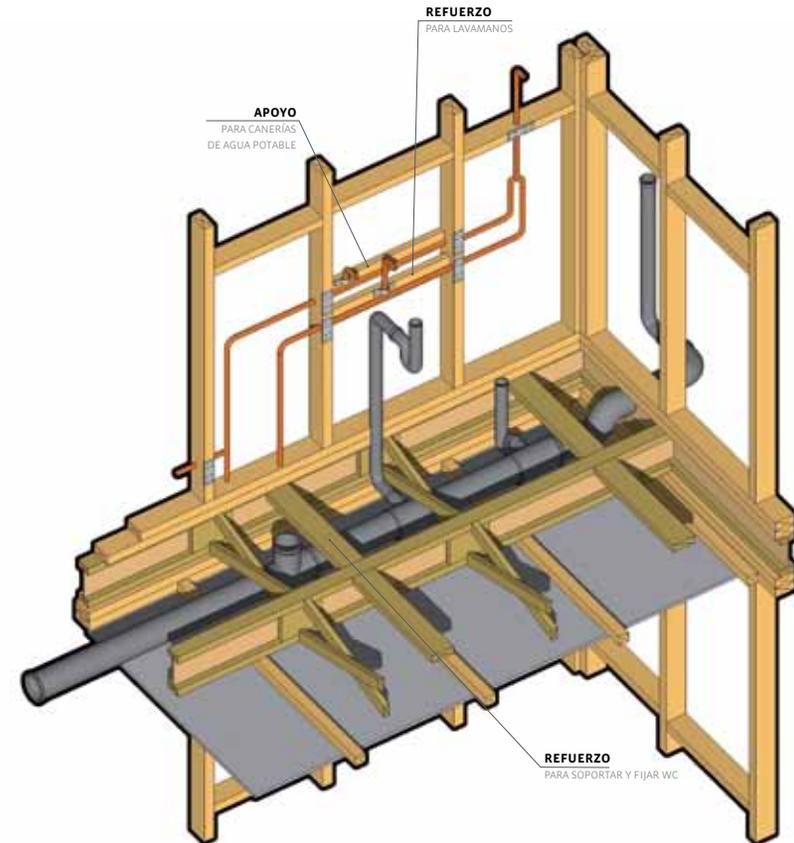
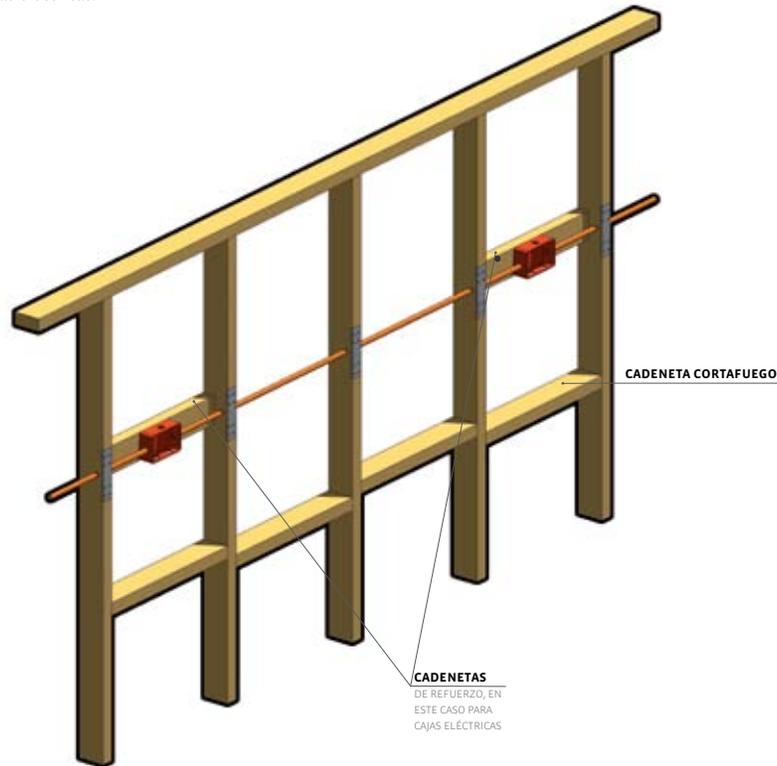
En los entramados verticales, los refuerzos generalmente son piezas de madera, de escuadrías iguales a la de los pies derechos, dispuestos en su menor espesor, como se observa en la **Figura N°44**.

En las plataformas de entrepiso se debe contar con el apoyo suficiente para fijar los artefactos, los cuales se obtienen con cadenas dispuestas en su menor espesor. Ver **Figura N°45**.

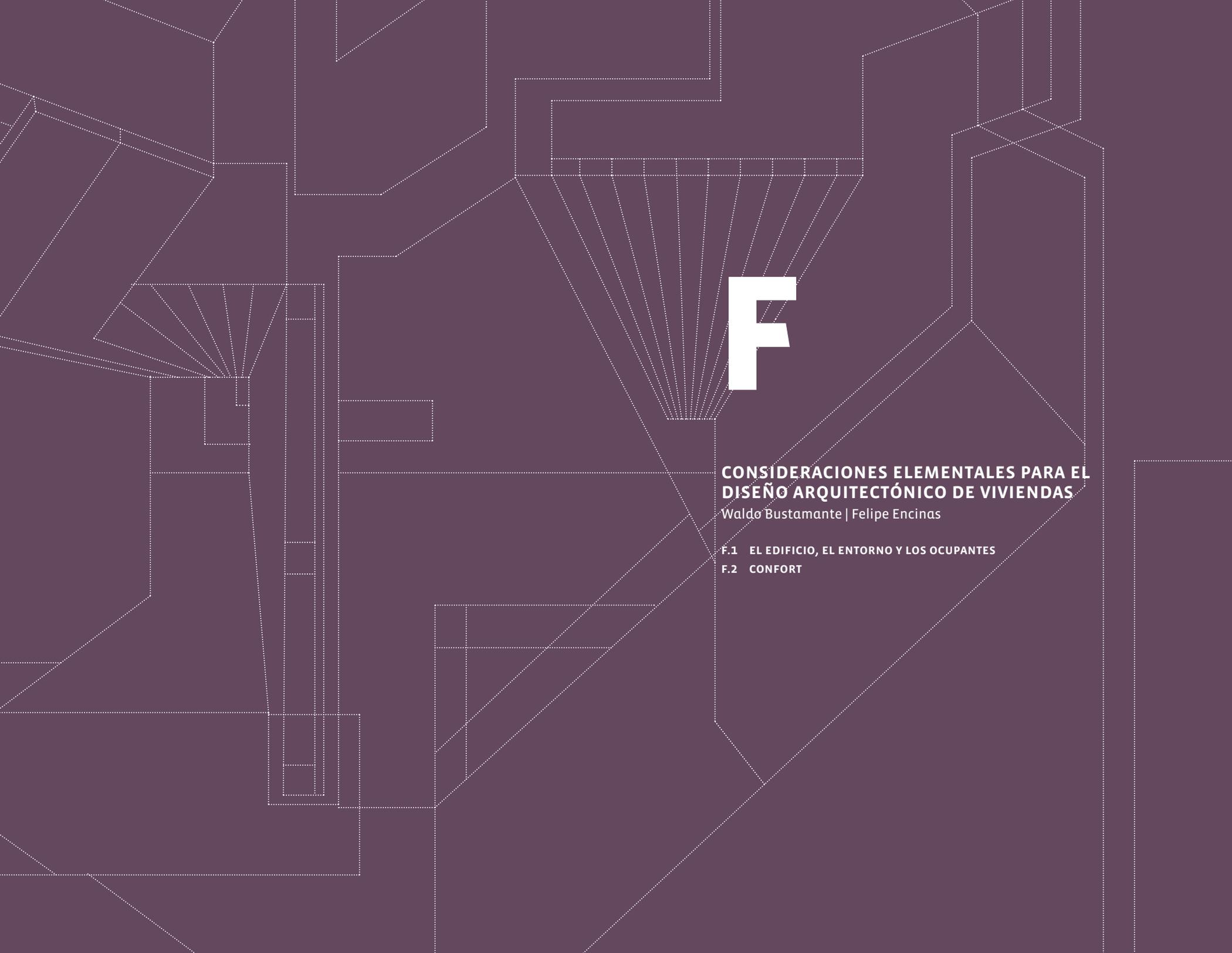


43 Muros o tabiques de una vivienda que traen incorporados desde fábrica, las cañerías de agua potable (fría y caliente) con las piezas de refuerzos para fijarla a la estructura.

- 44 Piezas adicionales para fijar elementos como cajas eléctricas.



- 45 Disposición de piezas adicionales requeridas para soportar y fijar elementos como: cañerías de agua potable o artefactos sanitarios.



F

CONSIDERACIONES ELEMENTALES PARA EL DISEÑO ARQUITECTÓNICO DE VIVIENDAS

Waldo Bustamante | Felipe Encinas

F.1 EL EDIFICIO, EL ENTORNO Y LOS OCUPANTES

F.2 CONFORT

Uno de los objetivos principales de un edificio es el generar espacios habitables que ofrezcan al usuario las condiciones ambientales adecuadas para el desarrollo de sus actividades en situación de confort. Tanto la envolvente del edificio y los restantes componentes que lo conforman, juegan un rol fundamental en conseguir estas condiciones, para lo cual se debe tener en consideración –entre otros elementos- el efecto del entorno sobre el edificio, el modo de operación de éste y el comportamiento de los usuarios.

El efecto del entorno sobre un edificio está representado por diversas solicitaciones, frente a las cuales éste responde según su arquitectura, los materiales utilizados y el uso que le dan sus ocupantes. La respuesta del edificio frente a estas demandas es variable en el tiempo, según las épocas del año, las horas del día, el régimen de uso e incluso según como se disponen los materiales en un cierto paquete constructivo. De este modo se observa entonces una permanente interacción entre el entorno (clima), el edificio y sus ocupantes. Ver **Figura N°1**.

Entre las solicitaciones del entorno están las que directamente se relacionan con el clima y microclima del lugar, con la geografía del sitio, con las actividades de las cercanías y con el contexto generado por otras construcciones cercanas.

Para conseguir el confort dentro del espacio interior de un edificio, el clima del lugar ofrece tanto aspectos negativos como positivos, de acuerdo a las diferentes épocas del año e incluso considerando horas diferentes del día. A modo de ejemplo, el sol podrá entregar calor en invierno a un cierto recinto del edificio, lo que es positivo en el contexto de un clima frío, pero también el sol podría sobrecalentar este mismo espacio, llevándolo a una temperatura por sobre la del confort humano en el período de verano. En un clima con bajas tempera-

turas en invierno y alta radiación solar en verano, un cierto edificio debiera permitir acceso al sol en invierno y a su vez protegerse de su incidencia en verano. En ambos casos se está favoreciendo la posibilidad de lograr confort para los ocupantes del edificio.

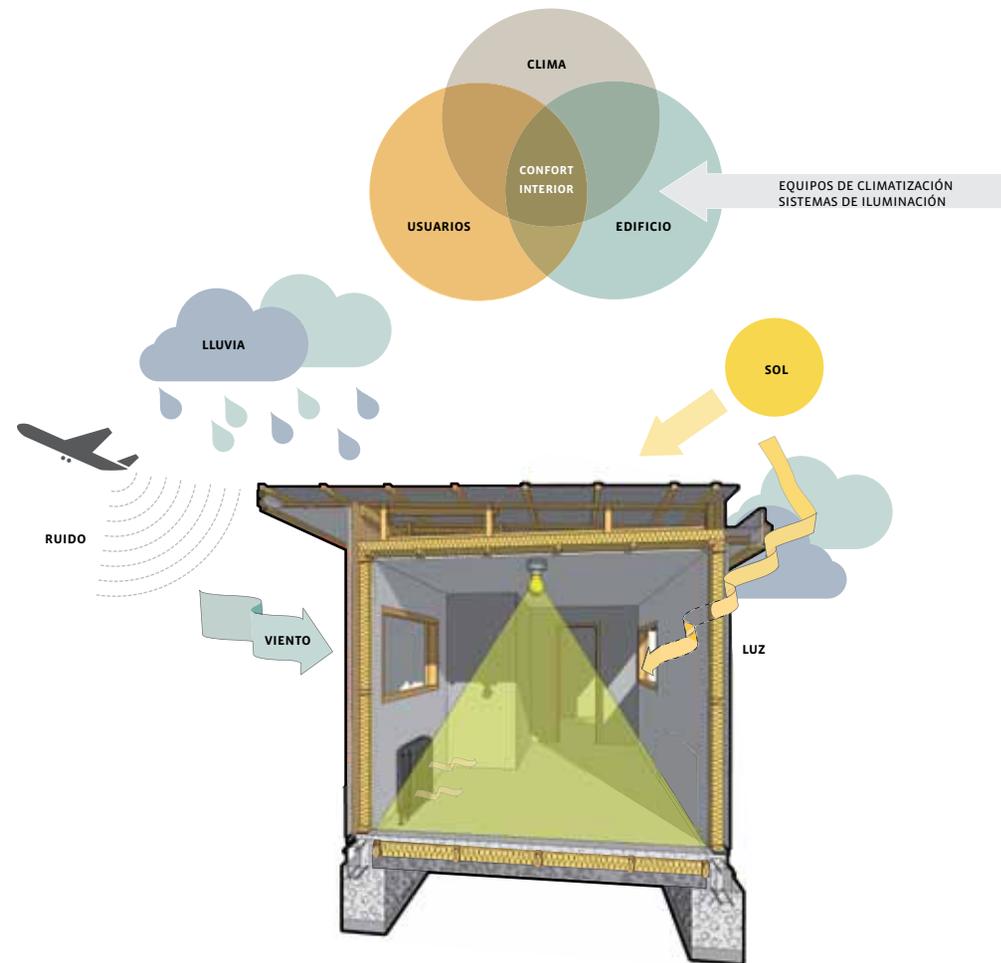
El uso del edificio podrá requerir de ciertos equipos, sistemas o dispositivos que permitan alcanzar las condiciones de confort en el ambiente interior. Se trata por ejemplo de instalaciones de calefacción, de enfriamiento, de iluminación artificial y ventilación forzada, los cuales se integran al proyecto arquitectónico, con los consiguientes gastos de inversión, de mantenimiento y consumo de energía en la operación del edificio.

Es importante indicar que el edificio y su envolvente es el que primero está llamado a satisfacer los requerimientos de confort en el espacio interior; los sistemas son el justo complemento para ello cuando el edificio no lo consigue por sí solo. Si es esto lo que ocurre, se está en presencia de un edificio de alta eficiencia desde el punto de vista de sus consumos energéticos.

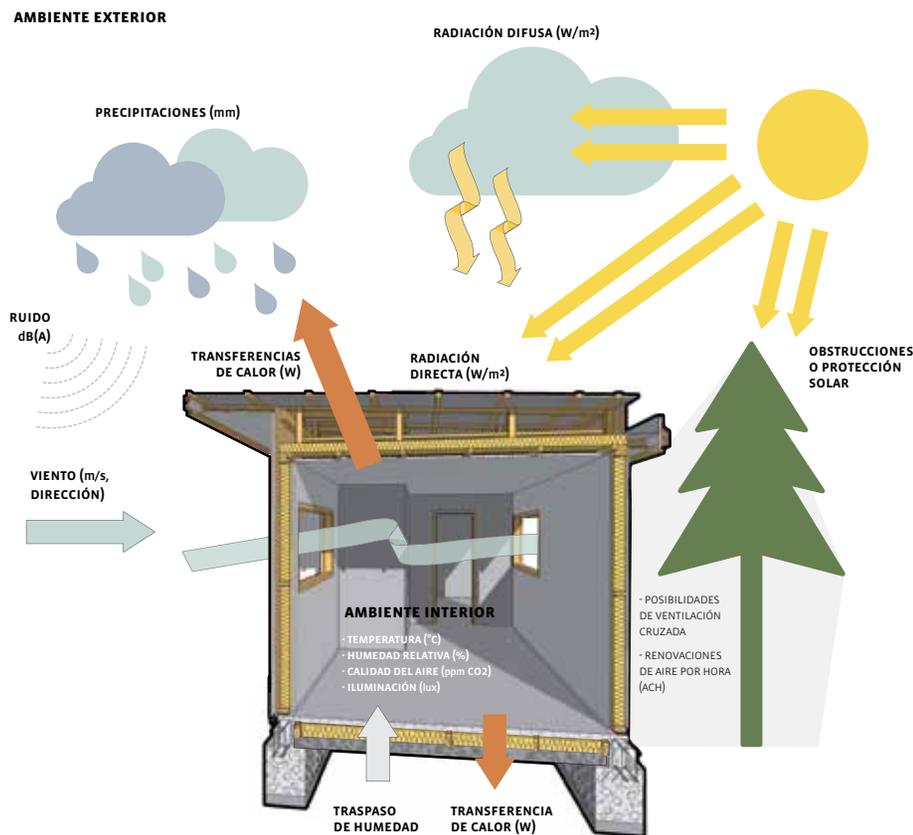
La **Figura N°2** muestra las diversas variables ambientales que afectan a la envolvente del edificio. El muro panel desarrollado en el proyecto FONDEF D0311020 y las cubiertas desarrolladas en el proyecto FONDEF D0611034, responden cada una de estas solicitaciones, considerando criterios de durabilidad, confort, eficiencia en el uso de la energía y resistencia mecánica.

En un clima frío en invierno, con alta humedad relativa ambiental y altas precipitaciones, el muro envolvente como las cubiertas desarrolladas en el proyecto FONDEF D0311034, responden a estas solicitaciones eficazmente. En el caso del muro, la cámara de aire ventilada tras el recubrimiento ex-

1 Esquema de relación entre clima, edificio y usuarios y sus variables más relevantes.



2 Solicitaciones ambientales de la envolvente de una vivienda.



terior, permitirá evacuar la humedad que por efecto de precipitaciones combinadas con viento tiendan a introducirse hacia el interior del muro envolvente.

Por otra parte, en un clima de alta radiación solar directa y por tanto de altas temperaturas en verano, la cámara ventilada del muro envolvente permite disminuir en forma significativa el riesgo de sobrecalentamiento provocado por la incidencia de radiación solar directa sobre su superficie exterior. Este efecto fue medido experimentalmente en el marco del proyecto FONDEF D0311020, observándose que frente al riesgo de sobrecalentamiento, el muro envolvente ventilado tiene un comportamiento significativamente superior comparado con otro idéntico sin esta cámara de aire, el cual representa al tipo de muro envolvente de madera con que tradicionalmente se construye en Chile. Idéntico efecto se consigue con la cámara ventilada considerada en el diseño de la techumbre de cada una de las viviendas construidas tanto en Santiago como en Traiguén (Región de La Araucanía) en el proyecto D0611020. Una cámara de aire sobre la aislación térmica de cielo permite evacuar el calor proveniente de la incidencia solar sobre la cubierta. La no evacuación de este calor por medio de convección natural hacia la parte alta de la cubierta implicará un serio riesgo de sobrecalentamiento en recintos que se ubiquen inmediatamente bajo la techumbre. Este riesgo de sobrecalentamiento es especialmente crítico en climas mediterráneos (como el de Santiago y Traiguén) que se extienden de norte a sur en nuestro país.

Respecto del comportamiento térmico del muro envolvente y de las cubiertas desarrolladas en los proyectos FONDEF señalados, estos presentan un alto estándar, el que se explica por la presencia de aislación térmica del mayor espesor posible (sobre 50 mm en muro y sobre 100 mm en cubierta). La presencia de esta aislación hará que

la temperatura superficial interior en muro y cielo será muy cercana a la del aire ambiente, lo que hace que prácticamente desaparezca el riesgo de condensación en estas superficies. En el caso del muro, el riesgo de condensación intersticial prácticamente desaparece, ya que se incorpora una barrera de vapor bajo el revestimiento interior. En techumbre, la barrera de vapor no es necesaria pues el vapor que difunde desde el interior a través del sistema constructivo, se evacúa fácilmente a través del aislante hacia la cámara de aire ventilada.

Respecto de los problemas de humedad producto de ascensión capilar a través del piso, cimientos y sobrecimientos, se han expuesto diversas soluciones que evitan este fenómeno, el que podría provocar serios daños al muro envolvente y al resto de la estructura del edificio.

Finalmente, frente a la presencia de ruido exterior, mediciones experimentales de laboratorio y evaluaciones teóricas permiten concluir que el muro envolvente y las cubiertas son soluciones adecuadas para viviendas de acuerdo a recomendaciones contenidas en la normativa nacional.

Cuando el ser humano expresa satisfacción con el medio que lo rodea se dice que se está en condiciones de confort. En el ambiente interior de un edificio, diversos parámetros están interactuando con el ser humano, influyendo en las condiciones a las que éste se somete.

Dentro de estos parámetros se encuentran la temperatura ambiental del aire, la temperatura media radiante de las superficies del ambiente interior, la humedad relativa del aire, la presión atmosférica, el color de las superficies del ambiente, la intensidad y calidad de la luz y niveles de ruido.

Otros parámetros que influyen en el confort se relacionan con hábitos sociales y culturales, edad de las personas, la actividad metabólica de los ocupantes y el tipo de vestimenta.

Dada la diversidad de variables que están incidiendo en el confort ambiental, usualmente se considera en forma separada el confort térmico, el confort lumínico, el confort respecto de la calidad del aire y el confort acústico.

CONFORT TÉRMICO

El confort térmico está relacionado con una serie de variables ambientales con las que el ser humano interactúa. En esta interacción, el ser humano transfiere calor a su entorno, dado que su cuerpo se encuentra normalmente a mayor temperatura que el aire ambiente y que la superficie de las paredes del recinto en que se encuentra.

En esta interacción intervienen algunos de los parámetros ya mencionados tales como la vestimenta, el metabolismo, la temperatura del aire, la temperatura superficial de las paredes del recinto, la humedad relativa y la velocidad del aire. La combinación de

estos parámetros provoca en el ser humano la sensación de confort o de discomfort. La **Figura N°3** muestra en la carta psicrométrica lo que se define como zona de confort térmico o higrotérmico a partir exclusivamente de la temperatura y humedad relativa del aire. Esta zona de confort supone una actividad física ligera (persona sentada), una velocidad de aire menor a 0,2 m/s y en que la temperatura de aire no difiere significativamente de la temperatura de las paredes (menos de 1.0 °C).

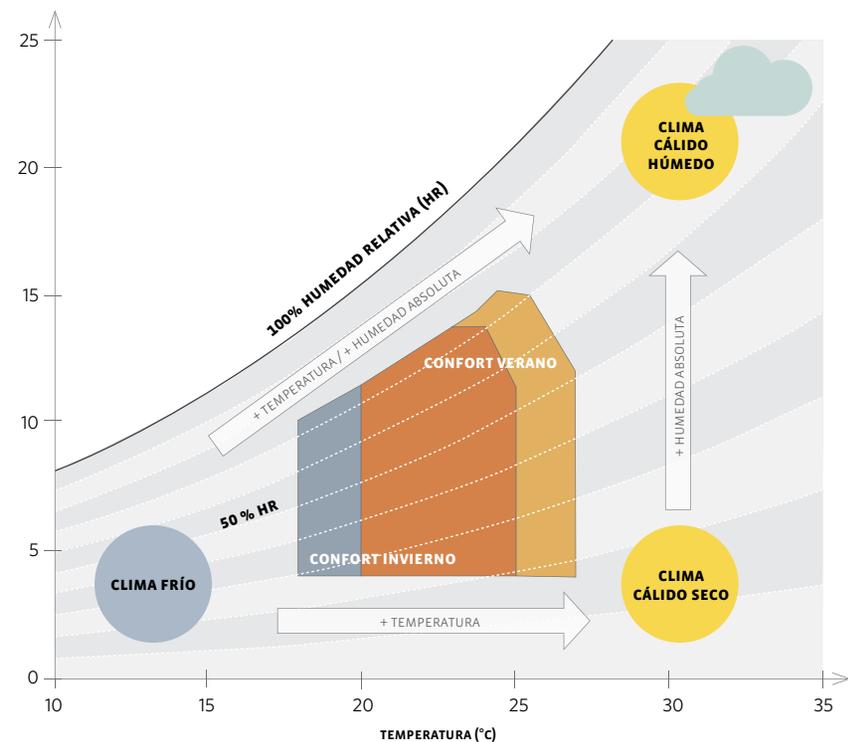
En el muro panel de envolvente y en cubiertas de los proyectos FONDEF señalados, se ha instalado aislante térmico, minimizando la transmisión de calor, haciendo que en período de invierno, estos tendrán una temperatura superficial interior cercana a la del aire ambiente. Esto hace que sistemas constructivos como los indicados favorezcan el confort con uso eficiente de energía. En verano, dada la evacuación de calor (generado por la radiación solar incidente) a través de la cámara de aire bajo cubierta o de recubrimiento exterior de muro, las temperaturas superficiales del interior serán también más cercanas al confort requerido en los recintos.

CONFORT ACÚSTICO

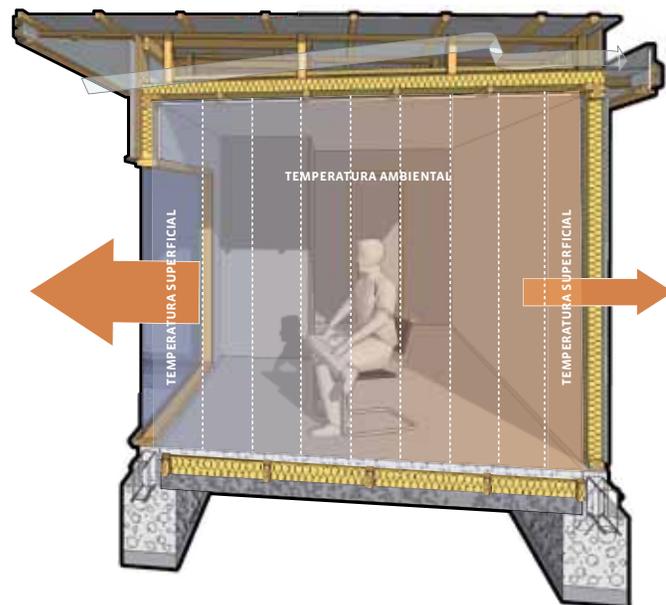
El confort acústico se alcanza cuando en un cierto recinto, el nivel de ruido existente no afecta el desarrollo normal de las actividades de las personas, no provoca alteraciones al descanso, la comunicación y a la salud de las personas.

En una vivienda, el nivel de ruido en un recinto puede ser afectado por sonidos emitidos en el ambiente exterior, en ambientes contiguos de la propia vivienda o en viviendas pareadas o de pisos superiores o inferiores en un edificio de departamentos.

3 Diagrama de confort según B. Giovani (modificado).



4 Caracterización de envolventes según nivel de aislación y temperatura superficial.



ENVOLVENTE MAL AISLADA

(EJ: VIDRIO MONOLÍTICO, MURO HORMIGÓN ARMADO)

- MAYOR TRANSFERENCIA DE CALOR.
- TEMPERATURA SUPERFICIAL INTERIOR MÁS BAJA.
- MENORES POSIBILIDADES DE CONFORT INTERIOR.

ENVOLVENTE BIEN AISLADA

(EJ: MURO VENTILADO FONDEF DO3I1020)

- MENOR TRANSFERENCIA DE CALOR.
- TEMPERATURA SUPERFICIAL INTERIOR MÁS ALTA EN INVIERNO.
- MAYORES POSIBILIDADES DE CONFORT INTERIOR.

El muro envolvente ha sido ensayado para determinar el aislamiento acústico que ofrece, llegando a establecer que éste presenta un buen comportamiento al respecto. De acuerdo a normas chilenas oficiales puede ser utilizado perfectamente como elemento perimetral en una vivienda.

El confort acústico en un recinto también puede ser afectado por el fenómeno de reverberación. Desde el punto de vista del edificio este fenómeno depende de la absorción acústica de la superficie interior de cada una de las soluciones constructivas y del mobiliario utilizado. Con la presencia de tipos de superficies normales de una vivienda y con una ocupación normal de ésta, el fenómeno de reverberación no alcanza a ser crítico.

Otro de los fenómenos que afecta el confort acústico es el ruido de impacto. Elementos livianos usados como elementos divisorios en viviendas presentan en general un comportamiento deficiente al respecto. Igualmente, pisos estructurados en madera pueden presentar problemas para aislar este tipo de ruidos. En el caso de las viviendas diseñadas en el marco de los proyectos FONDEF mencionados se han asumido las consideraciones de diseño indicadas. Particularmente, se usaron algunas estrategias para amortiguar el ruido de impacto en entresijos estructurados en madera, obteniéndose con ello resultados muy satisfactorios.

CONFORT LUMÍNICO

El confort lumínico se alcanza cuando es posible ver los objetos dentro de un recinto sin provocar cansancio o molestia y en un ambiente de colores agradables para las personas. Para un buen confort lumínico es recomendable la iluminación natural, tanto por la calidad de la luz propiamente tal

como por la necesidad de lograr eficiencia energética. En general la iluminación natural es apropiada tanto psicológica como fisiológicamente, pero en ausencia de ésta a partir de ciertas horas del día, se hace necesario un aporte complementario o permanente de luz artificial. Esta luz artificial también debe ofrecer este confort lumínico con uso eficiente de energía.

CALIDAD DEL AIRE

Los ocupantes de un recinto, para el confort respecto de la calidad del aire, deben percibir que éste no esté viciado, no sea irritante y no represente riesgo para la salud al respirarlo. El aire de un recinto debe ser renovado en forma permanente de modo de evitar olores desagradables y riesgos de contaminación por la presencia de partículas, gérmenes, gas carbónico y incluso humo de tabaco.

La obtención de calidad de aire en viviendas puede obtenerse con uso de ventilación forzada, con sistemas de ventilación natural autorregulables o simplemente con apertura de ventanas. En este último caso es fundamental el comportamiento de los usuarios, quienes deben tomar las precauciones para lograr la ventilación necesaria que permita una buena calidad del aire, además de controlar la humedad relativa en el ambiente interior de modo que ésta no supere los límites establecidos para el confort térmico, especialmente en períodos fríos del año. En verano, el control de la temperatura interior por debajo de la temperatura máxima de confort a través de ventilación natural, se ve limitada debido a que existe la posibilidad de que la temperatura exterior (especialmente durante el día) sea mayor a la requerida en el interior.



G

COMPORTAMIENTO TÉRMICO

Waldo Bustamante | Felipe Encinas | Khaled Saleh Pascha

G.1 COMPORTAMIENTO TÉRMICO DE VIVIENDAS

G.2 EL MURO ENVOLVENTE: CUALIDADES TÉRMICAS

FENÓMENOS DE TRANSFERENCIA DE CALOR EN EDIFICIOS

La vivienda y sus elementos constructivos, en su interacción con el medio ambiente, se somete a una serie de fenómenos de transferencia, captación y almacenamiento de calor.

Este calor como forma de energía está presente en una serie de fenómenos que ocurren en un edificio y como tal puede ser cuantificado. Por ejemplo, para un período determinado, es posible determinar el calor que se transfiere a través de la envolvente de un edificio en la medida que exista una diferencia de temperatura entre el ambiente interior y el exterior. Igualmente puede estimarse la cantidad de calor que por unidad de tiempo es necesario para lograr confort térmico en un determinado recinto.

El calor en un espacio puede estar presente como calor sensible y calor latente.

El calor sensible se asocia directamente al aumento o a la disminución de temperatura producida en un cuerpo. Esta temperatura tiene directa relación con la vibración existente en las partículas de un cuerpo y representa el potencial de este cuerpo para transmitir calor a otro de menor temperatura.

Cada cuerpo tiene una cierta capacidad de absorber o ceder calor. Ello se expresa a través del calor específico del material o capacidad calorífica por unidad de masa y que corresponde a la cantidad de calor absorbida o cedida por una unidad de masa del material, cuando éste aumenta o disminuye su temperatura en 1 °C.

El calor latente se asocia a la energía necesaria para producir el cambio de estado de la materia. Por ejemplo, es el calor que se requiere para transformar agua líquida en vapor de agua.

Por otra parte y tal como se ha indicado, en la medida que exista diferencia de temperatura entre dos cuerpos se podrá transmitir calor. Ello ocurre a través de diferentes formas: conducción, convección y radiación, las que se representan en la **Figura N°1**.

La conducción es la transmisión de calor producto del contacto físico existente entre una partícula y otra. El fenómeno se da en la medida que exista materia a través de la cual el calor fluye.

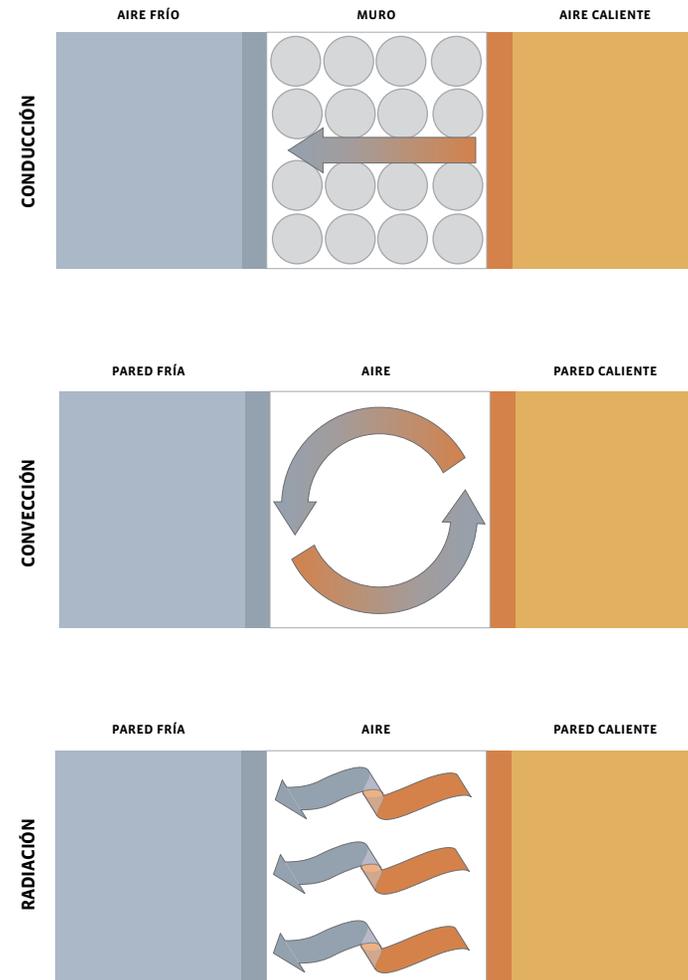
La conducción requiere un medio natural para su transmisión, es decir puede existir en gases, líquidos y sólidos. Cada material posee una propiedad denominada conductividad térmica, la que permite cuantificar el calor que por unidad de tiempo es transmitido por conducción en este material, cuando presenta un espesor determinado y se somete a una diferencia de temperatura específica.

La convección es el intercambio de calor que se produce entre un fluido en movimiento y un sólido o entre fluidos a diferente temperatura. En la práctica, en el caso de los edificios, este fenómeno se produce entre el aire ambiente y la superficie de un elemento constructivo, tanto en el ambiente interior como en el exterior.

La transferencia de calor por radiación está asociada a un fenómeno ondulatorio cuyas características tienen relación con la temperatura de la superficie del cuerpo que emite tal radiación.

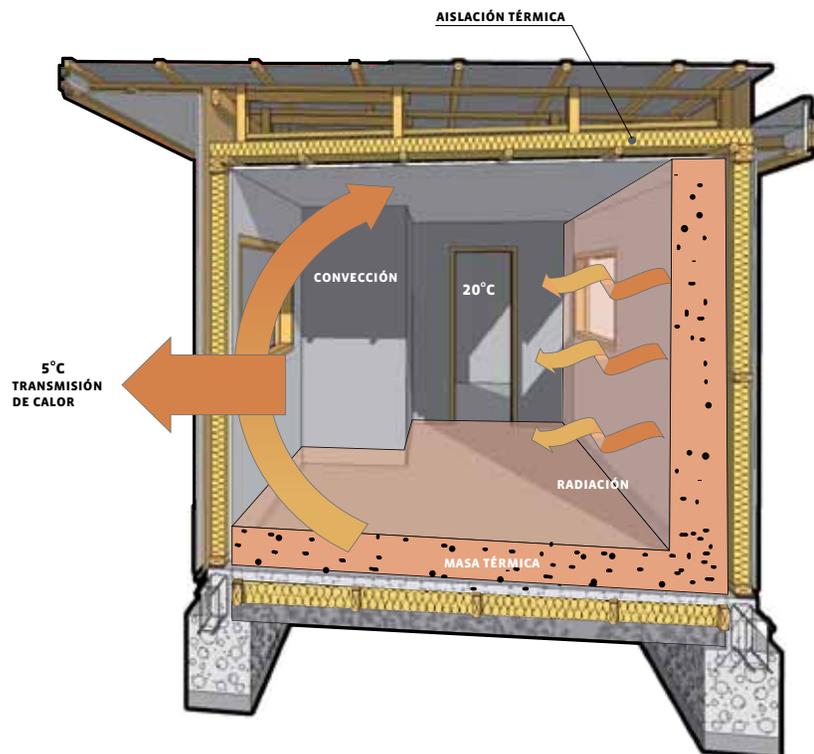
La radiación puede ser emitida por un cuerpo a alta temperatura, como el sol, en que intervienen ondas de radiación visible (radiación de onda corta) y otras ondas no visibles como la infrarroja (radiación de onda larga). También el sol emite una baja proporción de radiación ultravioleta (radiación de onda corta).

1 Formas de transmisión de calor.



2

Mecanismos de transferencia de calor en un recinto



Los cuerpos a temperatura cercana a la ambiental (piel, muros, suelo, ropa) son emisores de radiación infrarroja (de onda larga) y pueden actuar como receptores de radiación solar (UV, radiación visible e infrarroja cercana a la visible), de luz emitida por el sistema de alumbrado de un edificio y de la radiación infrarroja de otros cuerpos.

Cada uno de los fenómenos indicados está presente en un edificio (ver **Figura N°2**). El comportamiento térmico de éste estará influenciado por la magnitud de estos fenómenos, los que entre otras cosas dependen de las propiedades de los materiales y sistemas constructivos utilizados en la envolvente y en elementos divisorios del edificio. El usuario se ve afectado en forma permanente por todos estos fenómenos, tanto positiva como negativamente.

Como se puede observar, lo que ocurre en un edificio en lo referente a su comportamiento térmico y a los requerimientos de los usuarios, es muchas veces altamente complejo. El desafío es que dentro de esta complejidad se puedan encontrar soluciones simples para lograr un edificio eficiente en su objetivo de alcanzar confort para las personas.

ESTRATEGIAS DE DISEÑO

La vivienda, como todo edificio debe presentar un buen comportamiento térmico durante los diferentes períodos del año. Para cada uno de éstos, las estrategias para lograr el buen comportamiento son en general distintas. Su selección debe ser hecha cuidadosamente, de modo que se logre con efectividad el objetivo para el cual se utiliza, sin afectar negativamente el comportamiento térmico del edificio en períodos en que esta estrategia no aplica. Cada una de estas estrategias se definen considerando el clima y tomando en cuenta los fenómenos térmicos que ocurren en el edificio.

Este criterio de compatibilidad necesaria entre estrategias para diferentes estaciones del año también en ocasiones es aplicable dentro de un mismo día. En ciertos climas del país se tiene que en un mismo día podrán darse bajas y altas temperaturas ambientales, esta última acompañada de una radiación solar directa importante. El edificio debe estar preparado tanto para protegerse de estas bajas temperaturas como de la posibilidad de producirse en el interior temperatura sobre el confort.

ESTRATEGIAS PARA PERÍODOS FRÍOS DEL AÑO

En general, para efecto de lograr confort en una vivienda en períodos fríos del año, se requiere captar, conservar, almacenar y distribuir el calor en el espacio interior.

La captación de calor está directamente asociada a la energía solar incidente sobre elementos vidriados de la envolvente. La orientación preferencial para lograr este efecto es la norte. Orientaciones este y oeste también permiten esta ganancia de energía pero ellas deben ser protegidas para evitar radiación directa en períodos de alta radiación (verano y estaciones intermedias en algunos casos) con el fin de evitar el fenómeno de sobrecalentamiento. Por idéntica razón, elementos vidriados de orientación norte deben también ser protegidos de la radiación solar directa en períodos del año con alta radiación.

El almacenamiento se asocia directamente a la inercia térmica del edificio. Es decir, presencia de masa interior que absorbe calor durante el día, el que luego entrega al ambiente en momentos en que la temperatura ambiental tiende a disminuir.

La captación solar, junto a la presencia de alta inercia térmica es favorable para el confort en períodos fríos del año. En efec-

to, la presencia de elementos vidriados en una vivienda en las orientaciones indicadas provoca el efecto invernadero, fenómeno que se explica en la **Figura N°3**. El efecto invernadero, acompañado con inercia térmica permite el almacenamiento de energía durante el período de captación, energía que con posterioridad, cuando en la vivienda tiende a disminuir la temperatura, se transfiere al aire a través de convección y radiación.

La distribución debe implicar por ejemplo que exista posibilidad de distribuir el aire por los diferentes recintos de la vivienda, logrando ambientes confortables sin que entre ellos se observen diferencias significativas en la temperatura que afecten a las personas.

La conservación está asociada directamente con la aislación térmica que ofrece cada elemento de la envolvente y con la alta impermeabilidad al aire que impida las filtraciones de aire a través de rendijas, incluyendo las propias de puertas y ventanas. También implica que la ventilación sea controlada de modo que no se sobrepasen los límites de calidad de aire y de humedad relativa.

ESTRATEGIAS DE ENFRIAMIENTO

Como recomendaciones generales para períodos calurosos del año, para lograr el confort con mínimo gasto de energía, el edificio debe protegerse de las ganancias solares, minimizar las ganancias de calor internas, disipar el calor excesivo y enfriar por la vía de alguna estrategia natural.

La protección de ganancias solares implica en primer lugar evitar la radiación solar directa sobre elementos vidriados de la envolvente. La exposición de una cierta ventana al sol implica una alta ganancia de

energía, la que por el efecto invernadero explicado para el caso de invierno, produce un alto riesgo de sobrecalentamiento en el espacio interior.

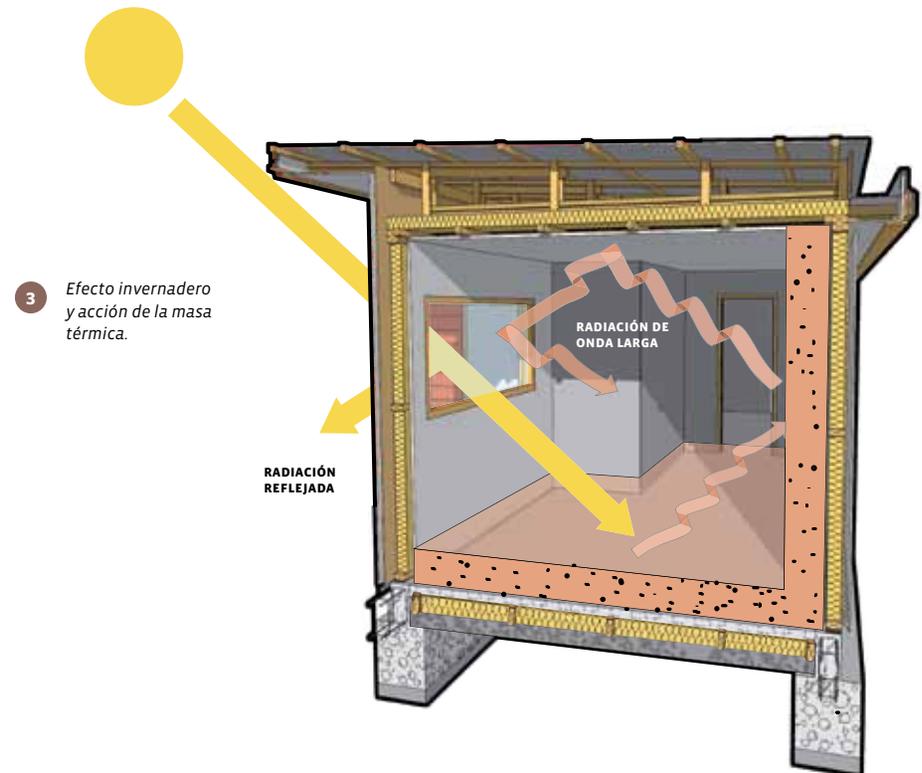
La protección de elementos vidriados es posible a través de aleros en ventanas de orientación norte. Para una efectiva protección de ganancias solares, en orientaciones oriente y poniente las protecciones deben ser de tipo vertical. Este tipo de protecciones, también efectivas al aplicarlas en ventanas de orientación norte, idealmente deben ser de tipo opaca y preferentemente instaladas por el costado exterior de las ventanas. En protecciones de orientación oriente y poniente, se recomienda que se posibilite la radiación solar directa sobre el vidrio en períodos fríos del año. Ver **Figura N°4**.

Por otra parte, también a través de elementos opacos de la envolvente (muros y cubiertas) también es posible que se produzcan ganancias de calor, al exponerlas a la radiación directa del sol. Ello hace recomendar que estos elementos impidan esta ganancia por la vía de la protección solar u otras estrategias como el color en el caso que la solución no cuente con aislamiento térmico.

Dentro de estas estrategias están la ventilación de entretechos tal como se muestra en la **Figura N°5**.

El muro envolvente desarrollado en este proyecto presenta una interesante propiedad de disminución de las ganancias solares por la vía de evacuar calor a través de la cámara de aire ventilada bajo la piel exterior del muro, tal como se muestra en la **Figura N°6**.

Como estrategia de enfriamiento o para evitar el sobrecalentamiento en el espacio interior, también es usada la ventilación

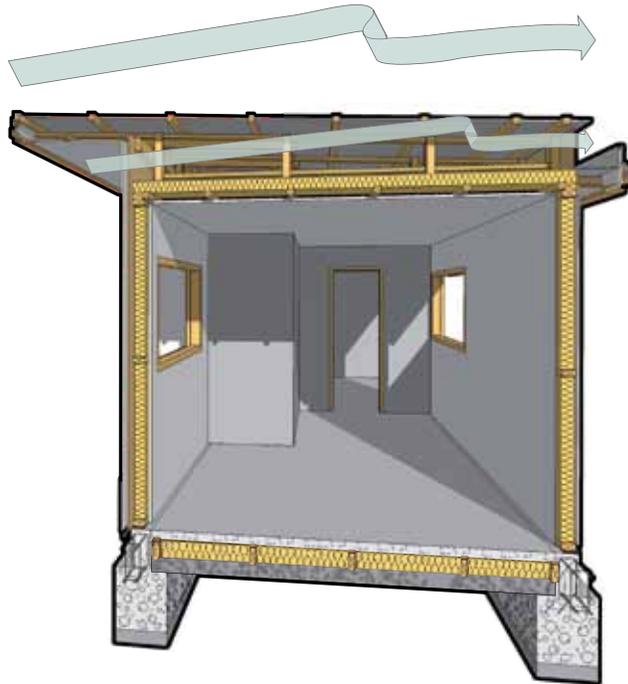


3 Efecto invernadero y acción de la masa térmica.

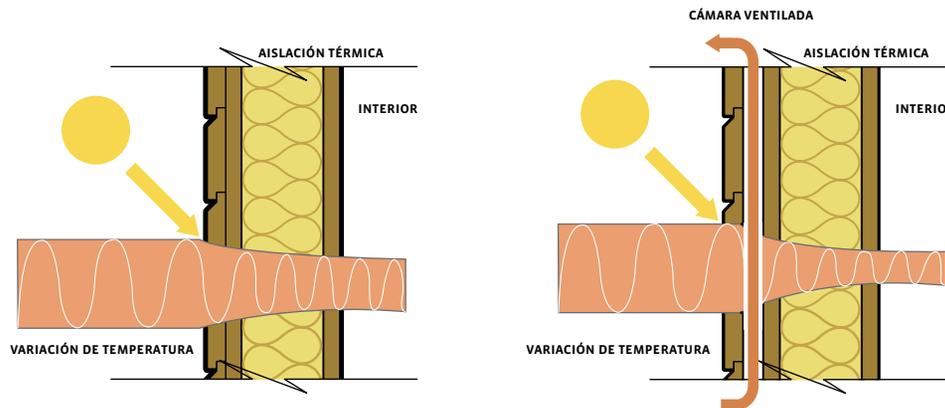
4 Protecciones solares



5 Ventilación en entretechos para control de ganancia de calor.



6 Transmisión de la oscilación térmica: Muro con piel exterior ventilada en comparación con muro sin piel ventilada.



natural en horas en que la temperatura ambiental exterior es menor a la temperatura de confort que se desea conseguir en el espacio interior.

Otra forma de aportar a la disminución de la temperatura ambiental interior es por la vía de enfriar el entorno de la vivienda (espacios intermedios), sombreándolo con árboles por ejemplo o con uso de fuentes de agua.

PERÍODOS FRÍOS

El muro panel desarrollado en el proyecto FONDEF D031020 presenta un comportamiento térmico para períodos fríos del año de alto estándar, lo que lo hace recomendable para su uso en prácticamente todo el país.

Para efectos de cuantificar el comportamiento térmico de una solución constructiva en relación al calor que se transmite a través de ella, se utiliza el parámetro de la Transmitancia Térmica U. Este corresponde al calor por unidad de tiempo que fluye a través de 1.0 m² del elemento, cuando este separa dos ambientes que presentan una diferencia de temperatura de 1°C entre ellos.

Este corresponde al calor por unidad de tiempo que fluye a través de 1.0 m² del elemento, cuando éste separa dos ambientes que presentan una diferencia de temperatura de 1°C entre ellos.

Calculada haciendo uso de la norma Chilena Oficial NCh 8530f91, la transmitancia térmica del muro envolvente del proyecto FONDEF D031020 es de $U=0,45 \text{ W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$. Este valor pondera las áreas con aislante térmico y el área correspondiente a la presencia de pino insigne en el muro (ver **Figura N°7**).

Cabe indicar que la transmitancia térmica exigida actualmente por la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones en Chile es de $U=1,9 \text{ W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$ en Santiago, $U=1,6 \text{ W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$ para Temuco y $1,1 \text{ W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$ para Puerto Montt.

La baja transmitancia térmica del muro envolvente es una propiedad altamente favorable en días frío, en que la vivienda debe conservar al máximo el calor en su interior calor.

La **Figura N°8** muestra mediciones de temperatura exterior e interior en dos recintos (Dormitorios 1er y 2° piso, con ventanas de orientación norte) de la vivienda de Traiguén construida en el marco del proyecto

FONDEF D0611034, en un día de bajas temperaturas (Agosto 2011). Se observa que aun existiendo bajas temperaturas en el ambiente exterior, en el interior no se tiene menos de 8°C. Existen días con temperaturas cercanas a 18°C, lo que implica muy bajo consumo de calefacción. Ello se debe a la protección térmica ofrecida por el muro envolvente y cubierta.

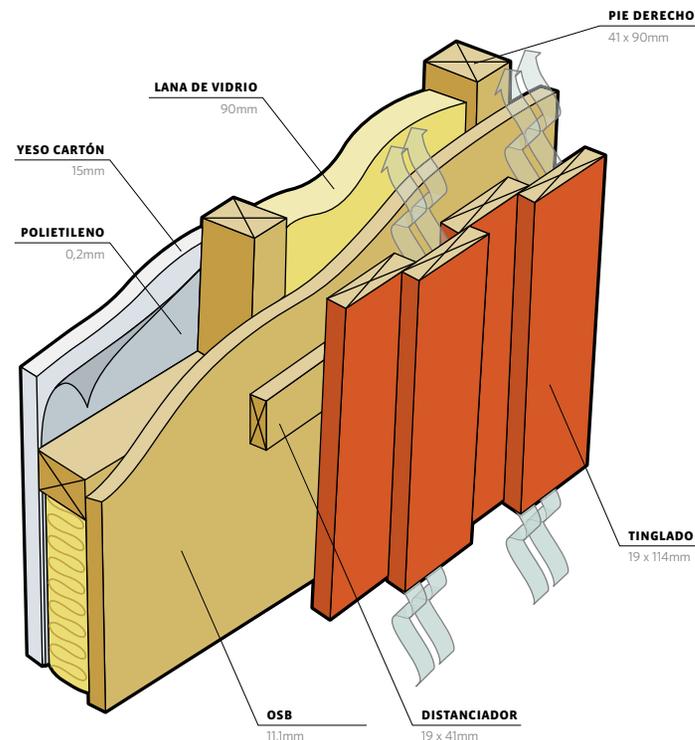
Cabe señalar que la vivienda las mediciones indicadas se hicieron sin la presencia de usuarios, por lo que las ganancias internas (producto de las personas, iluminación artificial, electrodomésticos y otros aparatos) de calor son nulas. La presencia de personas con todas las ganancias de calor que ello implica hace elevar la temperatura interior.

La baja transmitancia térmica que se logra en el muro envolvente se debe principalmente a la instalación del aislante térmico -que en este caso es lana de vidrio- en la cavidad del muro. La instalación de este aislante debe ajustarse al máximo en la indicada cavidad, de modo de evitar puentes térmicos que impliquen pérdidas de calor innecesarias, las que generan además riesgos altos de condensación superficial en el recubrimiento interior del muro ver **Figura N°9**.

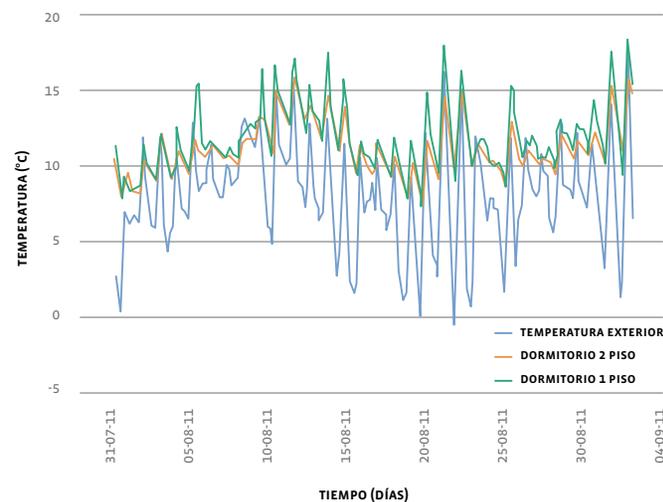
Por otro lado, tal como se muestra en la **Figura N°10**, es importante instalar darle continuidad en la instalación de aislante térmico entre el muro envolvente y el cielo de la vivienda.

Cabe señalar que el pino insigne de la estructura del muro constituye un puente térmico debido a que la transmitancia térmica en esta zona alcanza un valor de $U=0,82 \text{ W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$, superior al indicado anteriormente para el conjunto del panel. Sin embargo, este puente térmico no es crítico pues el valor de su transmitancia térmica es aceptable para gran parte del país. Este valor se debe a las buenas cualidades térmicas que presenta el pino insigne.

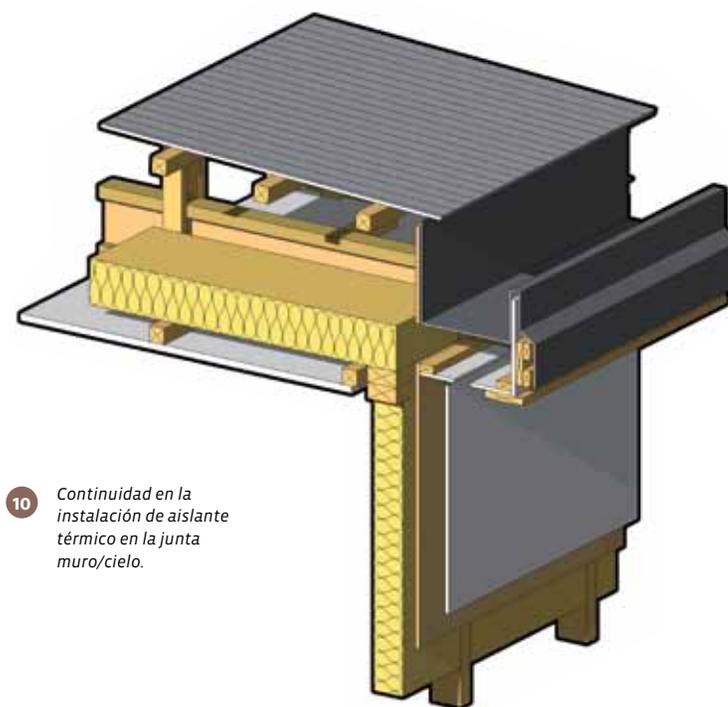
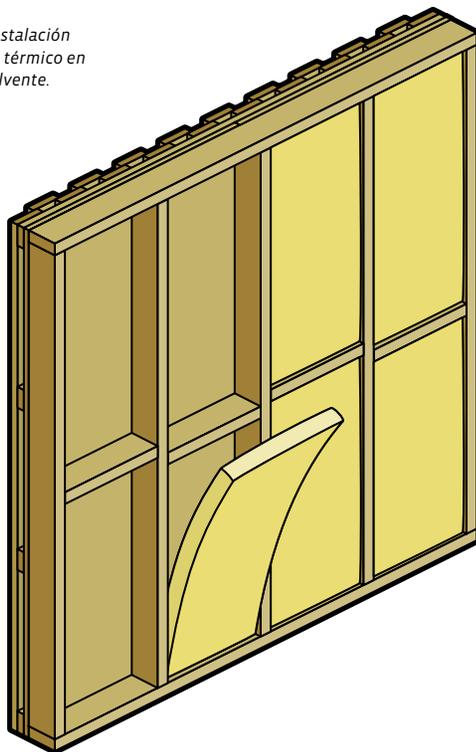
7 Muro envolvente desarrollado en el proyecto FONDEF D031020



8 Temperatura exterior e interior en dormitorio primer piso. Vivienda de Traiguén.



9 Correcta instalación de aislante térmico en muro envolvente.



10 Continuidad en la instalación de aislante térmico en la junta muro/cielo.

Con el propósito de generar una envolvente que en su conjunto presente un buen comportamiento térmico y sea eficiente desde el punto de vista del confort y la demanda de energía en invierno, se requiere que el conjunto de los elementos que la componen muestren también un buen comportamiento térmico. Por este motivo, al buen comportamiento térmico del muro envolvente debe agregarse una alta impermeabilidad al aire de la envolvente, teniendo especial cuidado en juntas de muros y techumbre, esquinas y en marcos de puertas y ventanas.

PERÍODOS DE CALOR

El muro envolvente estructurado en madera aun cuando contenga aislante térmico tal como ocurre en el expuesto en el presente manual, no constituye una eficaz barrera para evitar altas temperaturas en el ambiente interior de una vivienda. La escasa masa de este tipo de soluciones hace que no absorban una significativa cantidad de calor cuando se someten -por ejemplo- a la exposición solar en verano. Este comportamiento de tipo dinámico (que varía permanentemente de acuerdo a la energía del sol incidente) hace que en el ambiente interior la temperatura aumente durante el día de manera similar a como ocurre en el exterior.

Para evitar este problema, que conlleva riesgo de sobrecalentamiento en el ambiente interior (temperaturas sobre las de confort de verano) es necesario establecer ciertas estrategias, lo que en el caso del muro panel se materializa a través de la cámara de aire ventilada bajo la piel exterior del muro.

En efecto, se analizó el impacto producido por la presencia de la cámara de aire exterior ventilada de este muro en la variación de la temperatura del ambiente interior en un recinto. El análisis se hizo para comprobar que la cámara ventilada amortigua el efecto de absorción de calor que ocurre en

una superficie exterior de un muro estructurado en madera de uso común en Chile (muro sin cámara de aire ventilada exterior).

En una experiencia realizada en el contexto del proyecto FONDEF D031020, el equipo de investigadores diseñó una metodología para cuantificar este fenómeno. Para ello se construyeron cuatro módulos de idénticas dimensiones (2,4x2,4x2,4 m) expuestos a las condiciones ambientales de verano. Los módulos presentaban alta ventilación en entretecho, aislación térmica idéntica sobre el cielo (100 mm de lana de vidrio) y un recubrimiento de 100 mm de poliestireno expandido sobre el piso de hormigón para eliminar su efecto de inercia térmica en cada uno de ellos. Estos módulos fueron construidos en los laboratorios de DICTUC, institución a cargo de las mediciones.

Las mediciones apuntaron a determinar el espesor de la cámara de aire ventilada exterior, el efecto del tipo de piel exterior, de la presencia de ventanas y su exposición solar y de la existencia de inercia térmica interior en los módulos. La **Figura N°11** muestra las diferentes fases de esta experiencia. En cada una de estas fases, tres de los módulos presentaban cámara de aire exterior ventilada y uno de ellos no contó con esta cámara pues representa la forma en como se construye normalmente la envolvente de madera en Chile. (módulo 4).

De acuerdo a los resultados, el espesor de la cámara que menor temperatura máxima interior generó fue la de 45 mm, con una diferencia no significativa respecto de la cámara de 22 mm pero con un claro mejor comportamiento respecto de la cámara ventilada de 68 mm.

En los casos de los módulos con cámara de aire ventilada exterior, la temperatura interior fue siempre mayor que la del módulo sin cámara de aire (módulo 4) durante el día, dándose en este caso temperaturas máximas significativamente superiores a los restantes 3 módulos. Ello por el efecto de

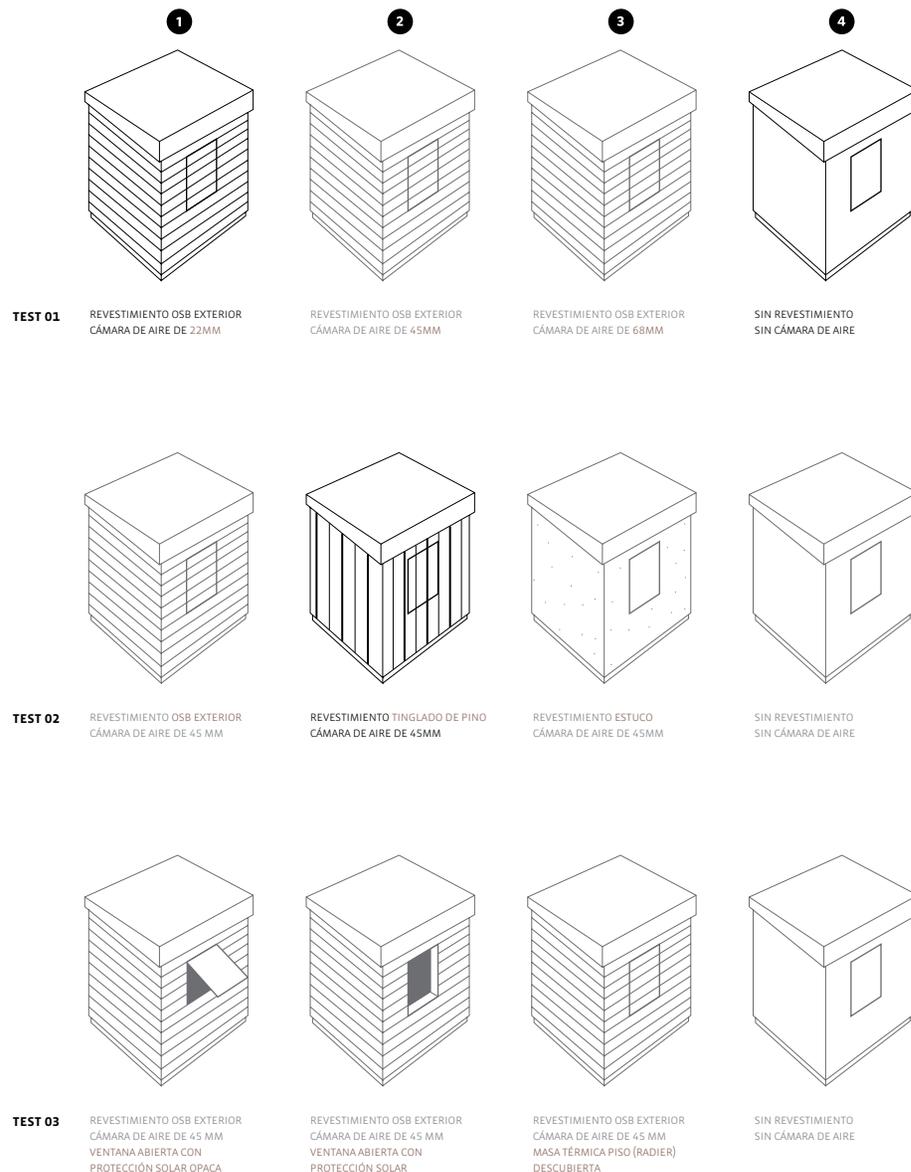
sombra que ofrece la piel exterior del panel.

En la segunda experiencia se mantuvo el módulo patrón sin cámara de aire exterior ventilada y en los 3 módulos restantes se usaron diferentes recubrimientos en la piel exterior: OSB, tinglado vertical de pino insigne y estuco sobre malla Jaenson. Igualmente se midió la variación de la temperatura ambiental exterior.

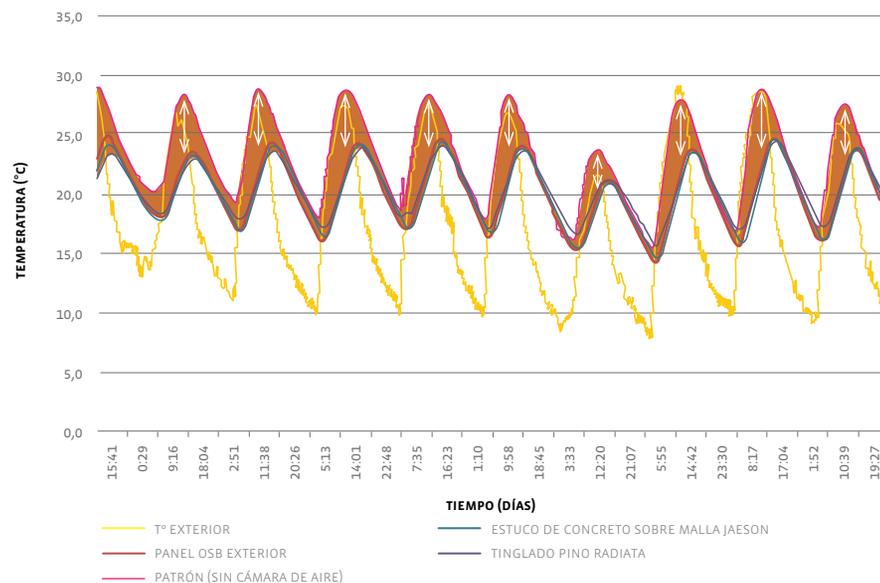
La **Figura N°12** muestra la variación de temperatura interior en los cuatro módulos, junto a la variación de la temperatura ambiental exterior medida durante esta 2ª experiencia. La variación de temperatura interior en los módulos con cámara de aire ventilada exterior no mostró diferencias significativas entre ellas. Lo que si verificó de manera clara -al igual que en el caso anterior- fue la disminución de temperatura interior en estos módulos con relación a la temperatura interior en el módulo patrón (Módulo 4 con muro envolvente sin cámara de aire exterior ventilada). En la **Figura N°12** se muestra esta diferencia a través de la zona roja entre las curvas de temperatura de los módulos con cámara de aire ventilada y el módulo que no la tiene.

En el último experimento se verificó la importancia de la inercia térmica para mejorar la variación de temperatura interior, para lo cual en uno de los módulos se retiró el aislante térmico sobre el piso, comprobándose que la inercia es importante también para disminuir la temperatura interior en horas de mayor temperatura exterior. Igualmente se verificó el desplazamiento en el tiempo de la temperatura máxima interior respecto de la máxima exterior. Finalmente se observó en esta última experiencia la importancia de la protección solar en ventanas. La ausencia de protección solar prácticamente anula el efecto de la cámara de aire ventilada en los módulos, haciendo elevar la temperatura interior por sobre el confort térmico.

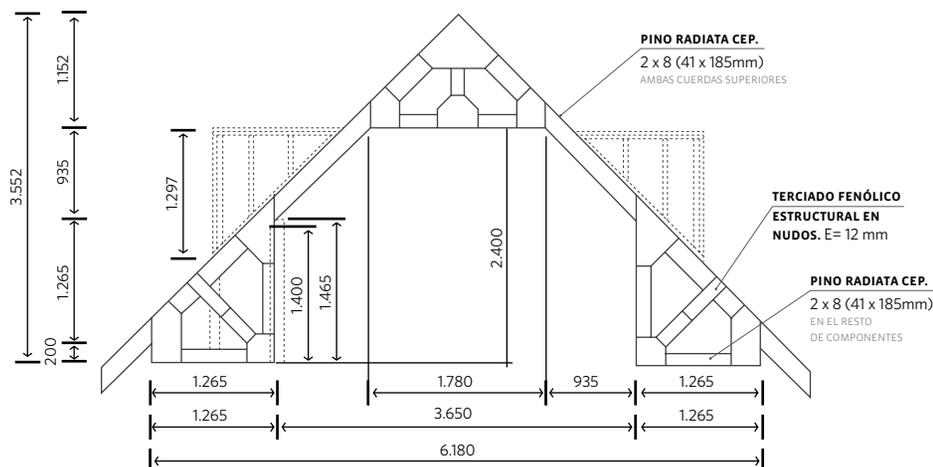
11 Resumen de experiencia para medir efecto de la cámara de aire ventilada en la temperatura interior.



- 12 Variación de temperatura ambiental exterior e interior en módulos con diferentes tipos de envolvente de madera.



- 13 El patrón del estudio, una cercha común.



ENFRIAMIENTO A TRAVÉS DE MATERIALES CON CAMBIO DE FASE (PCM). CASO CERCHA PREFABRICADA.

LA MADERA PREFABRICADA

Hoy en día existe una amplia gama de productos en el mercado internacional para la construcción industrializada en madera, especialmente en el caso de Suiza, Austria y Alemania donde la fabricación industrializada de edificios de madera ha provocado dramáticos cambios en el aspecto económico del trabajo.

Desde que el valor de la mano de obra alcanzó una parte importante del presupuesto de construcción (por ejemplo el valor de un carpintero de primera en Alemania puede llegar a US\$ 80 la hora), especialmente las empresas dedicadas a fabricar viviendas económicas estandarizadas para la clase media (que tienen una cobertura de mercado de entre un 60% y 80%) se vieron obligadas a cambiar el modelo de construcción in situ a uno cada vez más industrializado y estandarizado. Gracias a estas tecnologías novedosas, el mercado de la madera en la construcción se expandió dramáticamente en los últimos años. Las posibilidades de la prefabricación en fábrica permiten a través de una producción mejor controlada una mejor calidad, mínimas tolerancias de fabricación y un significativo ahorro de tiempo de construcción en el sitio. Debido a la racionalización de la producción de elementos repetidos los costos para cada unidad podrían bajar drásticamente al producir grandes cantidades de las mismas unidades. Las ventajas económicas de la estandarización y la prefabricación son responsables de la alta productividad y el bajo precio del producto. La industrialización de los edificios de madera tiene que entenderse como un paso necesario y lógico en la evolución de la construcción en madera, tanto en los países desarrollados como en los emergentes entre ellos Chile. Ningún otro material puede lograr los cri-

terios dominantes que se aplican a la prefabricación, la ecología, la facilidad de procesamiento mecánico, buenas cualidades estructurales y la facilidad de transporte que la madera brinda.

Particularmente las construcciones de marco plataforma que usan un sistema de marcos de madera, rigidizado por un tablero de OSB o terciado, tienen grandes ventajas en cuanto a la prefabricación. Como elementos del sandwich, ellos combinan los requerimientos de la estructura portante con el aislamiento térmico y acústico y la protección climática. También disponen el espacio necesario para la instalación, ya sea del cableado, ductos de agua, etc. Con una amplia variedad de entablados de fachada, tales como laminado plano, paneles de vidrio o plástico, con hojas de metal, tableros de fibrocemento y por supuesto con láminas de madera modernas como tableros OSB, contrachapados o paneles de madera laminadas en chapa, estos sistemas son capaces de satisfacer una serie de requerimientos.

LA PROPUESTA DE UN SISTEMA DE TECHO PREFABRICADO

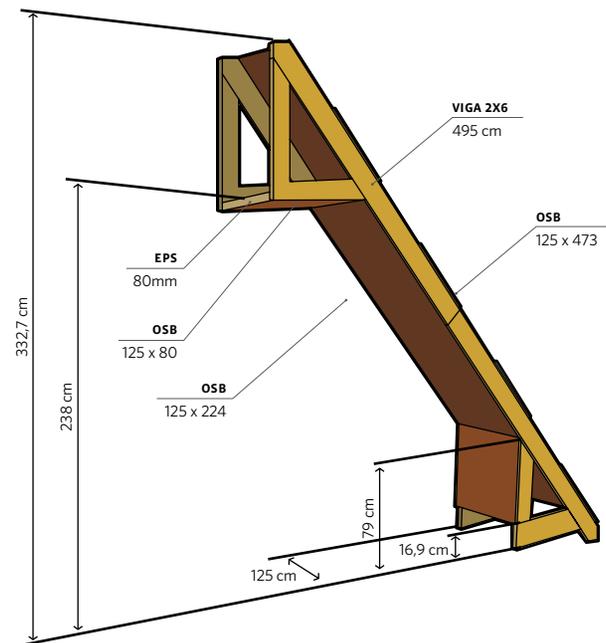
En el marco de este proyecto de investigación (FONDEF D0611034) fue desarrollado un sistema de una cercha prefabricada, pensado para el creciente mercado de edificios de viviendas de calidad a un muy razonable precio. Para poder lograr las ventajas relacionadas con la prefabricación (sobre todo del precio), lo que se hizo fue proponer un sistema en base a un patrón de una cercha muy común (Figura N°13), como suelen utilizarse en viviendas sociales a lo largo del país. Esto permitiría usar el producto en una amplia gama de campos de aplicación, como obras nuevas, remodelaciones, ampliaciones etc.

El sistema de la cercha consiste en un elemento prefabricado con medidas de 125 cm de ancho, 77 de espesor y 495 cm de altura.

La construcción principal del elemento está hecha en base a un marco de madera de 2x6, cubierta con capas de madera OSB en ambos lados que hace rigidizar y proteger la construcción dentro del elemento y ofrecer revestimiento interior y exterior (**Figura N°14**). En la cavidad que se produce por el espesor de aproximadamente 160 mm de las vigas. Si se instala una capa de aislamiento lana de vidrio con 120 mm, queda una cámara ventilada de 40 mm que da a la construcción una transmitancia térmica de $U=0,31 \text{ W/m}^2\text{°C}$, suficiente para poder cumplir en la mayoría de los casos con la actual normativa chilena para construcciones de techumbres. Si se exige mejor aislación, es posible cambiar la capa a una de mayor espesor, así bajando su valor-u aún más. Es posible aumentar la aislación hasta unos 140 mm para que quede como mínimo un espesor de 20mm de cámara de aire para la ventilación. Con un espesor de 140 mm de aislamiento (lana de vidrio) se alcanza transmitancia térmica $U = 0,27 \text{ (W/m}^2\text{°C)}$.

Grandes ventajas de esta construcción están en la continuidad de la capa de aislamiento, la coincidencia de los puntos de soporte con los elementos estructurales en el punto de contacto, la continuación de la barrera de humedad, la simpleza de los detalles y una muy simple tecnología del anclaje (y la factibilidad de ejecutarla con maestros, con pocas herramientas básicas). Además el peso de un elemento (unos 100 kg) ayuda al montaje sin la necesidad de contar con un montacargas como una grúa.

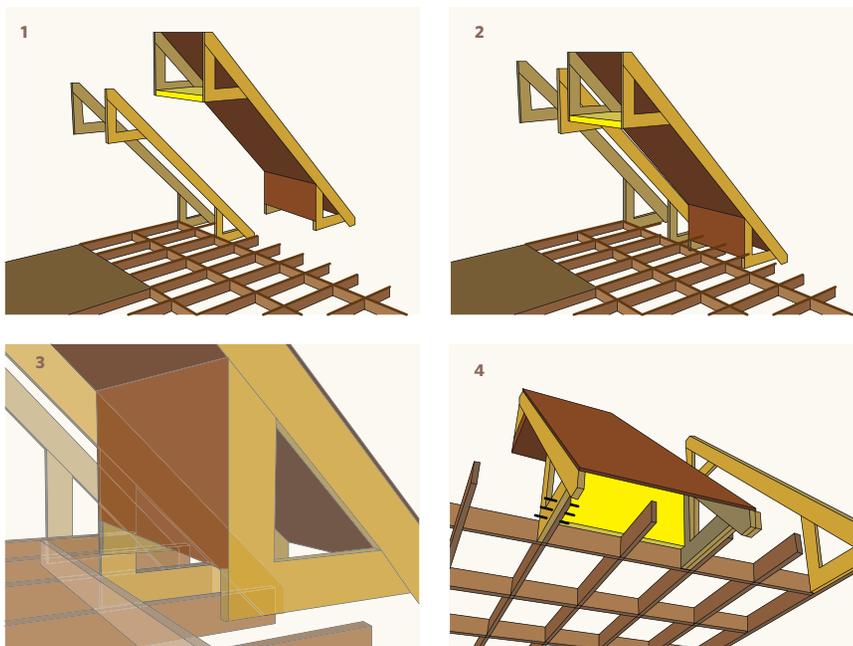
14 El elemento propuesto con sus dimensiones.



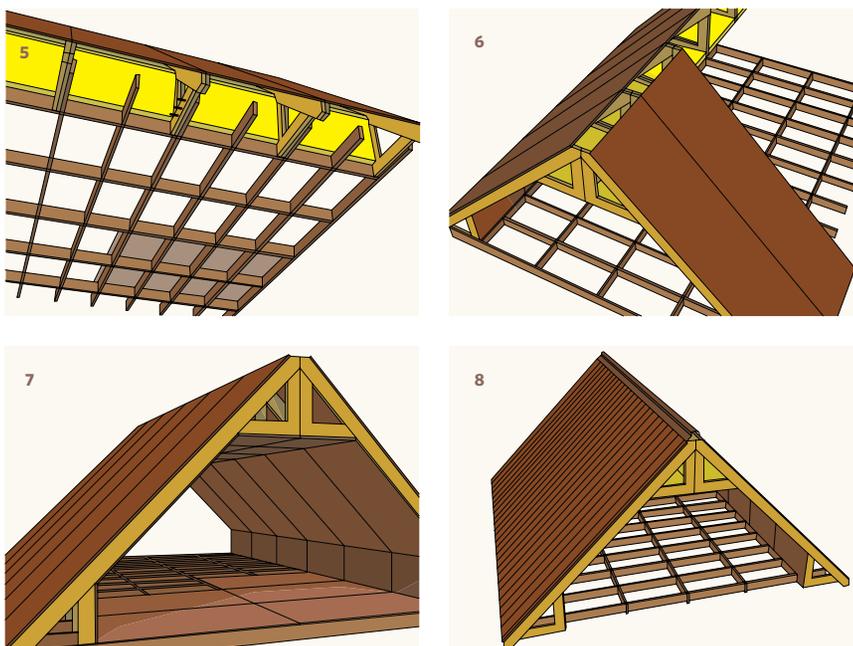
Un elemento de la cercha prefabricada exige los siguientes materiales (no incluyendo los clavos y el pegamento necesario):

ELEMENTO	CUANTIDAD	DIMENSIONES
Vigas principales	2	495x4,1x18,5 (2" x 6")
Vigas secundarias	8	80x4,1x15,7 (2" x 5")
Placa OSB (15 mm)	1	473 (2x236,5) x 125
	1	224x125
	1	62x125
	1	80x125
Aislamiento (80 mm espesor)	1	224x125
	1	62x125
	1	80x125
Tamaño total del elemento	1	495x77x125
Peso total del elemento	1	97,68 kg

15 Proceso del montaje, pasos 1 a 4.



16 Proceso del montaje, pasos 5 a 8.



EL PROCESO DE ENSAMBLAJE

El proceso de ensamblaje se hace en 8 fases (**Figura N°15 y 16**): se comienza a ajustar el primer elemento del techo prefabricado encima del último piso regular del edificio. Una vez definido su exacta posición se fija transversalmente mediante tornillos, así fijando los pares principales del elemento con las vigas del entrepiso. Posteriormente, se instala el otro elemento al otro lado del edificio de manera que se forma una primera sección completa del techo con dos aguas.

El siguiente elemento en dirección lateral se fija junto con el par del primero. Para fijar los elementos a un lado de las vigas del entrepiso se produce un cierto desplazamiento respecto a los ejes de las vigas horizontales, del doble del espesor de los pares del elemento. Después de terminar el techo, se cierra con un revestimiento la superficie superior. Dependiendo del clima y la carga mecánica, el revestimiento puede ser de metal, asfalto, o una capa más pesada como tejas. El revestimiento independiente garantiza el sello de la junta entre los elementos y por tanto no se produce filtración de humedad (**Figura N°17**).

EL COMPORTAMIENTO TÉRMICO

La capa de aislamiento térmico puesta en la cavidad entre revestimiento interno y externo permite que el recinto del techo sea habitable con un mínimo de esfuerzo y costo adicional. Para mejorar aún más su comportamiento térmico, el techo cuenta con una cámara ventilada que particularmente disminuye el problema del sobrecalentamiento en el verano, por la evacuación del calor a través de la cámara de aire ventilada bajo la piel exterior del elemento. Entradas de aire bajo el saliente del tejado y salidas en la cumbre permiten el paso del aire y así estabilizan el efecto chimenea que hace evacuar el aire caliente (Figura N°18).

Aunque un edificio de madera tiene un buen comportamiento físico en invierno debido a la baja transmitancia térmica del material y a la factibilidad geométrica del marco plataforma de integrar capas de aislamiento de suficiente espesor, el comportamiento en el verano no es satisfactorio debido a la falta de masa térmica. Parece no ser un problema muy relevante hoy, pero cuando el estándar de vida de la gente aumenta, la atención a cuestiones de confort crece, estimulándose el uso de equipos de aire acondicionado en las viviendas.

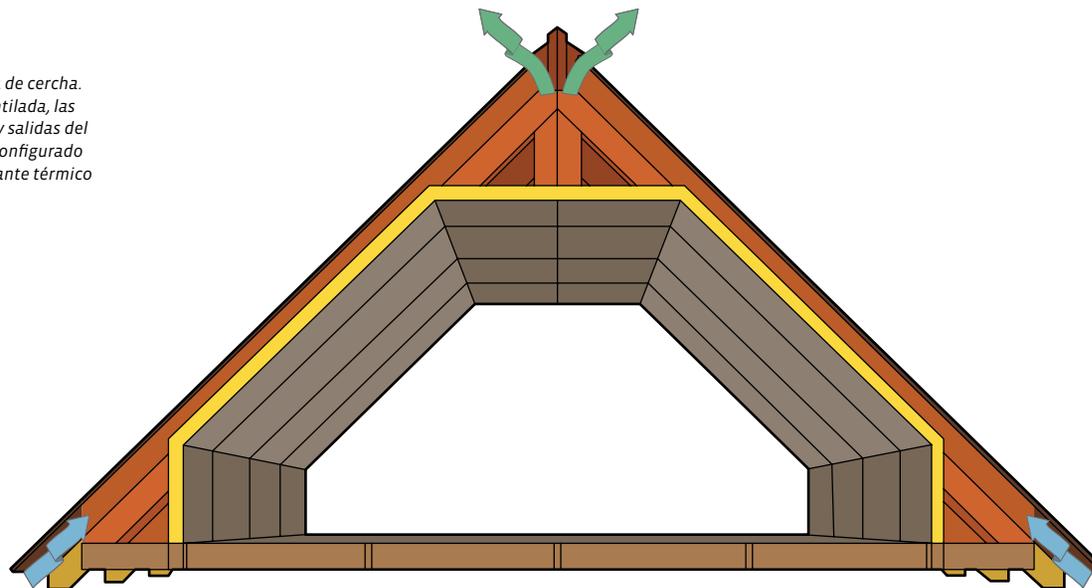
17

Propuesta modificada. Para bajar el peso de la construcción y facilitar la interconexión de los elementos, en esta versión los elementos vienen parcialmente cubiertos con placas de OSB en su superficie superior. Placas de OSB puestas de manera desplazadas cierran la superficie como penúltimo paso (antes de la cubierta final) del proceso de montaje.



18

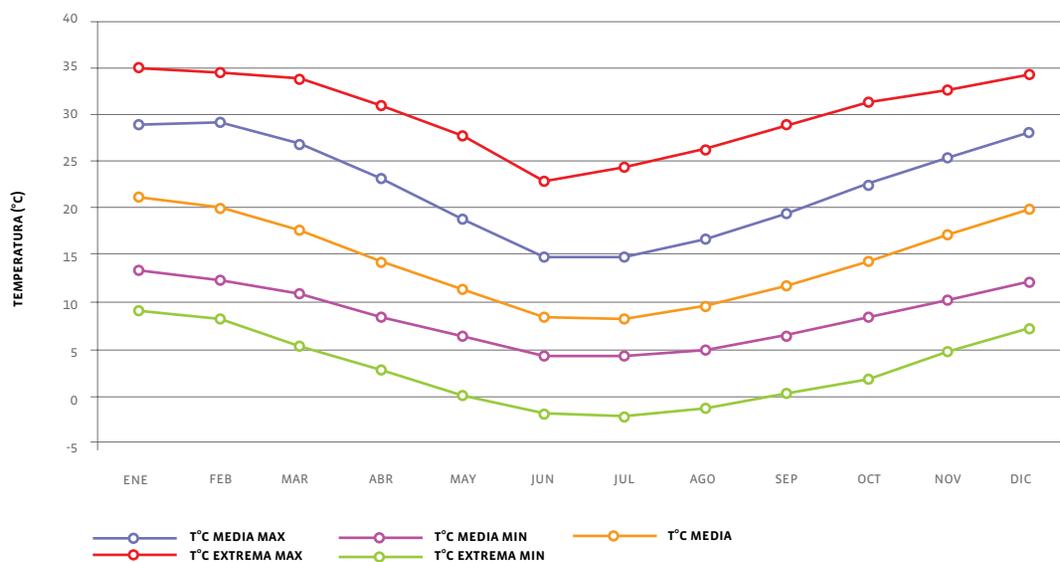
Corte transversal del sistema de cercha. En rojo: la cámara de aire ventilada, las flechas indican las entradas y salidas del aire. El recinto interior está configurado por una capa de OSB y el aislante térmico (en amarillo).



19

Variaciones en la temperatura para Santiago de Chile. El azul y la curva rosada están demostrando los máximos y los mínimos medios. La variación entre estas dos curvas se extiende de 16° en febrero abajo a 11° en julio. El rojo y la curva amarilla demuestran los extremos de la temperatura.

SANTIAGO: CURVAS DE VARIACIÓN MENSUAL DE LA TEMPERATURA



EL CLIMA DE CHILE

Uno de los hechos más asombrosos del clima del Valle Central - donde en el área entre Copiapó, Santiago y Temuco casi el 60% de la población total de Chile habita - es la gran variación de temperatura entre día y noche. Estas variaciones significativas que oscilan en el caso de Santiago entre 16 grados en el verano (Febrero) y 11 grados en el invierno (Julio) (Figura N°19), podrían ser utilizadas para aumentar las condiciones de confort en edificios, especialmente en verano donde el sobrecalentamiento se convierte en un problema.

Una solución para combatir las consecuencias del sobrecalentamiento excesivo en verano en construcciones de madera, especialmente en Chile central, con su alta oscilación térmica diaria, sería agregar “masa térmica” en los edificios, es decir incrementando la capacidad de almacenaje de calor sensible en el edificio y aprovechar la ventilación nocturna para enfriar la “masa térmica” nuevamente. Un edificio macizo hecho de albañilería o de concreto permite almacenar los aportes de calor externos (radiación solar) e internas (equipos, personas) en su superficie. Este calor será guardado en la superficie del edificio y será descargado luego durante la noche. El efecto de la masa térmica estará generando un nivel de temperatura interna mucho más estable.

Debido a condiciones sísmicas (el peligro de terremotos hace que el edificio deba ser flexible y ligero) y las razones económicas (costos de edificio, consumo del espacio), la manera de agregar masa a un edificio liviano como de madera resulta muy problemático, especialmente en Chile.

LOS MATERIALES DE CAMBIO DE FASE (PCM)

Una manera de aumentar la masa térmica de una construcción sin necesariamente aumentar el peso total es utilizar Material

con Cambio de Fase (PCM, por sus siglas en inglés). La característica de este material es la posibilidad de absorber grandes cantidades de calor cuando el material cambia su estado de sólido a líquido. El calor almacenado será restituído al ambiente cuando se solidifique nuevamente el PCM. Este efecto es similar al del agua cuando cambia su estado de líquido a sólido en 0°C. La energía se almacena en forma significativa sin alterar su propia temperatura. Dependiendo de las diversas características del material, el PCM demuestra una diversidad de temperaturas cuando hace este cambio de estado. El PCM que se utiliza en edificios cambia su estado físico dentro de las necesidades de confort ,entre 20°C y 33°C.

Se utilizan 2 clases diferentes de PCM para edificios:

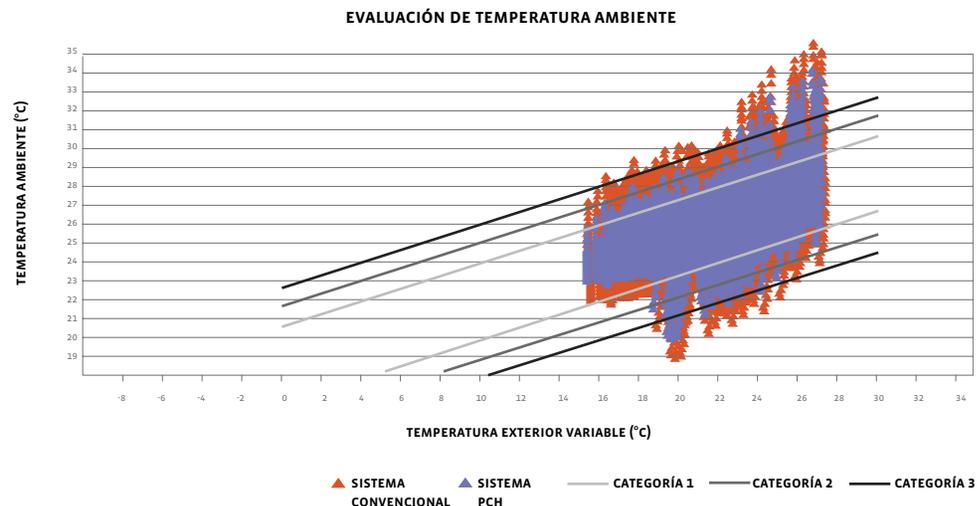
- PCM inorgánico (hidratos de la sal) que tiene ciertas ventajas al poder almacenar calor, al tener un bajo precio y alta disponibilidad. Además no es inflamable, un hecho importante al utilizar el PCM en edificios. Por otra parte, ofrece ciertas desventajas por su efecto muy corrosivo, baja inestabilidad química, tendencia hacia la re-solidificación incompleta y además los efectos de la sobrefusión (no-cristalización bajo su punto de congelamiento).

- el PCM orgánico (ceras, parafina) muestra algunas características atractivas particularmente en su estabilidad química y en su comportamiento, al poder licuarse completamente. También este tipo de PCM no demuestra ninguna tendencia hacia la sobrefusión.

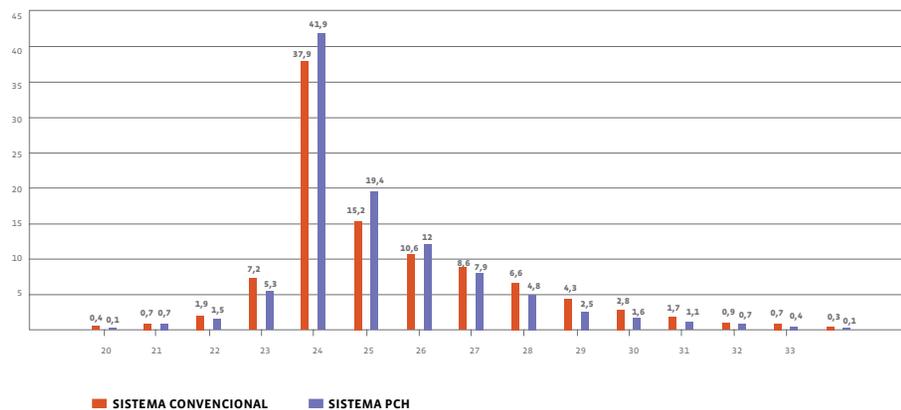
PCM se puede utilizar como material puro (incorporación directa), en forma de inmersiones o en forma encapsulada. Hay dos formas de encapsulamiento para el PCM en edificios:

- La micro encapsulación, donde el PCM (en este caso parafina) está envuelto en unida-

20 Los resultados de una simulación con el programa PCM-Express sin y con la implementación de PCM a través de placas de Micronal de 15 mm de espesor. En una ubicación parecida al Valle Central de Chile las temperaturas internas llegan hasta 35 grados; en el caso de tener revestimiento interno con PCM, se reduce la temperatura promedio en unos 2 grados (el efecto de una ventilación nocturna no fue considerado).



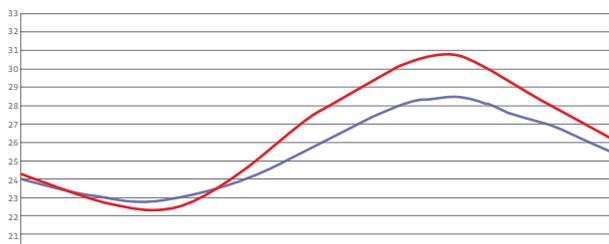
DISTRIBUCIÓN DE LAS TEMPERATURAS AMBIENTE



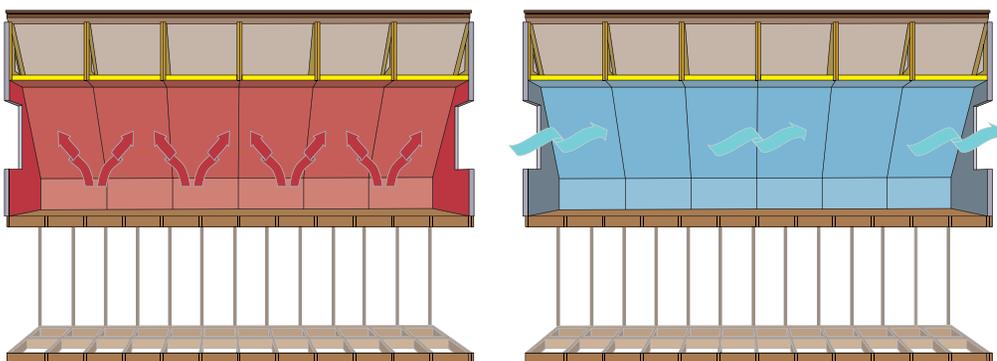
21 La distribución de las temperaturas internas sin y con el uso de PCM muestra más días con temperaturas encima de los 30° (6,4 días; en rojo al lado derecho) que en el caso de PCM (3,9 días).

- 22 El día con el máximo de aprovechamiento de PCM. En un 15 de Diciembre la temperatura interna llega a 30 grados, mientras que el PCM hace bajar la temperatura a solo 27 grados. Ello sin aplicar ventilación nocturna. Con ventilación nocturna, esta diferencia será más significativa.

DÍA CON MÁXIMO EFECTO PCH



- 23 Corte longitudinal del techo habitable. Lado izquierdo: Las placas con el PCM absorben el calor del día a través del cambio de fase (al licuarse). Lado derecho: el aire frío de la noche hace solidificar el PCM micro encapsulado de nuevo así recuperando su capacidad de absorber calor nuevamente en el día.



des esféricas microscópicas de una película polimérica

· La macro encapsulación donde el PCM está en tubos, esferas, paneles o bolsas.

Para la aplicación de PCM en el elemento de techo prefabricado expuesto, se propuso la micro encapsulación de PCM orgánico a través de placa de Micronal®, que es muy parecido a una placa de yeso-cartón convencional (idéntico peso, idéntico espesor, idénticas características salvo una inercia térmica más alta debido al contenido de las capsulas de PCM). Un espesor de 15 mm (lo más común) equivale en sus características de masa térmica a un muro de hormigón de unos 6 cm.

A través de simulaciones con el programa PCM-Express se hizo una estimación del efecto producido por la implementación de dicho material en el techo. Resultó que la temperatura promedio en el recinto desciende en unos 2 grados (Figuras N°20, 21 y 22).

El principio de enfriamiento nocturno

El principio de la distribución térmica vía el uso de PCM se realiza solo en forma eficiente si el almacenamiento térmico va a ser descargado periódicamente. Sino la “masa térmica” en el edificio solamente evita o desplaza ciertos incrementos de temperatura. Así la temperatura media del edificio permanecerá igual.

En el caso del clima chileno en que se dan grandes oscilaciones de temperatura entre día y noche, el efecto de la “masa térmica” puede ser combinado con el enfriamiento nocturno para reforzar la descarga de calor almacenado.

Durante el día la masa térmica absorbe el calor sensible producido por los habitantes, la iluminación artificial y por la recepción solar. Por la tarde, cuando la temperatura exterior comienza a bajar, el calor latente será descargado a través de

la ventilación natural o mecánica durante la noche. La manera más fácil de alcanzar esto sería abriendo las ventanas, preferiblemente en los lados opuestos del edificio, creando el efecto de la ventilación cruzada (Figura 23).

Por la mañana, cuando el PCM se ha re-solidificado y ha expelido totalmente su calor latente, el PCM puede - como una batería recargada - comenzar a absorber el calor. Finalmente esto podría llevar a una estrategia de enfriamiento pasivo para el sistema del techo habitable sin un equipo de aire acondicionado y sin consumo de energía.

En climas como del Valle Central el sobrecalentamiento es un problema energético y de confort serio. Para evitar sistemas de enfriamiento mecánico, las estrategias pasivas, usando los efectos de la masa y del efecto enfriamiento nocturno, son una posible respuesta. Debido a las grandes diferencias de temperatura entre el día y la noche, en tales regiones es posible cubrir toda la demanda de enfriamiento en un edificio al aprovechar tales diferencias. Permitiendo un alto almacenaje de calor con muy poco peso, el PCM es particularmente conveniente para las estrategias de enfriamiento y de calefacción de un modo pasivo, particularmente en edificios de madera que suelen sufrir sobrecalentamiento por falta de masa.



H

HUMEDAD Y CONDENSACION EN SISTEMAS CONSTRUCTIVOS DE LA ENVOLVENTE DE VIVIENDA

Waldo Bustamante | Felipe Encinas

H.1 CONDENSACIÓN SUPERFICIAL E INSTERTICIAL

FENÓMENOS DE HUMEDAD EN EL MURO ENVOLVENTE

Tal como se ha visto en capítulos anteriores, la envolvente de una vivienda está sometida a fenómenos de transferencia de calor. Junto a ello y en forma simultánea, los elementos de esta envolvente (muros, techumbre y otros) se someten a fenómenos de transferencia de masa. Los fenómenos de este tipo, como la difusión del vapor a través de elementos de la envolvente que se describen en este capítulo se dan principalmente en períodos fríos del año.

En efecto, por ejemplo, en períodos de invierno, a través de muros y complejos de techumbre, fluye calor desde el ambiente interior hacia el exterior. Al mismo tiempo en este mismo sentido fluye vapor de agua a través de las porosidades del muro y si en el exterior además llueve existirá la posibilidad de que agua líquida se introduzca hacia su interior ayudada además por la presencia de viento. La **Figura N° 1** muestra la combinación de estos fenómenos en un muro.

A través de un sistema constructivo de la envolvente, la temperatura desciende desde el interior hasta la temperatura exterior. Al mismo tiempo, el vapor fluye también hacia afuera. Si en alguna parte del interior (intersticios) del muro el vapor cruza el límite en que se produce la temperatura de rocío (temperatura en que ante la presencia de cierta cantidad de vapor, éste pasa del estado de vapor al estado líquido) se producirá condensación de tipo intersticial, tal como se observa en la **Figura N°2**.

Si además hacia el interior del sistema constructivo se introduce agua líquida producto de la lluvia, dado que los elementos húmedos aumentan su conductividad térmica, la temperatura en la zona mojada descenderá aún más, lo que acrecienta el riesgo de condensación. La combinación de agua lluvia y condensación intersticial

en la envolvente provoca serios daños en ésta, lo que reduce muy significativamente su durabilidad.

Por otra parte, en la superficie del recubrimiento que se ubica hacia el espacio interior podrá producirse condensación (llamada condensación superficial interior). Este tipo de condensación se produce cuando la temperatura superficial en el recubrimiento interior es menor que la temperatura de rocío dada para las condiciones ambientales de temperatura y humedad del aire en el interior del edificio.

CONDENSACIÓN SUPERFICIAL

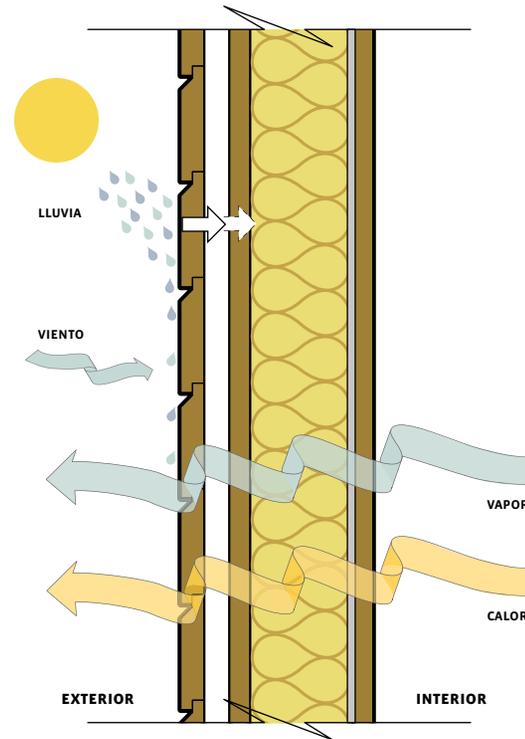
Para evitar la condensación superficial se recomienda lo siguiente:

1.- *DISMINUIR AL MÁXIMO LA PRODUCCIÓN DE VAPOR DE AGUA EN EL INTERIOR DE LA VIVIENDA.* La producción de vapor de agua en el interior de la vivienda está directamente relacionada con las actividades de las personas. Entre las más importantes actividades generadoras de vapor se cuentan: cocción de alimentos, lavado y secado de ropa, baño de las personas, riego de plantas y uso de sistemas de calefacción a llama abierta (que no expulsan gases producto de la combustión hacia el exterior de la vivienda) tales como estufas a gas y a kerosén.

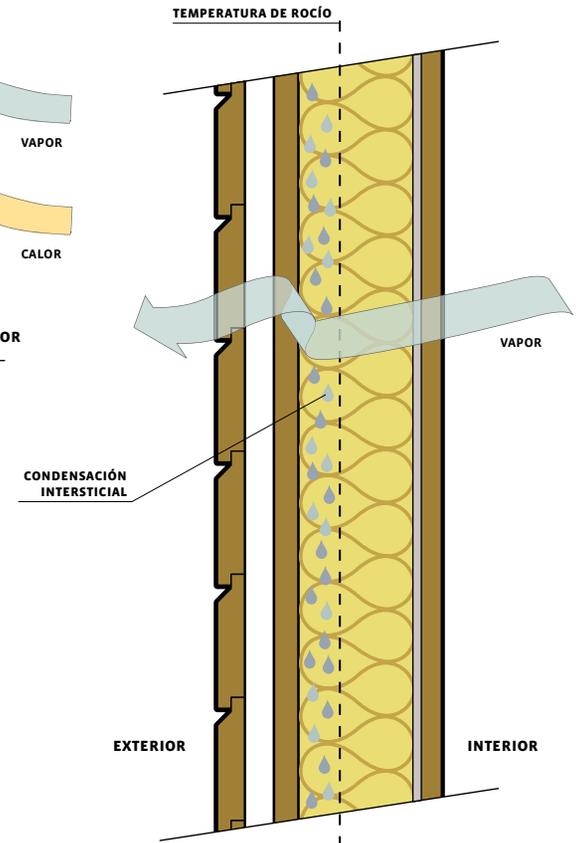
2.- *EXTRAER LA HUMEDAD PRODUCIDA EN EL INTERIOR POR LA VÍA DE VENTILACIÓN NATURAL O FORZADA.*

Se ha indicado que para condiciones de confort térmico se requiere un máximo de 75% de humedad relativa interior. Dada la producción de humedad en el ambiente interior de las viviendas es necesario impedir que esta humedad relativa de 75% sea superada en el interior e idealmente debiera ser aún menor. Para ello es imprescindible ventilar la vivienda de manera controlada (evitando sobreventilación en invierno) a través de sistemas de ventilación forzada o natural. En baños y cocinas

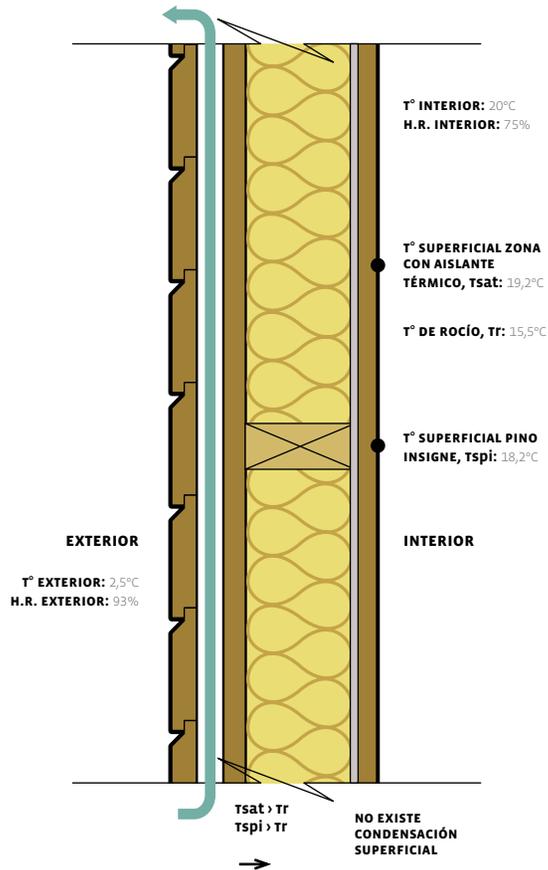
1 Fenómenos de transferencia de calor y de masa en un muro de invierno.



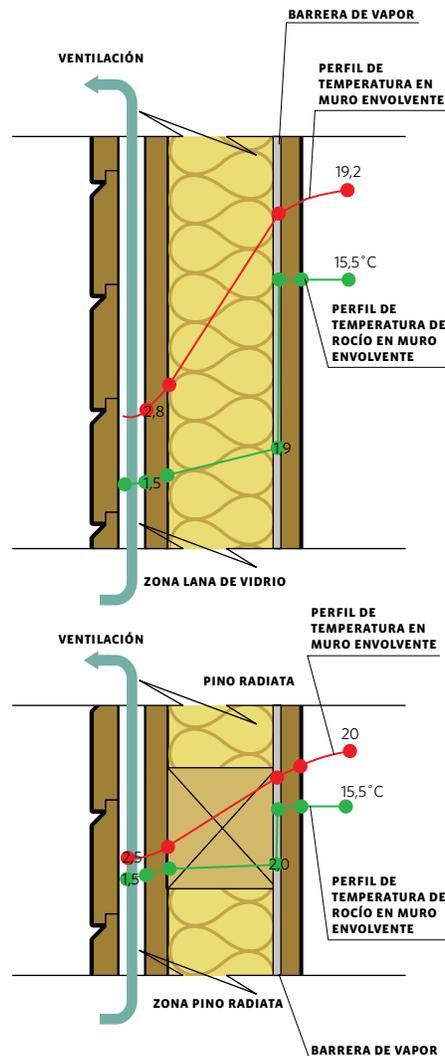
2 Ocurrencia de Condensación intersticial



3 Ausencia de condensación superficial en Muro Envoltente.



4 Perfiles de Temperatura v/s Temperatura de Rocío en Muro Envoltente



es altamente recomendable usar sistemas forzados (ventiladores o extractores de aire), en especial en los momentos de alta producción de vapor. El uso de ventilación natural, con la apertura de ventanas es posible también lograr el intercambio de aire necesario para controlar la cantidad de vapor en los recintos. Cabe indicar que mantener la humedad muy por debajo del 75% ayuda a evitar la proliferación de hongos en el interior de las viviendas, los que pueden afectar la salud de las personas.

Cabe aquí indicar, que aun en climas húmedos en invierno (con alta humedad relativa), el aire exterior en términos absolutos contiene baja cantidad de vapor de agua. Cuando este aire a baja temperatura se introduce a la vivienda, la que se encuentra supuestamente a temperatura de confort, la humedad relativa del aire disminuye (hasta valores cercanos al 30% de humedad relativa), puesto que a medida que aumenta la temperatura el aire puede contener más agua en estado de vapor. Luego, la humedad al interior de la vivienda aumenta en ocasiones por sobre el 75%, producto de la generación de vapor por la actividad de las personas. La ventilación permite controlar la humedad relativa interior dentro de los límites del confort.

3.- AISLAR TÉRMICAMENTE LA ENVOLVENTE.

La aislación térmica juega un importante rol en la eliminación del riesgo de condensación. En efecto, si la temperatura superficial interior es alta (muy cercana a la temperatura del aire interior, que se supone en condiciones de confort), el riesgo de condensación disminuye por cuanto la temperatura superficial se encontrará probablemente sobre la temperatura de rocío dada para las condiciones ambientales del interior.

Un elemento de la envoltente de baja calidad térmica (es decir de alta transmitancia térmica) presenta alto riesgo de condensa-

ción puesto que su temperatura superficial podrá estar muy probablemente bajo la temperatura de rocío.

Los puentes térmicos también constituyen elementos de alto riesgo de condensación superficial. Ello pues provocan zonas frías puntuales en la superficie interior de un sistema constructivo.

Para una temperatura ambiental interior de 20°C y una humedad relativa interior de 75% (máxima de confort), la temperatura de rocío alcanza un valor de 15,5%.

Para la temperatura interior indicada, una temperatura exterior de 2,5 °C y conocida la transmitancia térmica del muro envoltente, tanto en la zona de la cavidad con aislante térmico de lana de vidrio como en la del pino insigne de la estructura, se obtienen los siguientes valores.

- Temperatura superficial para 20 °C interior. Zona con aislante térmico: $T_{si}=19,2^{\circ}\text{C}$
- Temperatura superficial para 20°C interior. Zona pino radiata: $T_{si}=18,2^{\circ}\text{C}$
- Temperatura de rocío (20°C, 75% HR) $T_r=15,5^{\circ}\text{C}$

Tanto en la zona del pino insigne como en la zona con aislante térmico en el muro envoltente no se tendrá condensación superficial para las condiciones supuestas tanto en el ambiente interior como en el exterior. ((Ver Figura N°3)

Se destaca aquí la calidad térmica del pino insigne, el que en el caso del muro envoltente de esta investigación presenta una transmitancia de $U=0,84 \text{ W/m}^2\text{C}$, es todavía baja como para constituir un riesgo alto de condensación superficial. La zona con aislante térmico de lana de vidrio posee una transmitancia térmica de $0,39 \text{ W/m}^2\text{C}$.

Lo que se observa en el muro estructurado en madera se repetirá en el caso de techum-

bres. En efecto, la presencia de aislante térmico y la estructuración en pino radiata, dadas sus cualidades térmicas tienden a disminuir de modo significativo la presencia de condensación superficial interior.

En el caso de las viviendas del proyecto ubicadas en Santiago, se consideraron datos meteorológicos del Aeropuerto Arturo Merino Benítez. La tabla siguiente muestra datos meteorológicos de las ciudades consideradas en el presente proyecto. Se observa que las condiciones de temperatura en Temuco y Puerto Montt son más severas que la de Santiago, por lo que el fenómeno de condensación, a idénticas condiciones, si no ocurre en el muro panel supuesto en Santiago, tampoco se tendrá condensación superficial en las restantes ciudades consideradas. Se ha supuesto que la humedad relativa máxima se da a la hora de menor temperatura. (Tabla 1)

CONDENSACIÓN INTERSTICIAL

Para evitar en el muro panel envolvente la condensación intersticial debe impedirse que el vapor alcance las zonas de su interior que presenten bajas temperaturas. Para ello se instala una barrera de vapor. Esta barrera -que en nuestro caso está conformada por polietileno de 0,2 mm- se instala lo más hacia el ambiente interior de la vivienda posible, de modo que ella impide que el vapor fluya hacia los intersticios del muro en que la temperatura ha descendido a valores críticos que provocan alto riesgo de condensación.

Dado que en el caso en que existe esta barrera se disminuye la presencia de vapor de agua hacia las zonas frías del muro, la temperatura de rocío aquí disminuye y la poca cantidad de vapor que logra fluir hacia el exterior de la barrera no es suficiente como para producir la condensación, aun cuando la temperatura aquí decrece acercándose a la temperatura del ambiente exterior.

La **Figura N°4** muestra la variación de la temperatura al interior del muro envolvente, la que comparada con la temperatura de rocío variable a medida que se desplaza vapor desde el interior hacia el exterior, permite observar que el fenómeno de condensación intersticial no ocurre tanto en la zona del pino insigne como en aquella en que se encuentra el aislante térmico. La **Figura N°4** muestra el caso del panel supuesto en el clima de Santiago (Arturo Merino Benítez). Dado que en las otras ciudades consideradas las condiciones climáticas son más severas, en ellas el muro envolvente tampoco presentará problemas de condensación intersticial para las condiciones supuestas en el cálculo.

La **Figura N°5** muestra el efecto generado por la barrera de vapor. El vapor de agua fluye solo hasta la barrera y si bien existirá una alta concentración de vapor desde ésta hacia el ambiente interior, no se producirá condensación puesto que en esta parte del muro la temperatura es alta y se encuentra sobre la temperatura de rocío correspondiente en esta zona del muro.

Un aspecto importante a tener en cuenta en la instalación de la barrera de vapor, en el muro envolvente es su continuidad, la que debe resguardarse para evitar que a través de rendijas u orificios en la barrera fluya vapor hacia las zonas en que existirá condensación intersticial. Para ello, en las uniones debe existir traslapeo y sello con silicona. Igual precaución debe tomarse en orificios producto de instalaciones. La **Figura N°6** muestra este tipo de situaciones. En relación al cielo de las viviendas, si entre el aislante térmico y la cubierta misma existe una cámara de aire ventilada (no existiendo placa como ocurre en el muro), en general no será necesario instalar barrera de vapor, por cuanto el vapor que fluye a través del sistema constructivo es evacuado a través de esta cámara de aire ventilada hacia

5 Efecto de la Barrera de vapor en Muro Envolvente

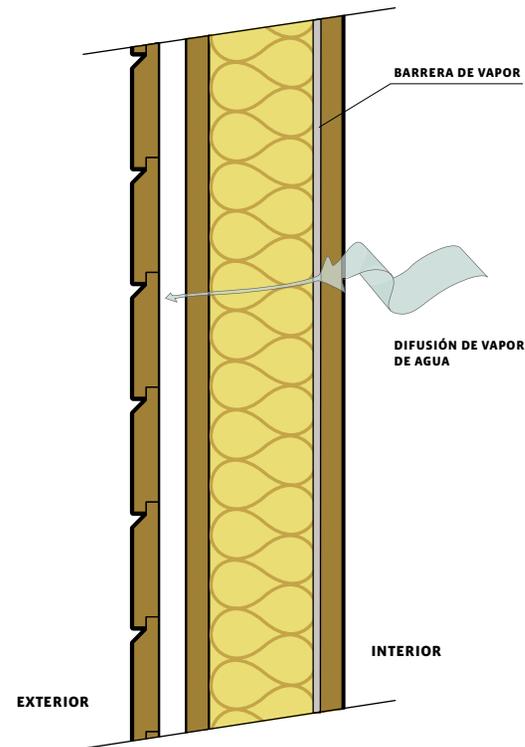
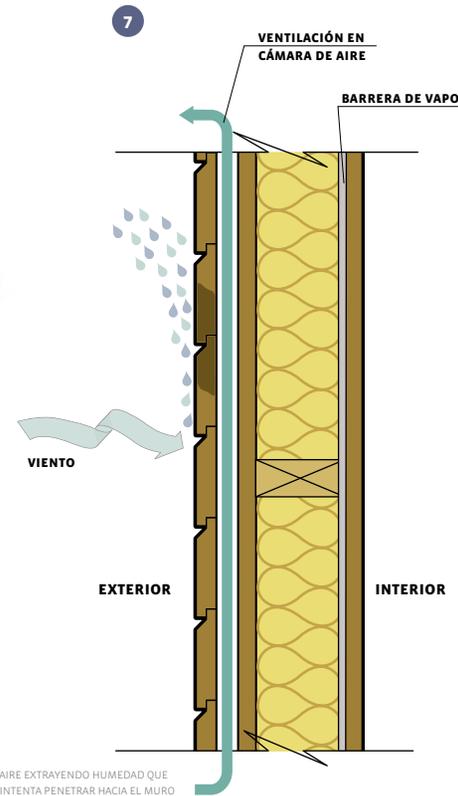
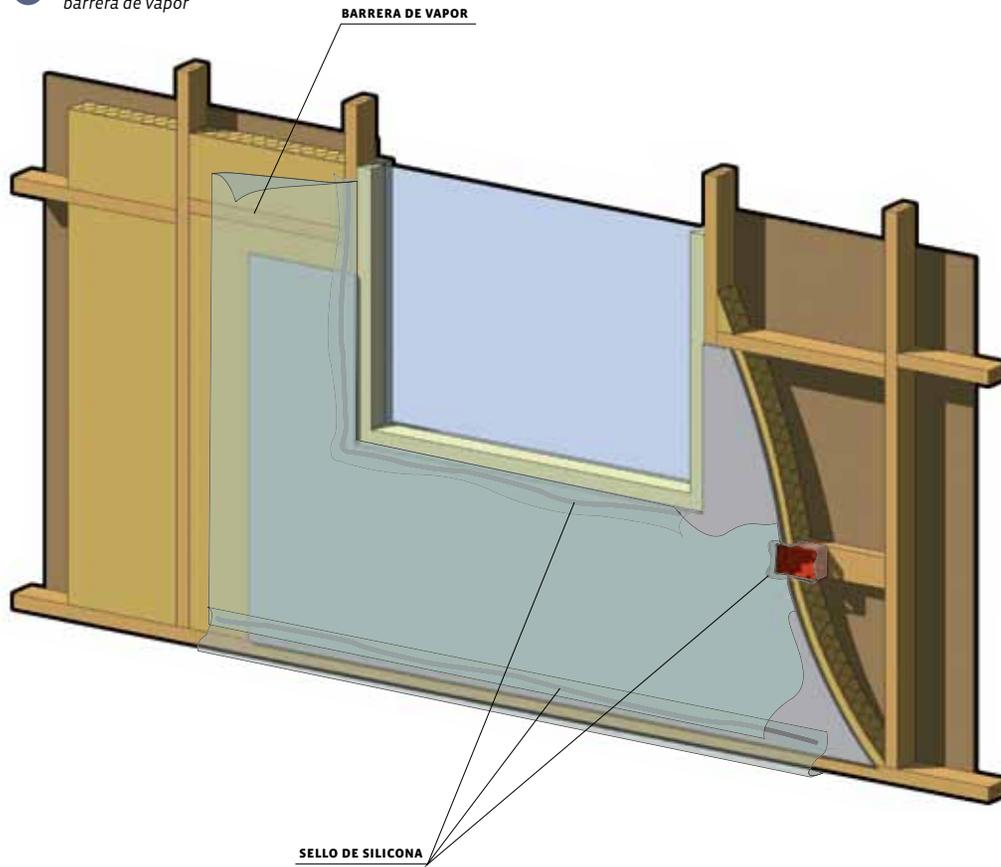


TABLA 1 TEMPERATURA Y HUMEDAD RELATIVA EN CIUDADES DE ANÁLISIS

	TEMPERATURA		HUMEDAD RELATIVA
	Media Mínima	Extrema	Máxima
	°C	°C	%
Santiago	2,5	-6,8	93
Temuco	3,9	-7,1	94
Puerto Montt	4,2	-6,6	94

Fuente: Dirección Meteorológica de Chile

6 Instalación continua de la barrera de vapor

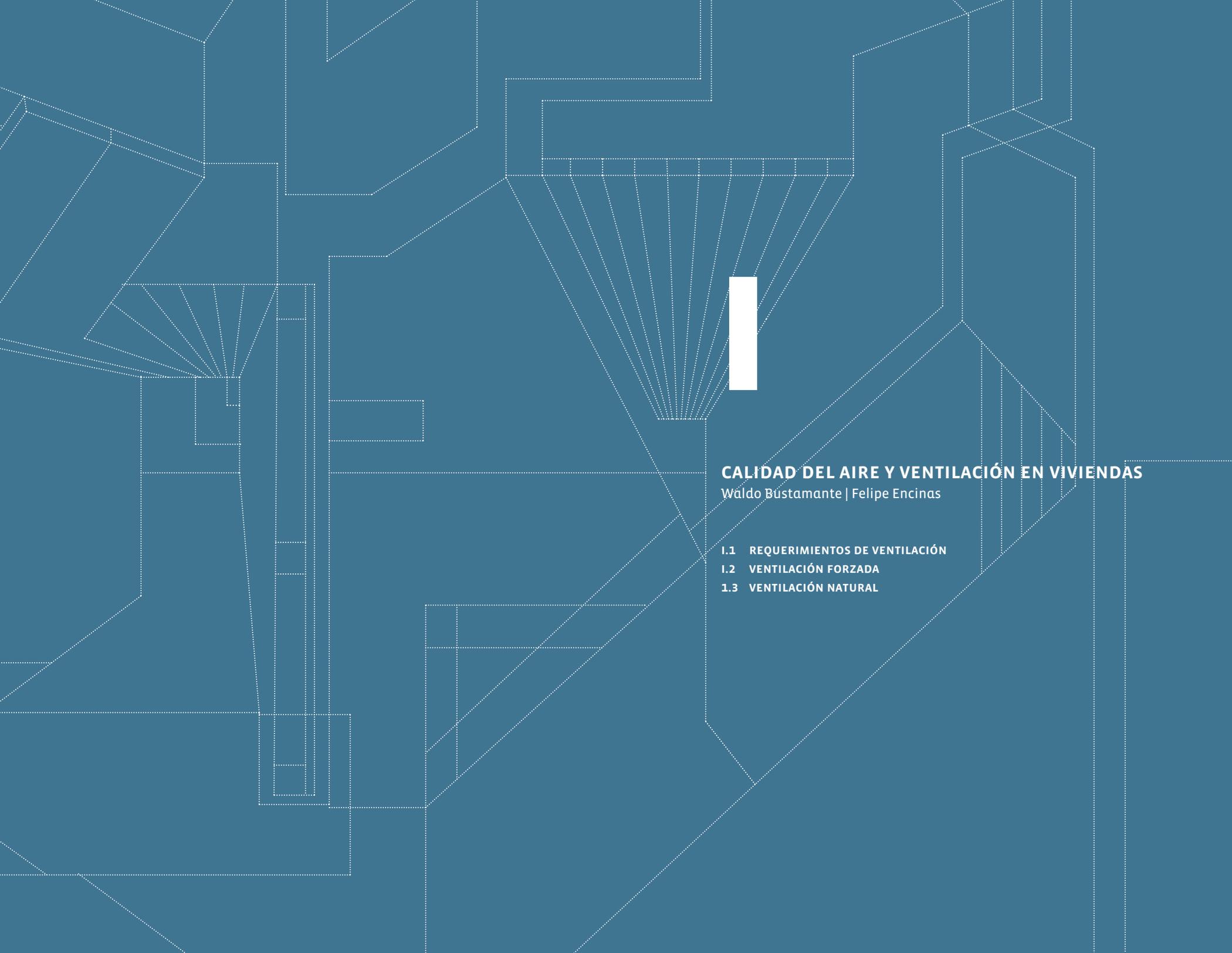


el ambiente exterior. Cualquier lámina (de tipo papel por ejemplo) que se instale hacia el exterior del aislante térmico en una cubierta o muro, debe ser de tipo microporosa, es decir que debe ser permeable al paso de vapor, aunque sea impermeable al paso de agua en estado líquido.

IMPERMEABILIDAD A AGUAS LLUVIA

Por otra parte, la instalación de una piel exterior bajo la cual existe una cámara de aire ventilada (en el muro con cámara de aire ventilada exterior), impedirá que el agua lluvia aún acompañada de una alta presión por el viento exterior ingrese al resto del muro, manteniéndose éste en estado seco en equilibrio con la humedad relativa del aire ambiente. Este es el principal motivo por el cual se ha generado en el muro envolvente esta cámara ventilada: impedir que el agua lluvia se introduzca hacia su interior, lo que provocaría serios problemas en su durabilidad. Ver **Figura N°7**.

En el caso que la piel exterior esté constituida por madera, es altamente recomendable utilizar una pintura que impida la absorción de agua en su superficie.



CALIDAD DEL AIRE Y VENTILACIÓN EN VIVIENDAS

Waldo Bustamante | Felipe Encinas

- 1.1 REQUERIMIENTOS DE VENTILACIÓN
- 1.2 VENTILACIÓN FORZADA
- 1.3 VENTILACIÓN NATURAL

Se ha mencionado en el capítulo anterior que para mantener la humedad relativa bajo el contenido máximo para el confort en el ambiente interior de una vivienda, la ventilación es imprescindible. Sin ella, la humedad relativa podrá superar el límite máximo recomendable, provocando problemas de confort y un aumento en el riesgo de condensación en elementos perimetrales de la vivienda. Este tipo de fenómenos de condensación ocurren en períodos de baja temperatura en el ambiente exterior.

También se mencionó la necesidad de evitar la sobreventilación en períodos fríos del año. La sobreventilación también afecta el confort de las personas (por la presencia de corrientes de aire frío o por velocidades de aire inapropiadas) y provoca consumos innecesarios de energía de calefacción.

En otras palabras, la ventilación en todo edificio debe ser controlada, con el propósito de lograr la renovación de aire necesaria y suficiente para el confort de las personas. El exceso de renovación de aire (por sobre el mínimo necesario) provocará exceso de consumos de energía y en ocasiones problemas de confort.

La renovación de aire en un espacio puede lograrse con algún sistema o método de ventilación más lo que puede provenir de las infiltraciones de aire por rendijas o imperfecciones en la envolvente (incluyendo rendijas en marcos de ventanas y puertas). Ya se ha mencionado que en el proceso constructivo de la vivienda debe eliminarse todo tipo de rendija que afecte la impermeabilidad al aire que debe tener la envolvente de un edificio que pretenda un uso eficiente de energía de calefacción. La eliminación de rendijas o una alta impermeabilidad al aire de la envolvente debe estar necesariamente acompañada de algún sistema de ventilación controlada, de tipo natural o forzada (ventilación

mecánica), que permita la renovación de aire requerida en el ambiente interior.

También se ha mencionado el rol que puede jugar la ventilación (combinada con otras propiedades del edificio como la presencia de alta masa interior) en el control de la temperatura en el ambiente interior de una vivienda, evitando así el fenómeno de sobrecalentamiento.

En resumen, de acuerdo a lo analizado hasta ahora, es posible indicar que la ventilación –combinada con otras propiedades del edificio– juega un rol importante en el mantenimiento del confort térmico de las personas (en todo período del año) y en el control de la humedad ambiental para la disminución de fenómenos de condensación en elementos de la envolvente. A ello se agrega la necesidad de renovar el aire para eliminar contaminantes y la presencia de olores desagradables que afectan la salud y el confort de las personas.

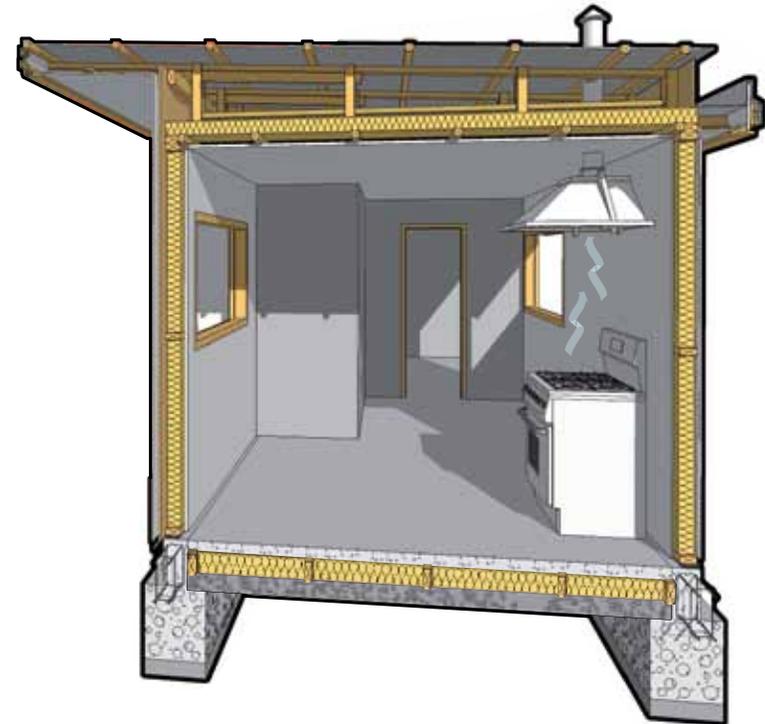
REQUERIMIENTOS DE VENTILACIÓN EN VIVIENDAS

Los objetivos fundamentales de la ventilación en una vivienda pueden clasificarse de la siguiente manera:

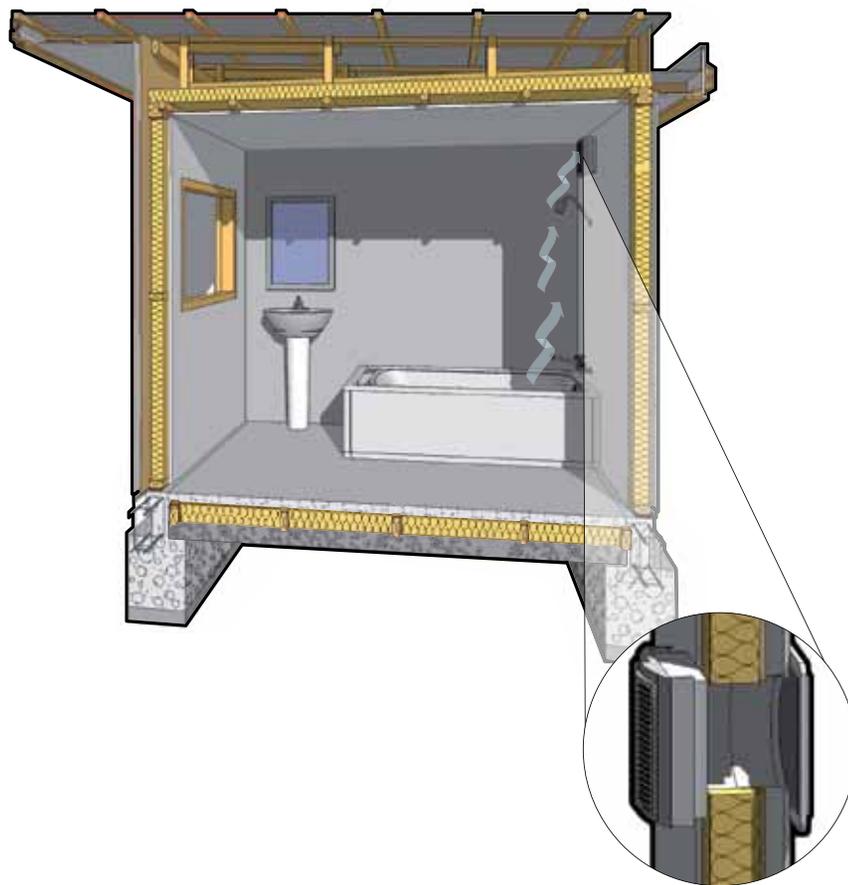
1.- VENTILACIÓN PARA LA CALIDAD DEL AIRE. Lograr calidad del aire ambiente durante todo período del año, controlando la humedad interior y eliminando o disminuyendo los contaminantes y los olores desagradables a niveles tolerables.

2.- VENTILACIÓN PARA EL CONFORT TÉRMICO O ENFRIAMIENTO DEL AMBIENTE INTERIOR: Aportar al confort térmico en el ambiente interior, especialmente en períodos de alta temperatura (verano y estaciones intermedias) en que el ambiente interior del edificio tiende a sobrecalentarse.

1 Ejemplo de ventilación forzada en la cocina.



2 Ejemplo de sistema de ventilación forzada (extractor de aire)



EXTRACTOR

La ventilación para la calidad del aire se realiza con el objetivo de proteger a las personas de los riesgos asociados a la contaminación debido a la presencia de gérmenes, gas carbónico, polvo, malos olores, humo de tabaco y otros. A ello se suma la necesidad de controlar la humedad al interior de la vivienda en niveles de confort.

La eficiencia de un sistema de ventilación, natural o forzada, no pasa exclusivamente por las características de éste, sino que también –y antes que nada– por disminuir al máximo la emisión de contaminantes, de humedad y las fuentes de malos olores al interior de un edificio.

Dentro de los contaminantes que pueden existir en una vivienda se encuentran los provenientes de la combustión en estufas de llama abierta (estufas que expulsan gases de la combustión al interior de la vivienda) y cocinas a gas, entre los cuales podría tenerse CO.

El CO es un gas altamente dañino para la salud. Su presencia se debe en general por la combustión incompleta ocurrida en estufas, cocinas y calefones a gas. Por esta razón es importante que estos sistemas tengan mantenimiento periódico. Cuando se usen estufas de llama abierta, las que junto a los contaminantes generan vapor de agua, el recinto en que se usan debe tener una ventilación permanente y efectiva para renovar el aire. Entre estufas de llama abierta y las de tiro balanceado, son preferibles las de tiro balanceado, dado que éstas expulsan los gases de la combustión hacia el exterior. En general es recomendable evitar las estufas de llama abierta.

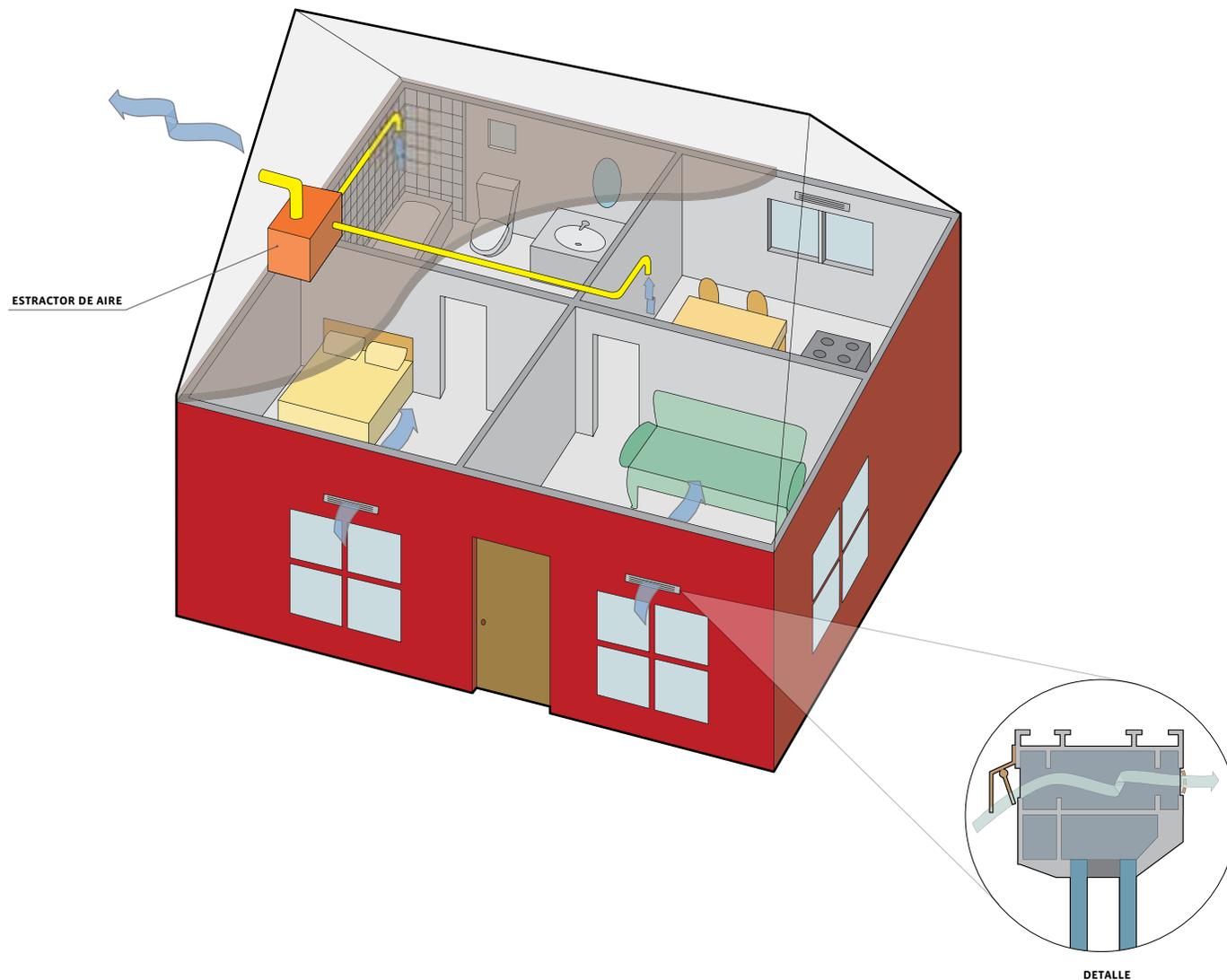
Normas de países desarrollados establecen una ventilación equivalente de 20 a 30 m³/h de aire por ocupante de un recinto. Cabe indicar que en estos países no está permitido el uso de sistemas de calefacción a llama abierta. Esta tasa de ventilación

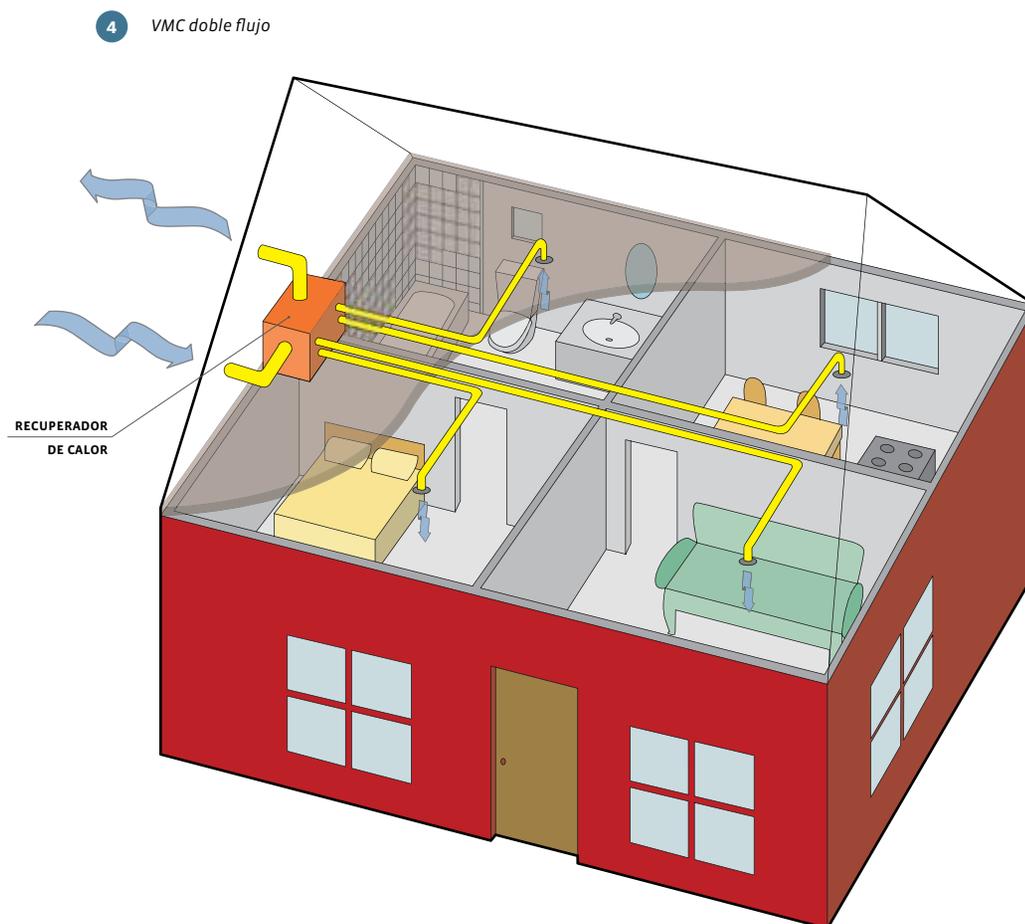
puede usarse en el país como referencia, asociándola a un uso normal de la vivienda sin la presencia de sistemas contaminantes tales como estufas a llama abierta. La ventilación debiera ser mayor a este valor referencial en caso de uso de este tipo de sistemas de calefacción a llama abierta.

VENTILACIÓN FORZADA:

Para asegurar una renovación de aire efectiva, es altamente recomendable el uso de ventilación mecánica (extractores de aire) al menos en baños y cocinas, tal como se observa en las **Figuras N°1 y 2**. El consumo energético de estos aparatos es relativamente bajo y por tanto no afectan en forma significativa la eficiencia energética de una vivienda. Dado el bajo precio de estos sistemas, su instalación no tiene una incidencia importante en el costo directo de la vivienda.

Estos sistemas podrían operarse en los momentos de mayor requerimiento de ventilación, como por ejemplo en momentos de uso de la ducha o de cocción de alimentos. El resto del tiempo podría usarse ventilación natural.

3 VMC flujo simple



Un sistema altamente recomendable para la eficiencia energética en viviendas, especialmente cuando se tiene una envolvente de alto estándar térmico, es el uso de la ventilación mecánica controlada (VMC). Este sistema (VMC flujo simple) posee un extractor de aire en zonas húmedas de las viviendas con rendijas autorregulables de ventilación, las que por ejemplo se pueden instalar en marcos de ventanas o bajo ellas (**Figura N°3**). Para mayor eficiencia energética, podría instalarse un sistema de recuperación de calor en la ventilación (VMC doble flujo). Este recuperador de calor puede lograr una eficiencia sobre el 50% (hasta 90%), lo que implica que se disminuye de modo muy significativo el consumo en calefacción en una vivienda con este sistema (**Figura N°4**). Estos sistemas mecánicos pueden tener además tasas de ventilación diferentes, con mayor extracción en horas de uso intenso en la vivienda y una extracción menor en horas de menor u ocupación nula, lo que puede ser programado por el usuario.

VENTILACIÓN NATURAL:

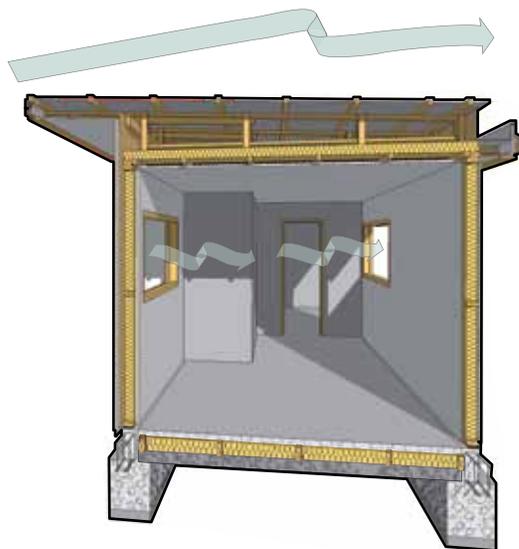
La ventilación natural puede usarse en combinación con la ventilación forzada. En todo caso, ante la ausencia de la última, podría ser suficiente la ventilación natural a través de apertura de puertas y ventanas. Ello exige un comportamiento del usuario que se preocupe de realizar las operaciones correspondientes para que ello ocurra, evitando la sobreventilación, en especial durante invierno.

Para mantener una renovación de aire adecuado, en países desarrollados (y muy probablemente muy pronto en nuestro país) se han introducido sistemas de ventilación natural, con rendimientos asegurados en cuanto al volumen intercambiado por hora (m³/h) según velocidad de viento exterior. Estos sistemas, que en ocasiones simplemente no pueden cerrarse, permiten una ventilación mínima, en recintos sin sistemas de calefacción a llama abierta.

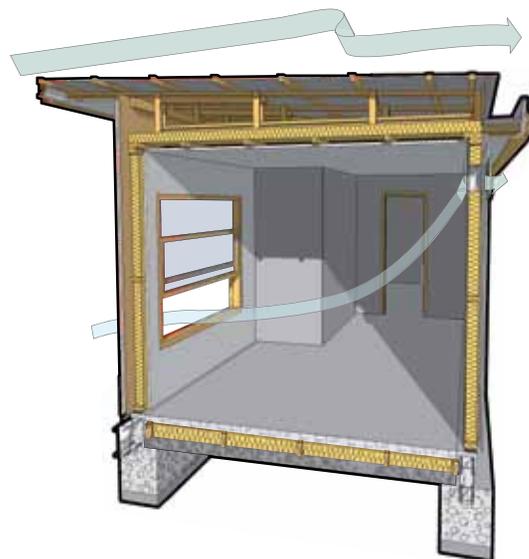
La ventilación natural a través de ventanas y puertas se ve favorecida por diferentes fenómenos: la velocidad y dirección del viento, las diferencias de temperatura y la diferencia de altura.

La ventilación de tipo natural que puede ocurrir en una vivienda, puede clasificarse como ventilación cruzada (entre la apertura de una fachada y su opuesta), ventilación unilateral (en un mismo recinto el aire entra y sale por una misma apertura) y la ventilación por efecto de diferencia de altura, en la que el aire entra por una apertura y sale por otra superior (ver Figuras N°5,6 y 7). En los últimos casos, la mayor temperatura del aire provoca flujos ascendentes, facilitando la ventilación que sale por aperturas a mayor altura o por la parte superior de una ventana.

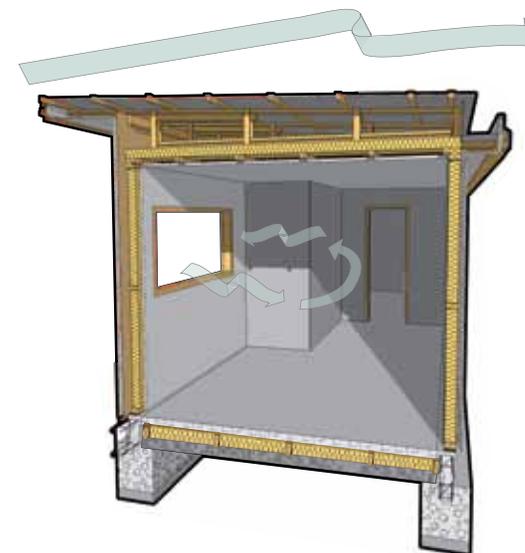
5 Ventilación cruzada

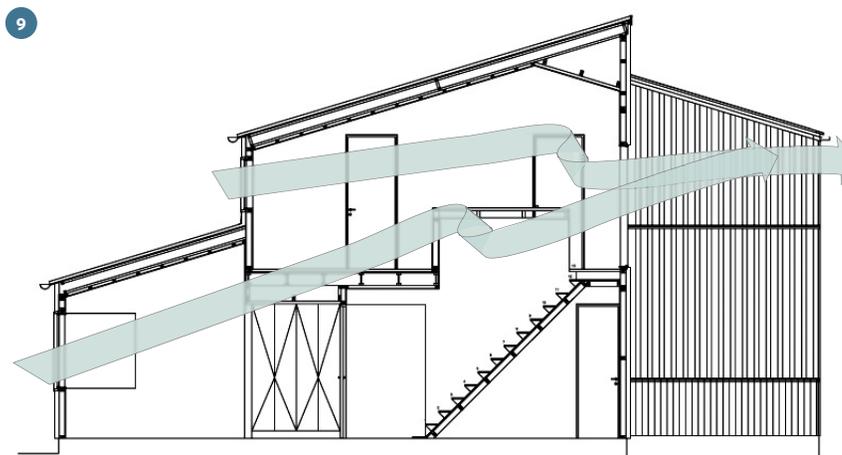
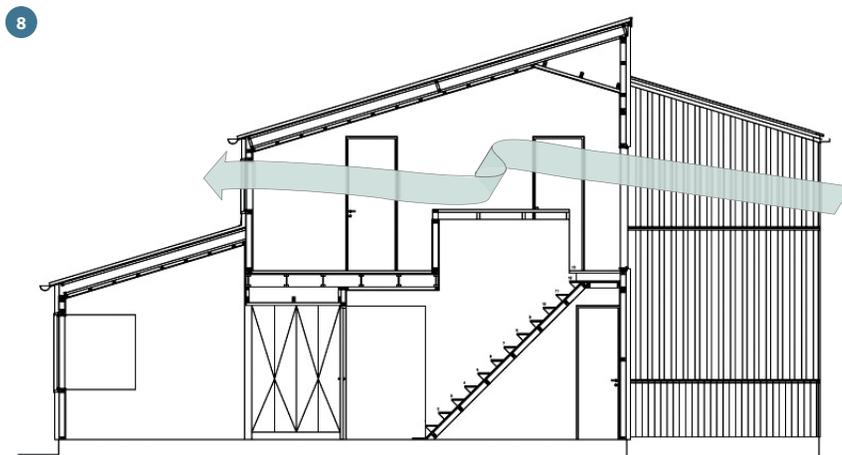


7 Ventilación por efecto de altura



6 Ventilación unilateral





En una vivienda, la ventilación cruzada se ve beneficiada por la orientación preferencial del viento que incide sobre una fachada que contiene apertura de entrada del aire (ventana) constituyéndose en una estrategia de renovación de aire efectiva, más aun si al efecto del viento incidente se le agrega el efecto producido por diferencias de temperatura (que hace llevar el aire menos denso hacia la parte superior). Obsérvese la vivienda prototipo de Temuco con ventilación cruzada para ventilación en invierno (**Figura N°8**). Cabe indicar que en Temuco, la dirección preferencial del viento en Julio es N, tal como lo indica la rosa de los vientos de la indicada figura.

En la **Figura N°9** se muestra la misma vivienda en que se observa ventilación cruzada, esta vez utilizada para ventilar en verano con fines de enfriamiento. Se recomienda esta ventilación en momentos en que la temperatura exterior ha descendido, idealmente por bajo la temperatura de confort interior tal como se indica al final del capítulo G . En este caso, en Temuco, la dirección preferencial del viento es S.



J

APLICACIONES CONSTRUCTIVAS EN VIVIENDAS PARA TRES ZONAS GEOGRÁFICAS

Juan Ignacio Baixas | Paula Martínez

- J.1 CONSIDERACIONES PRELIMINARES
- J.2 PROTOTIPO SANTIAGO
- J.3 PROTOTIPO TEMUCO
- J.4 PROTOTIPO PUERTO MONTT
- J.5 PROTOTIPO TRAIQUÉN
- J.6 PROTOTIPO BROTEC SANTIAGO

Uno de los objetivos de esta investigación es el de revalidar el uso de la madera como un material capaz de producir edificaciones de gran calidad, especialmente en el campo de la vivienda industrializada.

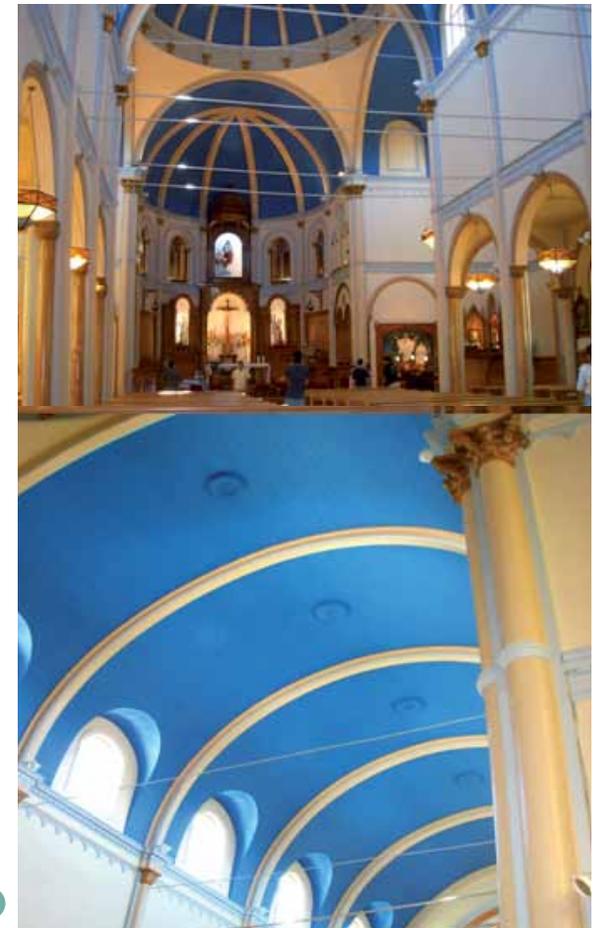
Tal condición de calidad es reconocida en muchos países del mundo, en especial en aquellos que producen madera como por ejemplo los países Nórdicos, Estados Unidos, Canadá, Australia, Nueva Zelanda y también en otros que importan madera como Alemania, el Reino Unido y Suiza.

En Chile, dicha calidad constructiva existió en distintos momentos en muchas regiones a lo largo del país, dando cuenta de la capacidad de tales construcciones de adaptarse a distintas zonas climáticas, produciendo piezas arquitectónicas de alto nivel y con las mejores condiciones de habitabilidad, muchas de ellas consideradas hoy obras patrimoniales.

Algunos ejemplos son las estancias ovejeras de Tierra del Fuego (**Figura N°1 y 2**), las iglesias de la evangelización de Chiloé (**Figura N°4**), las construcciones urbanas de Puerto Montt, Puerto Varas (**Figura N°5**), Valdivia, la ciudad minera de Sewell en la VI Región, y las construcciones urbanas de Iquique y Antofagasta.

Sin embargo, tal percepción de calidad se perdió debido principalmente al uso de maderas de baja calidad, con tratamientos inadecuados y que por lo tanto originaban construcciones con problemas de duración y de habitabilidad, si bien se trataba de construcciones relativamente económicas.

La madera todavía hoy se identifica con construcciones económicas, de baja calidad o con segundas viviendas en áreas turísticas, aunque en los últimos años algunos arquitectos la han reivindicado en obras puntuales de valor arquitectónico (Cristián Valdés, José Cruz y Germán del Sol,

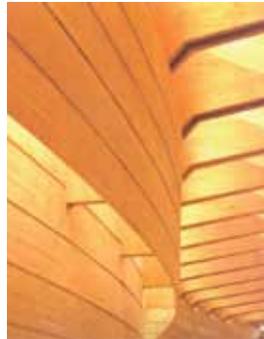




6

7

8



9



10

11

entre otros), fundamentalmente en construcciones industriales, feriales, de segunda vivienda y hotelera. (Figura N°6 a 11)

La revalidación de la madera en el campo de la primera vivienda y en especial en un mercado de escala industrial debería producirse a nuestro juicio en proyectos que no sólo cumplen con estándares de duración y de confort, sino también con una arquitectura innovadora de primer nivel con un muy buen diseño. En el marco de esta investigación se desarrollaron tres prototipos que pretenden ser diseños avanzados de vivienda media (UF 1.500 a UF 2.500 por unidad) que empleando las virtudes y condiciones de la madera y un sistema industrial de producción, logren una arquitectura emblemática capaz de cambiar la percepción negativa de este material.

El desarrollo del diseño de los prototipos consideró además una metodología en la cual se incluyeron un estudio de mercado, un estudio de costos, un estudio climático-energético y un estudio del procedimiento de fabricación-transporte-montaje, la cual fue aplicada a los diseños preliminares generando modificaciones y perfeccionamientos que originaron los diseños finales.

Los tres casos debían reemplazar casas convencionales de las inmobiliarias involucradas y quedarían ubicados en loteos proyectados y desarrollados por dichas empresas.

FICHA TÉCNICA

ARQUITECTOS
 Mario Ubilla S.
 Rodrigo Cepeda O.

COLABORADOR
 Sebastián Hernández M.

CONSTRUCTORA
 MEGACI
 Marcos Espinoza G.

PAQUETE INDUSTRIAL
 empresas Fourcade S.A.

SUPERFICIE
 99 m²

UBICACIÓN
 Av. La Montaña esq. Sn Martín
 Loteo Valle Grande
 Comuna de Lampa, Región Metropolitana

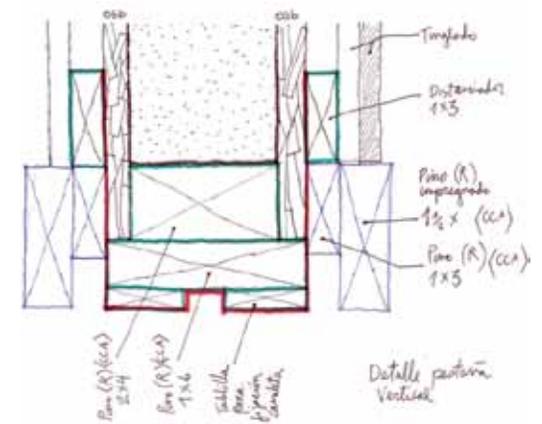
PROPIETARIO
 Inmobiliaria Novaterra S.A.

AÑO EDIFICACIÓN
 Octubre 2006 – Enero 2007

ZONA CLIMÁTICA
 “Central Interior”
 NCh 1079 Of 77

SANTIAGO
 (33°30’ S, 70°41’ W, altura: 520m)

Esta corresponde a una clima mediterráneo de temperaturas templadas, caracterizada por inviernos de 4 a 5 meses y una fluctuación de temperatura diaria de carácter moderado, que aumenta en intensidad conforme se avanza hacia el este. Alta radiación en verano, especialmente hacia el NE. Vientos predominantes son principalmente de dirección SW.





PLANO DE EMPLAZAMIENTO

PRIMER PISO

1	2	3
4	5	
6	7	

SEGUNDO PISO

1	2	
3	4	

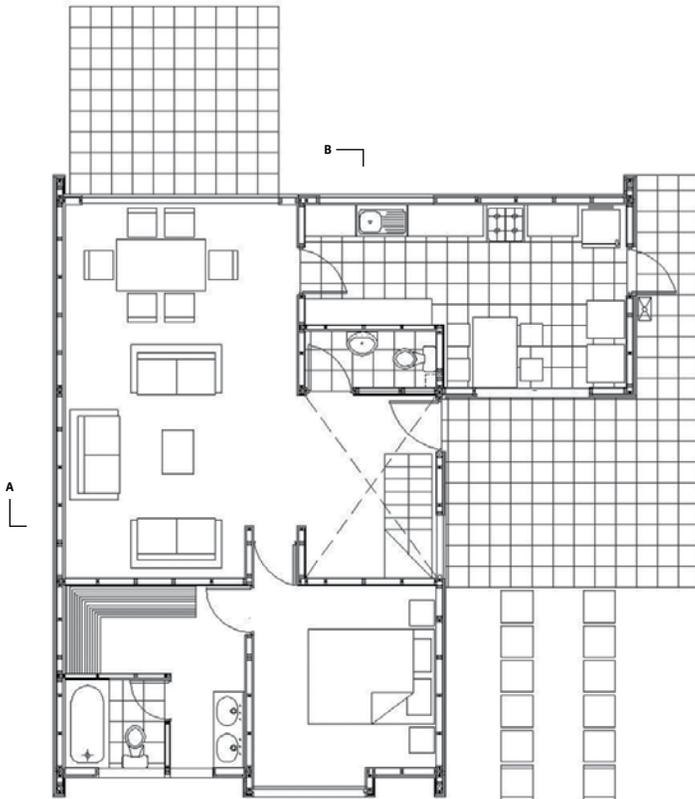
OBSERVACIONES DE PROYECTO

Esta casa fue pensada desde dos premisas fundamentales: La medida y la factibilidad constructiva.

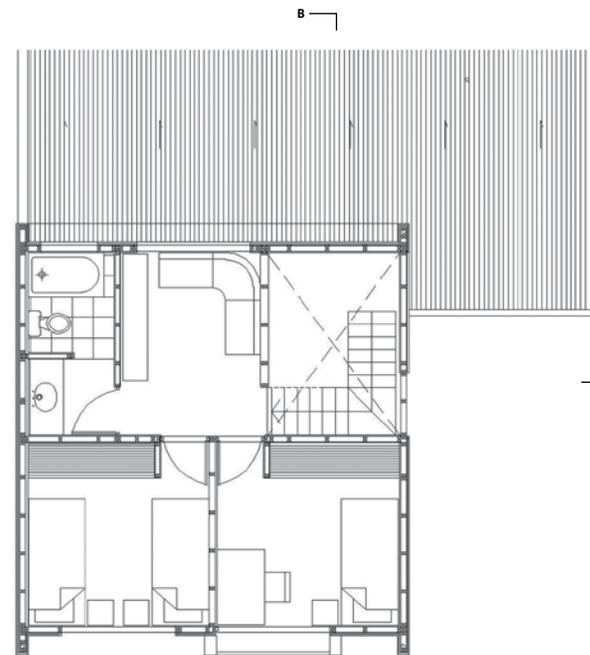
La primera, tenía relación con el trabajo de fabricación en industria que consideraba un paquete prefabricado en base a complejos estructurales de piso, muros y componentes constructivos de vigas y cerchas, los arquitectos conocían el modo de trabajo de la industria y las facilidades que se ofrecían para modular la casa en base a paneles de igual tamaño, lo que además de acelerar su instalación en obra, contribuía a un uso racional de las piezas de Pino Radiata.

Las dimensiones de la madera en su escuadría común y mayoritaria en Chile de 3.1 metros de largo, entregaban una posibilidad de trabajo en base a un módulo de 3.10 x 3.10 metros de planta.

Esto permitió realizar un diseño que en la planta de primer piso dispone de 7 módulos y en el segundo de 4, respetando en todos los casos la medida 3.10 x 3.10 metros. Las alturas de piso a cielo de 2.4 metros homogenizaban los entramados verticales. Para conseguir ampliar las vistas y espacios de distribución, se consideró en la caja de escaleta una doble altura.



PLANTA PRIMER PISO



PLANTA SEGUNDO PISO

La segunda premisa tenía como origen los aspectos relativos a la construcción y el uso de los materiales.

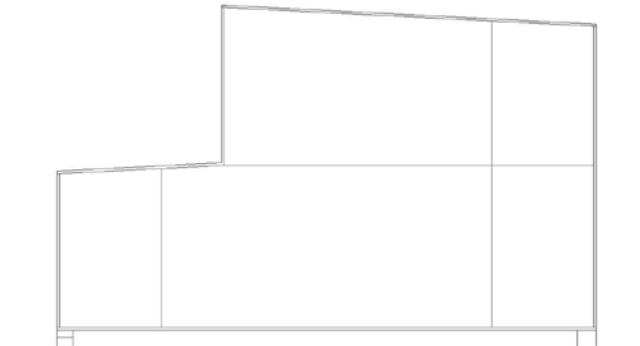
Las investigaciones previas arrojaron datos que se transformaron en variables de diseño a tomar en cuenta, incluyendo temas desde la eficiencia energética hasta la realidad del usuario-comprador.

Por las condiciones climáticas características de la zona geográfica (Valle Central - Santiago) en la cual se ubica el proyecto, asociado a las variaciones de humedad y la correspondiente higroscopicidad en la madera, hecho que puede provocar deformaciones y daños mecánicos o físicos en el material, se decidió utilizar estuco como revestimiento de la vivienda, opción que fue respaldada posteriormente por los resultados del estudio de mercado (fase cualitativa y cuantitativa) realizado por la empresa Collect Estudios de Mercado S.A.

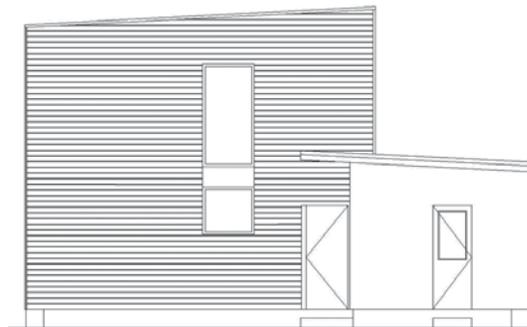
Esta combinatoria de los tipos de material utilizado, lejos de minimizar las cualidades físicas y funcionales de la madera, la potenciaron poniendo en valor su versatilidad y adaptabilidad, dejando a la vivienda en un alto nivel de resistencia estructural y solidez constructiva.



ELEVACIÓN SUR - CALLE



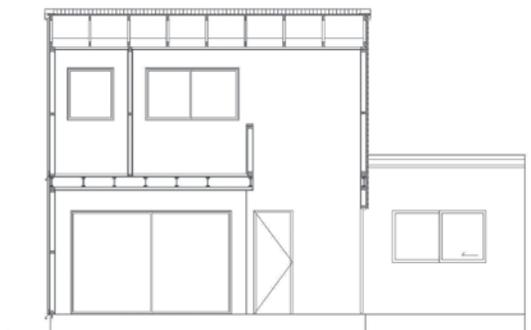
ELEVACIÓN ADOSAMIENTO PONIENTE



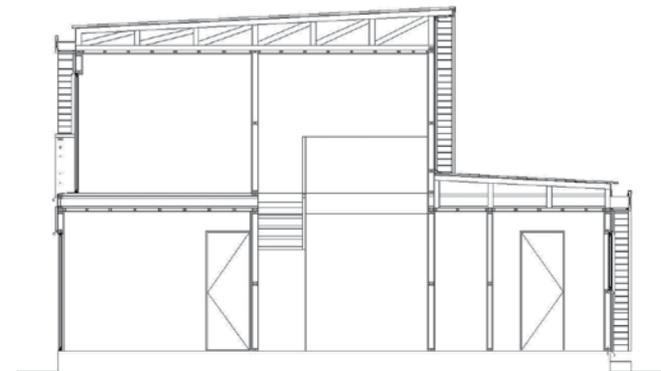
ELEVACIÓN ORIENTE



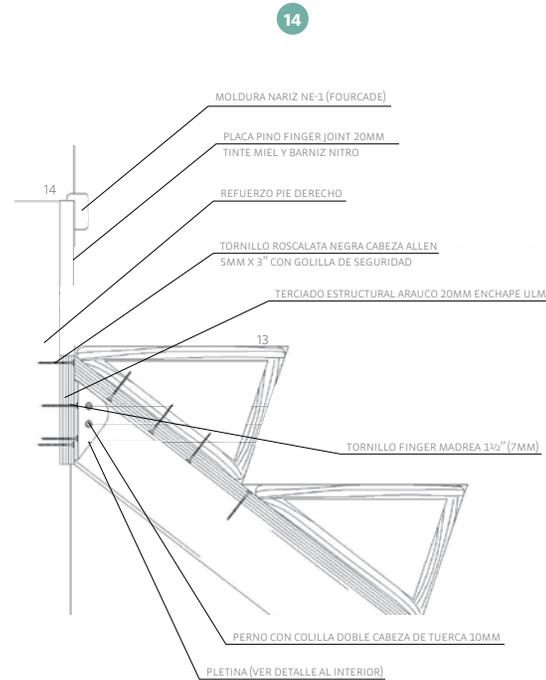
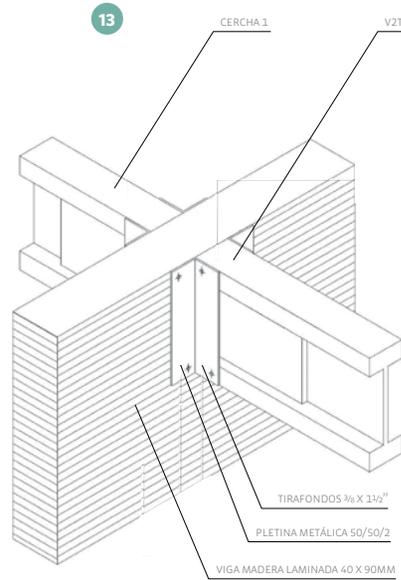
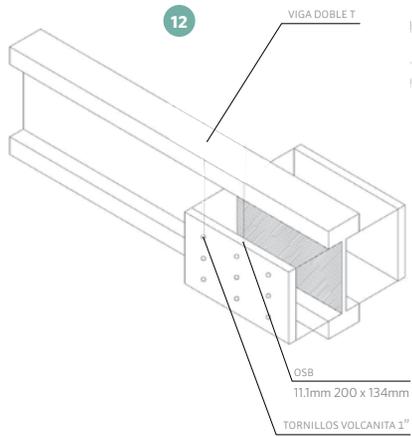
ELEVACIÓN NORTE



CORTE A - A



CORTE B - B



LA FORMA CONSTRUÍDA

Resulta interesante reflexionar en cuanto a que la geometría de este prototipo, consiste en un orden predeterminado por una grilla, que le anticipa al usuario una manera para ampliarse, que respeta un módulo y ordena el procedimiento para el crecimiento de la vivienda.

Hablamos entonces, de un diseño por componentes constructivos, de paneles o entramados modulados en base a una trama establecida.

El diseño de la escalera tampoco se sustrae de esta idea de un módulo. Se trata de una escalera de dos tramos, ambos prefabricados e iguales, estos contienen las gradas que también son industrializadas a modo de tambores o cajones. Los tramos se adosan a un mueble central que considera espacios de guardado y genera el quiebre en la dirección de la escala, **Figura N°14, 15 y 16.**

Figura N°12 y N°13: Diseño de los componentes industriales del envigado de entrepiso, con sus respectivos refuerzos y conectores estandarizados.

Figura N°14 y N°15: Principales elementos seriados que conforman la escalera y uniones.

Figura N°16 y N°17: Vistas de la escalera terminada.

15



16



17



21



22



23



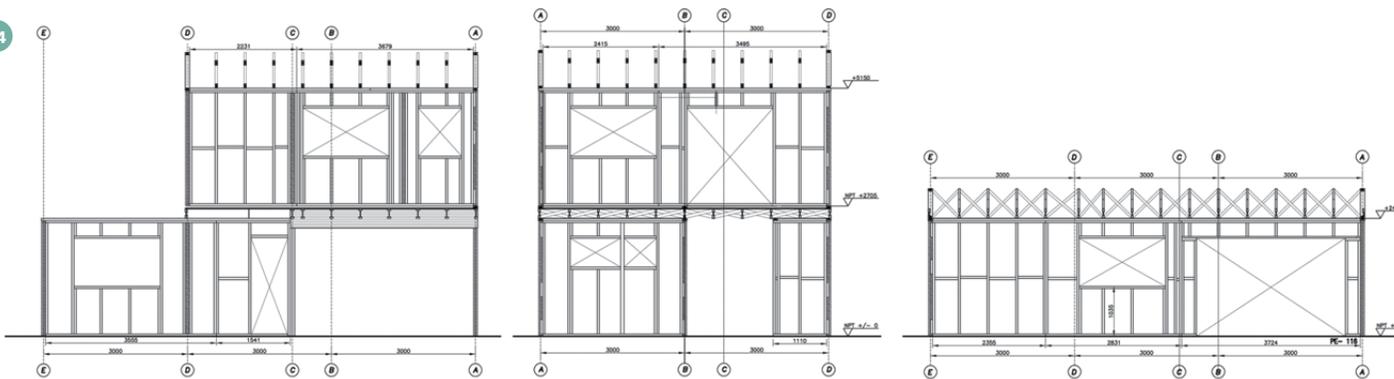
Figura N°21 y N°22: Salida de los paneles de la planta de Loncopanel S.A. IX Región y montaje en obra en Santiago.

Figura N°23: Instalación de ventanas, revestimientos y piezas sueltas una vez terminado el montaje de los paneles.

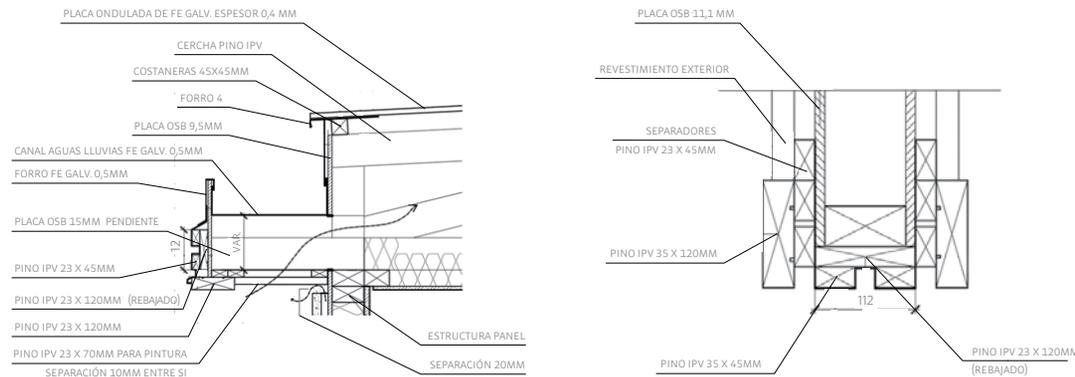
Figura N°24: La planimetría del proyecto estructural es también usada para el montaje en obra de los componentes prefabricados.

Figura N°25: La planimetría indica todas las piezas sueltas que serán incorporadas en la etapa de revestimiento y terminaciones.

24



25



PROTOTIPO SANTIAGO

J.1 J.2 J.3 J.4 J.5 J.6

Figura N°26: Vista de detalles de aleros terminados.

Figura N°27: El zócalo de la fundación, los detalles de hojalatería y revestimientos, fueron diseñados para resguardar una altura apropiada y así evitar el contacto de las piezas de madera con la humedad del suelo.

Figura N°28: Vista de protecciones solares orientación norte, las cuales fueron incorporadas al proyecto luego de obtener los resultados de las simulaciones de desempeño energético en régimen dinámico.

Figura N°29: Vista exterior de la vivienda.

26



27



28



29





**PROTOTIPO SANTIAGO
RESULTADO R 6**

Sistema de Seguimiento y Control de Conicyt Proyecto DO311020

FICHA TÉCNICA

ARQUITECTOS

Teodoro Fernández L.
Sebastián Hernández S.

CONSTRUCTORA

Constructora Gálvez y Valdivia LTDA.

PAQUETE INDUSTRIAL

Empresas Fourcade S.A.

SUPERFICIE

98 m²

UBICACIÓN

Camino Tromen s/n
Loteo Fundo El Carmen
Temuco IX Región

PROPIETARIO

Inmobiliaria Fourcade S.A.

AÑO EDIFICACIÓN

Oct. 2006 – Enero 2007

ZONA CLIMÁTICA

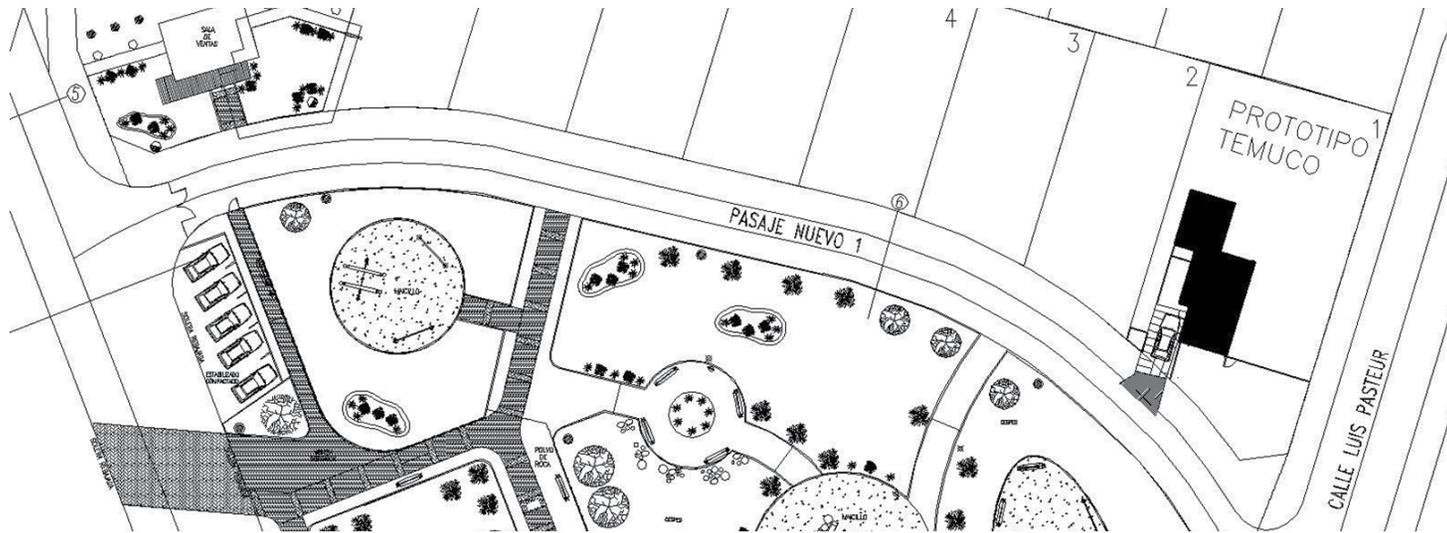
“Sur Interior”
NCh 1079 Of 77

TEMUCO

(38°46' S, 72°38' W, altura: 98 m).

Esta zona se caracteriza por la presencia de abundantes lluvias y frecuentes bajas temperaturas. El período caluroso del año es corto con moderada radiación solar. Abundantes ríos y lagos generan microclimas. Vientos predominantes S y SW. Ambiente húmedo.





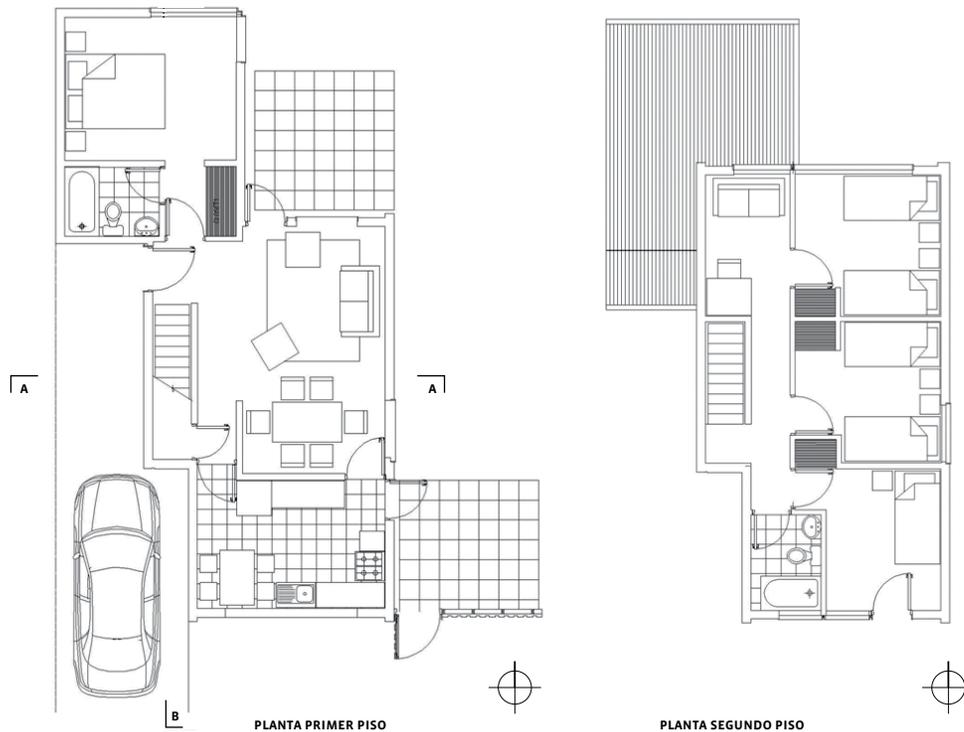
El prototipo se emplaza en los loteos realizados por Empresas Fourcade en Temuco, que siguiendo las directrices del mercado ha desarrollado extensos conjuntos de vivienda para familias de ingresos medios.

En estos loteos la vivienda es entendida como casa aislada en un terreno propio, al modo de un barrio jardín, siguiendo el ejemplo de los barrios de mayores ingresos, llevando este modelo a sus dimensiones mínimas.

Tomando en cuenta los resultados del estudio de mercado en el cual los clientes privilegian la cantidad de recintos sobre la amplitud o calidad de los mismos, se consideró un programa extenso:

- Living comedor
- Cocina
- Dormitorio principal con baño
- Tres dormitorios secundarios
- Segundo baño
- Estar o escritorio

Se tomaron en consideración las condiciones particulares que entrega la experiencia de la inmobiliaria sobre la ubicación y relaciones entre cada recinto, con el terreno propio y la calle.



Se buscó desarrollar una unidad básica que permitiera su repetición en distintas configuraciones, formando conjuntos coherentes capaces de dar forma al espacio público, manteniendo la individualidad de cada casa.

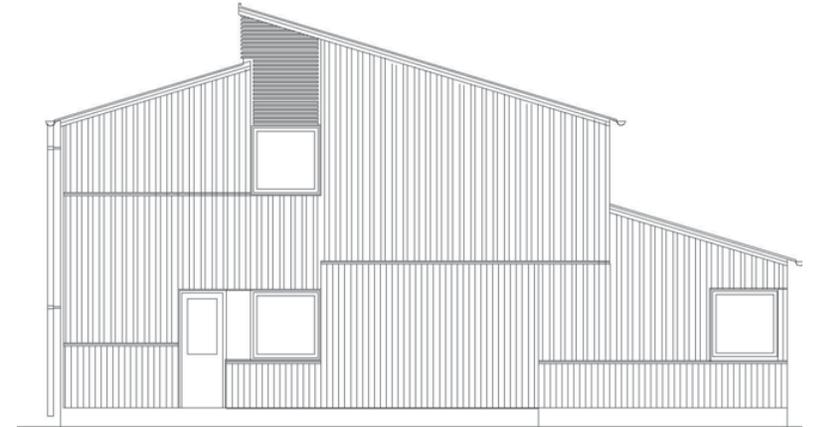
La casa tiene elevaciones laterales caracterizadas por el perfil de sus cubiertas, la sucesión de planos oblicuos individualiza la casa y otorga interés al escorzo de la calle.

Estas fachadas pintadas de color, conforman un manto que identifica a la casa como parte de un conjunto.

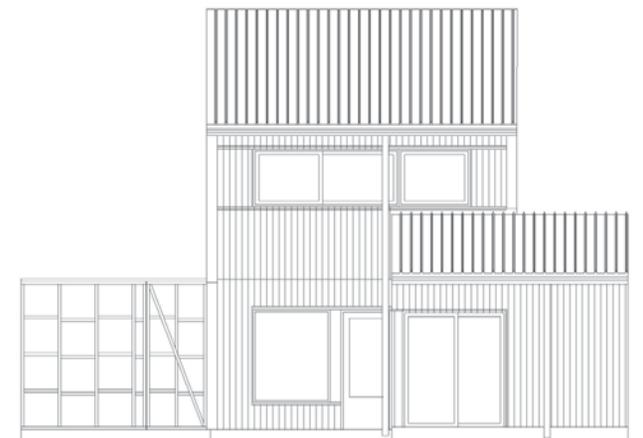
La fachada a la calle, concentra las ventanas de varios recintos y se ha trabajado como una máscara, pintada con colores vivos que permiten distinguir cada una de las casas.



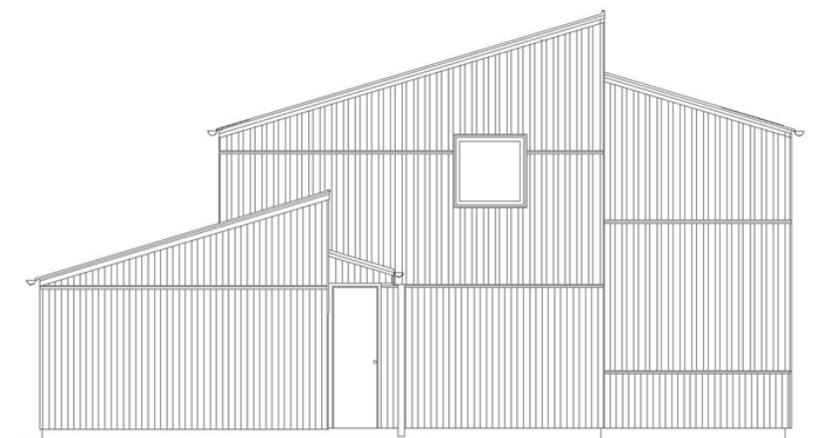
ELEVACIÓN SUR - CALLE



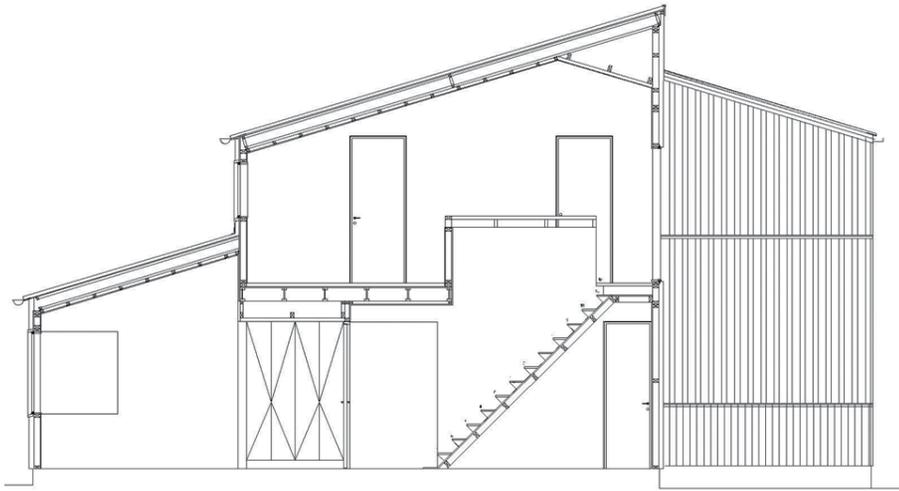
ELEVACIÓN ORIENTE



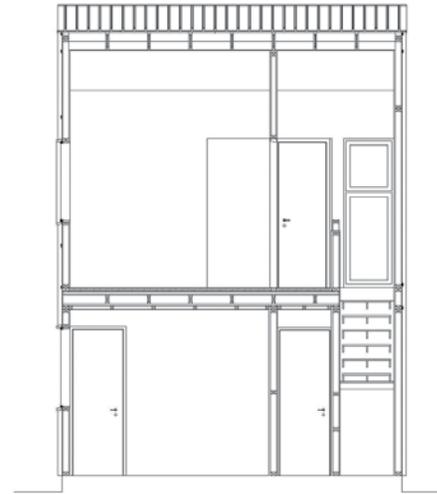
ELEVACIÓN NORTE



ELEVACIÓN PONIENTE



CORTE B - B



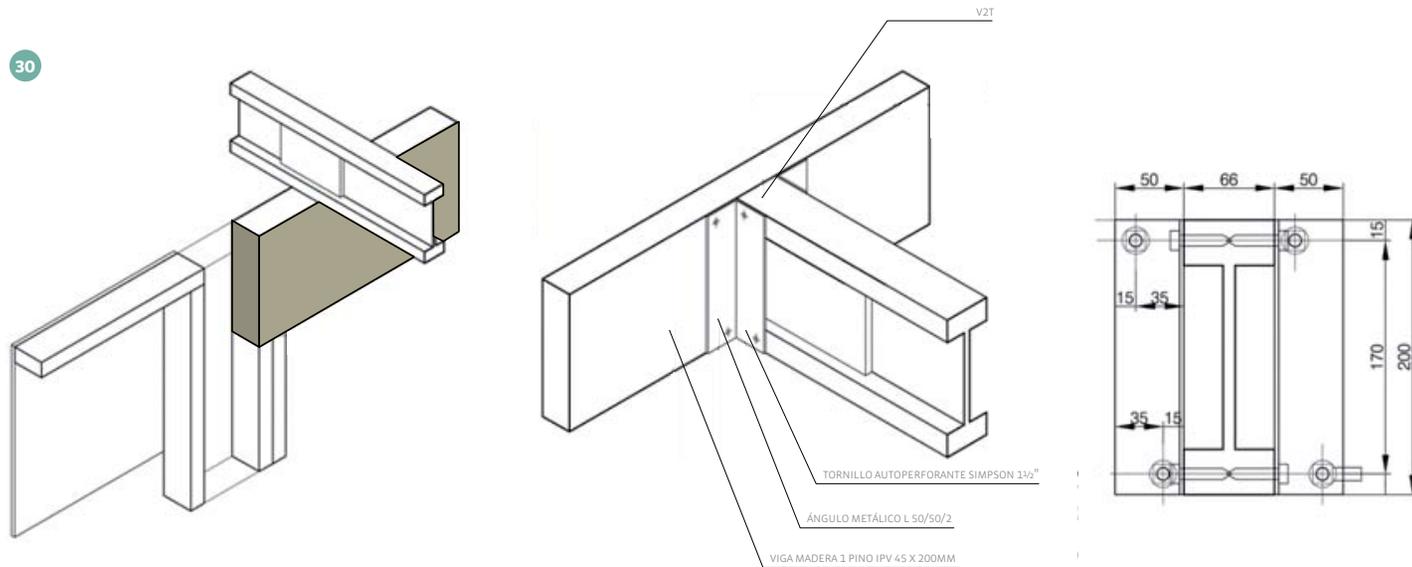
CORTE A - A

El uso del muro ventilado caracteriza el prototipo, se trabajó tanto la expresión de la casa como resultado de su construcción así como los aspectos medioambientales de manera de potenciar las ventajas climáticas que la envolvente ventilada ofrece.

Para los aspectos medioambientales se aprovechan tanto las características aislantes del muro, así como la posición de los vanos de acuerdo a la orientación de las casas y su relación con los vecinos y el espacio público de la calle.

Figura N°30: Principales componentes estructurales de envigado y sus uniones.

30



PAQUETE INDUSTRIAL PROTOTIPO TEMUCO

El paquete industrial del Prototipo Temuco requiere 29,81 m³ para su ejecución en industria.

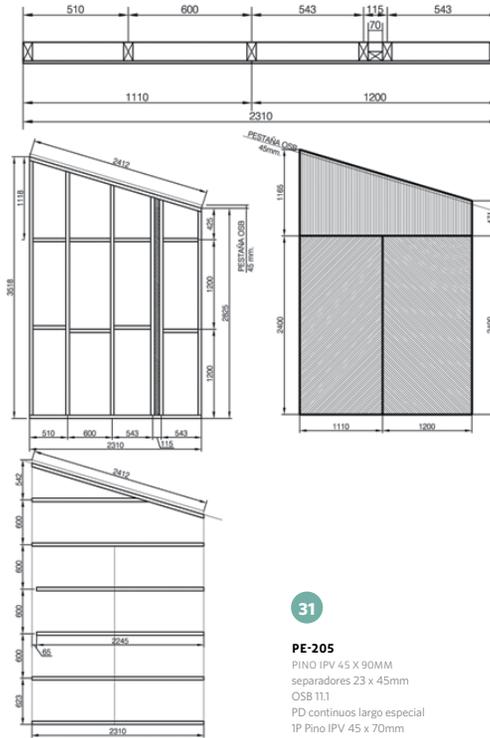
Se compone de:

- 34 paneles exteriores, equivalentes a 20.06 m³ de madera y 169 m² de muro.
- 25 paneles interiores, equivalentes a 6,25 m³ de madera y 74.24 m² de muro.
- 20 vigas doble T, 81,46 ml en la estructura de entrespiso.
- 19 vigas doble T, que equivalen a 90,96 ml.
- 101 piezas sueltas, 0,89 m³, que corresponden a cadenas, riostras, soleras de amarre y montaje, etc.
- 1 viga de madera laminada

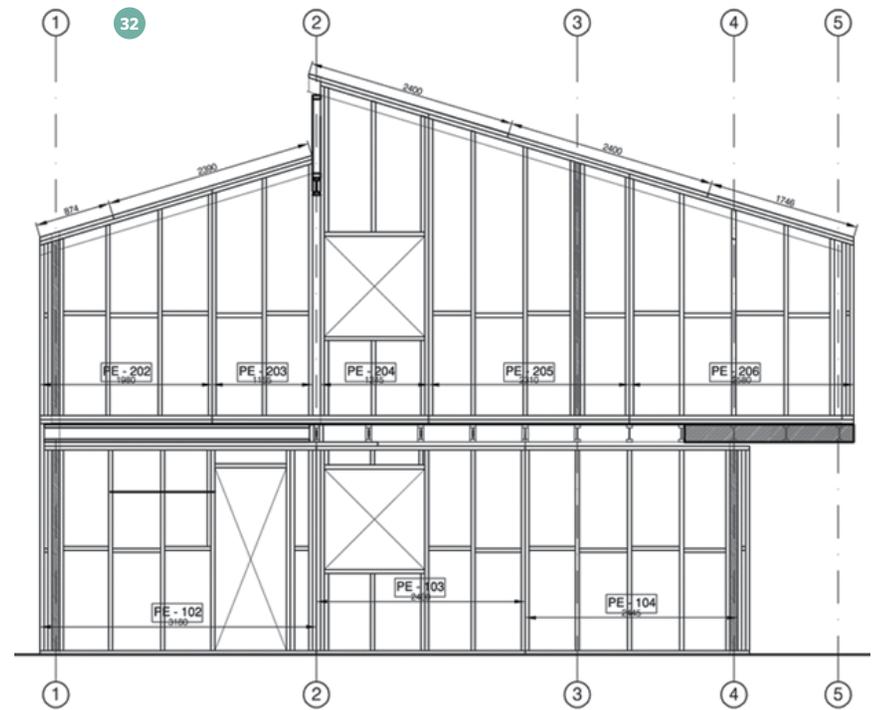
Figura N° 31: Planimetría utilizada para la fabricación de cada uno de los paneles que conforman los muros. Cada panel está individualizado por la sigla correspondiente con sus especificaciones particulares.

Figura N° 32: Las elevaciones estructurales señalan el lugar de colocación de cada uno de los paneles indicando los puntos críticos de unión con los otros componentes prefabricados.

Figura N° 33 y N°34: Proceso de montaje de los paneles en obra previo a la colocación de revestimientos.

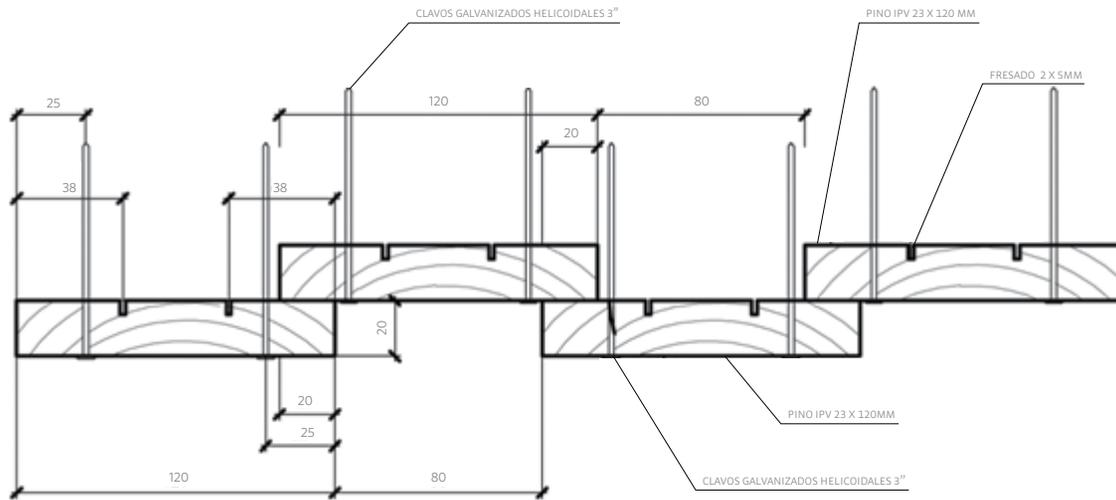


31
PE-205
 PINO IPV 45 X 90MM
 separadores 23 x 45mm
 OSB 11.1
 PD continuos largo especial
 1P Pino IPV 45 x 70mm



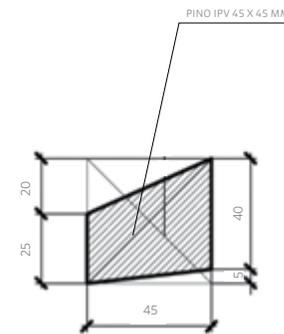
35

DETALLE ENTABLADO
ESCALA 1:2



36

DETALLE CELOSIA
ESCALA 1:2



El revestimiento de pino radiata, **Figura N°35**, de escuadría 1x6", con un traslapo de 20 mm y ranuras para evitar el curvamiento y alabeo, es fijado a la estructura a través de clavos galvanizados helicoidales de 3".

La celosía de 2x2", **Figura N°36 a N°39** se ha trabajado por una parte como un dispositivo de control lumínico necesario para el buen desempeño de la vivienda, y por otra, como una herramienta de diseño de fachada, que acentúa la lectura volumétrica y permite reconocer la intersección de los cuerpos a través de su envolvente.

Respecto al manejo de las aguas lluvias, se trató con especial cuidado los detalles de hojalatería, **Figura N°40**, los cuales fueron incorporados desde un comienzo en el diseño de las fachadas de la vivienda, haciendo visibles los cambios en la materialidad de los revestimientos y contrapesando las líneas verticales del entablado.

37



38



39



40



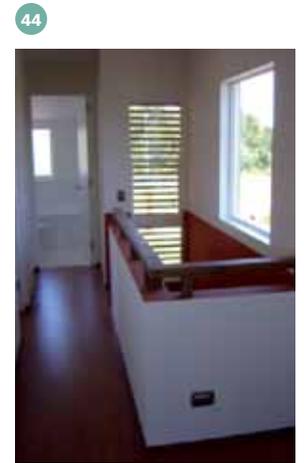
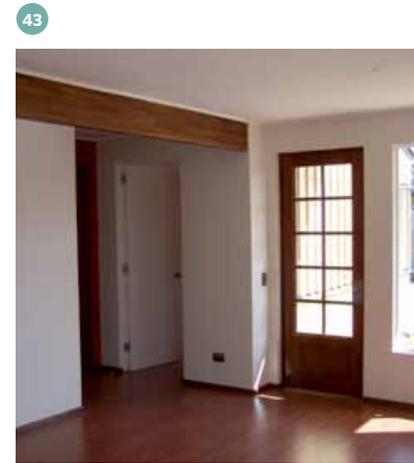
PROTOTIPO TEMUCO

J.1 J.2 J.3 J.4 J.5 J.6

Figura N°41 y N°42: Vistas exteriores de la vivienda terminada.

Figura N°43 y N°44: Vistas interiores de la vivienda terminada.

Figura N°45: Instalación de hojalaterías y revestimientos sobre los montantes de la cámara ventilada, incorporados previamente al panel prefabricado.





PROTOTIPO TEMUCO

RESULTADO R 11

Sistema de Seguimiento y Control de Conicyt Proyecto D0311020

PROTOTIPO PUERTO MONTT

J.1 J.2 J.3 J.4 J.5 J.6

FICHA TÉCNICA

ARQUITECTOS

Juan Ignacio Baixas F.
Enrique del Río O.

CONSTRUCTORA

Sociedad Constructora Rauch LTDA.
Paquete industrial
Empresas Fourcade S.A.

SUPERFICIE

102 m²

UBICACIÓN

Loteo Valle Volcanes
Puerto Montt
X Región

PROPIETARIO

Inmobiliaria Fourcade S.A.

AÑO EDIFICACIÓN

Oct. 2006 – Enero 2007

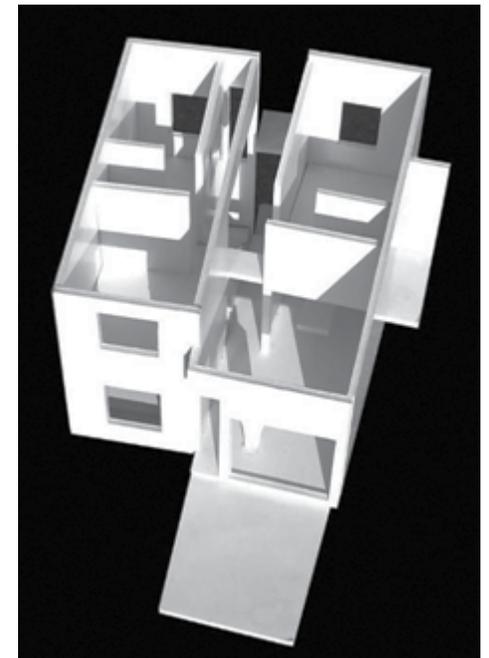
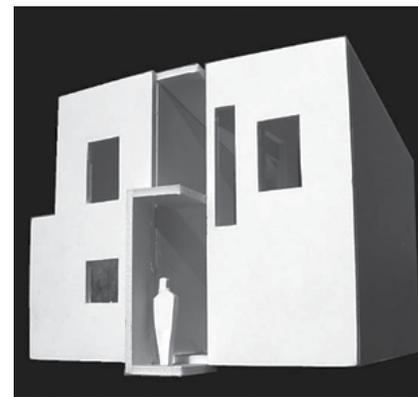
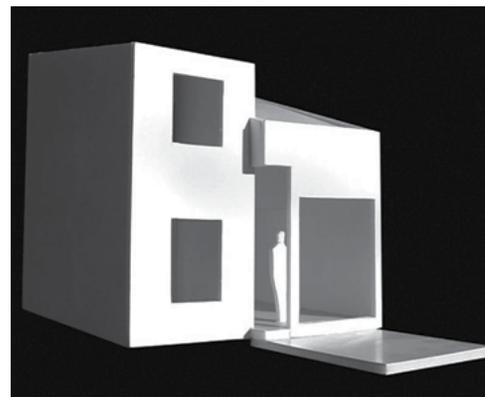
ZONA CLIMÁTICA

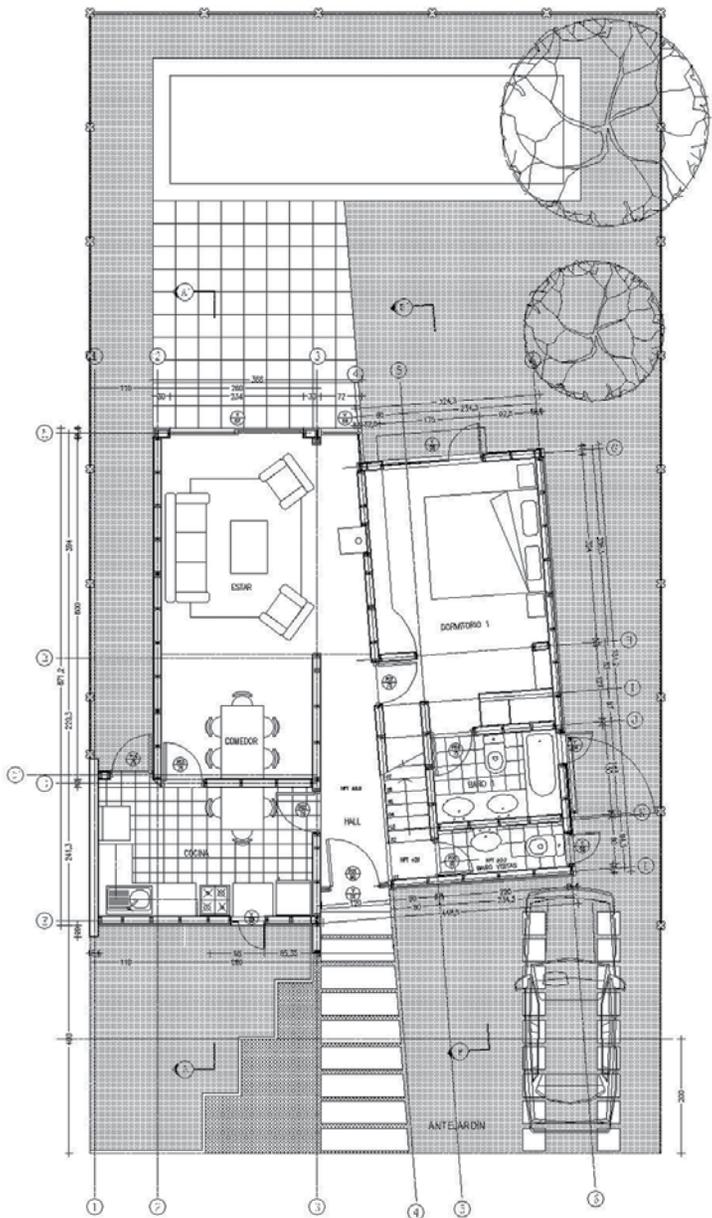
“Sur Litoral”
NCh 1079 Of 77

PUERTO MONTT

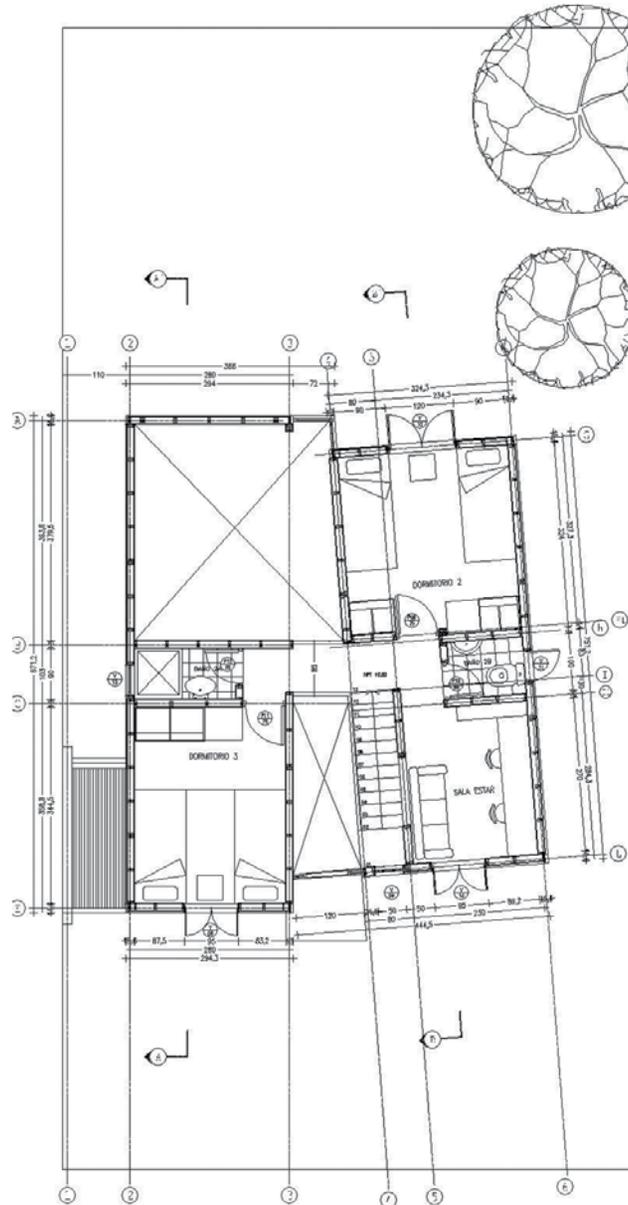
(41°30' S, 73°06' W, altura: 85 m).

Esta zona se caracteriza por la presencia de abundantes lluvias y frecuentes bajas temperaturas. El período caluroso del año es corto con moderada radiación solar. Abundantes ríos y lagos generan microclimas. Vientos predominantes S y SW en verano y N en invierno. Ambiente húmedo.





PLANTA PRIMER PISO



PLANTA SEGUNDO PISO

El prototipo se emplaza en un conjunto que adquiere la dimensión de un pequeño barrio, un barrio para familias de ingresos medios. El prototipo mencionado se planteó como una alternativa a los modelos de la empresa con el siguiente programa:

TERRENO DE 10 X 20M

Primer piso

- Estar – comedor
- Cocina
- Dormitorio principal c/baño
- Recibo
- Baño visita

Segundo piso

- Dos dormitorios
- Baño
- Sala estudio

CONDICIONES

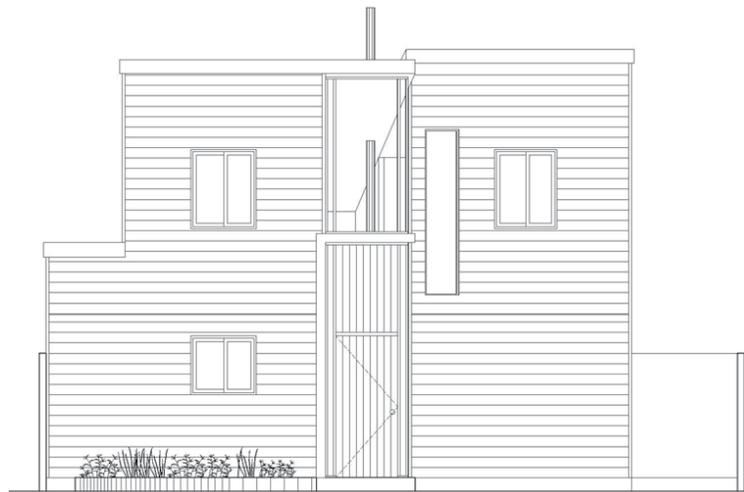
Tanto el estar como el dormitorio principal debían abrirse hacia el interior del sitio (no hacia la calle).

El encargo consideraba la necesidad de cambiar la percepción generalizada de la madera como un material no adecuado para viviendas.

Tal percepción, debería cambiarse, a largo plazo, construyendo con estándares de primer nivel que garantizan buena duración, confort, bajo gasto energético, etc. A un plazo más corto a través de una “buena arquitectura”, que cree condiciones espaciales y de usos que sean perceptibles como positivas.

Este segundo punto es el objetivo principal del diseño de este prototipo.

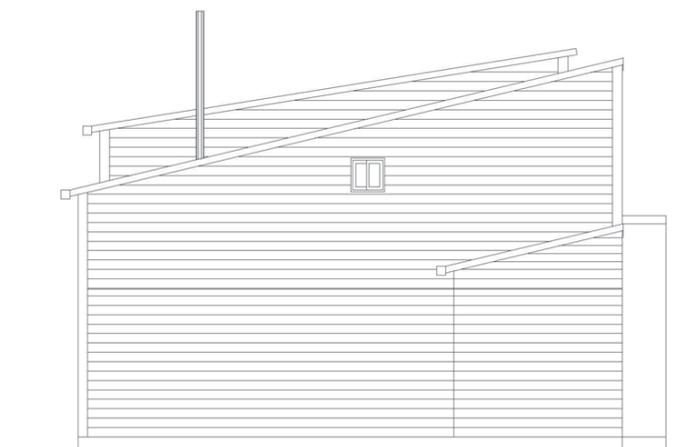
Para determinar las propiedades de esta “buena arquitectura” las hemos separado en unas que tienen que ver con el hecho de construir en madera y otras que no tienen que ver con tal hecho. Comenzaremos por las últimas.



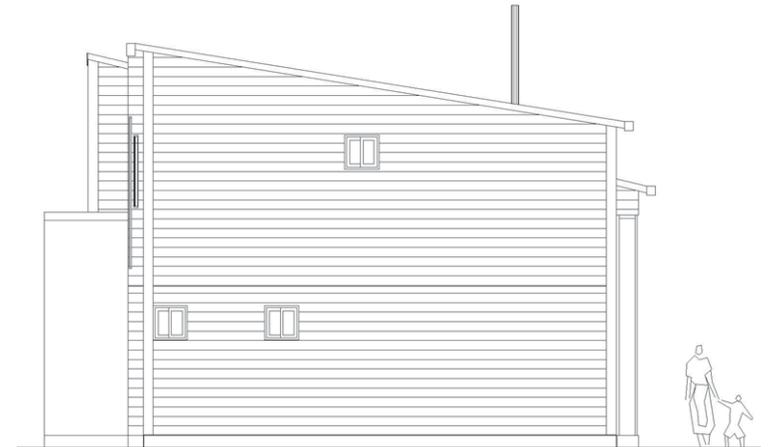
ELEVACIÓN SUR - CALLE



ELEVACIÓN ORIENTE

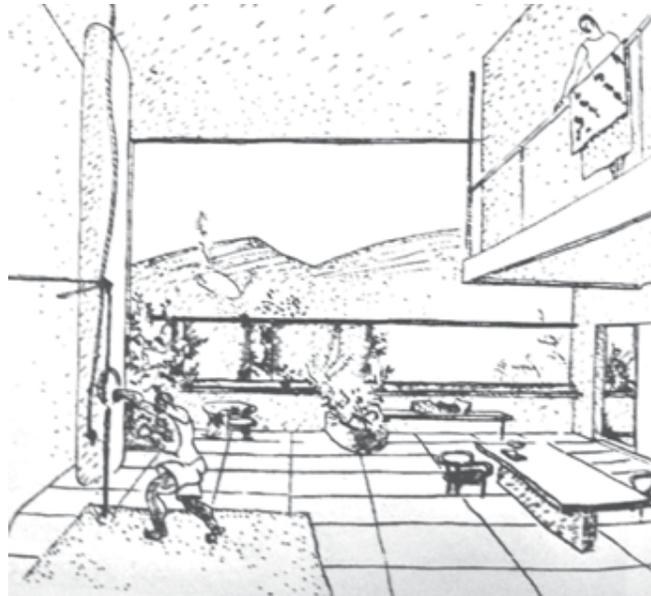
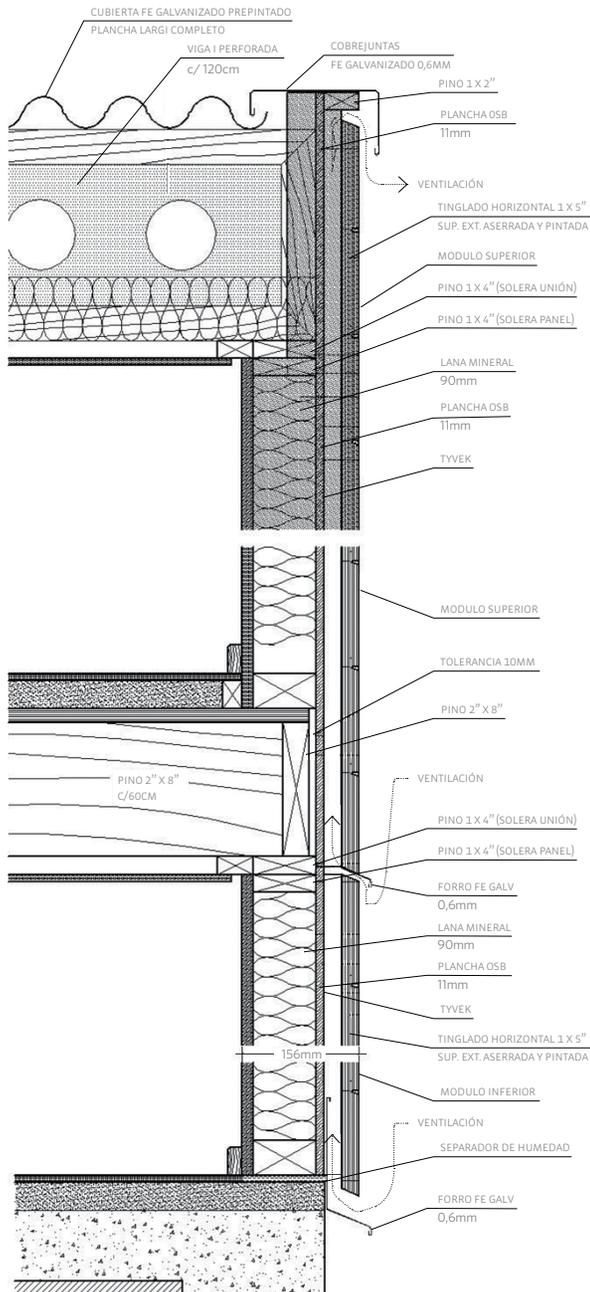


ELEVACIÓN NORTE



ELEVACIÓN PONIENTE

ESCANTILLÓN



PROPIEDADES DE LA ARQUITECTURA QUE NO ESTÁN RELACIONADAS CON LA MADERA:

A. LOGRAR UN BUEN ESPACIO INTERIOR:
Romper la monotonía propia de las casas de bajo costo que habitualmente tienen programas extensos de muchos recintos pequeños, privilegiando algunos espacios que tengan medidas de altura o de longitudes mayores.

Usar las entradas de luz para acentuar las condiciones de espacio.

Estudiar las orientaciones.

B. TRABAJAR EL ESPACIO EXTERIOR:
Logrando un buen uso del sitio, con un amplio jardín interior y los espacios principales relacionados con dicho jardín.

C. CONTRIBUIR A PRODUCIR UN ESPACIO URBANO DIGNO:
Constituyendo una espacialidad para la calle por medio de fachadas altas y de los espacios que ellas conforman.

Usar los colores como tema urbano. Para el prototipo, que es único, se prefirió el blanco como color de base. Algunos elementos de la fachada podrían ser personalizados por el propietario (color de la puerta de acceso).

PROPIEDADES DE LA ARQUITECTURA RELACIONADAS CON LA MADERA

Características no tectónicas de la construcción en madera:

D. Construcción liviana, prefabricada, y en seco, lo cual da ventajas de velocidad, economía, baja energía.

E. Conseguir buenas condiciones de habitabilidad y confort, propias de las características aislantes de la madera.

F. En relación al tema acústico se aplicaron soluciones para dar condiciones de aislamiento comparables a otros materiales especialmente en el piso del 2° nivel.

G. En relación al tema térmico, si bien la madera presenta evidentes ventajas de aislación en relación a otros materiales de construcción, su punto débil consiste en tener una baja inercia, lo cual se hace crítico cuando se trata de la protección del calor. Esto llevó a usar sistemas eficientes de ventilación en el techo.

Figura N°46:
Vista interior

Figura N°47:
Vista interior, acceso

Figura N°48:
Vista interior, doble altura

46



47



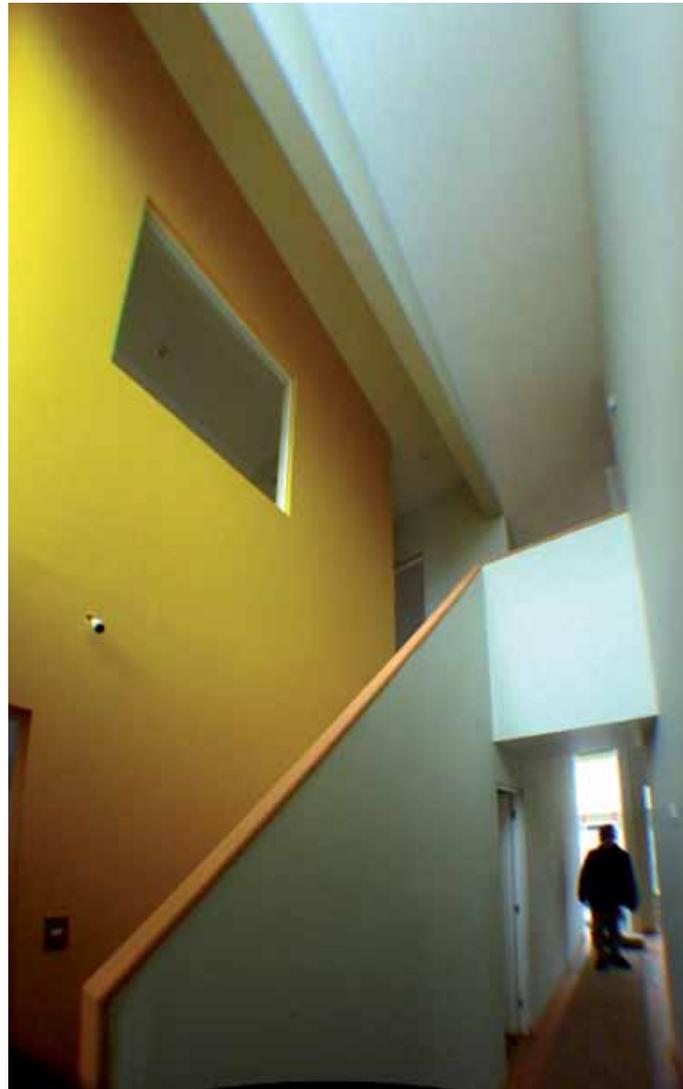
48



49



50



CARACTERÍSTICAS TECTÓNICAS DE LA CONSTRUCCIÓN EN MADERA:

Construcción en base a “cajas” constituidas por planos continuos (herencia del balloon framing) con ventanas a modo de perforaciones.

Usar las características de “mueble” de madera en el interior al tacto como a la vista.

Hacia el exterior se usó la madera pintada acusando sus texturas (corte aserrado) y las tramas de las uniones de los tinglados y de los paneles.

Se plantea también a futuro, el modo de resaltar las características de flexibilidad de la madera a lo largo del tiempo, proponiendo sistemas de ampliación o de mejoramiento.

Figura N°49:

Vista interior, acceso doble altura.

Figura N°50:

Vista interior escalera

PAQUETE INDUSTRIAL PROTOTIPO PUERTO MONTT

El paquete industrial del prototipo Puerto Montt requiere 37,55m³ para su ejecución en industria.

Se compone de

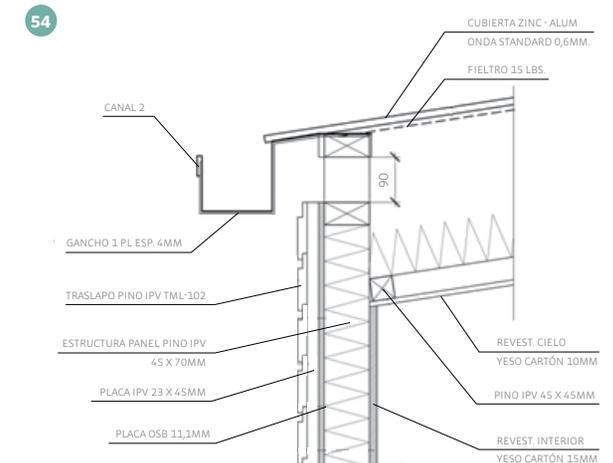
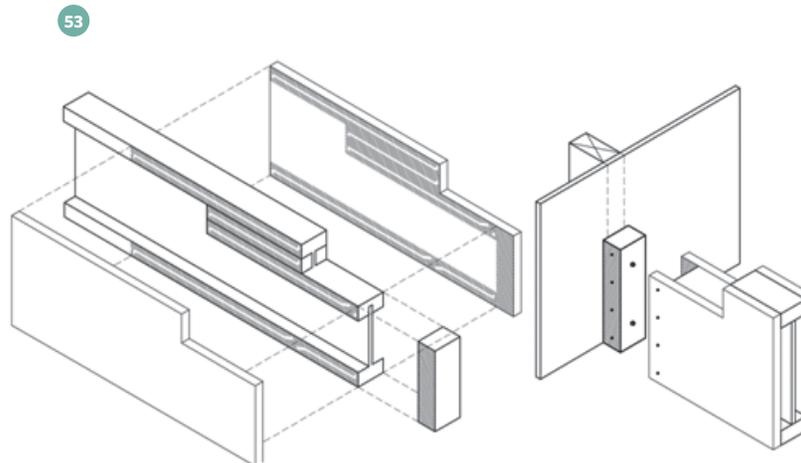
- 30 paneles exteriores, con 16,68 m³ de madera, 139,84 m² de muro.
- 25 paneles interiores, con 10,75 m³ de madera 106,37 m².
- 26 vigas doble T, 81,78 ml en la estructura de entrepiso.
- 23 vigas doble T, que equivalen a 80,75 ml.
- 191 piezas sueltas, 1,67 m³ que corresponden a cadenetes, riostras, soleras de amarre y montaje, etc.

Figura N°51: Vistas detalle de ventana de esquina, terminada la etapa de montaje de los componentes prefabricados.

Figura N°52: Vista del detalle terminado.

Figura N°53: En la techumbre de la vivienda fue necesario resolver en las vigas 2T una canal de recolección de aguas lluvias, y en el refuerzo de corte de la misma, una pieza de unión al muro.

Figura N°54: Detalle de la abertura del muro que permite la ventilación de la techumbre, escondida y protegida por la canal de aguas lluvia.





PROTOTIPO PUERTO MONTT

RESULTADO R 13

Sistema de Seguimiento y Control de Coni-
cyt Proyecto DO311020



INVESTIGACIÓN FONDEF DO611034 “LA BUENA CASA”:

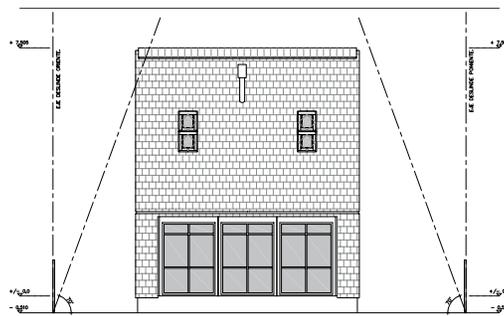
*APLICACIONES CONSTRUCTIVAS EN VIVIENDA,
EL CASO DE LOS PROTOTIPOS EN TRAIGUÉN.*

Los Prototipos de Vivienda para Traiguén, tienen la finalidad de aplicar algunos de los sistemas constructivos desarrollados en la Investigación Fondef DO611034 “La Buena Casa”, generando además una forma adecuada para cumplir con los requerimientos programáticos y de eficiencia energética propios de una vivienda ubicada en esta zona climática.

Utilizando los sistemas de loseta, envigado de madera -de buen comportamiento acústico y térmico para los pisos-, Muro envolvente 2x4 -con aislante y cámara ventilada para un buen desempeño térmico, durante invierno y verano respectivamente- y Cercha casetón, -también con aislante y cámara ventilada, para evitar el sobrecalentamiento a través de una estructura de techo flexible para hacer futuras ampliaciones- el proyecto verifica la necesidad y eficiencia de la prefabricación en la arquitectura en madera.

La forma de la vivienda, busca conseguir una envolvente continua que genere espacios intermedios -como logia y zaguán hacia el Sur e invernadero hacia el Norte- protegiendo al interior de las fuertes lluvias con viento de la zona, además de entregar una clara orientación: espacios servidores -logia, zaguán, hall de acceso, baños y cocina- con ventanas menores hacia el Sur y espacios servidos -estar, dormitorios e invernadero- con ventanas mayores hacia el Norte.

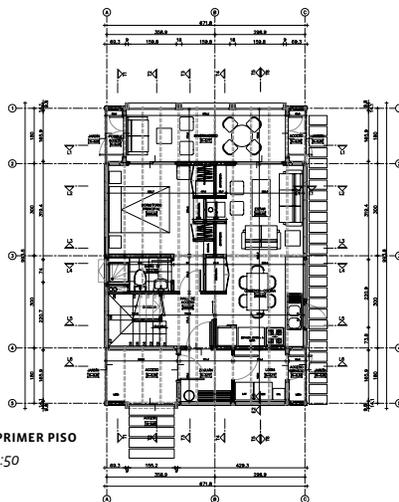




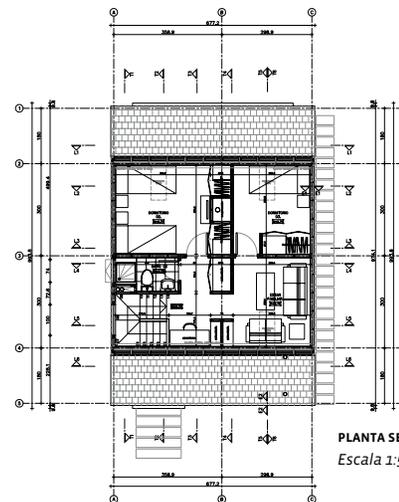
ELEVACIÓN NORTE



ELEVACIÓN ORIENTE



PLANTA PRIMER PISO
Escala 1:50



PLANTA SEGUNDO PISO
Escala 1:50

FICHA TÉCNICA

PROYECTO
2009

CONSTRUCCIÓN
Enero 2010 - julio 2010;

UBICACIÓN
Coronel Gregorio Urrutia 863
Traiguén, IX región de la Araucanía, Chile,
38°S, 72°W. 175msnm

ZONA CLIMÁTICA
"Sur Interior"

SUPERFICIE DEL TERRENO
312,5m²
SUPERFICIE DEL PROYECTO
95m²

PRESUPUESTO
17 UF/m²
SISTEMAS CONSTRUCTIVOS CIDM
Envigado - Hormigón, Muro envolvente 2x4
y Cercha caseton

TRANSMITANCIA TÉRMICA U= 0,58 W/m² k;
DEMANDA DE ENERGÍA 68 kWh/m² año;
PROPIETARIOS Procluster de la Araucanía:

PROYECTO DE ARQUITECTURA
Paula Martínez, Rodrigo Cepeda, Rafaela
Behrens, Manuel Brahm, Gonzalo Escobar,
Andrés Sierra, Juan José Ugarte.

PROYECTO DE CÁLCULO ESTRUCTURAL
Juan Acevedo
PROYECTO ELÉCTRICO Bernardo Poblete;
PROYECTO GAS alcantarillado y agua pota-
ble: Francisco Rojas.
EMPRESA CONSTRUCTORA Carlos González
CERTIFICACIÓN DECON UC.

INVESTIGACIÓN FONDEF D0611034 “LA BUENA CASA”

APLICACIONES CONSTRUCTIVAS EN VIVIENDA, CASA BROTEC, CIUDAD DEL SOL, COMUNA PUENTE ALTO, SANTIAGO-CHILE.

La Casa Brotec, corresponde a un prototipo de vivienda unifamiliar, que utiliza paneles prefabricados de madera. Se basa en la utilización del sistema constructivo denominado MODARQ, diseñado por los arquitectos Juan Baixas y Mario Ubilla. Dicho sistema permite el diseño flexible de diversas tipologías arquitectónicas. La cualidad principal del sistema es su simplicidad ya que se basa en una modulación estandarizada en plantas repetidas de 3x3.10m que pueden crecer en planta y altura.

La vivienda Brotec también fue pensada utilizando esta lógica, la que resultó factible para este modelo de 103 m² con segundo piso. Es una vivienda unifamiliar que posee tres dormitorios, escritorio, estar separado del comedor, variados espacios de guardado y tres baños. Como atributo espacial considera una doble altura y distanciamientos medidos en perspectivas o vistas diagonales superiores a los 8 metros, lo que permite una percepción de amplitud y confort.

Considera ventilación interna en muros y cruzada en el cielo, específicamente bajo la techumbre, lo que permite bloquear la radiación directa transmitida a través de las placas.

Se han diseñado en base al mismo sistema modular, viviendas, sala cunas y jardines infantiles.





FICHA TÉCNICA

PROYECTO
2010

UBICACIÓN
Puente Alto, Santiago Chile.

SUPERFICIE DEL TERRENO
170 M2

SUPERFICIE DEL PROYECTO
Vivienda 103 M2

PRESUPUESTO
Vivienda 2050 UF

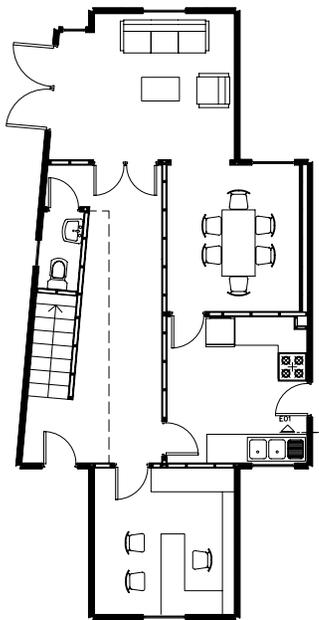
SISTEMAS CONSTRUCTIVOS CIDM
MODARQ, Muro Envolvente FONDEF 1

TRANSMITANCIA TÉRMICA
71 kWh/M2 año

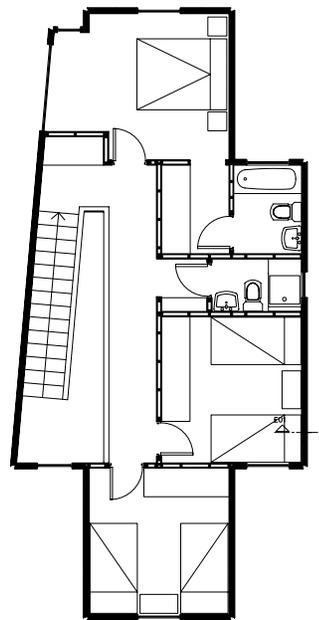
PROYECTO DE ARQUITECTURA
Mario Ubilla, Juan Baixas

PROYECTO DE CÁLCULO ESTRUCTURAL
Juan Acevedo
Constructora: BROTEC ICAFAL

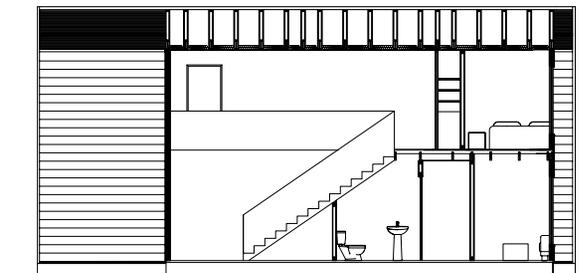
INSPECCIÓN TÉCNICA
Decon UC



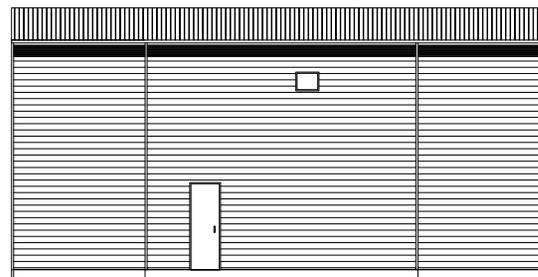
PLANTA PRIMER PISO



PLANTA SEGUNDO PISO



CORTE TRANSVERSAL



ELEVACIÓN NOR-ORIENTE

K

ENSAYOS

Hernán Santa María | Rafael Riddell

K.1. ENSAYO MECÁNICO

- Ensayos de compresión
- Ensayos monotónico de Corte puro
- Ensayo cíclico de Corte puro
- Ensayo monotónico de Corte – flexión
- Ensayo de Flexión transversal
- Ensayo de Impacto
- Sistema de techo tipo casetón
- Flexión de entresijos

K.2 ENSAYOS DE FUEGO

- Ensayos de Resistencia al fuego
- Ensayos de Reacción al fuego

K.3 ENSAYOS DE HUMEDAD

K.4 ENSAYOS ACÚSTICOS

K.5 PRODUCTOS INCLUIDOS EN LA ENVOLVENTE

K.6 EMPRESAS E INSTITUCIONES RESPONSABLES DE LOS TESTEOS

Para estudiar el comportamiento de los muros envolventes verticales se realizaron experimentos en las áreas bajo estudio: propiedades mecánicas, de fuego, acústicas, térmicas y de humedad. El programa de ensayos consistió de varias etapas:

ETAPA I DE ENSAYOS MECÁNICOS, se realizan ensayos mecánicos a 15 muros. Todos los muros tenían el mismo revestimiento exterior, pero tenían dos tipos de placas arriostrantes (contrachapado y placa de OSB), y diferente espaciamiento de los pie derecho (40 ó 60 cm).

ETAPA II DE ENSAYOS MECÁNICOS producto de la evaluación de los resultados de ensayos mecánicos de la etapa I se decidió usar placa de OSB como placa arriostrante y pie derecho espaciados a 60 cm. Se realizaron ensayos a 27 muros con tres revestimientos exteriores diferentes.

ETAPA III DE ENSAYOS DE FUEGO se realizaron ensayos de resistencia al fuego a 15 muros y de reacción al fuego a 75 probetas.

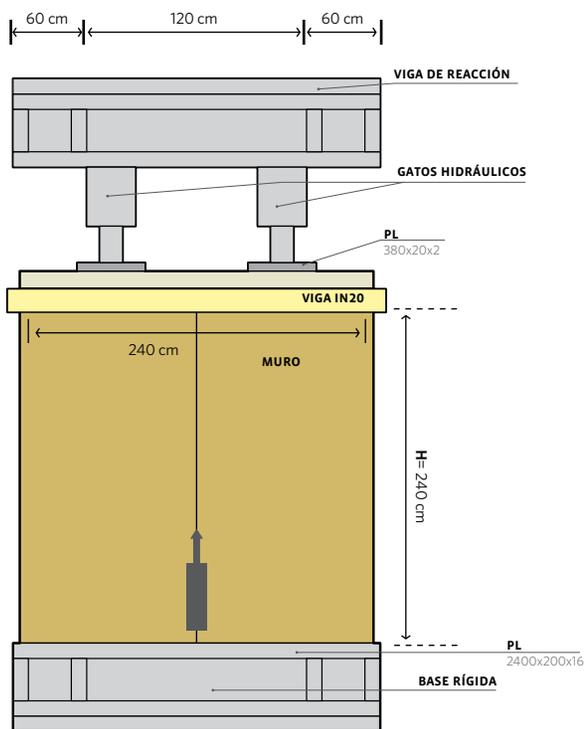
ETAPA IV DE ENSAYOS TÉRMICOS se realizaron ensayos térmicos a 5 muros.

ETAPA V DE ENSAYOS ACÚSTICOS se realizaron ensayos acústicos a 5 muros con revestimientos diferentes.

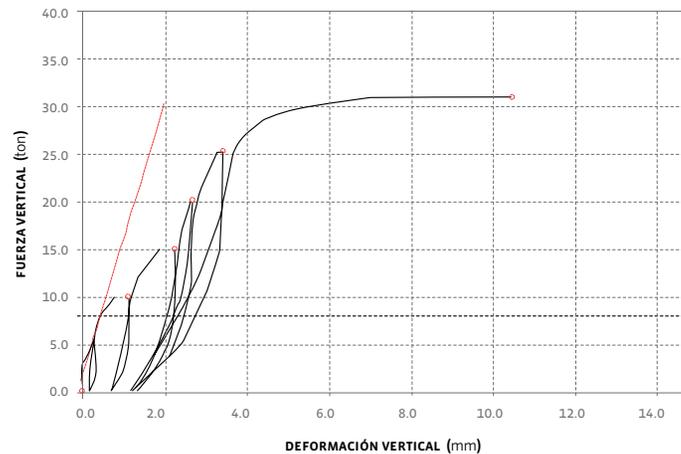
Tabla ensayos realizados a muros y probetas

ENSAYOS MECANÁNICOS	ETAPA	NÚMERO DE MUROS O PROBETAS
Ensayos Mecánicos		
Ensayo de compresión.	I	5
Ensayo monotónico de corte puro.	I y II	7
Ensayo cíclico de corte puro.	II	3
Ensayo monotónico de corte-flexión.	I y II	7
Ensayo de flexión transversal.	I	5
Ensayo de impacto.	II	12
Ensayos de fuego		
Ensayos de humedad.	IV	9
Ensayos térmicos.	IV	3
Ensayos acústicos.	V	9

1



2



3



ENSAYOS DE COMPRESIÓN

Este es un ensayo que permite determinar la fuerza vertical que puede resistir un panel del muro envolvente. El ensayo se realizó usando la norma chilena NCh 801. Of.2003. "Paneles. Ensayo de Compresión." y consiste en aplicar una fuerza axial de compresión al panel, como se ve en la **Figura N°1**, hasta que se produzca la falla. La fuerza se aplica en ciclos de carga y descarga como se ven en la curva fuerza-desplazamiento axial de la **Figura N°2**.

Fueron ensayados cinco paneles de 240x240 cm con las siguientes características:

REVESTIMIENTO EXTERIOR: tinglado madera con molduras verticales de 19 x 114 mm.
Estructura: pie derecho espaciados a 40 ó 60 cm.

PLACA ARRIOSTRANTE EXTERIOR: dos paneles con contrachapado, don paneles con placa OSB, y un panel sin placa arriostrente.

La falla se produjo por pandeo de los pie derecho de los extremos de los paneles, como se ve en la **Figura N°3**. El uso de pie derecho de 41 x 90 mm espaciados a 60 cm es factible, con factor de seguridad a la falla del orden de 5 a 6.

ENSAYOS MONOTÓNICO DE CORTE PURO

Este ensayo permite determinar la fuerza horizontal paralela al muro envolvente, producto del viento o sismo, que puede resistir un muro envolvente, suponiendo que no falle el anclaje a la fundación. Se usó la norma chilena NCh 802.EOF70. "Arquitectura y Construcción. Paneles Prefabricados. Ensayo de Carga Horizontal." y consiste en aplicar una fuerza horizontal empujando la solera superior, como muestra el esquema de la **Figura N°4**, pero usando un tensor de acero para impedir que el pie derecho del lado del empuje se levante, como se ve, en la **Figura N°6**. La fuerza se aplicó en ciclos de carga y descarga, como se ve en la **Figura N°5** en la curva fuerza lateral-desplazamiento lateral medida, hasta que se produce la falla del panel.

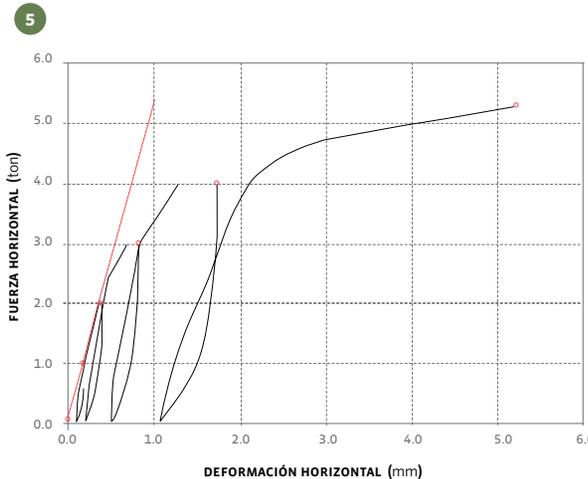
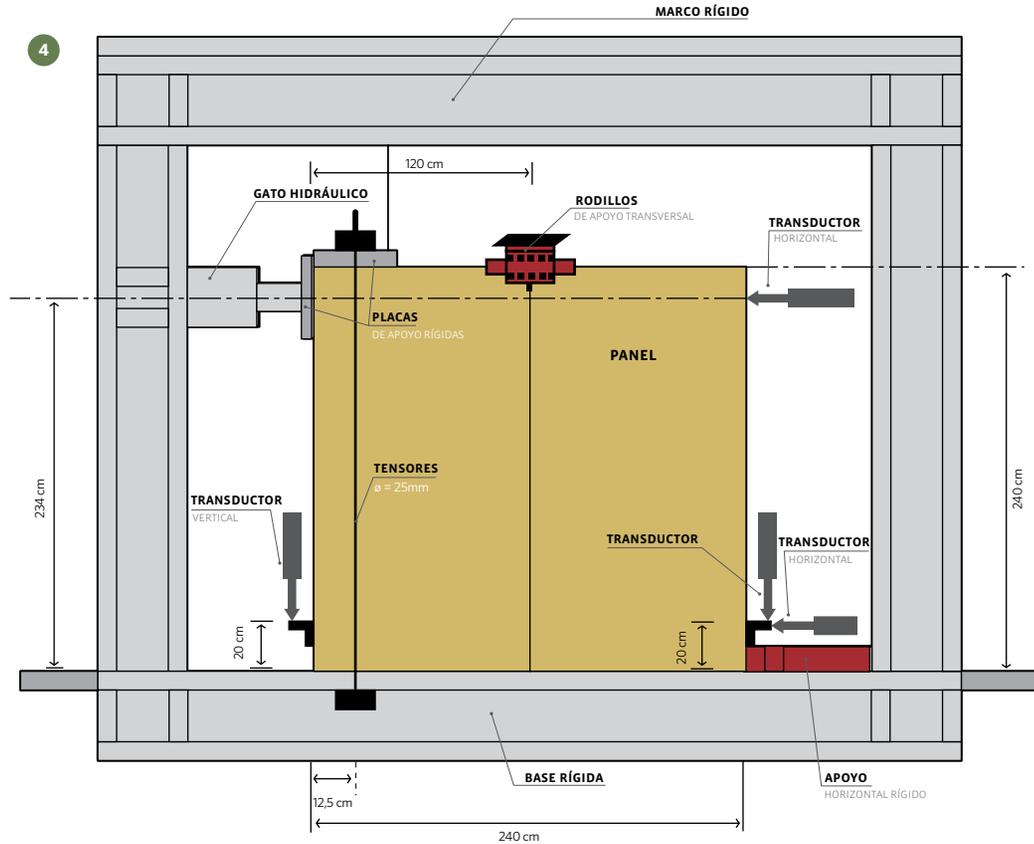
Fueron ensayados siete paneles de 240x240 cm con las siguientes características:

REVESTIMIENTO EXTERIOR: cinco paneles con tinglado madera con molduras verticales de 19x114mm, uno con placa tipo smartpanel, y uno con mortero cemento.

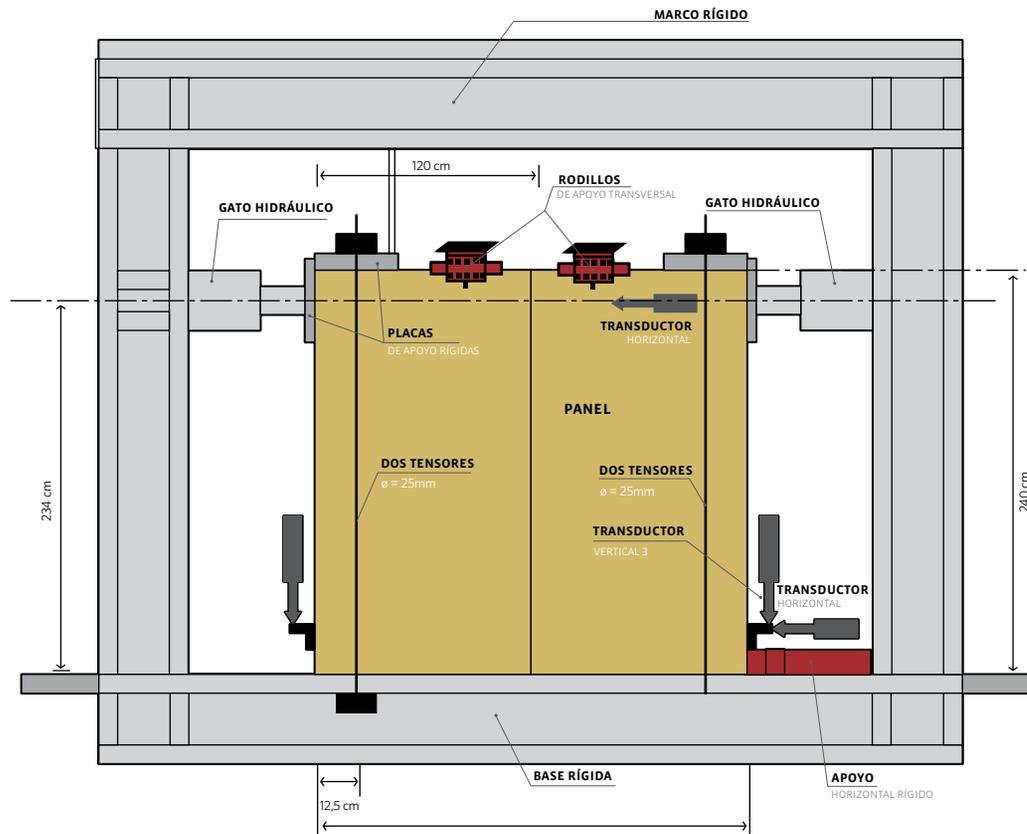
ESTRUCTURA: tres muros con pie derecho espaciados a 40 cm y cuatro con pie derecho a 60 cm.

PLACA ARRIOSTRANTE EXTERIOR: dos muros con contrachapado, cuatro muros con placa OSB y un muro sin placa.

Los paneles fallaron por desplazamiento transversal excesivo del pie derecho opuesto al punto de aplicación de la carga. Se concluye que el panel sin placa arriostrente es considerablemente más débil que los paneles con placa, por lo que no se recomienda su uso. La resistencia de los paneles con pie derecho a 40 cm con placa, es levemente superior a los muros con pie derecho a 60 cm, pero las diferencias de capacidad máxima son muy pequeñas.



7



ENSAYO CÍCLICO DE CORTE PURO

Este ensayo permite determinar la fuerza horizontal producto de solicitaciones cíclicas de carga en un sentido-descarga-carga en sentido opuesto, como los sismos, que puede resistir un Muro Envolvente. También permite evaluar si los procesos de carga en sentidos opuestos producen deterioro de los paneles. Se usó la norma chilena NCh 802. EOF70. “Arquitectura y Construcción. Paneles Prefabricados. Ensayo de Carga Horizontal.”, pero agregando un segundo actuador, lo que permite aplicar la fuerza horizontal en ambos sentidos, como se ve en el esquema de la Figura N°7 y en la fotografía de la Figura N°9.

Se agrega también un segundo tensor para evitar el levantamiento de los dos pie derecho extremos. La fuerza se aplicó en ciclos de carga en un sentido-descarga-carga en sentido opuesto, como se ve en la Figura N°8 en la curva fuerza lateral-desplazamiento lateral medida, hasta que se produce la falla del panel.

Fueron ensayados tres paneles de 240x240 cm con las siguientes características:

REVESTIMIENTO EXTERIOR: Un panel con tinglado madera de molduras verticales de 19 x 114 mm, uno con placa tipo smartpanel, y uno con mortero cemento.

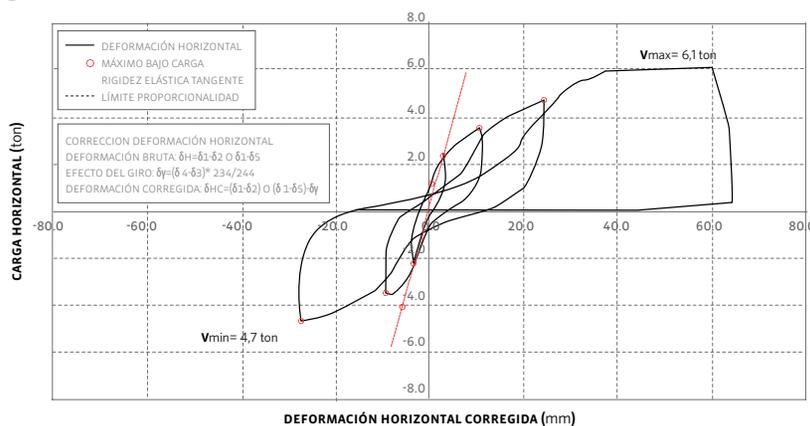
ESTRUCTURA: Pie derecho a 60 cm.

PLACA ARRIOSTRANTE EXTERIOR: Placa OSB de espesor 11,1mm.

No se observa diferencia en la resistencia máxima al comparar con los muros ensayados monotónicamente.

8

ENSAYO DE CARGA HORIZONTAL CORTE PURO CURVA CARGA HORIZONTAL VS DEFORMACIÓN HORIZONTAL T240/60-0-CC



9



ENSAYO MONOTÓNICO DE CORTE – FLEXIÓN

Este ensayo permite evaluar el comportamiento del anclaje del Muro Envolvente a la fundación al ser sometido a fuerzas horizontales paralelas a él producto de sismos o viento. Se usó la norma NCh 802.EOF70. “Arquitectura y Construcción. Paneles Prefabricados. Ensayo de Carga Horizontal.” como referencia, pero se eliminó el tensor en el extremo cargado del muro envolvente para permitir que el anclaje trabaje, como se muestra en el esquema de la **Figura N°10**. La fuerza se aplicó en ciclos de carga y descarga, como se presenta en la curva fuerza lateral-desplazamiento lateral medida de la **Figura N°11**, hasta que se produce la falla del panel. Fueron ensayados siete paneles de 240x240 cm con las siguientes características:

REVESTIMIENTO EXTERIOR: Cinco muros con tinglado madera molduras verticales de 19 x 114mm, uno con placa tipo smartpanel, y uno con mortero cemento.

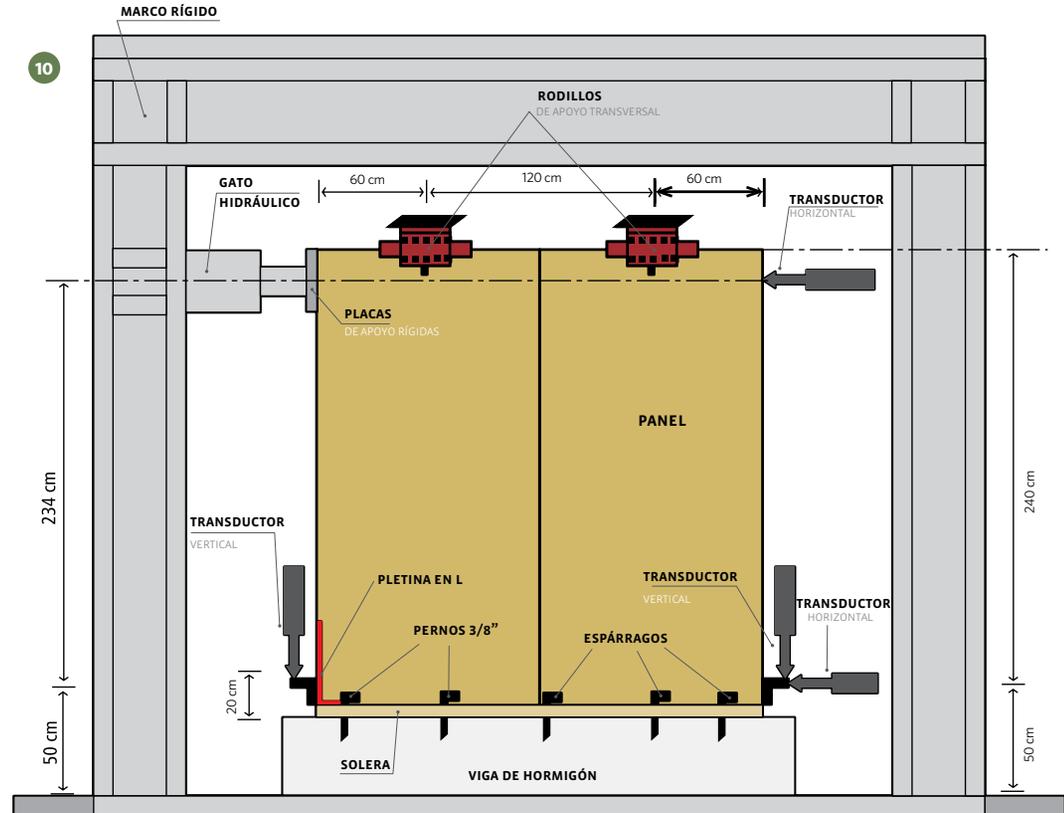
ESTRUCTURA: Tres paneles con pie derecho espaciados a 40 cm y cuatro con pie derecho a 60 cm.

PLACA ARRIOSTRANTE EXTERIOR: dos paneles con contrachapado de espesor 11 mm, cuatro paneles con placa OSB de espesor 11,1mm y un panel sin placa rigidizante.

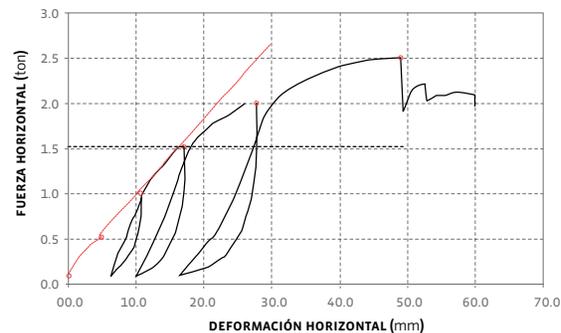
SISTEMA DE ANCLAJE: Se probaron varios sistemas de anclaje.

Se probaron cinco sistemas de anclaje y se eligió el más eficiente desde el punto de vista de la distribución de las fuerzas. El sistema preferido permite la falla casi simultánea de la solera inferior, de la unión de la placa OSB a la solera inferior y del perno de anclaje. La solución ideal se ve en la **Figura N°12** y consiste en el anclaje directo del pie derecho extremo a la solera inferior a la

fundación a través de un perno de 3/8” con hilo. Se usa una placa de 5 mm para unir la pletina en L al perno de anclaje, como muestra la **Figura N°12**. Este sistema se probó en tres paneles. Para el diseño de viviendas se debe considerar estos conectores especiales en los paneles que desempeñan la función de proveer resistencia sísmica.

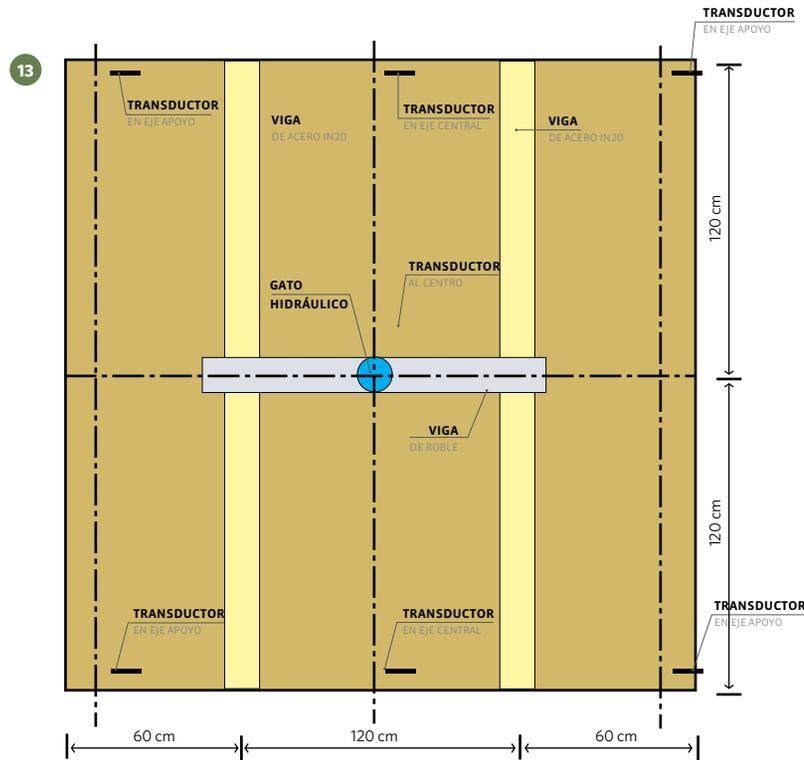


11



12





ENSAYO DE FLEXIÓN TRANSVERSAL

Este ensayo permite determinar la fuerza horizontal perpendicular al muro envolvente, producto del viento o sismos, que puede resistir un panel de la envolvente. Se usó la norma chilena NCh 803.Of2003. “Elementos de Construcción – Paneles – Ensayo de Flexión.”, aplicando una fuerza normal al plano del muro, como muestran el esquema de la **Figura N°13** y la fotografía de la **Figura N°14**. La fuerza se aplicó en ciclos de carga y descarga, como se ve en la **Figura N°15** en la curva fuerza lateral-desplazamiento lateral medida, hasta que se produce la falla del panel.

Fueron ensayados cinco muros de 240 x 240 cm con las siguientes características:

REVESTIMIENTO EXTERIOR: tinglado de molduras verticales de 19 x 114mm.

ESTRUCTURA: Pie derecho espaciados a 40 ó 60 cm.

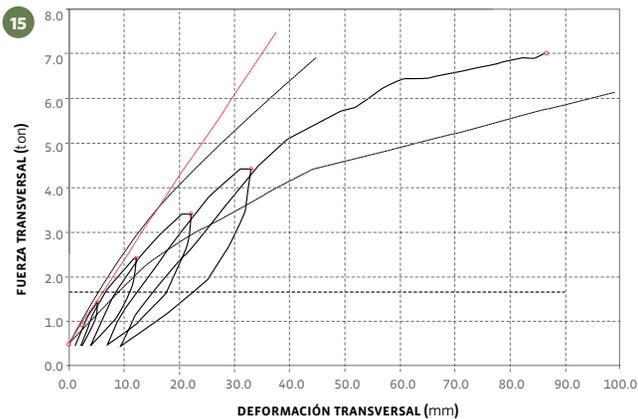
PLACA ARRIOSTRANTE EXTERIOR: Dos paneles con contrachapado de espesor de 11mm., dos paneles con placa OSB de espesor de 11,1mm., y un muro sin placa estructural.

Se observó que el factor de seguridad a la falla por viento en condiciones extremas resulta del orden de 3 a 4. La resistencia de paneles con pie derecho espaciados a 40 cm es similar a los paneles con pie derecho a 60 cm.

14



15



ENSAYO DE IMPACTO

Permite determinar la fuerza horizontal de impacto perpendicular que puede resistir un muro envolvente. Se usó la norma chilena NCh 804.Of2002. “Elementos de Construcción – Paneles – Ensayo de impacto”. Los paneles, de 120x240 cm y con las condiciones de apoyo que se ven en los esquemas de la **Figura N°16**, fueron golpeados con un saco que se dejó caer de alturas creciente, en la forma en que se ve en las **Figuras N°17 y N°18**. Por cada tipo de revestimiento (tinglado vertical de madera, placa Smartpanel y mortero cemento) fueron ensayados dos paneles con impactos en el paramento y dos paneles con impactos en el paramento interior, sobre la placa de yeso cartón.

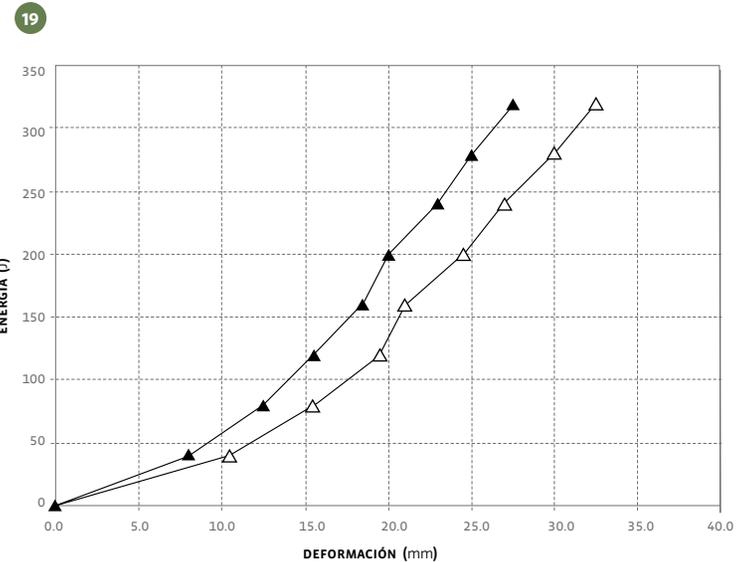
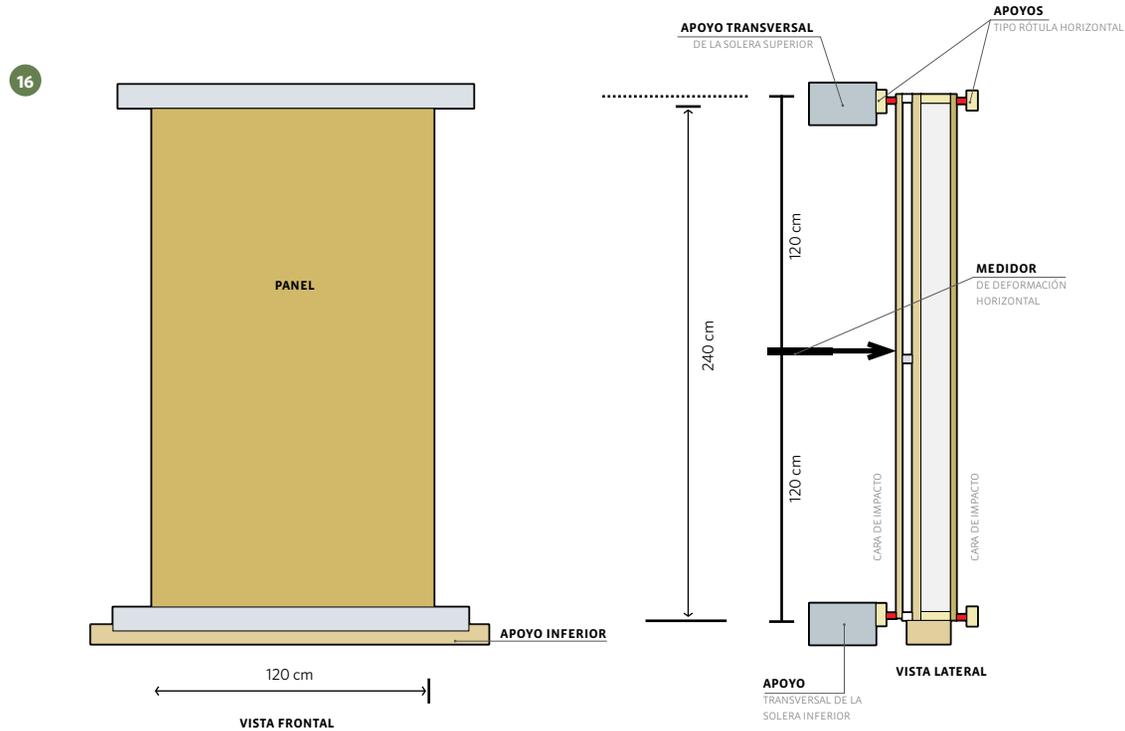
Fueron ensayados doce paneles de 120 x 240 cm con las siguientes características: Revestimiento exterior: 4 con tinglado de madera verticales de 19x114mm, 4 con placa tipo smartpanel, y 4 con mortero cemento.

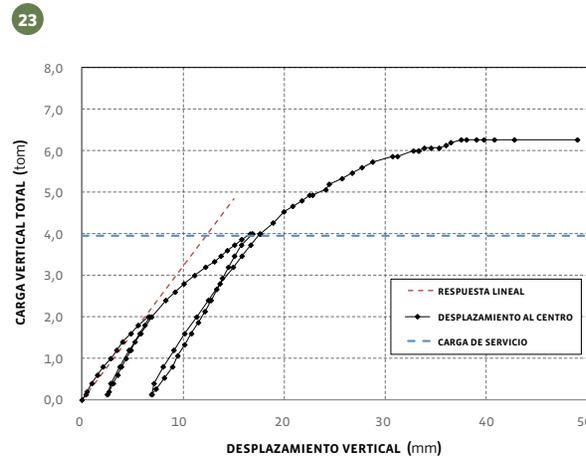
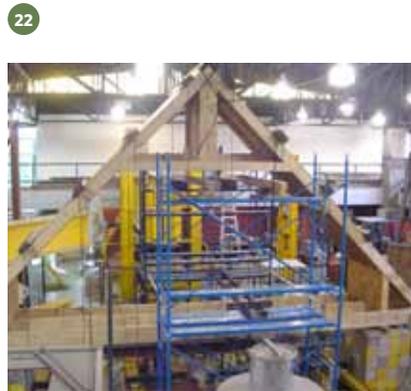
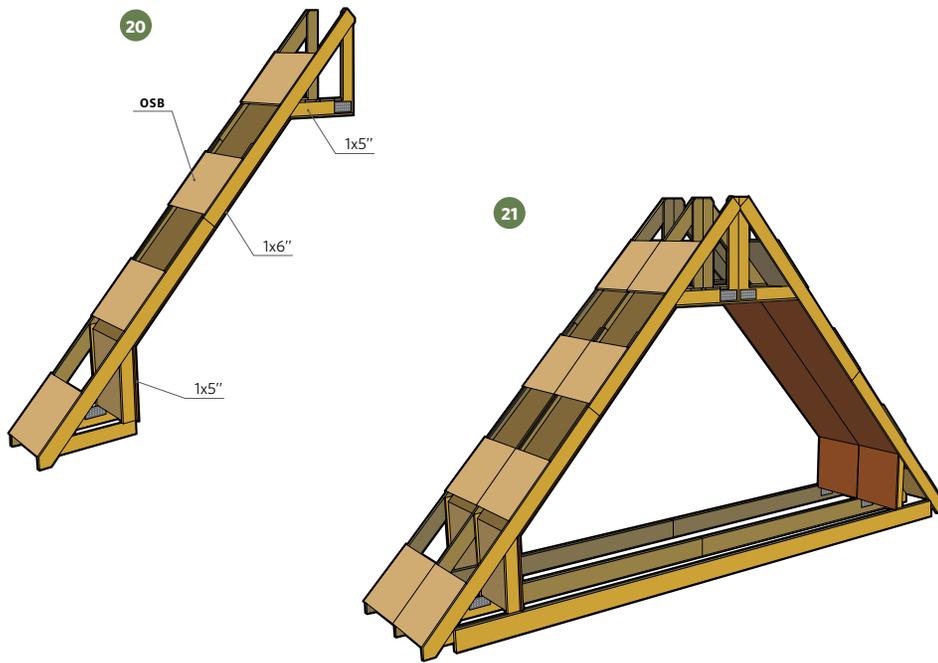
ESTRUCTURA: pie derecho a 60 cm.

PLACA ARRIOSTRANTE EXTERIOR: placa OSB de espesor de 11,1 mm.

En la **Figura N°19** se muestran dos curvas de deformación producido a diferentes niveles de energía aplicada a los muros.

Todos los revestimientos usados cumplen con las resistencias mínimas requeridas, medidas como el nivel de daño producido para niveles de energía del impacto definidos.





SISTEMA DE TECHO TIPO CASETÓN

El casetón ensayado corresponde a un diseño desarrollado durante el proyecto FONDEF D0611034.

El casetón está compuesto de dos planos con vigas inclinadas a 45° de pino de 22x138 mm y piezas de unión de pino de 22x120 mm, separados a 600 mm, unidos con placas arriostrantes de OSB de 11,1 mm ubicadas en la parte exterior e interior, formando medio casetón (Figura N°20). Juntando dos medios casetones se construye la cubierta de techo completa. La probeta está formada por 4 medios casetones, quedando de 1200 mm de ancho, como muestra la Figura N°21, y tiene 7,83 m de largo. Al ensamblar los elementos como muestra la Figura N°21 los planos resistentes verticales quedan conformados por piezas que suman 2" de espesor.

Los casetones se montan sobre vigas de piso de pino cepillado de 41x230 mm, que trabajan como tensores para impedir que las cerchas se abran al recibir cargas verticales, como se ve en la parte inferior de la Figura N°22. Las probetas fueron ensayadas simplemente apoyadas en una luz de 6,0 m.

Se realizaron dos ensayos en una probeta: ensayo de carga asimétrica, que consiste en cargar un agua de la probeta hasta una carga de servicio equivalente a 80 kg/m² normal al techo; carga simétrica vertical hasta una carga de servicio de 500 kg/m². El comportamiento es no lineal, produciéndose deformaciones residuales máximas no mayores que 7 mm para la máxima carga de servicio. La falla se produjo por el desclave de las uniones, lo que produce una falla dúctil. La Figura N°23 muestra en la curva medida carga vertical total – deflexión máxima al centro el comportamiento descrito.

El comportamiento del casetón fue adecuado, sin daño ni deformaciones excesivas en las conexiones ni en las piezas del casetón. Se alcanzaron altas cargas verticales de diseño: 500 kg/m² de carga básica de nieve con factores de seguridad a la falla igual a 2,0. Estas cargas permiten usar el casetón en todo el territorio nacional.

FLEXIÓN DE ENTREPISOS

Este ensayo permite evaluar la resistencia a flexión de un sistema de vigas y losas de entrepiso. Fue ensayado un sistema de entrepiso, con losa de hormigón armado reforzada con una malla electrosoldada tipo ACMA C92. En la **Figura N°24** se ve la sección típica del sistema de piso.

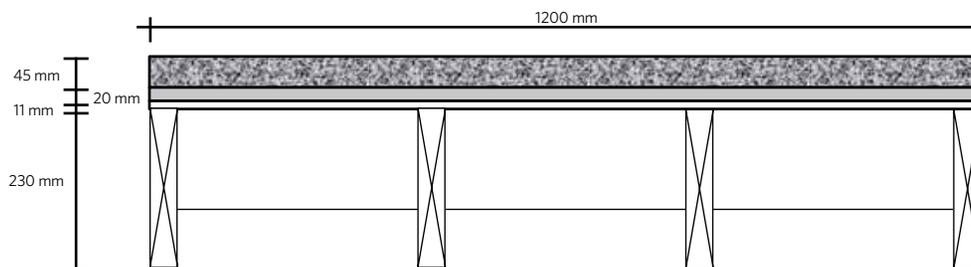
SISTEMA TRADICIONAL DE VIGAS

Este sistema fue diseñado con vigas de 41x230 mm espaciadas a 400 mm. El envigado está cubierto por placas de OSB de 11,1 mm, clavadas a las vigas. Una capa de 20 mm de aislante de lana de vidrio se instala sobre las placas de OSB, y sobre la lana se instala una losa de hormigón grado H20, de 45 mm de espesor.

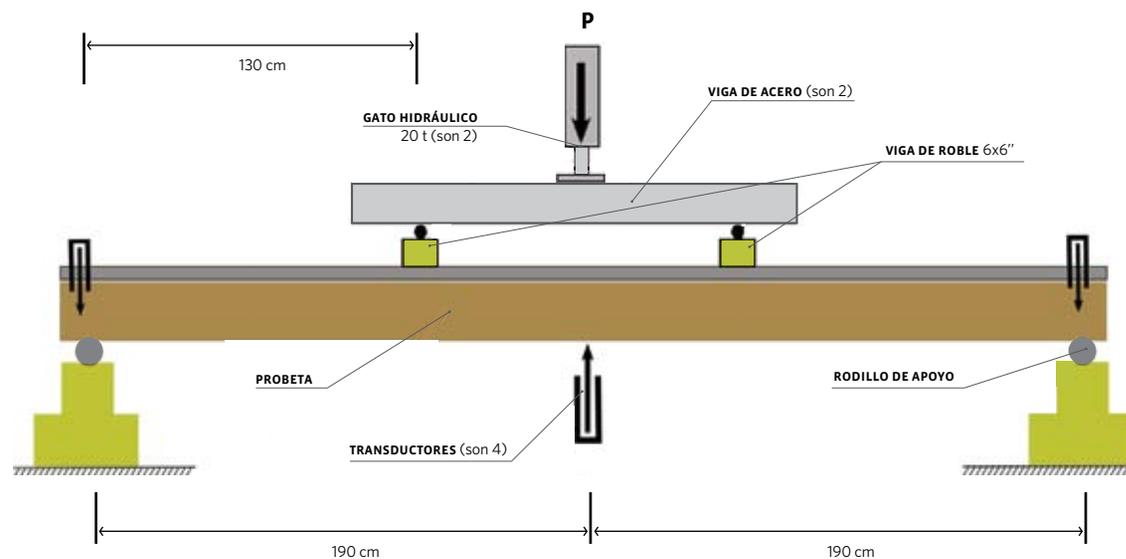
El sistema fue diseñado por resistencia y limitando sus deflexiones. El diseño fue controlado por la deflexión máxima admisible. La deflexión producida por una sobrecarga de 200 kg/m² se limitó a L/360, donde L es la longitud de apoyo de la viga.

Se ensayaron dos probetas a flexión. Las probetas tenían 400 cm de longitud, pero los ensayos se realizaron sobre las probetas con una distancia entre apoyos igual a 380 cm. Los ensayos se realizaron con cargas puntuales aplicadas aproximadamente a los tercios de la luz entre apoyos, como se indica en la **Figura N°25**. Se midió la deflexión en cuatro puntos de la sección central.

24



25



26



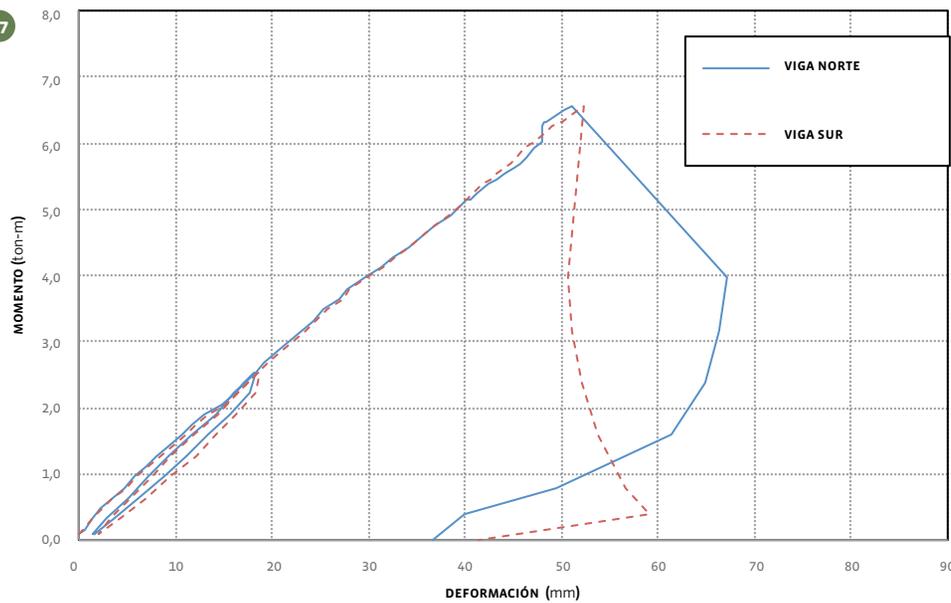
ENSAYO DE FLEXIÓN DE ENTREPISOS

La fotografía de la **Figura N°26** muestra la instalación usada para ensayar las probetas.

El comportamiento del sistema de entre piso es lineal, elástico, hasta la falla frágil, como se ve en la curva momento-deflexión medida para dos vigas de la probeta ensayada (ver **Figura N°27**).

La falla se produce por la fractura de una viga en una zona de concentración de nudos. El factor de seguridad a la falla es 5,5.

27



ENSAYOS DE RESISTENCIA AL FUEGO

Permiten determinar si un muro de la envolvente es capaz de mantener su capacidad de soporte de carga durante un fuego. Los ensayos se realizaron bajo la norma NCh 935/1 Of. 97 “Ensayo de Resistencia al Fuego – Parte 1: Elementos de construcción en general”. Se usaron los siguientes criterios para la valoración de los resultados: La capacidad de soporte de carga, el aislamiento y la estanquidad del panel. Los ensayos se realizaron bajo una carga vertical de 850 kg/m.

Fueron ensayados 12 muros con las siguientes características:

REVESTIMIENTO EXTERIOR: 4 con tinglado de molduras verticales de 19 x 114 mm, 4 con placa tipo Smartpanel, y 4 con mortero cemento.

ESTRUCTURA: nueve paneles tenían estructura de madera con pie derecho a 60 cm y tres paneles tenían estructura metálica.

PLACA ARRIOSTRANTE EXTERIOR: placa OSB de espesor de 11,1 mm.

La existencia de la cámara de ventilación resultó beneficiosa para todas las probetas ya que permite la evacuación de calor hacia el exterior mediante la formación de flujos de aire convectivos, lo que retrasa el calentamiento y eventual combustión de la probeta. Las probetas con mortero cemento alcanzaron mayores tiempos de resistencia al fuego, debido a que este material es un buen aislante térmico y es incombustible. Las probetas con estructura de madera obtuvieron un promedio de resistencia al fuego 13 min superior a las de estructura metálica. Ninguna de las probetas tuvo falla asociada a colapso mecánico. Todas las probetas alcanzaron la categoría de resistencia al Fuego F – 30, y varias de ellas incluso alcanzaron F – 60.

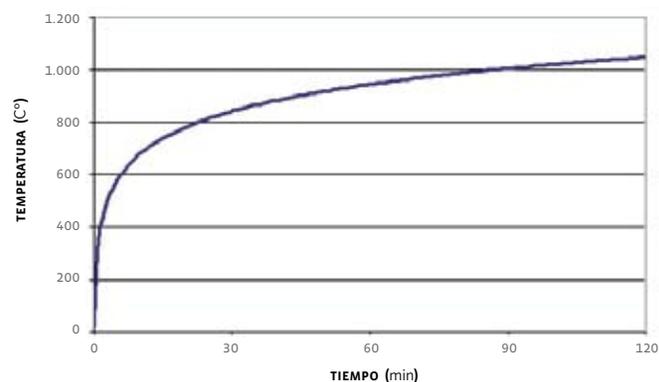
28



29



30



31



32



33



34



35



TABLA 1

MATERIAL	LADO	FLUJO CRÍTICO DE IGNICIÓN Q _{0, IG} (KW/M ²)	TEMP. MÍNIMA DE IGNICIÓN T _{0, IG} (°C)	INERCI A TÉRMICA, KPC (KW/M ² K) ²⁵
Pino radiata	-	14,0	357	0,9898
OSB	-	13,2	346	1,00485
Smart Panel	liso	11,1	314	2,1016
	rugoso	13,0	343	1,5820
Yeso Cartón	cartón		no presenta ignición	
Estuco	estuco		no presenta ignición	

TABLA 2

MATERIAL	LADO	FLUJO CRÍTICO DE IGNICIÓN Q _{0, IG} (KW/M ²)	TEMP. MÍNIMA DE IGNICIÓN T _{MIN} (°C)	PHI, ϕ (KW ² /M ³)
Pino radiata	-	2,8	120	14,59
OSB	-	3,9	155	8,78
Smart Panel	liso	7,7	250	10,88
	rugoso	4,7	177	9,11
Yeso Cartón	cartón		no presenta ignición	
Estuco	estuco		no presenta ignición	

ENSAYO DE REACCIÓN AL FUEGO

Permiten obtener propiedades de respuesta al fuego, es decir, ignición y propagación de llama, de los cinco tipos de materiales que componen los paneles, bajo las condiciones establecidas en la Norma ASTM E1321 – 97a “Standard Test Method for Determining Material Ignition and Flame Spread Properties”. Las probetas usadas en los ensayos de ignición fueron de 155 por 155mm, **Figura N°32**, mientras que las de propagación de 155 por 800 mm, **Figura N°33**.

Los materiales ensayados corresponden al pino radiata, OSB (Oriented Strand Board o Tablero de Virutas Orientadas), Smart Panel, Yeso Cartón y mortero cemento, todos ellos utilizados en los muros.

El ensayo de ignición consiste en someter la probeta a un flujo de calor superficial constante, mediante un panel radiante, determinándose el tiempo hasta que ocurre la ignición, **Figura N°34**. En el ensayo de propagación de llama la probeta se somete a una distribución de flujo de calor superficial registrándose el avance del frente de llama en función del tiempo, **Figura N°35**.

Se calcularon diversos parámetros relacionados con las propiedades ignitivas de los materiales, como la temperatura mínima de ignición, y la inercia térmica (ver **Tabla 1**), además de los flujos de calor y temperaturas mínimas para que el frente de llama se propague en cada material (ver **Tabla 2**).

Entre los materiales que presentan ignición, el pino radiata es el más difícil de encender ya que presenta el mayor flujo crítico y la mayor temperatura de ignición. Tanto el Yeso Cartón como el mortero cemento no presentaron ignición, y por ende, tampoco propagación de llama. En el Yeso Cartón sólo se pudo observar carbonización del cartón, el cual termina por desprenderse de la probeta sin presentar llama alguna. En el caso del mortero cemento, éste presentó una leve carbonización en los bordes y fisuras en su superficie.

K.3 ENSAYOS DE HUMEDAD

Estos ensayos permiten determinar si los revestimientos de los paneles evitan las filtraciones de agua hacia el interior de la vivienda. Como procedimiento de ensayo se usó la norma chilena NCh2808.Of2003 “Puertas, ventanas tragaluces y paneles cortinas exteriores – Determinación de la penetración de agua por diferencia de presión de aire estático cíclico o uniforme – Método de ensayo en terreno”.

Fueron ensayados 9 paneles con las siguientes características:

REVESTIMIENTO EXTERIOR: 3 con tinglado madera de molduras verticales de 19 x 114 mm, 3 con placa tipo smartpanel, y 3 con mortero cemento.

PLACA ESTRUCTURAL EXTERIOR: placa OSB de espesor de 11,1mm.

Los paneles se ensayaron con una ventana **Figura N°36**, de modo de caracterizar las condiciones del sello panel-ventana, cuyas soluciones superior e inferior se ven en la **Figura N°37 y Figura N°38**. Se aplicó con rociadores un caudal exterior de 0,50 l/m² por min, ver **Figura N°39**, con una presión interior negativa de 300Pa, ver **Figura N°40**. Todos los paneles respondieron satisfactoriamente, sin filtraciones hacia el interior.

36



37



38



39



40

41



42

K.4 ENSAYOS ACÚSTICOS

Estos ensayos permiten medir el nivel de aislación sonora al ruido aéreo que se logra usando los paneles del muro envolvente. Los ensayos se realizaron de acuerdo a la norma chilena NCh2786.Of2002 “Acústica – Medición de aislamiento acústica en construcciones y elementos de construcción – Mediciones en laboratorios de la aislamiento acústica aérea de elementos de construcción”.

Fueron ensayados 9 paneles de 400x250 cm, con las siguientes características:

REVESTIMIENTO EXTERIOR: 3 con tinglado madera de molduras verticales de 19 x 114 mm, 3 con placa tipo SmartPanel, y 3 con mortero cemento.

PLACA ARRIOSTRANTE EXTERIOR: placa OSB de espesor de 11,1 mm.

Se usó como criterio de evaluación la norma chilena NCh352/1.Of2000 “Aislamiento acústica – Parte 1: Construcciones de uso habitacional – Requisitos mínimos de ensayos”, que especifica que se debe producir una reducción acústica de 35 dB para un nivel exterior de ruido de 71 a 75 dB.

El ensayo consistió en emitir exteriormente en distintas frecuencias, ver micrófono de emisión en la **Figura N°41** y recibir en el interior de una cámara, ver micrófono receptor en **Figura N°42**.

Los paneles con las tres soluciones de revestimiento satisfacen el criterio. Los paneles con tinglado vertical y los con placa SmartPanel tienen una reducción acústica promedio de 37 dB. Los paneles con mortero cemento son más efectivos, con una reducción promedio del ruido de 40 dB, y por lo tanto son más recomendables para la reducción del ruido exterior de las viviendas.

K.5 PRODUCTOS INCLUIDOS EN LA ENVOLVENTE

Los paneles del muro envolvente fueron fabricados con los siguientes materiales:

- Placa de yeso-cartón, de espesor 15 mm.
- Membrana de polietileno, de espesor 0,2 mm.
- Estructura de madera de pino radiata de piezas de 41 x 90 mm.
- Aislamiento interior de lana de vidrio.
- Aislantglass, densidad 14 kg/m³.
- Placa de OSB, de espesor 11,1 mm.

REVESTIMIENTOS ALTERNATIVOS EXTERIORES:

- Madera de pino radiata para tinglado de moldura vertical.
- Placa SmartPanel.
- Sistema malla Jaenson y mortero cemento.

K.6 EMPRESAS E INSTITUCIONES RESPONSABLES DE LOS ENSAYOS

Fueron varias las empresas y laboratorios que participaron en la fabricación de los paneles y probetas ensayados, en la ejecución de los ensayos y la evaluación de los resultados obtenidos.

- Arauco
- Luciana Pacific
- Laboratorio de Ingeniería Estructural, DICTUC S.A.
- Laboratorio de Resistencia de Materiales (RESMAT), DICTUC S.A.
- Laboratorio de Ingeniería de Protección contra el Fuego (IPF), DICTUC S.A.

Anexos

1. ESPESORES Y ANCHOS NOMINALES PARA MADERA ASERRADA Y MADERA CEPILLADA NCH 2824 OF. 2003 MADERAS – PINO RADIATA – UNIDADES DIMENSIONES Y TOLERANCIAS.
2. CUADROS SEGÚN NCH 819 OF. 2003 MADERA PRESERVADA PINO RADIATA CLASIFICACIÓN Y REQUISITO.
3. CERTIFICACIÓN Y REGISTRO DEL MURO ENVOLVENTE.
4. TRANSFERENCIA Y APLICACIÓN TECNOLÓGICA DEL PROYECTO.
5. AUTORES

ESPEORES Y ANCHOS NOMINALES PARA MADERA ASERRADA Y MADERA CEPILLADA NCH 2824 OF. 2003 MADERA – PINO RADIATA – UNIDADES, DIMENSIONES Y TOLERANCIAS

ESPEORES Y ANCHOS NOMINALES PARA MADERA ASERRADA Y MADERA CEPILLADA NCH 2824 OF. 2003 MADERA – PINO RADIATA – UNIDADES, DIMENSIONES Y TOLERANCIAS												
DN E X A	MADERA	ESPEOR X ANCHO (DIMENSIONES EN MILÍMETROS)										
		50	63	75	88	100	125	150	175	200	225	250
13	Aserrada verde	11x48	11x60	11x73	11x86	11x98	11x123	11x148	11x173	11x200	11x223	11x248
	Aserrada seca	10x45	10x57	10x69	10x82	10x94	10x118	10x142	10x166	10x190	10x214	10x235
	Cepillada seca	8x41	8x53	8x65	8x78	8x90	8x114	8x138	8x162	8x185	8x210	8x230
19	Aserrada verde	18x48	18x60	18x73	18x86	18x98	18x123	18x148	18x173	18x200	18x223	18x248
	Aserrada seca	17x45	17x57	17x69	17x82	17x94	17x118	17x142	17x166	17x190	17x214	17x235
	Cepillada seca	14x41	14x53	14x65	14x78	14x90	14x114	14x138	14x162	14x185	14x210	14x230
25	Aserrada verde	22x48	22x60	22x73	22x86	22x98	22x123	22x148	22x173	22x200	22x223	22x248
	Aserrada seca	21x45	21x57	21x69	21x82	21x94	21x118	21x142	21x166	21x190	21x214	21x235
	Cepillada seca	19x41	19x53	19x65	19x78	19x90	19x114	19x138	19x162	19x185	19x210	19x230
38	Aserrada verde	38x48	38x60	38x73	38x86	38x98	38x123	38x148	38x173	38x200	38x223	38x248
	Aserrada seca	36x45	36x57	36x69	36x82	36x94	36x118	36x142	36x166	36x190	36x214	36x235
	Cepillada seca	33x41	33x53	33x65	33x78	33x90	33x114	33x138	33x162	33x185	33x210	33x230
50	Aserrada verde	48x48	48x60	48x73	48x86	48x98	48x123	48x148	48x173	48x200	48x223	48x248
	Aserrada seca	45x45	45x57	45x69	45x82	45x94	45x118	45x142	45x166	45x190	45x214	45x235
	Cepillada seca	41x41	41x53	41x65	41x78	41x90	41x114	41x138	41x162	41x185	41x210	41x230
63	Aserrada verde		60x60	60x73	60x86	60x98	60x123	60x148	60x173	60x200	60x223	60x248
	Aserrada seca		57x57	57x69	57x82	57x94	57x118	57x142	57x166	57x190	57x214	57x235
	Cepillada seca		53x53	53x65	53x78	53x90	53x114	53x138	53x162	53x185	53x210	53x230
75	Aserrada verde			73x73	73x86	73x98	73x123	73x148	73x173	73x200	73x223	73x248
	Aserrada seca			69x69	69x82	69x94	69x118	69x142	69x166	69x190	69x214	69x235
	Cepillada seca			65x65	65x78	65x90	65x114	65x138	65x162	65x185	65x210	65x230
88	Aserrada verde				86x86	86x98	86x123	86x148	86x173	86x200	86x223	86x248
	Aserrada seca				82x82	82x94	82x118	82x142	82x166	82x190	82x214	82x235
	Cepillada seca				78x78	78x90	78x114	78x138	78x162	78x185	78x210	78x230
100	Aserrada verde					98x98	98x123	98x148	98x173	98x200	98x223	98x248
	Aserrada seca					94x94	94x118	94x142	94x166	94x190	94x214	94x235
	Cepillada seca					90x90	90x114	90x138	90x162	90x185	90x210	90x230

TABLA DE EQUIVALENCIA ENTRE DIMENSIONES NOMINALES Y DENOMINACIÓN COMERCIAL

DN (mm)	13	19	25	38	50	63	75	88	100	125	150	175	200	225	250
DC (ADIMEN)	1/2	3/4	1	1 1/2	2	2 1/2	3	3 1/2	4	5	6	7	8	9	10

**CUADROS SEGÚN NCH 819 OF. 2003 MADERA PRESERVADA PINO RADIATA
CLASIFICACIÓN Y REQUISITO**

TABLA 2-1 - CLASIFICACIÓN DE LA MADERA DE PINO RADIATA SEGÚN USO Y RIESGO ESPERADO DE SERVICIO	
CLASIFICACIÓN	USO / AGENTE DE DETERIORACIÓN
GRUPO 1 (R1)	Maderas usada en interiores, ambientes secos, con riesgo de ataque de insectos solamente, incluida la termita subterránea.
GRUPO 2 (R2)	Maderas usadas en interiores, con posibilidad de adquirir humedad, ambientes mal ventilados. Riesgo de ataque de hongos de pudrición e insectos.
GRUPO 3 (R3)	Maderas usadas en exteriores, sin contacto con el suelo, expuesta a las condiciones climáticas. Riesgo de ataque de hongos de pudrición e insectos.
GRUPO 4 (R4)	Maderas enterradas o apoyadas en el terreno, con posibilidades de contacto esporádico con agua dulce. Riesgo de ataque de hongos de pudrición e insectos.
GRUPO 5 (R5)	Maderas enterradas en el suelo, componentes estructurales críticos, en contacto con aguas dulces. Riesgo de ataque de hongos e insectos.
GRUPO 6 (R6)	Maderas expuestas a la acción de aguas marinas y para torres de enfriamiento. Riesgo de ataque de horadores marinos.

FUENTE NCH 819 OF.2003

TABLA 2-3 - SISTEMA DE APLICACIÓN DE PRESERVANTES ESPECIFICADOS EN TABLA 2 – 2	
PRESERVANTE	SISTEMA DE APLICACIÓN
CCA	Vacío – Presión
BORO	Vacío – Presión
CLORPIRIFOS	Vacío – Presión / Difusión
CBA-A	Vacío – Presión / Inmersión / Vacío – Vacío
CA-B	Vacío – Presión
ACQ-D	Vacío – Presión

FUENTE NCH 819 OF.2003

TABLA 2-2 - DESCRIPCIÓN DE PRESERVANTES		
TIPO DE PRESERVANTES	NORMA	DESCRIPCIÓN
CCA	NCh 790	Óxidos de Cobre, Cromo y Arsénico
BORO (SBX)	AWPA P5.9	Boro expresado como Oxidos de Boro
CPF	AWPA P8.11	Clorpirifos
CA-B	AWPA P5.18	Cobre – Azole tipo B
CBA-A	AWPA P5.17	Cobre – Azole tipo A
ACQ	AWPA	Cobre – Amonio cuaternario

FUENTE NCH 819 OF.2003

TABLA 2 – 4 – RETENCIÓN MÍNIMA NETA DEL PRESERVANTE – MÍNIMO POR ENSAYO						
GRUPO	CCA (KG./M3)	BORO (KG./M3)	CPF (KG./M3)	CBA-A (KG./M3)	CA-B (KG./M3)	ACQ
1	4,0	4,4	0,5	3,3	1,7	4,0
2	4,0	4,4	No se aplica	3,3	1,7	4,0
3	4,0	No se aplica	No se aplica	3,3	1,7	4,0
4	6,4	No se aplica	No se aplica	6,5	3,3	6,4
5	9,6	No se aplica	No se aplica	9,8	5,0	9,6
6	40.0-24.0 (zona exterior) 24.0-14.0 (zona interior)	No se aplica	No se aplica	No se aplica	No se aplica	No se aplica

FUENTE NCH 819 OF.2003

CUADROS SEGÚN NCH 819 OF 2003 MADERA PRESERVADA PINO RADIATA CLASIFICACIÓN Y REQUISITO

TABLA 2 – 5 ZONA DE ENSAYO PARA DETERMINAR LA RETENCIÓN DE PRESERVANTE EN LA MADERA

PRODUCTO	CLASIFICACIÓN DE RIESGO	ZONA DE ENSAYO
MADERA ASERRADA DE ESPESOR < O = A 50MM	R1, R2, R3, R4	15 mm. desde la superficie (0-15mm)
MADERA ASERRADA DE ESPESOR > A 50MM	R1, R2, R3, R4	25 mm. desde superficie (0-25mm)
MADERA ASERRADA UTILIZADA EN FUNDACIONES (R5)	R5	35 desde la superficie (0-35 mm)
POLINES POLINES	R4 R2, R3	25 mm. desde superficie 15 mm desde superficie.
POSTES Y OTROS ELEMENTOS ESTRUCTURALES REDONDOS	R5	12-50mm (tarugo de 50 mm de largo, eliminando tramode 12mm exterior)
FUNDACIONES DE MADERA REDONDA ENTERRADAS EN SUELO Y/O AGUAS DULCES	R5	50mm desde la superficie
CONTRACHAPADOS < A 16MM CONTRACHAPADOS > O = A 16MM	R1, R2, R3, R4, R5, R6	Todo el espesor 16 mm. desde la superficie, por la contracara
PILOTES MARINOS (REDONDOS)	R6	50 mm desde la superficie

FUENTE NCH 819 OF 2003

TABLA 2 – 6 PENETRACIÓN DE LOS PRESERVANTES

		REQUISITOS MÍNIMOS DE PENETRACIÓN DE ALBURA PROFUNDIDAD MÍNIMA (MM) EN LAS CARAS	
PRODUCTO	CLASIFICACIÓN DE RIESGO	ALBURA	PROFUNDIDAD MÍNIMA (en caso de duramen expuesto o baja porción de albura en la superficie)
MADERA ASERRADA Y ELABORADA	R1, R2, R3, R4	100%	10mm
MADERA ASERRADA UTILIZADA EN FUNDACIONES	R5	100%	64mm
POLINES	R4	100%	25mm
POLINES	R3	100%	10mm
POSTES Y OTROS ELEMENTOS REDONDOS	R5	90%	89mm
FUNDACIONES DE MADERA REDONDA ENTERRADAS EN SUELO Y/O AGUAS DULCES	R5	100%	64mm
CONTRACHAPADOS	R1, R2, R3, R4, R5, R6	Cada una de las chapas debe estar penetrada	-
MADERAS REDONDAS PARA PILOTES MARINOS	R6	100%	64mm

FUENTE NCH 819 OF 2003

GESTION Y CONTROL DE CALIDAD (SGCC)

1. INTRODUCCIÓN

La gestión y el control de calidad ha tenido una fuerte evolución en últimas décadas en los distintos sectores productivos, especialmente industriales, incorporándose en los últimos años en la construcción, debido a motivaciones propias de los desarrolladores, a la Legislación vigente, y/o cada vez con mayor énfasis a las exigencias del cliente. Por otro lado. Con la aparición de teorías sobre productividad en masa, la calidad de los productos se ha visto afectada en mayor medida, en los casos que no se ha contado con SGCC.

Una de las primeras formas de mejorar la calidad, fue a través de la inspección interna, la cual se limitada solo a aceptar o rechazar un producto con respecto a patrones establecidos, sin establecer las causas que lo provocaban, los métodos para solucionarlas, los costos y plaza; involucrados en rehacer los trabajos que implican los productos defectuosos, además de no considerar la satisfacción del cliente. Por estas razones, la calidad debe ser una tarea propia de la administración integral de los proyectos y debiera ser aplicada en todas y cada una de las etapas rápidamente presente en ellos, esto es, desde el encargo, pasando por el diseño y la ejecución en los que se debe gestionar la calidad con el propósito de alcanzar una confianza razonable así satisfacer las expectativas del usuario al cual está destinado el producto, el cual finalmente, y a recomendaciones del diseño, deberá procurar un adecuado mantenimiento y uso del bien inmueble.

2. SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD, ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD Y CONTROL DE CALIDAD

2.1 SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD (SGC) BASADO EN LA ISO 9001

2.1.1 ¿CÓMO NACE LA ISO 9001?

A principios de los años setenta las organizaciones se vieron sujetas a la necesidad de satisfacer los requisitos de múltiples programas de gestión de la calidad.

Estos eran programas que habían sido establecidos en distintos sectores económicos, entre ellos el militar.

Todos ellos contaban con un elevado grado de semejanza en los detalles de sus requisitos. Durante la década de los setenta se cayó en la cuenta de que tal rivalidad entre programas no eran rentable. En consecuencia, varios países establecieron normas nacionales de sistemas de gestión e las calidades armonizadas, como por ejemplo, las normas BS 5750 del Reino Unido y las CSA Z 299 de Canadá.

Como consecuencia de lo anterior, se necesitaba crear una norma internacional que permitiera un intercambio comercial confiable entre fabricantes y suministradores de algunos sectores en los que se requería la mayor Seguridad respecto de lo que se estaba entregando: construcción de centrales nucleares y defensa principalmente. Finalmente, en 1979 se constituyó dentro de ISO (Organismo Internacional de Estandarización) el Comité Técnico N° 176, el que se identifica como ISO/TC 176 «Gestión de la Calidad y/o Ase-

guramiento de la Calidad», con el cometido de establecer, sobre este tema, normas genéricas y de aplicación universal

2.1.2 ¿GARANTIZA UNA BUENA CALIDAD TENER UN SGC BASADO EN LA ISO 9001?

Estar operando bajo un SGC no garantiza que se esté entregando un producto de “buena calidad”, es un concepto errado que maneja actualmente el mercado. En realidad, tener un SGC implementado en la empresa significa cumplir con los requisitos definidos por el cliente, la empresa o el mercado, ahora bien, estos requisitos definen el estándar de calidad.

El estándar de Calidad está dado por el tipo de cliente que la empresa necesita satisfacer.

Un ejemplo es una vivienda de SUD UF, lo más probable es que uno lo relacione con un bajo estándar de calidad, pero si lo vemos desde la perspectiva del cliente que no tiene vivienda y que vive de allegado la vivienda representa para él un alto estándar de calidad, plasmado por ejemplo en que el inmueble le entrega ciertos niveles de tranquilidad frente a fenómenos climáticos como lluvia, viento, etc.

Por lo tanto, la empresa que construye viviendas de 500 UF y que cumple con los requisitos establecidos en el contrato, es decir, Cumple con el estándar de calidad ofrecido y con esto satisface a sus clientes significa que opera bajo un SGC.

2.1.3 ¿QUÉ SIGNIFICA ESTAR CERTIFICADO ISO 9001?

Significa que se estableció, implementó y

se mantiene un Sistema de Gestión de la Calidad basado en los requisitos establecidos en la ISO 9001. Estos requisitos indican qué debe tener la empresa para operar bajo este sistema, pero no indica como lo debe llevar a Cabo. Por lo tanto, cada sistema es único debido a que adquiere las características propias de la empresa, estructura organizacional, número de personas, entre otros.

2.2 ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD, ENFOQUE AL CLIENTE

“Todas las actividades planificadas y sistemáticas que se implementan dentro de un sistema de calidad de tal manera que se pueda demostrar que proporcionan Seguridad de que un producto o servicio cumplirá los requerimientos de la calidad”

Según la ISO 9000 “Parte de la gestión de la calidad orientada a proporcionar confianza en que se cumplirán los requisitos de la calidad”.

En otras palabras Cuando uno asegura la Calidad de un producto no solo se debe enfocar en el producto como tal, sino en todas las partes que inciden para que este producto cumpla los requisitos. Utilicemos como ejemplo los paneles, para asegurar la calidad de este producto no Solo se debe controlar que cumpla con las tolerancias establecidas y las características de funcionalidad definidas, también se debe considerar al personal, específicamente las capacitaciones, los programas de mantenimiento de los equipos utilizados en la construcción de los paneles, a los proveedores de los materiales, entre otros.



2.3 CONTROL DE CALIDAD

“Técnicas y actividades operativas utilizadas para cumplir los requerimientos de calidad”. Según la ISO 9000 “Parte de la gestión de la calidad orientada al cumplimiento de los requisitos de la calidad”.

Siguiendo con el ejemplo de Aseguramiento de la Calidad se puede denominar Control de Calidad a los procesos, actividades y tareas enfocadas al producto, es decir la medición de las tolerancias del panel, los ensayos efectuados para, comprobar que cumple con las características de funcionalidad establecidas en el diseño, que los materiales que componen el panel cumplen con las características definidas en las especificaciones, entre otros.

Finalmente si se gráfica las partes que componen este SGC resulta lo siguiente:



2.4 BENEFICIOS DE LA APLICACIÓN DE UN SISTEMA DE CALIDAD

La implementación de un plan de certificación de calidad, implica realizar esfuerzos que conlleven a entregar un producto en condiciones acordes a los estándares especificados y además permiten una reducción de los costos asociados al diseño y construcción (maternales y procesos cons-

tructivos) defectuosos o deficientes; (trabajos rehechos) disminución en los costos del servicio de postventa, prestigio y diferenciación dentro del mercado, Satisfacción y Seguridad al usuario, y Finalmente, mejor adaptación a nuevas disposiciones legales.

A) MEJORAS EN LA CALIDAD DEL PRODUCTO

Mejor calidad del producto final que se entrega al cliente, obtenido por una mayor preocupación por parte de las empresas constructoras, al realizar los trabajos de acuerdo a estándares de calidad especificados.

De este modo, el plan mínimo de aseguramiento de calidad, debe contener criterios de evaluación y aceptación de los distintos elementos que forman la construcción de la vivienda, así como las características que cada uno de ellos debe cumplir.

B) DISMINUCIÓN DE LOS COSTOS DE PRODUCCIÓN Y DE SERVICIO POST-VENTA

Es necesario desarrollar procedimientos eficientes, en cuanto al aseguramiento de la calidad del producto final. Por lo tanto, una disminución de los costos asociados a la prevención y evaluación de fallas, las cuales pueden ser cuantificadas, producirán una disminución por concepto de reparación, evitando desviaciones de la calidad, además de disminuir los gastos generales de la obra producto del retraso por reparación de dichos defectos, todo esto en conjunto se traduce en una disminución en los costos de servicio de post-venta a los usuarios al no encontrar fallas mayores en sus viviendas.

Con respecto a los costos que se relacionan con el aseguramiento y control de calidad, se deben establecer los Costos de las actividades de administración de la calidad y corrección de las desviaciones. Lo cual conlleva a considerar en los costos

de las desviaciones aquellos relacionados con rehacer los trabajos, el impacto causado por la desviación (ya que no es algo planeado) y la responsabilidad legal y garantía del trabajo. En Estados Unidos, por ejemplo, alrededor de 12% del costo total de una obra se gasta en rehacer trabajos de una mala calidad.

De este modo, es posible establecer los costos involucrados en el proceso global de una obra, los cuales se asociaron principalmente a empresas que no cuenten con un sistema adecuado de control y aseguramiento de la Calidad, y por otra parte, aquellos costos asociados a la prevención y evaluación de la calidad en empresas que SI cuentan con el sistema.

Dentro de los costos asociados a fallas por no tener una calidad adecuada, es posible mencionar los siguientes aspectos:

- Costos por aumento de gastos generales.
- Costos de productividad de mano de obra por defectos encontrados.
- Costos de inspección y ensayos de elementos rehechos.
- Costos asociados al rehacer los trabajos para corregir efectos de calidad encontrados, pre y post venta.

Finalmente, los Costos asociados a la prevención y evaluación de la calidad en empresas que cuentan con el sistema, se tiene:

- Costos de creación de un sistema de aseguramiento y control de calidad, a través de personal especializado.
- Costos de personal y mecanismos necesarios para realizar diferentes pruebas y ensayos a los elementos.
- Costos de análisis de datos tomados en terreno.
- Costos de desarrollo de mejoramiento continuo en las actividades que desarrolla la empresa durante la ejecución de las obras.

- Costos de la mantención de los equipos de calidad.

La valorización de los ítems anteriores se considera una inversión, puesto que el beneficio en el menor costo de materiales y mano de obra produce un aumento en la productividad de las obras y una mejoría en la calidad del producto

C) PRESTIGIO Y DIFERENCIACIÓN DENTRO DEL MERCADO

La mayor diferenciación que se logra dentro del mercado, entrega una mayor Seguridad a los clientes para tomar su decisión de compra, basada en una mayor confianza que se logra en el producto, Todo esto se traduce en un mayor prestigio de la empresa dentro del mercado para proyectos futuros.

D) SATISFACCIÓN Y SEGURIDAD AL USUARIO

Es el objetivo principal del plan de aseguramiento y control de calidad, en el cual se busca que el Cliente logre una máxima satisfacción por el bien que se está adquiriendo, en cuanto a sus necesidades y gusto. Del mismo modo, se pretende que la vivienda dé al usuario el mayor confort y seguridad, que solo una buena calidad puede proporcionar.

E) ADAPTACIÓN A NUEVAS DISPOSICIONES LEGALES

Se materializan de mejor forma los cambios que introduce la ley General de Urbanismo y Construcciones, como los Cambios en el tema de la calidad de viviendas (Ley N°19.47Z)

CERTIFICACIÓN DE CALIDAD DE UN PRODUCTO

2.5 ¿POR QUÉ ES IMPORTANTE CERTIFICAR LOS PANELES Y LA VIVIENDA?

Cuando los clientes, ministerios u otras entidades desean asegurarse que el producto o servicio que se está adquiriendo cumple con las especificaciones estipuladas, con los reglamentos vigentes, entre otros, se exige una certificación del producto. No se debe olvidar que la Certificación ISO 9001 está orientada a la empresa, por eso la certificación de Sistemas de gestión de calidad, no garantiza un alto estándar de calidad del producto.

2.6 ¿QUÉ PROCESOS DEBE INCORPORAR LA CERTIFICACIÓN DE UNA VIVIENDA?

A. Verificar que el diseño de la vivienda incorpore las características mencionadas en el presente Manual, como especificaciones técnicas, y aspectos normativas.

B. Verificar que los prefabricados y materiales en el proceso constructivo sean instalados bajo procedimientos estandarizados y que cumplan con lo estipulado en el presente Manual. Se adjunta a modo de ejemplo Cartillas de Control de actividades que especifican cada una de las verificaciones que son necesarias de realizar en el proceso constructivo.

C. Verificar que se lleven a cabo las pruebas o ensayos estipulados en el presente Manual que aseguren el cumplimiento de parámetros de las partidas que así lo requieran.

D. Verificar que las observaciones producidas en post venta sean documentadas y evaluadas para su corrección.

Se adjunta a modo de ejemplo **Informe Técnico** elaborado luego de la Auditoría del

proceso constructivo, en este caso se indican “observaciones” y “no conformidades”, las que deben ser corregidas por la Empresa Constructora en un plazo convenido.

Muy importante resulta el proceso efectuado por el organismo certificador una vez finalizada cada etapa de verificación, que consiste en la revisión y evaluación de la eficacia de las acciones tomadas producto de las “no Conformidades” u observaciones encontradas durante el proceso constructivo de la vivienda.

MODELO DE CERTIFICACIÓN SELLO CIDM PARA “LA BUENA CASA”

Durante el proceso de diseño, fabricación industrial y ejecución de los prototipos que se construyeron implementando la tecnología investigada, se ideó y aplicó protocolos de Control de Calidad, diseñados por DECON UC*, que han dado origen a un Modelo de Certificación de Calidad.

Llamaremos a esta Certificación el Sello CIDM UC para “La Buena Casa”. Ponemos a disposición del público de la industria V del mercado inmobiliario este instrumento de Certificación de Calidad que verifica el cumplimiento, en diseño y ejecución, de las cualidades inherentes a esta investigación FONDEF.

* Desarrollado por los profesores de la Escuela de Construcción Civil UC, Señores: Leonardo Veas P., Paulina Alvarez G. y Alexander Fritz D.

EL MODELO DE CERTIFICACIÓN DE “LA BUENA CASA”.

El modelo de certificación diseñado para la operación del agente intermedio, se basa en la generación de protocolos y criterios de diseño, industrialización, Construcción e implementación de IOS resultados del proyecto. Para ello, el agente intermedio (el

Certificador), debidamente registrado de acuerdo a la “NCh 2411.0f20D3 Requisitos generales para organismos que operan Sistemas de Certificación de productos”, por el INN (el Acreditador), es quien audita estos protocolos y emite un informe a ser visado por el CIDM UC (el Administrador), quien emite finalmente la certificación y sello.



El administrador de sello, que es el CIDM UC, mantiene, difunde y establece los protocolos de certificación, junto con promocionar el sello entre los inmobiliarios y constructoras. Además, el certificador acreditado ante el INN, actúa auditando el cumplimiento de estos protocolos en las empresas y conjuntos habitacionales que estén postulando a obtenerlo.

EL CERTIFICADO:

Certificación DECON UC:

El formato de certificado será el siguiente: Se otorga el **CERTIFICADO DE CALIDAD A LA VIVIENDA UBICADA EN... N°...**

El certificado incluye:

1° La conformidad de diseño y construcción (incluye materiales y procesos constructivos) de todos los elementos constitutivos de la vivienda y de esta en general en conformidad con los resultados del proyecto FONDEF “La Buena Casa”.

2° La conformidad del resto de la vivienda (fundaciones, pavimentos, puertas y ventanas, divisiones interiores, entre otros) en

relación a LGUC y OGUC mas algunos requisitos mínimos que acordó el equipo de investigadores del proyecto FONDEF.

PROTOCOLO DE CERTIFICACIÓN:

El protocolo contempla visitas de auditoría (con la periodicidad necesaria y adecuada al procedimiento para la certificación de la vivienda Completa en obra) por parte de los profesionales del Certificador acreditado. Ellos, verifican el grado de cumplimiento que se ha observado en función de las cartillas de control que se elaboran según la etapa o grado de avance a controlar.

Máximo tres días después el certificador hace llegar al sujeto las observaciones correspondientes en la forma de “No Conformidades”. Estas deben ser respondidas por el sujeto Certificado a la brevedad quien propone las soluciones; ellas son aprobadas por el certificador quien verificará su cumplimiento en la siguiente visita.

Debemos destacar que el Sujeto Certificado conoce de antemano los protocolos de Certificación y las Cartillas de Control; se trata de que esta instancia no sea entendida como fiscalizadora sino en una más amplia acepción Se Cumpla una misión educadora y de Crecimiento. Desde esa perspectiva, el CIDM UC permanece como asesor disponible para lograr la Certificación.

Las Cartillas de Control desarrolladas por el proyecto según las cuales DECON UC evaluó para la Certificación las Viviendas Prototipo en Traiguén y Santiago se encuentran a la brevedad a su disposición con nuestra página **WEB. www.cidm.cl**

CERTIFICACIÓN Y REGISTRO DEL MURO ENVOLVENTE

CONTROL DE ESTRUCTURAS A INSTALAR					
Instalación de paneles de muros primer piso					
Proyecto, ubicación y número de la vivienda:					
Auditor:		Fechas auditorias: / / /			
Cargo y nombre de las personas entrevistadas:					
	SI	NO	OBS		
RECEPCIÓN Y ALMACENAMIENTO					
CONTROL: confirmar existencia de documento que acredite conformidad en la fabricación de paneles desde la planta					
CONTROL: Almacenamiento de paneles de muros en obra					
ITEM	CONDICIÓN		OBSERVACIÓN		
Documento de conformidad	Fecha: __ N° __ doc__				
Aislados del contacto con terreno natural o de humedad	Cumple__ No cumple__				
Protegidos de la acción directa del sol y lluvia	Cumple__ No cumple__				
Aperchamiento que no significa sobrefuerzos o deformación	Cumple__ No cumple__				
NOMENCLATURA DE PANELES DE MUROS					
CONTROL: Identificación y características de paneles según planos (verificar 4 paneles al azar)					
Eje	Nomenclatura de paneles en plano	Nomenclatura de paneles en terreno	Características especiales (ventanas, puertas entre otros)	Observaciones	
GEOMETRÍA DE LOS PANELES DE MUROS					
CONTROL: Medir con huincha metálica altura, ancho, y diagonales de paneles y vanos					
Paneles	Altura x ancho	Diagonal 1/Diagonal 2	Vano	D1/D2	Observaciones
REPLANTEO PARA INSTALACIÓN DE PANELES DE MURO					
CONTROL: Verificar paralelismo entre ejes, con tolerancia de la desviación de ± 2 mm por cada 1m					
EJES NUMÉRICOS		EJES ALFABÉTICOS			
Eje, entre eje	Desviación (mm)	Eje, entre eje	Desviación (mm)		
FIJACIÓN ESPÁRRAGO					
Eje, entre ejes		Golilla	Tuerca de 3/8"	Observación	

CERTIFICACIÓN Y REGISTRO DEL MURO ENVOLVENTE

SUPERFICIE DE APOYO PARA LOS PANELES DE MURO					
CONTROL: Verificar horizontalidad del apoyo de los paneles de los muros. Tolerancia de 5mm por 3m.					
Cota	Eje, entre ejes:	Variación en 3m (mm)	Terminación y limpieza de superficie	Observaciones	
FIJACIÓN EN PLATAFORMA DE HORMIGÓN					
CONTROL: Control: tipo y ubicación de fijaciones en plataforma acorde a plano de fundaciones					
Fijación F1					
Eje	Altura sobre el sobrecimiento	Hilo y Ø	Ubicación según planos	Observaciones	
FIJACIÓN ESPÁRRAGOS					
Eje	Altura sobre el sobrecimiento	Hilo y Ø	Ubicación según planos	Observaciones	
FIJACIONES Y ANCLAJES					
CONTROL: Instalados los paneles verificar fijación F1 y espárragos					
FIJACIÓN ESPECIAL EN MUROS EXPUESTOS A MAYOR ESFUERZO HORIZONTAL					
Eje	Paneles	Pletina ángulo de 300 (pie derecho) x 120 (solera) x 70 (ancho) x 1,2mm	Fijación de pletina con 6 clavos helicoidales de 2" distanciados de los bordes 20mm	Golilla para perno de 3/8"	Placa de 70x50x5mm
FIJACIÓN F1					
Eje, entre ejes	Golilla		Tuerca de 3/8"	Observación	

SISTEMA DE ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD

CONTRATISTA			CONTROL DE CALIDAD EN FABRICACIÓN DE PANELES											
Fecha	Obra	Carpintero	Panel		Pie derecho		Cadeneta		Solera		Revestimiento			Identificación en canto
			N°	cuad.	CH	calidad	CH	calidad	CH	calidad	clavos	tornillo	calidad	

CONTRATISTA			CONTROL DE CALIDAD EN FABRICACIÓN DE PANELES											
Fecha	Obra	Carpintero	Panel		Pie derecho		Cadeneta		Solera		Revestimiento			Identificación en canto
			N°	cuad.	CH	calidad	CH	calidad	CH	calidad	clavos	tornillo	calidad	

CONTRATISTA			CONTROL DE CALIDAD EN FABRICACIÓN DE PANELES											
Fecha	Obra	Carpintero	Panel		Pie derecho		Cadeneta		Solera		Revestimiento			Identificación en canto
			N°	cuad.	CH	calidad	CH	calidad	CH	calidad	clavos	tornillo	calidad	

Firma contratista

CERTIFICACIÓN Y REGISTRO DEL MURO ENVOLVENTE

CARTILLA DE CONTROL			
CONTRATISTA:			
FECHA	OBRA	PANEL	
madera estructural g-1	cumple		
Pié derecho, cadenetas y soleras		Si	No
Médula no mayor al 25% de largo de la pieza. No tipo corcho.			
Nudos firmes. No deben abarcar más del 50% del ancho de la pieza.			
Se aceptan, bolsas de resina no mayor al 50% del ancho de la pieza.			
Canto muerto no mayor al 15% del largo de la pieza, y 25% respecto del ancho.			
Largos: tolerancia 0 + 1,5 mm			
Humedad menor a 30% en paneles y menor a 40% en cerchas y casetones.			
Arqueadura: No debe exceder medio espesor en cualquier tramo de 2,5 mts de longitud.			
Encorvadura: No mayor a 13 mm en un tramo de 2,5 mts. de longitud.			
Torcedura: No mayor a 1mm por 25mm de ancho en cualquier tramo de 2,5 mts, de longitud			
Acanaladura: No debe exceder 1/25 del ancho.			
estructura de paneles	cumple		
Separación entre pié derecho y soleras, separación cadenetas debe ser de - 2 + 0mm. Sin clavo a la vista.			
Torcedura en paneles, máximo 5mm en un largo vertical y horizontal de 2,4 mts. Usar regla de aluminio.			

CARPINTERO		
MADERA PARA CERCHAS G-1		CUMPLE
Cerchas no a la vista		Si No
Mismas especificaciones de madera estructural G-1		
Cerchas a la vista		CUMPLE
Cepillado 4 caras, sin médula, sin canto muerto		
Revestimientos exteriores. Smart Panel u OSB.		CUMPLE
Cantos deben ir pintados.		
Cabeza del clavo debe quedar al ras de la plancha.		
Revestimiento de contrachapado fenólico.		CUMPLE
No se aceptan laminas sopladas o sueltas		
La cabeza del tornillo debe quedar al ras de la plancha. No se debe usar martillo.		
El revestimiento debe ser tipo fenólico. 1a calidad.		
No se aceptan placas con las puntas o esquinas quebradas		

MADERA VIGAS LAMINADAS		CUMPLE
		Si No
Finger joint, médula 50% del largo de la pieza, sólo en una cara, mínimo 20mm al interior de los cantos.		
VIGAS LAMINADAS		CUMPLE
Sin médula a la vista, sólo en las caras interiores.		
Uso adhesivo UR-218		
VIGAS 2 "T"		CUMPLE
Tolerancia la largo + - 10mm.		
Madera finger joint.		
Acepta médula 50% del largo, solamente en la línea de ranurado. No tipo corcho		
No se acepta canto muerto		
Nudo firme, máx. 3/4 diametro		

PROCEDIMIENTO MEDICIÓN CONTENIDO HUMEDAD		CUMPLE
Se debe efectuar a una distancia no menor de 50 cms, de los extremos de la pieza. Insertar los electrodos en forma perpendicular a la superficie en el centro de la cara y a una profundidad de 1/4 - 1/5 del espesor.		



TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA: CONSTRUCCIÓN SALA CUNA EN VILLARICA

PRIMER PROYECTO REALIZADO CON LA TECNOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN FONDEF DO311020 Y D0611034

FICHA TÉCNICA:

ARQUITECTOS: Juan Ignacio Baixas y Mario Ubilla y PUC

CÁLCULO ESTRUCTURAL
Rafael Ridell y Alexander Fritz
PUC

ASESOR PROYECTO
Antonio Frattari
U. DE TRENTO

CONSTRUCTOR
Carlos Vásquez

PAQUETE INDUSTRIAL
Industrias LONCOTRARO
Villarica

ASESORÍA DE DESEMPEÑO ENERGÉTICO
Waldo Bustamante y Felipe Encinas

PROPIETARIO
FUNDACIÓN INTEGRA

GESTIÓN
Fernando Burrows y Manuel Guedda
SEDE VILLARICA PUC

MANDANTE
CHILE EMPRENDE – SERCOTEC – INTEGRA

COORDINACIÓN
CIDM de PUC & CORMA

PERÍODO EDIFICACIÓN
Enero – Marzo 2008.
Zona Climática del proyecto
Sur Interior. Ciudad, Villarica.
NCh 1079 Of. 77

Esta zona se caracteriza por la presencia de abundantes aguas lluvias y frecuentes bajas temperaturas. El período caluroso del año es corto, con moderada radiación solar. Abundantes ríos y lagos generan microclimas. Vientos predominantes S y SW.

1.- GÉNESIS DEL PROYECTO

En Enero 2006 en AFUNALHUE, SEDE VILLARICA de la PUC, se firma un Convenio y Acuerdo de Colaboración ente la Sede Villarica PUC, El Gobierno de Trento, La Universidad de Trento, Sercotec y El Gobierno Regional. El objetivo es estructurar un plan de Desarrollo Territorial y Sostenible para el apoyo de la microempresa en la IX región, con un énfasis en la utilización sustentable de los recursos naturales.

En ese marco se le encarga a la SEDE VILLARICA PUC y al CIDM PUC&CORMA, llevar a la realidad el proyecto de una Sala Cuna para veinte lactantes, utilizando la plataforma tecnológica introducida por el proyecto Fondef DO311020 que estaba realizando el CIDM desde el año 2005. A contar de ese momento se dio inicio a una serie de encuentros, seminarios y talleres de trabajo donde se generaron las pautas que permitieron definir los alineamientos del proyecto, fundamentados en tres aristas: la industrialización, la modulación y la eficiencia energética. De esta manera quedó de manifiesto la oportunidad de utilizar el diseño por envolvente.

Las actividades para realizar este proyecto fueron posibles gracias a la entusiasta participación de numerosos estamentos académicos, gubernamentales y junto a pequeños y medianos empresarios de la novena región; incluyendo talleres de capacitación de Socios Sercotec, para la Aplicación de la Tecnología. La Sala Cuna se terminó en Marzo 2007 y está en funciones desde Mayo de ese año.

2.- TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA DEL FONDEF DO311020

2.1.- PORQUÉ CONSTRUCCIÓN EN MADERA

Existe en la Región de los Lagos abundancia del recurso además de una tradición artesanal que la utiliza como materia prima; artesanos y carpinteros fabrican en madera desde objetos utilitarios, mobiliario, embarcaciones hasta vivienda.

En el contexto del objetivo del Convenio mencionado anteriormente, transferir conocimiento y tecnología de punta como la generada durante la investigación sobre el Diseño por Envolvente a las PYMES (Pequeñas Y Medianas Empresas), aprovechando la oportunidad que surge del programa de Construcción de Salas Cuna, es evidentemente más que una coyuntura positiva. Es una ocasión única en que se suman, las habilidades y el conocimiento provenientes de la PUC, la Universidad de Trento y las Instituciones del Gobierno, a las fortalezas existentes en la tradición fabril y artesanal local, para elevar esa industria a una nueva categoría.

El fondo de nuestra misión como CIDM PUC&CORMA es “Incentivar y Promover el uso de la Madera en la Construcción en Chile”, que la eficiencia Energética y Sustentabilidad; con los consiguientes ahorros en gastos de operación por la disminución de demanda energética por acondicionamiento ambiental, son características inherentes a este sistema constructivo en madera. Lo anterior influye muy positivamente en el confort y la calidad de vida para quienes son usuarios de la sala cuna. Siendo un sistema constructivo eficiente energicamente presenta un sobresaliente comportamiento ante el posible sobrecalentamiento y previene la existencia de humedad reduciendo considerablemente los riesgos de enfermedad por agentes bióticos y abióticos

TRANSFERENCIA Y APLICACIÓN TECNOLÓGICA DEL PROYECTO

relacionados con esta última. En síntesis, es cálido en invierno, es más fresco en verano y favorece condiciones de salubridad.

3.- PROYECTO:

La primera decisión de diseño fue elaborar, más que un prototipo, un sistema constructivo ya que la condición de replicabilidad solicitada implica la generación a futuro de una serie de casos que podían tener grandes variaciones entre sí. Tales cambios, provenientes de cada circunstancia (distinto lugar, zona geográfica, programa de espacios, etc.) serían difícilmente logrados por un prototipo único, por bien resuelto que éste estuviera. El sistema propuesto, consistente en una serie de paneles pre-fabricables, puede generar distintos edificios de diversas dimensiones, distribuciones, y características que podrían adaptarse a cada caso circunstancial.

Se optó por un sistema de 7 paneles verticales genéricos sobre una grilla horizontal, (en planta) de 300 x 320 cm. Se sumó a esto una viga laminada de 600 cm. de luz para lograr espacios libres mayores. Las dimensiones de la grilla y de los paneles se determinaron considerando tanto el uso de los recintos como las dimensiones de los materiales, en especial de la madera aserrada y las posibilidades de transporte de los paneles. Dichos 7 paneles típicos, permiten construcciones de 1 piso con un ancho de 19,2 metros y un largo indefinido, lo cual da una flexibilidad suficiente para la mayoría de los casos de salas cunas.

Para el primer prototipo los pisos se construyeron en obra y consistieron en un radier afinado sobre las fundaciones corridas. Dependiendo del tipo de suelo podrían en otros casos construirse paneles modulares sobre poyos de fundación.

El sistema considera una techumbre hecha in situ, de construcción muy rápida

y elemental en base a vigas I de madera. Considera una cámara ventilada que resuelve uno de los problemas básicos de las techumbres de madera: el sobrecalentamiento de los recintos en verano.

El sistema constructivo se bautizó como MODARQ (por módulo arquitectónico). Para el diseño de los paneles de tabiques exteriores se empleó la tecnología desarrollada en el C.I.D.M. - PUC, de paneles de doble cámara, en que la cámara exterior es ventilada.

3.1.- PROGRAMA Y ESPACIOS

En cuanto al programa de usos y actividades, se trabajó sobre el programa standard de la fundación INTEGRA para una sala cuna de 20 lactantes.

En cuanto al volumen exterior del edificio, se consideró conveniente que fuera un prisma elemental, con un techo de un solo plano para resaltar su dimensión y facilitar una buena construcción y una fácil mantención, evitando un exceso de encuentros complejos entre planos.

4.- CONSTRUCCIÓN:

La sala cuna fue construida en Villarrica por la empresa constructora LONCOTRARO. El tiempo de construcción fue de 62 días (en especial considerando que se trataba de un primer prototipo). Una parte importante de los paneles del sistema se elaboraron en taller, protegidos de las condiciones climáticas.

El costo de construcción fue comparable al de otras salas cuna, lo cual es favorable considerando que se usaron paneles exteriores de tecnología más avanzada, lo cual redundará en un menor gasto de energía de calefacción, mejores condiciones ambientales y de habitabilidad, y una mayor duración del edificio.





Figura N°1, N°2, N°3

Imágenes Proceso Constructivo

Figura N°4, N°5, N°6, N°7, N°8

Vistas Sala Cuna

Figura N°9, N°10 Vistas Interiores

5.- UNA REFLEXIÓN FINAL:

Luego de su visita a la Sala Cuna, la señora Raquel Alfaro Fenandois-Ingeniero Civil y evaluadora FONDEF-CONYCIT, ha enviado una carta a personeros del Gobierno de Chile, a académicos y autoridades de la PUC, a representantes gremiales y de la empresa privada. Nos hemos tomado la libertad de publicar un extracto en este manual, pues representa el sentir de todos los partícipes y constituye una síntesis precisa de lo que este trabajo proyecta y desea materializar, como investigación e innovación y principalmente como generador de crecimiento e impacto social.

“La sala cuna que visitamos, a decir de su Directora, es el “sueño de toda profesional parvularia”. Es el lugar donde los pequeños viven en un ambiente de la mejor calidad, 12 horas del día. Las propias viviendas de estos niños que uno puede observar al otro lado de la calle, distan mucho de parecerse a este sueño.

La reflexión que nos cabe es que cuando se juntan voluntades, recursos, aspiraciones e ideas de organismos públicos y privados, grandes y pequeños empresarios, de directivos y profesionales, estudiantes y académicos de Universidades e Institutos Profesionales, y se ponen al servicio de las necesidades de la comunidad, los proyectos de investigación y desarrollo y las innovaciones tecnológicas son exitosos y constituyen un factor de crecimiento económico y social digno de ser imitado en todas las regiones y aspectos del quehacer nacional.

Creemos, que en la misma forma como se ha realizado esta investigación y desarrollo, e innovación tecnológica, con el aporte financiero, en conocimientos, trabajo y experiencia de distintas capacidades, podremos lograr viviendas, salas cuna, bibliotecas, centros comunitarios y otros bienes y servicios de los que nuestra población carece, de calidad y eficiencia óptima, similares al modelo que hemos descrito.

Desde ya, el mismo equipo que desarrolló el proyecto mencionado al comienzo está trabajando en un segundo proyecto de investigación y desarrollo cofinanciado por el FONDEF, de CONYCIT, destinado fundamentalmente a la vivienda social de madera de calidad óptima. Estoy conociendo también, que está por empezar la construcción de una sala cuna en María Pinto, similar a la de Villarrica, con financiamiento de la JUNJI y participación del Municipio.”

Fin Extracto de Carta Raquel Alfaro.
Santiago Noviembre 2007.

AUTORES

· CAPITULO B, C, D, E,

ALEXANDER FRITZ DURÁN

Constructor Civil P.U.C de Ch, Magíster en Ingeniería Civil, Profesor Titular, Secretario Académico, Profesor del Magister de Construcción Escuela de Construcción Civil PUC, Director Centro de Innovación y Desarrollo de la Madera CIDM+CORMA, Asesor Técnico CORMA y Fundación Chile, Profesor Investigador Línea de Sustentabilidad, Investigador Fondef D031020 “Diseño de Vivienda por Envolvente, y proyecto Fondef D061034 “La Buena Casa.” Diseño por Envolvente Fase 2: Complejos de techumbre y piso. Autor de Publicaciones: “Manual de Construcción de Vivienda en Madera” CORMA y “Mantenimiento de la Madera en Establecimientos Educativos”, Ministerio de Educación y Organización de las Naciones Unidas, ONU, “Manual de Diseño: Construcción, Montaje y Aplicación del Muro Envolvente” Ediciones PUC, “Laminados: Arquitectura, Ingeniería y Construcción” CORMA.

MARIO UBILLA SANZ

Arquitecto Pontificia Universidad Católica de Chile, Diseñador Industrial Universidad Católica de Valparaíso. Profesor en las Escuelas de Arquitectura y Diseño de la PUC. Áreas de interés son la Edificación y los Sistemas Constructivos de Prefabricación de Viviendas con énfasis en el material Madera. Investigador en los proyectos Fondef D031020 “Diseño de Vivienda por Envolvente”, y proyecto Fondef D061034 “La Buena Casa”, Diseño por Envolvente Fase 2: Complejos de techumbre y piso. Es docente de los cursos Edificación y Tecnologías 1 en la Escuela de Arquitectura UC y Taller de Primer Año en la Escuela de Di-

seño UC. Autor de Publicaciones: “Manual de Diseño: Construcción, Montaje y Aplicación del Muro Envolvente” Ediciones PUC, Integra equipo que elabora las “Fichas para guiar la reparación de viviendas dañadas, para el Terremoto 2010” MINVU PUC. Miembro del Directorio del CIDM CORMA UC. Ha diseñado sistemas constructivos para viviendas y soluciones educacionales prefabricadas, construidas en diversas zonas climáticas del país. En diseño ha trabajado en la creación de productos de innovación en madera para indumentaria, mobiliario y merchandising. En la actualidad es Director de la Escuela de Diseño PUC.

· CAPITULO D

ANETTE FÜRST

Arquitecta U. de Chile, co-autora y asesora internacional y técnica en proyecto Fondef D031020 “Diseño de Vivienda por Envolvente”, asesora en CORFO en el área del desarrollo en la industria de la Madera, Promotora de la idea y trabajo para CORFO como Coordinadora del diseño estratégico del Programa Territorial Integrado: Integración Bosque Nativo-Industria-Mercado bajo criterios de sustentabilidad, desarrollo y diseño de artesanía, jurado concurso CORMA de arquitectura en Madera, Directora Ejecutiva Fondo de Cooperación Chile Suecia.

· CAPITULO F, G, H, I

WALDO BUSTAMANTE GÓMEZ

Ingeniero Civil Mecánico. Universidad de Chile. Magíster en Desarrollo Urbano. PUC. Doctor en Ciencias Aplicadas. Universidad Católica de Lovaina. Profesor

Titular de la Pontificia Universidad Católica de Chile. Académico de la Escuela de Arquitectura de la PUC. Su investigación se centra en el estudio de estrategias de diseño para el confort con uso eficiente de energía en edificios y en el desarrollo de procedimientos experimentales para el análisis de fenómenos de transferencia de calor en sistemas constructivos. Ha publicado en revistas y libros extranjeros y ha presentado sus trabajos en los congresos internacionales más relevantes de su área. Director Alterno del proyecto FONDEF D011020. Director (desde 2010) del proyecto FONDEF D061034. Investigador principal en proyectos FONDECYT relacionados con desempeño térmico y lumínico de edificios de oficina en Chile central. Autor principal de la “Guía de diseño para la eficiencia energética en vivienda social” editada por el MINVU y MINENERGIA.

FELIPE ENCINAS PINO

Arquitecto. Pontificia Universidad Católica de Chile. MSc Renewable Energy and Architecture. University of Nottingham, Reino Unido. Doctor (c) Art de Bâtir et Urbanisme. Université catholique de Louvain, Bélgica. Desde su especialización en el Reino Unido, se ha desempeñado tanto en el ámbito docente en pregrado, postgrado y extensión, como por medio de la asesoría especializada en eficiencia energética y sustentabilidad. Al mismo tiempo, ha trabajado en la formulación y desarrollo de proyectos de I+D y participado en congresos y presentaciones tanto en Chile como en el extranjero. Dentro de sus publicaciones destacan papers para las conferencias especializadas PLEA y SET, de las cuales ha sido además miembro del comité técnico y organizador, así como artículos para revistas de alto impacto científico. Actualmente es parte del Comité Editorial de la revista internacional

Sustainable Cities and Society, indexada en Scopus. En la Escuela de Arquitectura de la Pontificia Universidad Católica de Chile se desempeñó como director del estudio para desarrollar el software oficial de certificación de viviendas del MINVU, CTE v2.0. A partir del proyecto FONDEF D031020, ha desarrollado una línea de investigación asociada al comportamiento térmico y confort de verano de viviendas por medio de simulaciones de modelamiento térmico y la utilización de herramientas de análisis estadístico multivariante. Actualmente trabaja como investigador, cursando estudios de Doctorado en el centro de investigación Architecture et Climat de la Universidad Católica de Lovaina en Bélgica.

KHALED SALEH PASCHA

Arquitecto. Universidad Técnica de Berlín, Alemania. Título Master de Ingeniería »Dipl.-Ing. Arch.«, Facultad de Arquitectura. Universidad Técnica de Berlín. Berlín. 1995. Doctor en Ingeniería »Dr.-Ing. Arch.«, Facultad de Arquitectura. Universidad Técnica de Berlín. Berlín. 2004. Profesor Asistente de la Escuela de Arquitectura de la Pontificia Universidad Católica de Chile y de la Universidad Técnica de Viena (Austria), departamento de “Ingeniería Estructural y Ingeniería de Madera”. Trabaja bajo un régimen compartido de medio año en Viena (marzo – agosto) y medio año en Santiago (agosto – marzo). Su investigación se centra en el área de la construcción con énfasis especial en la construcción de la madera, la arquitectura bioclimática y los sistemas de fachada. Es autor de diversos artículos y capítulos en libros sobre temas de construcción de madera, eficiencia energética y teoría de arquitectura. Ha publicado artículos en Inglaterra, Austria, Alemania y Chile. Actualmente es el responsable investigador de la par-

te chilena y co-investigador del equipo austriaco del proyecto de investigación “URBAN WOOD, Wood based construction for multi-storey buildings. The Potential of Application of Timber-Glass Composite Structures for Building Construction” en el marco del programa Era-Net / Wood-Wisdom 2012 de la Comunidad Europea.

· CAPITULO J

JUAN IGNACIO BAIXAS

Figueras Arquitecto PUC. Estudios de Postítulo en Francia bajo la dirección de Jean Prouvé. Profesor Titular Pontificia Universidad Católica de Chile. Director de la Escuela de Arquitectura PUC. Miembro de la oficina profesional Baixas y Del Río Arquitectos, donde es coautor de obras como por ejemplo: Museo Interactivo Mirados (MIM), Conjunto Habitacional Puertas de la Reina, Edificio PROLAM, etc. Investigador proyecto FONDEF DO31020 “Diseño de Vivienda por Envolvente”. Autor del Libro “Forma Resistente”, texto docente para estudiantes de Arquitectura. Premio Fermín Vivaceta 2006 del Colegio de Arquitectos de Chile por contribución a aspectos tecnológicos de la Arquitectura.

PAULA MARTÍNEZ TORRES

Arquitecta PUC, Profesora Auxiliar de la Escuela de Arquitectura de la Pontificia Universidad Católica de Chile, Docente del la línea de Talleres, Secretaría Ejecutiva del CIDM “Centro de Innovación y Desarrollo de la Madera”, investigadora proyecto FONDEF DO31020 “Diseño de Vivienda por Envolvente”, Coordinadora de la Formulación del proyecto FONDEF DO61034: “La Buena Casa, diseño por Envolvente Fase 2: Complejos de techumbre y piso”, Coordinadora ejecutiva del Primer Simposio Internacional de la Madera y Miembro del Comité Orga-

nizador de la Sexta Conferencia Internacional Sustainable Energy Technologies “SET 2007”, realizada en la Facultad de Arquitectura, Diseño y Estudios Urbanos de la PUC.

ANDRÉS SIERRA MARTÍNEZ

Arquitecto y Magister en Arquitectura de la Pontificia Universidad Católica de Chile, 2010. Grado obtenido con distinción máxima y premio a la excelencia académica. En la actualidad: Profesor Instructor Adjunto en la Pontificia Universidad Católica de Chile; editor del Dossier Técnico de la revista ARQ y profesional del Centro de Innovación y Desarrollo de la Madera CORMA-UC (CIDM), con áreas de interés relacionadas con la técnica, los sistemas constructivos y la eficiencia energética en la arquitectura.

RAFAELA BEHRENS PELLEGRINO

Arquitecto de la Pontificia Universidad Católica de Chile, 2010. Grado obtenido con distinción máxima y premio a la excelencia académica. Candidato a Máster en Energías Renovables: Arquitectura y Urbanismo de la Universidad Internacional de Andalucía. En la actualidad: Profesor Instructor Auxiliar en la Pontificia Universidad Católica de Chile y profesional del Centro de Innovación y Desarrollo de la Madera CORMA-UC (CIDM), con áreas de interés relacionadas con la técnica, los sistemas constructivos y la eficiencia energética en la arquitectura.

MANUEL BRAHM CASTILLO

Arquitecto de la Pontificia Universidad Católica de Chile, 2010. Grado obtenido con distinción máxima y premio a la excelencia académica. En la actualidad: Profesional del Centro de Innovación y Desarrollo de la Madera CORMA-UC (CIDM), con áreas de interés relacionadas con la

técnica, los sistemas constructivos y la eficiencia energética en la arquitectura.

GONZALO ESCOBAR MEZA

Arquitecto de la Pontificia Universidad Católica de Chile, 2011. En la actualidad: Profesional del Centro de Innovación y Desarrollo de la Madera CORMA-UC (CIDM), con áreas de interés relacionadas con la técnica, los sistemas constructivos y la eficiencia energética en la arquitectura.

· CAPITULO K

HERNÁN SANTA MARÍA OYANEDEL

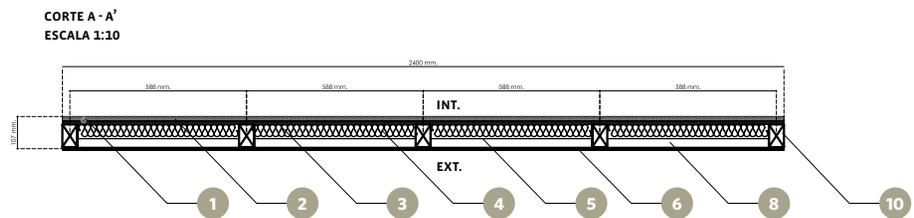
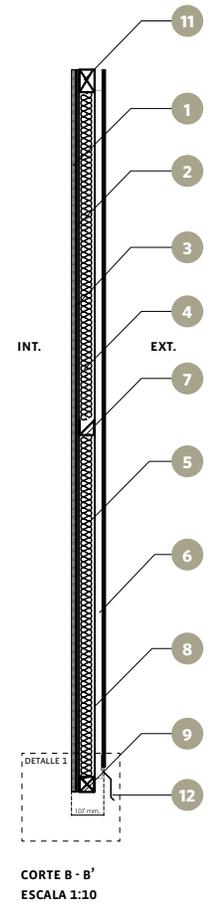
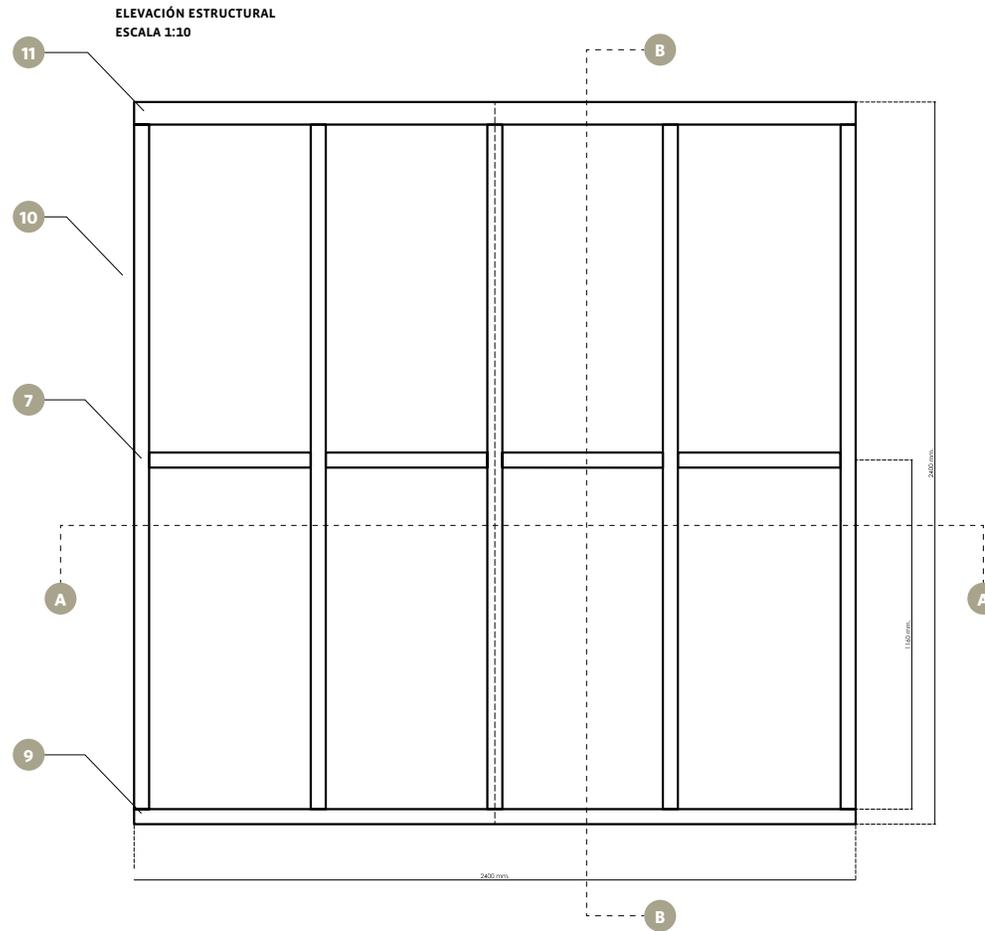
Es Ph.D. en Ingeniería Civil de la Universidad de Texas en Austin en 2001. Profesor Auxiliar de Ingeniería Estructural de la Universidad Católica de Chile desde 2001. Profesor de los cursos de diseño en acero y hormigón pretensado. Sus áreas de interés son el análisis y diseño de estructuras de hormigón armado, albañilería, acero y madera, rehabilitación sísmica de estructuras y refuerzo y reparación de estructuras con FRP.

RAFAEL RIDDELL C

Ingeniero Civil UC, Master of Science y Doctor of Philosophy de la Universidad de Illinois, USA. Profesor Titular de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Católica de Chile, y Profesor Titular Asociado de la Facultad de Arquitectura de la misma. Especialista en Ingeniería Estructural, específicamente en las áreas de Riesgo Sísmico, Análisis Sísmico y Diseño Sismorresistente. Co-autor de los libros “Diseño Estructural” y “Fundamentos de Ingeniería Estructural para estudiantes de Arquitectura”. Presidente de la Asociación de Ingenieros Civiles Estructurales de Chile en el período 2005-2007 y actualmente miembro de su Directorio.

The background of the page is a light beige color with a complex, white dotted line pattern. This pattern consists of various geometric shapes, including rectangles, triangles, and polygons, some of which are interconnected to form a grid-like structure. The lines are thin and spaced out, creating a subtle, technical aesthetic. The overall effect is that of a technical drawing or architectural plan, which is consistent with the title 'Fichas Técnicas' (Technical Sheets).

Fichas Técnicas



ESPECIFICACIONES DE COMPONENTES

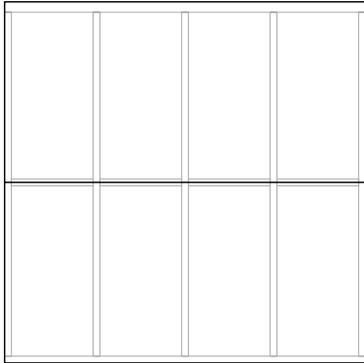
- 1 Yesocartón interior 15 mm RF.
- 2 Polietileno 0.2 mm.
- 3 OSB estructural 11.1 mm.
- 4 Palen Aislan Glass de Volcán densidad 18 kg/m³.
- 5 Filtro asfáltico 10lb liso.
- 6 Revestimiento exterior Smart Panel 11.1 mm.
- 7 Cadeneta - pino IPV dimensionado 2 x 2 (50 x 50 mm) @ 120 cm IPV.
- 8 Cámara ventilada 25 mm.
- 9 Solera inferior - pino IPV dimensionado 2 x 2 (50 x 50 mm).
- 10 Pie derecho - pino IPV dimensionado 2x3 (50 x 75 mm) @ 60 cm.
- 11 Solera superior - pino IPV dimensionado 2 x 3 (50 x 75 mm).
- 12 Cortagotera - fierro galvanizado 0.5mm (según detalle).

VERSIÓN 4.0

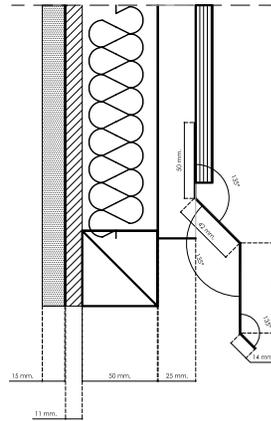
Para construcción

OBSERVACIONES

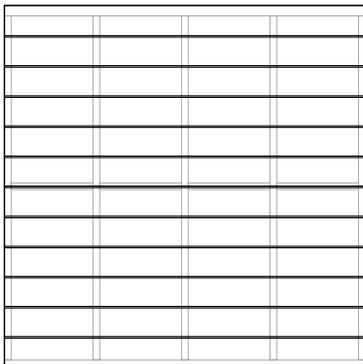
ELEVACIÓN INTERIOR
ESCALA 1:20



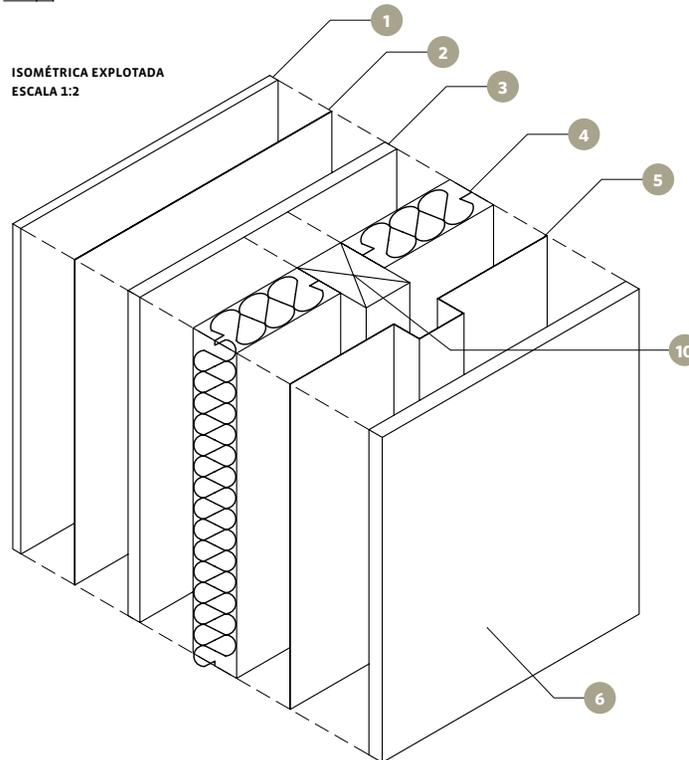
DETALLE 1
ESCALA 1:2

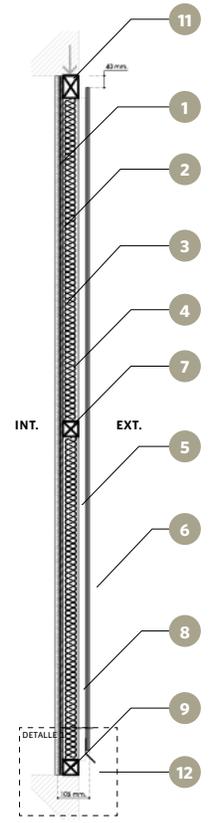
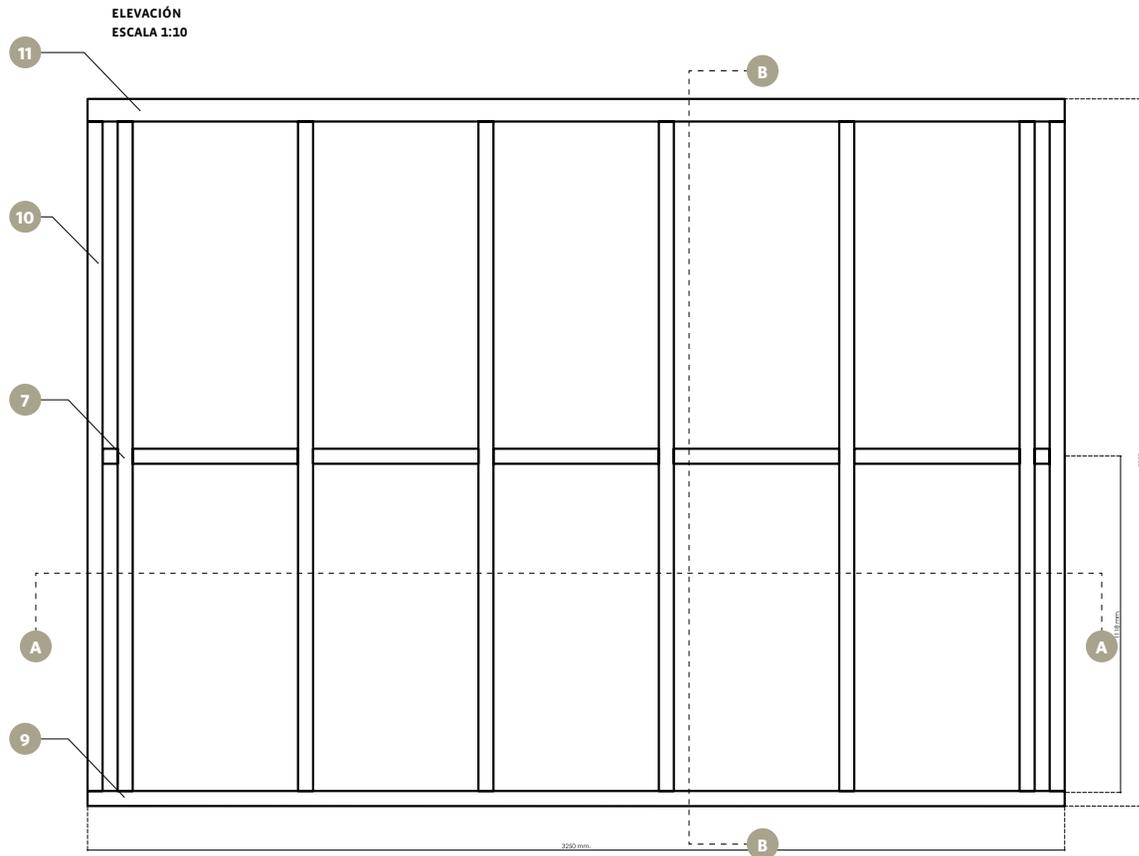


ELEVACIÓN EXTERIOR
ESCALA 1:20



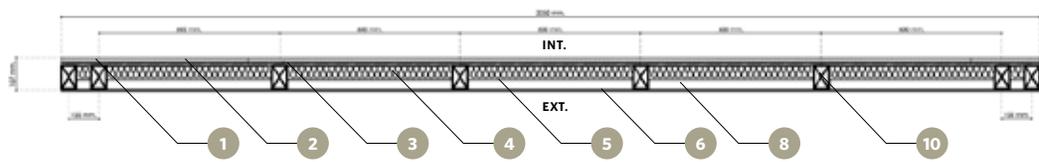
ISOMÉTRICA EXPLOTADA
ESCALA 1:2



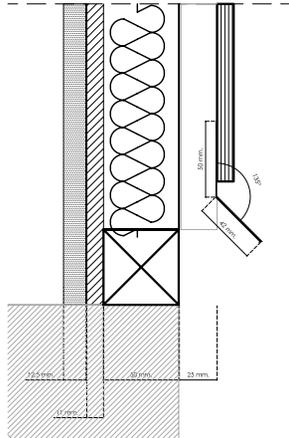


CORTE B - B'
ESCALA 1:10

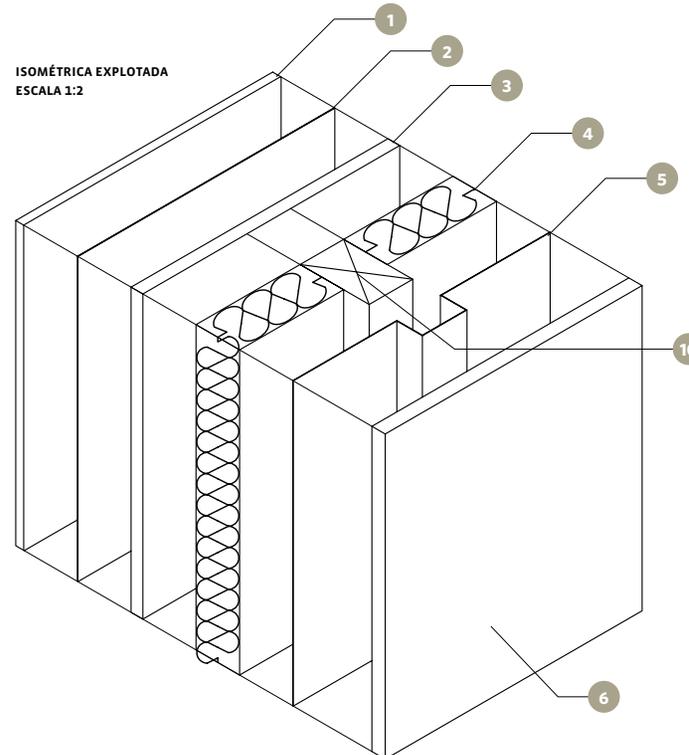
PLANTA (CORTE A - A')
ESCALA 1:10



DETALLE 1
ESCALA 1:2



ISOMÉTRICA EXPLOTADA
ESCALA 1:2



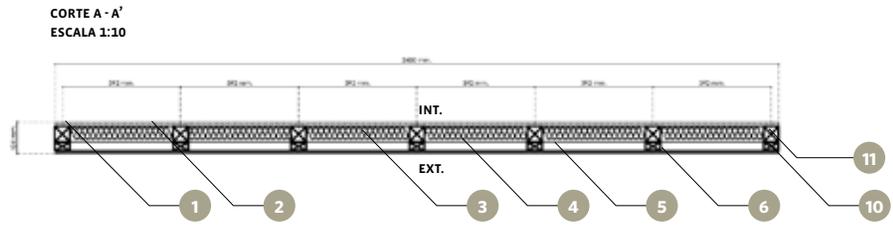
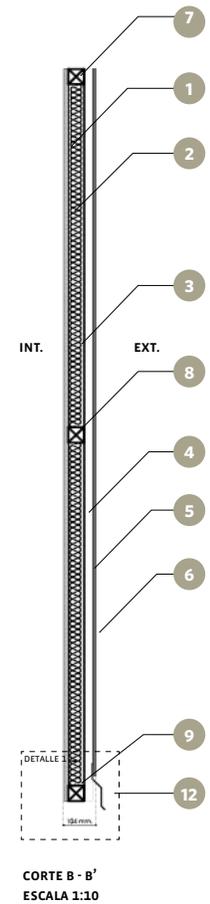
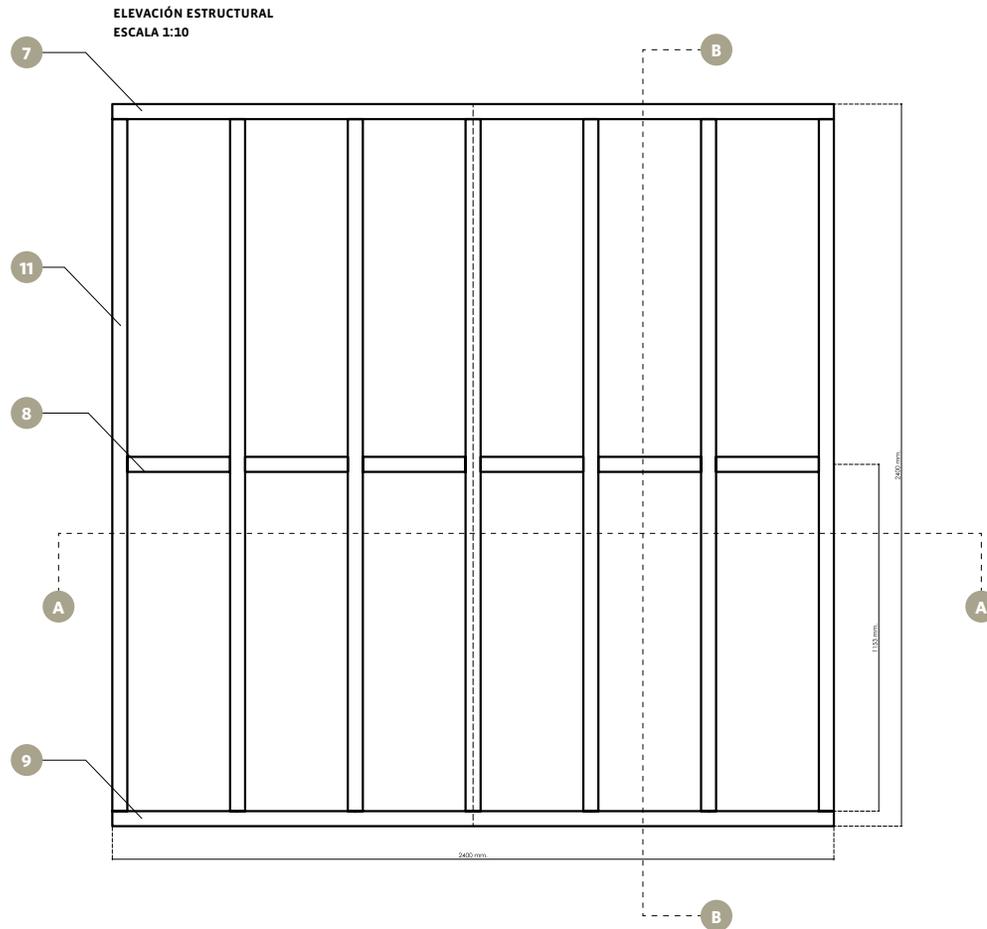
ESPECIFICACIONES DE COMPONENTES

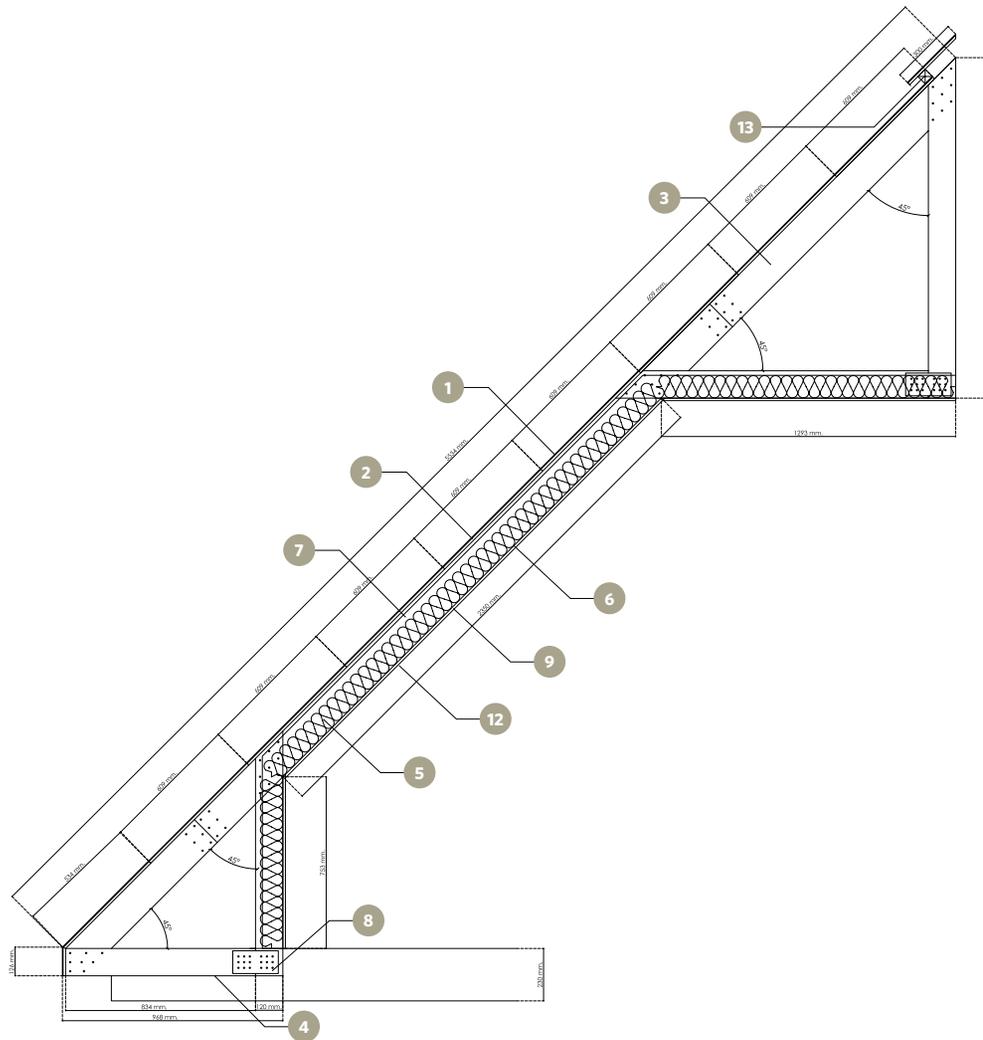
- 1 Yesocartón interior 15 mm RF.
- 2 Polietileno 0.2 mm.
- 3 OSB estructural 11.1 mm.
- 4 Palen Aislan Glass de Volcán densidad 18 kg/m³ (60 x 120 x 5 cm).
- 5 Filtro asfáltico 10lb liso.
- 6 Revestimiento exterior Smart Panel 11.1 mm.
- 7 Cadeneta - pino dimensionado 2 x 2 (50 x 50 mm) @ 120 cm IPV.
- 8 Cámara ventilada 25 mm.
- 9 Solera inferior - pino dimensionado 2 x 2 (50 x 50 mm) IPV.
- 10 Pie derecho - pino dimensionado 2 x 3 (50 x 75 mm) @ 60 cm IPV.
- 11 Solera superior - pino dimensionado 2 x 3 (50 x 75 mm) IPV.
- 12 Cortagotera - fierro galvanizado 0.5mm (según detalle).

VERSIÓN 4.0

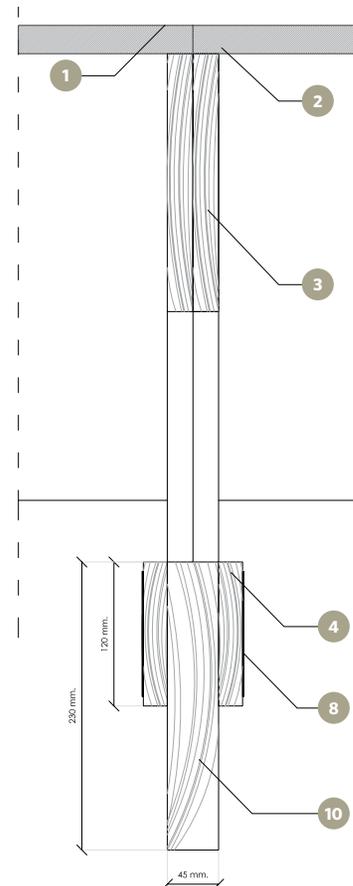
Para construcción

OBSERVACIONES





DETALLE 1
ESCALA 1:2



ESPECIFICACIONES DE COMPONENTES

- 1 Fieltro asfáltico 10lb
- 2 OSB Estructural 11,1mm
- 3 Viga - pino dimensionado 1 x 6" (22 x 142 mm)
- 4 Escuadra - pino dimensionado 1 x 5" (22x120 mm)
- 5 Palen Aislan Glass de Volcán densidad 18 kg/m³
- 6 Polietileno 0,2 mm
- 7 Cámara ventilada 38mm
- 8 Conector Fe galvanizado
- 9 OSB Estructural 11,1 mm
- 10 Viga entrepiso pino cepillado 2 x 10 (41 x 230 mm) (no es parte del componente)
- 11 OSB Estructural 11,1 mm (se coloca luego de montar el casetón)
- 12 Yesocartón esp. 15mm
- 13 Distanciador cumbre, pino dimensionado 2 x 2" (45 x 45 mm)

VERSIÓN 3.8

Para construcción

OBSERVACIONES

Toda madera estructural es pino radiata, con una humedad del 12%, grado estructural G2 (clasificación visual) o C-16 (clasificación mecánica) e impregnación 4kg/m³ de CCA.

CAPÍTULO B

- D.F.L. N° 458 y D.S. N° 47 Ley y ordenanza general de urbanismo y construcción. Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU).
- La Construcción de Viviendas en Madera Fritz Alexander D. CORMA Nov. 2004
- Branz, “House Building Guide”, Nueva Zelanda, 1998.
- Thallon, R, “Graphic Guide to Frame Construction Details for Builder and Designers”, The Taunton Press, Canadá, 2000.
- Spence, W, “Recidencial Framing”, Sterling Publishing Company, Inc. Nueva York, EE.UU., 1993.
- Lewis, G; Vogt, F, “Carpentry”, 3° Edición, Delmar Thomson Learning, Inc., Nueva York, EE.UU., 2001.
- American Forest & Paper Association, ASD, “Manual for engineered wood Construction”, AF&PA, Washington D.C, EE.UU., 2001.
- Breyer, D; Fridley, K; Cobeen, K, “Design of wood structures” ASD, 4° Edición, Editorial Mc Graw Hill, EE.UU., 1999
- Ambroser, J; Parker, H, “Diseño Simplificado de Estructuras de Madera”, 2° Edición, Editorial Limusa S.A. de C.V, México D.F, México, 2000.
- Espinoza, M; Mancinelli, C, “Evaluación Diseño y Montaje de Entramados Prefabricados Industrializados para la Construcción de Viviendas”, INFOR, Concepción, Chile, 2000.
- Goycolea, R; Hempel, R, “Entramados Horizontales” Cuaderno N° 3, Universidad del Bio-Bio, Editorial Anibal Pinto S.A, Concepción, Chile.
- Hempel, R; Poblete, C, “Vigas” Cuaderno N°8, Universidad del Bio-Bio, Editorial Anibal Pinto S.A, Concepción, Chile.
- Simpson Strong-Tie Company, Inc, “Catálogo

- de Conectores Metálicos Estructurales”, 2000.
- NCh173 Of.73 Madera-Terminología general
- NCh 178 Of.79 Madera aserrada de pino insigne clasificación por aspecto.
- NCh 630 Of.98 Madera – Preservación – Terminología.
- NCh 819 cR2002 Madera preservada – Pino radiata – Clasificación y requisitos.
- NCh 1207 Of.90 Madera preservada – Pino radiata – Clasificación visual para uso estructural – Especificaciones de los grados de calidad.
- NCh 1198 Of.1991 Madera – Construcciones en madera – Cálculo.
- NCh 2824 Of.2003 Madera – Pino Radiata – Unidades, dimensiones y tolerancias.

CAPÍTULO C

- D.F.L. N° 458 y D.S. N° 47 Ley y ordenanza general de urbanismo y construcción. Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU).
- La Construcción de Viviendas en Madera Fritz Alexander D. CORMA Nov. 2004
- Branz, “House Building Guide”, Nueva Zelanda, 1998.
- Canada Mortgage and Housing Corporation, CMHC, “Manual de Construcción de Viviendas con Armadura de Madera – Canadá”, Publicado por CMHC, Canadá, 1998.
- Thallon, R, “Graphic Guide to Frame Construction Details for Builder and Designers”, The Taunton Press, Canadá, 2000.
- Spence, W, “Recidencial Framing”, Sterling Publishing Company, Inc. Nueva York, EE.UU., 1993.
- Lewis, G; Vogt, F, “Carpentry”, 3° Edición, Delmar Thomson Learning, Inc., Nueva York, EE.UU., 2001.
- Stungo, N, “Arquitectura en Madera”, Editorial Naturart S.A. Blume, Barcelona, España, 1999.

- Neufert Ernst “Arte de Proyectar en Arquitectura”, 14° Edición, Editorial Gustavo Gili S.A, Barcelona, España, 1998.
- NCh173 Of.73 Madera-Terminología general
- NCh 178 Of.79 Madera aserrada de pino insigne clasificación por aspecto.
- NCh 354 Of.87 Hojas de puertas lisas de madera – Requisitos generales.
- NCh 355 Of. 57 Ventanas de madera.
- NCh 446 Of.77 Arquitectura y construcción – Puertas y ventanas – Terminología y clasificación.
- NCh 630 Of.98 Madera – Preservación – Terminología.
- NCh 1207 Of.90 Madera preservada – Pino radiata – Clasificación visual para uso estructural – Especificaciones de los grados de calidad.
- NCh 2100 Of.2003 Madera – Molduras – Designación y dimensiones.
- NCh 2824 Of.2003 Madera – Pino Radiata – Unidades, dimensiones y tolerancias.

CAPÍTULO D

- D.F.L. N° 458 y D.S. N° 47 Ley y ordenanza general de urbanismo y construcción. Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU).
- La Construcción de Viviendas en Madera Fritz Alexander D. CORMA Nov. 2004
- Branz, “House Building Guide”, Nueva Zelanda, 1998.
- Canada Mortgage and Housing Corporation, CMHC, “Manual de Construcción de Viviendas con Armadura de Madera – Canadá”, Publicado por CMHC, Canadá, 1998.
- Thallon, R, “Graphic Guide to Frame Construction Details for Builder and Designers”, The Taunton Press, Canadá, 2000.
- Spence, W, “Recidencial Framing”, Ster-

- ling Publishing Company, Inc. Nueva York, EE.UU., 1993.
- Lewis, G; Vogt, F, “Carpentry”, 3° Edición, Delmar Thomson Learning, Inc., Nueva York, EE.UU., 2001.
- NCh 173 Of.73 Madera – Terminología general
- NCh 178 Of.79 Madera aserrada de pino insigne clasificación por aspecto.
- NCh 630 Of.98 Madera – Preservación – Terminología.
- NCh 1207 Of.90 Madera preservada – Pino radiata – Clasificación visual para uso estructural – Especificaciones de los grados de calidad.
- NCh 2100 Of.2003 Madera – Molduras – Designación y dimensiones.
- NCh 2824 Of.2003 Madera – Pino Radiata – Unidades, dimensiones y tolerancias.

CAPÍTULO E

- D.F.L. N° 458 y D.S. N° 47 Ley y ordenanza general de urbanismo y construcción. Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU).
- La Construcción de Viviendas en Madera Fritz Alexander D. CORMA Nov. 2004
- Spence, W, “Recidencial Framing”, Sterling Publishing Company, Inc. Nueva York, EE.UU., 1993.
- Branz, “House Building Guide”, Nueva Zelanda, 1998.
- Heene, A; Schmitt, H, “Tratado de Construcción”, 7° Edición Ampliada, Editorial Gustavo Gili S.A, Barcelona, España, 1998.
- Neufert Ernst “Arte de Proyectar en Arquitectura”, 14° Edición, Editorial Gustavo Gili S.A, Barcelona, España, 1998.
- Breyer, D; Fridley, K; Cobeen, K, “Design of wood structures” ASD, 4° Edición, Editorial Mc Graw Hill, EE.UU., 1999

- Stungo, N, "Arquitectura en Madera", Editorial Naturart S.A. Blume, Barcelona, España, 1999.
 - Thallon, R, "Graphic Guide to Frame Construction Details for Builder and Designers", The Taunton Press, Canadá, 2000.
 - Arauco, "Ingeniería y Construcción en Madera", Santiago, Chile, 2002.
 - Lewis, G; Vogt, F, "Carpentry", 3° Edición, Delmar Thomson Learning, Inc., Nueva York, EE.UU., 2001.
 - American Forest & Paper Association, ASD, "Manual for engineered wood Construction", AF&PA, Washington D.C, EE.UU., 2001.
 - Ambroser, J; Parker, H, "Diseño Simplificado de Estructuras de Madera", 2° Edición, Editorial Limusa S.A. de C.V, México D.F, México, 2000.
 - Espinoza, M; Mancinelli, C, "Evaluación Diseño y Montaje de Entramados Prefabricados Industrializados para la Construcción de Viviendas", INFOR, Concepción, Chile, 2000.
 - Goycolea, R; Hempel, R, "Entramados Horizontales" Cuaderno N° 3, Universidad del Bio-Bio, Editorial Anibal Pinto S.A, Concepción, Chile.
 - Hempel, R; Poblete, C, "Vigas" Cuaderno N°8, Universidad del Bio-Bio, Editorial Anibal Pinto S.A, Concepción, Chile.
 - Simpson Strong-Tie Company, Inc, "Catálogo de Conectores Metálicos Estructurales", 2000.
 - NCh 173 Of.73 Madera-Terminología general
 - NCh 178 Of.79 Madera aserrada de pino insignie clasificación por aspecto.
 - NCh 630 Of.98 Madera - Preservación - Terminología.
 - NCh 819 cR2002 Madera preservada - Pino radiata - Clasificación y requisitos.
 - NCh 1207 Of.90 Madera preservada - Pino radiata - Clasificación visual para uso estructural - Especificaciones de los grados de calidad.
 - NCh 1198 Of.1991 Madera - Construcciones en madera - Cálculo.
 - NCh 2824 Of.2003 Madera - Pino Radiata - Unidades, dimensiones y tolerancias.
- CAPITULO F**
- Bustamante W ; Y. Rozas ; F. Encinas ; P. Martínez y R. Cepeda. « Guía de diseño para la eficiencia energética en vivienda social ». Ministerio de Vivienda y Urbanismo y Ministerio de Energía. Santiago, 2009. (Disponible en : http://www.acee.cl/576/articles-61341_doc_pdf.pdf).
 - Ching, Francis. «Building construction illustrated». John Wiley and sons. USA. 2008.
 - De Herde, André. «Le manuel du responsable énergie». Ministère de la Région Wallonne. Bélgica. 1992.
 - De Herde, André y José González. «Arquitectura bioclimática». Gráficas Numen-Vigo. España. 1997.
 - Fernandez Pierre y Pierre Lavigne. « Concevoir des bâtiments bioclimatiques. Fondements & méthodes ». Editions Le Moniteur. París. Francia. 2009.
 - Givoni, Baruch. «Climate considerations in Buildings and Urban Design». Van Nostrand Reinhold. New York. 1988.
 - Lavigne, Pierre. «Arquitectura climática. Una contribución al desarrollo sustentable». Editorial Universidad de Talca. Talca. 2003.
 - Lechner, Norbert. «Heating, cooling and lighting: design methods for architects». 3a edición. John Wiley and sons. New York. 2009.
 - Oliva, Jean Pierre. «L'isolation écologique. Conception, matériaux, mise en œuvre». Terre vivante. Mens, Francia. 2001.
 - Simon, Francy y Jean-Marie Hauglustaine. «L'isolation thermique des murs creux. Guide pratique pour architectes ». Ministère de la Région Wallonne. Bélgica. 1996.
- CAPITULO H**
- De Herde, André. «Le manuel du responsable énergie». Ministère de la Région Wallonne. Bélgica. 1992
 - Instituto Nacional de Normalización. NCh 853 Of 2007 «Acondicionamiento térmico - Envoltente térmica de edificios - Cálculo de resistencias y transmitancias térmicas». Instituto Nacional de Normalización. Santiago. 2007.
 - Instituto Nacional de Normalización. NCh 1973 Of 2008 «Características higrotérmicas de los elementos y componentes de edificación - Temperatura superficial interior para evitar la humedad superficial crítica y la condensación intersticial - Métodos de cálculo». Instituto Nacional de Normalización. Santiago. 2008.
 - Information Technology Specialist «A guide to understanding. Air and vapor barriers». Information Technology Specialist Inc. Alberta. Canada. 1996
 - Jutglar, Lluís. «Aislamiento térmico». CEAC. Barcelona. España. 1998
 - Lstiburek, Joseph y John Carmody. «Moisture control handbook. Principles and practices for residential and small commercial buildings». Ed. Van Nostrand Reinhold. New Cork. USA 1993.
 - Oliva, Jean Pierre. «L'isolation écologique. Conception, matériaux, mise en œuvre». Terre vivante. Mens, Francia. 2001.
 - Simon, Francy y Jean-Marie Hauglustaine. «L'isolation thermique des murs creux. Guide pratique pour les architectes ». Ministère de la Région Wallonne. Bélgica. 1996.
- CAPITULO I**
- Bansal, Narendra, Gerd Hauser y Gernot Minke, «Passive building design. A handbook of natural climatic control». N.K. Elsevier Science B.V. Amsterdam. Holanda. 1994.
 - Bustamante, W ; S. Luci y M. Santibáñez. «Clima y vivienda. Guía de Diseño». www.pu.cl. Santiago. 2001.
 - Bustamante W, Y. Rozas, F. Encinas. P. Martínez y R. Cepeda. Guía de diseño para la eficiencia energética en la vivienda social. Ministerio de Vivienda y Urbanismo y Ministerio de Energía. Santiago. 2009.
 - De Herde, André. «Le manuel du responsable énergie». Ministère de la Région Wallonne. Bélgica. 1992.
 - De Herde, André y José González. «Arquitectura bioclimática». Gráficas Numen-Vigo. España. 1997.
 - Chatelet A., P. Fernandez y P. Lavigne. «Arquitectura climática. Una contribución al desarrollo sustentable. Tomo 2. Conceptos y dispositivos». Editorial Universidad de Talca. Talca. 2003.
 - Lechner, Norbert. «Heating, cooling and lighting: design methods for architects». 3a edición. John Wiley and sons. New York. 2009.
- CAPÍTULO K**
- ASTM (1997). E1321-97a. Standard Test Method for Determining Material Ignition and Flame Spread Properties, Philadelphia.
 - DICTUC S.A. (2005). Estudio del comportamiento estructural de paneles prefabricados.

cados de madera – Fase I – para Pontificia Universidad Católica de Chile – Facultad de Arquitectura, Santiago, Chile.

· DICTUC S.A. (2006). Estudio del comportamiento estructural de paneles prefabricados de madera – Fase II – para Pontificia Universidad Católica de Chile – Facultad de Arquitectura, Santiago, Chile.

· DICTUC S.A. (2006). Informe de resultados de estudio de propiedades de transmisión acústica, térmica y penetración de agua en paneles con cámara ventilada comportamiento estructural de paneles prefabricados de madera – para Pontificia Universidad Católica de Chile – Facultad de Arquitectura, Santiago, Chile.

· DICTUC S.A. (2006). Estudio de resistencia al fuego de envolventes para viviendas de madera – para Pontificia Universidad Católica de Chile – Facultad de Arquitectura, Santiago, Chile.

· DICTUC S.A. Estudio de las propiedades de ignición y propagación de llama de materiales susados en envolventes para viviendas de madera – para Pontificia Universidad Católica de Chile – Facultad de Arquitectura, Santiago, Chile.

· INN (2000). NCh352/1.Of2000. Aislamiento acústica – Parte 1: Construcciones de uso habitacional – Requisitos mínimos de ensayos, Santiago, Chile.

· INN (2003). NCh801. Of2003. Paneles. Ensayo de Compresión, Santiago, Chile.

· INN (1970). NCh802.EOf.1970. Arquitectura y Construcción. Paneles Prefabricados. Ensayo de Carga Horizontal, Santiago, Chile.

· INN (2003). NCh803.Of2003. Elementos de Construcción – Paneles – Ensayo de flexión, Santiago, Chile.

· INN (2002). NCh804.Of2002. Elementos de Construcción – Paneles – Ensayo de impacto, Santiago, Chile.

· INN (1983). NCh851. Of1983. Aislación térmica – Determinación de coeficientes de transmisión térmica por el método de la cámara térmica, Santiago, Chile.

· INN (1997). NCh935/1.Of1997. Ensayo de resistencia al Fuego – Parte 1: Elementos de Construcción en General, Santiago, Chile.

· INN (1986). NCh973.Of1986. Determinación de las propiedades mecánicas – Ensayo de compresión paralela, Santiago, Chile.

· INN (1986). NCh987.Of1986. Madera – Determinación de las propiedades mecánicas – Ensayo de flexión estática, Santiago, Chile.

· INN(1986).NCh1989.Of1986.Maderas–Agrupamiento de especies madereras según resistencia – Procedimiento, Santiago, Chile.

· INN (2002). NCh2786.Of2002. Acústica – Medición de aislamiento acústica en construcciones y elementos de construcción – Mediciones en laboratorio de la aislamiento acústica aérea de elementos de construcción, Santiago, Chile.

· INN (2003). NCh2008.Of2003. Puertas, ventanas tragaluces y paneles cortinas exteriores – Determinación de la penetración del agua por diferencia de presión de aire estático cíclico o uniforme – Método de ensayo en terreno, Santiago, Chile.

ANEXO 1

· NCh 2824.Of2003 Madera Pino Radiata – Unidades, dimensiones y tolerancias.

ANEXO 2:

· NCh 819 cR2002 Madera preservada – Pino radiata – Clasificación y requisitos.

ANEXO 3:

· D.F.L. N° 458 y D.S. N° 47 Ley y ordenanza general de urbanismo y construcción. Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU).

· Maturana, P; Piera, C, “Programa de Direc-

ción de Empresas Constructoras e Inmobiliarias, Gestión de Calidad”, Editorial Universidad Católica de Chile, Santiago, Chile, 1998.

· Evans, J; Lindsay, W, “Administración y Control de la Calidad”, Internacional Thompson Editores, México, 2000.

· Froman, B, “El Manual de la Calidad”, Editorial AENOR, Barcelona, España, 1995.

· Berríos, N, “La Documentación de un Sistema de Calidad”, Boletín de Información Tecnológica, Corporación de Desarrollo Tecnológico, Santiago, Chile, 1999.

· Berríos, N, “La Calidad debe Documentarse”, Boletín de Información Tecnológica, Corporación de Desarrollo Tecnológico, Santiago, Chile, 2001.

· Unidad de Capacitación y Competencias Laborales, División Ingeniería y Gestión de

INSTITUCIONES Y EMPRESAS PARTICIPANTES EN PROYECTO FONDEF D03L1020 Y FONDEF D06I1034

Arauco Distribución S.A.
Empresas CMPC
Empresas Fourcade
Ecopinturas
Aserraderos Cemento Bío Bío
Andes Construction Chile S.A.
Inchalam S.A.
Compañía Industrial El Volcán S.A.
Inmobiliaria Novaterra S.A.
Terranova S.A.
Louisiana Pacific Chile SA
TMI – Chile S.A.
DICTUC S.A.
Duoc UC
DECON UC
CIDM UC & CORMA

INSTITUCIONES ACADÉMICAS COLABORADORES EXTRANJERAS

The University of British Columbia
Swedish Institute for Wood Technology Research. Träteknik
Technische University Berlin.

CIDM UC & CORMA

Centro de innovación y desarrollo de la madera
Derechos Reservados
Pontificia Universidad Católica de Chile Inscripción N° 167193
Derechos reservados, Prohibida su reproducción total y parcial.

Primera Edición 1000 ejemplares
Segunda Edición 1000 ejemplares

EDITORES

Alexander Fritz Durán
Mario Ubilla Sanz

DIRECCIÓN EQUIPO DISEÑO GRÁFICO Y ARQUITECTURA

Mario Ubilla Sanz

Diseñadoras Gráficas (primera edición)
Constanza Urzúa del Real
Andrea Iruretagoyena Oliverí

Diseñadoras Gráficas (segunda edición)
Amelia Ortúzar Fabres
Catalina Pérez Villalón

ARQUITECTO

Jorge Uribe Concha (primera edición)

Se han usado fuentes tipográficas
Vista Sans
Whitney

Impresión
Grafhika Copy Center Ltda.
Pontificia Universidad Católica de Chile. 2012

Institu

Arauco
Empre
Empre
Ecopin
Aserra
Andes
Inchal
Compo
Inmob
Terran
TMI - C
DICTU
Duoc U
DECON
CIDM U

Institu

The Un
Swedi
Techni

Segun
Pontif
Derech
ISBN: 9

CIDM U
Centra
Propie
El Com
FADEU
Facult

Santia

