

(medidas en cm)

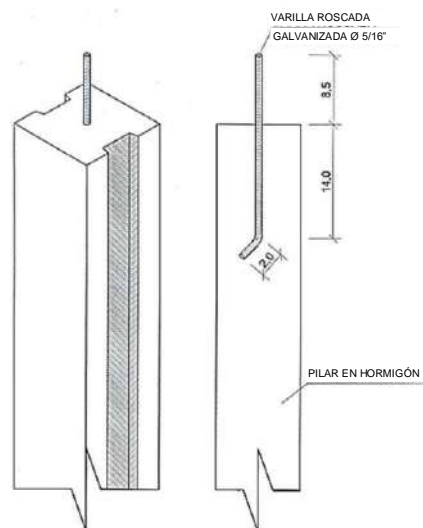
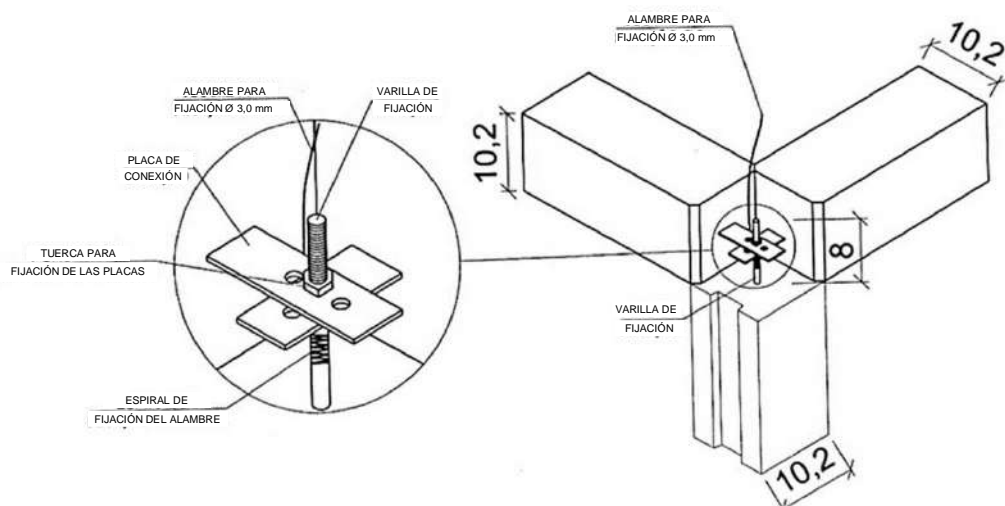
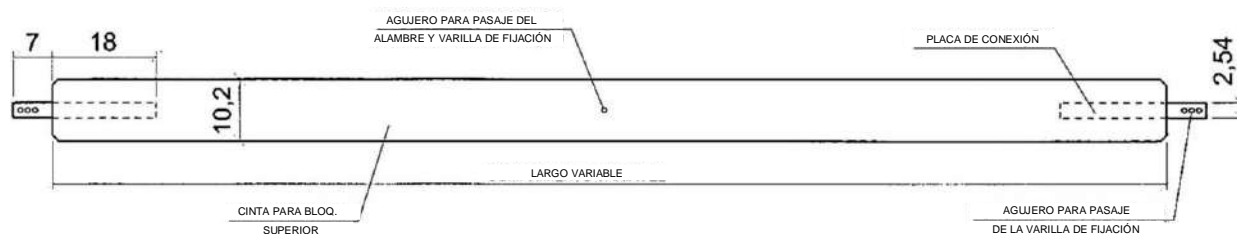


Figura 4 – Diseño esquemático de la sección del pilar.

Figura 5 – Diseño esquemático del corte del pilar.



(medidas en cm)

Figura 6 – Viga y detalle de la fijación con el pilar.

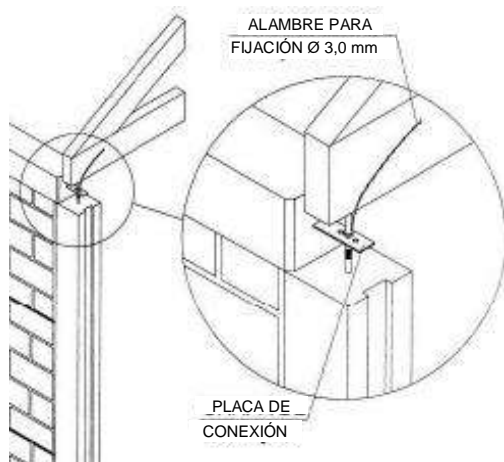


Figura 7 – Fijación entre pilar y viga.



Figura 8 – Detalle – Vano entre pilar y vigas posteriormente concretado.

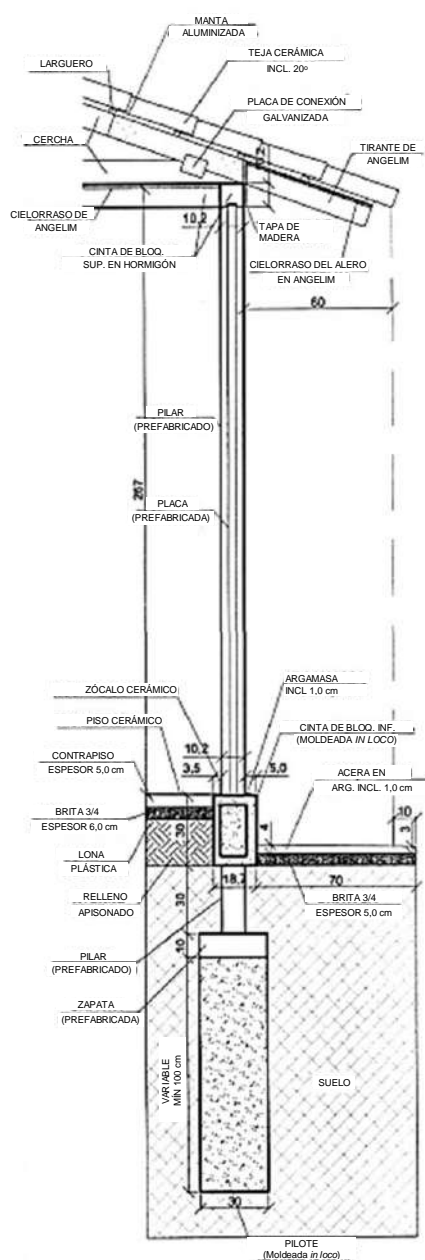


Figura 9 – Diseño esquemático de la sección de la pared.

La producción y el moldeado de placas, pilares y vigas se producen de acuerdo con el proyecto específico y se realizan en una unidad fabril, por medio de encofrados metálicos sobre mesa vibratoria. El traslado de las placas y pilares, tanto en la unidad de producción como en el armado de la obra, se realiza manualmente.

Las placas cementicias se usan en unidades habitacionales unifamiliares terrestres aisladas. El proyecto considerado en la evaluación se compone por: dos dormitorios (10,79 m² e 8,07 m²); baño (3,53 m²); circulación (1,73 m²); sala de estar (10,79 m²); cocina (8,07 m²); galería cubierta (2,84 m²) y, al fondo, área de servicio cubierta (5,34 m²), resultando en un total de 51,16 m² de área útil y 55,85 m² de área construida (Figura 10).

El tanque de agua se instala internamente sobre estructura de madera apoyada en las armaduras de madera de cobertura que están conectadas al sistema de estructura mediante las vigas y los pilares. El sistema de cobertura se compone por una estructura de madera, tejas de cerámica y cielorraso de madera.

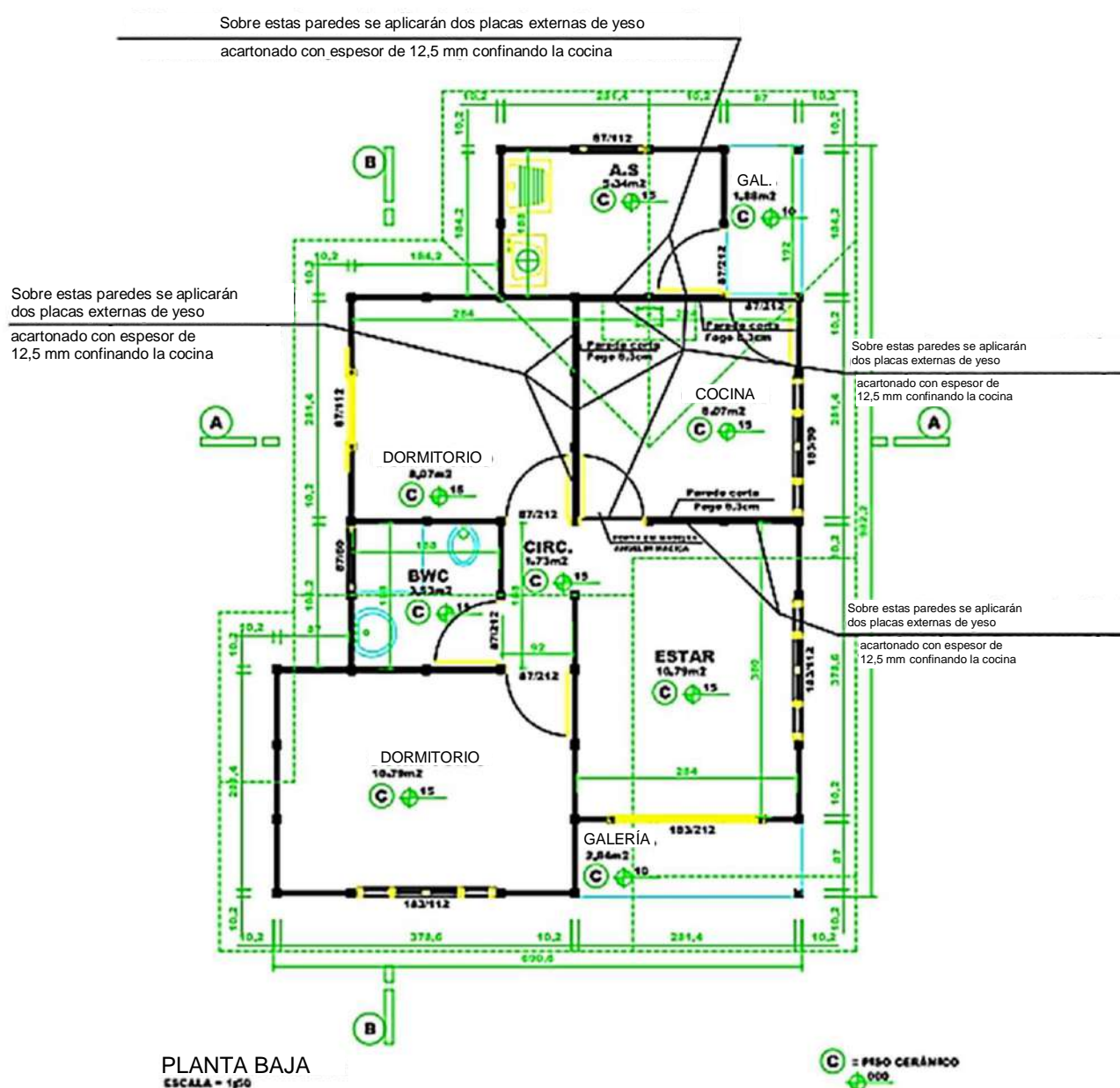


Figura 10 – Planta baja de la unidad habitacional unifamiliar terrestre aislada.

El sistema de cerramiento vertical (placas prefabricadas en hormigón, vigas y pilares prefabricados en hormigón armado) puede utilizarse en edificaciones habitacionales unifamiliares terrestres aisladas.

La evaluación técnica no contempló elementos y componentes convencionales como: cimientos, sistemas de cobertura, aberturas e instalaciones eléctricas e hidráulicas. Estos elementos deben seguir las normas técnicas correspondientes, siendo analizadas sus influencias solamente en los casos de juntas con las placas.

1.1. Condiciones y limitaciones de uso

No se permiten modificaciones en las placas de cerramiento ni en los pilares, tales como: apertura de vanos y rupturas para instalaciones hidráulicas y eléctricas. Los cuidados en el uso, las cargas máximas permitidas para la fijación de piezas suspendidas, la periodicidad de mantenimiento de las pinturas de las paredes y eventuales reparaciones se encuentran en el *Manual técnico de uso operación y mantenimiento*, preparado por el solicitante.

El uso del producto está limitado a las clases de agresividad I, II y III (zonas rurales, urbanas y marinas, respectivamente). En relación con la evaluación del rendimiento térmico, el uso del producto se limita a las zonas bioclimáticas 1, 2, 3, 5, 6, 7 e 8, siempre que se respeten los colores de terminación de las paredes de fachada, según lo presentado en el ítem 4.3 de este documento.

Los agujeros para fijación de cargas suspendidas deberán realizarse en las paredes internas, revestidas en ambas caras (paredes entre habitaciones/dependencias distintas), deben usarse tornillos con 50 mm de largo y tacos *fisher* de plástico de 0,8 mm de diámetro. Esta información se encuentra en el *Manual de uso, operación y mantenimiento*.

Se deben respetar las limitaciones arquitectónicas: uso de los paneles especiales (62 mm de espesor, producidos en hormigón con adición de microfibra de polipropileno), conformando las paredes de la cocina y cerramiento con separador en el ambiente de la cocina, uso de alero (proyección mínima de 60 cm) y aceras (ancho mínimo de 70 cm).

Los procedimientos de mantenimiento y de cambio de aberturas se encuentran en el *Manual de uso, operación y mantenimiento*.

2. Directriz para evaluación técnica

El IFBQ realizó la evaluación técnica de acuerdo con la Directriz SINAT n.º 002 – REV.02 – Sistemas constructivos integrados por placas premoldeadas para uso como paredes de edificios habitacionales, publicada en agosto de 2016 y de acuerdo con la ABNT NBR 15575:20130.

3. Información y datos técnicos

3.1. Principales componentes y elementos

Abajo se presentan las especificaciones de los materiales que componen las placas de cerramiento sin función estructural prefabricadas en hormigón, placas de cerramiento prefabricadas en hormigón reforzadas con microfibras, pilares y vigas prefabricadas en hormigón armado.

- a) Hormigón utilizado en los pilares, vigas y placas:** hormigón con pasta específica del orden de 2300 kg/m³ y clase de consistencia (reducción) especificada de S50. Para los pilares, la resistencia característica a la compresión es de 40 MPa, clase C40, $a/c \leq 0,55$, pudiendo utilizarse en regiones que presentan clases de agresividad ambiental I, II y III (zonas rurales, urbanas y marinas, respectivamente). Para las placas y vigas, el hormigón utilizado se encuadra en la clase C30 (30 MPa), $a/c \leq 0,55$.



Las paredes que delimitan el área de la cocina se realizan con paneles, pilares y vigas construidas en hormigón con adición de microfibra de polipropileno en la proporción de 2,5 kg/m³, teniendo los paneles un espesor de 62 mm y hormigón con resistencia característica a la compresión de 25 MPa, clase C25, a/c ≤ 0,55.

La resistencia mínima del hormigón especificada para el desmolde (48 h luego del encofrado) de los elementos es de 5 MPa.

- b) Armado de los (pilares y vigas):** cuatro alambres longitudinales de acero CA-60 de Ø 5 mm. La resistencia característica del límite de elasticidad del acero a la tracción especificada en la memoria del cálculo es de 600 MPa.
- c) Separadores de los (pilares e vigas):** plástico de tipo estribo con dimensiones 25 mm x 25 mm (Figura 11), espaciados cada 250 mm, proveyendo un cubrimiento de 30 mm.
- d) Planchuela metálica de unión de las vigas a los pilares:** planchuela metálica con largo de 250 mm, ancho de 25,4 mm y espesor de 3,2 mm (Figura 12).

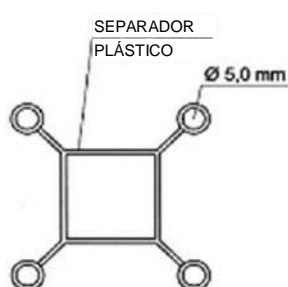


Figura 11 – Detalle del separador plástico tipo estribo.

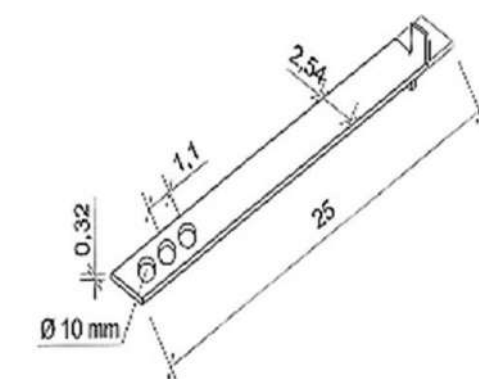
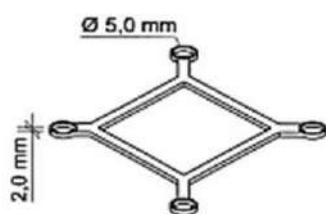


Figura 12 – Detalle de la placa metálica de unión.

3.2. Procedimiento de ejecución

3.2.1. Producción de las placas en la unidad fabril

La secuencia de actividades para la producción de las placas prefabricadas en la unidad fabril es:

- a) Preparación de los encofrados:** los encofrados son metálicos con bordes reforzados en acero, provistos de molde metálico a modo de lograr el estampado con característica de ladrillo a la vista (Figura 13).
- b) Aplicación del desmoldante:** previamente se realiza la limpieza de los moldes y enseguida se aplica desmoldante a base de aceite vegetal con la ayuda de brochas (Figura 14).



Figura 13 – Encofrado metálico destinado a la producción de cuatro paneles de cerramiento.



Figura 14 – Aplicación del desmoldante.

- c) **Producción del hormigón:** el hormigón para el moldeado de las placas se produce en central propia, en la unidad fabril. La mezcla se realiza en máquina mezcladora de cemento (Figura 15). Los agregados se almacenan en compartimientos individuales, siendo protegidos por lona plástica (Figura 16).



Figura 15 – Máquina mezcladora de cemento.



Figura 16 – Compartimientos de almacenamiento de los agregados gruesos y finos.

- d) **Colocación del hormigón:** se coloca manualmente la primera capa de hormigón de 19 mm de espesor, y enseguida se activa la mesa vibratoria durante 30 segundos (Figura 17). Se coloca la segunda capa de hormigón de 18 mm de espesor y nuevamente se activa la mesa vibratoria por otros 30 segundos (Figura 18). Se retiran los excesos y, enseguida, se realiza la terminación ranurada con ayuda de una escoba con cerdas rígidas de nailon, siempre en sentido longitudinal (mayor dimensión de la placa); de modo que la lechada de cemento surgida por consecuencia del exceso del proceso de vibración para la densificación del hormigón del panel sea parcialmente removida (Figuras 19 y 20).



Figura 17 – Encofrado con la primera capa de hormigón.



Figura 18 – Colocación manual de la segunda capa de hormigón.



Figura 19 – Placa de cerramiento luego de la vibración de la segunda capa de hormigón.



Figura 20 – Placas con ranuras.

- e) **Proceso de curado, desmolde y almacenamiento:** finalizado el proceso de hormigonado y densificación, se llevan los encofrados metálicos a un lugar plano y nivelado para su almacenamiento (Figura 21). El proceso de curado se provee por medio de la cobertura de los moldes con lona plástica, por un período de 48 horas. Enseguida se lo desmolda y se lo transporta manualmente al lugar de almacenamiento (Figura 22).



Figura 21 – Apilado de los encofrados para el proceso de curado.



Figura 22 – Almacenamiento de las placas de cerramiento en el patio de la unidad fabril.

Producción de los pilares prefabricados en hormigón armado

La secuencia de actividades para la producción de los pilares en hormigón armado es:

- a) **Preparación de los encofrados:** los moldes metálicos están hechos de planchas de acero, que forman los laterales y el fondo, fijadas por medio de tornillos metálicos que también cumplen la función de limitadores (Figuras 23 y 24).



Figura 23 – Encofrado metálico para pilares prefabricados en hormigón armado.



Figura 24 – Tornillos de los encofrados metálicos.

- b) **Aplicación del desmoldante:** previamente se limpian los encofrados y enseguida se aplica el desmoldante a base de aceite vegetal con ayuda de brochas (Figuras 25 y 26).



Figura 25 – Limpieza de los encofrados.



Figura 26 – Aplicación del desmoldante.

- c) **Colocación de la armadura:** las varillas de acero CA-60 de $\varnothing 5$ mm se colocan en los encofrados metálicos con los separadores plásticos del tipo estribo, distribuidos cada 250 mm (Figuras 27 y 28). En la extremidad superior se coloca el tornillo galvanizado de $\varnothing 5/16$ " (espera) que permitirá la amarradura entre el pilar y la viga en la etapa del armado (Figuras



29 y 30).

Figura 27 – Varillas de acero CA-60 de $\varnothing 5$ mm y separador plástico tipo estribo.

Figura 29 – Tornillo de acero galvanizado posicionado en la extremidad superior del pilar.



Figura 28 – Posicionamiento del armazón en el encofrado metálico.

Figura 30 – Tornillo de acero galvanizado en el pilar hormigonado.

- d) **Producción del hormigón:** el proceso de producción del hormigón para el encofrado de los pilares es el mismo especificado para las placas de cerramiento, según el ítem 3.2.1, literal c).

- e) **Colocación del hormigón:** se coloca manualmente la primera capa de hormigón con aproximadamente 35 mm de espesor (debajo de los tornillos metálicos) y enseguida se activa la mesa vibratoria durante 30 segundo (Figura 31). Se coloca la segunda capa de hormigón, completando la altura total del encofrado y se activa nuevamente la mesa vibratoria por otros 30 segundos (Figura 32).



Figura 31 – Colocación de la primera capa de hormigón en el encofrado metálico.



Figura 32 – Colocación de la segunda capa de hormigón en el encofrado metálico.

f) Posicionamiento de los conductos para cableado eléctrico: el posicionamiento de los conductos eléctricos de tipo rígido y liso de \varnothing 12,5 mm y de las cajas de paso (80 mm x 40 mm) se realiza luego de la aplicación de la primera capa de hormigón (Figuras 33 y 34). La disminución de la sección del pilar para la colocación de la caja eléctrica está considerada en la memoria del cálculo.



Figura 33 – Posicionamiento del conducto eléctrico y caja de paso en el encofrado metálico.



Figura 34 – Pilar hormigonado con caja de paso para la instalación eléctrica.

g) Proceso de curado, desencofrado y almacenamiento: finalizado el proceso de aplicación y densificación del hormigón, se llevan los encofrados a un lugar horizontal plano y nivelado, destinado para el almacenamiento. El proceso de curado se realiza mediante la cobertura de los encofrados con lona plástica, por un período de 48 horas. Pasadas las 48 horas, se desmoldan los pilares y se los almacena, uno al lado del otro, en el interior del galpón de la fábrica, en el lugar donde se concluirá el proceso de curado. Luego de 7 (siete) días, serán llevados hasta el patio externo (lugar de almacenamiento) (Figuras 35 y 36).



Figura 35 – Desencofrado de los pilares en hormigón armado.



Figura 36 – Almacenamiento de los pilares en el patio de la fábrica.

3.2.2. Producción de vigas prefabricadas en hormigón armado

La secuencia de actividades para la producción de las vigas en hormigón armado es:

a) Preparación de los encofrados: los moldes metálicos están hechos de planchas de acero, que forman los laterales y el fondo, fijadas por medio de tornillos metálicos que también cumplen la función de limitadores (Figura 37).



Figura 37 – Molde metálico para pilares prefabricados en hormigón armado.

b) Aplicación del desmoldante: previamente se limpian los encofrados y enseguida se aplica el desmoldante a base de aceite vegetal, siguiendo la ficha técnica del producto, con ayuda de brochas (Figuras 38 y 39).



Figura 38 – Aplicación del desmoldante.



Figura 39 – Encofrados limpios, armados y con desmoldante aplicado.

c) Colocación de la armadura: las varillas de acero CA-60 de $\varnothing 5$ mm se colocan en los encofrados metálicos con los separadores plásticos del tipo estribo, distribuidos cada 250 mm. En las extremidades se posicionan las planchas metálicas de unión que permitirán amarrar al pilar y la viga en la etapa del armado (Figuras 40 y 41).



Figura 40 – Varillas de acero CA-60 de $\varnothing 5$ mm y plancha metálica.



Figura 41 – Posicionamiento de la armadura en el encofrado metálico.

d) Producción del hormigón: el proceso de producción del hormigón para el encofrado de las vigas es el mismo especificado para las placas de cerramiento, según el ítem 3.2.1, literal c).

e) Colocación del hormigón: se coloca manualmente la primera capa de hormigón con aproximadamente 35 mm de espesor (debajo de los tornillos metálicos) y enseguida se activa la mesa vibratoria durante 30 segundos (Figura 42). Se coloca la segunda capa de hormigón, completando la altura total del encofrado y se activa nuevamente la mesa vibratoria por otros 30 segundos (Figura 43).



Figura 42 – Colocación de la primera capa de hormigón en el encofrado metálico.



Figura 43 – Colocación de la segunda capa de hormigón en el encofrado metálico

f) Proceso de curado, desencofrado y almacenamiento: finalizado el proceso de aplicación y densificación del hormigón, se llevan los encofrados a un lugar horizontal plano y nivelado, destinado al almacenamiento (de acuerdo con el ítem 3.2.2, literal g). Luego de curadas, las vigas se almacenan en el patio de la unidad fabril (Figura 44).



Figura 44 – Almacenamiento de las vigas en el patio de la unidad fabril.

3.2.3. Proceso del armado en obra

El proceso de realización de las unidades habitacionales comienza por la marcación (locación) de la obra y sigue con la excavación de suelo para realizar los cimientos. El transporte de las piezas prefabricadas desde la fábrica hasta el lugar de la obra se realiza manualmente en un camión común.

Como elementos de cimiento, se colocan pilotes de 300 mm de diámetro, 1.000 mm de profundidad mínima y hormigón con f_{ck} de 20 MPa. Sobre estos, se colocan piezas circulares prefabricadas en hormigón (bloque de nivelación) con espesor de 100 mm, hormigón con f_{ck} de 20 MPa, sin armadura (Figura 45). Observando la modulación del proyecto ejecutivo del armado, se verifica que los bloques de nivelación (que recibirán los pilares) se disponen cada 970 mm, en profundidad de 300 mm de la cota de nivelación. Después se apoyan los pilares prefabricados sobre los bloques de nivelación (Figura 46), alineados y aplomados, enterrados mediante compactación manual.

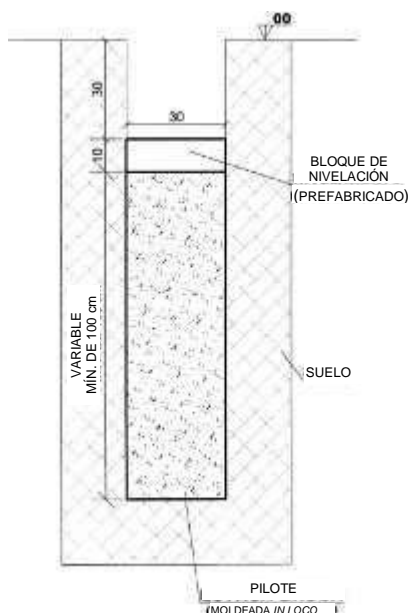


Figura 45 – Detalle esquemático de cimentación y estructura.



Figura 46 – Pilar apoyado sobre pieza circular prefabricada de hormigón.



Figura 47 – Pilares prefabricados enterrados.

Se destaca que los proyectos de cimentación deben elaborarse analizando las características del lugar y siguiendo los estudios de geotécnica específicos.

- a) **Colocación de las placas de cerramiento:** previamente a la colocación de la primera placa de cerramiento entre pilares, se verifica la alineación y la verticalidad del pilar. La colocación de las placas se realiza manualmente, apoyando la primera placa en la muesca del pilar. Las demás placas se superponen de acuerdo con el proyecto específico (Figuras 48 y 49).

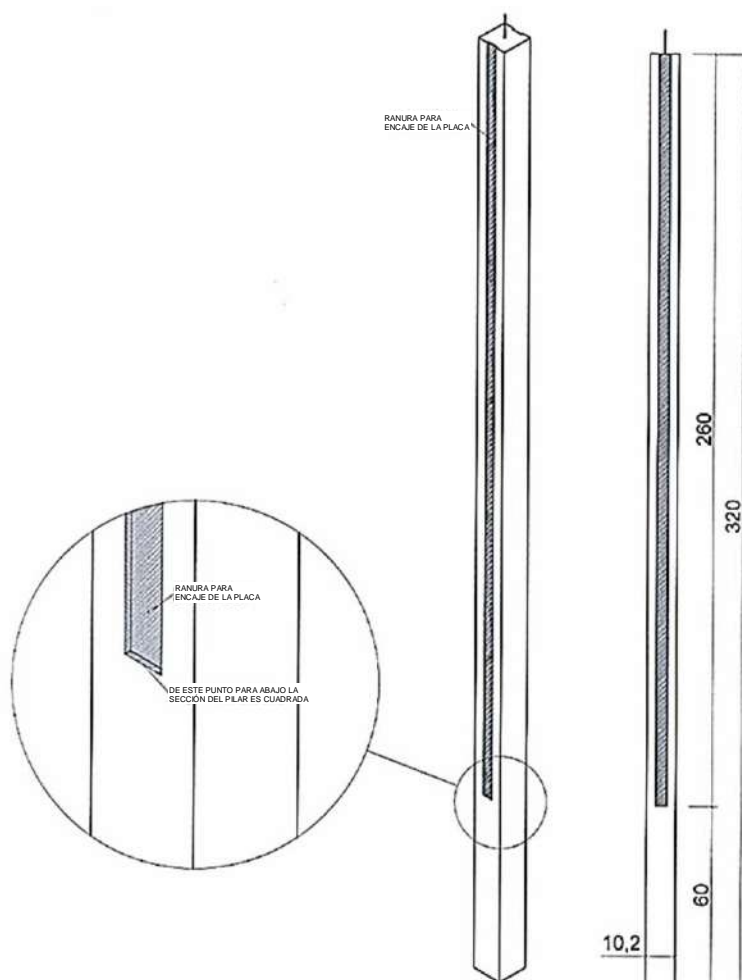


Figura 48 – Detalle del encaje de los pilares.



Figura 49 – Placas sobrepuestas.

- b) Instalación de los marcos y juntas con las placas de cerramiento y pilares:** los marcos son de madera Angelim y producidas en la unidad fabril de Contempla, son dimensionados para soportar las cargas actuantes, especialmente aquellas transferidas por las placas de hormigón que se fijan en los travesaños superiores. La fijación de las puertas se realiza mediante clavos metálicos del tipo ardox 18 x 36, en tarugos de madera insertos en los orificios de los pilares previamente realizados en el proceso de producción (Figuras 50 y 51). Luego de la fijación, en el vano

superior de la puerta (entre la puerta y la placa) y en puntos intercalados entre tornillos se aplica espuma expansiva a base de poliuretano. El relleno de los demás vanos entre batiente y pilar, se realiza con argamasa AC III. La terminación externa en la cara entre batiente y pilar se realiza con sellador elástico a base de poliuretano (Figura 52).

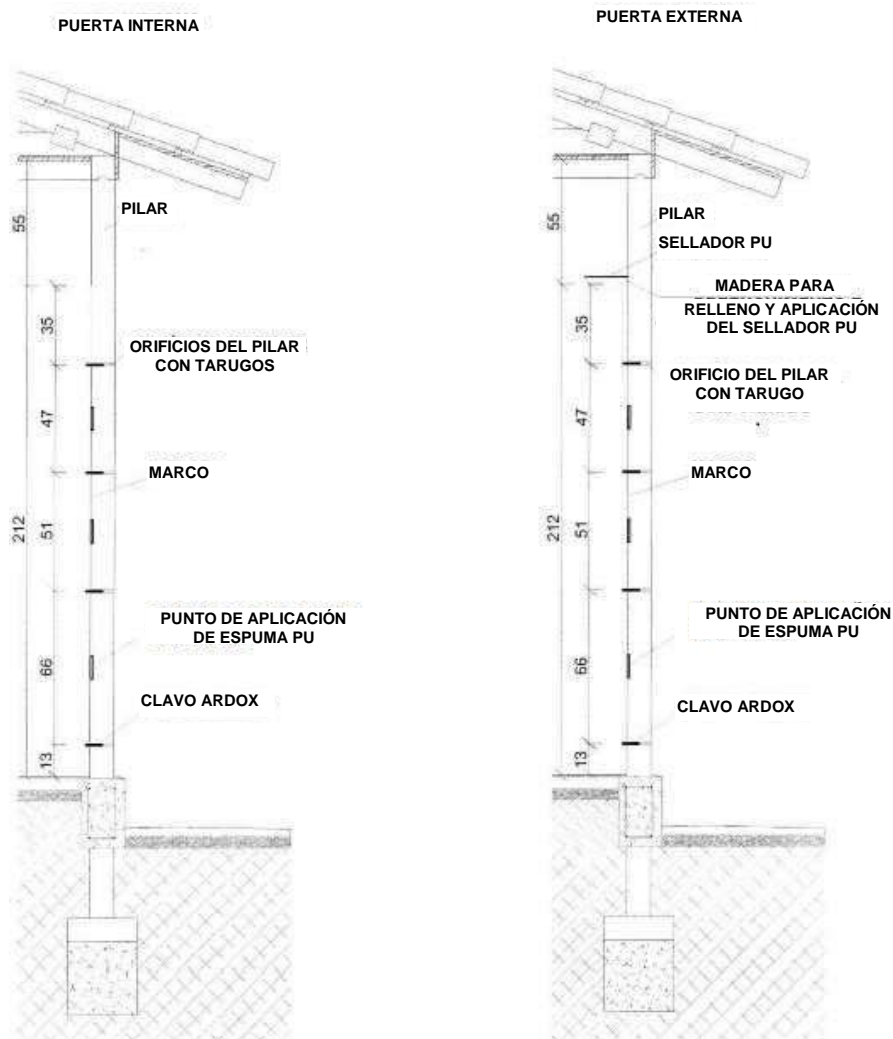


Figura 50 – Diseño esquemático de la fijación de los batientes de puerta en los pilares prefabricados.



Figura 51 – Orificios en el pilar prefabricado para fijación del marco de la puerta.



Figura 52 – Puerta instalada entre pilares prefabricados

Los marcos laterales de las ventanas se producen con reglas que desempeñan la función de encaje, del tipo macho, cuando se la fija a los huecos del pilar. Las laterales superiores e inferiores tienen huecos tipo hembra para el encastre de las placas de cerramiento (Figuras 53 y 54). La colocación de las ventanas se realiza con espuma expansiva a base de poliuretano y el cerramiento entre el marco y los elementos de hormigón (pilares y placas) se realiza con sellador PU (sellador elástico de poliuretano monocomponente) en la cara superior y en la cara inferior.

La colocación de la ventana (Figura 55) se realiza con espuma expansiva a base de poliuretano y la terminación se realiza con sellador de poliuretano (Figuras 56 y 57).

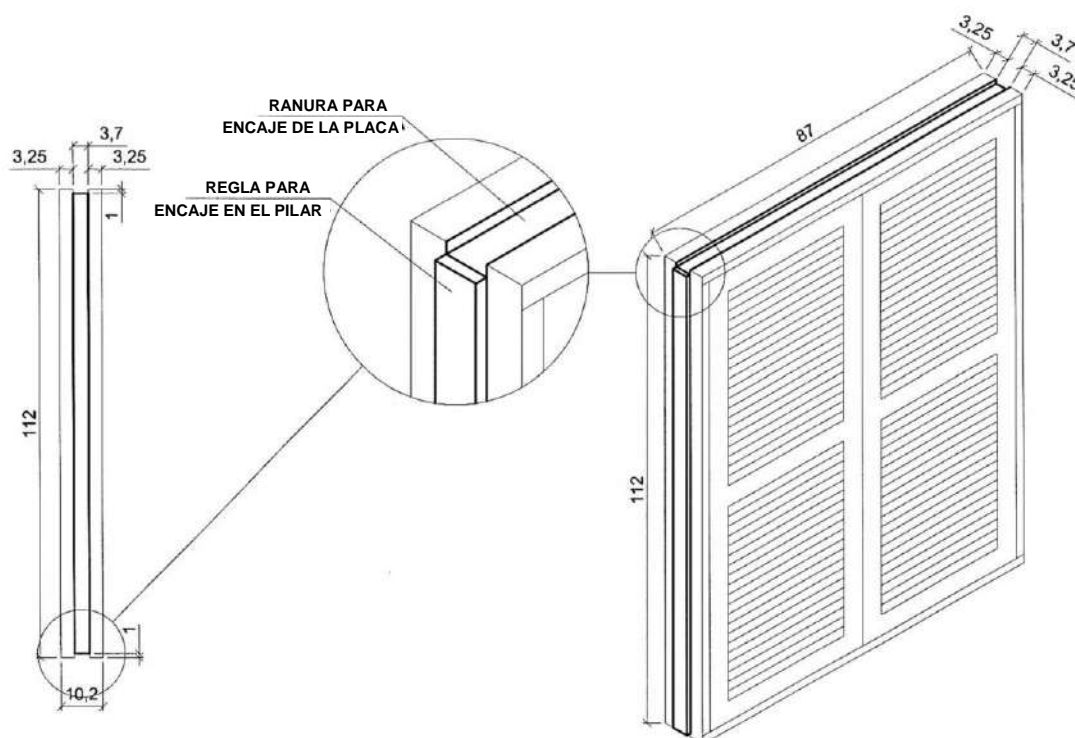


Figura 53 – Diseño esquemático de la ventana (en cm).

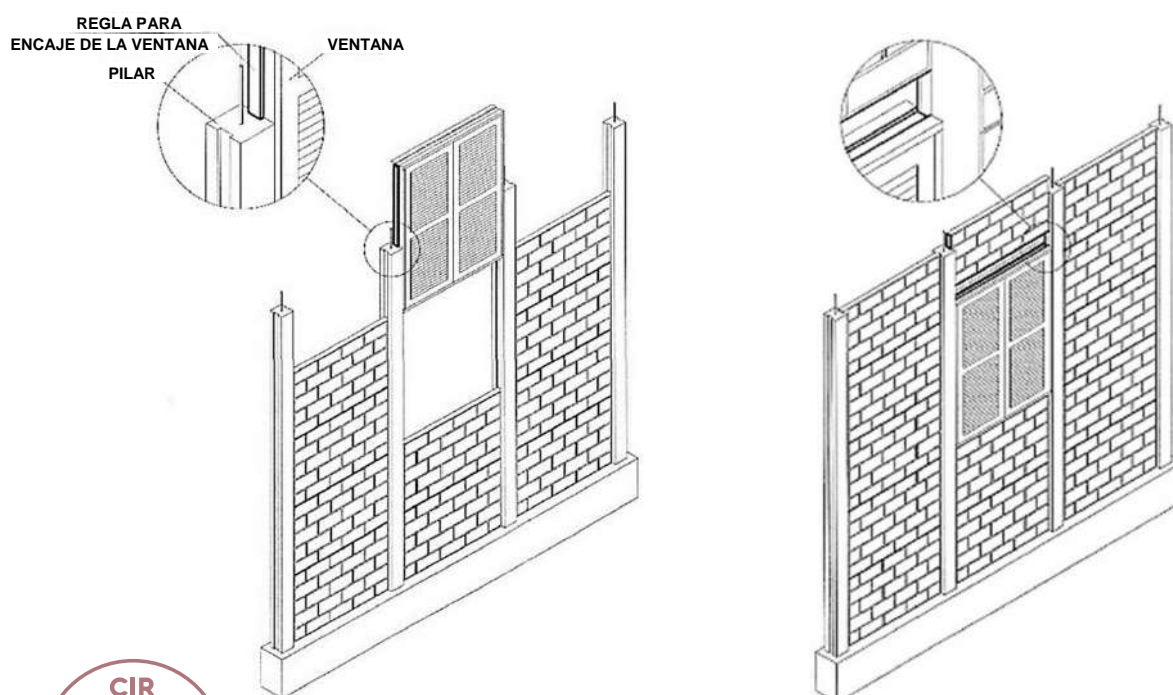


Figura 54 – Encastre de las ventanas.

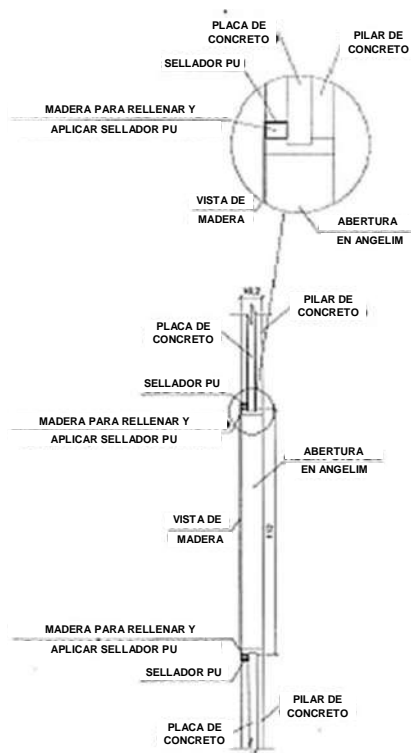


Figura 55– Detalle esquemático de la fijación de las ventanas.



Figura 56 – Vano entre pilar y ventana relleno con espuma expansiva a base de poliuretano.

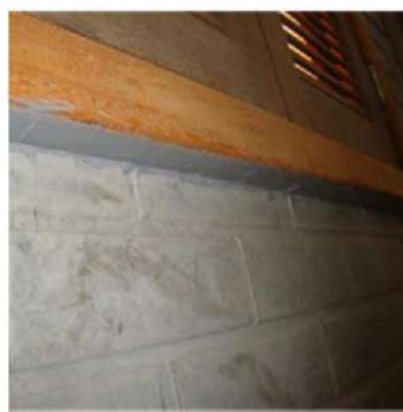


Figura 57 – Terminación de la junta entre placa y ventana con sellador elástico a base de poliuretano.

- c) Instalación de las vigas de hormigón prefabricadas:** las vigas prefabricadas en hormigón con lados de 102 mm se posicionan sobre la cima de los pilares. La fijación de la viga al pilar se lleva a cabo mediante planchuelas metálicas posicionadas en las extremidades de las vigas y tornillos galvanizados (\varnothing 5/16" de tipo rosca gruesa), unidos por tuercas sextavadas. Los vanos entre pilares y vigas se rellenan posteriormente con hormigón 30 MPa (Figura 58). Abajo de la tuerca se posiciona un alambre de acero galvanizado de \varnothing 3,0 mm y largo de 400 mm, posteriormente fijado en la parte inferior de la cercha del sistema de cobertura con ayuda de una grapa metálica de 6 x 9 (Figura 59).



Figura 58 – Preparación para el hormigonado del vano entre vigas sobre pilar.



Figura 59 – Fijación del alambre de acero galvanizado a la cercha del sistema de cobertura.

- d) Sistema de cobertura:** el sistema de cobertura es convencional y comprende una estructura en madera, que conforma el ático con una altura mínima de 1.450 mm, tejas de cerámica, manta aluminizada, cielorraso de madera Angelim y alero con proyección horizontal de 600 mm (Figuras 60, 61 y 62). Su instalación se realiza en la etapa siguiente a la de la instalación de las vigas prefabricadas en hormigón. El tanque de agua se instala sobre una estructura de madera apoyada en los pilares que conforman las paredes del baño (Figura 63).



Figura 60 – Sistema de cobertura con estructura en madera y manta aluminizada.



Figura 61 – Sistema de cobertura con tejas de cerámica.



Figura 62 – Cielorraso de madera.



Figura 63 – Tanque de agua instalado sobre estructura de madera.

- e) Realización de las vigas de cimentación:** las vigas de cimentación se realizan en el lugar, en hormigón armado, con dimensiones de 187 mm de ancho y 30 mm de altura. Hormigón con f_{ck} 30 MPa y clase de consistencia S10. El armado se constituye de 4 varillas de acero CA50 de \varnothing 6,3 mm y estribos en acero CA60 de \varnothing 4,2 mm, espaciados cada 300 mm (Figuras 64 y 65). Los moldes son de madera y el desmoldado se realiza luego de 72 horas de hecho el hormigonado (Figuras 66 a 68). Todas las vigas de cimentación se impermeabilizan con la aplicación de impermeabilizante cementicio.

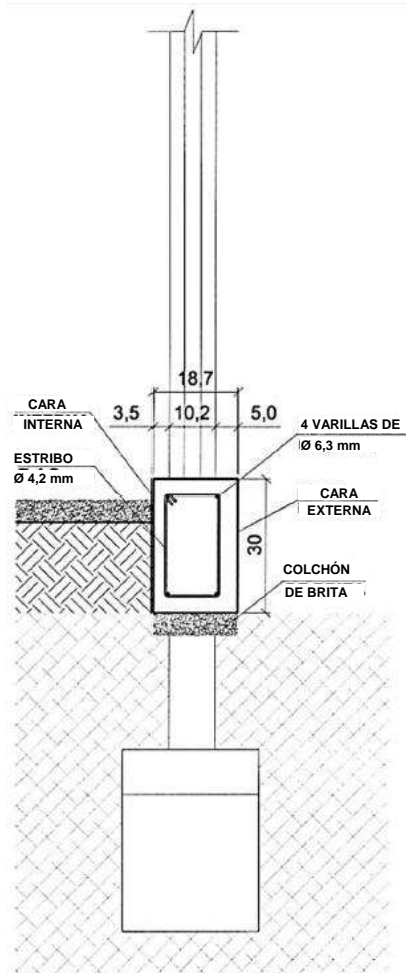


Figura 64 – Detalle esquemático de la viga de cimentación.



Figura 65 – Armado de la viga de cimentación.



Figura 66 – Moldes en madera para hormigonado de la viga de cimentación.



Figura 67 – Hormigonado de las vigas de cimentación.



Figura 68 – Viga de cimentación luego de desmoldada.

- f) Junta entre placas de cerramiento y entre placas de cerramiento y pilares y vigas:** las placas de cerramiento se fijan temporalmente mediante cuñas de madera (Figura 59). Luego del armado de los pilares, mediante vigas prefabricadas en hormigón y de las vigas de cimentación, se realiza el rejunte entre placas, entre placas y pilares, entre placas y vigas y entre placas y vigas de cimentación con argamasa AC III (Figuras 70 a 72º. Finalizado el proceso de curado del rejunte, se retiran las cuñas de madera y se concluye el rejunte con el llenado de vacíos donde estas se encontraban. Luego del rejuntado y antes de comenzar el revestimiento interno, se aplican telas de poliéster, con malla de 3 mm x 3 mm entre los paneles de hormigón prefabricados. La fijación de la malla se realiza con argamasa AC III (Figura 73).



Figura 69 – Fijación temporal de las placas mediante cuñas de madera.



Figura 70 – Rejunte en argamasa AC III entre placas y pilares.



Figura 71 – Vano entre placa de cerramiento y viga de hormigón relleno con argamasa AC III.



Figura 72 – Vano entre placa de cerramiento y viga de cimentación relleno con argamasa AC III.

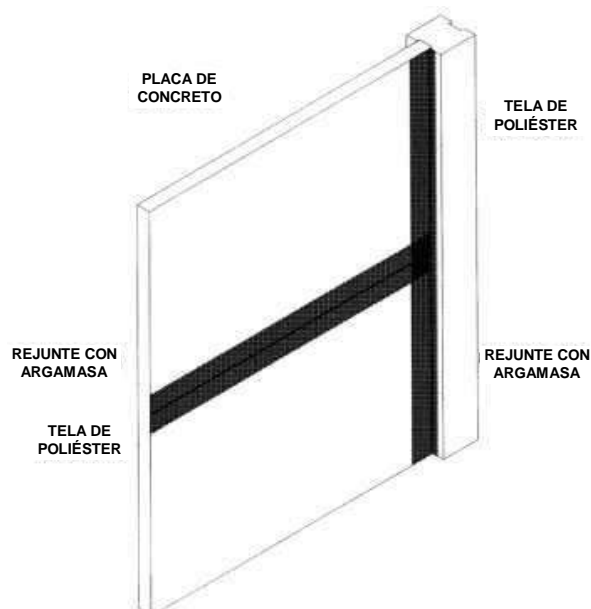


Figura 73 – Tela de poliéster entre placas de hormigón.

g) Juntas entre placas de pared e instalaciones: los ductos para cableado eléctrico se colocan por dentro de los pilares durante su proceso de producción y las conexiones se realizan en la obra (Figuras 74 y 75). Las cañerías de agua se realizan por fuera de las placas de cerramiento, embutidas en la argamasa de revestimiento (Figuras 76 y 77).



Figura 74 – Electroducto y caja de luz embutida en el pilar prefabricado.



Figura 75 – Caja de instalaciones eléctricas fijadas a la placa de cerramiento.



Figura 76 – Cañería hidráulica del box, fijada por fuera de la placa de cerramiento.



Figura 77 – Cañería hidráulica de la pía de la cocina embutida en argamasa de revestimiento.

h) Revestimiento y terminación de las placas de pared: a las placas de cerramiento puestas hacia el interior de la edificación se les aplica revoque fino (compuesto por argamasa de cemento, cal y arena fina), con espesor de 15 mm (Figura 78). A las placas de cerramiento destinadas a embutirles la cañería hidráulica de abastecimiento de agua se les aplica revoque fino de 32,5 mm de espesor (Figura 79). La terminación de los ambientes de baño, cocina y área de servicio se realiza con la aplicación de revestimiento cerámico del piso al techo (Figura 80). Se destaca que las paredes de las áreas de cocina, baño y área de servicio se impermeabilizan, previo a la aplicación del revestimiento cerámico, con impermeabilizante de base cementicia aplicado en dos manos cruzadas. En los demás ambientes, la terminación se realiza mediante pintura acrílica sobre una capa de sellador acrílico. A la cara externa de las paredes externas se les aplica una mano de sellador acrílico y pintura acrílica (Figura 81).



Figura 78 – Revoque grueso y revoque fino en la cara interna de las placas de cerramiento.



Figura 79 – Cañería hidráulica embutida en el revoque fino.



Figura 80 – Baño con revestimiento interno de cerámica.



Figura 81 – Terminación externa de las placas de cerramiento en pintura acrílica.



i) Revestimiento de pisos y juntas con las placas de pared: previo a la realización del contrapiso, se nivela el área interna de la edificación y se la compacta en capas de 30 mm. A continuación se aplica la lona plástica (espesor de 100 μ m) y, posteriormente, se aplica una capa de brita de $\frac{3}{4}$ " con 50 mm de espesor. A continuación se realiza el contrapiso en hormigón con proporción en volumen de 1:4:4 (cemento: arena gruesa) (Figura 82). En el piso de las áreas secas (dormitorios, sala y circulación), en las áreas húmedas (baño y área de servicio) y en las áreas húmedas circunstancialmente (cocina y galería) se aplica impermeabilizante de base cementicia en dos manos cruzadas y, posteriormente, revestimiento cerámico. Para la colocación de las piezas cerámicas se utiliza argamasa pegamento industrializada tipo AC I (Figura 83). El piso terminado del box tiene un desnivel de 15 mm en relación con el piso terminado del baño.



Figura 82 – Contrapiso realizado.



Figura 83 – Colocación del revestimiento cerámico.

Alrededor de la edificación se realiza una acera de 700 mm de ancho y caída de 2% en dirección opuesta a la viga de cimentación (Figuras 84 y 85). Para impermeabilizar la viga de cimentación se utiliza impermeabilizante de base cementicia, aplicado en dos manos cruzadas, de manera que toda la superficie del elemento constructivo quede adecuadamente protegida. La diferencia de nivel entre el piso terminado de la acera y el piso terminado de la galería/área de servicio es de al menos 150 mm, y entre el piso terminado de la galería/área de servicio y del piso terminado de las áreas internas es de al menos 100 mm (Figura 84).

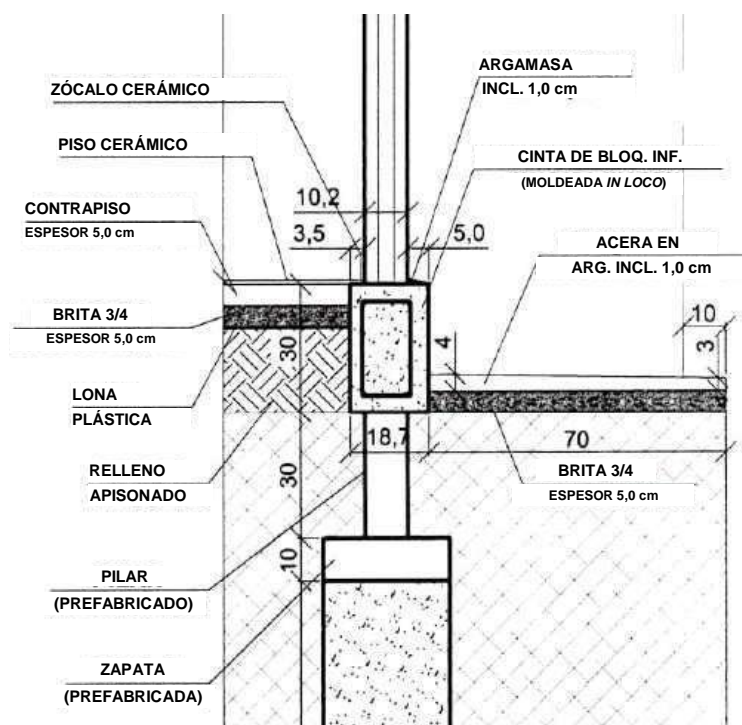


Figura 84 – Detalle – junta de viga de cimentación y de placas de hormigón premoldeadas.

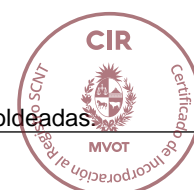




Figura 85 – Acera alrededor de la edificación.

- j) **Muro vertical:** entre las paredes de la cocina y ambientes adyacentes se prevén muros verticales compuestos por dos placas de yeso para *drywall* del tipo estándar, con espesor de 12,5 mm, estructuradas por perfiles metálicos (perfil de acero galvanizado tipo «U» con 48 mm de ancho), obedeciendo a la necesidad de resistencia al fuego, en el grado cortafuego, por un período de 30 (treinta) minutos. Las juntas entre las placas se tratan con la aplicación de cinta de papel microperforada con masilla de yeso (Figuras 86 a 89), de acuerdo con la norma ABNT NBR 15758-1.

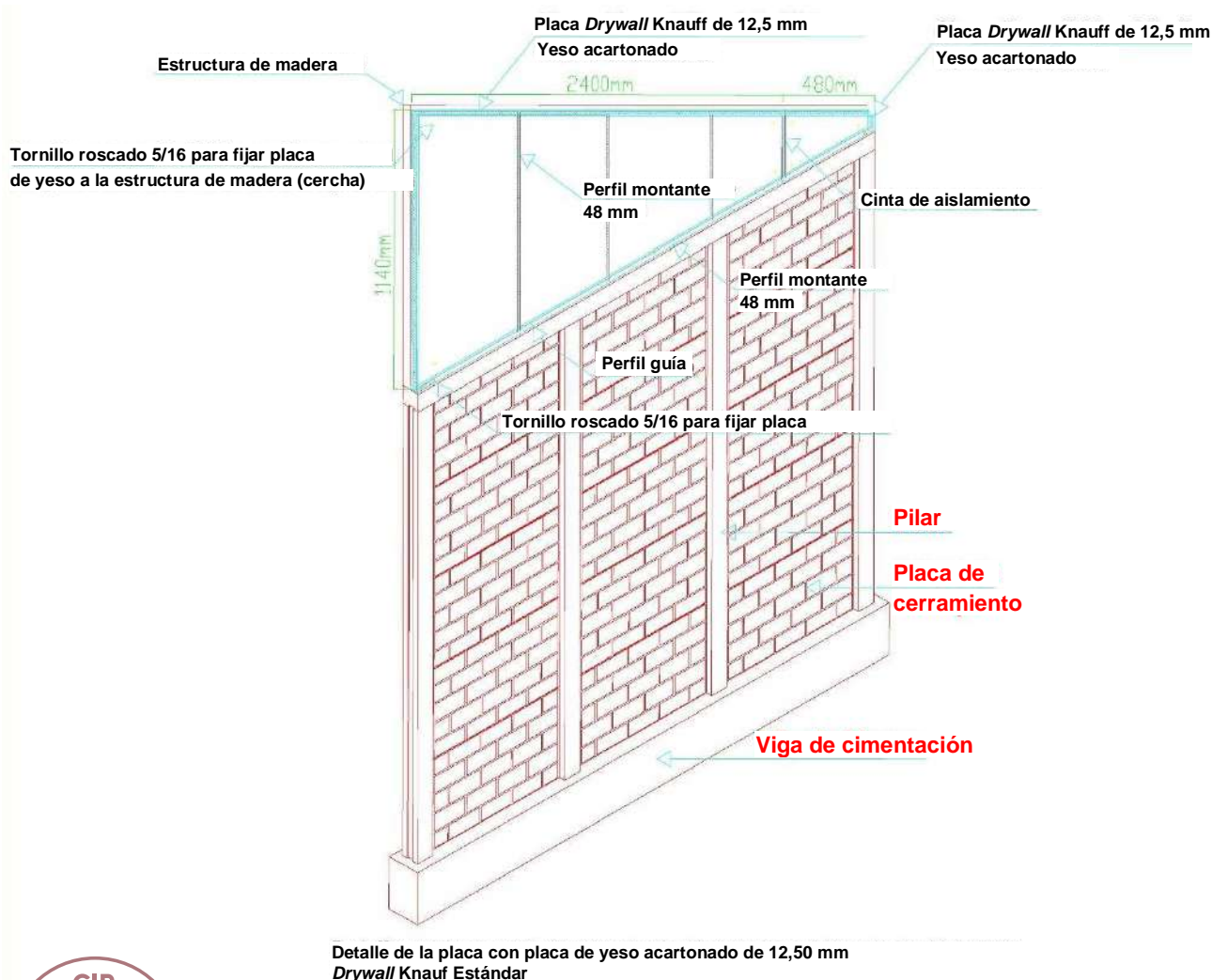


Figura 86 – Detalle del cerramiento del muro.

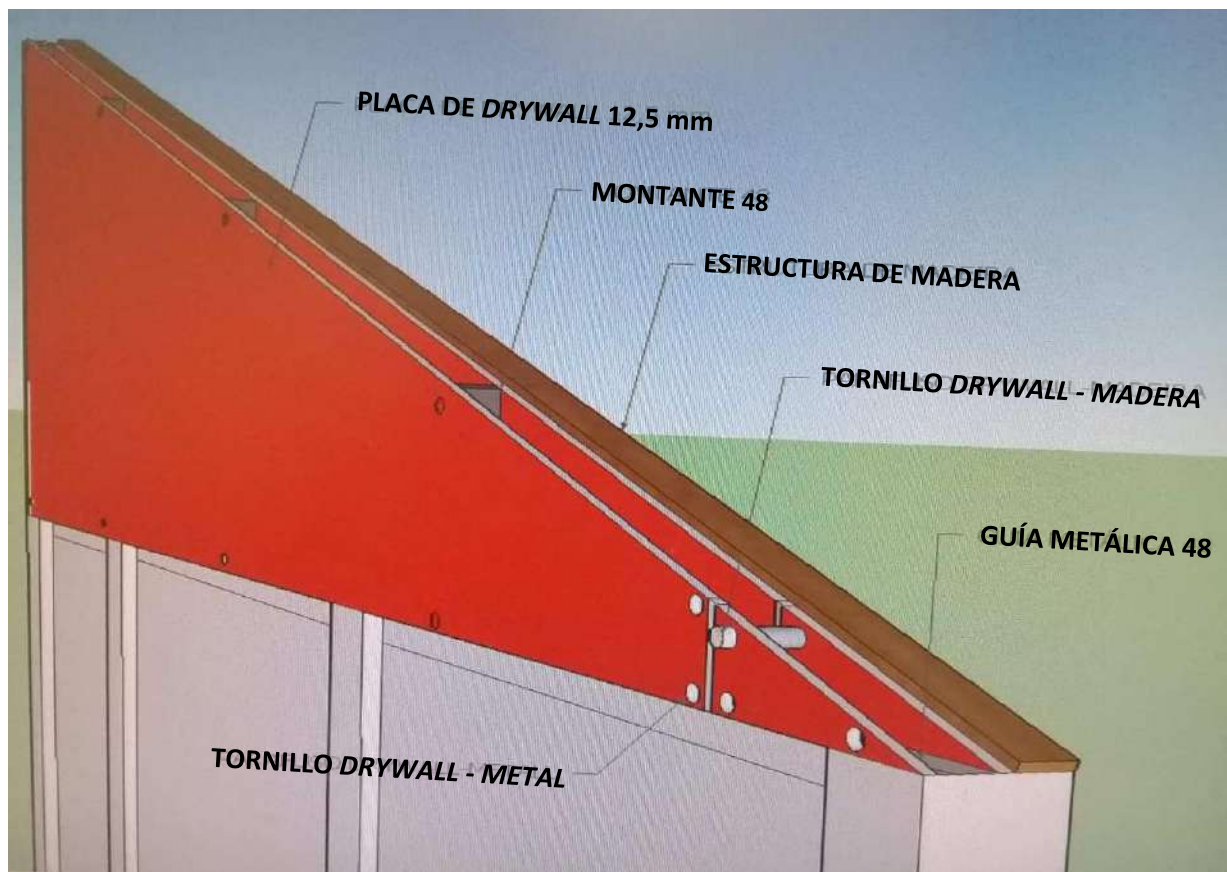


Figura 87 – Detalle – Fijación del muro vertical en la cercha (cara de la pared orientada hacia el ambiente adyacente a la cocina).

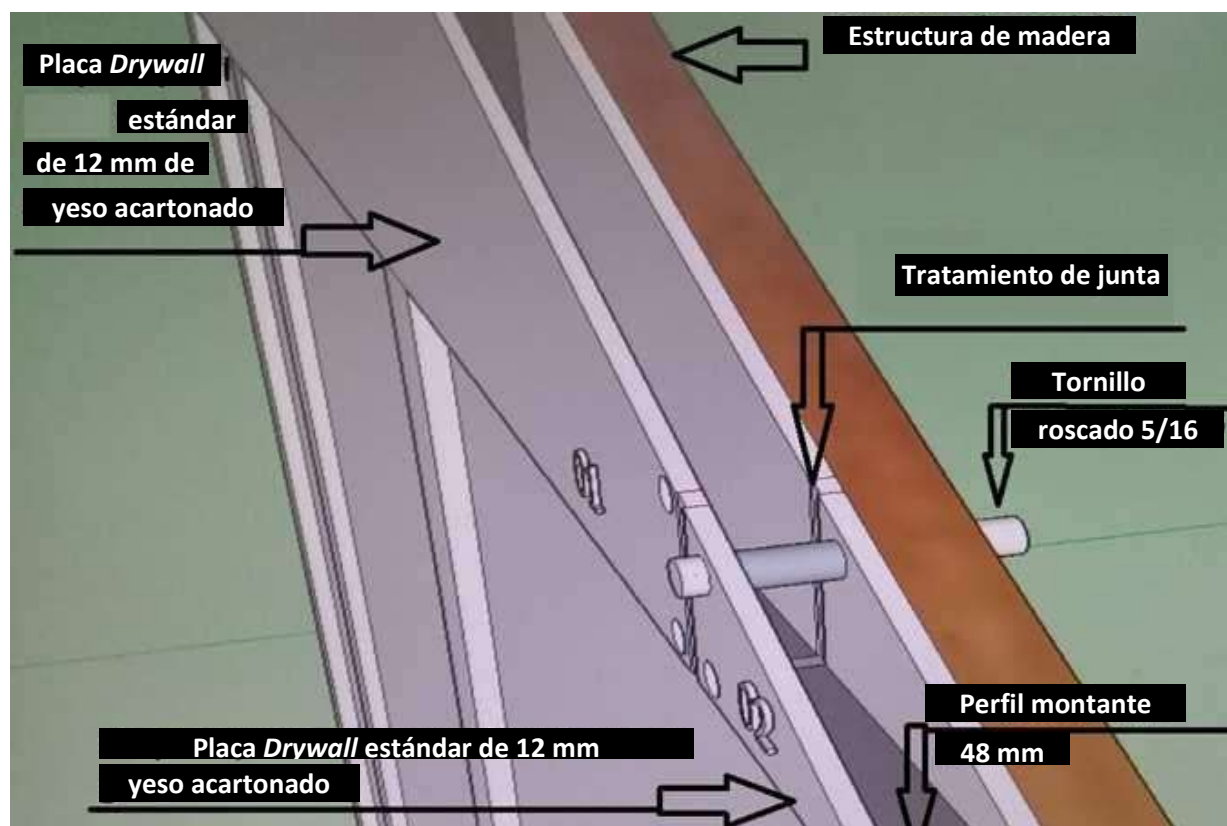
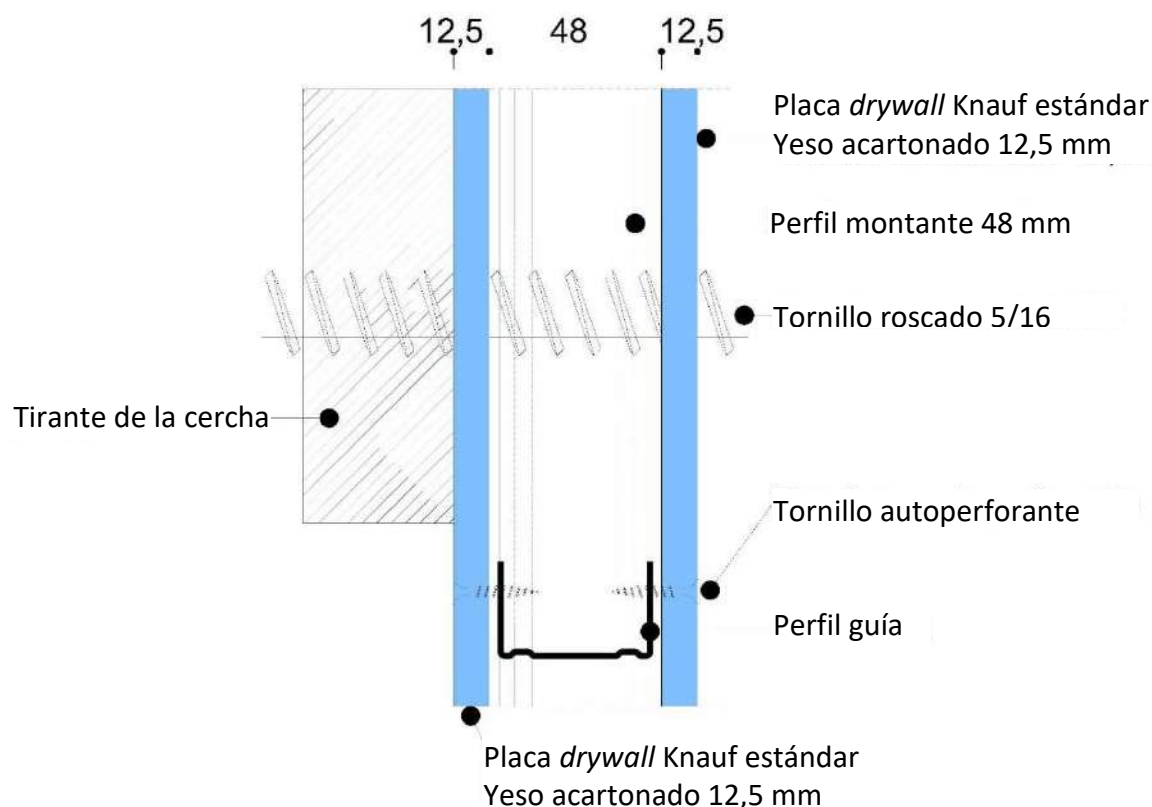


Figura 88 - Detalle – Fijación del muro vertical en la cercha (cara de la pared orientada hacia el ambiente cocina).


Figura 89 – Corte – Fijación de las placas de *drywall*.

4. Evaluación técnica

La evaluación técnica se realizó de acuerdo con la Directriz SINAT n.º 002 – REV.02 – Sistemas constructivos integrados por placas premoldeadas para uso como paredes de edificios habitacionales, a partir del análisis de proyectos, ensayos de laboratorio, verificaciones analíticas del comportamiento estructural, auditorías técnicas en la unidad fabril y en obras y demás evaluaciones que surgen de los informes técnicos y de ensayos citados en el ítem 6.

4.1. Desempeño estructural

El desempeño estructural del sistema constructivo de Contempla se evaluó considerando los requisitos de resistencia lateral y de estabilidad global, resistencia a cargas verticales, resistencia a impactos de cuerpo blando y de cuerpo duro, resistencia a piezas suspendidas y resistencia a la sollicitación de puertas.

Las resistencias características especificadas para el hormigón utilizado en el sistema de cerramiento vertical se definen de acuerdo con lo siguiente:

- 25 MPa: para las placas de cerramiento utilizadas en los ambientes que conforman la cocina;
- 30 MPa: para las placas de cerramiento utilizadas en los demás ambientes y en las vigas;
- 40 MPa: para pilares.

4.1.1. Compresión excéntrica – cargas verticales

Se realizaron ensayos de laboratorio para evaluar la resistencia a las cargas verticales, considerando el estado límite último y el estado límite de servicio, de acuerdo con la Directriz SINAT n.º 002 – REV. 02. En la Tabla 1 se presenta una síntesis de los resultados de los ensayos de compresión excéntrica.



Tabla 1 - Síntesis de los resultados de los ensayos de compresión excéntrica (tramo de pared)

Cuerpo de prueba ensayado	Carga del primer daño (kN/m)	Carga de ruptura (kN/m)
CP 1	97,8	337,7
CP 2	83,8	312,1
CP 3	97,8	395,6
Promedio	93,1	348,5

Utilizándose los resultados de los ensayos de compresión excéntrica y considerando la carga actuante de $S_d = 54,95$ kN/m, obtenida en el cálculo estructural para la unidad habitacional terrestre aislada, y considerando la ecuación de resistencia última (R_{ud}) presentada en la ABNT NBR 15575-2:2013, (adoptando $\xi=1,5$ e $\gamma_m=2,0$), se determina para compresión excéntrica $R_{ud} = 109,2$ kN/m. Así, las paredes conformadas por placas de cerramiento, pilares y vigas prefabricadas en hormigón cumplen con el requisito de cargas verticales para el estado límite último.

Se verificaron las condiciones para ELS, siendo $S_d \leq R_{sd}$ y para ELU, siendo $S_d \leq R_{ud}$, según la Tabla 2.

Tabla 2 - Síntesis de los resultados ELS y ELU.

$S_{d,s}$	R_{sd}	R_{ud}
54,95 N/m	68,5 kN/m	109,2 kN/m

Adicionalmente, se evaluaron en laboratorio los elementos disociados (pilar y unión viga/pilar). La síntesis de los resultados obtenidos en los ensayos de compresión excéntrica para el pilar se presenta en la Tabla 3.

Tabla 3 - Síntesis de los resultados de los ensayos de compresión excéntrica (pilar)

Cuerpo de prueba ensayado	Carga del primer daño (kN)	Carga de ruptura (kN)
CP 1	100,55	157,97
CP 2	108,27	203,31
CP 3	119,59	193,86
Promedio	109,47	185,04

Valiéndose de los resultados de los ensayos de compresión excéntrica y considerando la carga actuante de $S_d = 58,8$ kN, obtenida en el cálculo estructural para unidad habitacional terrestre aislada, y considerando la ecuación de resistencia última (R_{ud}) presentada en la ABNT NBR 15575-2:2013, (adoptando $\xi=1,5$ y $\gamma_m=2,0$), se determina para compresión excéntrica $R_{ud} = 61,98$ kN. Así, las paredes conformadas por placas de cerramiento, pilares y vigas prefabricadas en hormigón cumplen con el requisito de cargas verticales para el estado límite último.

Se verificaron las condiciones para ELS, siendo $S_d \leq R_{sd}$ y para ELU, siendo $S_d \leq R_{ud}$, según Tabla 4.

Tabla 04 – Síntesis de los resultados de los ensayos de compresión excéntrica (pilar)

$S_{d,s}$	R_{sd}	R_{ud}
58,8 kN	86,42 kN	61,98 kN



El desplazamiento promedio horizontal medido fue de 8,49 mm, cumpliendo con el criterio establecido en la ABNT NBR 15575-2:2013 de $H/300$, o sea, 10,4 mm.

En relación con los esfuerzos de unión viga/pilar, se presenta en la Tabla 5 la síntesis de los resultados obtenidos en el ensayo de laboratorio.

Tabla 5 - Síntesis de los resultados de los ensayos de compresión excéntrica (pórtico)

Cuerpo de prueba ensayado	En el sistema			En el dispositivo de unión	
	Carga (kN) 1.ª fisura (ELS)	Carga (kN) de ruptura (ELU)	Despl. vertical (mm)	Deformación específica ϵ_{\max} ($\mu\text{m/m}$)	Carga σ_{\max} (MPa)
CP 1	13,30	18,20	22,12	67,06	13,7
CP 2	9,50	13,30	4,12	69,9	14,3
CP 3	16,11	21,40	14,46	60,35	12,4
Promedio	12,97	17,63	18,29 ^a	65,77	13,46

(a) No considerado el desplazamiento del CP2.

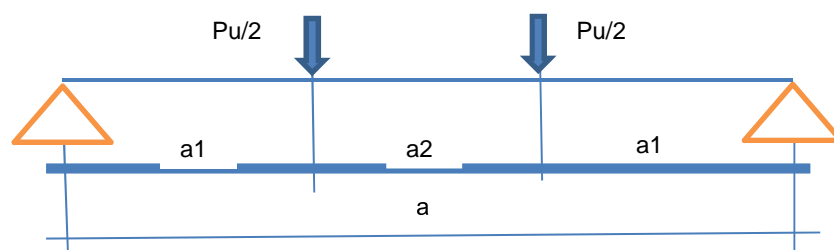
Hasta la carga de ruptura obtenida en el ensayo, se verificó la ausencia de fisuras o deformaciones que denotaran comprometimiento de la unión viga/pilar.

A partir de las cargas últimas de ruptura en el sistema presentadas en la Tabla 5 y considerándose el método de cálculo analítico, se determinaron los valores característicos últimos de momento (M_{uk}) y cortante (V_{uk}) de la viga del sistema constructivo, que constan en la Tabla 6.

Tabla 6 – Valores característicos últimos de momento (M_{uk}) y cortante (V_{uk})

Valores obtenidos en ensayo (P_u)	En el sistema		
	Carga (kN) de ruptura (ELU)	V_{uk} (kN)	M_{uk} (kN.m)
Menor	13,30	6,65	2,28
Mayor	21,4	10,7	3,66

El modelo esquemático para los cálculos característicos de cortante y de momento se presenta en la Figura 90.



Donde: $a_1=342,66$ mm; $a_2=296,68$ mm; $a=982$ mm

Figura 90 – Esquema de cálculo analítico para V_{uk} e M_{uk} .

A partir del modelo de cálculo para resistencia de proyecto en el estado límite último (ELU) que consta en la ABNT NBR 15575-2:2013, los valores últimos de proyecto para el momento (M_{ud}) y para la cortante (V_{ud}) de la viga se presentan en la Tabla 7.

Tabla 7 – Valores característicos últimos de proyecto para cortante (V_{ud}) y para momento (M_{ud})

V_{ud} (kN)	M_{ud} (kN.m)
1,81	1,24

4.1.2. Resistencia a impactos de cuerpo blando y de cuerpo duro

Se realizaron ensayos para verificar la resistencia a impactos de cuerpo blando y de cuerpo duro, considerando los puntos más desfavorables del sistema de cerramiento (unión entre placas).

Los resultados del ensayo de impacto de cuerpo blando realizado en la cara externa de la placa de cerramiento (de afuera hacia adentro) indican que el cuerpo de prueba no presentó fallas (fisuras, abolladuras y grietas) o rupturas en los componentes de las paredes para las energías de 120 J a 720 J. Los resultados obedecen al criterio establecido en la Directriz SINAT n.º 002 – REV. 02.

Los ensayos de impacto de cuerpo duro realizados para las paredes externas (fachadas), con las energías de 3,5 J y 20 J, y para las paredes internas con las energías de 2,5 J y 10 J, presentan resultados que obedecen a los criterios establecidos en la Directriz SINAT n.º 002 – REV. 02.

4.1.3. Solicitaciones transmitidas de puertas a paredes

El ensayo de solicitaciones transmitidas por puertas, considerando el cierre brusco y el impacto de cuerpo blando, se realizó en las puertas colocadas entre los pilares prefabricados.

No se observaron fallas (fisuras, desprendimientos, entre otros) en el encuentro con el marco, deformaciones en las regiones de solidarización del marco con la pared, ni desprendimientos en juntas entre componentes de las paredes, obedeciendo al criterio establecido en la Directriz SINAT n.º 002 – REV. 02.

4.1.4. Solicitaciones de cargas de piezas suspendidas que actúan sobre las paredes

Los ensayos de verificación de la capacidad de soporte de piezas suspendidas consideraron dispositivo estándar con soportes de ángulo y carga aplicada en cada pieza, considerando los dos puntos de 0,8 kN. Los ensayos se realizaron en la pared del cuarto social con espesor de 67 mm. Los tipos de dispositivos de fijación empleados en los ensayos fueron tornillos metálicos autorroscantes de ranura simple y cabeza ovalada con diámetro de 8 mm y largo de 50 mm y tacos *ficher* de plástico.

Los resultados obtenidos en los ensayos obedecen a los criterios mínimos de la Directriz SINAT n.º 002 – REV. 02.

4.2. Estanqueidad al agua

Se realizaron ensayos de estanqueidad al agua para verificar el comportamiento de la propia placa, de las juntas entre placas, juntas entre placas y aberturas y juntas entre placas y pilares. Los ensayos constaron en exponer, durante un período de 7 h, las caras externas de los cuerpos de prueba a una corriente de agua de 3 L/min/m², creando una película homogénea y continua, con la aplicación simultánea de una presión neumática de 50 Pa sobre esa misma cara.

Los resultados obtenidos demuestran que cumplen con los requisitos de desempeño explicitados por la ABNT NBR 15575-4:2013 – Edificaciones habitacionales – Desempeño – Parte 4: Requisitos para los sistemas de cerramiento verticales internos y externos – SVVIE.

También se realizaron análisis de proyecto para evaluar los aspectos que influyen en la estanqueidad de agua de las placas de pared de las fuentes de humedad internas y externas a la edificación.



Ambas caras (internas y externas) de las placas reciben sellador acrílico y pintura de base acrílica. La cara interna de las placas de ambientes de áreas húmedas (baño) y húmedas circunstancialmente (cocina, lavabo y área de servicio) reciben revestimiento cerámico.

En cuanto a la estanqueidad de la unión entre placas de cerramiento y de pisos internos y externos, se verificó diferencia de cota entre el piso terminado interno y externo y entre el piso terminado del baño y del box. En todos los ambientes de áreas húmedas circunstancialmente (cocina, lavabo, galería cubierta) o húmedas (baño y área de servicio) se especifican revestimientos cerámicos.

Se concluye que el resultado obtenido en el ensayo de laboratorio y en los análisis de proyectos, el sistema constructivo cumple con el requisito especificado en la Directriz SINAT n.º 002 – REV. 02.

4.3. Desempeño térmico

Se realizaron simulaciones computacionales para evaluación del desempeño térmico para las ocho zonas bioclimáticas (Z1 a Z8 indicadas en la norma ABNT NBR 15220), utilizando el *software* EnergyPlus para unidades habitacionales unifamiliares terrestres aisladas.

El estudio computacional consideró las siguientes características relevantes para análisis del desempeño térmico:

- Paredes externas: existen dos tipos de configuración: a) cocinas – placa de cerramiento en hormigón con espesor de 37 mm (*), densidad aproximada de 2.688 Kg/m³ (*), conductividad térmica (λ) de 1,75 W/(m.K) y capacidad térmica específica (c) de 1,0 J/kg.K), argamasa para asentamiento con 13 mm de espesor (densidad aproximada de 2.000 Kg/m³ (*), conductividad térmica (λ) de 1,75 W/(m.K) y capacidad térmica específica (c) 1,0 kJ/kg.K) y revestimiento cerámico de 7 mm de espesor y dimensiones de 400 mm x 400 mm (densidad aproximada de 1.600 Kg/m³, conductividad térmica (λ) de 0,90 W/(m.K) y capacidad térmica específica (c) de 0,92 kJ/kg.K), totalizando 57 mm de espesor de la pared de cerramiento (a). Pared (b): placa de cerramiento en hormigón con espesor de 37 mm (*) (densidad aproximada de 2.400 kg/m³ (*), conductividad térmica (λ) de 1,75 W/(m.K) y capacidad térmica específica (c) de 1,0 kJ/kg.K), argamasa de revestimiento en las caras internas con espesor de 15 mm (densidad de 2.000 kg/m³, conductividad térmica (λ) de 1,15 W/(m.K) y capacidad térmica específica (c) de 1,0 kJ/kg.K).
- Paredes internas: placas de cerramiento en hormigón con espesor de 37 mm (*), densidad aproximada de 2.688,2 kg/m³ (*), conductividad térmica (λ) de 1,75 W/(m.K) y capacidad térmica específica de 1,0 kJ/kg.K. Argamasa de revestimiento en ambas caras con espesor de 15 mm, densidad de 2.000 kg/m³, conductividad térmica (λ) de 1,15 W/(m.K) y capacidad térmica específica (c) de 1,0 kJ/kg.K.
- (*) pared equivalente calculada con las mismas propiedades de las placas prefabricadas, considerando la ponderación de las propiedades térmicas de las placas y de los pilares presentes en los elementos prefabricados.
- Sistema de cobertura: teja cerámica con espesor de 10 mm, densidad de 1.600 kg/m³, conductividad térmica (λ) de 0,90 W/(m.K), capacidad térmica específica (c) de 0,92 kJ/kg.K y absorción (α) de 0,7, manta aluminizada (membrana Fresh Foil Super) con espesor de 2,7 mm y resistencia térmica (R) de 0,001 m².K/W y cielorraso de madera con espesor de 10 mm, densidad de 830 kg/m³, conductividad térmica (λ) de 0,29 W/(m.K) y capacidad térmica específica (c) de 1,34 kJ/kg.K.
- Sistema de piso: capa de brita $\frac{3}{4}$ con 50 mm de espesor, contrapiso en hormigón con 30 mm de espesor (densidad de 2.400 kg/m³) y piso cerámico con 7 mm de espesor.
- Ventana del dormitorio 1 en madera con 1,83 m x 1,12 m/1,00 m, compuesta por marco de madera, con 6 hojas, 4 de ellas venecianas (2 fijas y 2 de correr) y dos hojas con vidrio translúcido de 3 mm también de correr.
- Ventana del dormitorio 2 en madera con 0,87 m x 1,12 m/1,00 m, compuesta por marco de madera con dos hojas venecianas de abrir y dos hojas de vidrio translúcido de 3 mm en guillotina.

- Ventana de la sala en madera con 1,83 m x 1,12 m/1,00 m, compuesta por marco de madera, con 6 hojas, 4 de ellas venecianas (2 fijas y 2 de correr) y dos hojas con vidrio translúcido de 3 mm también de correr.
- Ventana de la cocina corrediza, dimensiones de 1830 mm x 900 mm, compuestas por marcos de madera, con dos hojas de vidrio de 3 mm de espesor.
- Ventana del área de servicio corrediza, dimensiones de 870 mm x 1120 mm, compuestas por marcos de madera, con dos hojas de vidrio con 3 mm de espesor.
- Ventana del baño basculante, dimensiones de 870 mm x 600 mm compuestas por marco de madera con vidrio de 3 mm de espesor.
- Altura entre piso y cielorraso de 2600 mm.
- Superficie útil de 48,32 m².

También se consideraron las siguientes variables:

- Absorción de la radiación solar de la superficie externa de las paredes igual a $\alpha=0,3$ para colores claros; $\alpha=0,5$ para colores medios y $\alpha=0,7$ para colores oscuros.
- Condición estándar: ambientes con ventilación solamente por infiltración a través de grietas en ventanas y puertas y una renovación del volumen del aire del ambiente por hora (1,0 Ren/h) y ventanas sin sombreado.
- Condición con ventilación: ambientes con ventilación de cinco renovaciones del volumen de aire del ambiente por hora (5,0 Ren/h) y ventanas sin sombreado.
- Condición con sombreado: protección interna o externa de las aberturas que impida la entrada de radiación solar directo o reduzca al menos un 50% la incidencia de la radiación solar global en los ambientes y ventilación solamente por infiltración a través de grietas en ventanas y puertas y una renovación del volumen de aire del ambiente por hora (1,0 Ren/h).
- Condición con sombreado y ventilación: protección interna o externa de las aberturas que impida la entrada de radiación solar directa o reduzca al menos un 50% la incidencia de radiación solar global en los ambientes y ventilación de cinco renovaciones del volumen del aire del ambiente por hora (5,0 R en/h).

La Tabla 8 demuestra las condiciones de cumplimiento mínimo de los requisitos para el período de verano y de invierno en los ambientes dormitorio 1 y sala.

Tabla 8 – Condiciones necesarias para la obtención del nivel de desempeño térmico mínimo en las zonas 1 a 8 en el período de verano y de invierno*

Zona Bioclimática	Condición estándar	Con ventilación	Con sombreado	Con sombreado y ventilación
1	Clara, media u oscura	Clara, media u oscura	Clara, media u oscura	Clara, media u oscura
2	No cumple	No cumple	Clara	Clara
3	Clara o media	Clara o media	Clara o media	Clara o media
4	No cumple	No cumple	No cumple	No cumple
5	Clara	Clara	Clara	Clara o media
6	No cumple	No cumple	Clara	Clara
7	Clara	Clara o media	Clara o media	Clara o media
8	No cumple	No cumple	Clara	Clara

(*) Las zonas bioclimáticas 6, 7 y 8 no se evalúan para la condición de invierno, según ABNT NBR 15575.



Se verifica que el sistema de cerramiento vertical cumple con la Directriz SINAT n.º 002 – REV. 02 en cuanto al desempeño térmico mínimo, excepto para la zona bioclimática 4 y siempre que se respeten los colores de terminación de las paredes de fachada especificados para cada zona bioclimática y la condición de sombreado.

4.4. Desempeño acústico

Para la evaluación del desempeño acústico del sistema de cerramiento vertical, se realizaron ensayos de campo para verificación del aislamiento sonoro al ruido aéreo de fachada en una unidad habitacional unifamiliar terrestre aislada, localizada en Araranguá/SC.

Descripción y características del ambiente ensayado:

- Fachada (ambiente de dormitorio): el ensayo se realizó teniendo como ambiente receptor el dormitorio social con área de 8,07 m² y altura entre piso y cielorraso de 2,60 m. Las paredes tienen un espesor total de 52 mm, siendo constituidas por placas con 37 mm de espesor, revestidos solamente en la cara interna, con argamasa de 15 mm de espesor. Tiene puerta de madera, piso con revestimiento cerámico y ventana (según la siguiente descripción).
- La ventana guillotina de madera, con dos hojas con vidrio de 3 mm de espesor y dos hojas venecianas de abrir (área de 870 mm x 1120 mm). Los marcos laterales de las ventanas se realizan con reglas que ejercen la función de encaje, del tipo macho, fijado a la entrante del pilar. Los laterales superiores e inferiores prevén entrantes del tipo hembra para encaje de los paneles de cerramiento. El asentamiento de las ventanas se realiza con espuma expansiva de poliuretano y el cerramiento entre la abertura y los elementos de hormigón (pilares y placas) se realiza con sellador PU (sellados elástico de poliuretano monocompente).
- Sistema de cobertura: el sistema de cobertura es convencional y comprende una estructura en madera, que conforma el ático con una altura máxima de 1.450 mm, tejas de cerámica, manta aluminizada, cielorraso de madera y alero con proyección horizontal de 600 mm.

La Tabla 9 presenta la síntesis de los resultados obtenidos en los ensayos de campo.

Tabla 9 – Síntesis de los resultados obtenidos en ensayo de campo (dB)

Elemento	Criterio de desempeño para ensayos de campo (ABNT NBR 15575:2013) (dB)	Valor determinado en ensayo de campo (dB)
Pared de fachada (ambiente de dormitorio) (D _{2m,nT,w})	≥ 30	31

El ensayo de campo realizado en la unidad habitacional en Araranguá/SC demuestra que, desde el punto de vista del desempeño acústico, el sistema constructivo se encuadra en la clase de ruido III, de acuerdo con el criterio establecido en la ABNT NBR 15575-4:2013. Los valores obtenidos en el ensayo se refieren exclusivamente a la unidad evaluada en las condiciones descriptas.

Se destaca que las aberturas utilizadas en fachadas deben tener valores adecuados de R_w , a modo de cumplir con el criterio normativo y que el sistema de cobertura debe presentar aislamiento sonoro compatible con la fachada de la edificación.

4.5. Durabilidad y mantenimiento

Para la durabilidad de las placas de cerramiento sin función estructural prefabricadas en hormigón, se consideraron los proyectos, las características de los materiales y los procedimientos de mantenimiento contemplados en el *Manual de uso, operación y mantenimiento*.

Se verificó la relación entre la clase de agresividad ambiental y las características del hormigón especificado, así como la resistencia a la compresión, la relación agua/cemento y el consumo mínimo de cemento. Las placas de cerramiento se encuadran en la clase de hormigón C30 ($f_{ck} \geq 30$ MPa, relación agua/cemento $\leq 0,55$ y consumo mínimo de cemento ≥ 320 kg/m³).

Las placas de cerramiento de fachada, incluyendo sus tratamientos de juntas y revestimientos, se expusieron al ensayo de choque térmico (calor y enfriado por medio de chorro de agua) compuesto por diez ciclos sucesivos. El resultado del ensayo demostró la no ocurrencia de fallas como fisuras, desprendimiento, deformaciones, ampollamientos, decoloración u otros daños y desplazamiento horizontal instantáneo (dh) inferior a 7 mm.

El mantenimiento de las placas de pared que componen la edificación debe ser prevista en el *Manual técnico de uso, operación y mantenimiento*. En él deben constar los plazos de vida útil del proyecto (VUP) con respectivo programa de mantenimientos preventivos y correctivos, además de información como: condiciones de uso (fijación de piezas suspendidas), localización (según *as built*) de las instalaciones hidráulicas y eléctricas y respectivas formas de inspecciones y mantenimientos. El *Manual de uso, operación y mantenimiento* debe elaborarse de acuerdo con la norma ABNT NBR 14037:2011 – Directrices para elaboración de manuales de uso, operación y mantenimiento de las edificaciones – Requisitos para la elaboración y presentación de los contenidos y con la ABNT NBR 15575:2013 – Parte 1.

Las aberturas se instalan en las placas de pared de la edificación y poseen VUP ≥ 20 años y el sistema de cerramiento vertical externo VUP ≥ 40 años. Las aberturas son desmontables, siendo así mantenibles sin necesidad de ruptura, sustitución o daños en la placa de pared. El procedimiento para la sustitución de las aberturas se describe en el *Manual de uso, operación y mantenimiento* de Contempla, de acuerdo con el ítem 14.3.2 – Criterio – Facilidad o medios de acceso ABNT NBR 15575:1.

Las instalaciones hidráulicas poseen VUP ≥ 20 años y se instalan bajo el revoque de las placas, por lo tanto, son pasibles de mantenimiento sin que haya daño o ruptura de las placas de cerramiento.

4.6. Seguridad contra el fuego

Las placas de cerramiento sin función estructural prefabricadas en hormigón se componen de materiales incombustibles, caracterizándose como no propagadoras de incendio. También presentan características adecuadas en términos de propagación de humo, no agravando el riesgo de incendio.

De acuerdo con la Directriz SINAT N.º 2 – REV. 02, en el caso de unidades habitacionales unifamiliares terrestres aisladas, se exige la resistencia al fuego por el período de 30 minutos para las paredes que conforman el ambiente de la cocina. Para ello, las placas que conforman este ambiente poseen dimensiones de 900 mm de largo, 510 mm de ancho y 62 mm de espesor. El hormigón especificado posee adición de microfibra de polipropileno y resistencia característica a la compresión de 25 MPa (a los 28 días).

Se realizó el ensayo de laboratorio de resistencia al fuego en cuerpo de prueba constituido de 4 pilares con aplicación de carga de servicio de 950 kg por pilar. Los resultados obtenidos demuestran que las placas de cerramiento sin función estructural presentan resistencia al fuego por el período de 30 minutos.

Se verifica que las placas prefabricadas sin función estructural cumplen con el criterio establecido en la Directriz SINAT N.º 2 – REV. 02 en cuanto a la seguridad contra incendio para unidades habitacionales unifamiliares terrestres aisladas. Vale resaltar que la empresa Contempla debe elaborar proyectos específicos para cada tipología, tomando en cuenta las exigencias contenidas en las reglamentaciones del Cuerpo de Bomberos del Estado en que la construcción será edificada, cumpliendo con las exigencias de la ABNT NBR 14432 y reglamentos municipales específicos.

Considerando la utilización de cielorraso no resistente al fuego en el área de la cocina, entre las paredes de la cocina y ambientes adyacentes deben ser previstos muros verticales compuestos por la elevación de la propia pared hasta el nivel del tejado o por elementos que posean resistencia al fuego por un período de 30 minutos, con el objetivo de confinar el incendio en el ambiente de origen. En el caso en cuestión, se optó por muros con dos placas de yeso para *drywall* del tipo estándar, con espesor de 12,5 mm y tratamiento de juntas entre placas con aplicación de cinta de papel microperforada con masilla de yeso, según la norma ABNT NBR 15758-1 (ver ítem 3.2.4, literal j).

Se destaca que el proyecto de cada emprendimiento debe considerar las exigencias de seguridad contra incendio contempladas en normas y reglamentos, a nivel municipal, estatal o federal.

5. Control de calidad

Contempla Engenharia e Empreendimentos Ltda. debe mantener controles necesarios para la calidad de la ejecución de obras de unidades habitacionales unifamiliares terrestres aisladas. Los controles se fundamentan en documentación técnica que comprende:

- Recibimiento y aceptación de materiales y componentes utilizados en obra, tales como cemento, arena, brita, placas de cerramiento, pilares y vigas prefabricadas. Se destaca que a fin de auditoría técnica, es indispensable la disponibilización del control del hormigón en la unidad fabril y en obra, esto es, datos referentes al ensayo de depresión (*slump*) para la verificación de la consistencia del hormigón y datos referentes al ensayo de resistencia a la compresión axial en la fase del desmoldado (48 horas con $f_{c,48h}$ de 5 MPa) y a los 28 días placas ($f_{c,28}$ de 30 MPa y $f_{c,28}$ 25 MPa), pilares ($f_{c,28}$ 40 MPa).
- Secuencia y verificación de las etapas de la obra, tales como locación de la obra, compactación de suelo y realización de contrapiso, armado de la estructura, realización del sistema de cobertura, realización de las vigas de cimentación, realización del revoque, colocación del revestimiento cerámico, realización de las instalaciones hidrosanitarias y eléctricas, instalación de aberturas, instalación de cielorraso, instalación de lozas y mesadas y pintura.
- Se recomienda que las etapas del armado del sistema de pared se verifiquen, destacándose locación de los pilares, transporte, unión entre placa y el elemento de cimiento, unión entre placas, unión entre placa y viga de amarre, bloqueo y arriostramiento de las placas de pared (cuñas de madera), tratamiento de las juntas, verificación de la alineación y aplomada, verificación de las dimensiones de los vanos destinados a las aberturas y de los ambientes, unión entre placas y aberturas e identificación de las placas de 62 mm de espesor para su correcta destinación (ambiente de cocina).
- El solicitante debe mantener los controles en la unidad fabril, tales como recepción de materiales, producción de las placas de cerramiento, de los pilares y vigas prefabricados, almacenamiento (materiales y elementos prefabricados), transporte interno y hasta el lugar de la obra y control tecnológico del hormigón.
- Se realizaron auditorías técnicas en la unidad de producción y en obras, tanto en ejecución como finalizadas, lo que permitió evaluar el desempeño global de las unidades habitacionales y el comportamiento potencialmente positivo del producto en cuanto al control de calidad de producción y de armado.
- El control de eventuales patologías o reparaciones pos-ocupación se debe evidenciar por el solicitante, acompañado de los procedimientos y acciones pertinentes, respetando los plazos de garantía.
- El comportamiento de las juntas entre placas y cimientos, placas y pilares y placas y sistema de cobertura debe ser objeto de monitoreo constante por el solicitante de la tecnología, debido a la limitación de que se evalúe tal comportamiento a lo largo del tiempo.

Durante el período de validez de este DATec se realizarán auditorías técnicas cada seis meses para la verificación de los controles, llevadas a cabo por Contempla Engenharia en el proceso de producción y en el producto final, en el armado en obra y en obras habilitadas.



6. Fuentes de información

Las principales fuentes de información son documentos técnicos de la empresa e informes técnicos y ensayos del sistema de cerramiento vertical.

6.1. Documentos de la empresa

- Proyectos y detalles ejecutivos arquitectónicos, estructurales, instalaciones de hidráulica y de eléctrica, producción y armado.
- Memoria descriptiva del proceso de fabricación – Rev. 07.
- Memoria descriptiva del proceso de armado – Rev. 09.
- Memoria de Cálculo Estructural y Anotación de Responsabilidad Técnica.
- Instrucciones de trabajo y fichas de control.
- Certificado SiAC – PBPQP-H – Nivel A.
- Manual de uso, operación y mantenimiento (Manual del propietario).

6.2. Informes técnicos e informes de ensayo

- Relatório Técnico de Avaliação [Informe Técnico de Evaluación] N.º 02/2017 Rev.1 – IFBQ;
- Relatório de Auditoria Técnica [Informe de Auditoria] Técnica N.º 03/2017 Rev. 1 – IFBQ;
- Relatório de Auditoria Técnica [Informe de Auditoria Técnica] N.º 06/2019 – 1.ª Auditoria de Mantenimiento del DATec N.º 036;
- Informe de Auditoria Técnica N.º 12/2019 – 2.ª Auditoria de Mantenimiento del DATec N.º 036;
- Informe de Auditoria Técnica N.º 04/2020 – 3.ª Auditoria de Mantenimiento del DATec N.º 036;
- Informe de Ensayo N.º CON/255.792/13 – L.A. Falcão Bauer Ltda. (Ensayo de caracterización del agregado fino – arena media);
- Informe de Ensayo N.º CON/242.475/13 – L.A. Falcão Bauer Ltda. (Ensayo de caracterización del agregado grueso – brita 1);
- Informe de Ensayo N.º CON/256.090/13 – L.A. Falcão Bauer Ltda. (Reactividad álcali-agregado - Determinación de la expansión en barras de argamasa por el método acelerado del agregado fino – arena media);
- Informe de Ensayo N.º CON/242.553/13 – L.A. Falcão Bauer Ltda. (Reactividad álcali-agregado - Determinación de la expansión en barras de argamasa por el método acelerado del agregado grueso – brita 1);
- Informes de Ensayos – Determinación de la resistencia a la compresión del hormigón en los tiempos de 24 h, 48 h, 3 días, 7 días, 14 días y 28 días.
- Informe de Ensayo N.º 537-17 – Qualify - Laboratório de Concreto, Materiais e Solos. (Hormigón con fibras 40 MPa – determinación de la absorción de agua, índice de vacíos y masa específica);
- Informe de Ensayo N.º 538-17 – Qualify - Laboratório de Concreto, Materiais e Solos. (Hormigón 40 MPa - determinación de la absorción de agua, índice de vacíos y masa específica);
- Informe de Ensayo N.º 539-17 – Qualify - Laboratório de Concreto, Materiais e Solos. (Hormigón con fibras 30 MPa - determinación de la absorción de agua, índice de vacíos y masa específica);
- Informe de Ensayo N.º 540 -17 – Qualify - Laboratório de Concreto, Materiais e Solos. (Hormigón 30 MPa - determinación de la absorción de agua, índice de vacíos y masa específica);
- Informe de Ensayo N.º 541-17 – Qualify - Laboratório de Concreto, Materiais e Solos. (Hormigón con fibras 25 MPa - determinación de la absorción de agua, índice de vacíos y



masa específica);

- Informe de Ensayo N.º 542-17 – Qualify - Laboratório de Concreto, Materiais e Solos. (Hormigón 20 MPa determinación de la absorción de agua, índice de vacíos y masa específica);
- Fichas técnicas del desmoldante Oleomix 35_Tecnomor.
- Informe de Ensayo N.º REV/286.117/2/A/15 – L.A. Falcão Bauer Ltda. (Ensayos de resistencia a impactos de cuerpo blando y cuerpo duro);
- Informe de Ensayo N.º REV/286.117/3/A/15 – L.A. Falcão Bauer Ltda. (Ensayos de sollicitaciones transmitidas por puertas a paredes);
- Informe de Ensayo N.º REV/286.117/1/A/15 – L.A. Falcão Bauer Ltda. (Ensayos de sollicitaciones de cargas de piezas suspendidas que actúan en las placas de pared);
- Informe de Ensayo N.º 1 068 124-203 – Laboratório de Segurança ao Fogo e Explosões/CETAC – IPT (Ensayo de verificación de la resistencia al fuego en pared con función estructural);
- Informe de Ensayo N.º CCC/266.575/13 – L.A. Falcão Bauer Ltda. (Ensayo de estanqueidad en la unión entre pared y ventana);
- Informe de Ensayo N.º LPC/L-261.109/15 – L.A. Falcão Bauer Ltda. (Ensayos de verificación de la estanqueidad de la placa de pared con junta y resistencia al choque térmico y de adherencia del revestimiento);
- Informe Técnico – Evaluación del desempeño térmico de Residencia Unifamiliar con paredes de hormigón armado y tejas de cerámica para las Zonas Bioclimáticas 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 e 8.
- Informe de Ensayo N.º ENO/308.710/1/18 – L.A. Falcão Bauer (Ensayo de aislamiento sonoro en sistema de cerramiento vertical en paredes externas);
- Informe de Ensayo N.º 95833 – Laboratório de Materiais de Construção Civil – LMCC – UFSM (Ensayo de verificación del índice de reducción sonora ponderado (Rw) de muro ciego (fachada));
- Informe Técnico N.º 143 342-205 – Centro de Tecnologia de Obras de Infraestrutura – CT-OBRAS/SEE – IPT (Ensayos de compresión excéntrica de placas de pared constituidas por elementos premoldeados de hormigón);
- Informe N.º 2314/2018 – Ensayo de compresión excéntrica en pórtico – ITT Performance – Universidade do Rio dos Sinos;
- Informe N.º 2315/2018 – Ensayo de compresión excéntrica en pilar – ITT Performance – Universidade do Rio dos Sinos.

6.3 Informes de Auditoría

7. Condiciones de emisión del DATec

Este Documento de Evaluación Técnica, DATec, se emite en las condiciones descriptas a continuación, de acuerdo con el Regimiento general del SiNAT – Sistema Nacional de Evaluaciones Técnicas de Productos Innovadores, Capítulo VI, Art. 22:

- a) el Solicitante es el único responsable de la calidad del producto evaluado en el ámbito del SiNAT;
- b) el Solicitante debe producir y mantener el producto, así como el proceso de producción, en las condiciones de calidad y desempeño que se evaluaron en el ámbito de SiNAT;
- c) el Solicitante debe producir el producto de acuerdo con las especificaciones, normas y reglamentos aplicables, incluyendo las directrices SiNAT;
- d) el Solicitante debe emplear y controlar el uso del producto, o su aplicación, de acuerdo con las recomendaciones que constan en el DATec concedido y literatura técnica de la empresa;
- e) el IFBQ y las diversas instancias del SiNAT no asumen ninguna responsabilidad sobre pérdida o daño derivados del resultado directo o indirecto del producto evaluado.

La Detentora de la Tecnología, Contempla Engenharia e Empreendimentos Ltda. se compromete a:

- a) mantener el producto y el proceso de producción en las condiciones generales de calidad en

- que se evaluaron en este DATec, elaborando proyectos específicos para cada emprendimiento;
- b) producir el producto de acuerdo con las especificaciones, normas técnicas y reglamentos aplicables;
 - c) mantener la capacitación del equipo de colaboradores involucrado en el proceso;
 - d) mantener asistencia técnica, por medio de atención al cliente.

El producto debe ser utilizado de acuerdo con las instrucciones del productor y recomendaciones de este Documento de Evaluación Técnica.

El SiNAT y la Institución Técnica Evaluadora, en este caso el IFBQ, no asumen ninguna responsabilidad sobre pérdida o daño devenidos del resultado directo o indirecto de este producto.

Programa Brasileiro de la Calidad y Productividad en el Hábitat – PBQP-H

Sistema Nacional de Evaluaciones Técnicas – SiNAT

Brasília, DF, 06 de noviembre de 2020.





Artigas, 29 de agosto de 2022

TRANSMITANCIA TÉRMICA (U) DEL CERRAMIENTO VERTICAL MÁS COMPROMETIDO

$$U = 1 / RT \text{ w / m}^2.k$$

RT= Resistencia térmica total = Rsi + R + Rse

Rsi = Resistencia superficial interior (Valor tabla según dirección de flujo = 0.13)

Rse = Resistencia superficial exterior (Valor tabla según dirección de flujo = 0.04)

R= espesor / conductividad

M1A - EXTERIOR - DORMITORIO

Nº	CAPA	e	Conductividad	R
	Rse			0.04
1	Placa	0.037	1.75	0.021
2	Revoque	0.015	1.15	0.013
3	Lana de Roca Alum	0.04	0.038	1.05
4	Yeso	0.0125	0.30	0.042
	Rsi			0.13

				RT= 1.30

U = 0.77 w / m².k e=10.4cm (muro) – 13.6cm a cara ext del pilar***Se colocará lana de roca con lámina de aluminio en su cara exterior como aislante térmico*****M1B - EXTERIOR – COCINA**
pared sin cañería

Nº	CAPA	e	Conductividad	R
	Rse			0.04
1	Placa	0.037	1.75	0.021
2	Revoque	0.015	1.15	0.013
3	Lana de roca Alum	0.04	0.038	1.05
4	Yeso	0.018	0.30	0.06
5	Argamasa de asent	0.015	1.75	0.0086
6	Cerámica	0.007	0.90	0.0078
	Rsi			0.13

				RT= 1.33

$$U = 1 / 1.33$$

U = 0.75 w / m².k e=11.6cm (muro) – 14.8cm a cara ext del pilar***Se colocará lana de roca con lámina de aluminio en su cara exterior como aislante térmico.***

M1C - EXTERIOR – COCINA / EXTERIOR – BAÑO**Pared con cañería**

Nº	CAPA	e (m)	Conductividad (W/mk)	R (m ² k/W)
	Rse			0.04
1	Placa	0.037	1.75	0.021
2	Revoque	0.0325	1.15	0.028
3	Lana de Roca Alum	0.04	0.038	1.05
4	Yeso	0.018	0.30	0.06
5	Argamasa de asent	0.015	1.75	0.0086
6	Cerámica	0.007	0.90	0.0078
	Rsi			0.13

RT= 1.35

U= 1 / 1.35

U = 0.74w / m².k e=12.8cm (muro) – 16.00cm a cara ext del pilar

Nota: La cañería va por el revoque de 32,5mm, el cual totaliza conformando la placa de 69.5mm

Se colocará lana de roca con lámina de aluminio en su cara exterior como aislante térmico.

TRANSMITANCIA TÉRMICA (U) DEL CERRAMIENTO SUPERIOR INCLINADO**CUBIERTA SUPERIOR - TECHO INCLINADO (con yeso)**

Nº	CAPA	e	Conductividad	R
	Rse			0.04
1	Chapa de zinc	0.0025	47	0.000053
2	Lana de Roca c/alum	0.05	0.038	1.32
3	Lám de Polietileno	0.002	0.5	0.004
4	Cámara de Aire	0.30	0.14	2.14
5	Yeso	0.025	0.30	0.08
	Rsi			0.10

RT= 3,68

Nota: Densidad del poliestireno = 20 kg / m³

U= 1 / 3.68

U = 0.27 w / m².k

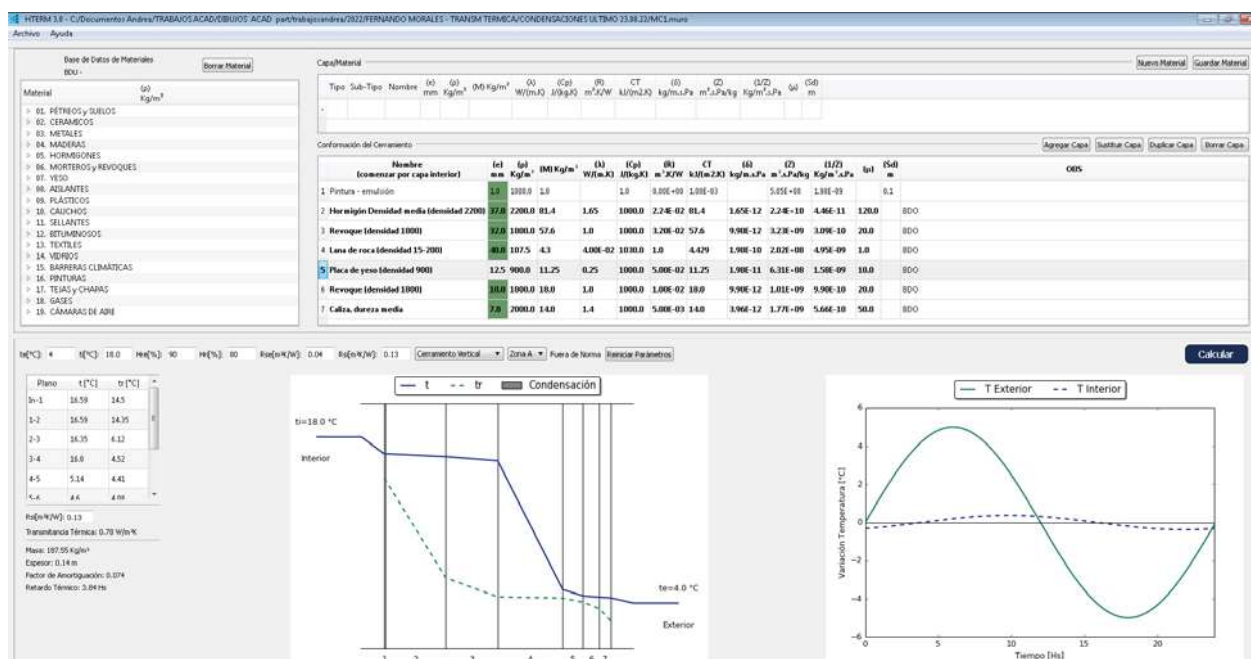
Se colocará lana de roca con lámina de aluminio en su cara más externa para ayudar a reflejar la radiación térmica. La lámina de polietileno ayudará a evitar la condensación.


ANDREA PÉREZ CASTRO
ARQUITECTA

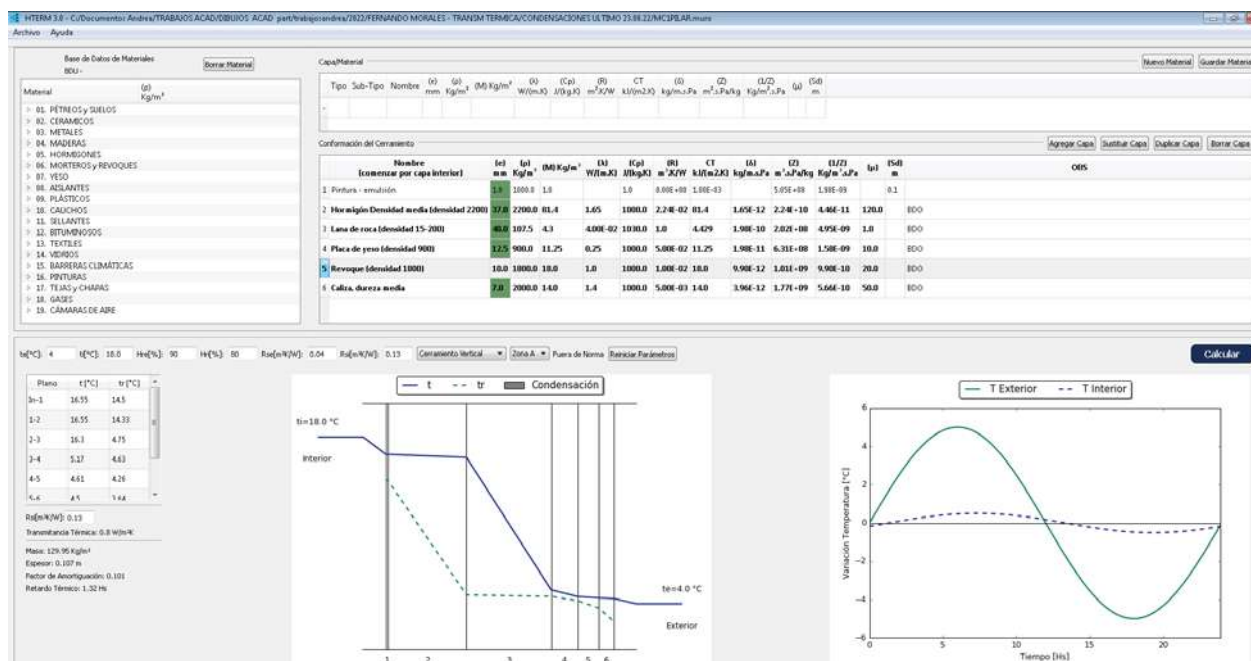
Paula Andrea Pérez Castro.
Nº C.P: 114753



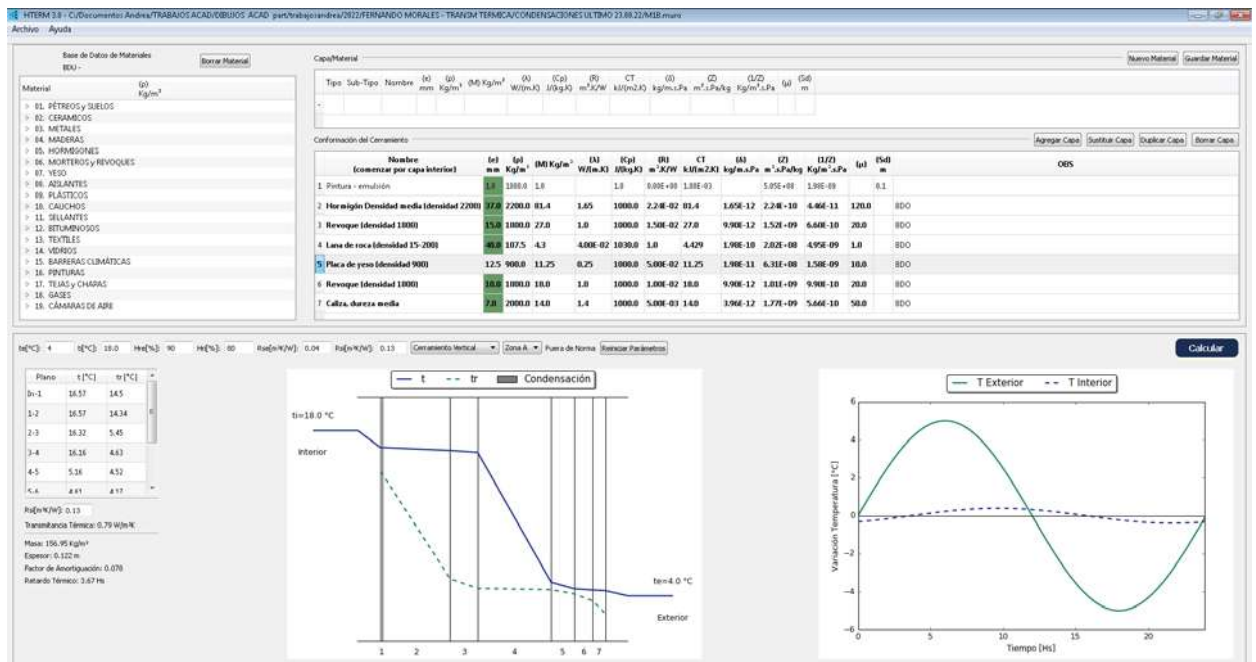
MURO MC1



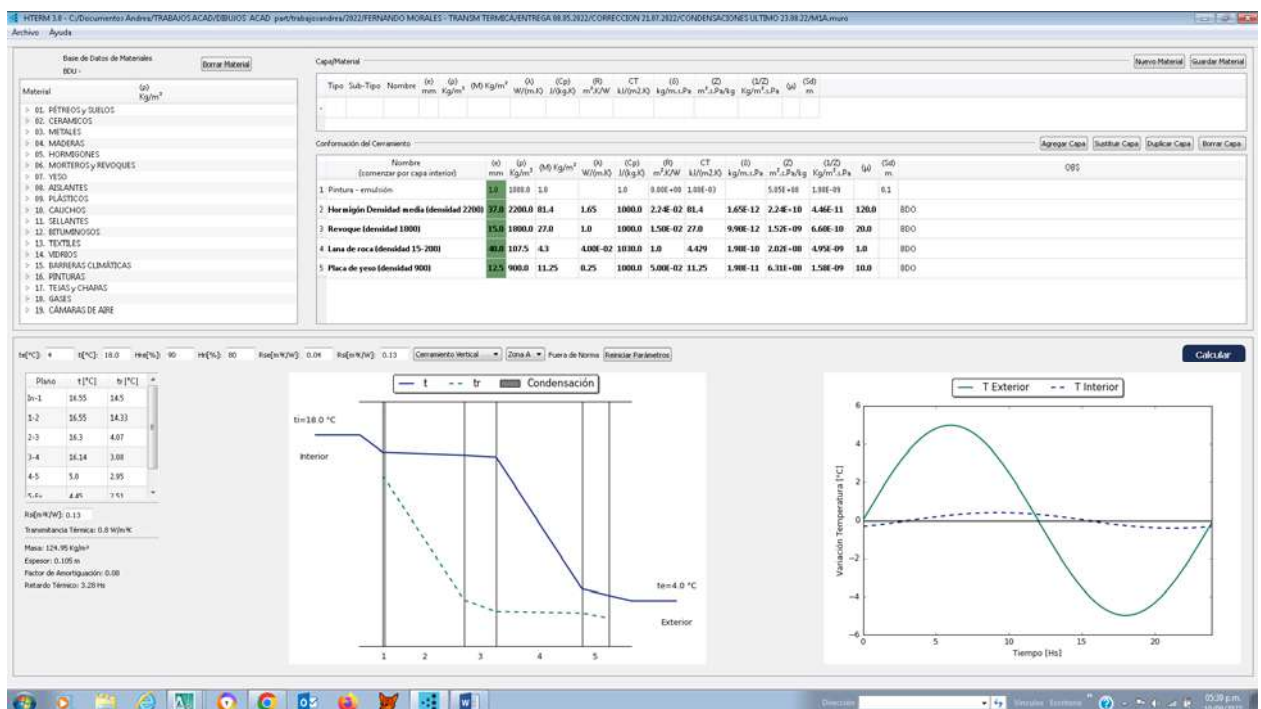
MC1PILAR



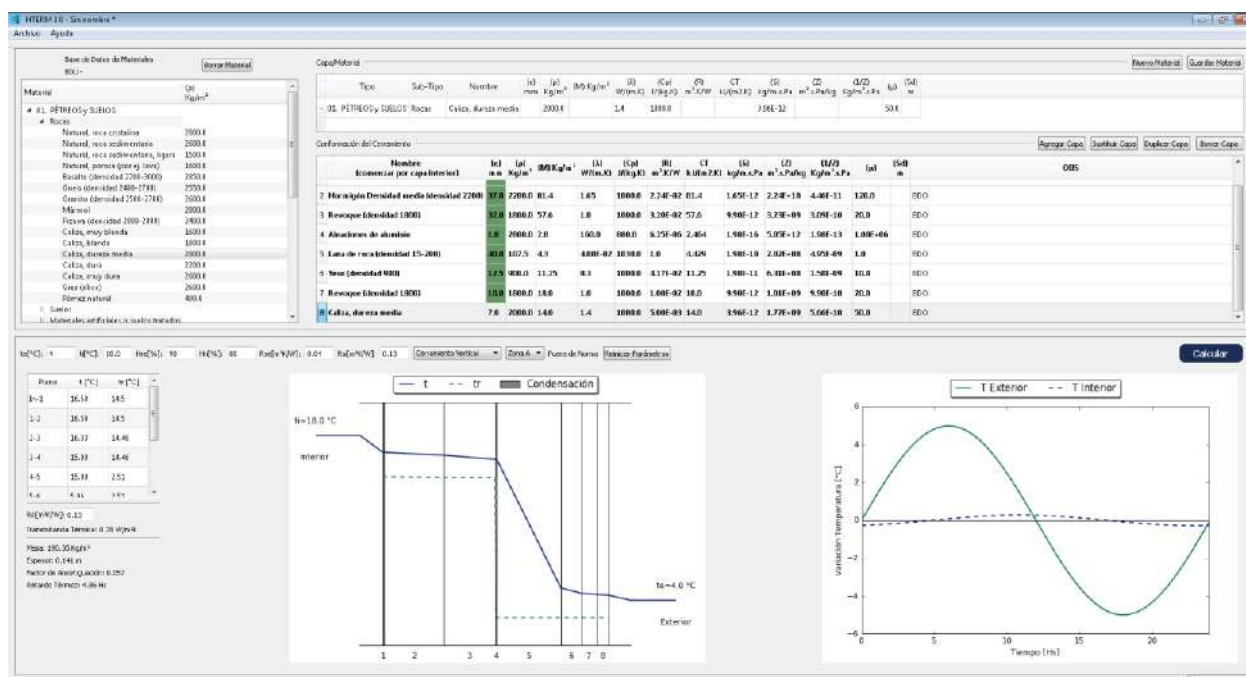
M1B



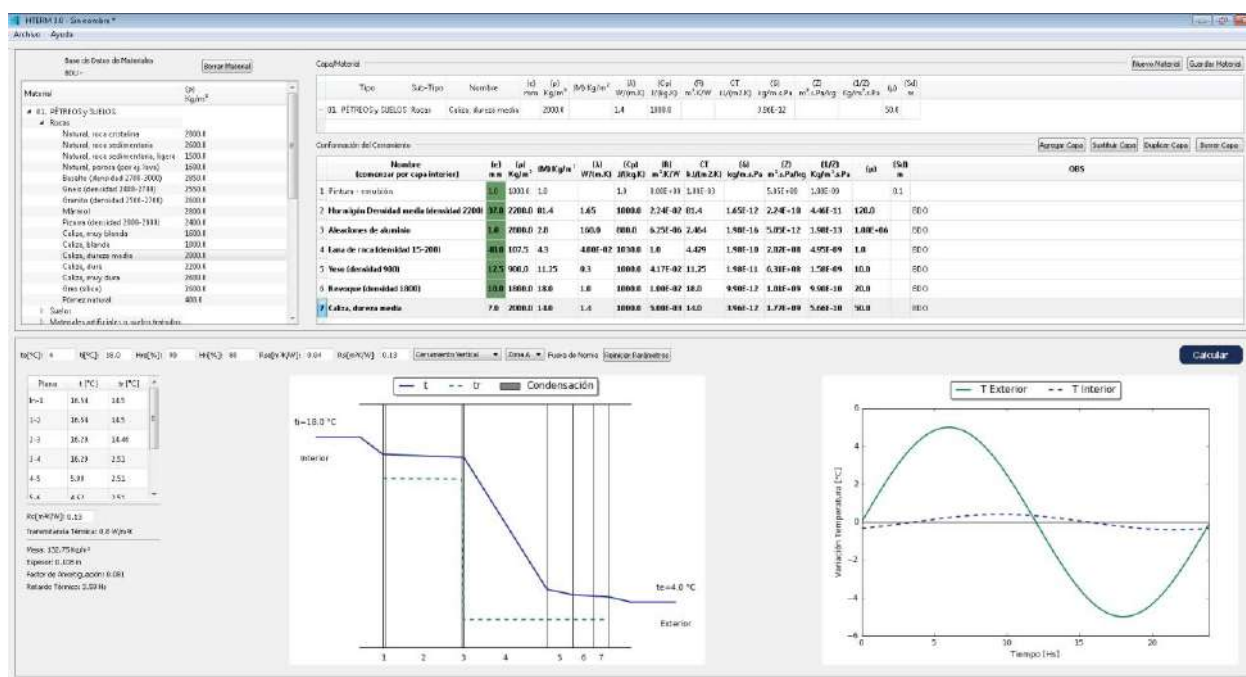
M1A



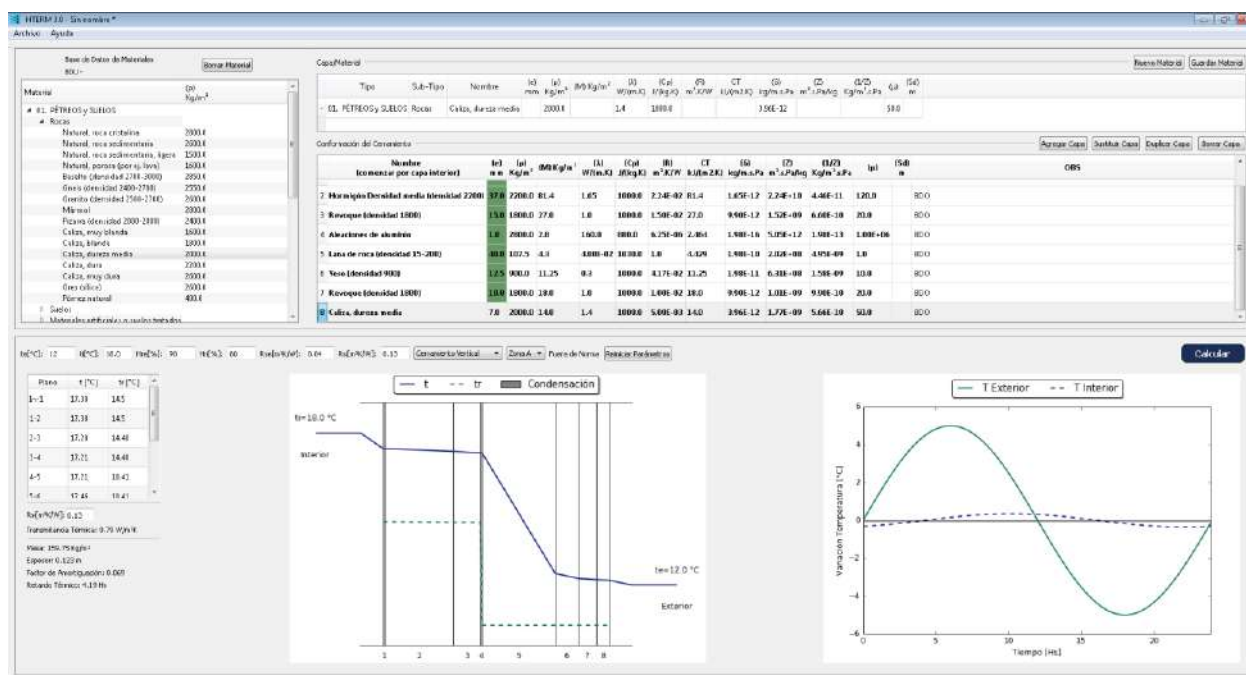
MURO M1C



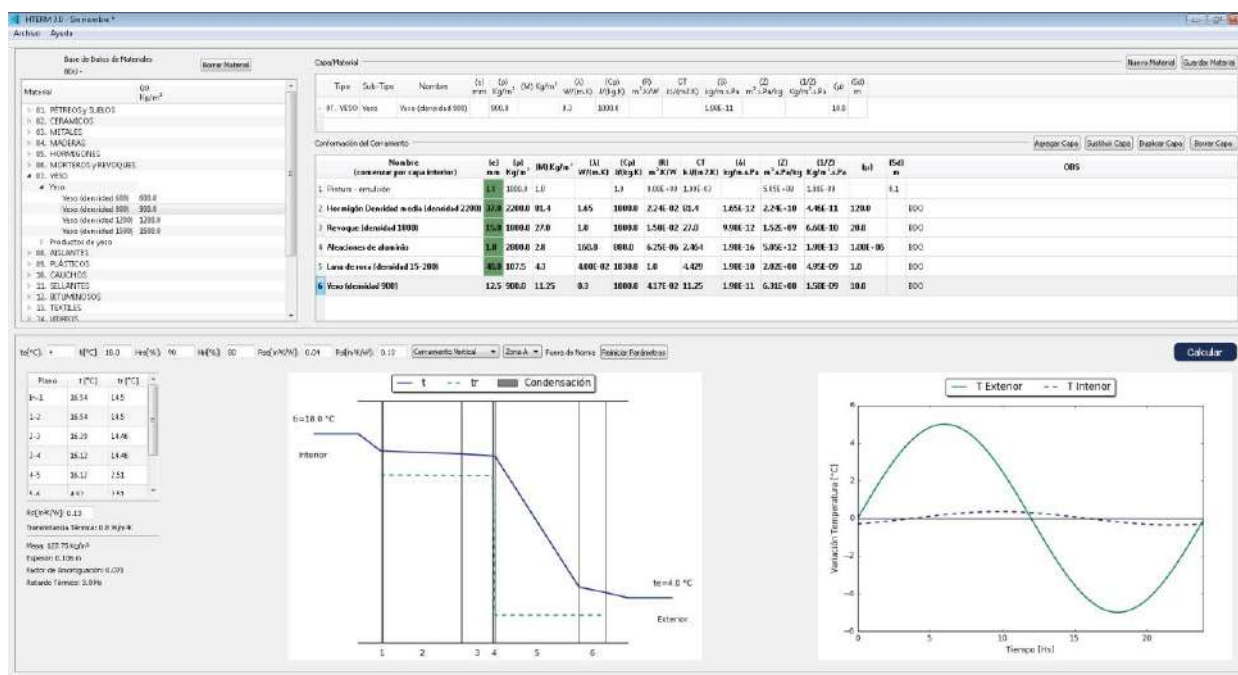
M1CPILAR



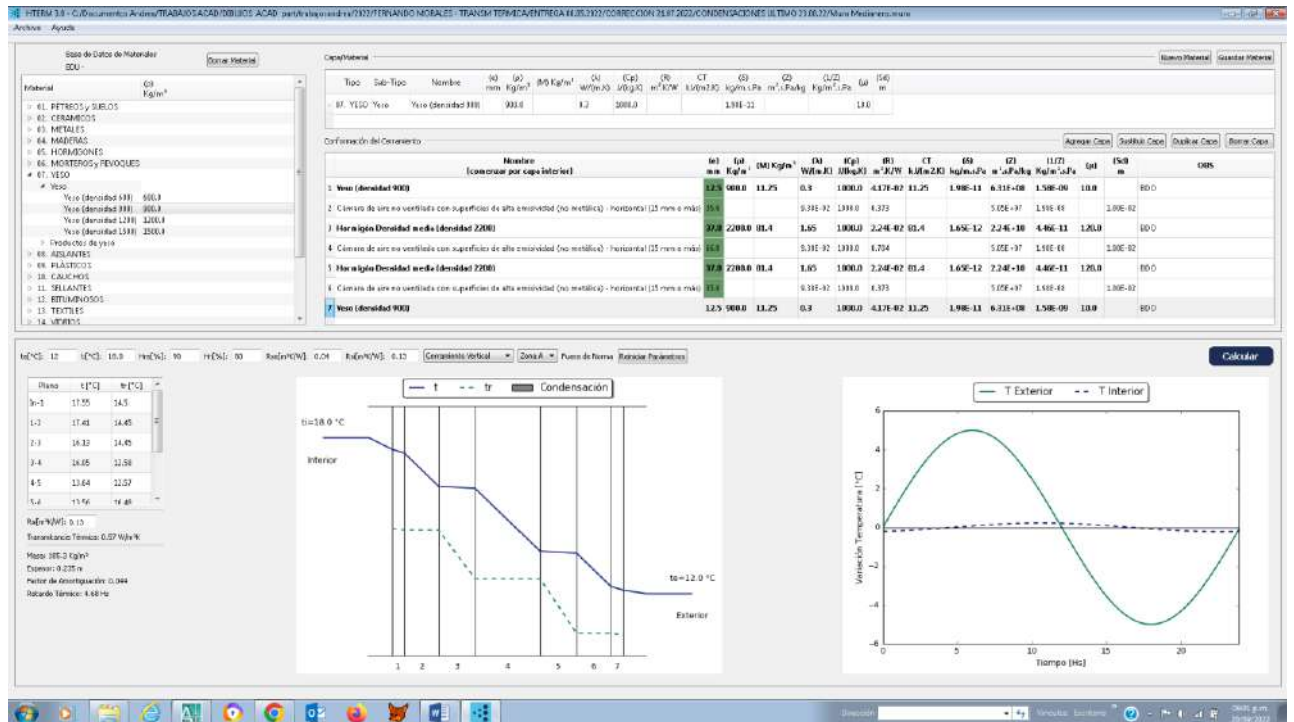
M1B



M1A



MURO MEDIANERO



ANDREA PÉREZ CASTRO
ARQUITECTA

PAULA ANDREA PÉREZ CASTRO

A R Q U I T E C T A

CP. 114.753

