

Diseño De Paneles
PREFABRICADOS en
TIERRA

Diseño De Paneles
PREFABRICADOS en
TIERRA

Créditos

Universidad de Cuenca

Facultad de Arquitectura y Urbanismo

Diseño de Paneles Prefabricados en Tierra

Autores

Mateo Abad Vega

José Aguirre Deleg

Freddy Pañega Paredes

Director

Arq. Manuel Contreras Arias

Asesores

Sr. Hernán Bravo

Sr. Stalin Cabrera

Arq. Rodrigo Montero

Arq. Marcelo Vázquez

Cuenca, Ecuador

2011 - 2012

agRadecimientos

A nuestro director de tesis, Arq. Manuel Contreras, por todos sus consejos y guías durante la realización de este trabajo de grado. Gracias por el apoyo brindado, y por el entusiasmo demostrado a lo largo de todo este proceso.

Al Sr. Hernán Bravo y su familia, por todo el apoyo brindado, ya que su colaboración fue uno de los pilares fundamentales para la realización del presente trabajo. Gracias Don Hernán por todos sus consejos y por el interés mostrado en este proyecto.

Al Sr. Stalin Cabrera, por toda la ayuda y colaboración brindada a lo largo de las pruebas realizadas en los laboratorios. Gracias Stalin por todo tú apoyo.

A nuestros asesores, Arq. Rodrigo Montero y Arq. Marcelo Vazquez, por los oportunos consejos brindados en las primeras etapas del presente trabajo.

Al Sr. Diego Bueno, por su gesto de amistad, al brindarnos una ayuda desinteresada durante las etapas prácticas del presente trabajo. Gracias Diego por tú ayuda y amistad.

DEDICATORIA

A mi madre por todo su amor y cariño, por ser la persona que siempre estuvo presente cuando más lo necesitaba, por su constante apoyo, inclusive en los momentos más duros. Por formarme como persona y por hacerme quién soy hoy en día. Esta meta no la habría alcanzado sin ti, de verdad gracias. Te amo mami!

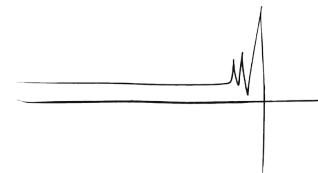
A mi padre por todo su amor y apoyo, por empujarme a estudiar esta carrera tan maravillosa, por todas sus enseñanzas y sabiduría, por decirme que puedo ser mejor cada día y por creer en mí siempre. Esta va por vos pa!

A mis hermanas Andrea y Pamela por ser parte de mi vida, por estar conmigo en las buenas y en las malas, por todo su amor y apoyo. Gracias por su paciencia. Les quiero mucho ñañas!

A Jorge, Luz, Sue, Esteban y Puros, por formar parte de mi familia y de mi vida, gracias por todo su cariño.

A todos mis familiares, amigos y compañeros de trabajo por estar conmigo todo este tiempo. Gracias Por su amistad, cariño y apoyo.

A mis compañeros, José y Freddy, tanto esfuerzo y sacrificio valió la pena, es un orgullo y un honor alcanzar esta meta junto a ustedes. Suerte y Gracias por todo!

A handwritten signature in black ink, consisting of a horizontal line with a small, stylized flourish at the end.

MATEO

Agradezco a Dios y a la Vida por permitirme conocer a todas las personas que han formado parte fundamental en mi desarrollo como ser humano y desde ahora como profesional. Gente que con su apoyo, consejos y vivencias han sabido llenarme de alegría, sabiduría y experiencia.

A mi padre por enseñarme constancia, voluntad y sobretodo a defender los sueños y metas que me proponga. A mi madre por ser ejemplo de amor, paciencia y a superar los obstáculos que se me presenten. A mi hermana por ser mi compañera, amiga y ese respaldo que siempre esta presente cuando más lo necesito. A Paula por cambiarme la vida, por darme esa luz que necesitaba y llenar de ilusión mis días solo con el objetivo de verla crecer feliz y llena de los valores que mi familia me ha sabido inculcar. A mi abuelo Alfonso por ser ese compañero de viaje, que siempre supo escuchar mis sueños y darme un sabio consejo cuando más lo necesitaba.

Fue un honor trabajar con Mateo y Freddy, mis “hermanos” de tesis que con humor, paciencia y responsabilidad compartieron este sueño que día a día fue creciendo y ahora se ve materializado como símbolo de trabajo y constancia.

A mi familia y amigos de toda la vida que han sido parte de mí siempre, y a quienes llevo en el alma como el recuerdo máspreciado que un hombre puede tener: la amistad y el amor de sus seres queridos.

Estas palabras son una muestra de gratitud con la vida por darme el privilegio de estar rodeado de gente buena y aquí se escribe el firme compromiso de servirles siempre con sencillez, voluntad y honradez.

A handwritten signature in black ink, consisting of a large capital 'J' followed by a series of loops and a horizontal line ending in a small vertical stroke.

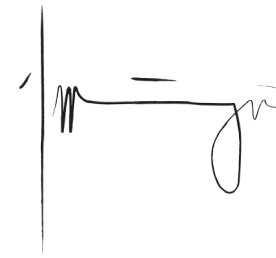
JOSÉ

A mis padres, Gladys y Luis Ángel, ya que sin su apoyo y comprensión no me encontraría culminado esta gran etapa de mi vida. La fortaleza que siempre han mostrado fue una gran inspiración durante toda la carrera, lo cual me permitió no darme por vencido en las complicaciones durante el venturoso aprendizaje de la Arquitectura. Gracias por todo esto y más, siempre serán mi mayor orgullo.

A mis hermanos, Pául Fernando y Kira, que con su ejemplo de superación a sido un referente para no rendirme frente a las adversidades que se han presentado. Gracias “huambras” que sin su ayuda esto no podría haber sucedido.

A mis amigos que con su apoyo me han demostrado que la amistad es un pilar fundamental para la vida de toda persona, gracias a todos mis compañeros de la facultad pero en especial a mis amigos de toda la vida Andrés, Alex y Joffre.

Un agradecimiento especial a mis 2 compañeros de tesis, Mateo y José que se han vuelto más unos hermanos que unos amigos, para los dos la mejor de las suertes tanto en su vida personal como en la profesional. “Pelados lo hemos logrado”.

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'FREDDY', written over a vertical line.

FREDDY

PResentación

La experimentación Tecnológica será siempre una alternativa válida en la búsqueda de nuevas propuestas de materializar la arquitectura. El presente trabajo a más de realizar la experimentación tecnológica utiliza materiales locales, lo que permitirá una producción generadora de valor, mayores capacidades humanas y rendimientos crecientes, lo que generará mayor capacidad de demanda doméstica y menor dependencia externa.

Sin duda, que el presente trabajo como otros realizados en la Facultad de Arquitectura en el ámbito de tecnologías alternativas, contribuyen con los procesos de investigación que se vienen realizando desde hace algún tiempo y que deben tener el seguimiento, continuidad y desarrollo para construir desde allí, pequeños o grandes proyectos de ciencia y tecnología. Situación que alentaría en el futuro nuevos proyectos de investigación y aprovechamiento del enorme potencial que tienen los estudiantes en el desarrollo de trabajos similares, aspecto que hoy se lo considera como mero requerimiento de graduación y experiencias individuales que en poco tiempo perderán valor y serán olvidadas en algún estante.

Experimentar con tierra para producir paneles, parecería una temática ya agotada debido a la experiencia de cientos de años que tiene la memoria colectiva en procesos de construcción en tierra como el adobe, tapial y bahareque, técnicas que empiezan a ser olvidadas por los constructores populares debido a la falta de demanda, así como, a la reticencia de los sectores rurales para construir sus viviendas y equipamientos, con tecnologías de tierra, el giro cultural adoptado por las comunidades rurales obedecen a las relaciones con las zonas urbanas y sus sistemas constructivos, así como, mostrar un nivel diferente al resto de la comunidad.

El presente trabajo, presenta una nueva oportunidad de retomar el material antes indicado, aplicar conocimientos generados en otros trabajos de investigación y aportar aquellos que surgieron de la experimentación, aportando con interesantes aspectos al ya vasto campo del conocimiento de la tierra cruda, el interés puesto por el grupo de tesis en el tema le da mayor valor al trabajo.

Arq. Manuel Contreras Arias
Cuenca, Abril de 2012

OBJETIVOS

OBJETIVOS

PRINCIPAL:

Desarrollar un panel prefabricado a base de tierra como una alternativa de acabado.

PARTICULARES:

- Integración de la tierra en los sistemas prefabricados.
- Reducción de costos en producción.
- Proponer la combinación de los sistemas constructivos en tierra y de los sistemas prefabricados en el desarrollo del panel propuesto.
- Diseño del panel: sección, modulación, construcción, aplicaciones (detalles constructivos) y pruebas de ensamblaje (madera, metal y muros).

Índice

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN

CAPÍTULO 1

Referencias Técnico-Prácticas sobre el sistema constructivo

Los Sistemas Constructivos En Tierra

Adobe, Bahareque y Tapial

El adobe

Características y propiedades del adobe

Propiedades Arquitectónicas y constructivas

Mejoramiento del Sistema Constructivo

El Bahareque

Características del Bahareque

Mejoramiento del Sistema Constructivo

El Tapial

Características y propiedades del Tapial

Propiedades Arquitectónicas y constructivas

Mejoramiento del Sistema Constructivo

Los Paneles Prefabricados

Fabricación y Aplicaciones

El Yeso Cartón

Proceso de fabricación de la placa de yeso cartón

Puesta en obra

Características y propiedades del yeso cartón

El Fibrocemento

Proceso de fabricación de la placa de Fibrocemento

Puesta en obra

Características y propiedades del Fibrocemento

Tipos de placa de Fibrocemento

Cuadro comparativo de los sistemas constructivos

Conclusiones

Agentes Externos

03

05

07

09

12

12

13

15

18

18

19

22

22

23

25

27

29

30

30

31

33

34

35

35

36

37

39

CAPÍTULO 2

Adherencia

43

Breve estudio y selección de Materiales

45

Estabilizadores Minerales

47

Cemento

47

Bitumen

48

Silicato de Sodio

48

Cal

48

Fibras

49

Productos Vegetales

49

Productos Sintéticos

50

Productos de origen animal

50

Combinación de Materiales

51

Mezcla base

53

Proceso de Producción

53

Conclusiones

54

Mezcla base + Estabilizadores

56

Proceso de Producción

56

Conclusiones

59

Mezcla base + Estabilizadores (Prensados)

63

Tecnificación

63

Fase 1

63

Proceso de Producción

63

Conclusiones

67

Fase 2

68

Proceso de Producción

68

Conclusiones

69

Fase 3	71	Pruebas de Laboratorio	95
Proceso de Producción	71	Prueba de Compresión	95
Conclusiones	72	Prueba de Flexión	95
Conclusiones Generales	74	Prueba de Absorción - Resistencia	95
CAPÍTULO 3	75	Conclusiones	96
Diseño del panel prefabricado	77	Pruebas de Campo	101
Prediseño del panel prefabricado	79	Prueba de Corte	101
Tecnificación	79	Prueba de Perforación	101
Proceso de Producción	70	Prueba de Agentes Externos (Intemperie)	101
Conclusiones	82	Conclusiones	104
Mejoramiento del Prediseño	82	CAPÍTULO 4	105
Proporciones	83	Aplicaciones	107
Conclusiones	85	Usos e Instalación del panel prefabricado	107
Diseño del panel prefabricado	87	Método de instalación del panel prefabricado	109
Materia Prima	87	Herramientas	109
Tierra	88	Materiales	110
Especificación Técnica	89	Proceso de Instalación del panel prefabricado	112
Cemento	89	Recomendaciones	112
Especificación Técnica	90	Detalles Constructivos	113
Cola Vinílica o Cola Blanca	90	Índice de detalles constructivos	115
Especificación Técnica	91	Acabados del Panel Prefabricado	153
Cabuya	91	Anclaje visto	154
Especificación	92	Anclaje masillado o perdido	154
Producción de un panel de 50cm x 30cm x 2.2cm	94	Con revestimiento	154
Recomendaciones	95	Revoques de barro	154
Ensayos		Enlucidos	154
		Empastes	155

Teñido y Texturado	155
Visualización del Panel Prefabricado	157
Ejemplo 1	158
Ejemplo 2	159
Mantenimiento del Panel Prefabricado	161
Efectos del medio ambiente	162
Efectos Físicos	162
Conclusiones generales	164
CAPÍTULO 5	165
Conclusiones	
Anexos	169
Ensayo de clasificación de suelos	171
Norma NTE INEN 152:2010 - Cemento Portland.	172
Requisitos	
Análisis de precios unitarios	180
Bibliografía	187

INTRODUCCIÓN

La arquitectura en la época actual se desarrolla en base a condiciones sociales, económicas y culturales que han provocado un estilo de vida apresurado, el crecimiento abrupto de ciudades y la búsqueda de alternativas de producción en masa junto con la elaboración de nuevos sistemas y productos que agilicen los tiempos de construcción sin importar la cantidad de recursos requeridos, provocando así, un impacto ambiental considerable. Estas tendencias se originan principalmente en países desarrollados, sin embargo, hoy en día se ha convertido en una problemática a nivel mundial.

Por otro lado, existe una arquitectura que busca retomar los sistemas constructivos tradicionales, aplicando lenguajes arquitectónicos contemporáneos, mediante el uso de nuevas técnicas que tienen el fin de mejorar estos sistemas constructivos. Sin embargo, estos métodos continúan viéndose limitados por su capacidad estructural, funcional y sobre todo de costos, ya que requiere de una mano de obra especializada.

La combinación de estas dos tendencias conformarían un aporte a nivel constructivo, estético y medio ambiental debido a que se utilizaría un sistema de ágil construcción como los usados por los sistemas prefabricados, con la implementación de elementos compuestos por materiales de origen natural, reduciendo el impacto ambiental, así como, los costos de producción.

El presente trabajo busca analizar de manera breve los sistemas tradicionales en tierra, así como, los sistemas prefabricados, con el objetivo de entender sus características, cualidades y defectos. De esta manera se pretende obtener un elemento que se adapte a las necesidades que presenta cada uno de estos sistemas en cuanto a fabricación e instalación, el mismo que deberá estar conformado principalmente por materiales de origen natural como la tierra.

CAPÍTULO 1

REFERENCIAS TÉCNICO-PRACTICAS
SOBRE EL SISTEMA CONSTRUCTIVO

1.1 LOS SISTEMAS

constructivos en tierra
ADOBE, BAHAREQUE Y TAPIAL

el aDOBE



1.1.1 EL ADOBE

Es uno de los materiales de construcción más antiguos que se utilizan en la actualidad debido a su bajo costo y fácil accesibilidad. Las estructuras de adobe son fáciles de realizar debido a que la técnica tradicional es simple y no representa un consumo de energía adicional.

Su elaboración inicia con la mezcla de la materia prima seleccionada, donde generalmente se usa un 20% de arcilla y un 80% de arena, los cuales deben ser mezclados con agua hasta adquirir una mezcla fluida, a la cual se le agrega paja o heno seco que sirven como armadura para evitar agrietamientos durante el proceso de secado.

Una vez obtenida la mezcla se procede a verterla en moldes (generalmente de madera) que tendrán un dimensionamiento apropiado para su manejo tanto en su elaboración como en su puesta en obra. Sus dimensiones generalmente son de 20 x 40 x 15 cm. Finalmente los ladrillos son trasladados a un lugar destinado para su secado, el cual toma alrededor de 25 a 30 días.

Con respecto a su puesta en obra se realizan muros colocando los ladrillos uno sobre otro usando como argamasa el mismo barro del que están conformados. Los muros serán construidos sobre una superficie rígida previamente realizada (por lo general cimentación corrida). Previo al secado del muro se puede proceder a enlucirlo con capas de revoques de barro para obtener una superficie uniforme. El revoque puede tener distintos tipos de acabados dependiendo del ambiente en el que se encuentre. Para exteriores se utilizan 2 capas protectoras, la primera será una mezcla de cal, arcilla y arena, y la segunda una mezcla de cal y arena. Para interiores se utiliza una mezcla de arcilla, arena y agua, obteniendo una superficie liza.

1. Tamizado de la materia prima
www.flickr.com/photos/60703538@N04
2. Mezcla de la materia prima
www.flickr.com/photos/oliflorez
3. Colocación en moldes
ceramica.wikia.com
4. Desmoldado
www.tierraalsur.com
5. Secado al aire libre
www.flickr.com/photos/cesarmarch





El adobe en general necesita de mantenimiento sostenido, debido a la acción de agentes externos, ya que estos pueden disgregar y causar daños en el interior del muro. Por lo cual es recomendable utilizar revoques periódicos como forma de protección.

No es recomendable realizar revoques con mortero de cemento debido a que la capa resultante es poco permeable, ya que, mantiene la humedad en su interior, provocando un deterioro interno del muro.

1.1.1.1 CARACTERÍSTICAS Y PROPIEDADES DEL ADOBE

Por contener materiales naturales el adobe posee varias propiedades tales como:

Capacidad de almacenar frío o calor, dependiendo del estado climático en el que se encuentre, por lo que se lo usa como aislante. Es higroscópico (capacidad de absorber agua), además posee la capacidad de transpirar. Tiene capacidad de difusión y una emisión radiactiva muy baja. Su extracción, uso y desecho no causa problemas al medio ambiente.

Sus principales propiedades físicas son:

- Densidad: 1200-1700 Kg/m³
- Resistencia a la compresión a los 28 días: 0.5 – 2 MN/m²
- Resistencia a la tracción: Mala
- Absorción de agua: 0-5%
- Resistencia al hielo: baja
- Exposición a la intemperie: reducida
- Coeficiente de conductividad: 0.46-0.81 w/m.K
- Retracción del secado: 0.2 – 1 mm/m
- Resistencia al fuego: buena

1.1.1.2 PROPIEDADES ARQUITECTÓNICAS Y CONSTRUCTIVAS

- Propiedades especiales: Comparable a muros de ladrillo cocido
- Aspectos económicos: Bajo costo

Características y Propiedades

www.terra.org/adobe
ces.iisc.ernet.in

1. Vivienda en adobe visto
construcciondevivienda.wordpress.com
2. Torre de Minarete Emin
tectonicablog.com
3. Ruinas de Puruchucu, Peru
tectonicablog.com

- Estabilidad: Buena
- Capacitación requerida: Mano de obra semi-especializada
- Resistencia sísmica: Baja
- Resistencia a huracanes: Buena
- Resistencia a la lluvia: Mediana, depende de la estabilización
- Resistencia a los insectos: Mediana
- Idoneidad climática: Todos, menos climas muy húmedos

1.1.1.3 MEJORAMIENTO DEL SISTEMA CONSTRUCTIVO

1. Por modificación de la estructura granulométrica:

Esta se da a través de la modificación de las proporciones relativas de la granulometría del suelo, agregando distintos componentes según los siguientes casos:

Un caso es cuando la tierra presenta falta de cohesión y desmoronamiento al ser presionada. Esto se debe a que las arcillas contenidas en la tierra son inactivas o escasas en comparación a la cantidad de arenas y limos del conjunto. En estos casos se puede agregar una mayor cantidad de arcilla para lograr el equilibrio de la masa.

Otro caso está compuesto por un tipo de suelo demasiado inestable, evidenciado por el fisuramiento durante el secado. Resultado de que el tipo de arcillas que contienen son muy activas, es decir posee demasiada arcilla con respecto a los limos y arenas del conjunto. En estos casos se puede agregar una mayor cantidad de arena asegurando el equilibrio de la masa.

2. Mejoramiento de las características del barro:

Al incorporar otro tipo de materiales a la mezcla podemos mejorar sus condiciones de resistencia a la compresión y estabilidad a la humedad.

Los métodos a emplearse consisten en la estabilización química y estabilización mecánica.

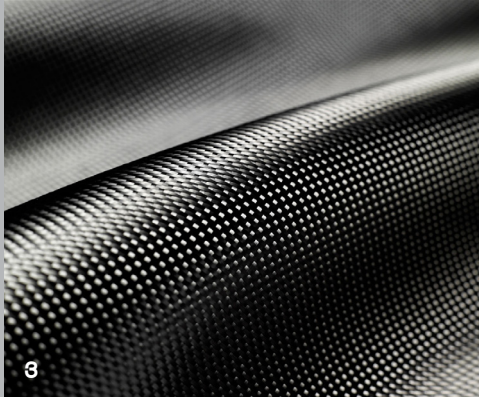




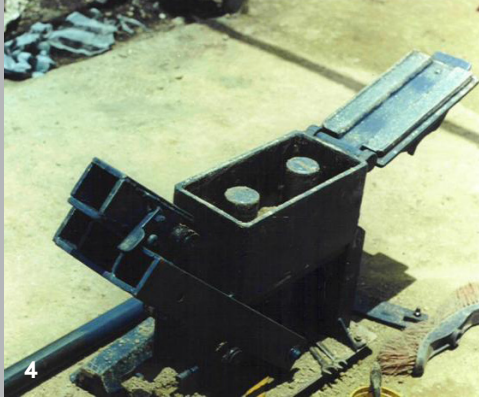
1



2



3



4

En la estabilización química se añaden sustancias que puedan formar compuestos estables con las arcillas de la tierra tales como cemento, cal y emulsión asfáltica. Estos incrementan la resistencia a la compresión, permiten controlar los cambios de volumen, y su resistencia contra el agua (impermeabilidad).

La desventaja de la emulsión asfáltica es que al necesitar gran cantidad de agua para su disolución, produce una fluidez excesiva, limitando su uso con tierra comprimida por vibración o prensado.

La estabilización mecánica se da a través de una estructuración por medio de fibras, añadidas con el objetivo de cumplir una función de esqueleto inerte, aumentando la resistencia de la tierra y reduciendo fisuras, debido a que incrementa la cohesión de la mezcla. Estas no presentan una buena solución ante infiltraciones de agua, debido a que al estar en contacto con esta pueden entrar en un proceso de descomposición, el cual afectaría la resistencia final del bloque de adobe.

Otra forma de estabilización mecánica es la compactación por medio de una elevada fuerza hidráulica o por una mesa vibradora, las cuales buscan desarrollar una estructura más densa y exenta de porosidades, aplicando fuerzas que comprimen a la tierra durante el proceso de fabricación del adobe, elevando su resistencia a la compresión y humedad.

1. Emulsión asfáltica
heibergerpaving.com
2. Fibras Naturales (Paja)
decorar-casas.com
3. Fibras Sintéticas (Fibra de Carbono)
speedcraftcomposites.com
4. Compactador manual
galeon.hispavista.com/adobexpress

el bahareque



1.1.2 EL BAHAREQUE

También llamado Bajareque o Pajareque. Es un sistema constructivo mixto compuesto generalmente por tierra mezclada con agua, paja picada y una estructura independiente de madera. En donde la tierra solo sirve como relleno mas no como estructura.

La estructura debe ir sobre elementos rígidos, también llamados pilotes (cimentación puntual). Esta puede estar basada en madera natural como el eucalipto, caña guadua, etc. Las cuales serán arriostradas horizontal y verticalmente con el mismo material.

La forma más idónea para la construcción de este sistema es en módulos rectangulares, los cuales se irán formando con el pilotaje de la estructura para posteriormente ser reforzada con una doble malla de carrizo, aunque también suele utilizarse una sola malla. Luego se procederá a rellenar la estructura de refuerzo con barro y paja, obteniendo un muro sándwich entre la madera (estructura) y el barro (relleno).

Una vez terminado el muro se realizara un revoque que cubra las imperfecciones más perceptibles, para posteriormente dar un acabado final. El revoque tendrá un espesor de 8 a 20mm y por lo general tiene las siguientes proporciones: 1 parte de tierra arcillosa, 2 partes de arena y 1/3 de paja cortada de 3cm de largo. Previo a la colocación de la capa final se realizaran incisiones en la misma, para obtener un superficie estriada que garantice una mejor adherencia entre capas. La capa final tendrá un espesor de 1 a 2mm, con un mortero de proporciones aproximadas de 1 parte de tierra y 3 o 4 de arena fina (dependiendo del acabado que se quiera dar).

Como opción de sellado se pueden usar las siguientes combinaciones: Cal-arena, yeso-arena, cal-arena-tierra, y yeso-cal-arena (todas mezcladas con agua). Estas serán colocadas



1. Mezcla de barro (relleno)
cobquecura.wordpress.com
2. Estructura de madera
espanol.torange.biz
3. Proceso de rellenado de estructura
es.wikipedia.org
4. Muro relleno de barro
www.flickr.com/photos/jlcrucif
5. Revoque de barro (acabado)
www.flickr.com/photos/amandarivera



en el muro con la ayuda de una llana y previo a su secado se realizan movimientos circulares con una esponja para conseguir una superficie uniforme, luego de 15 a 20 minutos se realiza un escobillado con una brocha para obtener el sellado final.

1.1.2.1 CARACTERÍSTICAS DEL BAHAREQUE

Por el uso de madera natural como estructura soportante del sistema constructivo el bahareque no tiene características ignífugas. Sin embargo, posee otras características muy importantes tales como aislante acústico debido a que en el interior del muro se encuentran elementos huecos (estructura secundaria de carrizo), los cuales ayudan a la absorción de ondas sonoras. Aislante térmico debido a que su estructura mixta de madera y barro permite almacenar frío o calor, dependiendo del medio en el que se encuentre. Además su estructura de pórticos garantiza una buena estabilidad sísmica.

Por su puesta en obra los costos se reducen considerablemente ya que no se requiere equipo ni mano de obra especializada. Además por usar tierra del mismo lugar este no produce un impacto en el medio ambiente.

1.1.2.2 MEJORAMIENTO DEL SISTEMA CONSTRUCTIVO

Existen 2 tipos de mejoramiento para el bahareque. El primero constituye en un mejoramiento a su estructura utilizando productos químicos como impermeabilizantes, ignífugos, fungicidas e insecticidas para darle una mayor resistencia ante agentes externos tales como lluvia, fuego, hongos e insectos respectivamente. El segundo constituye en el mejoramiento del relleno (barro) mediante el uso de paja cortada, heno seco y cal.

1. La Casa de Alejo - Arq. Ida Pilar Silva Mondselewsky
www.plataformaarquitectura.cl
2. Vivienda con terminado lizo
peidelina.wordpress.com
3. Vivienda con terminado rugoso
www.flickr.com/photos/duckalot

el TAPIAL



1.1.3 EL TAPIAL

Llamado también Tapia en partes de Latinoamérica. Es un sistema constructivo que consiste en muros a base de tierra arcillosa, la cual es compactada mediante un "pisón", usando un encofrado deslizante (generalmente de madera o metal) para contenerla.

Las combinaciones más comunes para elaborar un muro de Tapial son las siguientes: La primera combinación consta de 4 partes de arcilla por cada una de arena y otra de gravilla. La segunda combinación consta de 2 partes de arcilla por una de arena y otra de tierra vegetal.

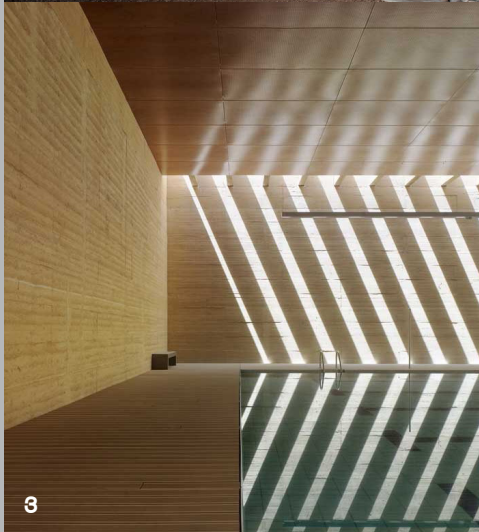
Las tablas usadas para el encofrado deben ser de madera resinosa para que la mezcla no se adhiera excesivamente al cofre, el cual está compuesto por varias tablas de 3cm. de espesor aproximadamente y dispuestas horizontalmente. Se usa como soporte listones o barrotes verticales situados generalmente en el exterior y clavados por la cara interior del tablero, es decir, las cabezas de los clavos están sobre las tablas y no en los barrotes. La altura del cajón (cofre) debe tener un dimensionamiento tal que facilite la ejecución del muro, y su desplazamiento al siguiente módulo.

Una vez conformado el cofre y colocado paralelamente sobre una superficie rígida de Hormigón Ciclópeo (cimiento), se vierte la tierra en tongas de 10 a 15 cm para asegurar una correcta compactación de esta, utilizando apisonadores manuales, neumáticos o placa vibradora.

Como acabado se solía usar una mezcla casi dura de cal y arena, a la que a veces se añaden yeso y otras arcillas con la finalidad de impermeabilizar y aislar al muro de agentes externos. Debido a que la dilatación del muro y del enlucido es distinta, no se suele conseguir la adherencia adecuada, por lo que el enlucido termina separándose del muro. Por estas razones en la actualidad no se utilizan recubrimientos.



1. Tierra arcillosa
www.flickr.com/photos/alla_vamos
2. Compactador manual (Pisón)
www.flickr.com/photos/fulviou
3. Compactador hidráulico
tectonicablog.com/casarauch
4. Encofrado deslizante
betaoetaipa.pt
5. Detalle de tongas de tapial
tectonicablog.com/casarauch



1.1.3.1 CARACTERÍSTICAS Y PROPIEDADES DEL TAPIAL

El tapial transpira. Como el adobe, es higroscópico y tiene capacidad de difusión. También posee buena capacidad para almacenar frío o calor, siendo un buen aislante, y tiene una emisión radiactiva muy baja.

El tapial tiene una densidad entre 1.800 y 2.100 kg/m³, y una resistencia a la compresión alrededor de 15 kg/cm², dependiendo del tipo de tapial y su composición, existiendo variaciones no superiores al 30%. Tiene propiedades como aislamiento térmico y acústico: un muro de 40 cm atenúa el ruido en 56 dB, y la gran inercia térmica de este sistema constructivo le permite permanecer fresco durante el día, y soltar el calor acumulado durante la noche.

1.1.3.2 PROPIEDADES ARQUITECTÓNICAS Y CONSTRUCTIVAS:

- Propiedades especiales: Buena durabilidad y resistencia al impacto
- Aspectos económicos: Buena
- Estabilidad: Buena
- Capacitación requerida: Experiencia en construcciones de tierra
- Equipamiento requerido: Encofrados, pisón
- Resistencia sísmica: Baja a media
- Resistencia a huracanes: Buena
- Resistencia a la lluvia: Media
- Resistencia a los insectos: Media
- Idoneidad climática: Clima cálido y seco, clima serrano
- Grado de experiencia: Tradicional

Características y Propiedades
www.terra.org/adobe
ces.iisc.ernet.in

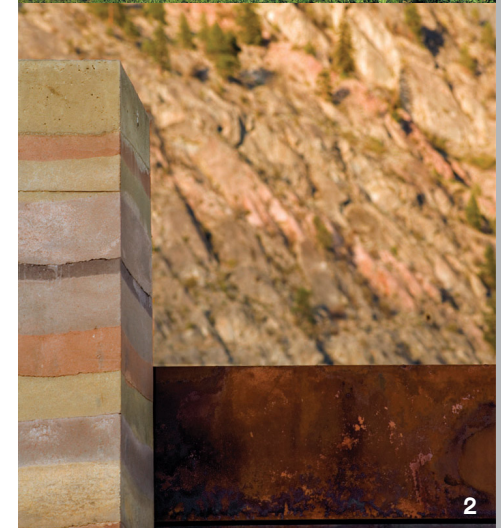
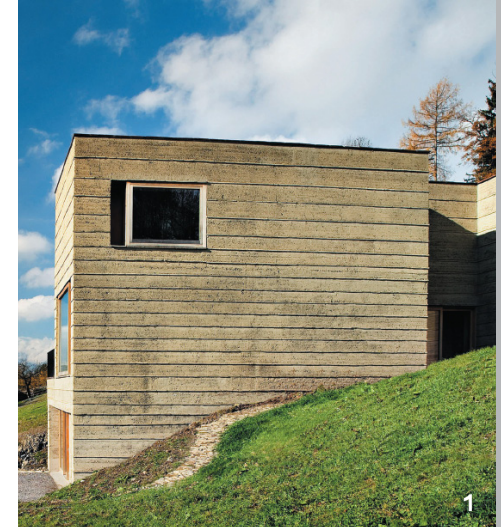
1. Espacio interior Casa Rauch
 Arq. Roger Boltshauser
tectonicablog.com/casarauch
2. Nk'Mip Desert Cultural Centre
 HBBH Architects
www.archdaily.com
3. Piscina Climatizada
 Vier Arquitectos
www.plataformaarquitectura.cl

1.1.3.3 MEJORAMIENTO DEL SISTEMA CONSTRUCTIVO

Para generar una mayor resistencia del muro sin aumentar peso y manteniendo su elasticidad, se añaden palos o cañas verticales en su interior, además a la mezcla se le puede añadir paja triturada o hierba seca.

Además existen otros tipos de tapial tales como:

- **Tapial Hormigonado:** realizado con hormigón, es decir con mortero rico en cal y abundante grava de mediano tamaño.
- **Tapial de Cal y Canto o Calicanto:** Consiste en un mortero de cal con proporciones variables, la característica principal es la presencia de mampuestos (canto rodado) lanzados desde una altura determinada que ejerza un apisonamiento en la tierra.
- **Tapial Real:** Formado por una sucesión de capas de cal y tierra en grosores similares, aplicando tongadas más gruesas en la parte superior e inferior.



1.2 Los Paneles

PREFABRICADOS
FABRICACIÓN Y APLICACIONES

el yeso cartón



1.2.1 EL YESO CARTÓN

Es una placa formada por 2 láminas exteriores de cartón que cubren un núcleo laminado de yeso. Las láminas de cartón están compuestas por varias láminas de papel reciclado (las cuales pueden variar de 5 a 9), “estas láminas están impregnadas de resina, salvo la interior en contacto con el yeso que se trata con polímeros del tipo silenos siloxanos. Este último ensimaje, que repele el agua líquida, recubre las fibras de celulosa sin cerrar totalmente el espacio entre fibras. Así, pues, las láminas interiores de papel contribuyen a retener parte del agua necesaria de fraguado y facilitan la eliminación del vapor de agua a través de los espacios entre fibras, promoviendo una adherencia perfecta entre el cartón y el yeso”.¹ La función principal de las láminas de cartón, es resistir los esfuerzos de tracción.

“El núcleo de yeso se produce básicamente a partir de semihidrato con pequeñas adiciones de otros productos, entre los que destacan el almidón, cuya función principal es retener el agua a disposición del yeso durante su fraguado”.² La función principal del núcleo, es dar rigidez al panel y resistir los esfuerzos cortantes.

1.2.1.1 PROCESO DE FABRICACIÓN DE LA PLACA DE YESO CARTÓN

El proceso de fabricación de las placas de yeso cartón se compone de las siguientes etapas:

- Obtención del semihidrato de yeso, resultado de la calcinación y molido de la materia prima (yeso)
- Mezcla del semihidrato de yeso con aditivos y agua, en una mezcladora de alta potencia
- La mezcla obtenida pasa a ser colocada entre laminas de celulosa multihoja (cartón)
- Finalmente pasa al fraguado del yeso, para posteriormente ser cortado en los formatos deseados.

Los formatos más usados comúnmente son: 1.22m x 2.44 m, 1.22m x 3.05m y 1.22m x 3.66m. Y espesores de 3/8", 1/2", 5/8" y 1".

1 **Modelo Matemático del Comportamiento Mecánico en Flexión del Cartón-Yeso**, L. Villanueva, F. Lasheras, M. Del Río, F. Hernández-Olivares, Pág. 44, 1994, Universidad Politécnica de Madrid, Madrid – España

2 **Modelo Matemático del Comportamiento Mecánico en Flexión del Cartón-Yeso**, L. Villanueva, F. Lasheras, M. Del Río, F. Hernández-Olivares, Pág. 43, 1994, Universidad Politécnica de Madrid, Madrid – España

1. Rollo de cartón

www.young-package.com

2. Acercamiento al núcleo de yeso

www.decoracionesazuqueca.com

3. Polvo y piedra de yeso

www.flickr.com/photos/razzumitos

4. Molino y calcinador industrial
yataiyongcheng.en.made-in-china.com

5. Hornos de secado

www.ecvn.com





1.2.1.2 PUESTA EN OBRA

Una de las facilidades que proporciona el yeso cartón es la simplicidad de su puesta en obra, ya que su colocación se realiza generalmente sobre una estructura formada por perfiles especiales de aluminio o sobre una estructura de madera. Para fijar los paneles en la estructura se utilizan tornillos de cabeza plana.

Una vez colocados los paneles se procede a empastar las cabezas de los tornillos y las juntas entre paneles, donde previamente se coloca una cinta especial para evitar fisuramientos en el acabado final del tabique.

1.2.1.3 CARACTERÍSTICAS Y PROPIEDADES DEL YESO CARTÓN

Dependiendo del tipo de yeso cartón, puede tener las siguientes características: Resistencia al fuego (mayor espesor, mayor resistencia), resiste a la humedad. Debido a su masa reducida no es buen aislante térmico ni acústico.

Peso específico: 800 kg/m³

Reacción al Fuego: M1 (No inflamable)

Conductividad Térmica: 0'18 W/m °C

Coefficiente de Dilatación: 15 E-6 m/m °C

Los tipos de placas de yeso cartón se clasifican en:

- Standard: Núcleo de yeso convencional con revestimiento de cartón.
- Ignífugas: En el núcleo de yeso se agrega fibras de vidrio para aumentar el tiempo de resistencia al fuego.
- Hidrófugas: Las 2 caras de celulosa se tratan con siliconas hidrórepelentes.
- Resistentes al Agua: Al núcleo de yeso se le añaden aceites y siliconas. Todas las placas son hidrórepelentes. Admite su colocación a la semi-interperie.
- Dureza Reforzada: Placa con mayor densidad para mayor dureza.
- Incombustible: Las 2 capas de celulosa superficial se substituyen por velos continuos de fibra de vidrio

Características Y Propiedades

es.wikipedia.org/wiki/Cartón_yeso
www.arqhys.com/arquitectura/carton-yeso

1. Estructura metálica
www.flickr.com/photos/imcon
2. Colocación de paneles
www.flickr.com/photos/gpdens
3. Preparación de uniones (cinta de fibra de vidrio)
garcia.olx.com.mx
4. Empastado de uniones
skylightplastering.co.uk
5. Acabado final (empastado)
lostandtaken.com

el FIBROcemento



1.2.2 EL FIBROCEMENTO

Es un material compuesto por la mezcla de cemento portland, fibras y agua, la cual se emplea para la producción de placas ligeras y rígidas, usadas principalmente como material de acabado para cubiertas y para el recubrimiento de exteriores que deban protegerse de la lluvia.

Originalmente las fibras usadas eran de Amianto (silicato magnésico hidratado) el cual está destinado absorber esfuerzos de tracción. Mientras más finas y desfibradas sean estas, el fibrocemento adquiere mejores propiedades mecánicas.

Con el tiempo el uso de asbestos (amianto) se ha ido reduciendo debido a que estudios médicos han demostrado que es un producto cancerígeno, por lo cual se ha tratado de sustituirlo con otros tipos de fibras como celulosa, vidrio o vinílicas.

Con el uso de fibra de vidrio surge el denominado **GRC** por sus siglas en ingles Glass Reinforced Concrete (Hormigón Armado con Fibra de Vidrio), en donde se une la fibra de vidrio como elemento resistente a la tracción y el hormigón como aglomerante base del elemento prefabricado.

1.2.2.1 PROCESO DE FABRICACIÓN DE LA PLACA DE FIBROCEMENTO

La materia prima debe tener las siguientes características:

El cemento, debe ser de primera calidad, de fraguado lento y endurecimiento rápido. Luego de su extracción de las minas, el asbesto requiere de una elaboración previa, para abrirlo en fibras finas, para ello se emplean maquinas tales como el molino de rulos o muelas y el desintegrador. "El asbesto debe desfibrarse lo más finamente posible para aumentar la superficie de contacto del asbesto con la pasta de cemento." ¹

1 Asbestocemento (fibrocemento).
Waganoff, Nicolás P. Ediciones: Librería del Colegio – Editorial Sudamericana. Buenos Aires, Argentina. 1952. Pág. 35)

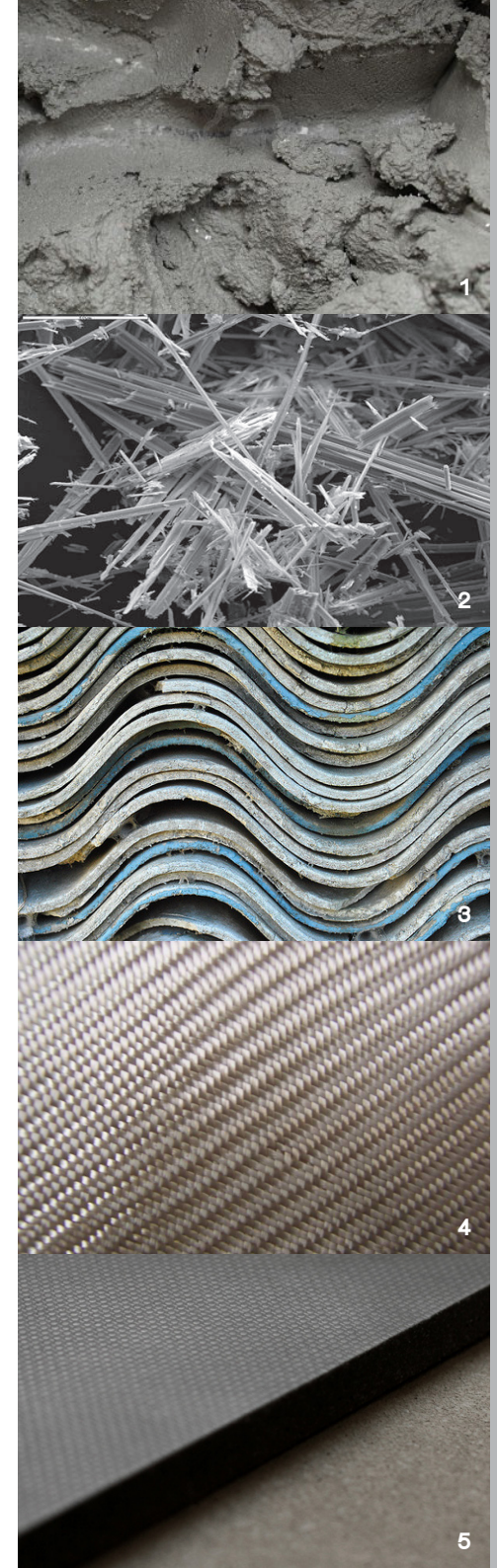
1. Mortero de cemento
www.123rf.com

2. Fibras de asbesto (amianto)
www.facmed.unam.mx

3. Placas onduladas de fibrocemento
www.flickr.com/photos/stempel

4. Fibra de vidrio
cozy.caf.org

5. Panel de GRC
taktl-llc.com





Cuando el cemento y el asbesto están preparados se mezclan en aparatos conocidos con el nombre de pilas holandesas (mezcladora de rodillo). Las proporciones más usadas son: cemento, del 85 al 90% y asbesto, del 10 al 15%, su control es mediante peso.



Una vez obtenida la mezcla, esta, pasa a una maquina laminadora, la cual consta de 3 secciones: tamizado, aspiración y prensado, obteniendo así una chapa fresca de asbesto cemento la cual es colocada sobre una mesa de madera, para su posterior transformación en maquinas de prensado en donde se elimina un 20 a 30% de agua.



Producto del prensado, las laminas resultantes son un poco ásperas y de bordes irregulares, por lo que se les efectúa un estampado complementario para finalmente darles su forma y formato deseado, con la ayuda de maquinas rectificadoras y moldes prensa.

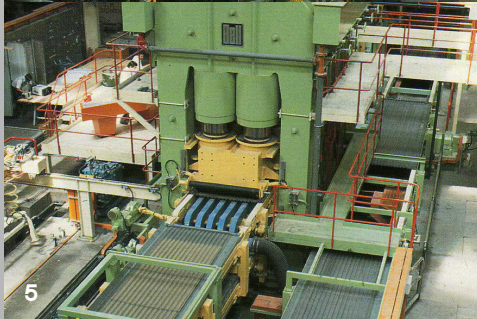
El proceso de curado de las planchas se lo realiza en cámaras cerradas mediante vapor de agua a presión (proceso autoclave) durante 2 o 3 días. También se puede usar un proceso de secado al aire libre.



Durante el proceso de fabricación se le pueden agregar pigmentos compatibles con el producto final. El dimensionamiento final de la placa varía dependiendo del tipo y marca, pero el formato más corriente es de 1.25 x 2.50 m.

1.2.2.2 PUESTA EN OBRA

Una de las facilidades que proporciona el fibrocemento es la simplicidad de su puesta en obra, ya que su colocación se realiza generalmente sobre una estructura formada por perfiles metálicos o sobre una estructura de madera. Para fijar las placas generalmente se usan ganchos de sujeción (ganchos J) o tornillos especiales directamente sobre la estructura.



1. Molino de rulos
www.museoekolo.com
2. Desintegrador
www.frapasa.com
3. Mezclador de rodillos
www.gpse.de
4. Maquina laminadora
www.pfenniger.cl
5. Maquina prensadora
www.pfenniger.cl

1.2.2.3 CARACTERÍSTICAS Y PROPIEDADES DEL FIBROCEMENTO

El fibrocemento es Incombustible (M0), es buen aislante térmico y eléctrico, además es imputrescible (no se pudre). Se caracteriza por su escaso peso, homogeneidad y gran resistencia mecánica.

Densidad: mayor a 1200 Kg/m³

Resistencia a flexión: 350 Kp / cm²

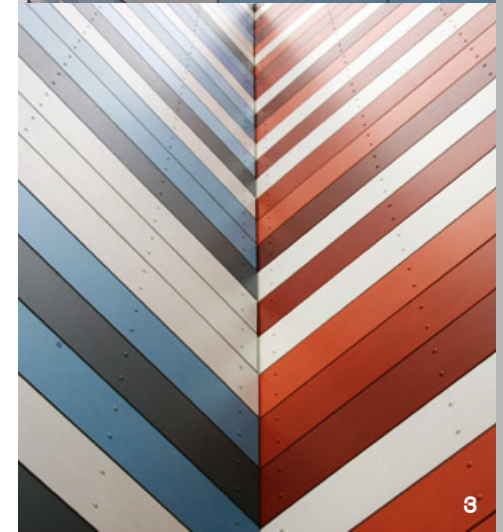
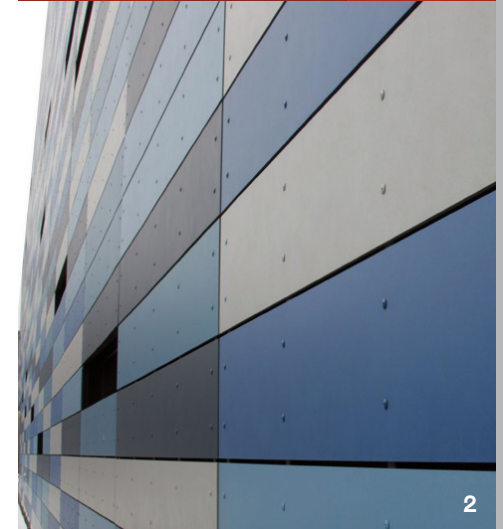
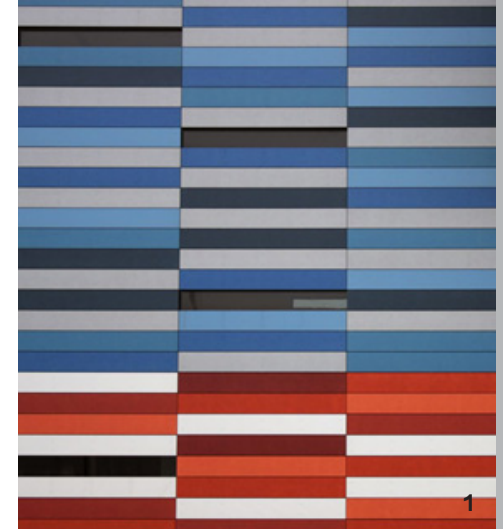
Resistencia a compresión: 900 Kp / cm²

Resistencia a tracción: 175 Kp / cm²

1.2.2.4 TIPOS DE PLACA DE FIBROCEMENTO:

Las formas más conocidas son las siguientes:

- Ondulada de onda grande
- Ondulada de onda pequeña
- Ondulada curvada
- Nervada
- Autoportante
- Grecada
- Lisa (plana)



Características y Propiedades

[www.construmatica.com/
construpedia/Fibrocemento](http://www.construmatica.com/construpedia/Fibrocemento)
[www.arqhys.com/arquitectura/
fibrocemento](http://www.arqhys.com/arquitectura/fibrocemento)

1. Alzado del Gary Comer Youth
Center - John Ronan Architects

www.stylepark.com

2. Detalle de colocación de paneles
de fibrocemento

www.stylepark.com

3. Detalle de esquina

www.stylepark.com

1.3 CUADRO COMPARATIVO DE LOS SISTEMAS CONSTRUCTIVOS

CUADRO COMPARATIVO DE LOS SISTEMAS CONSTRUCTIVOS						
SISTEMA CONSTRUCTIVO		ADOBE	BAHAREQUE	TAPIAL	YESO CARTON	FIBROCEMENTO
REFERENCIA						
FUNCION	ESTRUTURAL	X	X	X		
	REVESTIMIENTO				X	X
MATERIAL	PRINCIPAL	ARENA 80 %	MADERA (ESTRUCTURA)	4 PARTES DE ARCILLA	SEMIHIDRATO DE YESO	CEMENTO 85 - 90 %
	SECUNDARIO	ARCILLA 20 %	BARRO Y PAJA	1 PARTE DE ARENA 1 PARTE DE GRAVILLA	CARTON	ASBESTO (AMIANTO) 10 - 15 %
PRODUCCION	ARTESANAL	X	X	X		
	INDUSTRIAL	SEMI-INDUSTRIAL			X	X
MEJORAMIENTO		MEJORAMIENTO DE LA ESTRUCTURA GRANOLOMETRICA Y DE LAS CARACTERISTICAS DEL BARRO	MEJORAMIENTO DE LA ESTRUCTURA Y DE LAS CARACTERISTICAS DEL BARRO	MEJORAMIENTO DE LA CARACTERISTICAS DEL BARRO	MEJORAMIENTO DE LAS CARACTERISTICAS DEL NUCLEO Y DE LAS LAMINAS EXTERIORES	MEJORAMIENTO DE LAS CARACTERISTICAS DE LAS FIBRAS
FORMATOS MAS COMUNES		bloque macizo 20X40X15 cm	-	-	1.22 X 2.44-3.05-3.66 m espesor 3/8" - 1/2" - 5/8" - 1"	1.25 x 2.50 m
PUESTA EN OBRA (CAPACITACION)	BASICA	X	X	X		
	TECNICA				X	X
RECUBRIMIENTO	OPCIONAL			X		
	REQUIERE	X	X		X	
	NO REQUIERE					X
PROPIEDADES	TERMICAS	X	X	X		
	ACUSTICAS	X	X	X		
	IGNIFUGAS	X		X	X	X
	HIGROSCOPICAS	X	X	X		
	IMPERMEABILIDAD				X	X
RESISTENCIA	TRACCION	MALA	MALA	MALA	MEDIA	BUENA
	COMPRESION	BUENA	BUENA	MUY BUENA	MALA	MEDIA
	FLEXION	MALA	MALA	MALA	MEDIA	MEDIA BAJA
ACABADOS	LISO	X	X	X	X	X
	RUGOSO	X	X	X		X
TRABAJABILIDAD	CORTE	X	no recomendable	X	X	X
	PERFORACION	no recomendable	X	X	X	X

1.4 CONCLUSIONES

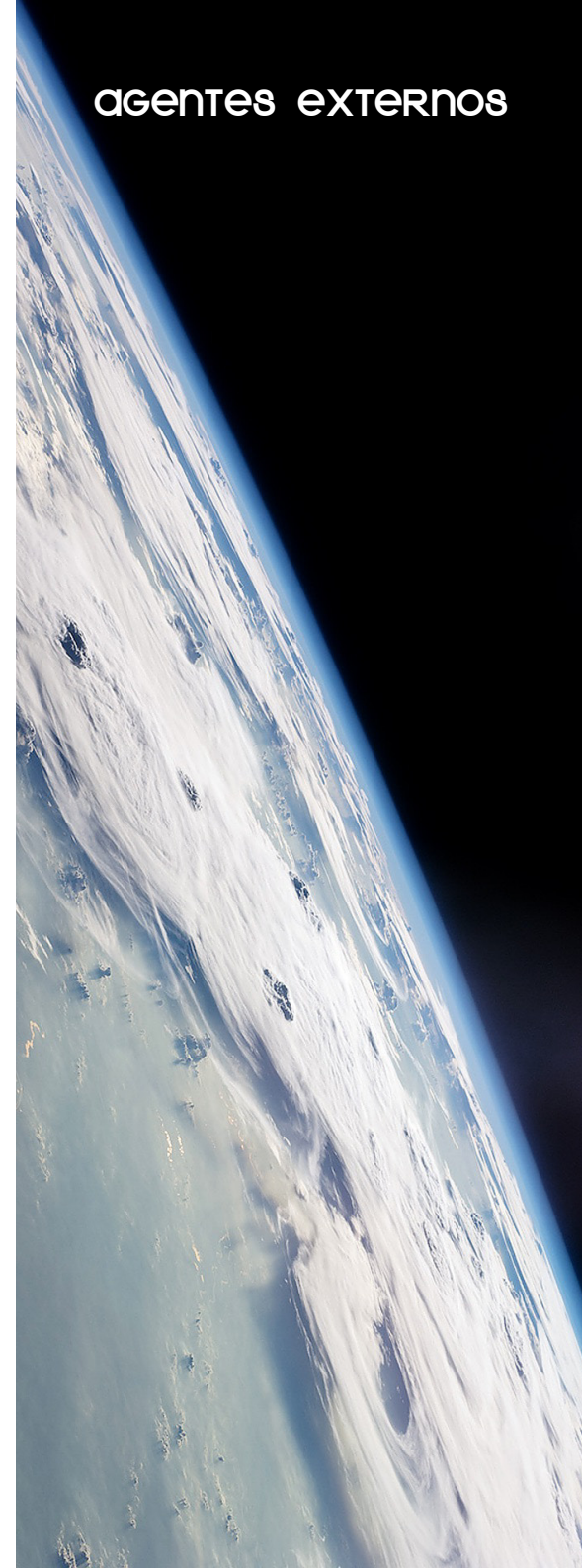
Luego de clasificar, analizar y comparar los distintos sistemas constructivos, como son el Adobe, Bahareque y Tapial (Tierra), Yeso Cartón y Fibrocemento (Prefabricados), se establecen las siguientes conclusiones:

- Los sistemas constructivos en tierra han sido limitados a una función netamente estructural, debido a que su producción es artesanal y sus materiales principales generalmente son arcilla y arena, los cuales habitualmente provienen del mismo lugar donde se desarrolla el proyecto arquitectónico. Por lo tanto los sistemas constructivos están destinados a ser trabajados in situ, impidiendo su producción industrial.
- Al contrario, los sistemas constructivos prefabricados están compuestos por materiales que han pasado por un proceso de elaboración previa, como son el semi-hidrato de yeso y el cemento, que al ser combinados con otros materiales dentro de un proceso industrial, permiten producir elementos en masa y de fácil accesibilidad, siendo su función una alternativa de acabado (revestimiento).
- Dentro de las opciones de mejoramiento de los sistemas constructivos se busca modificar la mezcla base (aglomerante) cambiando su estructura granulométrica y sus características. El mismo proceso se aplica al material secundario, cuya función es estabilizar la mezcla. Con estos procesos se garantiza un mejor comportamiento del elemento frente a los esfuerzos de compresión, tracción y flexión.
- Las propiedades de los sistemas constructivos están relacionadas según su sección. En el caso de los sistemas constructivos en tierra, la respuesta ante condiciones térmicas, acústicas, higroscópicas e ignífugas es favorable, debido al uso de una sección considerable con respecto al

sistema constructivo prefabricado; el cual utiliza secciones esbeltas que no sobrepasan los 5cm de espesor, resultado de una mayor compactación del material, aumentando así su densidad y condición impermeable. Todas estas propiedades pueden ser modificadas y mejoradas, según el tipo de recubrimiento aplicado.

- Para la puesta en obra, los elementos usados deben presentar versatilidad para adaptarse a cambios durante la ejecución de un proyecto arquitectónico, considerando al corte y perforación como las actividades más relevantes. Dependiendo del formato y sección, estas actividades se pueden realizar en los dos sistemas constructivos analizados, asegurando que la estabilidad del sistema no sea comprometida. Siendo el sistema prefabricado el que mejor se adapta a este tipo de necesidades.

agentes externos



1.5 AGENTES EXTERNOS

Con el paso del tiempo los materiales de un proyecto arquitectónico son vulnerables a cambios físicos, ya sea en su composición o en su apariencia debido a la acción que ejerce el clima sobre los mismos. Por clima se define al conjunto de condiciones atmosféricas propias de una región, constituido por la cantidad y frecuencia de lluvias, la humedad, la temperatura, los vientos, las presiones, etc. Considerando como las más relevantes para el presente estudio la lluvia, el viento y la radiación (Rayos Ultravioletas).

En los sistemas constructivos en tierra se pueden encontrar los siguientes efectos:

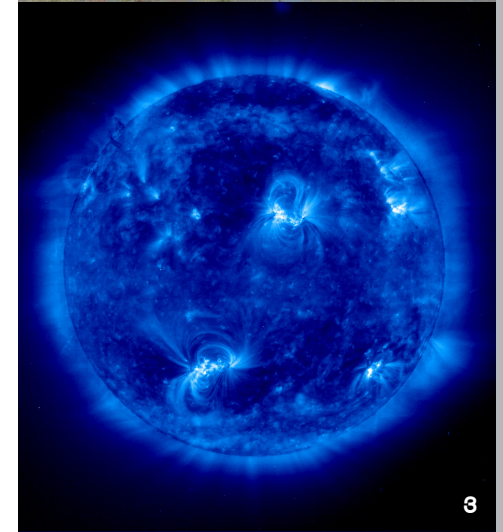
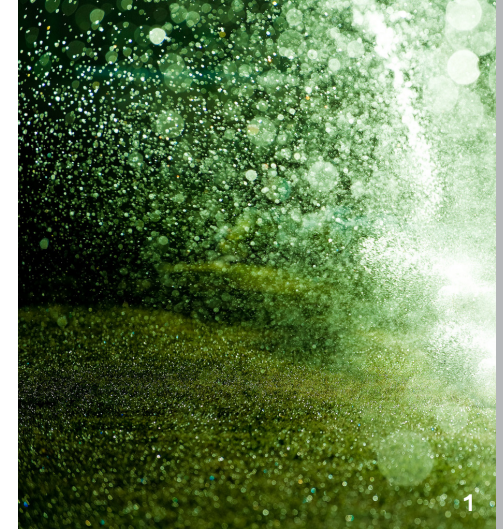
- “La expansión del barro al entrar en contacto con el agua así como su retracción al secarse son desventajosos para su uso como materiales de construcción. La expansión ocurre solamente si el barro entra en contacto directo con mucha agua perdiendo así su estado sólido. La absorción de humedad del aire sin embargo no conduce a la expansión.”¹
- Uno de los problemas habituales de los elementos de tierra durante el proceso de secado, es el agrietamiento causado por la retracción del material.
- Si el mismo elemento se encuentra en contacto con el agua puede erosionarse, provocando la disgregación o lavado del material. Cuando este fenómeno se produce en ambientes con baja temperatura, el agua encontrada en las grietas producto de la filtración puede congelarse y expandirse, incrementando el tamaño de la grietas.

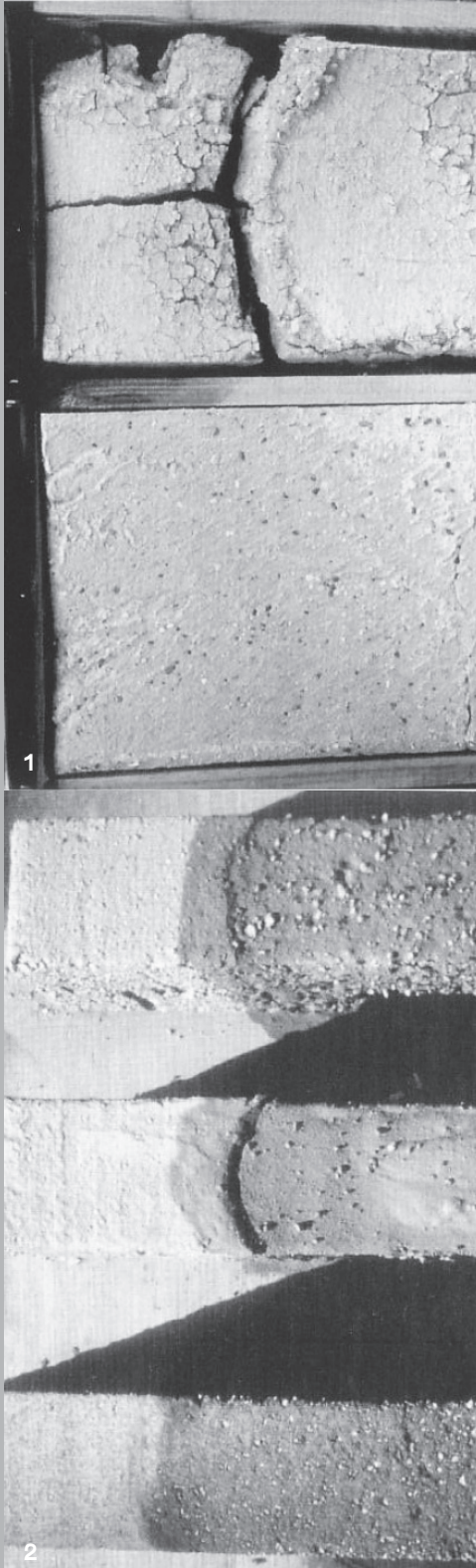
Para estos casos se dan las siguientes soluciones:

- Para aumentar la resistencia de elementos de tierra frente a las inclemencias del tiempo (lluvia), se pueden combinar y aplicar distintos estabilizantes, ya sean estos minerales, naturales, vegetales o sintéticos.
- Para reducir el proceso de retracción de los elementos de tierra, se debe modificar la composición granulométrica de

1 Manual De Construcción En Tierra.
Minke, Gernot. Editorial Fin De Siglo.
2005. Pág. 29

1. Lluvia
www.flickr.com/photos/cubagallery
2. Señal de viento
www.flickr.com/photos/26630539@N04
3. Rayos ultra violetas
www.wikipedia.org





la mezcla. Una combinación con mayor cantidad de arcilla es más propensa a retraerse. Agregando gradualmente cantidades de arena, se puede reducir considerablemente este efecto. En una mezcla con un contenido de 90% de arena se puede alcanzar un 0.1% de retracción.

- Otra forma de prevenir la retracción del material es añadiendo fibras, las cuales disminuyen relativamente la cantidad de arcilla en la mezcla, y absorbe parte del agua a través de sus poros. Además, se reducen considerablemente la aparición de fisuras, ya que las fibras aumentan la cohesividad de la mezcla.
- El proceso de erosión se puede reducir modificando la composición granulométrica de la mezcla, y aumentando el tamaño del árido. Un elemento con altas cantidades de arcilla puede presentar erosiones de hasta 5mm, mientras que un elemento con arena gruesa contrarresta casi en su totalidad el problema de la erosión.

Al ser parte de un proceso de producción industrial, los sistemas constructivos prefabricados permiten la modificación de sus componentes de acuerdo a la función que cumpla el elemento. Mediante el uso de materiales sintéticos se puede contrarrestar el efecto que causen de los distintos agentes externos sobre el sistema.

- En el yeso cartón para contrarrestar los efectos del agua se utilizan aceites y siliconas hidrórepelentes, evitando que la placa sufra manchas y la desintegración del núcleo. Para evitar el efecto de vibración causado por el viento se utilizan placas más densas (mayor compactación).
- El fibrocemento es un material diseñado para usarse a la intemperie ya que se caracteriza por ser impermeable e imputrescible, además de poseer una gran rigidez, y de tener un alto grado de resistencia ante ataques químicos, por lo tanto, es considerado un material muy resistente ante los distintos ataques de agentes externos.

1. Erosión Y Retracción Del Barro Durante El Proceso De Secado
Manual De Construcción En Tierra.
Minke, Gernot. Editorial Fin De Siglo.
2005. Pág. 34

2. Erosión Del Barro Según El Tipo De Árido Usado En La Mezcla
Manual De Construcción En Tierra.
Minke, Gernot. Editorial Fin De Siglo.
2005. Pág. 49

capítulo 2

adherencia

2.1 Breve estudio Y selección de materiales

2.1 BREVE ESTUDIO Y SELECCIÓN DE MATERIALES

Todo material y sistema empleado en la construcción ha evolucionado con el fin de modificar sus características para ampliar su campo de aplicación. Estas modificaciones vienen dadas por el mejoramiento de la composición interna y externa de los elementos que conforman el sistema constructivo.

Los sistemas constructivos previamente analizados se encuentran sometidos tanto a esfuerzos físicos como a las acciones del medio ambiente (agentes externos). Por lo tanto, se ha buscado la aplicación y combinación de estabilizadores naturales o artificiales para contrarrestar estos efectos.

Estos elementos estabilizadores se clasifican en:

- Minerales
- Fibras
- Productos Vegetales
- Productos Sintéticos
- Productos de origen animal

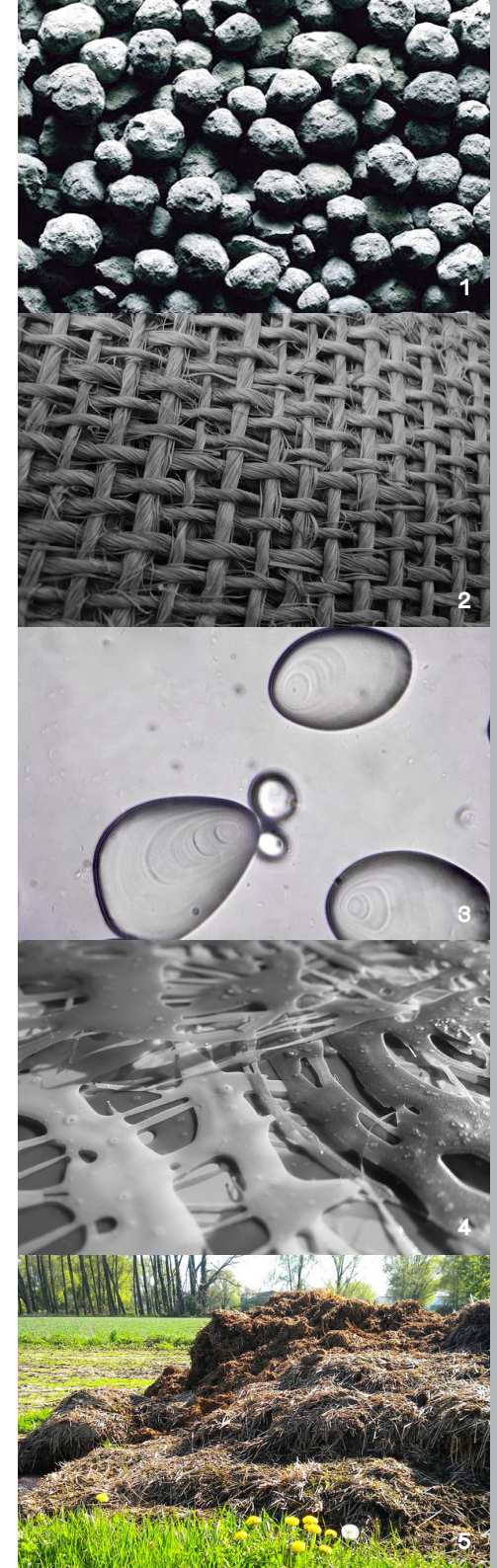
2.1.1 ESTABILIZADORES MINERALES:

Por su composición granulométrica los minerales se adhieren a la tierra estabilizando las partículas de arcilla encontradas en esta, reduciendo así la absorción de agua y evitando su expansión. Según la cantidad de arcilla contenida en la tierra, se emplean distintos estabilizadores:

Para tierras con bajo contenido de arcilla se emplean:

2.1.1.1 CEMENTO

“El cemento actúa como estabilizador contra el agua en suelos con bajo contenido de arcilla. Mientras mayor sea el contenido de arcilla mas cemento se necesita para alcanzar el mismo efecto de estabilización. El cemento interrumpe las fuerzas aglutinantes de la arcilla, haciendo posible que la resistencia a la compresión de un suelo estabilizado con



1. Fragmentos de clinker portland
www.ximangcampha.vn
2. Tejido de fibras de yute
www.flickr.com/photos/jrgnegroe
3. Granos de almidón de patata
www.flickr.com/photos/r-rico
3. Cola blanca en estado seco
www.flickr.com/photos/samuelward
3. Estiércol de caballo
www.flickr.com/photos/vera-k



1



2



3



4

cemento sea menor que la de un mismo suelo sin cemento... Al igual que con el hormigón la máxima resistencia de bloques de suelo estabilizados con cemento se alcanza a los 28 días. Estos bloques deben ser curados como mínimo 7 días y no deben secarse demasiado rápido. Si no están protegidos del sol y el viento directos los bloques deben ser rociados con agua durante el proceso de curado.”¹

2.1.1.2 BITUMEN

“Normalmente el bitumen es apropiado para barros con bajo contenido de arcilla. El efecto de estabilización se optimiza si la mezcla se compacta. Por esta razón el bitumen se disuelve primeramente en agua con un emulsionador como nafta, parafina o petróleo. Es preferible emplear una mezcla de 4 o 5 partes de bitumen, 1 parte de aceite de parafina y 1% de parafina calentada a una temperatura de 100° C. Normalmente de 3 a 6% de esta solución es suficiente para estabilizar el suelo. Después que se evapora el solvente y el agua, se forma una película que aglutina las partículas del barro, evitando la penetración de agua.”² No se recomienda usar esta solución en más del 4% del volumen total de la mezcla, ya que, disminuye sensiblemente la resistencia a la compresión.

2.1.1.3 SILICATO DE SODIO

“Es un buen estabilizador para barros arenosos, pero debe ser rebajado con agua en una proporción de 1:1 antes de añadirlo, de lo contrario aparecen micro fisuras que provocan una fuerte absorción de agua.”³

Para tierras con alto contenido de arcilla se emplea:

2.1.1.4 CAL

“El intercambio de iones ocurre en el barro con cal como estabilizador si existe suficiente humedad. Los iones de calcio de la cal se intercambian con los iones metálicos de la arcilla. Como resultado, ocurren

1 - 2 - 3 Manual De Construcción En Tierra. Minke, Gernot. Editorial Fin De Siglo. 2005. Pág. 49

1. Saquillos de cemento Portland
www.plataformaarquitectura.cl

2. Bitumen
blog.chosun.com

3. Silicato de sodio
ua.all.biz

4. Piedra caliza
www.calizasdecolombia.com

aglomeraciones de las partículas finas que evitan la penetración del agua..."⁴

El contenido de cal óptimo dentro de un barro depende de la proporción de arcilla contenida dentro del mismo, pero se ha demostrado que con pequeñas cantidades de cal la resistencia a la compresión puede ser menor que la de un barro sin estabilizar.

2.1.2 FIBRAS:

En suelos con gran cantidad de arcilla se emplean fibras como refuerzo, para reducir el agrietamiento causado por la dilatación y contracción de la arcilla durante el proceso de secado. Además de aligerar la mezcla funcionan como tubos de drenaje, acelerando el proceso de secado.

El uso excesivo de fibras aumenta la capacidad de absorción de agua en la mezcla, causando el debilitamiento del producto final, por lo que se recomienda emplearlas en longitudes menores a 6 cm. y en un porcentaje no mayor al 4% del volumen total de la mezcla.

Las fibras comúnmente usadas en nuestro medio son:

- Fibras naturales tales como: Paja, Cabuya (Fique), Yute y Totora.
- Fibras sintéticas tales como: Fibra de vidrio, fibras plásticas, polyester, nylon.

2.1.3 PRODUCTOS VEGETALES:

El uso de plantas aceitosas que contienen látex tales como, banano, agave y sisal, así como las melazas y almidón cocido, al ser combinadas con cal pueden ser usadas como pinturas impermeabilizantes. "Usando aceite de linaza doblemente cocido se obtiene una alta resistencia a las inclemencias del tiempo en superficies de barro. Sin embargo se debe mencionar que en este caso la difusión del vapor se reduce considerablemente."⁵



4 Manual De Construcción En Tierra.
Minke, Gernot. Editorial Fin De Siglo.
2005. Pág. 49

5 Manual De Construcción En Tierra.
Minke, Gernot. Editorial Fin De Siglo.
2005. Pág. 50

1. Fibras de Cabuya
www.plasticfibre.com
2. Granos y Aceite de linaza
img.aktuality.sk
3. Cola Vinílica o cola blanca (diluida)
www.1fsbiz.com
4. Caseína
www.cremonatools.com

2.1.4 PRODUCTOS SINTÉTICOS:

Las colas vinílicas llamadas comúnmente colas blancas al ser mezcladas con tierra mejoran la plasticidad del barro, aumentando su trabajabilidad. Además permite una mejor adherencia entre las partículas de arcilla y arena, obteniendo así un mayor grado de cohesión.

2.1.5 PRODUCTOS DE ORIGEN ANIMAL:

“Productos animales como la sangre, orina, estiércol, caseína y cola animal han sido utilizadas durante siglos para estabilizar el barro. En la antigüedad, la sangre de toro se utilizó comúnmente como agente aglutinante y estabilizante.” ⁶ La sangre de toro empleada en pisos de tierra apisonada mejora la resistencia de la misma frente a la abrasión.

“El suero y la orina se utilizan comúnmente en muchos países como estabilizador en superficies de barro. Si se emplea estiércol este debe dejarse reposar de 1 a 4 días para permitir la fermentación; el efecto de estabilización se incrementa considerablemente, debido al intercambio de iones entre los minerales de arcilla y el estiércol.” ⁷ El estiércol tiene la capacidad de mejorar la resistencia a la erosión cuando se mezcla con tierra.

2.2 combinación de materiales

2.2 COMBINACIÓN DE MATERIALES

El barro usado en los sistemas constructivos tradicionales en tierra generalmente poseen un porcentaje que varía entre 60% - 80% de arena y 20% - 40% de arcilla-limos. Para el presente estudio se realizaron pruebas en distintos porcentajes buscando así una proporción que responda de mejor manera a los esfuerzos de compresión y flexión, además de poseer un nivel de trabajabilidad adecuado durante el proceso de fabricación de las muestras producidas. De esta manera se obtuvo una mezcla base, a la cual se añadieron distintos materiales estabilizadores para mejorar sus propiedades físicas y mecánicas.

2.2.1 MEZCLA BASE (PROPORCIÓN ARENA – ARCILLA):

Para la producción de la mezcla base se escogió un formato de 15x7.5x5 cm (Proporcional a la medida de un adobe tradicional), para lo cual se elaboro un molde de madera con dichas dimensiones.

Las proporciones escogidas para la producción de muestras fueron las siguientes:

- 90% Arena - 10% Arcilla
- 80% Arena - 20% Arcilla
- 75% Arena - 25% Arcilla
- 70% Arena - 30% Arcilla
- 60% Arena - 40% Arcilla

2.2.1.1 PROCESO DE PRODUCCIÓN

Para producir las muestras se colocó arena fina de cantera dentro de un recipiente plano, agregando arcilla en estado bruto de manera progresiva para así evitar la conformación de grumos durante el proceso de mezclado.

Una vez obtenida una mezcla uniforme, se procedió a verterla dentro de los moldes previamente humedecidos, hasta rellenarlos en su totalidad. A continuación se realizó una compactación manual de la mezcla con un pisón de madera, para eliminar



Mezcla base

1. Colocación de arena fina
 2. Arcilla en estado bruto
 3. Mezclado manual de arena y arcilla
 4. Mezcla resultante
- Grupo de tesis



el aire contenido dentro de la misma. Finalmente se retiró la muestra del molde, y se la colocó en un sitio destinado para su secado.

Las muestras tuvieron un tiempo aproximado de secado de 5 días* y posteriormente fueron sometidas a pruebas de compresión en un laboratorio con una prensa hidráulica digital, en donde se obtuvieron los siguientes resultados: (ver cuadro 2.2.1.1 - pág. 61)

*El tiempo de secado de las muestras es relativamente menor al de un adobe tradicional, debido al cronograma de actividades planteado dentro de la tesis.

2.2.1.2 CONCLUSIONES

- Las muestras con mayor proporción de arena presentaron una mayor trabajabilidad durante el proceso de mezclado de los materiales, y facilidad al momento de desmoldar las muestras. Durante el tiempo de secado las muestras no presentaron deformaciones y la retracción del material fue mínima, sin embargo, presentaron disgregación del material y una baja resistencia a la prueba de compresión.
- Las muestras con mayor proporción de arcilla presentaron dificultades durante el proceso de mezclado, y debido a la viscosidad de la mezcla, se produjeron deformaciones al momento de desmoldarlas. Durante el tiempo de secado las muestras presentaron deformaciones debido a la retracción del material, dando como resultado el fisuramiento de las mismas, sin embargo, no presentaron disgregación del material y su resistencia a la prueba de compresión fue mayor a las muestras con mayor contenido de arena.
- Basados en los resultados obtenidos, las muestras con proporción 75% Arena - 25% Arcilla, presentaron los mejores resultados en cuanto a trabajabilidad, desmolde y resistencia a la compresión, además no presentaron fisuras, disgregación, ni deformaciones por retracción del material.

Producción de muestras

1. Colocación de la mezcla en moldes
 2. Muestra compactada
 3. Desmolde de las muestras
 4. Muestra lista para secar
 5. Muestras durante el proceso de secado
- Grupo de tesis

Producción de muestras

Columna 1: secado

1. Muestra con proporción 90% arena - 10% arcilla
 2. Muestra con proporción 80% arena - 20% arcilla
 3. Muestra con proporción 75% arena - 25% arcilla
 4. Muestra con proporción 70 arena - 30% arcilla
 5. Muestra con proporción 60% arena - 40% arcilla
- Grupo de tesis

Columna 2: laboratorio

6. Toma de dimensiones de las muestras
 7. Muestras en laboratorio
 8. Muestras y prensa hidráulica digital
 9. Muestra colocada en prensa
- Grupo de tesis

- ### Columna 3: prueba de compresión
10. Muestra sometida a compresión
 11. Fracaso de la muestra (resistencia máxima)
 12. Estado final de la muestra sobre la prensa
 13. Estado final de las muestras luego de la prueba de compresión
- Grupo de tesis





2.2.2 MEZCLA BASE + ESTABILIZADORES:

Para la producción de muestras estabilizadas se escogió un formato de 15x7.5x5 cm. (Proporcional a la medida de un adobe tradicional) y de 15x7.5x2 cm. Para realizar pruebas de compresión y flexión respectivamente, para lo cual se elaboraron moldes de madera con dichas dimensiones.

Debido a la disponibilidad en el medio se usaron como estabilizadores los siguientes materiales:

- Minerales: Cemento y Cal.
- Fibras Naturales: Paja, Yute y Cabuya.
- Productos Sintéticos: Cola vinílicas o Cola Blanca.

2.2.2.1 PROCESO DE PRODUCCIÓN

Para producir las muestras se colocó arena fina de cantera dentro de un recipiente plano, agregando arcilla en estado bruto de manera progresiva para así evitar la conformación de grumos durante el proceso de mezclado, la proporción usada fue de 75% Arena - 25% Arcilla.

Una vez obtenida una mezcla uniforme, se procedió a retirar la cantidad de mezcla equivalente al porcentaje de estabilizador a incluirse. Debido a que el peso de las fibras usadas es despreciable, su incorporación fue de forma volumétrica en longitudes no mayores a 5 cm., agregándolas de manera progresiva, para así evitar la agrupación de las mismas dentro de la mezcla.

Una vez conformada la mezcla se procedió a verterla dentro de los moldes previamente humedecidos, hasta rellenarlos en su totalidad. A continuación se realizó una compactación manual de la mezcla con un pisón de madera, para eliminar el aire contenido dentro de la misma. Finalmente se retiró la muestra del molde, y se la colocó en un sitio destinado para su secado.

Las muestras con estabilizadores minerales y sintéticos tuvieron un tiempo aproximado de secado de 5 días* y posteriormente

Mezcla base + estabilizadores

Producción: estabilizadores (cemento)

1. Mezclado de 75% arena y 25% arcilla

2. Adición de estabilizador (cemento)

3. Consistencia final de la mezcla

4. Colocación y compactación en moldes

5. Estado de la muestra final

Grupo de tesis

Mezcla base + estabilizadores

Columna 1: estabilizadores (cal)

1. Mezclado de 75% arena y 25% arcilla
 2. Adición de estabilizador (cal)
 3. Consistencia final de la mezcla
 4. Colocación y compactación en moldes
 5. Estado final de la muestra
- Grupo de tesis

Columna 2: estabilizadores (cola blanca)

6. Mezclado de 75% arena y 25% arcilla
 7. Adición de estabilizador (cola blanca)
 8. Consistencia final de la mezcla
 9. Colocación y compactación en moldes
 10. Muestras previo al desmolde
- Grupo de tesis

Columna 3: prueba de compresión

11. Muestras secas
 12. Muestra colocada en prensa
 13. Muestra durante la prueba
 14. Fracaso de la muestra (resistencia máxima)
 15. Estado final de las muestras luego de la prueba de compresión
- Grupo de tesis





1



5



9



2



6



10



3



7



11



4



8



12

Mezcla base + estabilizadores

Columna 1: estabilizadores (paja)
1. Mezclado de 75% arena y 25% arcilla
2. Adición de estabilizador (paja)
3. Mezcla compactada en moldes
4. Muestras en estado seco
Grupo de tesis

Columna 2: estabilizadores (yute)
5. Mezclado de 75% arena y 25% arcilla
6. Adición de estabilizador (tejido)
7. Muestras desmoldadas
8. Muestras en estado seco
Grupo de tesis

Columna 3: estabilizadores (cabuya)
9. Mezclado de 75% arena y 25% arcilla
10. Adición de estabilizador (cabuya)
11. Mezcla compactada en moldes
12. Muestras en estado seco
Grupo de tesis

fueron sometidas a pruebas de compresión en un laboratorio con una prensa hidráulica digital.

Las muestras con fibras tuvieron un tiempo aproximado de secado de 30 días y posteriormente fueron sometidas a pruebas de flexión en un laboratorio con una prensa hidráulica digital, en donde Se obtuvieron los siguientes resultados: (ver cuadro 2.2.2.1.1 - pág. 61 y cuadro 2.2.2.1.2 - pág. 62)

2.2.2.2 CONCLUSIONES

- Los estabilizadores minerales como la cal y el cemento, al ser materiales que reaccionan con el agua, absorbieron la humedad de la mezcla acelerando su proceso de secado, lo cual provocó disgregación del material al no existir una correcta cohesión entre los mismos. Por esta razón no se obtuvieron resultados satisfactorios a la prueba de compresión; por lo que se hizo necesario la adición de agua durante el proceso de fabricación de las muestras, para compensar la humedad absorbida por el fraguado de dichos materiales.
- La cola blanca al entrar en contacto con el agua contenida dentro de la mezcla, aumenta la plasticidad de la misma, debido a que produce una mejor cohesión entre los materiales, aumentando así su trabajabilidad. Sin embargo, se produce una mezcla viscosa que ocasiona problemas durante el proceso de desmoldado y micro fisuras durante su secado. Debido a que la cola blanca no absorbe agua y mejora la cohesión entre los materiales, al ser sometida a pruebas de compresión, se obtuvieron mejores resultados que con los estabilizadores minerales.
- El uso de fibras en las muestras no represento un mejoramiento ante la prueba mecánica de flexión, sin embargo evitaron la disgregación y fisuramiento de las mismas durante el proceso de secado. Su adherencia con el barro dependerá de su sección y longitud, donde a menor sección mayor adherencia, siendo la cabuya la fibra que mejores resultados proporcione.

Pruebas de laboratorio

1. Muestras durante el proceso de secado
 2. Prueba de flexión
 3. Fracaso de la muestra (resistencia final)
 4. Estado final de las muestras luego de la prueba de flexión
- Grupo de tesis





Estabilizadores minerales + agua

Columna 1: estabilizadores (cal)

1. Pesaje del estabilizador
2. Adición de estabilizador (cal)
3. Adición de agua
4. Estado final de la mezcla
5. Estado final de la muestra

Grupo de tesis

Columna 2: estabilizadores (yute)

6. Pesaje del estabilizador
7. Adición de estabilizador (cal)
8. Adición de agua
9. Estado final de la mezcla
10. Puesta en moldes y compactación de la mezcla

Grupo de tesis

- Columna 3: proceso de secado
- 11 - 12 - 13 muestras frescas durante el proceso de secado
 14. Muestras secas

Grupo de tesis

CUADRO DE RESISTENCIAS																			
PROPORCIÓN %		MATERIAL SECUNDARIO	APLICACIÓN		TRABAJABILIDAD			TIPO DE MOLDE	DESMOLDADO			TIEMPO DE SECADO (días)	RETRACCIÓN			PESO (KG)	FUERZA (Kg.f.)		PROMEDIO FUERZA (Kg/cm²)
Arena	Arcilla		Proporción (%)	Descripción	Bueno	medio	Mala		Facil	Medio	Difícil		Largo	Ancho	Espesor		Compresión	Flexión	
90	10	-	-	-	x			A	x			5	15	7.5	5.3	-	180	-	3.42
90	10	-	-	-	x			A	x			5	15	7.5	5.3	-	333	-	
80	20	-	-	-	x			A	x			5	14.8	7.4	5.2	-	904	-	10.08
80	20	-	-	-	x			A	x			5	14.8	7.4	5.2	-	608	-	
75	25	-	-	-	x			A		x		5	14.5	7.4	5.3	-	1275	-	18.83
75	25	-	-	-	x			A		x		5	14.5	7.4	5.3	-	1550	-	
70	30	-	-	-		x		A		x		5	14.3	7.2	5.3	-	1356	-	18.08
70	30	-	-	-		x		A		x		5	14.3	7.2	5.3	-	1356	-	
60	40	-	-	-			x	A			x	5	14.5	7.5	5.2	-	1312	-	14.46
60	40	-	-	-			x	A			x	5	14.5	7.5	5.2	-	857	-	
DIMENSIONES MOLDE TIPO A 15 X 7.5 X 5 cm.																			

cuadro 2.2.1.1

CUADRO DE RESISTENCIAS																			
PROPORCIÓN %		MATERIAL SECUNDARIO	APLICACIÓN		TRABAJABILIDAD			TIPO DE MOLDE	DESMOLDADO			TIEMPO DE SECADO (días)	RETRACCIÓN			PESO (KG)	FUERZA (Kg.f.)		PROMEDIO FUERZA (Kg/cm²)
Arena	Arcilla		Proporción (%)	Descripción	Bueno	Medio	Mala		Facil	Medio	Difícil		Largo	Ancho	Espesor		Compresión	Flexión	
75	25	Cemento	5	Relacion en Peso		x		A	x			5	15	7.5	5	-	931	-	11.87
75	25	Cemento	5	Relacion en Peso		x		A	x			5	15	7.5	5	-	850	-	
75	25	Cal	5	Relacion en Peso		x		A	x			5	14.8	7.4	5	-	1152	-	15.84
75	25	Cal	5	Relacion en Peso		x		A	x			5	14.8	7.4	5	-	1224	-	
75	25	Cal	10	Relacion en Peso		x		A	x			5	14.7	7.4	5	-	1101	-	12.98
75	25	Cal	10	Relacion en Peso		x		A	x			5	14.7	7.4	5	-	846	-	
75	25	Cola Blanca	5	Relacion en Peso		x		A			x	4	14.9	7.5	5	-	2373	-	32.86
75	25	Cola Blanca	5	Relacion en Peso		x		A			x	4	14.9	7.5	5	-	2556	-	
75	25	Cemento	5	Relacion en Peso		x		A	x			5			5	-	1653	-	22.32
		Agua	5	Relacion en Peso															
75	25	Cemento	5	Relacion en Peso		x		A	x			5			5	-	1695	-	
		Agua	5	Relacion en Peso															
75	25	Cal	5	Relacion en Peso		x		A	x			5			5	-	1589	-	21.41
		Agua	5	Relacion en Peso															
75	25	Cal	5	Relacion en Peso		x		A	x			5			5	-	1623	-	
		Agua	5	Relacion en Peso															
75	25	Cal	5	Relacion en Peso		x		A	x			5			5	-	1765	-	23.91
		Agua	2.5	Relacion en Peso															
75	25	Cal	5	Relacion en Peso		x		A	x			5			5	-	1822	-	
		Agua	2.5	Relacion en Peso															
75	25	Cemento	5	Relacion en Peso		x		A	x			5			5	-	1946	-	25.66
		Agua	2.5	Relacion en Peso															
75	25	Cemento	5	Relacion en Peso		x		A	x			5			5	-	1903	-	
		Agua	2.5	Relacion en Peso															
DIMENSIONES MOLDE TIPO A 15 X 7.5 X 5 cm.																			

cuadro 2.2.2.1.1

CUADRO DE RESISTENCIAS																			
PROPORCIÓN %		MATERIAL SECUNDARIO	APLICACIÓN		TRABAJABILIDAD			TIPO DE MOLDE	DESMOLDADO			TIEMPO DE SECADO (días)	RETRACCIÓN			PESO (KG)	FUERZA (Kg.f.)		PROMEDIO FUERZA (Kg/cm²)
Arena	Arcilla		Proporción (%)	Descripción	Bueno	Medio	Mala		Facil	Medio	Difícil		Largo	Ancho	Espesor		Compresión	Flexión	
75	25	-	-	-	x			B	x			30	7.5	5	2	15.5	-	7	0.09
75	25	-	-	-	x			B	x			30	7.5	5	2	16	-	7	
75	25	Yute	-	Fibras 2.5cm (peso despreciable)	x			B	x			30	7.5	5	2	134	-	3	0.07
75	25	Yute	-	Fibras 2.5cm (peso despreciable)	x			B	x			30	7.5	5	2	15	-	7	
75	25	Cabulla	-	Fibras 2.5cm (peso despreciable)	x			B	x			30	7.5	5	2	14.5	-	7	0.09
75	25	Cabulla	-	Fibras 2.5cm (peso despreciable)	x			B	x			30	7.5	5	2	15	-	7	
75	25	Paja	-	Fibras 2.5cm (peso despreciable)	x			B	x			30	7.5	5	2	15.25	-	7	0.09
75	25	Paja	-	Fibras 2.5cm (peso despreciable)	x			B	x			30	7.5	5	2	14.5	-	7	
75	25	Cola Blanca	5	Relacion en Peso	x			B	x			30	7.5	5	2	11.75	-	7	0.09
75	25	Cola Blanca	5	Relacion en Peso	x			B	x			30	7.5	5	2	11.5	-	7	
75	25	Cal	5	Relacion en Peso	x			B	x			30	7.5	5	2	13.5	-	3	0.07
75	25	Cal	5	Relacion en Peso	x			B	x			30	7.5	5	2	13	-	7	
75	25	Cal	10	Relacion en Peso	x			B	x			30	7.5	5	2	15.5	-	7	0.09
75	25	Cal	10	Relacion en Peso	x			B	x			30	7.5	5	2	12.25	-	7	
75	25	Cemento	5	Relacion en Peso	x			B	x			30	7.5	5	2	12	-	3	0.04
75	25	Cemento	5	Relacion en Peso	x			B	x			30	7.5	5	2	11	-	3	
75	25	Cemento Agua	5 5	Relacion en Peso	x			B	x			30	7.5	5	2	13.5	-	7	0.09
75	25	Cemento Agua	5 5	Relacion en Peso	x			B	x			30	7.5	5	2	13	-	7	
75	25	Cemento Agua	5 2	Relacion en Peso	x			B	x			30	7.5	5	2	16.5	-	7	0.09
75	25	Cemento Agua	5 2	Relacion en Peso	x			B	x			30	7.5	5	2	15.75	-	7	
75	25	Cal Agua	5 2	Relacion en Peso	x			B	x			30	7.5	5	2	14.75	-	7	0.09
75	25	Cal Agua	5 2	Relacion en Peso	x			B	x			30	7.5	5	2	15	-	7	
75	25	Cemento Cal Cola Blanca Agua	2.5 2.5 2.5 2	Relacion en Peso	x			B	x			30	7.5	5	2	12.5	-	7	0.09
75	25	Cemento Cal Cola Blanca Agua	2.5 2.5 2.5 2	Relacion en Peso	x			B	x			30	7.5	5	2	14	-	7	
75	25	Cemento Cal Cola Blanca Agua	2.5 2.5 2.5 2	Relacion en Peso	x			B	x			30	7.5	5	2	14	-	7	
75	25	Cemento Cal Cola Blanca Agua	2.5 2.5 2.5 2	Relacion en Peso	x			B	x			30	7.5	5	2	14	-	7	

DIMENSIONES MOLDE TIPO B 7.5 X 5 X 2 cm.

cuadro 2.2.2.1.2

2.2.3 MEZCLA BASE + ESTABILIZADORES (PRENSADOS):

En esta etapa del proceso de diseño se usó la mezcla base con proporción 75% Arena – 25% Arcilla, y tierra extraída del sector de Baños, la cual tiene una proporción aproximada de 50% Arena – 50% Arcilla con el propósito de reducir costos y agilizar el proceso de producción de las muestras.

Las muestras fueron estabilizadas con los siguientes materiales:

- Minerales: Cemento y Cal.
- Fibras Naturales: Paja, Yute y Cabuya.
- Fibras Sintéticas: Fibra de vidrio.
- Productos Sintéticos: Colas vinílicas o Cola Blanca.

2.2.3.1 TECNIFICACIÓN

Con el motivo de mejorar y tecnificar el proceso de producción de las muestras, se recurrió al uso de una prensa hidráulica para compensar las deficiencias producidas por el apisonamiento manual realizado en pruebas anteriores y de las dificultades presentadas durante el proceso de desmoldado.

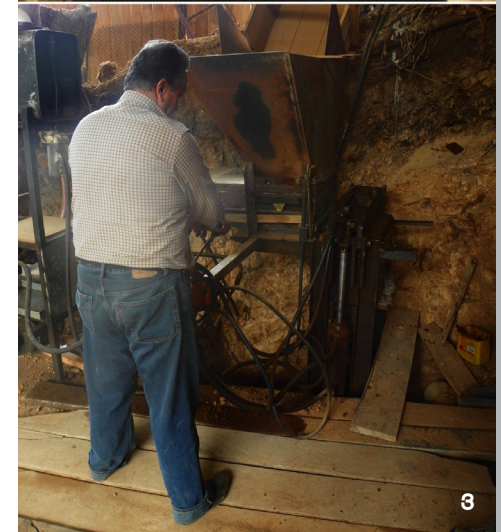
Las características de la prensa usada permitió aumentar el tamaño de las muestras a un formato de 30 cm. x 15 cm. en donde el espesor depende de la cantidad de material que se coloque dentro de la máquina.

2.2.3.2 FASE 1

2.2.3.2.1 PROCESO DE PRODUCCIÓN

Para producir las muestras con proporción 75% Arena - 25% Arcilla se colocó arena fina de cantera dentro de un recipiente plano, agregando arcilla en estado bruto de manera progresiva para así evitar la conformación de grumos durante el proceso de mezclado.

Para producir las muestras con proporción aproximada de 50% Arena – 50% Arcilla, se procedió a extraer el material del sitio, el cual posteriormente fue tamizado para conseguir un material uniforme y libre de impurezas.



Tecnificación

1. Prensa hidráulica
 2. Molde propio de la prensa
 3. Operador durante el proceso de prensado de muestras
- Grupo de tesis



Una vez obtenida una mezcla uniforme de las proporciones mencionadas, se procedió a retirar la cantidad de mezcla equivalente al porcentaje de estabilizador a incluirse. Debido a que el peso de las fibras usadas es despreciable, su incorporación fue de forma volumétrica en longitudes no mayores a 5 cm., Agregándolas de manera progresiva, para así evitar la agrupación de las mismas dentro de la mezcla.



Una vez conformadas las mezclas se procedió a verterlas dentro del molde propio de la prensa, en el cual previamente se colocó un líquido desmoldante (diesel) para evitar la adherencia de la mezcla al molde.



La cantidad de mezcla colocada corresponde al volumen calculado para la sección requerida, teniendo en consideración que la presión ejercida por la máquina reduce aproximadamente un 40% del volumen total. Una vez prensadas las muestras, se las retira del molde, y se las coloca en un sitio destinado para su secado.



Las muestras con estabilizadores minerales y sintéticos tuvieron un tiempo aproximado de secado de 10 días* y posteriormente fueron sometidas a pruebas de flexión en un laboratorio con una prensa hidráulica digital.

Las muestras con fibras tuvieron un tiempo aproximado de secado de 11 días* y posteriormente fueron sometidas a pruebas de flexión en un laboratorio con una prensa hidráulica digital, en donde Se obtuvieron los siguientes resultados: (ver cuadro 2.2.3.2.1 - pág. 66)



*El tiempo de secado de las muestras es relativamente menor al de un adobe tradicional, debido al cronograma de actividades planteado dentro de la tesis.

Producción en prensa hidráulica

1. Pesaje de los estabilizadores
 2. Adición del estabilizador a la mezcla de 75% arena - 25% arcilla
 3. Molde con líquido desmoldante previo al prensado
 4. Muestras prensadas
 5. Muestras durante el proceso de secado
- Grupo de tesis



Mezcla base + estabilizadores

Columna 1: proporción 75% arena - 25% arcilla

1. Adición del estabilizador (cemento)
2. Adición de fibras (paja)
3. Mezclado progresivo de la mezcla
4. Estado final de la muestra
5. Colocación en prensa hidráulica

Columna 2: proporción aproximada 50% arena - 50% arcilla

6. Adición del estabilizador (cemento)
7. Adición del estabilizador (paja)
8. Adición del estabilizador (cola Blanca)
9. Colocación en prensa hidráulica
10. Muestras producidas

Columna 3: fibras

11. Adición de fibras: paja
12. Adición de fibras: yute
13. Adición de fibras: cabuya
14. Adición de fibras: fibra de vidrio
15. Muestras prensadas

Grupo de tesis

CUADRO DE RESISTENCIAS																			
PROPORCIÓN %		MATERIAL	APLICACIÓN		TRABAJABILIDAD			TIPO DE MOLDE	DESMOLDADO			TIEMPO DE SECADO (días)	RETRACCIÓN			PESO (KG)	FUERZA (Kg.f.)		PROMEDIO FUERZA (Kg/cm²)
Arena	Arcilla		Proporción (%)	Descripción	Bueno	Medio	Mala		Facil	Medio	Difícil		Largo	Ancho	Espesor		Compresión	Flexión	
75	25	-	-	-	x			C	x			10	15.0	30.0	3.8	3.101	-	17	0.04
75	25	-	-	-	x			C	x			10	15.0	30.0	4.5	3.477	-	17	
75	25	Cal	5	Relacion en Peso	x			C	x			10	15.0	30.0	4.0	3.426	-	10	0.03
75	25	Cal	5	Relacion en Peso	x			C	x			10	15.0	30.0	4.0	3.672	-	20	
75	25	Cemento	5	Relacion en Peso	x			C	x			10	15.0	30.0	3.8	3.557	-	51	0.11
75	25	Cemento	5	Relacion en Peso	x			C	x			10	15.0	30.0	4.0	3.551	-	48	
75	25	Cola Blanca	5	Relacion en Peso	x			C	x			10	15.0	30.0	3.8	3.410	-	85	0.19
75	25	Cola Blanca	5	Relacion en Peso	x			C	x			10	15.0	30.0	4.3	3.572	-	82	
50	50	-	-	-	x			C	x			11	15.0	30.0	4.5	3.472	-	20	0.05
50	50	-	-	-	x			C	x			11	15.0	30.0	4.5	3.431	-	27	
75	25	-	-	-	x			C	x			11	15.0	30.4	4.5	3.611	-	20	0.04
75	25	-	-	-	x			C	x			11	15.0	30.3	4.5	3.491	-	17	
75	25	Paja	-	Fibras 2.5cm (peso despreciable)	x			C	x			11	15.0	30.3	4.0	3.527	-	20	0.04
75	25	Paja	-	Fibras 2.5cm (peso despreciable)	x			C	x			11	15.0	30.5	4.3	3.439	-	20	
75	25	Yute	-	Fibras 2.5cm (peso despreciable)	x			C	x			11	15.0	30.3	4.0	3.525	-	20	0.04
75	25	Yute	-	Fibras 2.5cm (peso despreciable)	x			C	x			11	15.0	30.3	4.0	3.491	-	17	
75	25	Cabulla	-	Fibras 2.5cm (peso despreciable)	x			C	x			11	15.0	30.5	4.3	3.500	-	20	0.04
75	25	Cabulla	-	Fibras 2.5cm (peso despreciable)	x			C	x			11	15.0	30.3	4.0	3.530	-	20	
75	25	Fibra de Vidrio	-	Fibras 2.5cm (peso despreciable)	x			C	x			11	15.0	30.3	4.0	3.510	-	24	0.05
75	25	Fibra de Vidrio	-	Fibras 2.5cm (peso despreciable)	x			C	x			11	15.0	30.5	4.0	3.553	-	20	

DIMENSIONES MOLDE TIPO C 30 X 15 cm. CON ESPESOR VARIABLE

cuadro 2.2.3.2.1

2.2.3.2.2 CONCLUSIONES

- Al comparar el proceso de producción manual con el mecánico, se pudo observar que las muestras producidas son totalmente uniformes en cuanto a su formato y a su acabado. Durante el proceso de secado se reduce considerablemente la disgregación y el fisuramiento del material, debido a la densidad obtenida durante el prensado de la muestras. Sin embargo, se debe considerar que mezclas con mayor contenido de arena son más propensas a sufrir disgregación, mientras que mezclas con mayor contenido de arcilla son más propensas a sufrir retracciones.
- Al comparar los resultados obtenidos en las pruebas de laboratorio, se pudo observar que no existe una variación considerable en la resistencia a las pruebas de flexión entre las muestras elaboradas con los porcentajes 75% Arena - 25% Arcilla y 50% Arena - 50% Arcilla. Por lo tanto se puede considerar que la proporción arena-arcilla no influye directamente en la resistencia final, cuando las muestras han sido elaboradas con una prensa hidráulica.
- Los estabilizadores que dieron mejores resultados durante las pruebas realizadas en laboratorio fueron: el cemento, la cola blanca, paja y cabuya. Debido a que estos evitaron el fisuramiento, la disgregación y la retracción del material durante el proceso de secado, además de aumentar considerablemente su resistencia ante los distintos esfuerzos mecánicos.

Pruebas de laboratorio

1. Muestras durante el proceso de secado
 2. Prueba de flexión
 3. Fracaso de la muestra (resistencia máxima)
 4. Estado final de las muestras
- Grupo de tesis





2.2.3.3 FASE 2

Debido a que la proporción arena-arcilla no influye en la resistencia final de las muestras, se procedió a usar la tierra con proporción aproximada de 50% Arena – 50 % Arcilla, con el propósito de reducir costos y agilizar el proceso de producción de las muestras.

Las muestras fueron estabilizadas con la combinación de los siguientes materiales:

- Minerales: Cemento
- Fibras Naturales: Paja y Cabuya.
- Productos Sintéticos: Cola vinílicas o Cola Blanca.

2.2.3.3.1 PROCESO DE PRODUCCIÓN

Para producir las muestras con proporción aproximada de 50% Arena – 50% Arcilla, se procedió a extraer el material del sitio, el cual posteriormente fue tamizado para conseguir un material uniforme y libre de impurezas.

Para producir las muestras se procedió a retirar la cantidad de tierra equivalente al porcentaje de estabilizador a incluirse. Debido a que el peso de las fibras usadas es despreciable, su incorporación fue de forma volumétrica en longitudes no mayores a 5 cm., agregándolas de manera progresiva, para así evitar la agrupación de las mismas dentro de la mezcla.

Una vez conformadas las mezclas se procedió a verterlas dentro del molde propio de la prensa, en el cual previamente se colocó un líquido desmoldante (diesel) para evitar la adherencia de la mezcla al molde.

La cantidad de mezcla colocada corresponde al volumen calculado para la sección requerida, teniendo en consideración que la presión ejercida por la máquina reduce aproximadamente un 40% del volumen total. Una vez prensadas las muestras, se las retira del molde, y se las coloca en un sitio destinado para su secado.

Proceso de producción

1. Mezclado de tierra con cemento
 2. Adición de cola blanca
 3. Adición de fibras (paja)
 4. Muestras durante el proceso de secado
- Grupo de tesis

Las muestras con estabilizadores minerales, sintéticos y fibras tuvieron un tiempo aproximado de secado de 11 días* y posteriormente fueron sometidas a pruebas de flexión en un laboratorio con una prensa hidráulica digital, en donde Se obtuvieron los siguientes resultados:
(Ver cuadro 2.2.3.3.1 - pág. 70)

*El tiempo de secado de las muestras es relativamente menor al de un adobe tradicional, debido al cronograma de actividades planteado dentro de la tesis.

2.2.3.3.2 CONCLUSIONES

- El propósito de mezclar paja y cabuya, con cemento y cola blanca individualmente fue, el de encontrar cuál de estas mezclas tiene mayor compatibilidad. Al observar los resultados obtenidos en las pruebas de laboratorio se pudo notar que no existe una variación significativa entre los distintos tipos de mezclas, debido que la adherencia de las fibras es la misma. Sin embargo, la cabuya por su menor sección se mimetiza y no se aglomera dentro de la mezcla.
- En pruebas antes realizadas se comprobó que el cemento y la cola blanca fueron los estabilizadores que mejor resistencia proporcionaron a la mezcla, por lo que se decidió combinarlos, para analizar su compatibilidad y comprobar si existe un incremento de resistencia. Durante el proceso de fabricación de las muestras, se pudo constatar que efectivamente estos materiales son compatibles, por no presentar inconvenientes durante su mezclado. Observando los resultados obtenidos en pruebas de laboratorio, la resistencia aumenta aproximadamente en un 50%.

Pruebas de laboratorio

1. Muestra colocada sobre prensa
 2. Muestra sometida a flexión
 3. Fracaso de la muestra (resistencia máxima)
 4. Estado final de la muestra
- Grupo de tesis



CUADRO DE RESISTENCIAS																			
PROPORCIÓN %		MATERIAL SECUNDARIO	APLICACIÓN		TRABAJABILIDAD			TIPO DE MOLDE	DESMOLDADO			TIEMPO DE SECADO (días)	RETRACCIÓN			PESO (KG)	FUERZA (Kg.f.)		PROMEDIO FUERZA (Kg/cm²)
Arena	Arcilla		Proporción (%)	Descripción	Bueno	Medio	Mala		Facil	Medio	Difícil		Largo	Ancho	Espesor		Compresión	Flexión	
50	50	Cola Blanca	5	Relacion en Peso	x			C	x			11	15.0	30.0	4.8	3.908	-	112	0.05
		Cemento	5																
50	50	Cola Blanca	5	Relacion en Peso	x			C	x			11	15.0	30.0	4.6	3.693	-	133	0.18
		Cemento	5																
50	50	Cola Blanca	5	Relacion en Peso	x			C	x			11	14.7	29.6	4.6	3.741	-	76	0.18
		Paja	-	Fibras 2.5cm (peso despreciable)															
50	50	Cola Blanca	5	Relacion en Peso	x			C	x			11	15.0	30.0	4.8	3.916	-	82	0.17
		Paja	-	Fibras 2.5cm (peso despreciable)															
50	50	Cola Blanca	5	Relacion en Peso	x			C	x			11	14.8	29.8	4.3	3.648	-	88	0.17
		Cabulla	-	Fibras 2.5cm (peso despreciable)															
50	50	Cola Blanca	5	Relacion en Peso	x			C	x			11	14.9	30.0	4.8	3.929	-	68	0.17
		Cabulla	-	Fibras 2.5cm (peso despreciable)															
50	50	Cemento	5	Relacion en Peso	x			C	x			11	14.8	30.0	4.7	3.902	-	82	0.17
		Paja	-	Fibras 2.5cm (peso despreciable)															
50	50	Cemento	5	Relacion en Peso	x			C	x			11	14.9	30.0	4.7	4.049	-	75	0.17
		Paja	-	Fibras 2.5cm (peso despreciable)															
50	50	Cemento	5	Relacion en Peso	x			C	x			11	14.9	30.0	4.9	4.061	-	82	0.17
		Cabulla	-	Fibras 2.5cm (peso despreciable)															
50	50	Cemento	5	Relacion en Peso	x			C	x			11	15.0	30.0	4.9	4.129	-	68	0.17
		Cabulla	-	Fibras 2.5cm (peso despreciable)															

DIMENSIONES MOLDE TIPO C 30 X 15 cm. CON ESPESOR VARIABLE

cuadro 2.2.3.3.1

2.2.3.4 FASE 3

Con los buenos resultados obtenidos en pruebas anteriores, se procedió a modificar únicamente la proporción de cemento, debido a que el incremento de cola blanca produce una mayor plasticidad y viscosidad en las mezclas, complicando así su proceso de prensado. El propósito de estas variaciones consiste en aumentar la resistencia y de esta manera reducir la sección de las muestras.

Durante esta etapa, se uso la cabuya debido a los buenos resultados obtenidos previamente, además, se creyó conveniente el uso de un tipo de fibra sintética que se emplea generalmente en hormigones, debido al incremento de la proporción de cemento en las muestras.

2.2.3.4.1 PROCESO DE PRODUCCIÓN

Para producir las muestras con proporción aproximada de 50% Arena – 50% Arcilla, se procedió a extraer el material del sitio, el cual posteriormente fue tamizado para conseguir un material uniforme y libre de impurezas.

Para producir las muestras se procedió a retirar la cantidad de tierra equivalente al porcentaje de estabilizador a incluirse. Debido a que el peso de la cabuya y de las fibras plásticas es despreciable, su incorporación fue de forma volumétrica en longitudes de 2.5 cm. y 5 cm. respectivamente, agregándolas de manera progresiva, para así evitar la agrupación de las mismas dentro de la mezcla.

Una vez conformadas las mezclas se procedió a verterlas dentro del molde propio de la prensa, en el cual previamente se colocó un líquido desmoldante (diesel) para evitar la adherencia de la mezcla al molde.

La cantidad de mezcla colocada corresponde al volumen calculado para la sección requerida, teniendo en consideración que la presión ejercida por la maquina reduce aproximadamente



Proceso de producción

1. Adición de cabuya a mezcla de tierra y cemento
 2. Fibras plásticas empleadas
 3. Muestras producidas
 4. Muestras durante el proceso de secado
- Grupo de tesis

un 40% del volumen total. Una vez prensadas las muestras, se las retira del molde, y se las coloca en un sitio destinado para su secado.

Las muestras con estabilizadores minerales, sintéticos y fibras tuvieron un tiempo aproximado de secado de 17 días* y posteriormente fueron sometidas a pruebas de flexión en un laboratorio con una prensa hidráulica digital, en donde Se obtuvieron los siguientes resultados:
(Ver cuadro 2.2.3.4.1 - pág. 73)

*El tiempo de secado de las muestras es relativamente menor al de un adobe tradicional, debido al cronograma de actividades planteado dentro de la tesis.

2.2.3.4.2 CONCLUSIONES

- Según los resultados obtenidos en pruebas de laboratorio se pudo observar que la resistencia final de las muestras es directamente proporcional a la cantidad de cemento contenido en las mismas, por lo tanto, a mayor cantidad de cemento, mayor resistencia. Siendo así que en muestras con 15% de cemento, la resistencia aumentó aproximadamente un 250% más, que muestras con 5% de cemento.
- Al igual que en pruebas anteriores, no existió una diferencia de resistencia y adherencia entre fibras naturales y sintéticas. Sin embargo, por motivos de accesibilidad y costos, la cabuya demostró ser la más adecuada para el desarrollo del panel.
- Durante su proceso de secado, las muestras al estar expuestas directamente al sol, presentaron un leve pandeo, debido a la acelerada contracción y dilatación de la arcilla contenida en las muestras.

CUADRO DE RESISTENCIAS																			
PROPORCIÓN %		MATERIAL SECUNDARIO	APLICACIÓN		TRABAJABILIDAD			TIPO DE MOLDE	DESMOLDADO			TIEMPO DE SECADO (días)	RETRACCIÓN			PESO (KG)	FUERZA (Kg.f.)		PROMEDIO FUERZA (Kg/cm²)
Arena	Arcilla		Proporción (%)	Descripción	Bueno	Medio	Mala		Facil	Medio	Difícil		Largo	Ancho	Espesor		Compresión	Flexión	
50	50	Cola Blanca	5	Relacion en Peso	x			C	x			17	15.0	30.0	2.8	2.116	-	27	0.17
		Cemento	5																
		Fibra Plastica	-	Fibras 2.5cm (peso despreciable)															
50	50	Cola Blanca	5	Relacion en Peso	x			C	x			17	15.0	30.0	2.8	2.070	-	41	
		Cemento	5																
		Fibra Plastica	-	Fibras 2.5cm (peso despreciable)															
50	50	Cola Blanca	5	Relacion en Peso	x			C	x			17	15.0	30.0	2.8	2.159	-	34	1.17
		Cemento	5																
		Cabulla	-	Fibras 2.5cm (peso despreciable)															
50	50	Cola Blanca	5	Relacion en Peso	x			C	x			17	15.0	30.0	2.8	2.109	-	34	
		Cemento	5																
		Cabulla	-	Fibras 2.5cm (peso despreciable)															
50	50	Cola Blanca	5	Relacion en Peso	x			C	x			17	15.0	30.0	2.5	2.074	-	65	2.17
		Cemento	10																
		Fibra Plastica	-	Fibras 2.5cm (peso despreciable)															
50	50	Cola Blanca	5	Relacion en Peso	x			C	x			17	15.0	30.0	3.0	2.224	-	65	
		Cemento	10																
		Fibra Plastica	-	Fibras 2.5cm (peso despreciable)															
50	50	Cola Blanca	5	Relacion en Peso	x			C	x			17	15.0	30.0	2.8	2.211	-	75	3.17
		Cemento	10																
		Cabulla	-	Fibras 2.5cm (peso despreciable)															
50	50	Cola Blanca	5	Relacion en Peso	x			C	x			17	15.0	30.0	3.0	2.177	-	71	
		Cemento	10																
		Cabulla	-	Fibras 2.5cm (peso despreciable)															
50	50	Cola Blanca	5	Relacion en Peso	x			C	x			17	15.0	30.0	2.8	2.243	-	82	4.17
		Cemento	15																
		Fibra Plastica	-	Fibras 2.5cm (peso despreciable)															
50	50	Cola Blanca	5	Relacion en Peso	x			C	x			17	15.0	30.0	2.8	2.181	-	65	
		Cemento	15																
		Fibra Plastica	-	Fibras 2.5cm (peso despreciable)															
50	50	Cola Blanca	5	Relacion en Peso	x			C	x			17	15.0	30.0	3.0	2.224	-	88	5.17
		Cemento	15																
		Cabulla	-	Fibras 2.5cm (peso despreciable)															
50	50	Cola Blanca	5	Relacion en Peso	x			C	x			17	15.0	30.0	3.0	2.221	-	88	
		Cemento	15																
		Cabulla	-	Fibras 2.5cm (peso despreciable)															

DIMENSIONES MOLDE TIPO C. 30 X 15 cm. CON ESPESOR VARIABLE

2.2.4 CONCLUSIONES GENERALES

- La proporción Arena-Arcilla influenciará en la resistencia final de las muestras, dependiendo del tipo de elaboración de las mismas. Cuando la producción es de forma tradicional el porcentaje recomendado es 75% Arena – 25% Arcilla, debido a que esta proporción alcanza un balance adecuado entre producción y resistencia. Cuando la producción es de forma mecánica (prensa), la resistencia final no se ve influenciada por esta proporción, debido a la alta densidad adquirida por el proceso de compactación, sin embargo, se debe tomar en cuenta que, mientras mayor sea el porcentaje de arena, mayor será el riesgo de disgregación de la muestra, y mientras mayor sea el porcentaje de arcilla, mayor será el riesgo de deformación de las mismas.
- El porcentaje de humedad y plasticidad de la mezcla se ve afectado por la cantidad de cemento incluido en la misma, por lo cual, es necesario controlar la proporción de agua a incluirse durante el proceso de elaboración, ya que de esto depende la resistencia final de las muestras. Para suelos con un nivel de humedad bajo se debe agregar aproximadamente un 4% de agua por cada 5% de cemento, y en tierras con nivel de humedad medio-bajo se debe agregar aproximadamente un 3% de agua por cada 5% de cemento.

capítulo 3

DISEÑO DEL PANEL PREFABRICADO

3.1 Prediseño del Panel Prefabricado

3.1 PREDISEÑO DEL PANEL PREFABRICADO

En base a la combinación de materiales, modos de producción, y pruebas de laboratorio obtenidas en el capítulo anterior, se determinaron los materiales y las proporciones con las cuales se procedió a realizar una mezcla base para el prediseño del panel.

MEZCLA BASE:

Está compuesta por los siguientes materiales:

- Tierra 80% (Arena 50% - Arcilla 50%)
- Cemento 15%
- Agua 13%
- Cola Blanca 5%
- Cabuya (peso despreciable, incorporación volumétrica)

3.1.1 TECNIFICACIÓN

Se modificaron las dimensiones del molde de la prensa hidráulica, con el objetivo de obtener un formato aproximado al de un panel prefabricado. Debido al tipo de prensa, el dimensionamiento máximo del molde alcanza los 30cm. de ancho por 50cm. de largo y una altura máxima de 20cm.

3.1.1.1 PROCESO DE PRODUCCIÓN

Como primer paso se determinó una sección que permita el cálculo del volumen de mezcla necesaria para producir un panel. El mismo que define la cantidad de materiales requeridos según los porcentajes indicados en la mezcla base.

Para producir las muestras se procedió a extraer la tierra del sitio, la cual posteriormente fue tamizada para conseguir un material uniforme y libre de impurezas. A esta se la colocó dentro de un recipiente plano, en donde se agregaron de manera progresiva los materiales estabilizadores.

Una vez conformada la mezcla se procedió a verterla dentro del molde propio de la prensa, en el cual previamente se colocó



Modificación de la prensa

1. Molde original de la prensa hidráulica
 2. Detalle de unión de las placas que conforman el molde
 3. Molde modificado
 4. Ejemplo de producción de una muestra
- Grupo de tesis



un líquido desmoldante (diesel) para evitar la adherencia de la mezcla al molde.

La cantidad de mezcla colocada corresponde al volumen calculado para la sección requerida, teniendo en consideración que la presión ejercida por la maquina reduce aproximadamente un 40% del volumen total. Una vez prensadas las muestras, se las retira del molde, y se las coloca en un sitio destinado para su secado.

Las muestras tuvieron un tiempo de secado de 9 días, para luego ser sometidas a pruebas de flexión en un laboratorio con una prensa hidráulica digital, en donde Se obtuvieron los siguientes resultados:

(Ver cuadro 3.1.1.1 - pág. 81)

3.1.1.2 CONCLUSIONES

- Durante el proceso de producción de los primeros paneles, se pudo observar que es posible incrementar el tamaño de las muestras de 15cm. x 30cm. a 30cm. x 50cm., y reducir su sección de 5cm a 3cm (aproximadamente), obteniendo la misma consolidación y homogeneidad del material, presentes en las muestras de la etapa anterior.
- Tras los 28 días de secado, se observo un pandeo de 1 a 3mm. Aproximadamente, debido a la contracción acelerada de la arcilla contenida en las muestras. Este efecto es más notorio, debido a que se incremento el tamaño y se redujo su sección.
- Además, durante las pruebas de laboratorio, se observo una reducción de resistencia a la prueba de flexión en un 54% debido a la esbeltez del panel, por lo que será conveniente la modificación de las proporciones de los estabilizadores empleados.

Extracción de material

1. Extracción y tamizado de la tierra
 2. Colocación del material en saquillos para su almacenamiento
- Grupo de tesis*

Proceso de producción

3. Mezclado del material para la producción de paneles
 4. Colocación de un líquido desmoldante previo a la producción de muestras
- Grupo de tesis*

CUADRO DE RESISTENCIAS																			
PROPORCIÓN %		MATERIAL SECUNDARIO	APLICACIÓN		TRABAJABILIDAD			TIPO DE MOLDE	DESMOLDADO			TIEMPO DE SECADO (días)	RETRACCIÓN			PESO (KG)	FUERZA (Kg.f.)		PROMEDIO FUERZA (Kg/cm²)
Arena	Arcilla		Proporción (%)	Descripción	Bueno	Medio	Mala		Facil	Medio	Dificil		Largo	Ancho	Espesor		Compresión	Flexión	
50	50	Cola Blanca	5	Relacion en Peso	x			D	x			9	50.0	30.0	2.7	7.374	-	41	0.02
		Cemento	15																
		Cabulla	-	Fibras 2.5cm (peso despreciable)															
50	50	Cola Blanca	5	Relacion en Peso	x			D	x			9	50.0	30.0	2.7	7.394	-	34	
		Cemento	15																
		Cabulla	-	Fibras 2.5cm (peso despreciable)															
50	50	Cola Blanca	5	Relacion en Peso	x			D	x			9	50.0	30.0	2.8	7.631	-	37	
		Cemento	15																
		Cabulla	-	Fibras 2.5cm (peso despreciable)															
DIMENSIONES MOLDE TIPO D 50 X 30 X 2.2 cm.																			

cuadro 3.1.1.1



3.1.2 MEJORAMIENTO DEL PREDISEÑO

Teniendo definidos tanto el formato del panel (50cm x 30cm y de sección variable), así como su proceso de producción (mezclado manual y prensado mecánico), lo que se busca en esta etapa es reducir la sección (de 3cm a 2cm), tratando de mantener la resistencia obtenida en pruebas anteriores, por lo que se vio necesario la variación de las proporciones de los estabilizadores empleados, procurando que estos no sobrepasen el 30% del volumen total de la mezcla.

3.1.2.1 PROPORCIONES

Las siguientes proporciones corresponden al mejoramiento de los siguientes aspectos:

- **RESISTENCIA**
 - Tierra (75%) + Cemento (20%) + Cola Blanca (5%)
 - Tierra (70%) + Cemento (20%) + Cola Blanca (10%)
 - Tierra (70%) + Cemento (25%) + Cola Blanca (5%)
- **PANDEO**
 - Tierra (70%) + Arena (5%) + Cemento (20%) + Cola Blanca (5%)
- **COHESIÓN**
 - Aumento en la cantidad de cabuya para todas las muestras

Las muestras producidas tuvieron un tiempo de secado de 9 días, para luego ser sometidas a pruebas de flexión en un laboratorio con una prensa hidráulica digital, en donde Se obtuvieron los siguientes resultados (ver cuadro 3.1.2.1 - pág. 84)

Producción de muestras

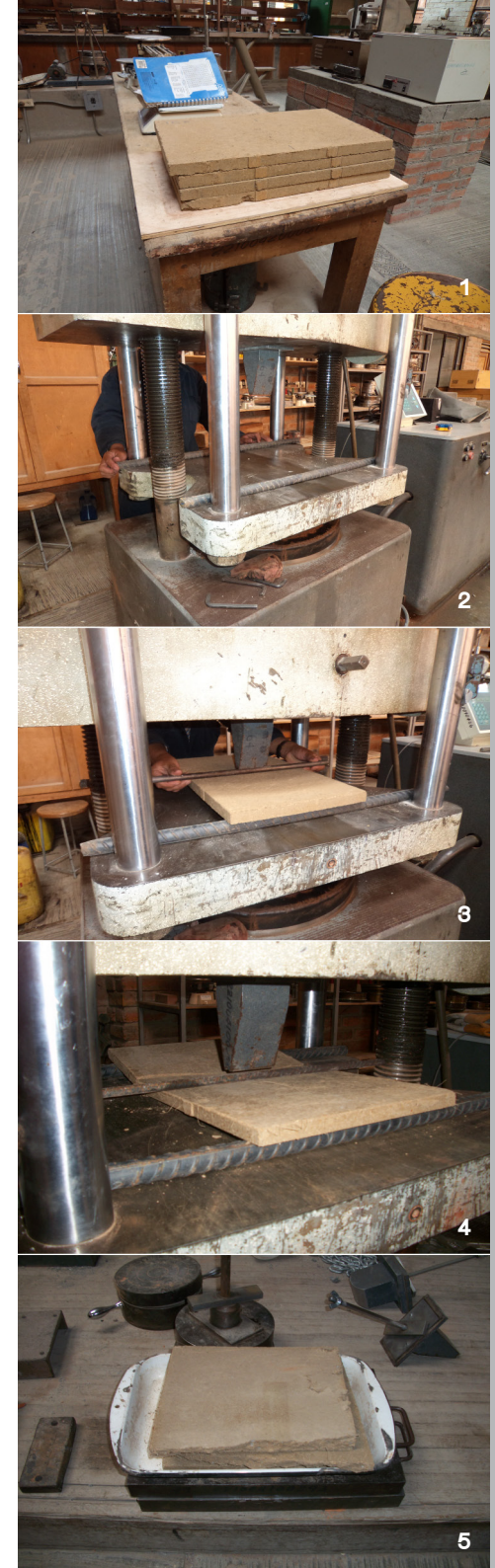
1. Prensa modificada y limpia previo a la producción de muestras
 2. Colocación y nivelación de la mezcla dentro del molde
 3. Muestra prensada saliendo del molde
 4. Retiro de la muestra de la prensa
 5. Muestras producidas durante el proceso de secado
- Grupo de tesis

3.1.2.2 CONCLUSIONES

- Según los resultados obtenidos en pruebas de laboratorio, se pudo observar que al incrementar la proporción del cemento, se logro mantener la resistencia a pruebas de flexión, conseguidas en la etapa anterior. Sin embargo la variación de resistencia entre muestras con proporciones de 20% y 25% no es considerable, por lo tanto, se procedió a usar un 20% de cemento, con el fin de reducir costos de producción.
- El aumento de cola blanca (10%), produce mas plasticidad y viscosidad en la mezcla, lo cual dificulta el proceso de mezclado y prensado de las muestras. Por estas razones la producción de los paneles fue deficiente, reflejándose en los resultados de pruebas de laboratorio, al no representar un mejoramiento en cuanto a resistencia.
- El uso de arena (5%) como estabilizante para evitar el pandeo, no demostró ser una solución al problema, debido a que este efecto (pandeo) se debe principalmente al proceso de secado de los paneles, ya que estos están expuestos directamente al sol. Por lo tanto se recomienda que el proceso de secado se lo realice en lugar cubierto.
- El aumento de la cantidad de cabuya, no modifica la resistencia del panel, sin embargo, contribuye con la unión del mismo cuando este fracasa.

Pruebas de laboratorio

1. Muestras en laboratorio
 2. Preparación de la prensa para la prueba de flexión
 3. Colocación de la muestra sobre la prensa
 4. Fracaso de la muestra (resistencia máxima)
 5. Estado final de la muestra
- Grupo de tesis



CUADRO DE RESISTENCIAS																					
PROPORCIÓN %		MATERIAL	APLICACIÓN		TRABAJABILIDAD			TIPO DE	DESMOLDADO			TIEMPO DE	RETRACCIÓN			PESO	FUERZA (Kg.f.)		PROMEDIO		
Arena	Arcilla	SECUNDARIO	Proporción (%)	Descripción	Bueno	Medio	Mala	MOLDE	Facil	Medio	Difícil	SECADO (días)	Largo	Ancho	Espesor	(KG)	Compresión	Flexión	FUERZA (Kg/cm²)		
50	50	Cola Blanca	10	Relacion en	x			D	x			9	50.0	30.0	2.0	5.319	-	24	0.02		
		Cemento	15	Peso																	
		Cabulla	Aumento del volumen	Fibras 2.5cm (peso despreciable)																	
50	50	Cola Blanca	10	Relacion en	x			D	x			9	50.0	30.0	2.2	5.432	-	24		0.02	
		Cemento	15	Peso																	
		Cabulla	Aumento del volumen	Fibras 2.5cm (peso despreciable)																	
50	50	Cola Blanca	10	Relacion en	x			D	x			9	50.0	30.0	2.0	5.322	-	22			0.02
		Cemento	15	Peso																	
		Cabulla	Aumento del volumen	Fibras 2.5cm (peso despreciable)																	
50	50	Cola Blanca	5	Relacion en	x			D	x			9	50.0	30.0	2.3	5.692	-	35	0.02		
		Cemento	25	Peso																	
		Cabulla	Aumento del volumen	Fibras 2.5cm (peso despreciable)																	
50	50	Cola Blanca	5	Relacion en	x			D	x			9	50.0	30.0	2.2	5.456	-	37		0.02	
		Cemento	25	Peso																	
		Cabulla	Aumento del volumen	Fibras 2.5cm (peso despreciable)																	
50	50	Cola Blanca	5	Relacion en	x			D	x			9	50.0	30.0	2.3	5.636	-	36			0.02
		Cemento	25	Peso																	
		Cabulla	Aumento del volumen	Fibras 2.5cm (peso despreciable)																	
50	50	Cola Blanca	5	Relacion en	x			D	x			9	50.0	30.0	2.8	7.541	-	34	0.02		
		Cemento	20	Peso																	
		Cabulla	Aumento del volumen	Fibras 2.5cm (peso despreciable)																	
50	50	Cola Blanca	5	Relacion en	x			D	x			9	50.0	30.0	2.8	7.496	-	37		0.02	
		Cemento	20	Peso																	
		Cabulla	Aumento del volumen	Fibras 2.5cm (peso despreciable)																	
50	50	Cola Blanca	5	Relacion en	x			D	x			9	50.0	30.0	2.7	7.354	-	35			0.02
		Cemento	20	Peso																	
		Cabulla	Aumento del volumen	Fibras 2.5cm (peso despreciable)																	
55	45	Cola Blanca	5	Relacion en	x			D	x			9	50.0	30.0	2.2	5.689	-	30	0.02		
		Cemento	15	Peso																	
		Cabulla	Aumento del volumen	Fibras 2.5cm (peso despreciable)																	
55	45	Cola Blanca	5	Relacion en	x			D	x			9	50.0	30.0	2.2	5.720	-	27		0.02	
		Cemento	15	Peso																	
		Cabulla	Aumento del volumen	Fibras 2.5cm (peso despreciable)																	
55	45	Cola Blanca	5	Relacion en	x			D	x			9	50.0	30.0	2.3	6.170	-	32			0.02
		Cemento	15	Peso																	
		Cabulla	Aumento del volumen	Fibras 2.5cm (peso despreciable)																	

DIMENSIONES MOLDE TIPO D 50 X 30 X 2.2 cm.

DIMENSIONES MOLDE TIPO D 50 X 30 X 2.2 cm.

cuadro 3.1.2.1

3.2 Diseño Del Panel Prefabricado

3.2 DISEÑO DEL PANEL PREFABRICADO

Tras todas las experimentaciones con materiales, dimensionamientos, procesos de producción y secado, así como resultados obtenidos en pruebas de laboratorio, el objetivo de esta etapa consiste en elaborar paneles que cuenten con un mayor control de dichos procesos, con el fin de optimizar el desarrollo del mismo.

3.2.1 MATERIA PRIMA

Los materiales a emplearse durante el desarrollo del panel deben cumplir con una serie de requisitos, que aseguren una calidad óptima, tanto en el proceso de producción, así como, en el desempeño durante y después de su instalación. Para cumplir estos requisitos es necesario contar con la descripción y especificación de cada uno de los materiales a emplearse:

3.2.1.1 TIERRA

“La tierra es producto de la erosión de las rocas en la corteza terrestre. La erosión ocurre fundamentalmente a través de la pulverización de las rocas provocada por movimientos glaciales, del agua y el viento, por la expansión y contracción térmica de las rocas o por la expansión del agua congelada en las grietas de las rocas. Adicionalmente los ácidos orgánicos existentes en las plantas, las reacciones químicas producidas por el agua y el oxígeno provocan también la erosión de las rocas. La composición y variedad de las propiedades de la tierra dependen del lugar donde se encuentran. Por ejemplo los suelos de montaña con alto contenido de grava son más apropiados para las técnicas de barro apisonado (previendo que contengan suficiente arcilla), los suelos en las laderas de los ríos por lo general son mas limosos y por lo tanto menos resistentes a las inclemencias del tiempo y a la compresión.

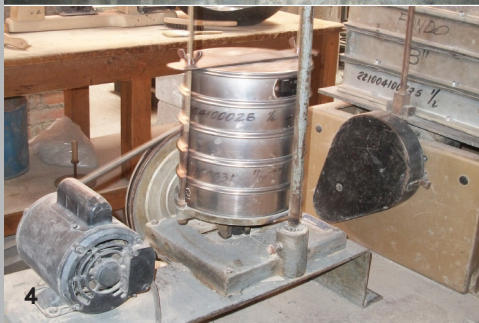
La tierra es una mezcla de arcilla, limo y arena que algunas veces contiene agregados mayores como grava y piedras. En Ingeniería sus partículas se definen dependiendo de su diámetro: partículas con diámetros menores a 0.002 mm se denominan

Materia prima - Tierra

Pruebas de laboratorio

1. Trituración de la tierra
 2. Obtención de material que pasa por el tamiz n° 40
 3. Prueba de límite plástico
 4. Prueba de límite líquido
- Grupo de tesis





arcilla, entre 0.002 y 0.06 mm limo, y entre 0.06 y 2 mm arena. Partículas mayores se denominan gravas y piedras.

La arcilla actúa como aglomerante para pegar las partículas mayores en la tierra como lo hace en el hormigón el cemento. Limo, arena y otros agregados constituyen rellenos en la tierra. Dependiendo de cual de estos tres componentes sea el predominante podemos hablar de un suelo arcilloso, limoso o arenoso.”¹

3.2.1.1 ESPECIFICACIÓN TÉCNICA

A la tierra utilizada se la denomina como limos o arcillas orgánicas de baja plasticidad (tierra tipo OL), la cual presenta un límite líquido (LL) del 41.29 %, un índice de plasticidad del 17.02%, en donde más del 30% de sus partículas son mayores al tamiz n° 200, las cuales contienen un porcentaje mayor de arena que de grava. Por lo tanto a este tipo de tierra también se la puede considerar como arcilla orgánica arenosa.

Para consultar los datos obtenidos en laboratorio sobre las pruebas de granulometría, límite líquido y límite plástico de la tierra, ver anexo 1 - pág. 171

3.2.1.2 CEMENTO

“El tipo de cemento más utilizado como aglomerante para la preparación del hormigón o concreto es el cemento portland, producto que se obtiene por la pulverización del Clinker portland con la adición de una o más formas de sulfato de calcio. Se admite la adición de otros productos siempre que su inclusión no afecte las propiedades del cemento resultante. Todos los productos adicionales deben ser pulverizados conjuntamente con el Clinker. Cuando el cemento portland es mezclado con el agua, se obtiene un producto de características plásticas con propiedades adherentes que solidifica en algunas horas y endurece progresivamente durante un período de varias semanas hasta adquirir su resistencia característica. El proceso de solidificación se debe a un proceso químico llamado Hidratación mineral.

1 Manual De Construcción En Tierra.
Minke, Gernot. Editorial Fin De Siglo.
2005. Pág. 49

Materia prima - Tierra

Pruebas de laboratorio

1. Disgregación manual de la tierra
 2. Lavado del material
 3. Secado del material disgregado
 4. Prueba de granulometría (tamizado)
- Grupo de tesis

Con el agregado de materiales particulares al cemento (calcáreo o cal) se obtiene el cemento plástico, que fragua más rápidamente y es más fácilmente trabajable." ¹

3.2.1.2.1 ESPECIFICACIÓN TÉCNICA

Basada en los requisitos técnicos para cemento y hormigón del Instituto Ecuatoriano de Normalización INEN:

- NTE INEN 152:2010
Cemento Portland. Requisitos.
(Anexo 2 - Pág. 172)

En caso de requerir mayor información técnica sobre el cemento, consultar las siguientes normas inen:

NTE INEN 151:2010
NTE INEN 490:2011
NTE INEN 2 380:2010



¹ es.wikipedia.org/wiki/Cemento
04, abril del 2012

Materia prima - cemento

1 - 2 - 3 cemento usado como
estabilizador en la producción de los
paneles
Grupo de tesis



3.2.1.3 COLA VINÍLICA O COLA BLANCA

“Es un adhesivo liquido blanco que al secarse forma una película flexible y transparente con un gran poder de adhesión. Producido a base de polímeros sintéticos emulsionados y aditivos que dan como resultado un adhesivo de excelente calidad. Puede ser mezclado con agregados pétreos para formar morteros de cemento, cal, yeso o texturizado, la mezcla adquiere una gran adherencia y resistencia a la abrasión.”¹

3.2.1.3.1 ESPECIFICACIÓN TÉCNICA

Base: Acetato de Polivinilo

Densidad: 1.00 +/- 0.05 gr/cc

Viscosidad: 2000 – 4000 cps

Color: Emulsión de color blanco y transparente al secarse

PH: 5-7

Sólidos: 14% +/- 2%

Olor: Característico

Temperatura de Aplicación: No aplicar a menos de 10° C

Grosor de Aplicación: Variable

Prueba Fungicida: Pasa

Forma de Aplicación: Manual o con maquina.

Resistencia Química: Buena

Limpieza del Aplicador: Agua Potable

Almacenaje recomendado: 6 meses

Soluble: Agua

¹ www.pgalo.com.mx - especificación
pgalo 300r (Pegamento Blanco)
04, abril del 2012

Materia prima - cola blanca

1 - 2 - 3 cola blanca usada como
estabilizador en la producción de los
paneles
Grupo de tesis

3.2.1.4 CABUYA

“Nombre científico: *furcraea andina*

Familia: Agaváceas

Nombres comunes: cabuya, maguey, cardón, fique

La cabuya es una planta típica de la yungas y vertientes occidentales andinas. Es una herbácea de hojas verdes largas y delgadas provistas de espinas en sus bordes. Sus hojas son carnosas, grandes y muy fibrosas. Se reproduce por renuevos que brotan del contorno de sus raíces.

De las fibras de cabuya se elaboran hilos, de sus hojas papel, de sus espinas agujas y el extracto jabonoso de sus hojas se utiliza como detergente.

En las sociedades prehispánicas fue utilizada para la manufactura de tejidos como redes, hondas y otros textiles.

También se utilizó en la cultura Nazca para elaborar calzados, cestería y para la construcción de puentes colgantes. La cabuya se la encuentra en países latinoamericanos como Perú, Ecuador, Bolivia y Argentina.”¹

3.2.1.4.1 ESPECIFICACIÓN

El material debe encontrarse seco, libre de impurezas y la dimensión de corte deberá oscilar entre 4 – 5 cm. Su almacenamiento debe ser en un lugar fresco.



¹ www.redtextilargentina.com.ar
04, abril del 2012

Materia prima - cabuya

1 - 2 - 3 cabuya usada como
estabilizador en la producción de los
paneles
Grupo de tesis

3.2.2 PRODUCCIÓN DE UN PANEL DE 50CM X 30CM X 2.2CM

Con cada uno de los materiales, proporciones y especificaciones antes mencionados, se procede a realizar una combinación de los mismos, que se desarrolla de la siguiente manera:

1. Colocación de 9.5 lb. de tierra dentro de un recipiente plano, el cual debe estar totalmente seco y libre de impurezas.
2. Incorporación progresiva de cabuya, efectuando movimientos circulares con una paleta metálica o herramienta plana, para evitar la agrupación de la fibras dentro de la tierra.
3. Incorporación de 2.7 lb. de cemento, manteniendo los movimiento circulares, hasta conseguir una mezcla homogénea libre de grumos.
4. Incorporación de 0.80 lts. (1.75 lb.) de agua con el fin de aumentar humedad y trabajabilidad a la mezcla, además de, iniciar el proceso de fraguado del cemento. Se debe continuar con los movimientos de mezclado, hasta obtener una mezcla libre de grumos.
5. Incorporación de 0.70 lb. de cola blanca , manteniendo los movimientos de mezclado, hasta obtener una mezcla uniforme.
6. Continuar con el proceso de mezclado, asegurando que no existan aglomeraciones de cabuya, cemento y cola blanca, para obtener una mezcla homogénea.
7. Colocación de la mezcla dentro del molde propio de la prensa, asegurando de expandir la mezcla a lo largo de todo el molde, cubriendo especialmente las aristas del mismo.
8. Inicio del proceso mecánico de prensado, el cual tarda alrededor de 10 segundos, sometiendo la mezcla a una presión de 40 a 50 Toneladas aproximadamente.
9. Concluido el trabajo de la maquina, el panel es elevado mecánicamente, para ser retirado manualmente y colocado sobre una superficie rígida, para finalmente ser trasladado a un lugar destinado para su secado.
10. En caso de ser necesario, se realizara una rectificación de los bordes del panel con ayuda de una herramienta metálica plana, para retirar el exceso de material generado durante el proceso de prensado.

Producción de un Panel de 50cm x 30cm x 2.2cm

Columna 1: mezclado

1. Colocación de 9.5 lb. De tierra
2. Incorporación de cabuya
3. Incorporación de 2.7 lb. De cemento
4. Incorporación de 0.80 lts. De agua
5. Incorporación de 0.70 lb. De cola blanca

Grupo de tesis

Columna 2: producción

6. Colocación de la mezcla dentro del molde propio de la prensa
7. Expansión de la muestra a lo largo de todo el molde
8. Estado de la mezcla previo al prensado
9. Inicio del prensado mecánico

Grupo de tesis

Columna 3: rectificación y marcado

10. retiro manual de la muestra sobre una superficie rígida
11. Rectificación de bordes
12. Marcado de la muestra para su identificación
13. Ejemplo de un panel prefabricado de tierra

Grupo de tesis



3.2.2.1 RECOMENDACIONES

- La incorporación del agua dependerá de la humedad contenida en la tierra, considerando que la cola blanca aumenta la humedad y plasticidad de la mezcla. La cual debe estar en estado semi-seco antes de realizar el proceso de prensado.
- Previo a la colocación de la mezcla dentro del molde, es necesario cubrir con un material desmoldante (diesel) todas las superficies que estarán en contacto con la misma, para facilitar la extracción del panel luego del proceso de prensado.
- Al momento de retirar el panel de la prensa, realizarlo con cuidado para evitar daños, principalmente en las aristas.
- Para evitar deformaciones del panel durante el proceso de secado, es preferible realizarlo en un lugar cubierto, con temperatura y ventilación estable.

3.2.3 ENSAYOS

En esta etapa se sometió al panel a distintas pruebas, las cuales se clasifican en:

- Pruebas de laboratorio: Compresión, Flexión y Absorción-Resistencia.
- Pruebas de Campo: Corte, Perforación y Agentes Externos (Intemperie).

3.2.3.1 PRUEBAS DE LABORATORIO

• 3.2.3.1.1 PRUEBA DE COMPRESIÓN

Previo a realizar la prueba, se verifican las dimensiones y el peso de cada panel que será sometido a este ensayo. Una vez realizados estos pasos, se prepara la prensa y se coloca el panel de forma vertical, apoyado sobre la sección menor a lo largo de la longitud mayor, procurando que la muestra este perpendicular a la base de la prensa. Se obtuvieron los siguientes resultados (ver cuadro 3.2.3.1.1 - pág. 98)

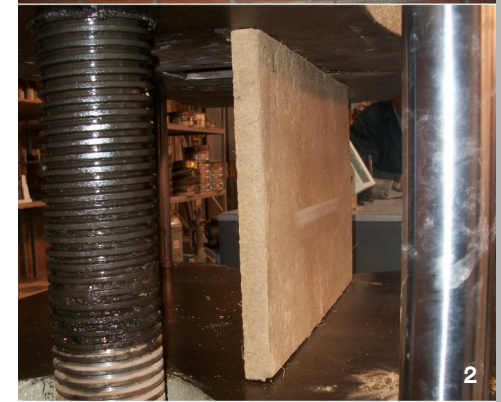
• 3.2.3.1.2 PRUEBA DE FLEXIÓN

Previo a realizar la prueba, se verifican las dimensiones, el peso y se marca el centro de cada panel que será sometido a este ensayo. Una vez realizados estos pasos, se prepara la prensa colocando un accesorio para realizar pruebas de cargas puntuales y unos apoyos laterales, sobre los que se colocan las muestras. Se debe procurar que el centro de las mismas coincida con el eje del puntal. Para realizar la prueba se usa una varilla liza, la cual reparte uniformemente la carga aplicada a lo largo de toda la muestra.

Se obtuvieron los siguientes resultados (ver cuadro 3.2.3.1.2 - pág. 99)

• 3.2.3.1.3 PRUEBA DE ABSORCIÓN-RESISTENCIA

Previo a realizar la prueba, se verifican las dimensiones y el peso de cada panel con 28 días de secado, para posteriormente ser sumergidos completamente en un recipiente lleno de agua, asegurando que todas las caras del mismo estén en contacto



Prueba de compresión

1. Muestras secas
 2. Muestra colocada sobre prensa hidráulica
 3. Fracaso de la muestra (resistencia máxima)
 4. Estado final de la muestra
- Grupo de tesis



1



2



3



4

con el agua. Para realizar las pruebas de resistencia (compresión y flexión) se retira el panel del agua y se verifican nuevamente las dimensiones y el peso del mismo. Se realizan las pruebas de resistencia siguiendo los métodos antes descritos. Se obtuvieron los siguientes resultados (ver cuadro 3.2.3.1.3 - pág. 100)

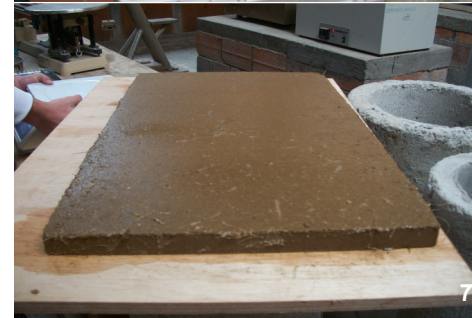
3.2.3.1.4 CONCLUSIONES

- En base a los resultados obtenidos en las pruebas de compresión, se pudo observar que a las 7 días de secado, el panel adquiere el 80% de su resistencia final, alcanzando su máxima resistencia a los 28 días de secado aproximadamente. Por lo tanto, es recomendable su aplicación en obra a los 15 días de secado.
- Con respecto a las pruebas de flexión, se pudo observar que el incremento de resistencia es mínimo después de transcurridos los 7 días de secado.
- Con respecto a la prueba de absorción-resistencia, se pudo observar que a los 7 días de estar sumergido, el panel absorbe 0.85 kg. de agua, saturándose casi en su totalidad, ya que a los 14 y 28 días de estar sumergido, absorbe 0.93 kg. Aproximadamente.

Al estar en contacto directo con el agua, las partículas de arcilla absorben humedad, lo cual provoca el incremento de la sección del panel en 1 mm. Aproximadamente, además, reduce la resistencia en un 70% aproximadamente.

Prueba de flexión

1. Muestra colocada en prensa hidráulica
 2. Muestra durante la prueba
 3. Fracaso de la muestra (resistencia máxima)
 4. Estado final de la muestra
- Grupo de tesis



Prueba de absorción-resistencia

Columna 1: inmersión de muestras 1 - 2 - 3 - 4 - 5 proceso de inmersión de las muestras en un embase con agua
Grupo de tesis

Columna 2: muestra sumergida 7 días
6. Retiro de la muestra del embase
7. Muestra saturada de agua
8. Muestra durante la prueba de flexión
9. Muestra durante la prueba de compresión
10. Estado final de las muestras
Grupo de tesis

Columna 3: muestra sumergida 28 días
11. Retiro de la muestra del embase
12. Muestra saturada de agua
13. Muestra durante la prueba de flexión
14. Muestra durante la prueba de compresión
15. Estado final de la muestra
Grupo de tesis

CUADRO DE RESISTENCIAS																			
PROPORCIÓN %		MATERIAL SECUNDARIO	APLICACIÓN		TRABAJABILIDAD			TIPO DE MOLDE	DESMOLDADO			TIEMPO DE SECADO (días)	RETRACCIÓN			PESO (KG)	FUERZA (Kg.f.)		PROMEDIO FUERZA (Kg/cm²)
Arena	Arcilla		Proporción (%)	Descripción	Bueno	Medio	Mala		Facil	Medio	Difícil		Largo	Ancho	Espesor		Compresión	Flexión	
50	50	Cola Blanca	5	Relacion en Peso	x			D	x		7	50.0	30.0	2.2	5.847	6125	-	54.88	
		Cemento	20																
		Cabulla	Aumento del volumen	Fibras 2.5cm (peso despreciable)															
50	50	Cola Blanca	5	Relacion en Peso	x			D	x		7	50.0	30.0	2,2	5.769	5995	-	54.88	
		Cemento	20																
		Cabulla	Aumento del volumen	Fibras 2.5cm (peso despreciable)															
50	50	Cola Blanca	5	Relacion en Peso	x			D	x		7	50.0	30.0	2,2	5.899	5990	-	54.88	
		Cemento	20																
		Cabulla	Aumento del volumen	Fibras 2.5cm (peso despreciable)															
50	50	Cola Blanca	5	Relacion en Peso	x			D	x		14	50.0	30.0	2.2	5.845	7243	-	65.67	
		Cemento	20																
		Cabulla	Aumento del volumen	Fibras 2.5cm (peso despreciable)															
50	50	Cola Blanca	5	Relacion en Peso	x			D	x		14	50.0	30.0	2.2	5.798	7125	-	65.67	
		Cemento	20																
		Cabulla	Aumento del volumen	Fibras 2.5cm (peso despreciable)															
50	50	Cola Blanca	5	Relacion en Peso	x			D	x		14	50.0	30.0	2.2	5.867	7304	-	65.67	
		Cemento	20																
		Cabulla	Aumento del volumen	Fibras 2.5cm (peso despreciable)															
50	50	Cola Blanca	5	Relacion en Peso	x			D	x		28	50.0	30.0	2.2	5.947	7460	-	68.08	
		Cemento	20																
		Cabulla	Aumento del volumen	Fibras 2.5cm (peso despreciable)															
50	50	Cola Blanca	5	Relacion en Peso	x			D	x		28	50.0	30.0	2.2	5.798	7509	-	68.08	
		Cemento	20																
		Cabulla	Aumento del volumen	Fibras 2.5cm (peso despreciable)															
50	50	Cola Blanca	5	Relacion en Peso	x			D	x		28	50.0	30.0	2.2	5.856	7497	-	68.08	
		Cemento	20																
		Cabulla	Aumento del volumen	Fibras 2.5cm (peso despreciable)															
DIMENSIONES MOLDE TIPO D 50 X 30 X 2.2 cm.																			

cuadro 3.2.3.1.1

CUADRO DE RESISTENCIAS																			
PROPORCIÓN %		MATERIAL SECUNDARIO	APLICACIÓN		TRABAJABILIDAD			TIPO DE MOLDE	DESMOLDADO			TIEMPO DE SECADO (días)	RETRACCIÓN			PESO (KG)	FUERZA (Kg.f.)		PROMEDIO FUERZA (Kg/cm²)
Arena	Arcilla		Proporción (%)	Descripción	Bueno	Medio	Mala		Facil	Medio	Difícil		Largo	Ancho	Espesor		Compresión	Flexión	
50	50	Cola Blanca	5	Relacion en Peso	x			D	x		7	50.0	30.0	2.5	5.970	-	24	0.02	
		Cemento	20																
		Cabulla	Aumento del volumen	Fibras 2.5cm (peso despreciable)															
50	50	Cola Blanca	5	Relacion en Peso	x			D	x		7	50.0	30.0	2.2	5.937	-	24		
		Cemento	20																
		Cabulla	Aumento del volumen	Fibras 2.5cm (peso despreciable)															
50	50	Cola Blanca	5	Relacion en Peso	x			D	x		7	50.0	30.0	2.2	5.929	-	22		
		Cemento	20																
		Cabulla	Aumento del volumen	Fibras 2.5cm (peso despreciable)															
50	50	Cola Blanca	5	Relacion en Peso	x			D	x		14	50.0	30.0	2.5	5.725	-	35		
		Cemento	20																
		Cabulla	Aumento del volumen	Fibras 2.5cm (peso despreciable)															
50	50	Cola Blanca	5	Relacion en Peso	x			D	x		14	50.0	30.0	2.1	5.294	-	37		
		Cemento	20																
		Cabulla	Aumento del volumen	Fibras 2.5cm (peso despreciable)															
50	50	Cola Blanca	5	Relacion en Peso	x			D	x		14	50.0	30.0	2.3	5.853	-	36		
		Cemento	20																
		Cabulla	Aumento del volumen	Fibras 2.5cm (peso despreciable)															
50	50	Cola Blanca	5	Relacion en Peso	x			D	x		28	50.0	30.0	2.2	5.958	-	34		
		Cemento	20																
		Cabulla	Aumento del volumen	Fibras 2.5cm (peso despreciable)															
50	50	Cola Blanca	5	Relacion en Peso	x			D	x		28	50.0	30.0	2.1	5.796	-	37		
		Cemento	20																
		Cabulla	Aumento del volumen	Fibras 2.5cm (peso despreciable)															
50	50	Cola Blanca	5	Relacion en Peso	x			D	x		28	50.0	30.0	2.1	5.929	-	35		
		Cemento	20																
		Cabulla	Aumento del volumen	Fibras 2.5cm (peso despreciable)															
DIMENSIONES MOLDE TIPO D 50 X 30 X 2.2 cm.																			

cuadro 3.2.3.1.2

CUADRO DE RESISTENCIAS																								
PROPORCIÓN %		MATERIAL SECUNDARIO	APLICACIÓN		TRABAJABILIDAD			TIPO DE MOLDE	DESMOLDADO			TIEMPO DE SECADO (días)	RETRACCIONSIÓN			PESO (KG)	FUERZA (Kg.f.)		PROMEDIO CO. FUERZA (Kg/cm²)	PROMEDIO FLE. FUERZA (Kg/cm²)				
Arena	Arcilla		Proporción (%)	Descripción	Bueno	Medio	Mala		Facil	Medio	Difícil		Largo	Ancho	Espesor		Compresión	Flexión						
50	50	Cola Blanca	5	Relacion en Peso	x			D	x			7	50.0	30.0	2.3	6.672	1567	10	15.64	0.01				
		Cemento	20																					
		Cabulla	Aumento del volumen	Fibras 2.5cm (peso despreciable)																				
50	50	Cola Blanca	5	Relacion en Peso	x			D	x			14	50.0	30.0	2.3	6.742	1747	7			15.64	0.01		
		Cemento	20																					
		Cabulla	Aumento del volumen	Fibras 2.5cm (peso despreciable)																				
50	50	Cola Blanca	5	Relacion en Peso	x			D	x			28	50.0	30.0	2.3	6.774	1846	7					15.64	0.01
		Cemento	20																					
		Cabulla	Aumento del volumen	Fibras 2.5cm (peso despreciable)																				
DIMENSIONES MOLDE TIPO D 50 X 30 X 2.2 cm.																								

cuadro 3.2.3.1.3

3.2.3.2 PRUEBAS DE CAMPO

Con el objetivo de poner a prueba el panel ante las posibles acciones que se presentan al momento de instalación en obra, se realizaron las siguientes pruebas:

• 3.2.3.2.1 PRUEBA DE CORTE

Para realizar esta prueba se uso una herramienta manual y otra eléctrica, con el objetivo de comparar la reacción del panel ante dichas herramientas, en relación a la facilidad de corte y a los daños provocados.

- **Sierra de mano:** Esta presento mayores dificultades al momento de realizar un corte, debido a la densidad del panel, por esta razón existió una mayor disgregación del material al momento de efectuar el mismo.

- **Amoladora:** Esta presento menor disgregación y mayor facilidad al momento de realizar el corte, debido a la precisión y rapidez con la que trabaja esta herramienta.

• 3.2.3.2.2 PRUEBA DE PERFORACIÓN

Para realizar esta prueba se empleo un taladro, brocas para cemento de 3/16" y 5/16" , brocas de aspa de 7/16" y 3/8", y un sacabocados 2", con el objetivo de comprobar la versatilidad del panel, al momento de realizar perforaciones de distintos diámetros, los cuales son requeridos para anclar el mismo, así como para el paso de instalaciones.

• 3.2.3.2.3 PRUEBA DE AGENTES EXTERNOS (INTEMPERIE)

Para realizar esta prueba se usaron 3 muestras, las cuales, fueron colocadas en distintos puntos de la ciudad de Cuenca, con el objetivo de exponerlos a los distintos microclimas que se pueden presentar dentro de la ciudad. Para esta prueba se consideraron: Lluvia, Viento, Sol (Rayos UV) y Humedad.

Se llevo acabo un control fotográfico semanal, con el objetivo de observar los posibles cambios que se pueden presentar en las muestras con respecto a: disgregación (erosión), deformación, decoloración, etc.

Pruebas de corte

1. Determinación de guía para el corte
 2. Corte con sierra manual
 3. Corte con amoladora
 4. Estado final de la muestra
- Grupo de tesis



1

2

3

4



1



2



3



4



5



6



7



8



9



10



11



12

Pruebas de corte y perforación

Columna 1: posibilidades de corte

1. Corte de esquinas (chaflán)
 2. Estado de la muestra luego del corte
 3. Cortes interiores
 4. Corte superficial
- Grupo de tesis

Columna 2: perforaciones

- 5 - 6 perforación superficial con broca de paleta de 7/16"
 - 7 - 8 perforación con brocas de 5/16"
- Grupo de tesis

Columna 3: perforaciones

- 9 - 10 perforación con saca bocados de 2"
 - 11 - 12 estado final de la muestra
- Grupo de tesis



Prueba de agentes externos

Columna 1: muestra en sector racar
1 - 2 - 3 - 4 - 5 proceso de afección del medio ambiente sobre la muestra en un lapso de 3 meses
Grupo de tesis

Columna 2: muestra en sector puertas del sol
1 - 2 - 3 - 4 - 5 proceso de afección del medio ambiente sobre la muestra en un lapso de 3 meses
Grupo de tesis

Columna 3: muestra en sector monay - bahuanchi
1 - 2 - 3 - 4 - 5 proceso de afección del medio ambiente sobre la muestra en un lapso de 3 meses
Grupo de tesis

3.2.3.2.4 CONCLUSIONES

- Durante las pruebas de corte, se pudo observar que la cierra eléctrica es la más apropiada para modificar las dimensiones del panel, debido a que realiza un corte ágil y preciso. Además, esta herramienta produce daños mínimos al panel, al momento de efectuar el corte.
- Durante las pruebas de Perforación, se pudo observar que, en la superficie en la cual se introduce la herramienta empleada, no se producen trizaduras ni disgregación de material, sin embargo, el panel sufre una pequeña disgregación en la superficie opuesta.
- Durante la prueba de Agentes Externos (Intemperie), se pudo observar que por efecto de la lluvia se presenta un pequeño lavado de la capa superficial del panel, la cual está compuesta por partículas de material que se desprenden durante el proceso de secado. Al estar expuestas directamente al medio ambiente, las muestras presentaron una deformación máxima de 1mm., debido a que la contracción y dilatación de las partículas de arcilla se realiza de manera progresiva. Este proceso depende de la cantidad de humedad que gana o pierde el panel.

Los paneles no presentaron disgregación (erosión) del material, debido al alto nivel de compactación adquirido durante el proceso de fabricación, formando una superficie densa y homogénea que evita la acumulación de agua en el mismo. La superficie del panel que se encuentra expuesta directamente al sol, presenta una leve decoloración, efecto que se observa generalmente en los distintos sistemas constructivos en tierra.

El cemento contenido en la mezcla, al momento de fraguar puede producir una ligera capa de polvo blanco, debido a la evaporación del agua contenida en el panel, efecto comúnmente denominado exudación. La presencia de este polvo dependerá del grado de humedad contenida en el ambiente donde se encuentre el panel.

capÍTULO 4

aplicaciones

4.1 usos e instalación DEL PANEL PREFABRICADO

Una vez finalizado el proceso de diseño del panel, en donde se definieron materiales, proporciones y dimensiones, es conveniente definir los distintos usos que se le puede dar al mismo, además, se determinará su forma de instalación, tipos de acabados y forma de mantenimiento.

4.1 USOS E INSTALACIÓN DEL PANEL PREFABRICADO

Una de las principales características de los sistemas prefabricados es el uso de una estructura rígida que sirve como soporte para cada uno de los elementos que conforman un tabique o cielo raso. Debido a la gran versatilidad y facilidad con la que se pueden efectuar cortes y perforaciones al panel, es posible usarlo para la conformación de este tipo de elementos, sin embargo, se debe tener en cuenta que la estructura a la cual se anclan los paneles deberá contar con la resistencia suficiente para soportar los mismos, considerando que el peso de los paneles por m² es de 38.66 Kg. (5.8 Kg. c/u)

4.1.2 MÉTODO DE INSTALACIÓN DEL PANEL PREFABRICADO

Para la conformación de un tabique o un cielo raso, se debe contar con las siguientes herramientas y materiales, los cuales son necesarios para realizar el anclaje del panel a una estructura:

4.1.2.1 HERRAMIENTAS

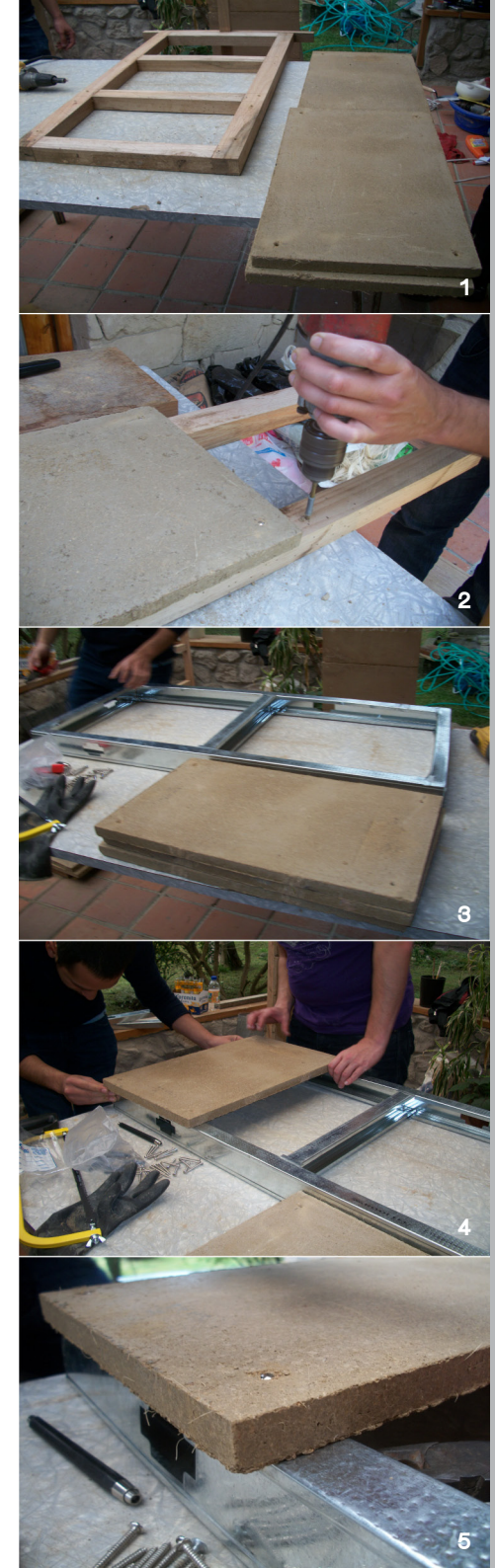
- Para realizar marcas o trazados se debe usar un flexómetro y un lapicero.
- Para realizar cortes y perforaciones es necesario contar con una amoladora con disco para concreto, un taladro de velocidades, brocas para concreto de 5/16", y broca de paleta de 7/16".

4.1.2.2 MATERIALES

- Panel prefabricado de tierra de 50 cm. x 30 cm. x 2.2 cm.
- Tornillos de 5/16" x 1 1/2"
- Taco Fisher para tornillo de 5/16" x 1 1/2"

Usos e Instalación

1 - 2 Instalación sobre estructura de madera
3 - 4 - 5 Instalación sobre estructura metálica
Grupo de tesis





1



2



3



4

4.1.2.3 PROCESO DE INSTALACIÓN DEL PANEL PREFABRICADO

Para efectuar una instalación adecuada, se recomienda seguir los siguientes pasos:

1. Una vez conformada la estructura de soporte, ya sea de madera, metal o un muro sólido, se debe determinar las caras de los paneles que vayan a quedar expuestas, además, se deberá escoger la orientación del mismo (horizontal o vertical).
2. Determinar los puntos en el panel donde se realizarán las perforaciones para su posterior anclaje, considerando que, la separación mínima desde el borde del panel será de 3 cm.
3. En caso de requerir un acabado donde el anclaje no se observe, es necesario realizar una perforación previa con una broca de paleta (broca mariposa) para crear una pequeña cavidad, en donde quepa la cabeza del perno o tornillo.
4. Para realizar las perforaciones, el panel debe estar situado sobre una superficie rígida y estable, para minimizar la disgregación del material al momento de realizar la perforación.
5. Una vez asentado y alineado el panel sobre la estructura, se procede a sujetar el mismo mediante el uso de tornillos o pernos, usando un taladro que permita regular la velocidad con la que los elementos se ajustan a la estructura. En caso de instalar el panel sobre un muro sólido, es necesario colocar un sistema de sujeción, que garantice la unión del tornillo o perno al muro.

Proceso de instalación

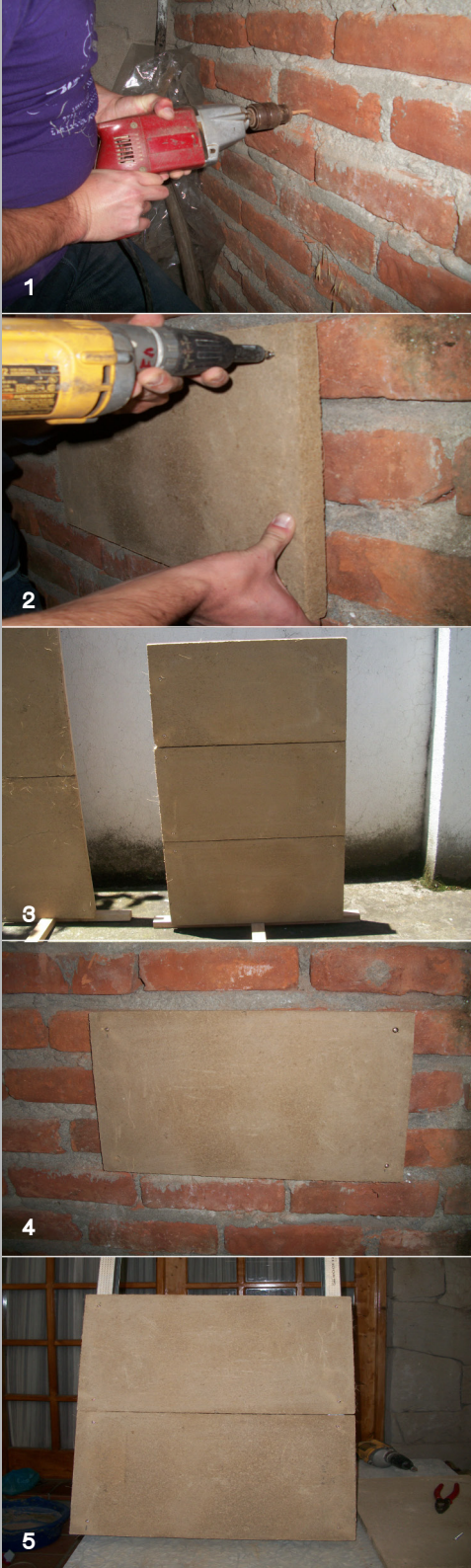
1. Paneles prefabricados secos
 2. Estructura de soporte (madera)
 3. Determinación de puntos para realizar perforaciones
 4. Inicio de las perforaciones
- Grupo de tesis*



Proceso de instalación

1. Panel perforado en sus 4 esquinas
2. Colocación y alineación del panel sobre la estructura
- 3 - 4 ajuste del panel a la estructura
5. Visualización del anclaje
- 6 - 7 - 8 ajuste de un segundo panel a la estructura
9. Visualización de paneles colocados de forma vertical
10. Visualización de paneles colocados de forma horizontal

Grupo de tesis



4.1.2.4 RECOMENDACIONES:

- Al realizar perforaciones en el panel cuya separación del borde sea menor a 3 cm., Incrementa las posibilidades de que se produzcan fisuras o trizaduras, debilitando la resistencia del mismo, lo que podría provocar su fracaso durante el proceso de instalación. Este fenómeno es mas común cuando la perforación está ubicada en una esquina del panel.
- Para darle mayor estabilidad al panel, es conveniente que este se encuentre anclado en sus 4 esquinas, para así distribuir el peso del panel uniformemente a la estructura.
- Se pueden realizar 2 tipos de perforaciones:
Perforación de panel y estructura al mismo tiempo, optimizando el tiempo de instalación.

Perforación de panel y estructura por separado, para garantizar la calidad del acabado.

- Es recomendable usar tornillos o pernos cuya cabeza sea plana en la superficie que está en contacto con el panel, debido a que los tornillos o pernos con cabeza de forma cónica tienden a expandir el material al momento de ser ajustados a la estructura, provocando fisuras o trizaduras en el mismo.

Usos e Instalación

1 - 2 Instalación sobre muro sólido
3. Muestras instaladas sobre estructura de madera
4. Muestra instalada sobre muro sólido
5. Muestras instaladas sobre estructura metálica
Grupo de tesis

4.2 Detalles CONSTRUCTIVOS

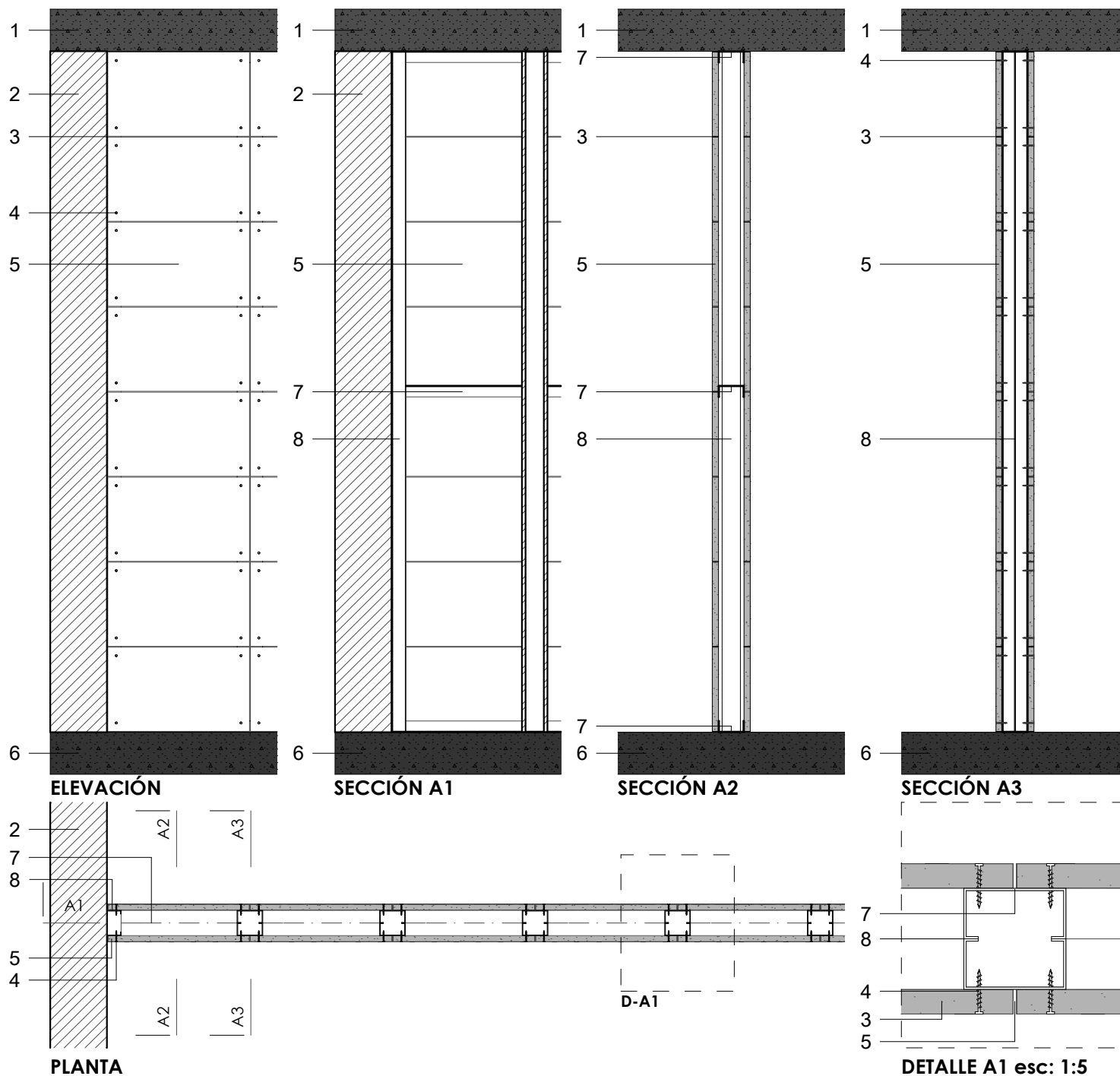
4.2 DETALLES CONSTRUCTIVOS

Para comprender los distintos tipos de encuentros que se pueden generar al momento de usar el panel en obra, es necesario detallar de una manera técnica cada uno de los elementos que intervienen en la instalación del mismo, como son: Anclajes (Estructura de madera, metal y muros sólidos), juntas, encuentros con elementos arquitectónicos (pisos, puertas, ventanas, cielo rasos, losas, aleros y remates).

Se debe considerar que cada proyecto arquitectónico tiene características únicas, por lo cual es necesario un estudio previo que optimice el uso y aplicación del panel en el mismo.

4.2.1 ÍNDICE DE DETALLES CONSTRUCTIVOS

Detalle	Página	Detalle	Página
Detalle a ESTRUCTURA METÁLICA - PANEL HORIZONTAL	116 - 117	Detalle k ESTRUCTURA MADERA - PANEL VERTICAL	132 - 133
Detalle b ESTRUCTURA METÁLICA - PANEL VERTICAL	118 - 119	Detalle l ESTRUCTURA MADERA - ESQUINA	134 - 135
Detalle c MAMPOSTERÍA - PANEL HORIZONTAL	120 - 121	Detalle m ESTRUCTURA MADERA - PUERTA	136 - 137
Detalle d ESTRUCTURA METÁLICA - ENCUENTRO T	122	Detalle n ESTRUCTURA MADERA - VENTANA	138 - 139
Detalle e ESTRUCTURA METÁLICA - ENCUENTRO T	123	Detalle o CIELO RASO - MAMPOSTERÍA	140 - 141
Detalle f ESTRUCTURA METÁLICA - ENCUENTRO L	124	Detalle p CIELO RASO - ESTRUCTURA METÁLICA	142 - 143
Detalle g ESTRUCTURA METÁLICA - ENCUENTRO L	125	Detalle q GOTERON - MAMPOSTERÍA	144 - 145
Detalle h ESTRUCTURA METÁLICA - PUERTA	126 - 127	Detalle r GOTERON - ESTRUCTURA METÁLICA	146 - 147
Detalle i ESTRUCTURA METÁLICA - VENTANA	128 - 129	Detalle s ALERO - MAMPOSTERÍA	148 - 149
Detalle j ESTRUCTURA MADERA - PANEL HORIZONTAL	130 - 131	Detalle t ALERO - ESTRUCTURA METÁLICA	150 - 151



DETALLE A esc:1:20

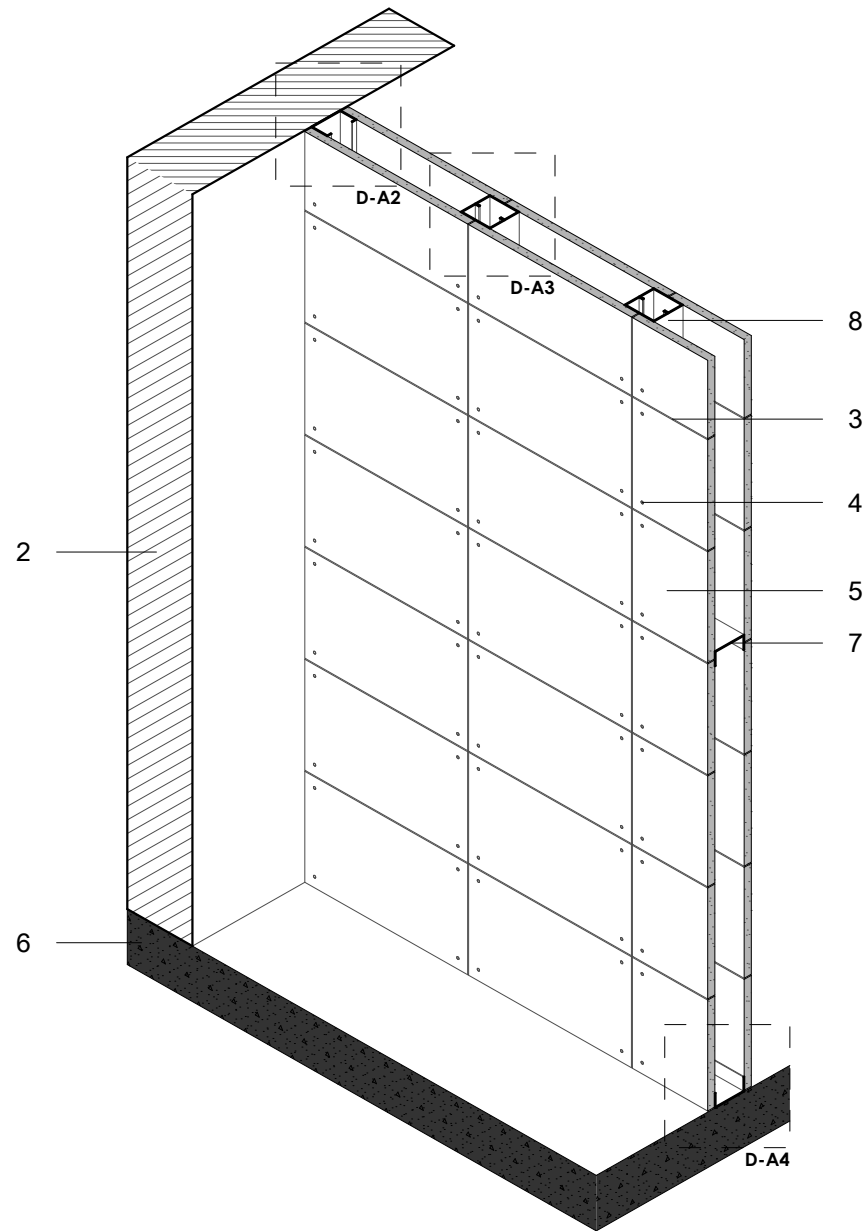
ESTRUCTURA METÁLICA - PANEL
HORIZONTAL

LEYENDA

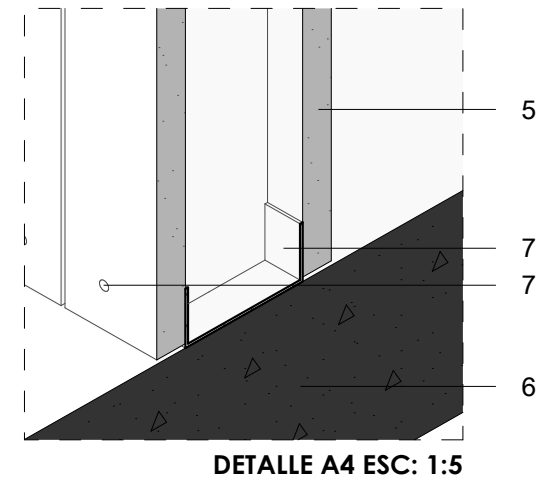
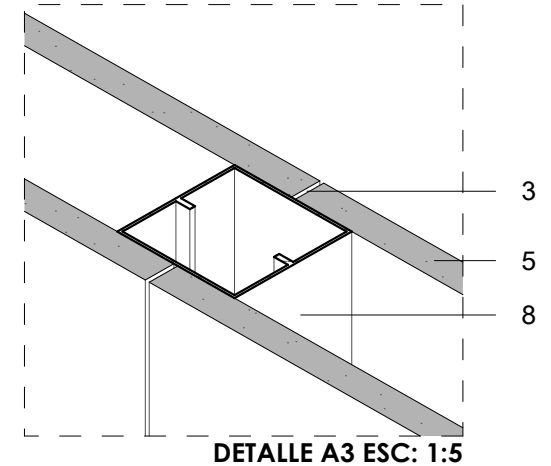
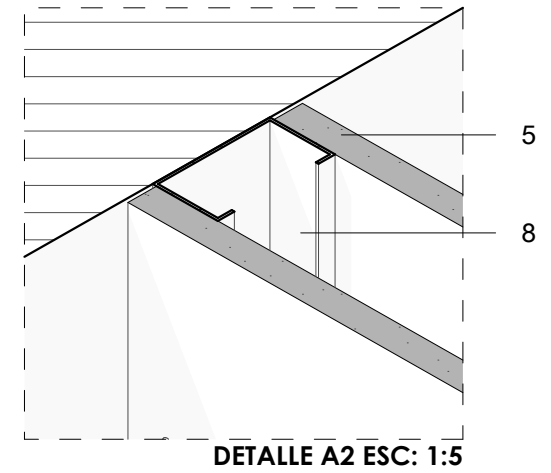
1. LOSA DE CUBIERTA
2. MAMPOSTERÍA
3. JUNTA 3mm.
4. TORNILLO 5/16" x 1 1/2"
5. PANEL PREFABRICADO DE TIERRA 50cm. x 30cm. x 2,2cm.
6. LOSA DE PISO
7. (CANAL) PERFIL METÁLICO "C" 40mm. x 90mm. e=2mm.
8. (PARANTE) PERFIL METÁLICO "G" 45mm. x 90mm. e=2mm.

DETALLE A esc:1:20

ESTRUCTURA METÁLICA - PANEL
HORIZONTAL

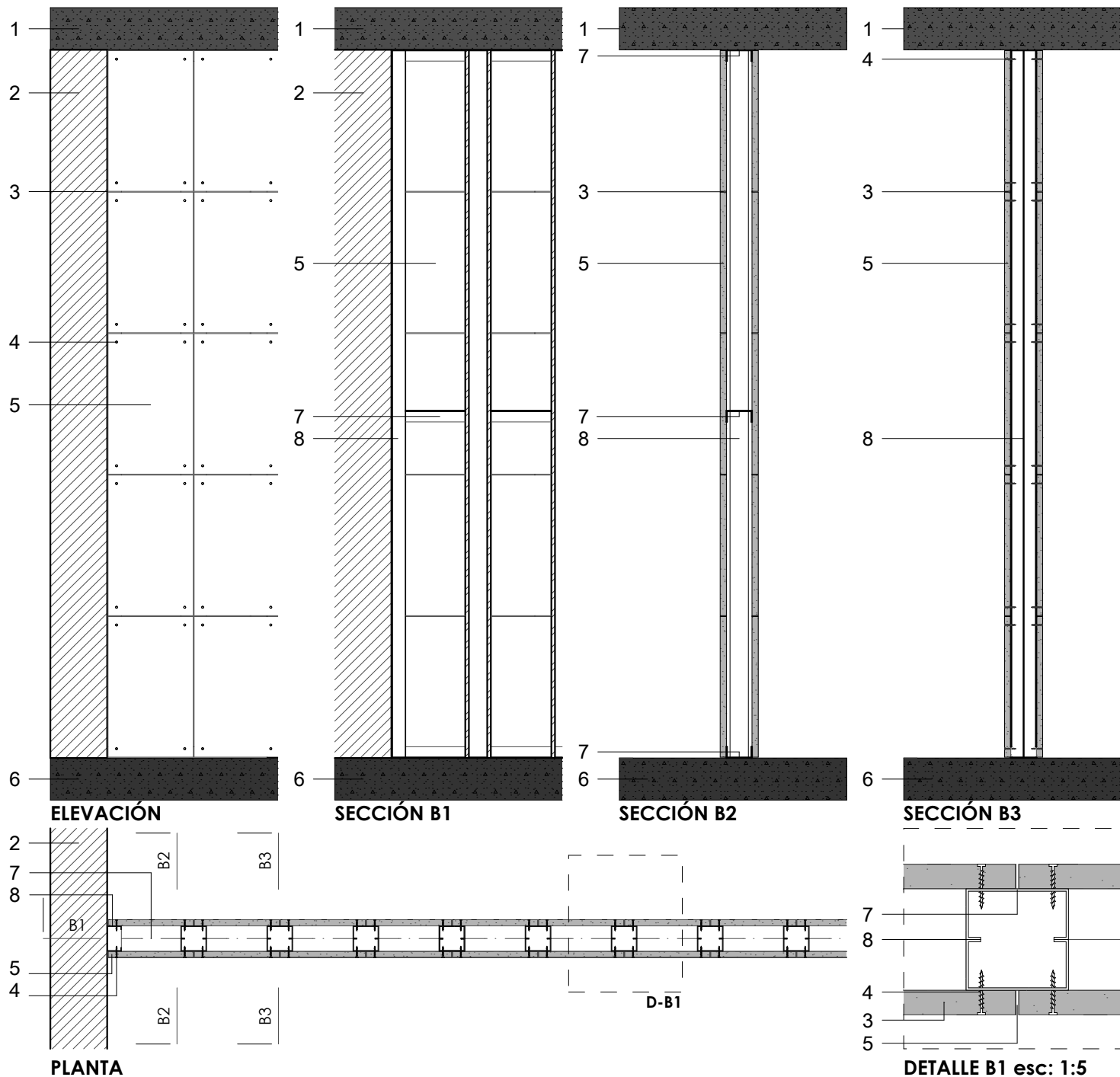


AXONOMETRIA



LEYENDA

1. LOSA DE CUBIERTA
2. MAMPOSTERÍA
3. JUNTA 3mm.
4. TORNILLO 5/16" x 1 1/2"
5. PANEL PREFABRICADO DE TIERRA 50cm. x 30cm. x 2,2cm.
6. LOSA DE PISO
7. (CANAL) PERFIL METÁLICO "C" 40mm. x 90mm. e=2mm.
8. (PARANTE) PERFIL METÁLICO "G" 45mm. x 90mm. e=2mm.



DETALLE B esc:1:20

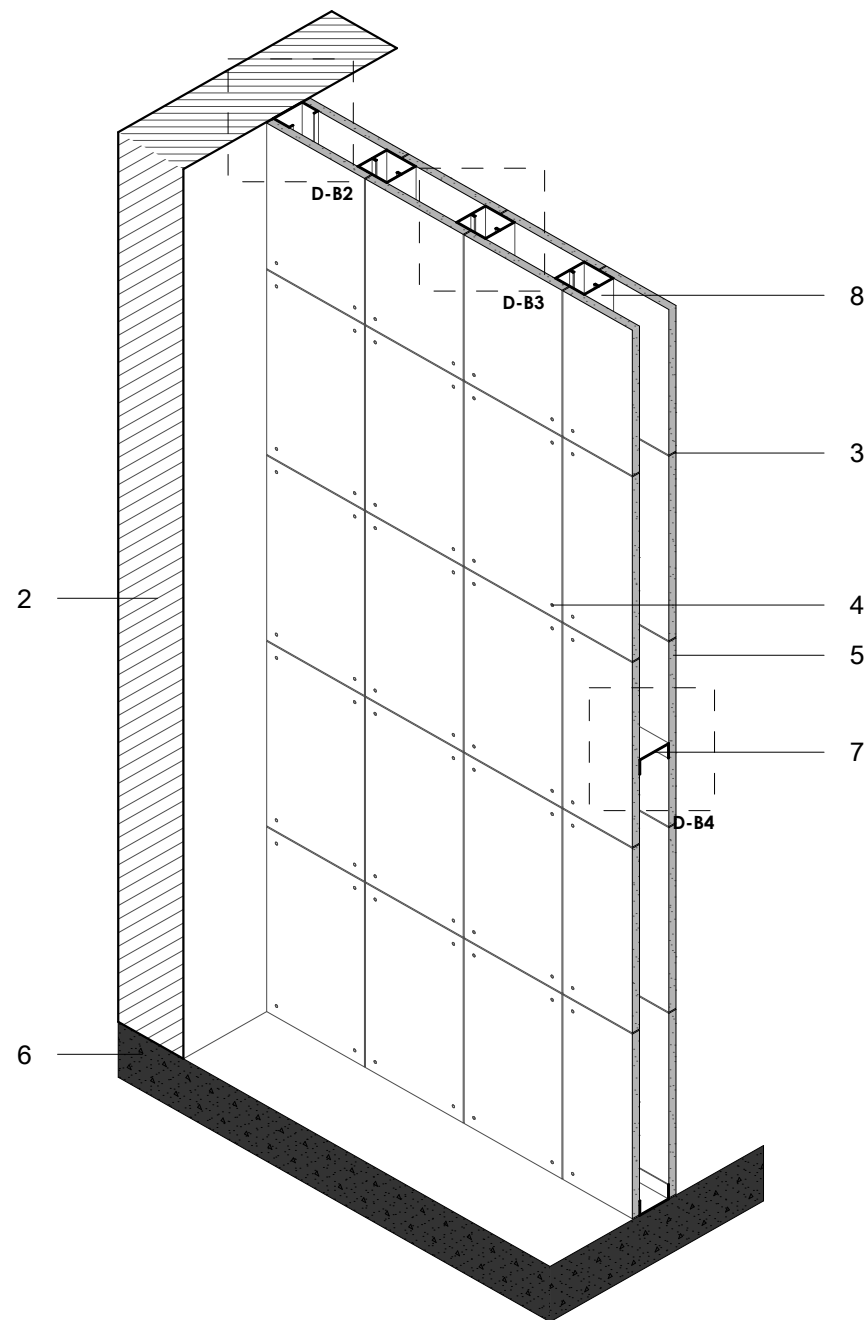
ESTRUCTURA METÁLICA - PANEL
VERTICAL

LEYENDA

1. LOSA DE CUBIERTA
2. MAMPOSTERÍA
3. JUNTA 3mm.
4. TORNILLO 5/16" x 1 1/2"
5. PANEL PREFABRICADO DE TIERRA 50cm. x 30cm. x 2,2cm.
6. LOSA DE PISO
7. (CANAL) PERFIL METÁLICO "C" 40mm. x 90mm. e=2mm.
8. (PARANTE) PERFIL METÁLICO "G" 45mm. x 90mm. e=2mm.

DETALLE B esc:1:20

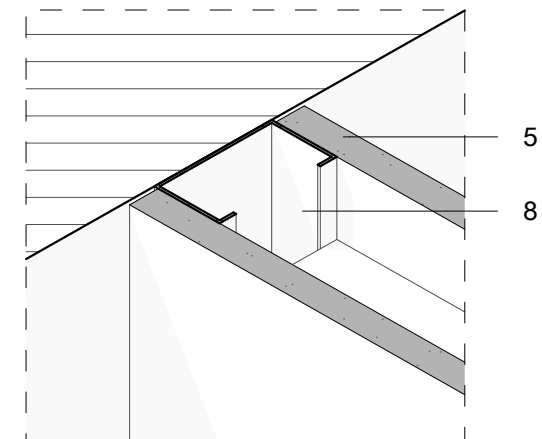
ESTRUCTURA METÁLICA - PANEL
VERTICAL



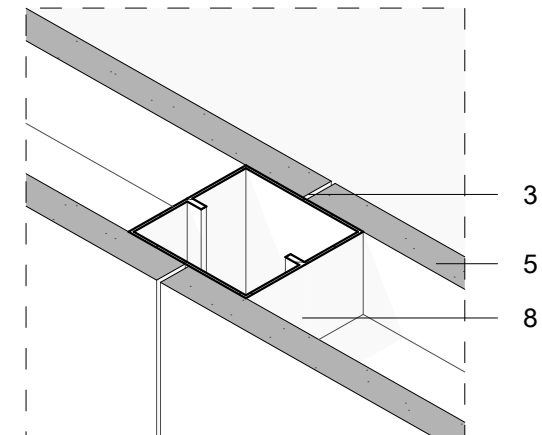
LEYENDA

1. LOSA DE CUBIERTA
2. MAMPOSTERÍA
3. JUNTA 3mm.
4. TORNILLO 5/16" x 1 1/2"
5. PANEL PREFABRICADO DE TIERRA 50cm. x 30cm. x 2,2cm.
6. LOSA DE PISO
7. (CANAL) PERFIL METÁLICO "C" 40mm. x 90mm. e=2mm.
8. (PARANTE) PERFIL METÁLICO "G" 45mm. x 90mm. e=2mm.

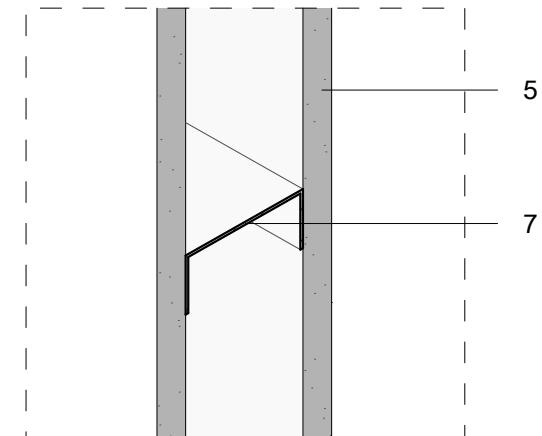
AXONOMETRIA



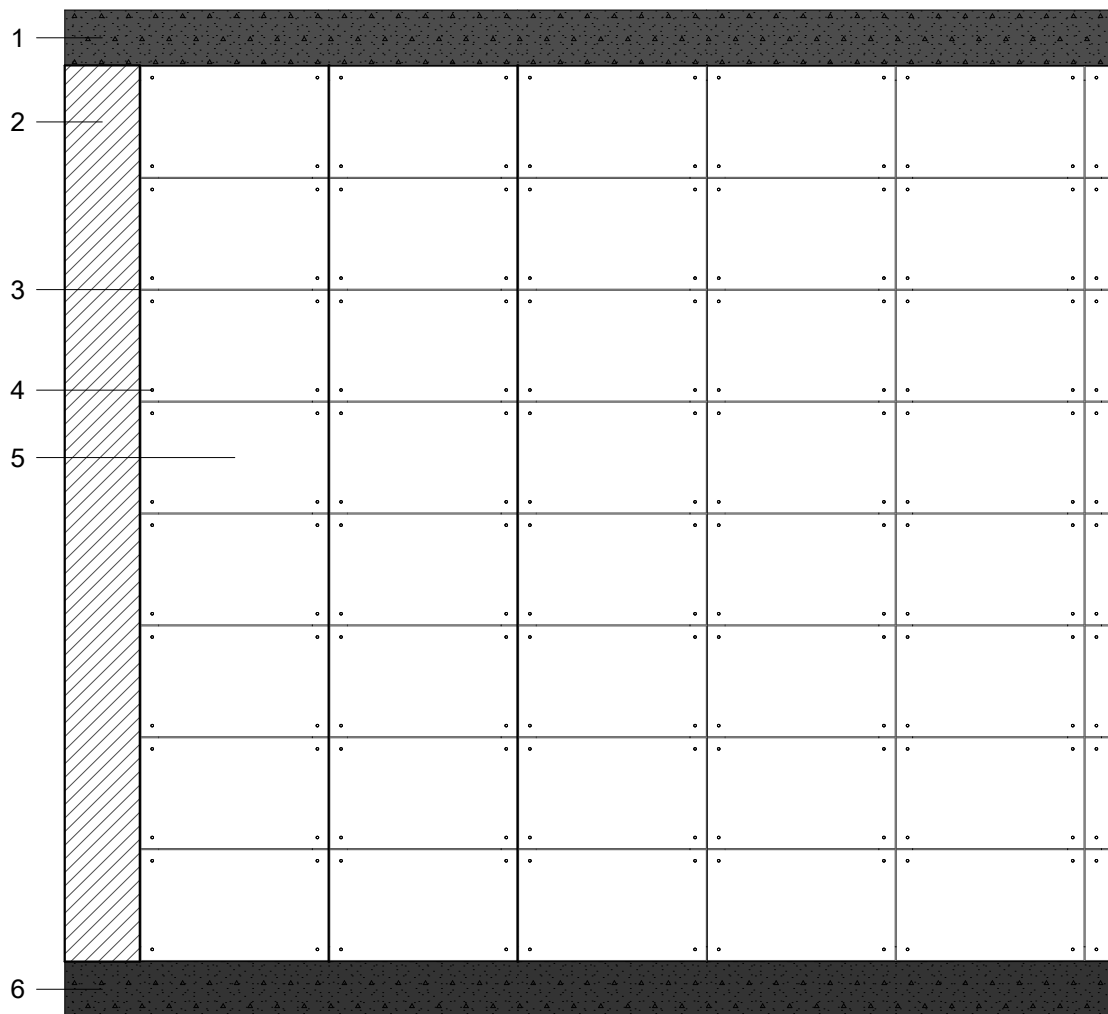
DETALLE B2 ESC: 1:5



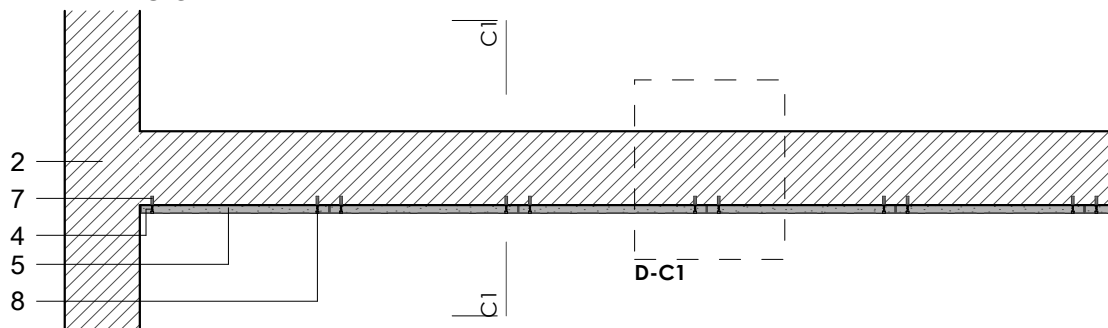
DETALLE B3 ESC: 1:5



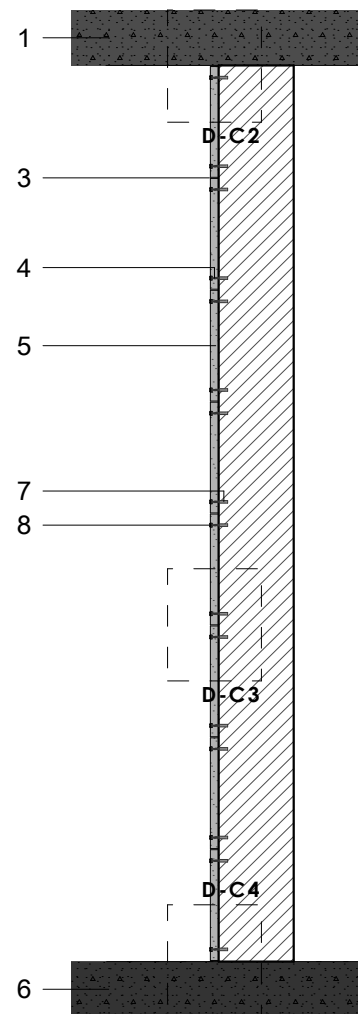
DETALLE B4 ESC: 1:5



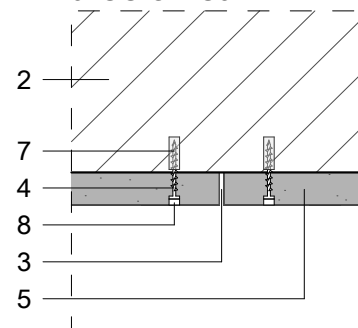
ELEVACIÓN



PLANTA



SECCIÓN C3



DETALLE C1 esc: 1:5

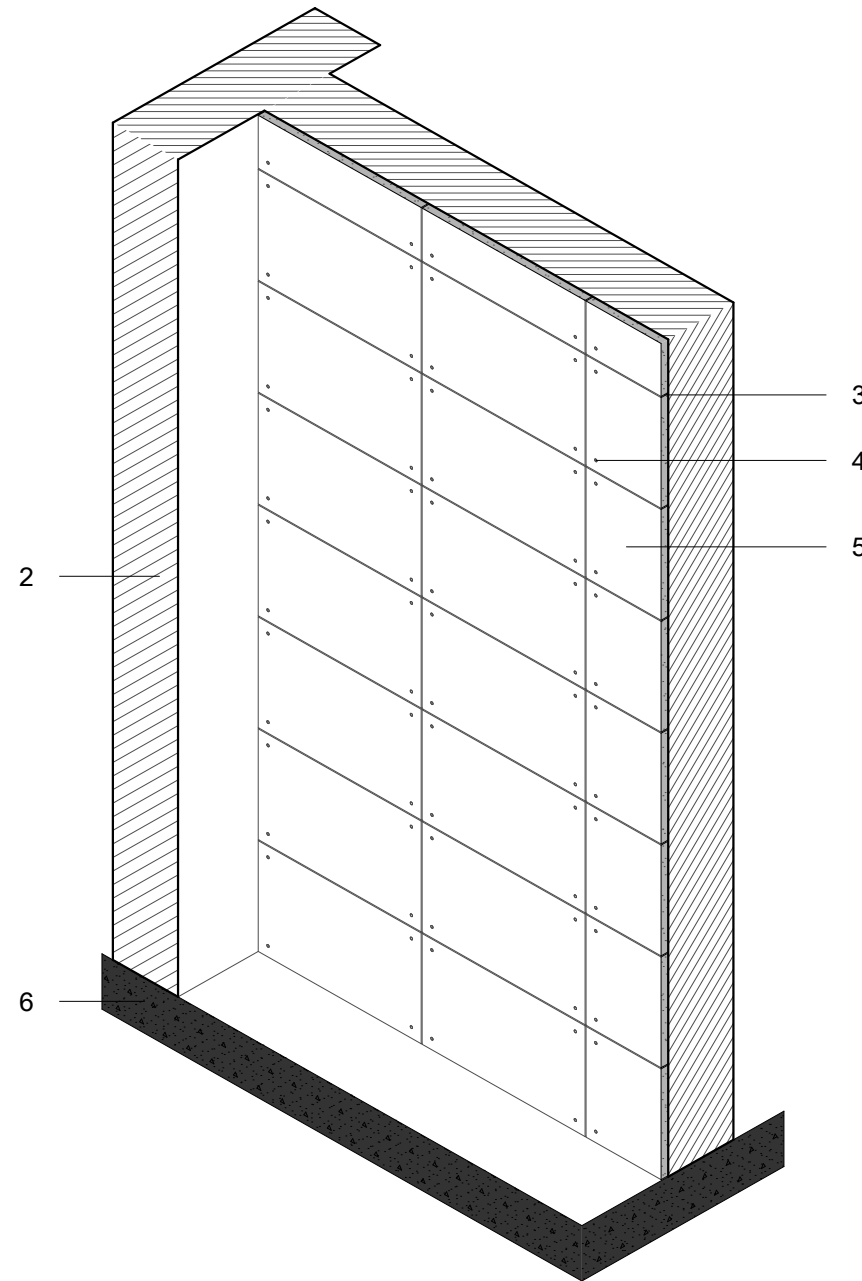
DETALLE C esc:1:20

MAMPOSTERÍA - PANEL HORIZONTAL

LEYENDA

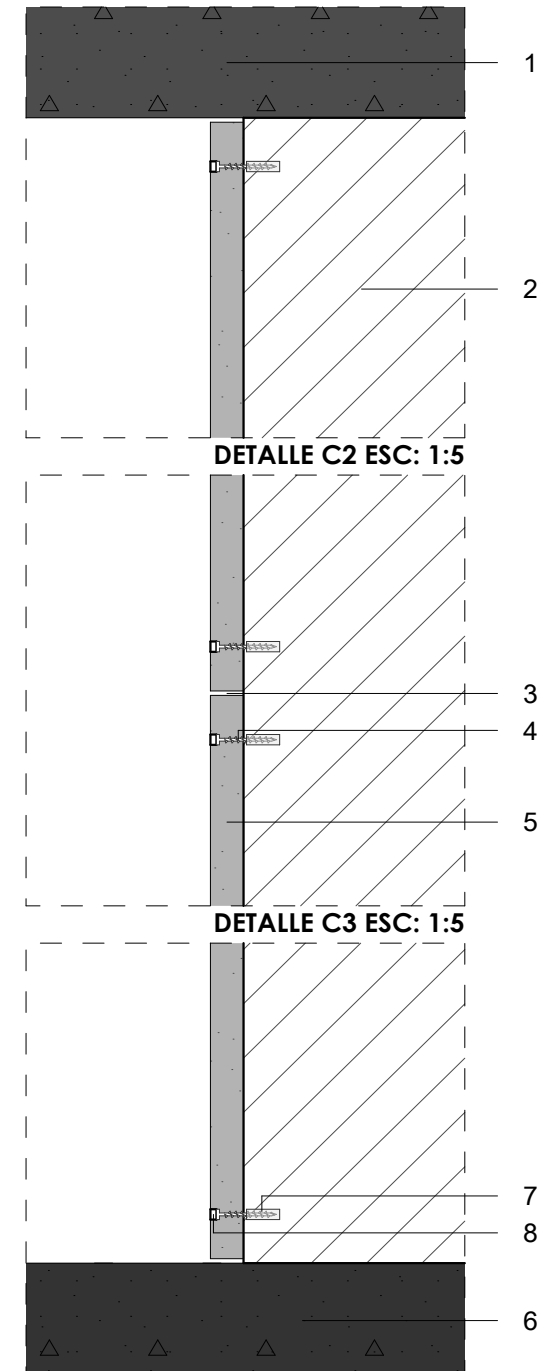
1. LOSA DE CUBIERTA
2. MAMPOSTERÍA
3. JUNTA 3mm.
4. TORNILLO 5/16" x 1 1/2"
5. PANEL PREFABRICADO DE TIERRA 50cm. x 30cm. x 2,2cm.
6. LOSA DE PISO
7. TACO FISHER PARA TORNILLO DE 5/16" x 1 1/2"
8. MASILLA PROPORCIÓN: 85% TIERRA, 10% COLA BLANCA Y 5% CEMENTO

DETALLE C esc:1:20
MAMPOSTERÍA - PANEL HORIZONTAL

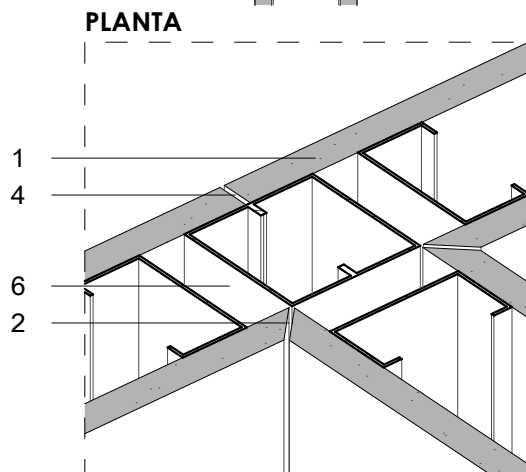
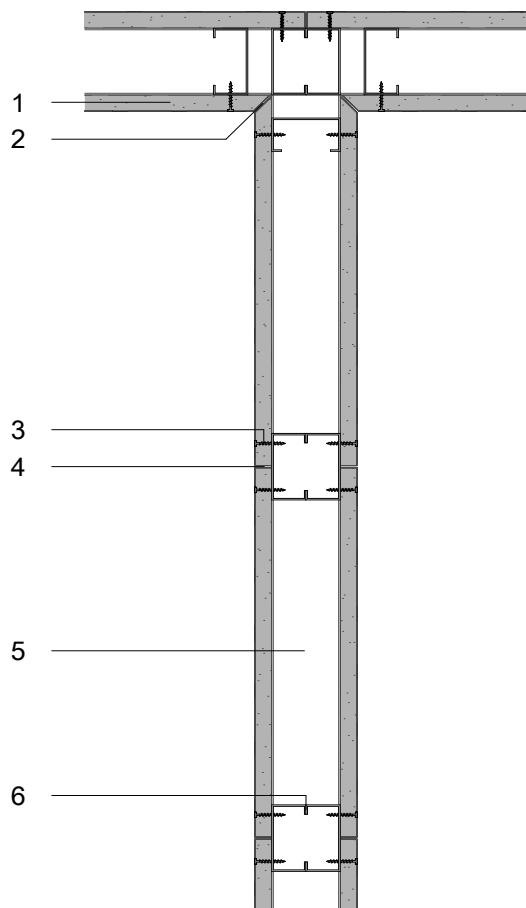


- LEYENDA
- 1. LOSA DE CUBIERTA
 - 2. MAMPOSTERÍA
 - 3. JUNTA 3mm.
 - 4. TORNILLO 5/16" x 1 1/2"
 - 5. PANEL PREFABRICADO DE TIERRA 50cm. x 30cm. x 2,2cm.
 - 6. LOSA DE PISO
 - 7. TACO FISHER PARA TORNILLO DE 5/16" x 1 1/2"
 - 8. MASILLA PROPORCIÓN: 85% TIERRA, 10% COLA BLANCA Y 5% CEMENTO

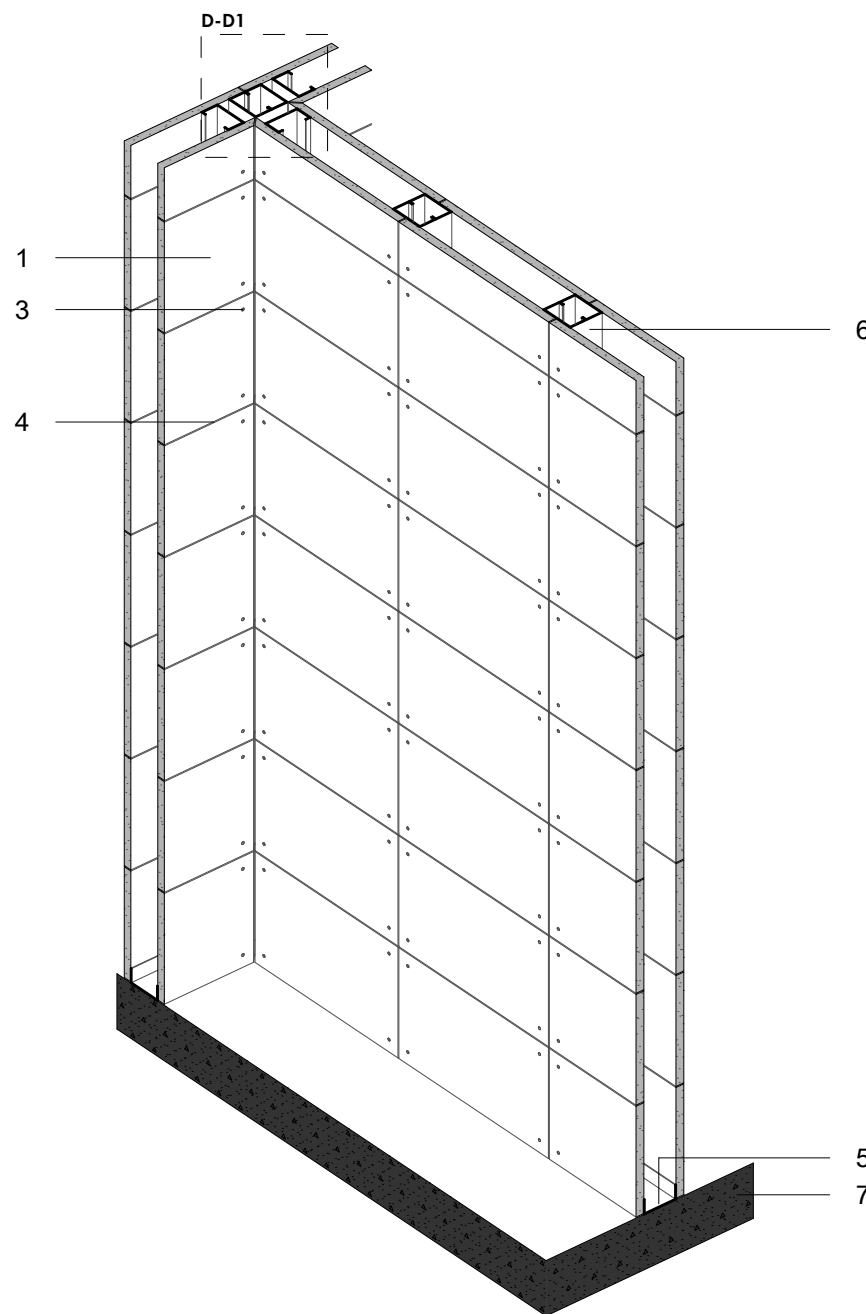
AXONOMETRIA



DETALLE C4 ESC: 1:5



DETALLE D1 ESC: 1:5



AXONOMETRIA

DETALLE D esc:1:20

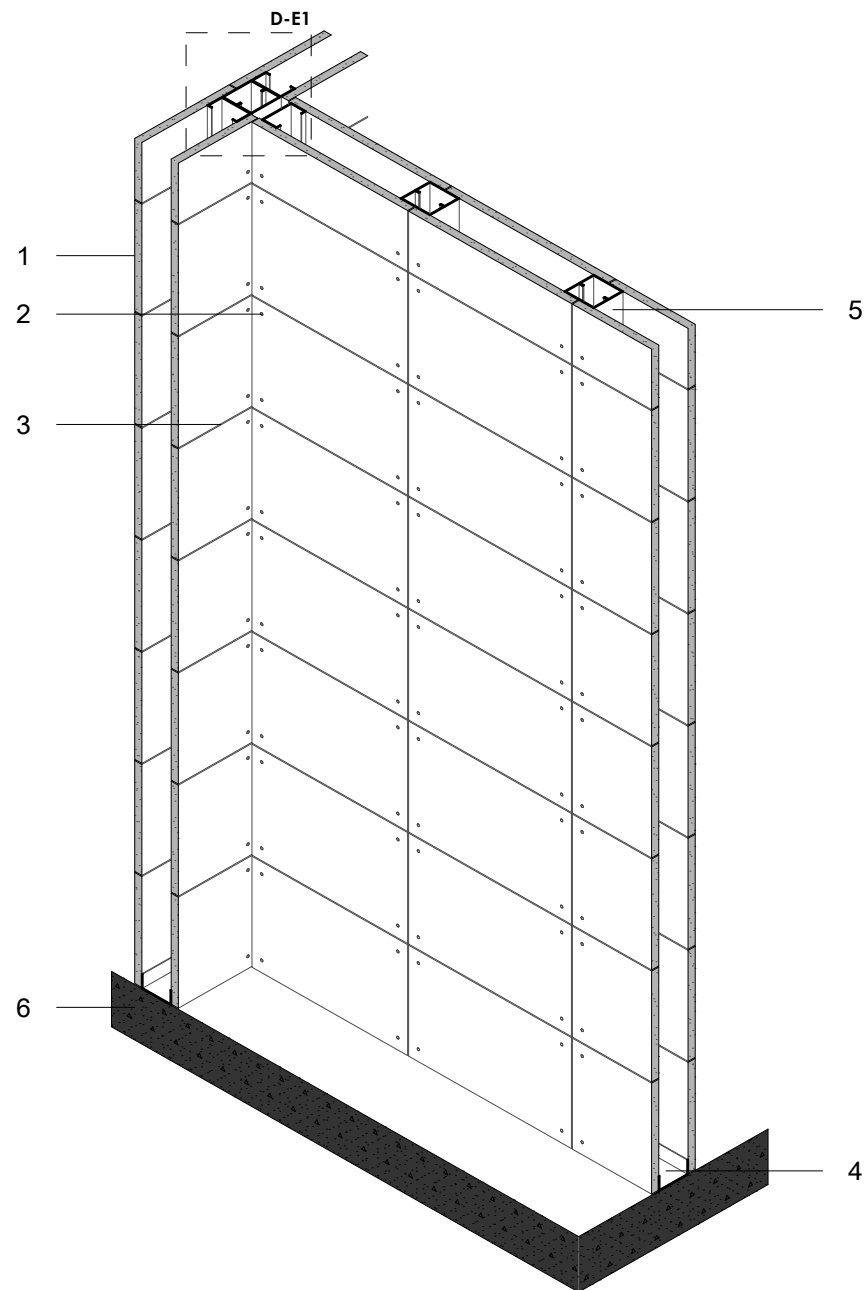
ESTRUCTURA METÁLICA - ENCUESTRO
DE TABIQUES T

LEYENDA

1. PANEL PREFABRICADO DE TIERRA 50cm. x 30cm. x 2,2cm.
2. CHAFLÁN 45°
3. TORNILLO 5/16" x 1 1/2"
4. JUNTA 3mm.
5. (CANAL) PERFIL METÁLICO "C" 40mm. x 90mm. e=2mm.
6. (PARANTE) PERFIL METÁLICO "G" 45mm. x 90mm. e=2mm.
7. LOSA DE PISO

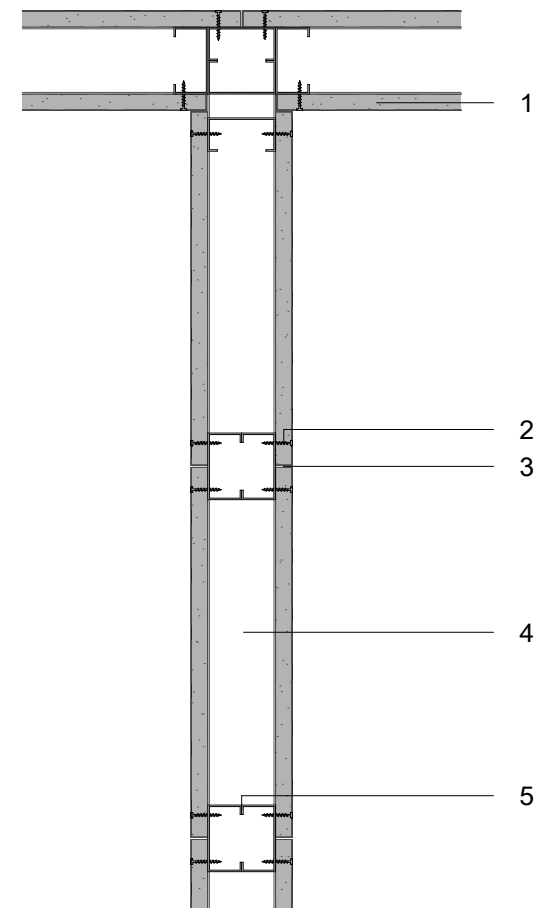
DETALLE E esc:1:20

ESTRUCTURA METÁLICA - ENCUENTRO
DE TABIQUES T

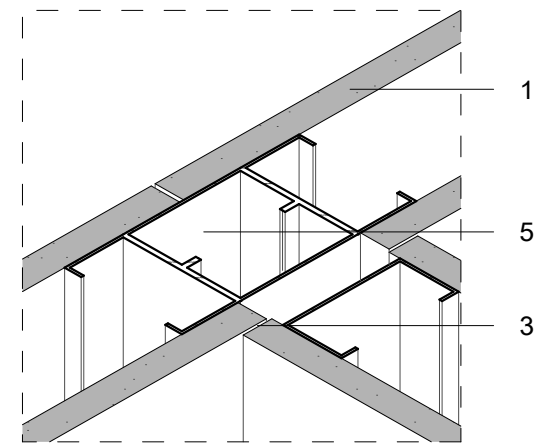


LEYENDA

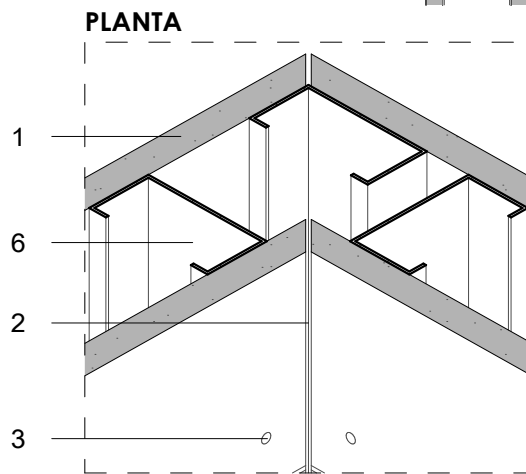
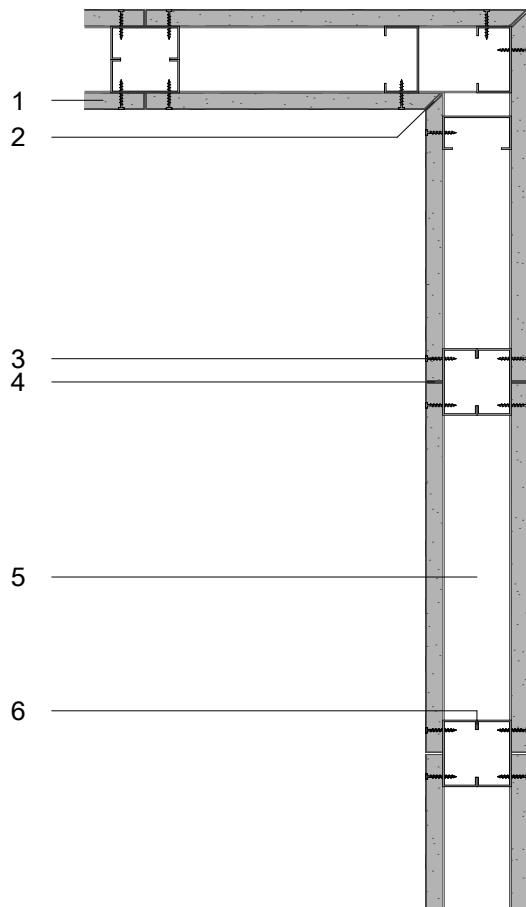
1. PANEL PREFABRICADO DE TIERRA 50cm. x 30cm. x 2,2cm.
2. TORNILLO 5/16" x 1 1/2"
3. JUNTA 3mm.
4. (CANAL) PERFIL METÁLICO "C" 40mm. x 90mm. e=2mm.
5. (PARANTE) PERFIL METÁLICO "G" 45mm. x 90mm. e=2mm.
6. LOSA DE PISO



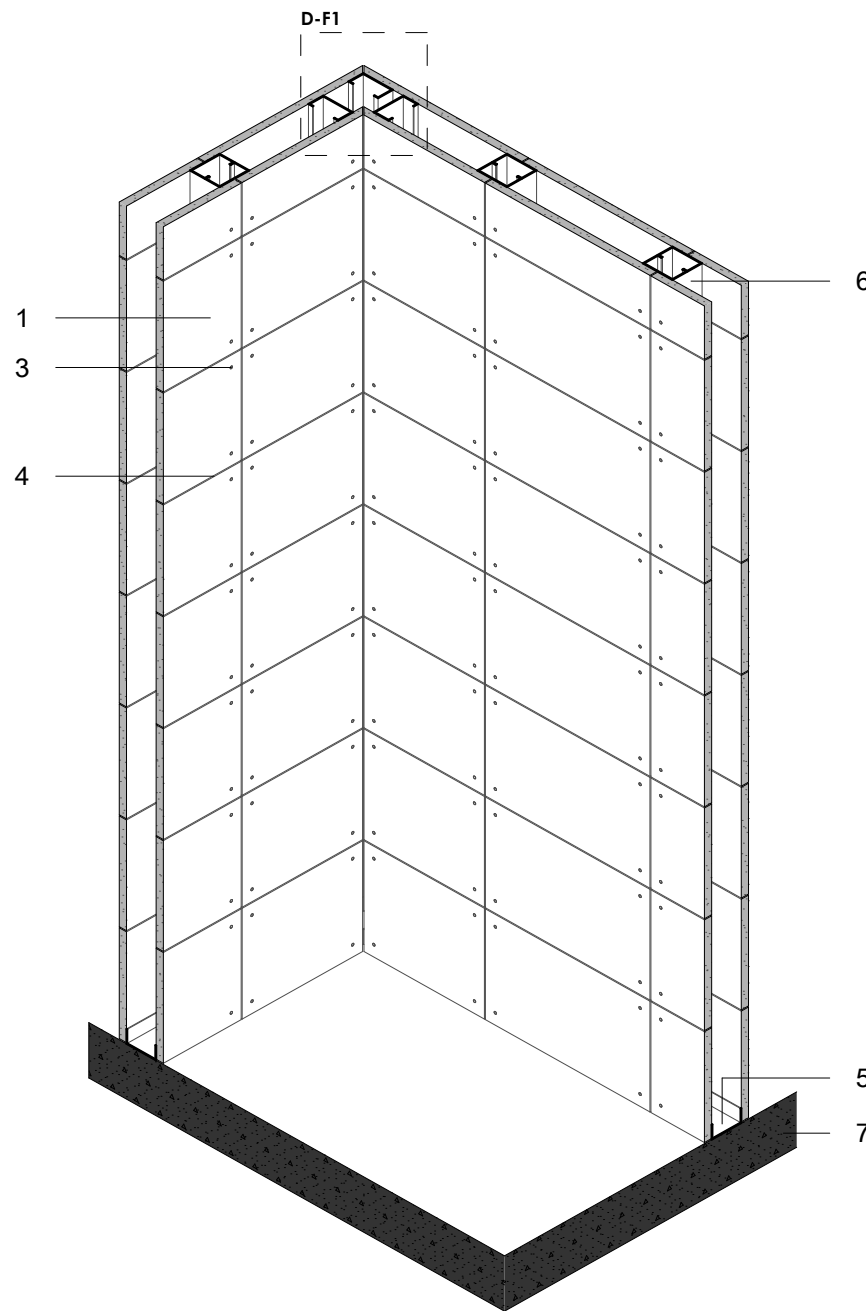
PLANTA



DETALLE E1 ESC: 1:5



DETALLE F1 ESC: 1:5



AXONOMETRIA

DETALLE F esc:1:20

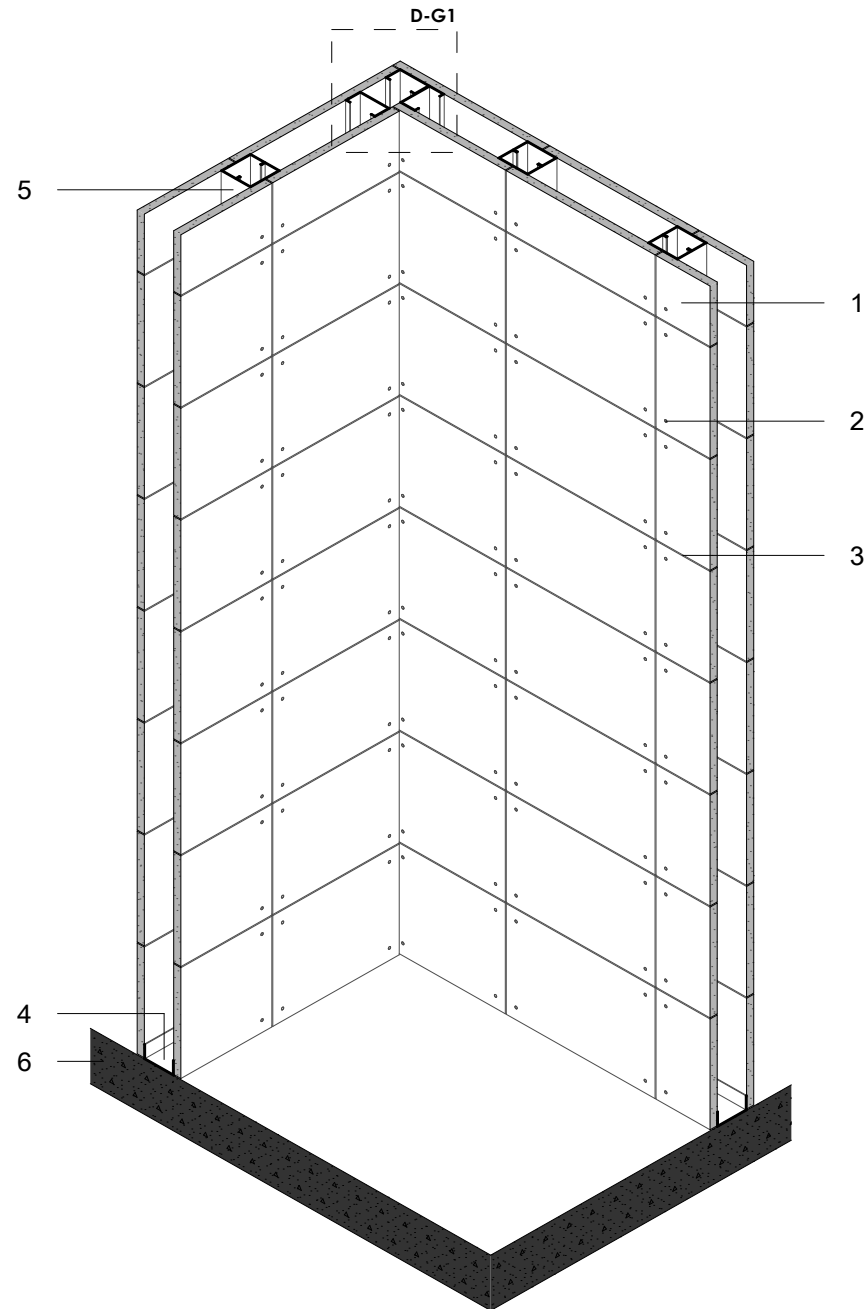
ESTRUCTURA METÁLICA - ENCUESTRO
DE TABIQUES L

LEYENDA

1. PANEL PREFABRICADO DE TIERRA 50cm. x 30cm. x 2,2cm.
2. CHAFLÁN 45°
3. TORNILLO 5/16" x 1 1/2"
4. JUNTA 3mm.
5. (CANAL) PERFIL METÁLICO "C" 40mm. x 90mm. e=2mm.
6. (PARANTE) PERFIL METÁLICO "G" 45mm. x 90mm. e=2mm.
7. LOSA DE PISO

DETALLE G esc:1:20

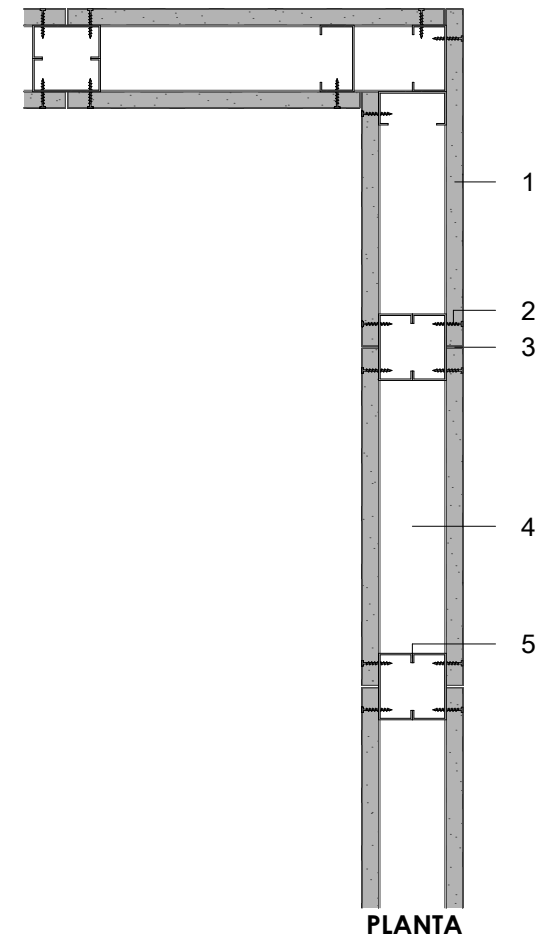
ESTRUCTURA METÁLICA - ENCUESTRO
DE TABIQUES L



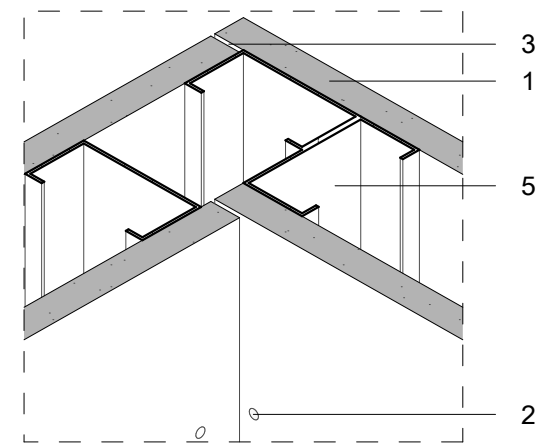
AXONOMETRIA

LEYENDA

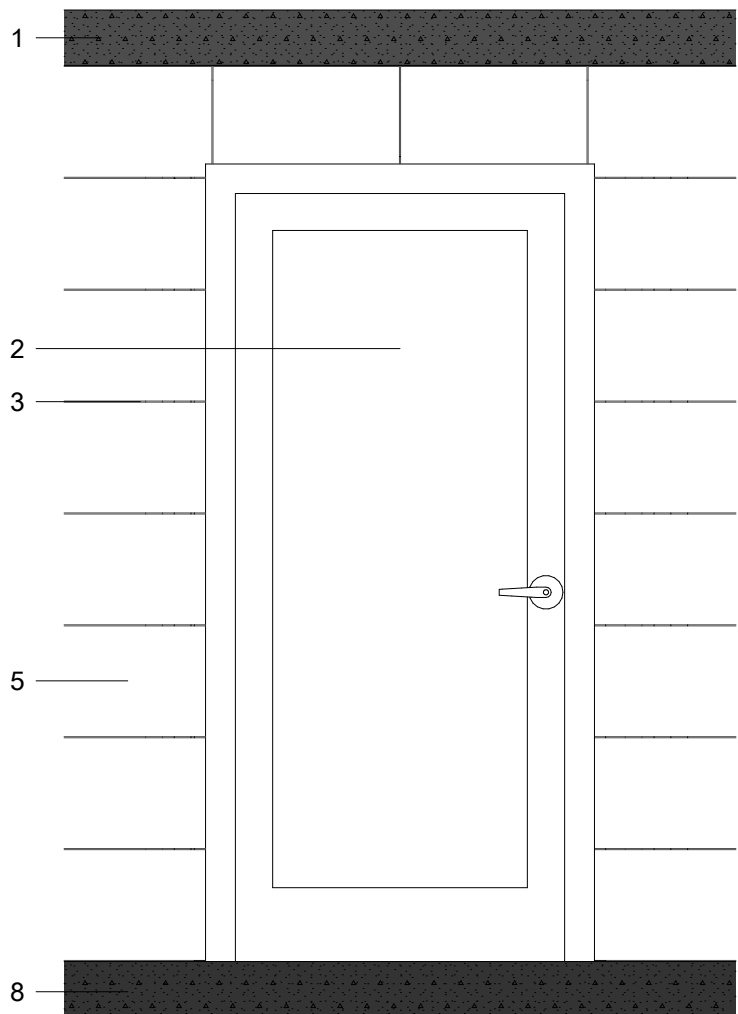
1. PANEL PREFABRICADO DE TIERRA 50cm. x 30cm. x 2,2cm.
2. TORNILLO 5/16" x 1 1/2"
3. JUNTA 3mm.
4. (CANAL) PERFIL METÁLICO "C" 40mm. x 90mm. e=2mm.
5. (PARANTE) PERFIL METÁLICO "G" 45mm. x 90mm. e=2mm.
6. LOSA DE PISO



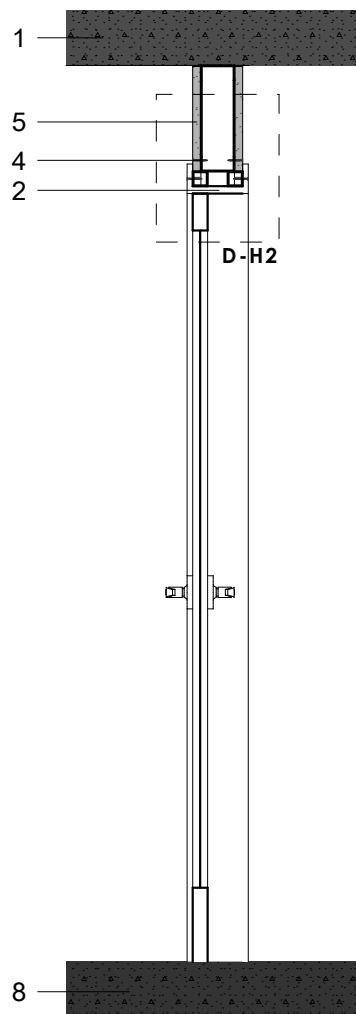
PLANTA



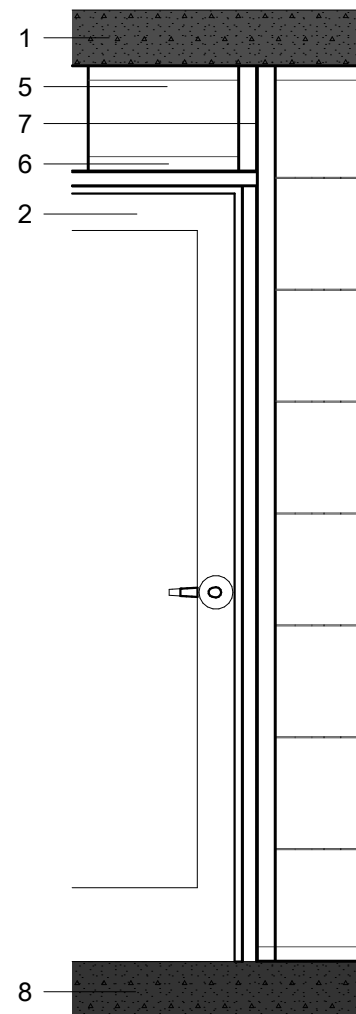
DETALLE G1 ESC: 1:5



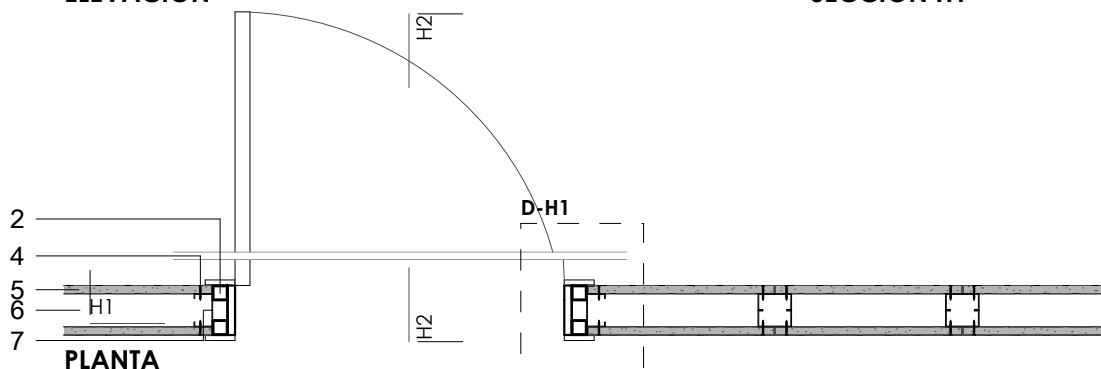
ELEVACIÓN



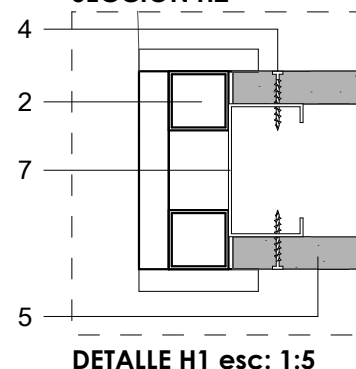
SECCIÓN H1



SECCIÓN H2



PLANTA



DETALLE H1 esc: 1:5

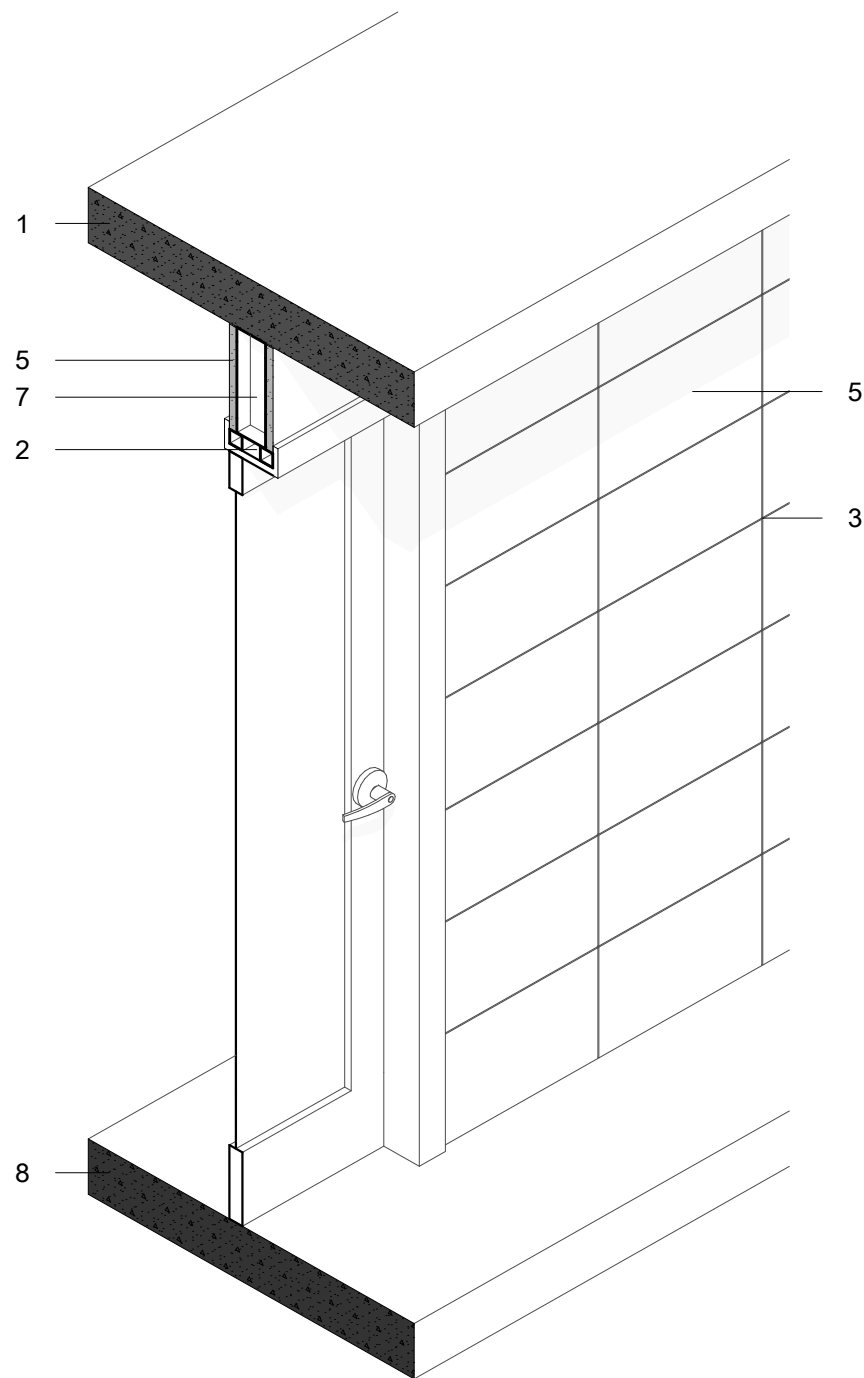
DETALLE H esc:1:20

ESTRUCTURA METÁLICA - PUERTA

LEYENDA

1. LOSA DE CUBIERTA
2. CARPINTERIA DE MADERA
3. JUNTA 3mm.
4. TORNILLO 5/16" x 1 1/2"
5. PANEL PREFABRICADO DE TIERRA 50cm. x 30cm. x 2,2cm.
6. (CANAL) PERFIL METÁLICO "C" 40mm. x 90mm. e=2mm.
7. (PARANTE) PERFIL METÁLICO "G" 45mm. x 90mm. e=2mm.
8. LOSA DE PISO

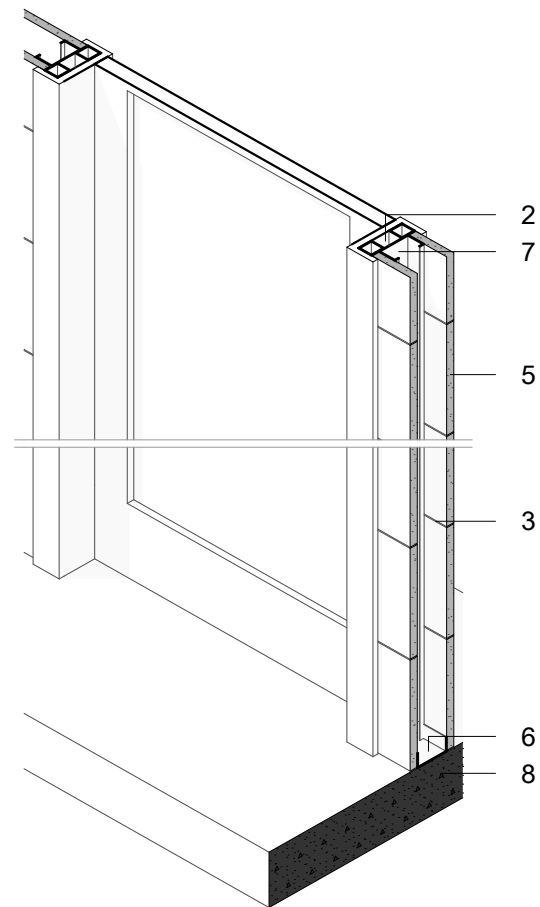
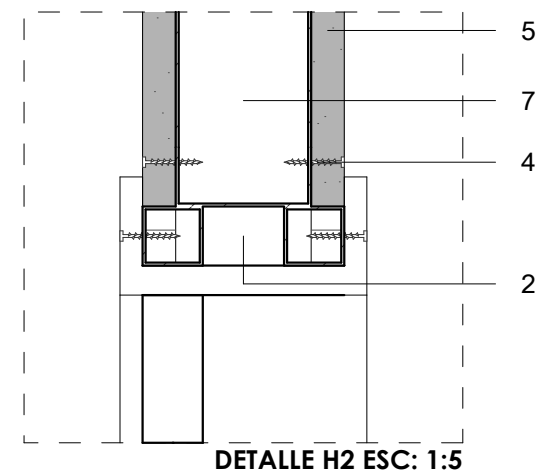
DETALLE H esc:1:20
ESTRUCTURA METÁLICA - PUERTA



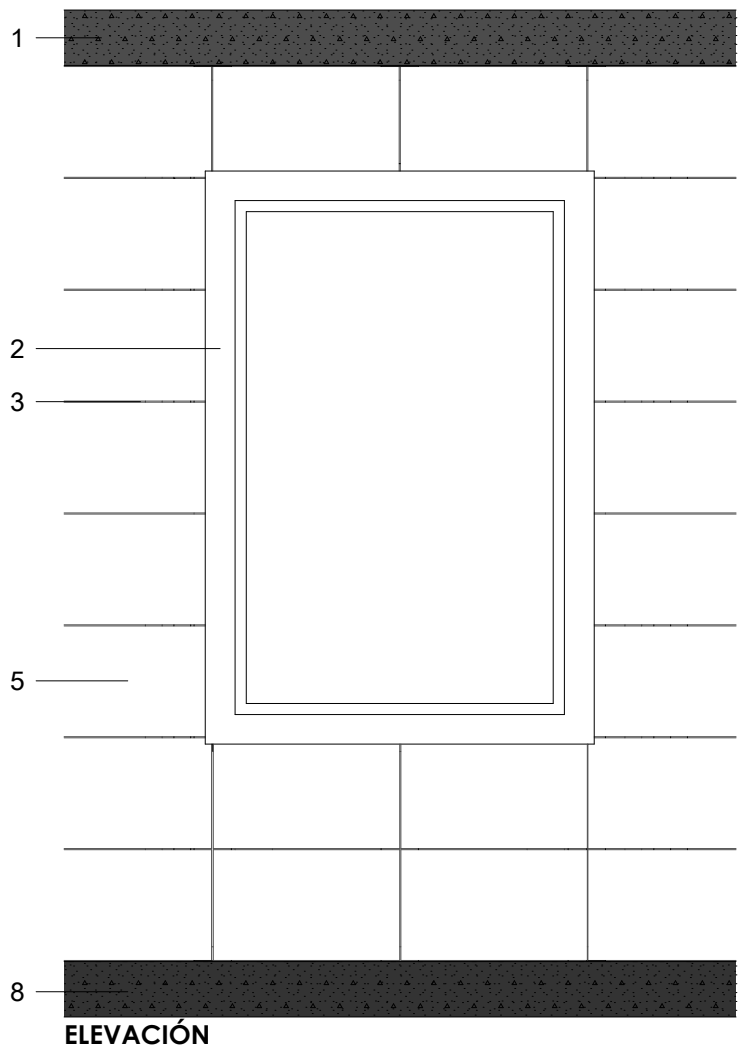
AXONOMETRIA

LEYENDA

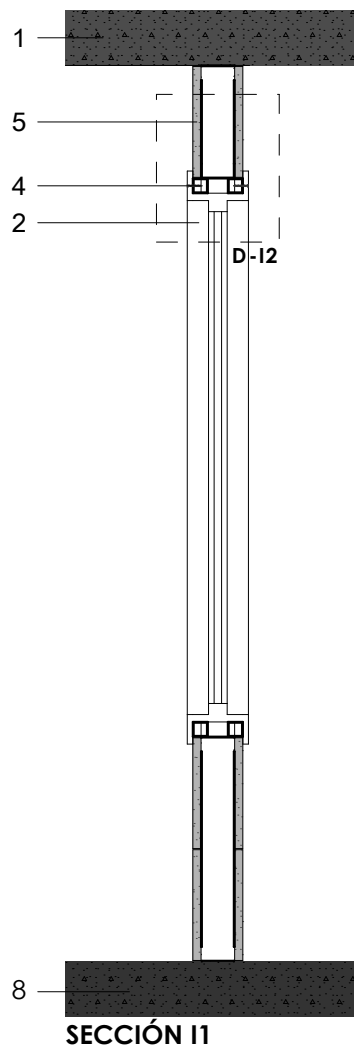
1. LOSA DE CUBIERTA
2. CARPINTERIA DE MADERA
3. JUNTA 3mm.
4. TORNILLO 5/16" x 1 1/2"
5. PANEL PREFABRICADO DE TIERRA 50cm. x 30cm. x 2,2cm.
6. (CANAL) PERFIL METÁLICO "C" 40mm. x 90mm. e=2mm.
7. (PARANTE) PERFIL METÁLICO "G" 45mm. x 90mm. e=2mm.
8. LOSA DE PISO



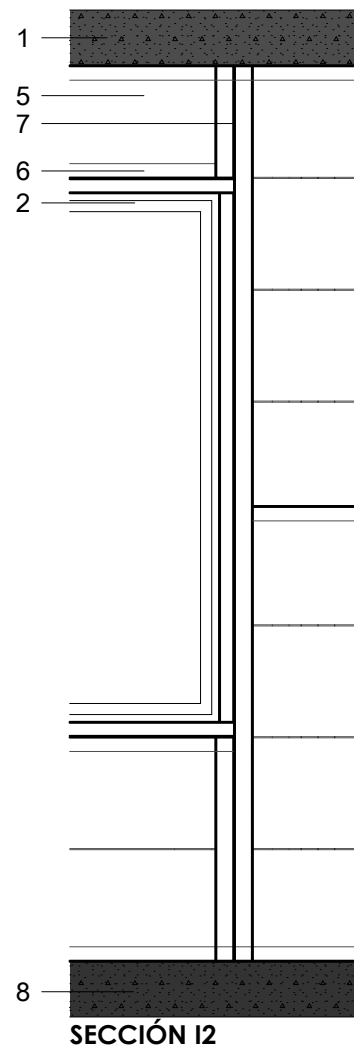
AXONOMETRIA



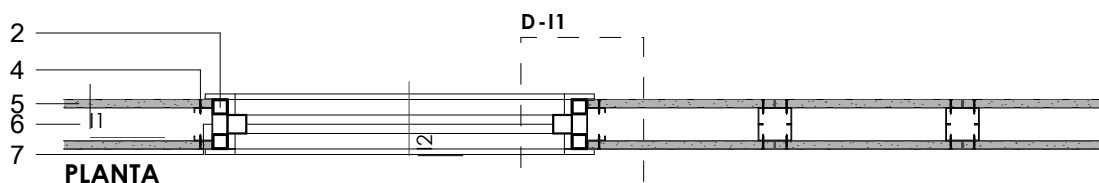
ELEVACIÓN



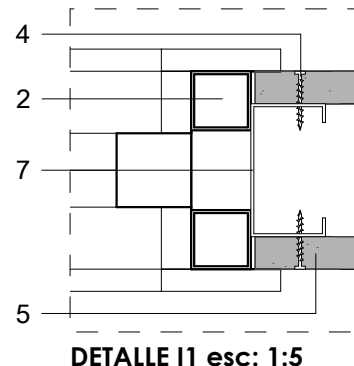
SECCIÓN I1



SECCIÓN I2



PLANTA



DETALLE I1 esc: 1:5

DETALLE I esc:1:20

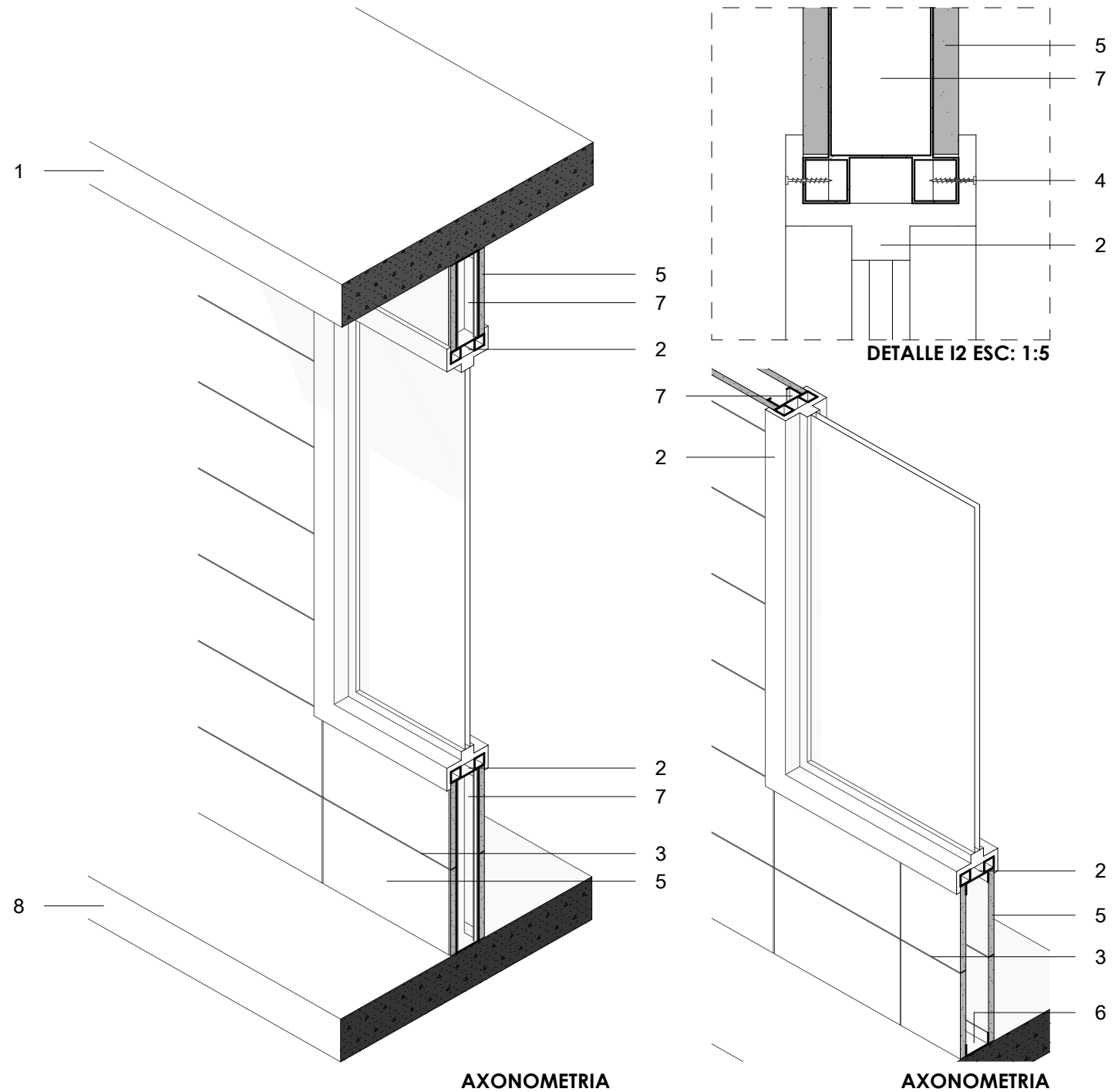
ESTRUCTURA METÁLICA - VENTANA

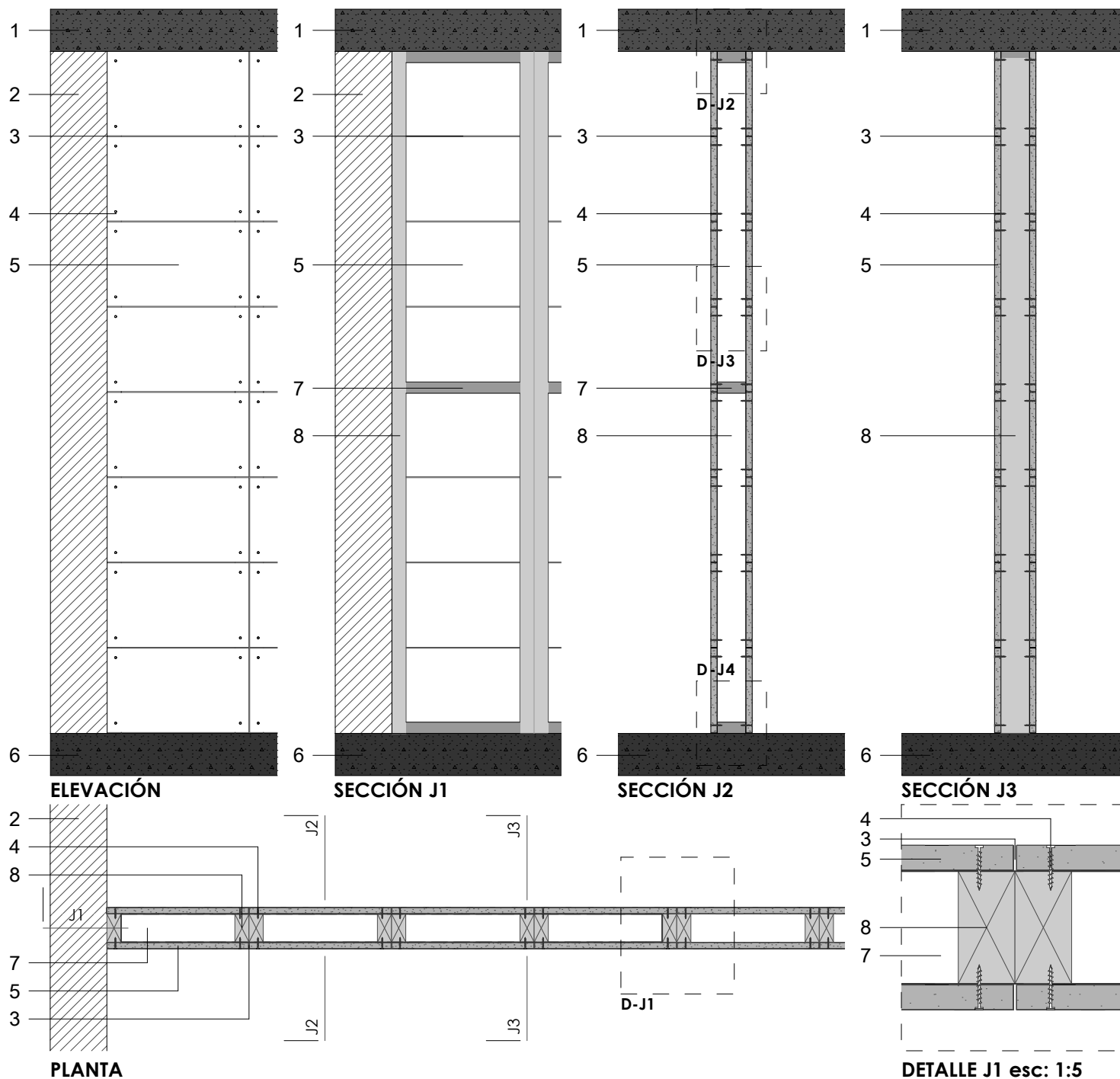
- LEYENDA
1. LOSA DE CUBIERTA
 2. CARPINTERIA DE MADERA
 3. JUNTA 3mm.
 4. TORNILLO 5/16" x 1 1/2"
 5. PANEL PREFABRICADO DE TIERRA 50cm. x 30cm. x 2,2cm.
 6. (CANAL) PERFIL METÁLICO "C" 40mm. x 90mm. e=2mm.
 7. (PARANTE) PERFIL METÁLICO "G" 45mm. x 90mm. e=2mm.
 8. LOSA DE PISO

DETALLE I esc:1:20
ESTRUCTURA METÁLICA - VENTANA

LEYENDA

1. LOSA DE CUBIERTA
2. CARPINTERIA DE MADERA
3. JUNTA 3mm.
4. TORNILLO 5/16" x 1 1/2"
5. PANEL PREFABRICADO DE TIERRA 50cm. x 30cm. x 2,2cm.
6. (CANAL) PERFIL METÁLICO "C" 40mm. x 90mm. e=2mm.
7. (PARANTE) PERFIL METÁLICO "G" 45mm. x 90mm. e=2mm.
8. LOSA DE PISO





DETALLE J esc:1:20

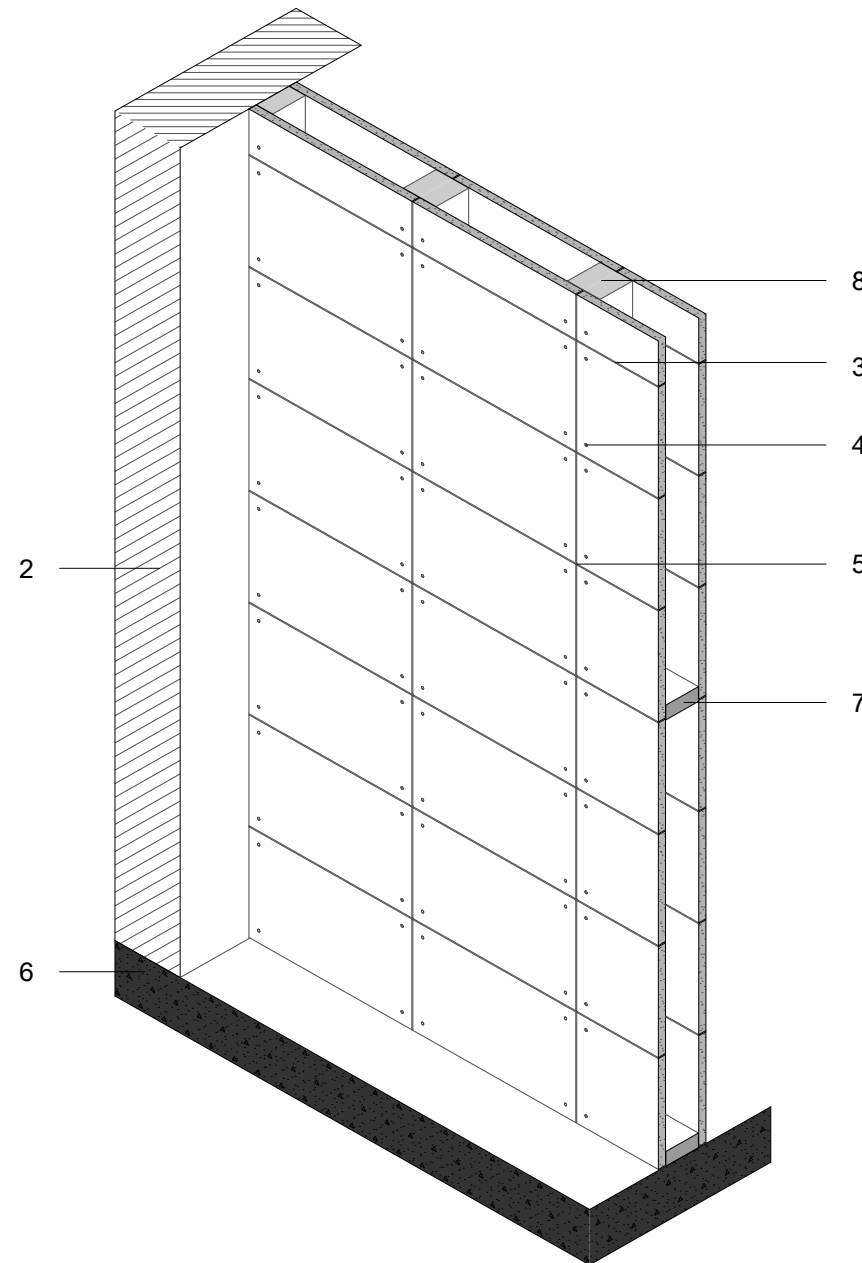
ESTRUCTURA DE MADERA - PANEL
HORIZONTAL

LEYENDA

1. LOSA DE CUBIERTA
2. MAMPOSTERÍA
3. JUNTA 3mm.
4. TORNILLO 5/16" x 1 1/2"
5. PANEL PREFABRICADO DE
TIERRA 50cm. x 30cm. x 2,2cm.
6. LOSA DE PISO
7. TIRA DE MADERA 4cm. x 10cm.
8. TIRA DE MADERA 5cm. x 10cm.

DETALLE J esc:1:20

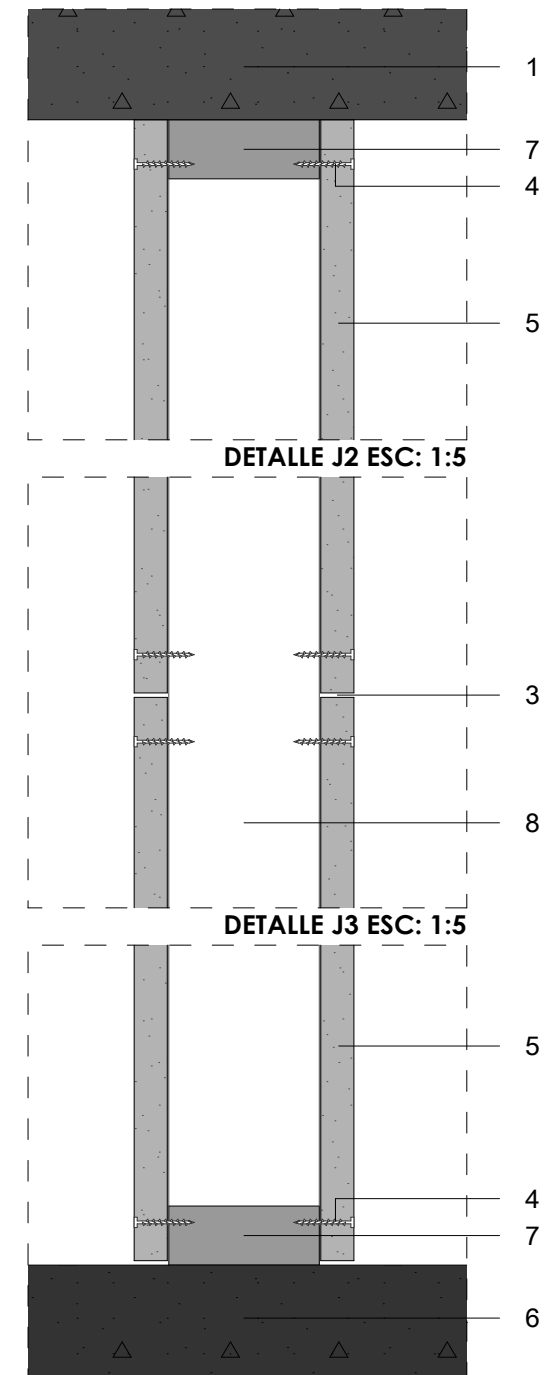
ESTRUCTURA DE MADERA - PANEL
HORIZONTAL



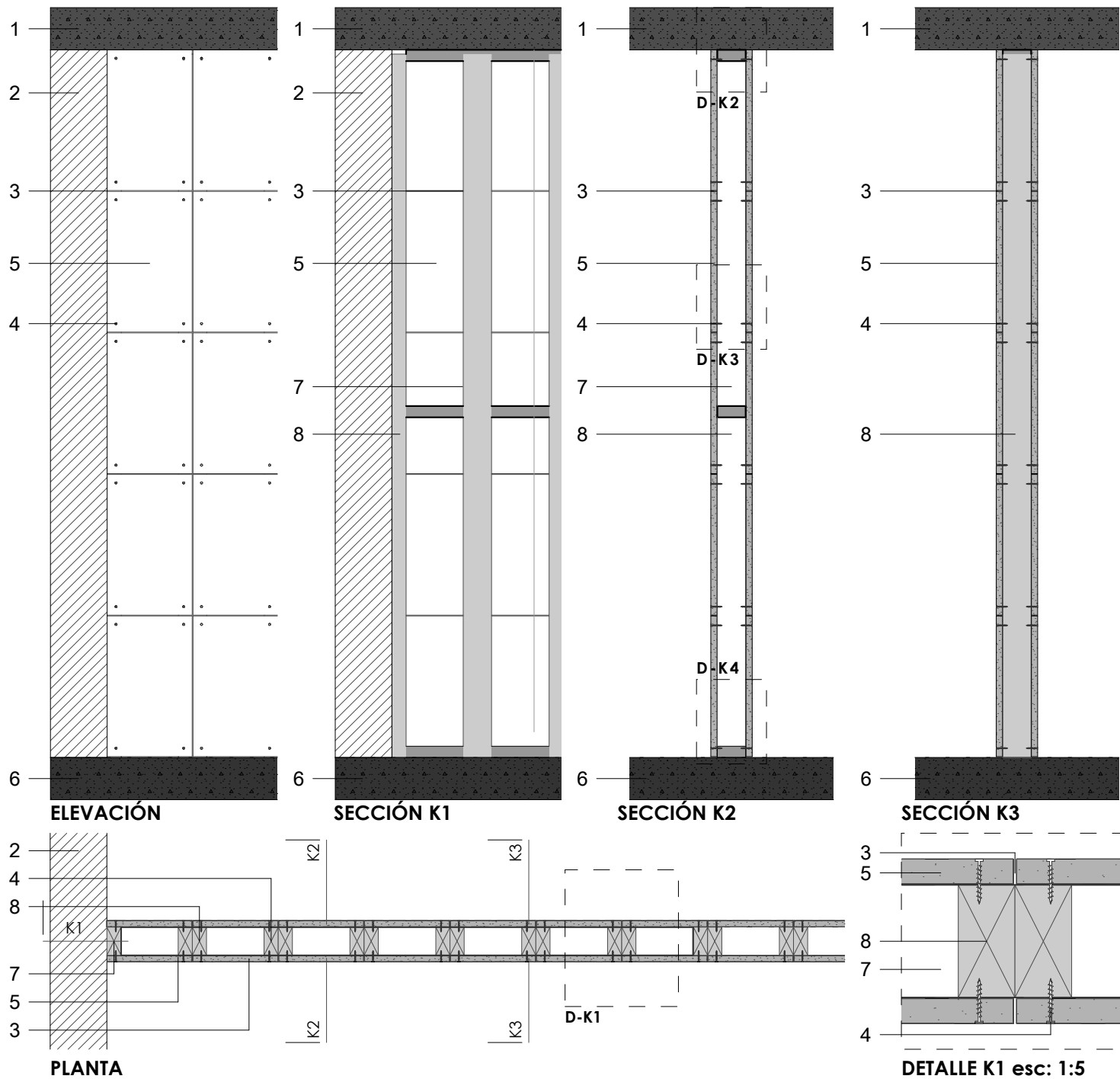
AXONOMETRIA

LEYENDA

1. LOSA DE CUBIERTA
2. MAMPOSTERÍA
3. JUNTA 3mm.
4. TORNILLO 5/16" x 1 1/2"
5. PANEL PREFABRICADO DE
TIERRA 50cm. x 30cm. x 2,2cm.
6. LOSA DE PISO
7. TIRA DE MADERA 4cm. x 10cm.
8. TIRA DE MADERA 5cm. x 10cm.



DETALLE J4 ESC: 1:5



DETALLE K esc:1:20

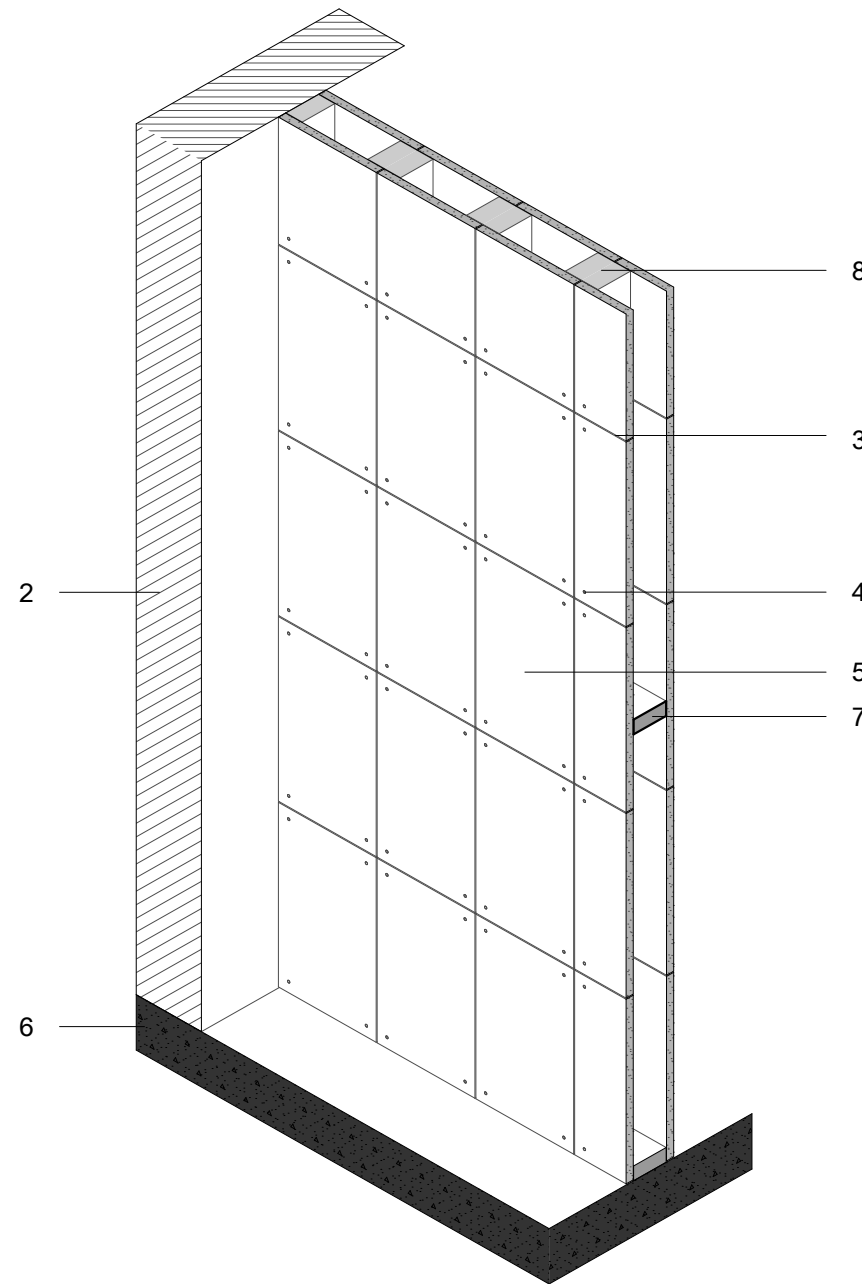
ESTRUCTURA DE MADERA - PANEL VERTICAL

LEYENDA

1. LOSA DE CUBIERTA
2. MAMPOSTERÍA
3. JUNTA 3mm.
4. TORNILLO 5/16" x 1 1/2"
5. PANEL PREFABRICADO DE TIERRA 50cm. x 30cm. x 2,2cm.
6. LOSA DE PISO
7. TIRA DE MADERA 4cm. x 10cm.
8. TIRA DE MADERA 5cm. x 10cm.

DETALLE K esc:1:20

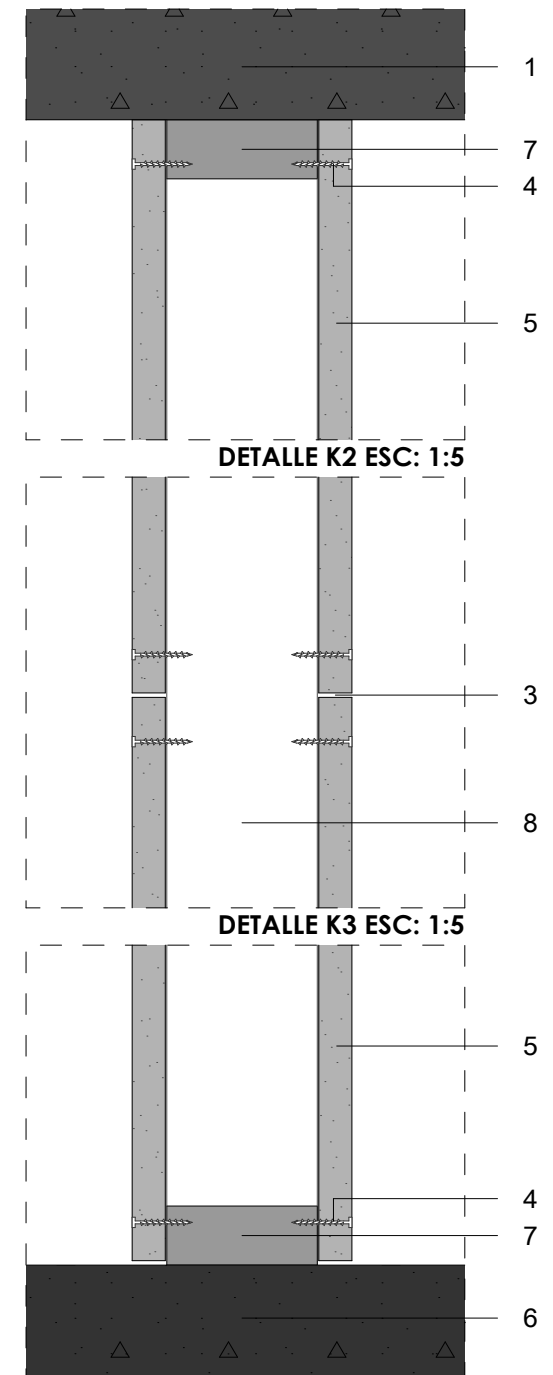
ESTRUCTURA DE MADERA - PANEL
VERTICAL



AXONOMETRIA

LEYENDA

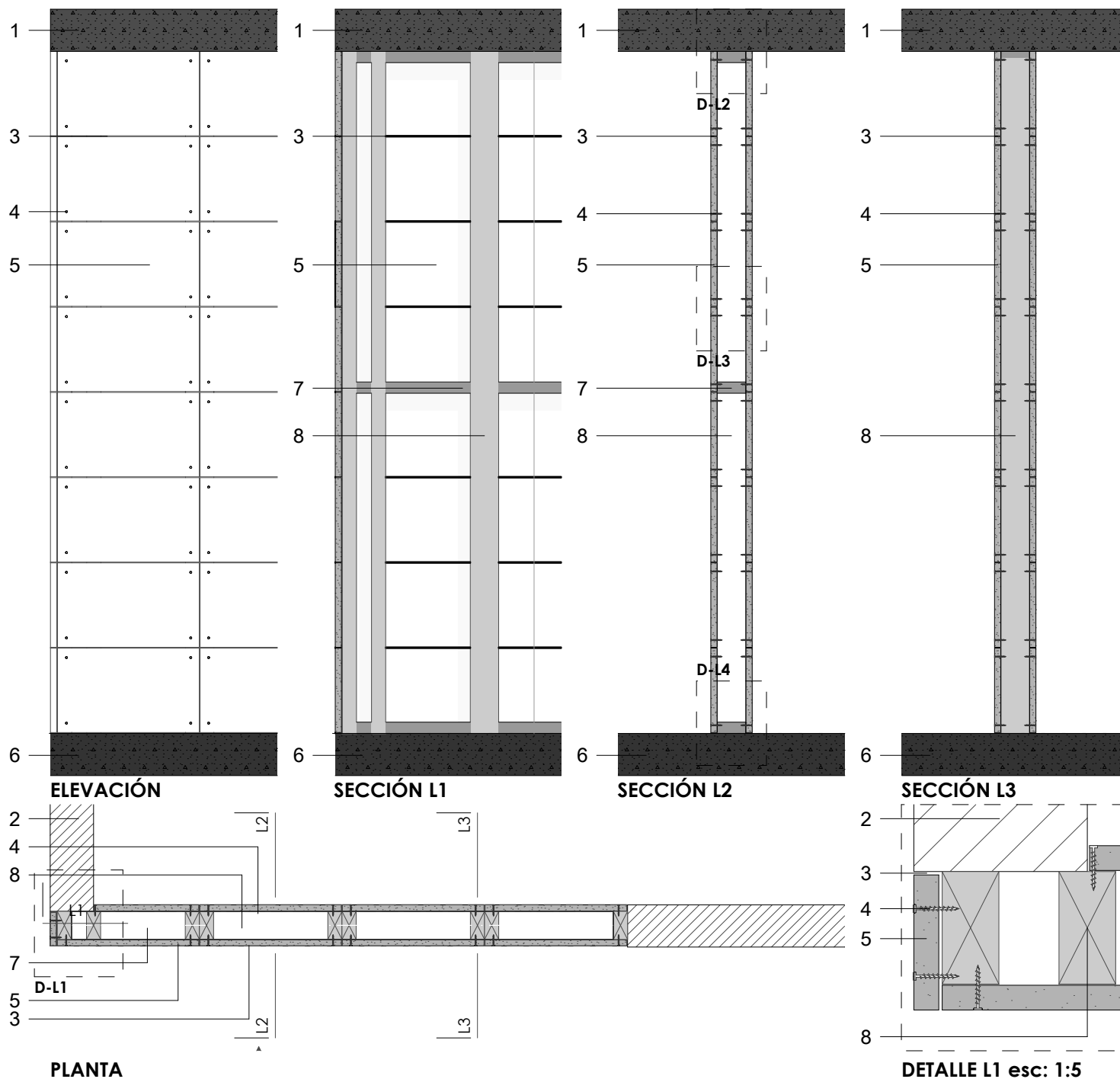
1. LOSA DE CUBIERTA
2. MAMPOSTERÍA
3. JUNTA 3mm.
4. TORNILLO 5/16" x 1 1/2"
5. PANEL PREFABRICADO DE TIERRA 50cm. x 30cm. x 2,2cm.
6. LOSA DE PISO
7. TIRA DE MADERA 4cm. x 10cm.
8. TIRA DE MADERA 5cm. x 10cm.



DETALLE K2 ESC: 1:5

DETALLE K3 ESC: 1:5

DETALLE K4 ESC: 1:5



DETALLE L esc:1:20

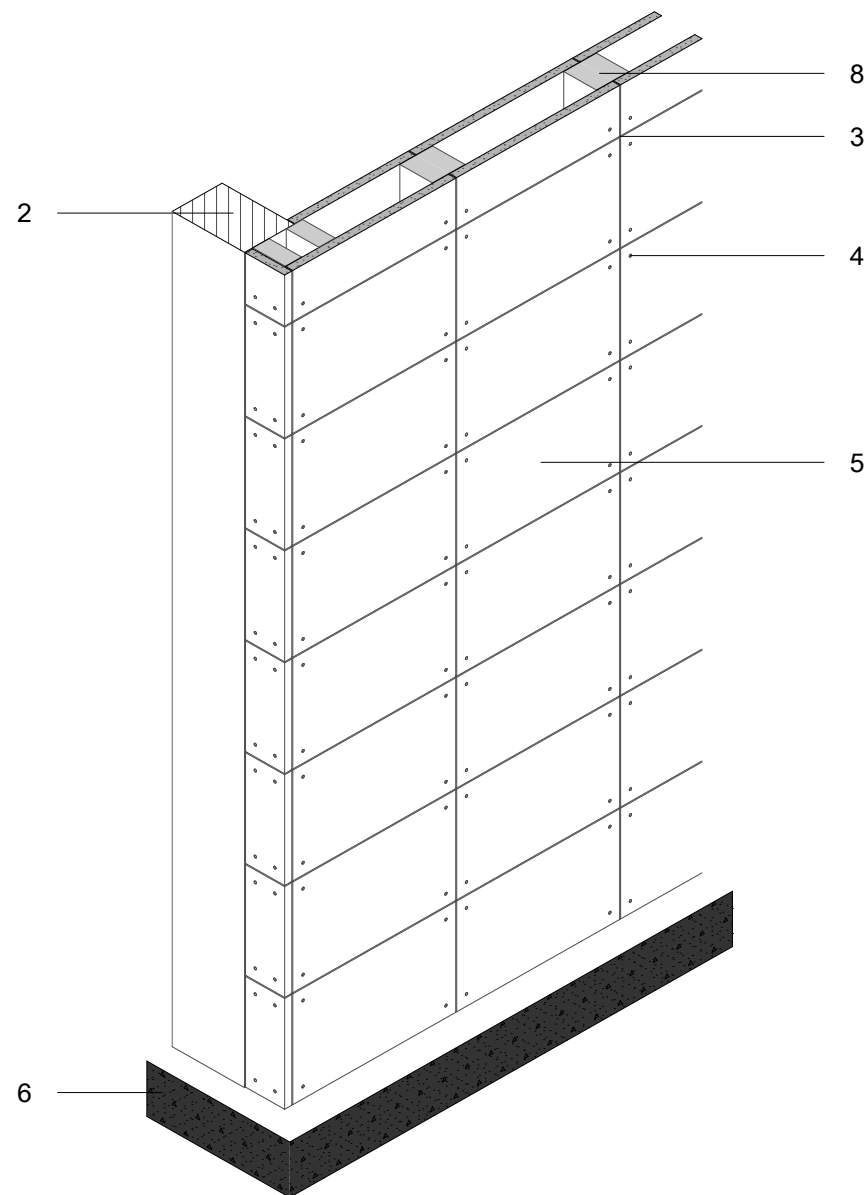
ESTRUCTURA DE MADERA -
ENCUENTRO DE ESQUINA

LEYENDA

1. LOSA DE CUBIERTA
2. MAMPOSTERÍA
3. JUNTA 3mm.
4. TORNILLO 5/16" x 1 1/2"
5. PANEL PREFABRICADO DE
TIERRA 50cm. x 30cm. x 2,2cm.
6. LOSA DE PISO
7. TIRA DE MADERA 4cm. x 10cm.
8. TIRA DE MADERA 5cm. x 10cm.

DETALLE L esc:1:20

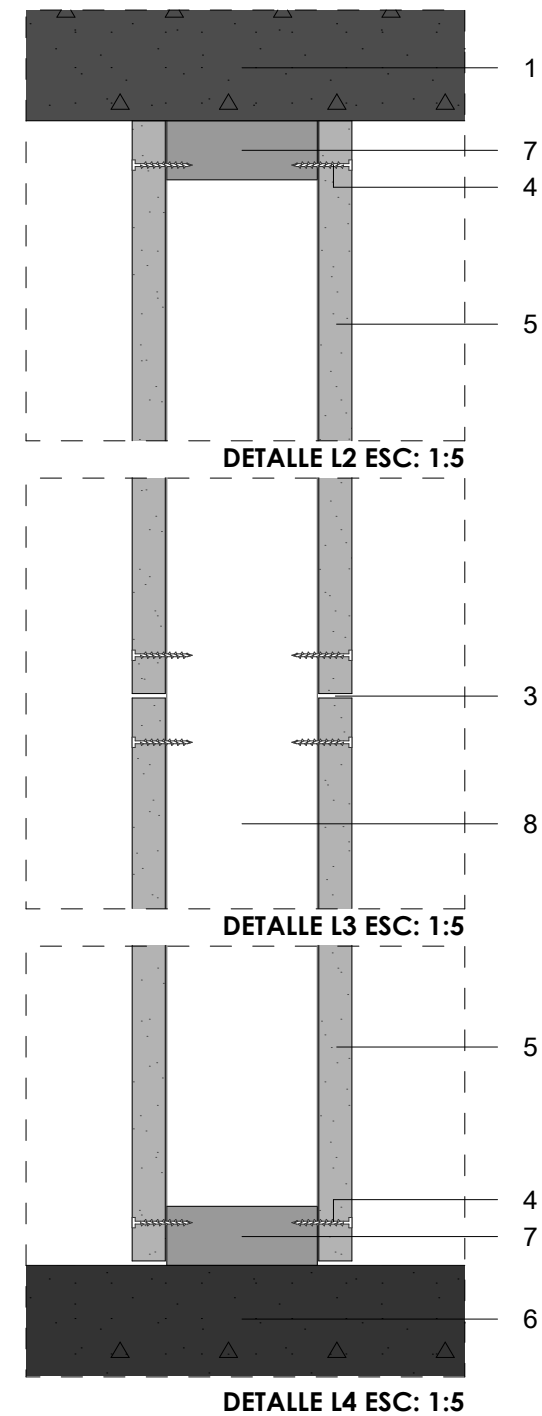
ESTRUCTURA DE MADERA -
ENCUENTRO DE ESQUINA

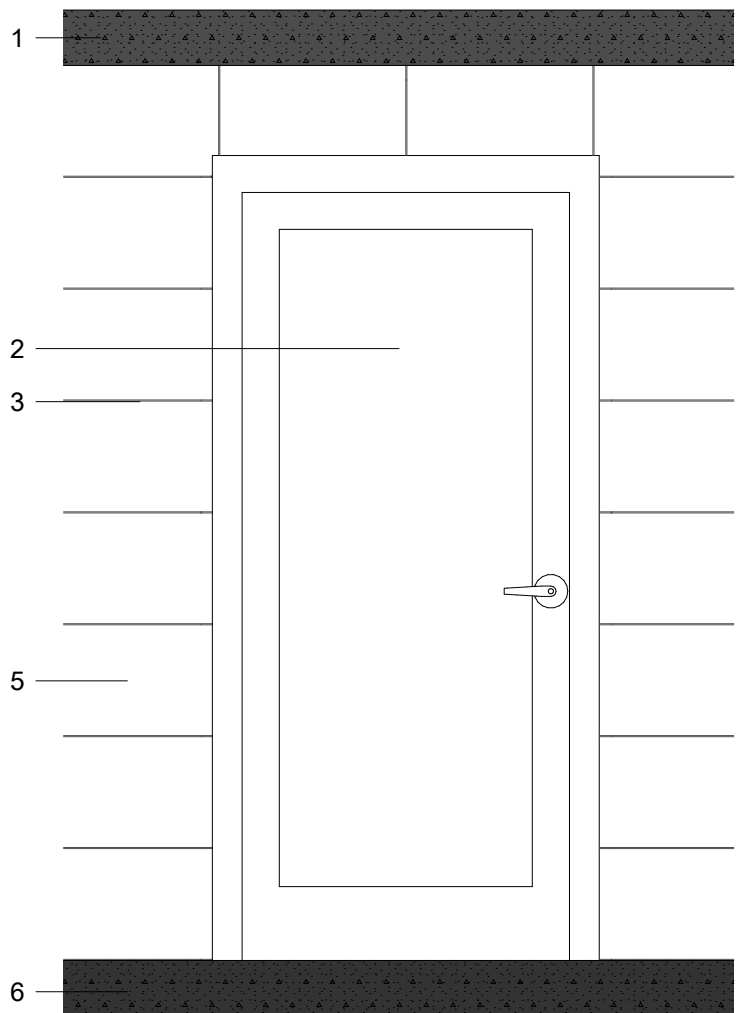


LEYENDA

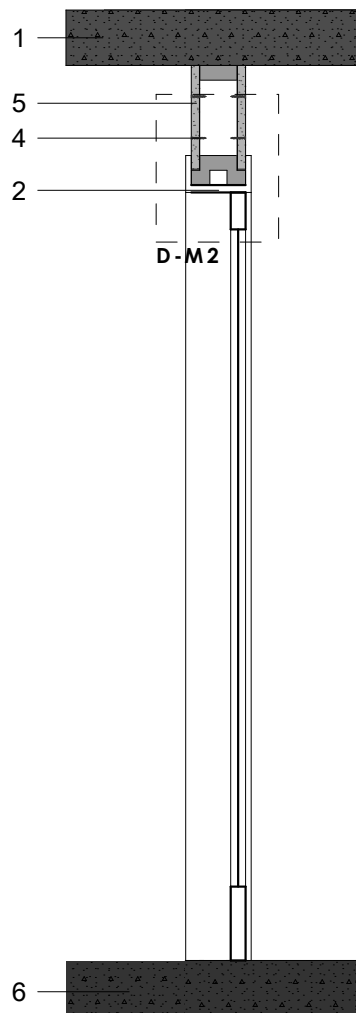
1. LOSA DE CUBIERTA
2. MAMPOSTERÍA
3. JUNTA 3mm.
4. TORNILLO 5/16" x 1 1/2"
5. PANEL PREFABRICADO DE TIERRA 50cm. x 30cm. x 2,2cm.
6. LOSA DE PISO
7. TIRA DE MADERA 4cm. x 10cm.
8. TIRA DE MADERA 5cm. x 10cm.

AXONOMETRIA

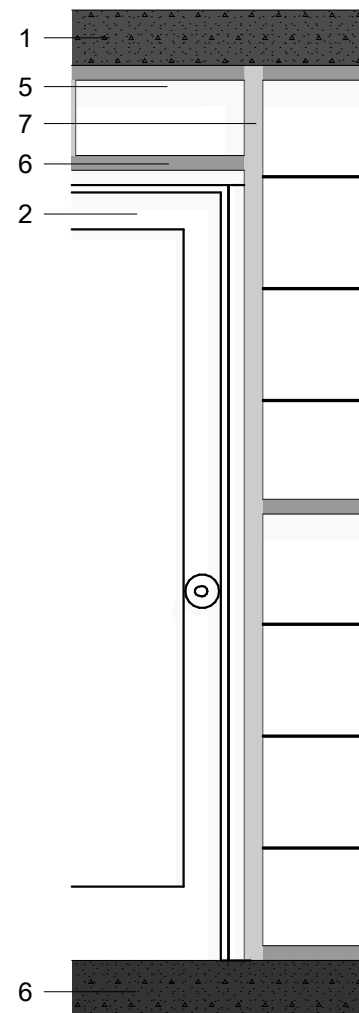




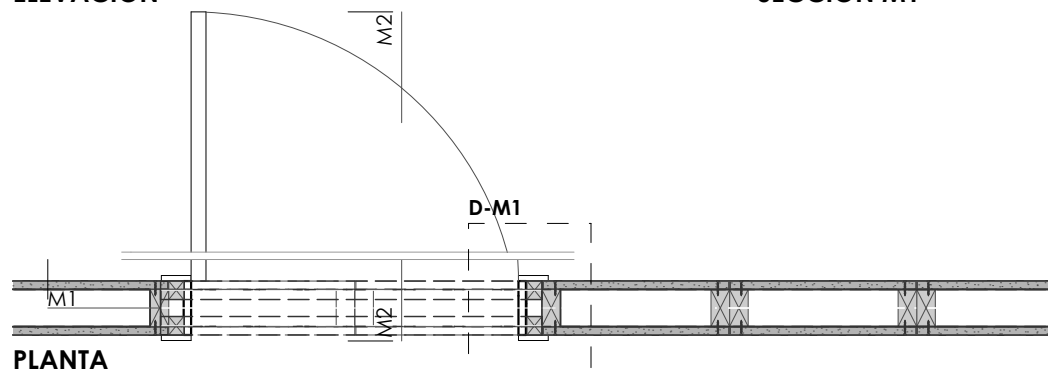
ELEVACIÓN



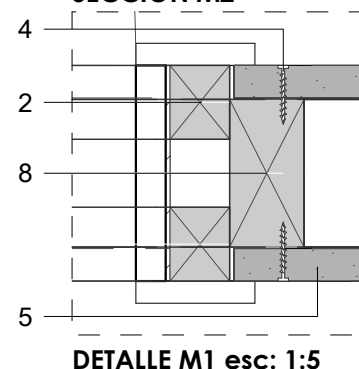
SECCIÓN M1



SECCIÓN M2



PLANTA



DETALLE M1 esc: 1:5

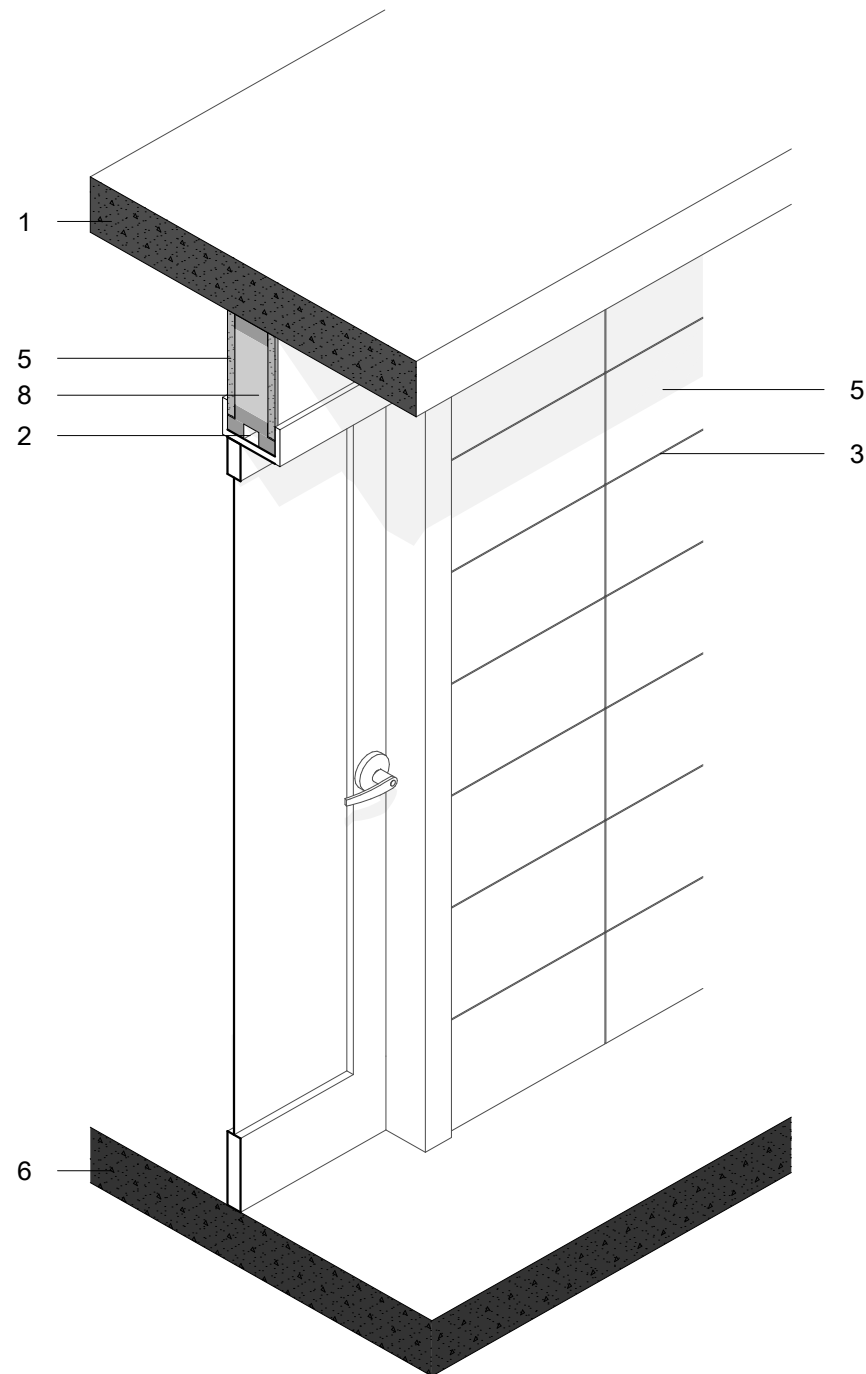
DETALLE M esc:1:20

ESTRUCTURA DE MADERA - PUERTA

LEYENDA

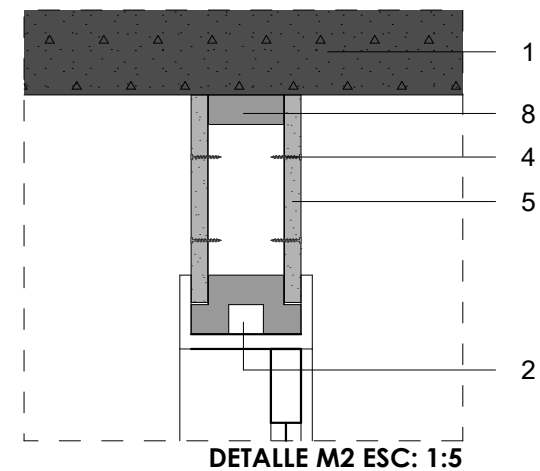
1. LOSA DE CUBIERTA
2. MAMPOSTERÍA
3. JUNTA 3mm.
4. TORNILLO 5/16" x 1 1/2"
5. PANEL PREFABRICADO DE TIERRA 50cm. x 30cm. x 2,2cm.
6. LOSA DE PISO
7. TIRA DE MADERA 4cm. x 10cm.
8. TIRA DE MADERA 5cm. x 10cm.

DETALLE M esc:1:20
ESTRUCTURA DE MADERA - PUERTA

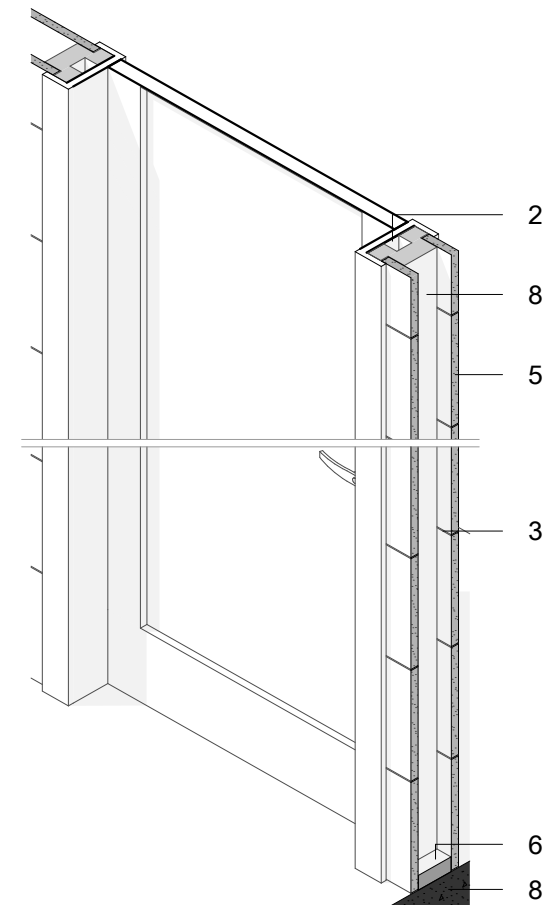


AXONOMETRIA

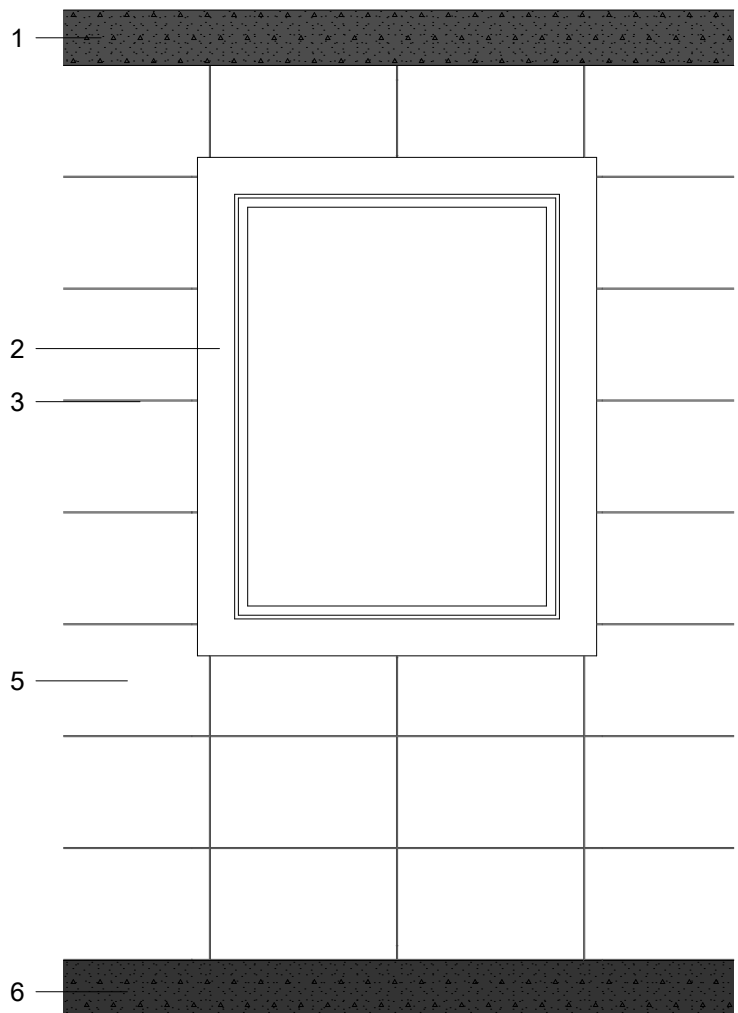
- LEYENDA
- 1. LOSA DE CUBIERTA
 - 2. MAMPOSTERÍA
 - 3. JUNTA 3mm.
 - 4. TORNILLO 5/16" x 1 1/2"
 - 5. PANEL PREFABRICADO DE TIERRA 50cm. x 30cm. x 2,2cm.
 - 6. LOSA DE PISO
 - 7. TIRA DE MADERA 4cm. x 10cm.
 - 8. TIRA DE MADERA 5cm. x 10cm.



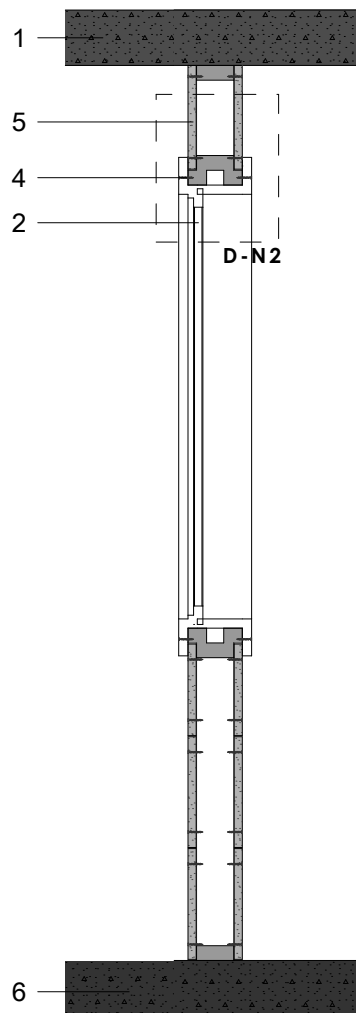
DETALLE M2 ESC: 1:5



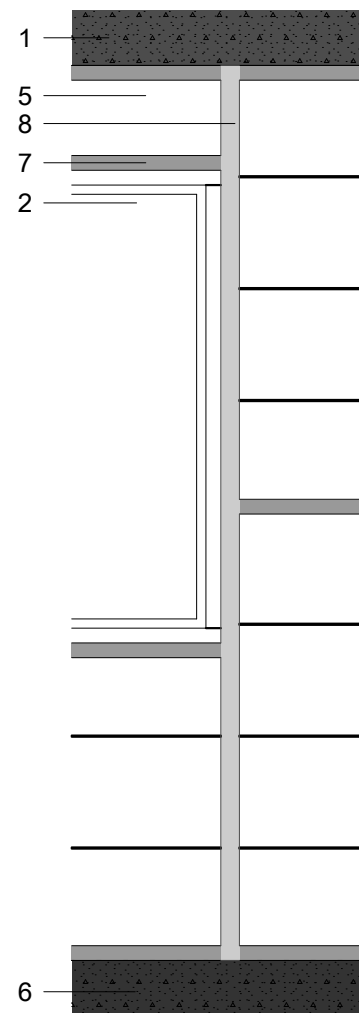
AXONOMETRIA



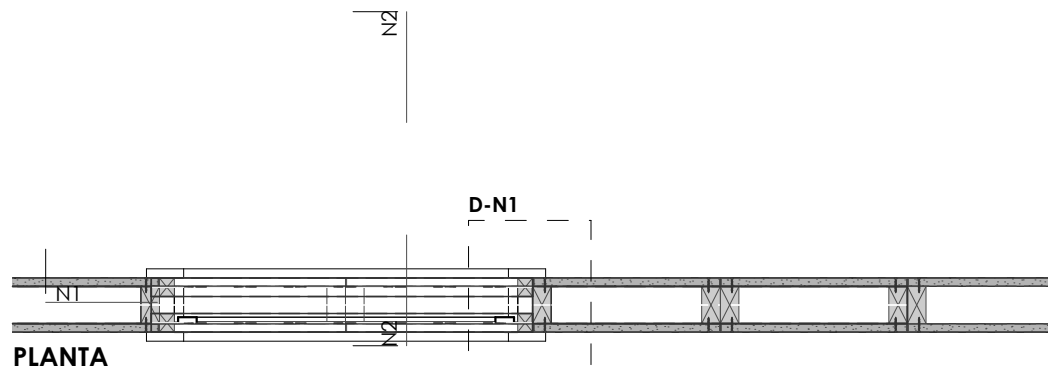
ELEVACIÓN



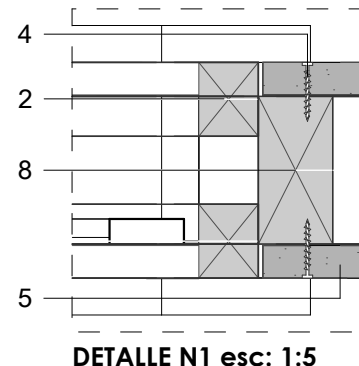
SECCIÓN N1



SECCIÓN N2



PLANTA



DETALLE N1 esc: 1:5

DETALLE N esc:1:20

ESTRUCTURA DE MADERA - VENTANA

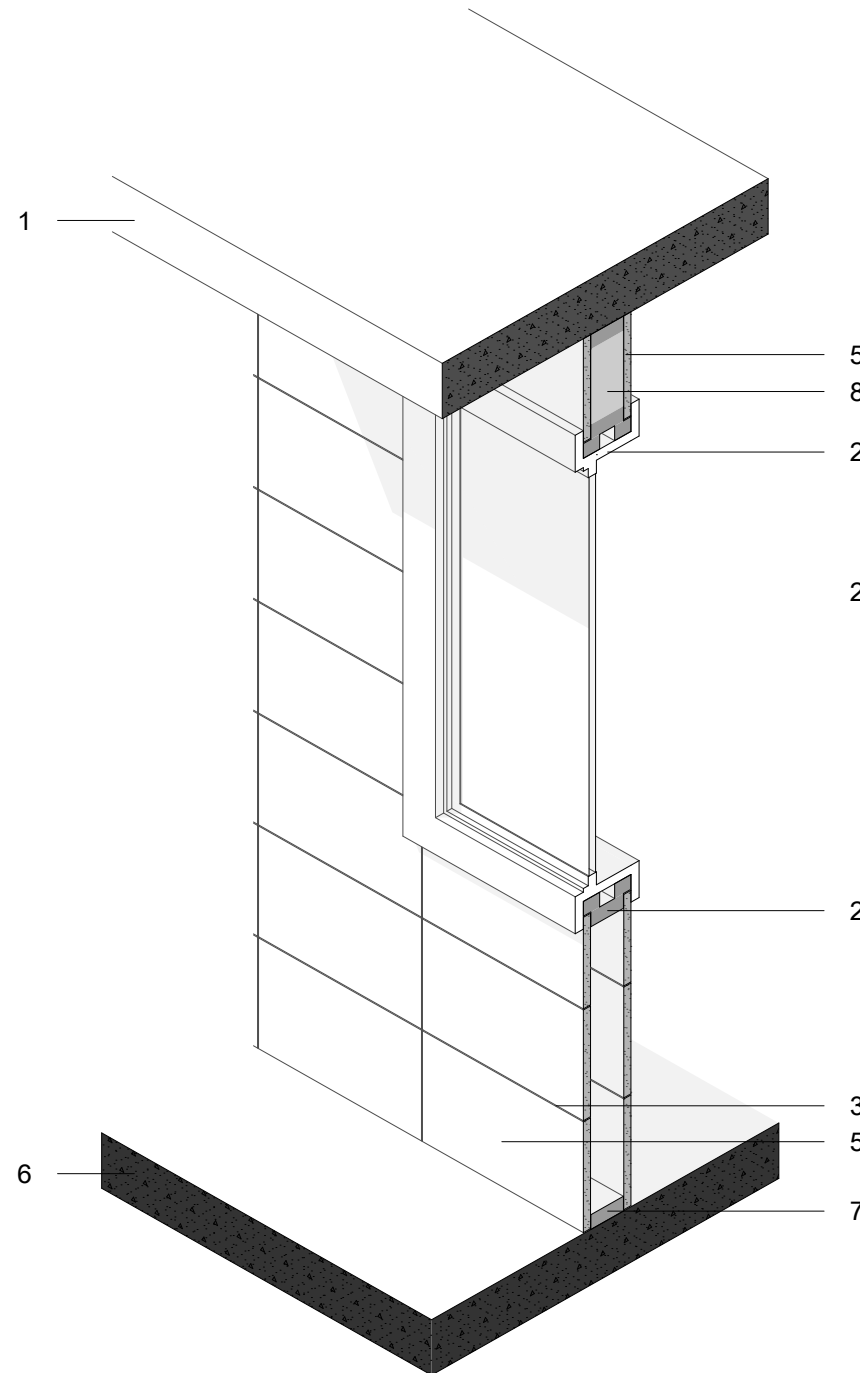
LEYENDA

1. LOSA DE CUBIERTA
2. MAMPOSTERÍA
3. JUNTA 3mm.
4. TORNILLO 5/16" x 1 1/2"
5. PANEL PREFABRICADO DE TIERRA 50cm. x 30cm. x 2,2cm.
6. LOSA DE PISO
7. TIRA DE MADERA 4cm. x 10cm.
8. TIRA DE MADERA 5cm. x 10cm.

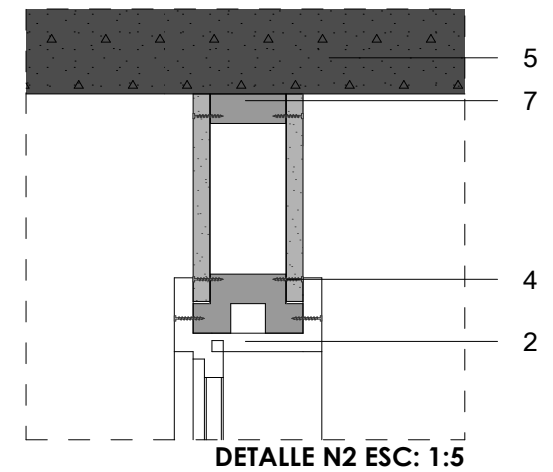
DETALLE N esc:1:20
ESTRUCTURA DE MADERA - VENTANA

LEYENDA

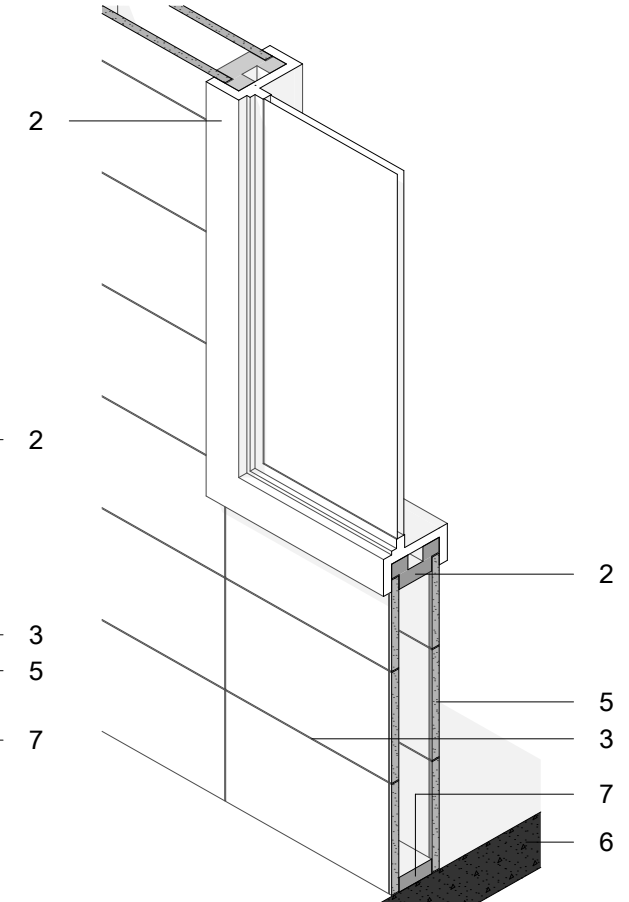
1. LOSA DE CUBIERTA
2. MAMPOSTERÍA
3. JUNTA 3mm.
4. TORNILLO 5/16" x 1 1/2"
5. PANEL PREFABRICADO DE TIERRA 50cm. x 30cm. x 2,2cm.
6. LOSA DE PISO
7. TIRA DE MADERA 4cm. x 10cm.
8. TIRA DE MADERA 5cm. x 10cm.



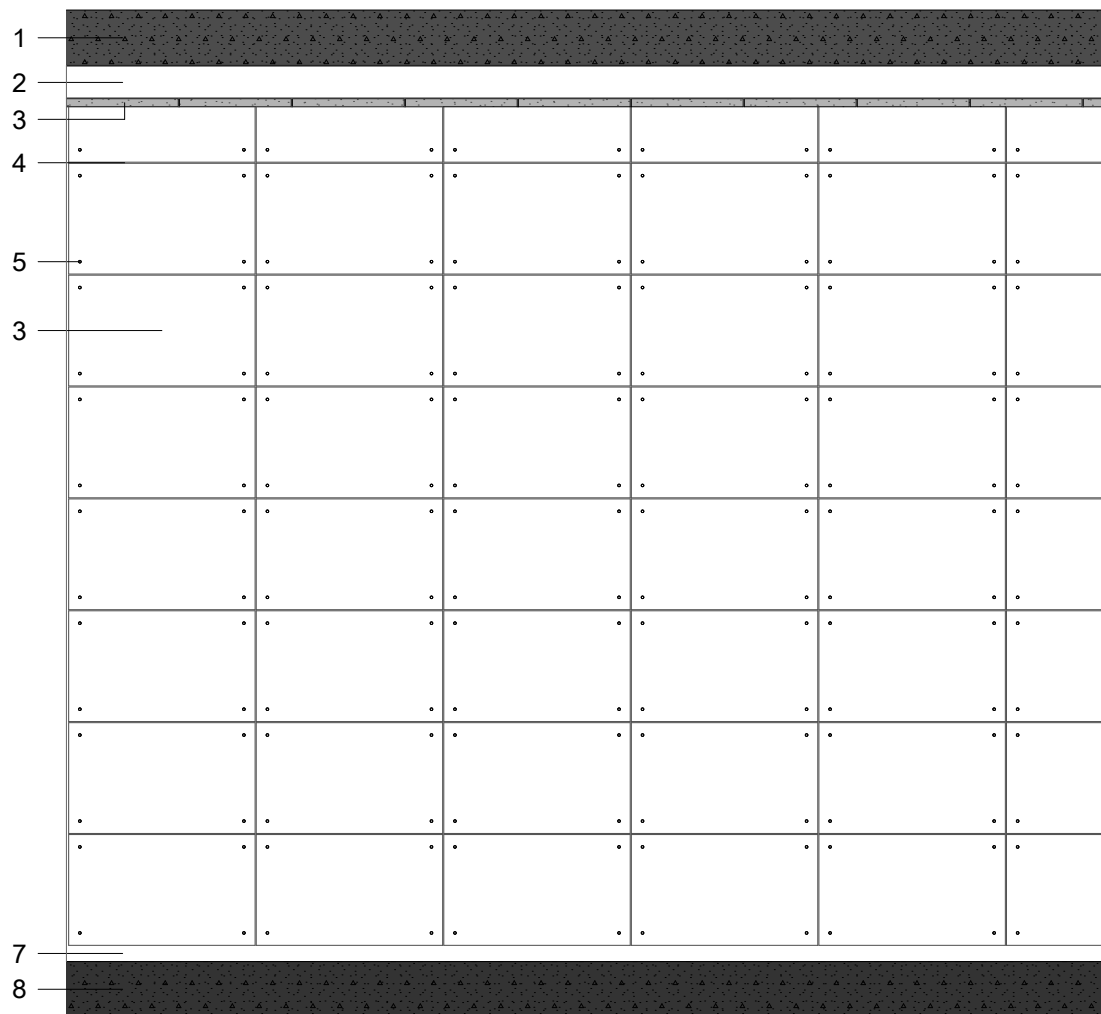
AXONOMETRIA



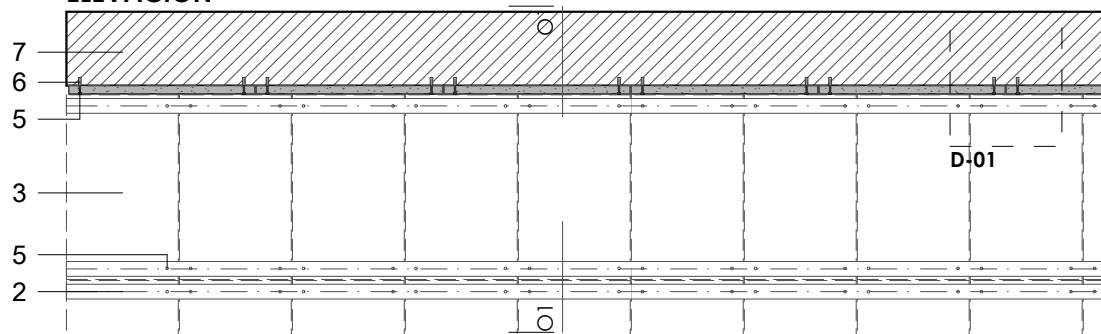
DETALLE N2 ESC: 1:5



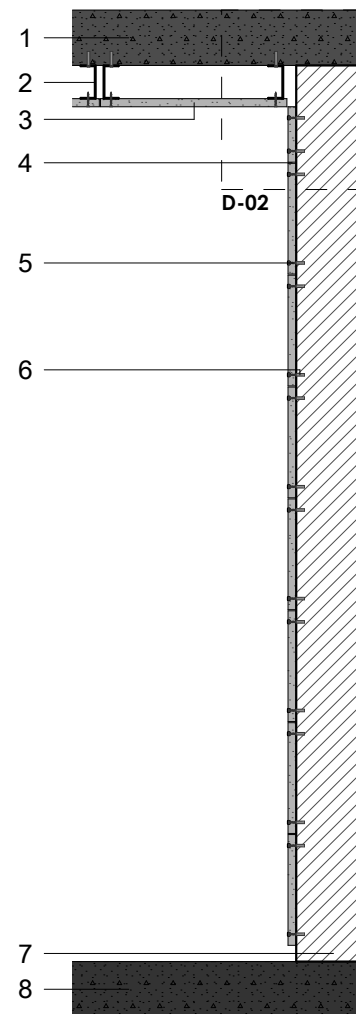
AXONOMETRIA



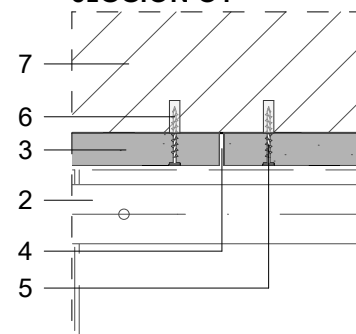
ELEVACIÓN



PLANTA



SECCIÓN O1



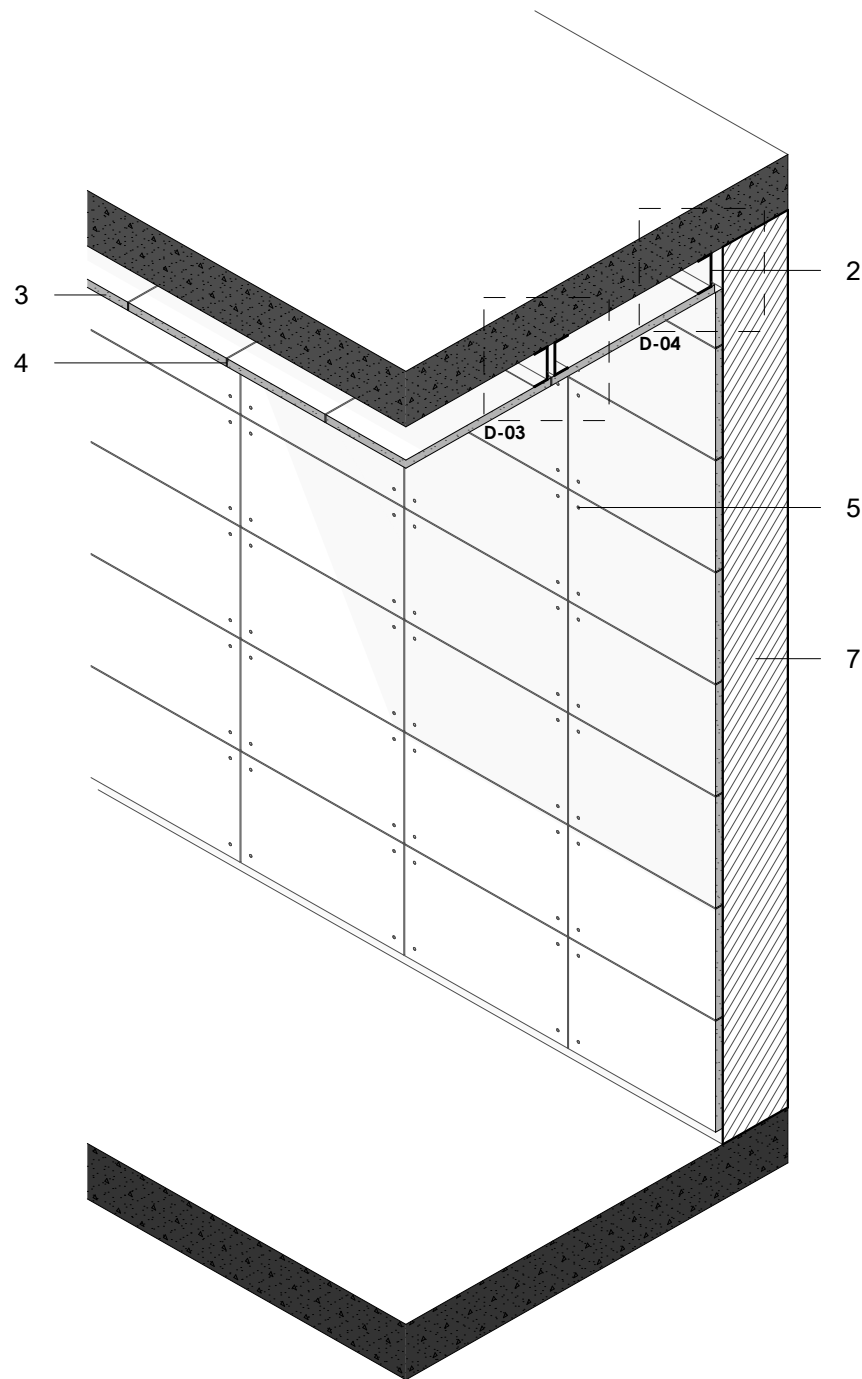
DETALLE O1 esc: 1:5

DETALLE O esc:1:20
CIELO RASO - MAMPOSTERÍA

LEYENDA

1. LOSA DE CUBIERTA
2. (CANAL) PERFIL METÁLICO "C"
40mm. x 90mm. e=2mm.
3. PANEL PREFABRICADO DE
TIERRA 50cm. x 30cm. x 2,2cm.
4. JUNTA 3mm.
5. TORNILLO 5/16" x 1 1/2"
6. TACO FISHER PARA
TORNILLO DE 5/16" x 1 1/2"
7. MAMPOSTERÍA
8. LOSA DE PISO

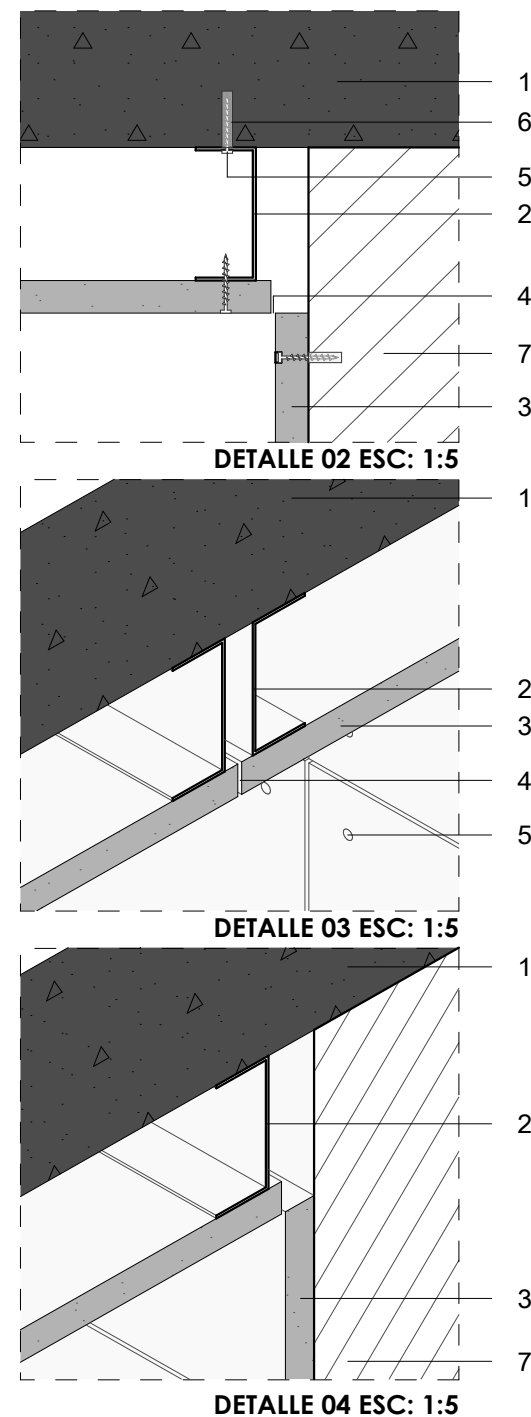
DETALLE O esc:1:20
CIELO RASO - MAMPOSTERÍA

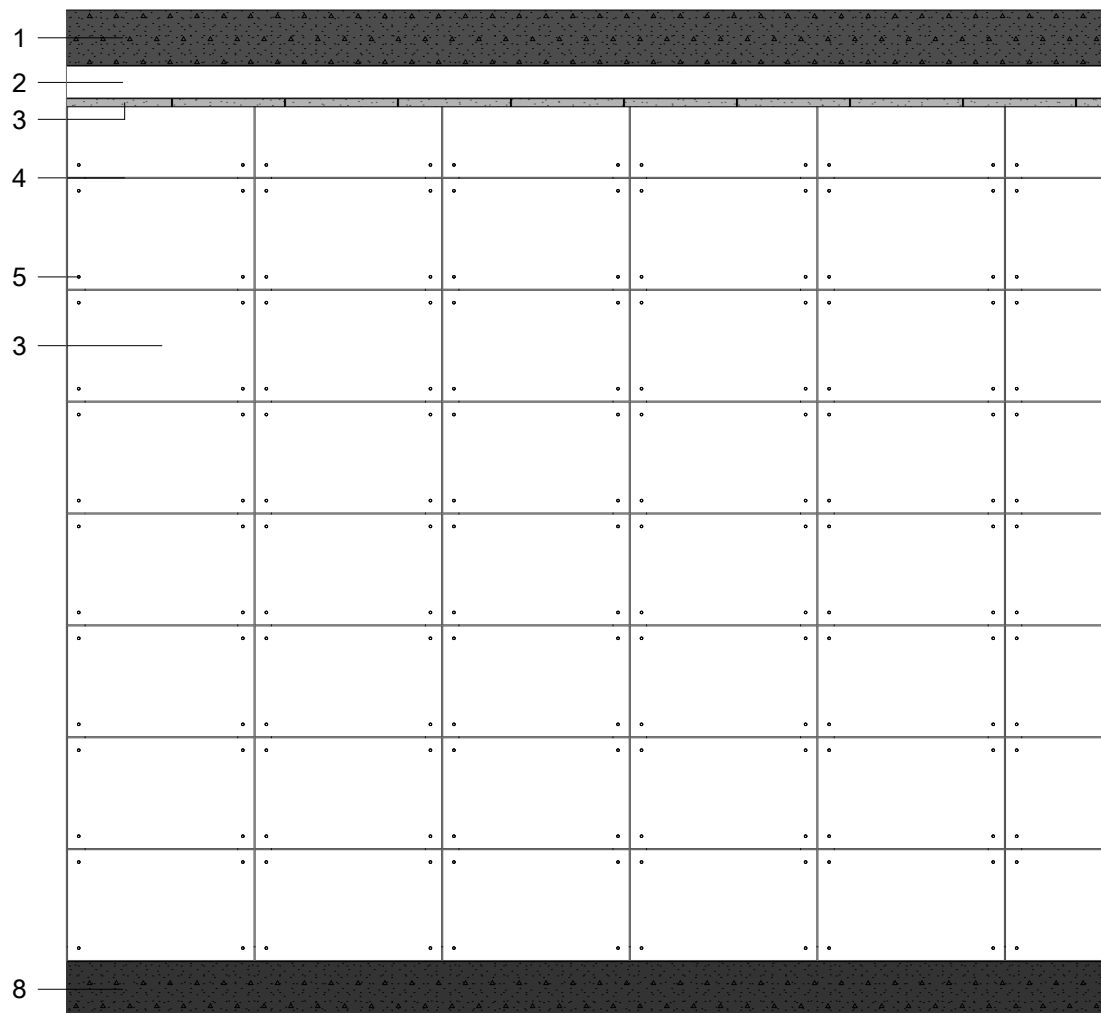


AXONOMETRIA

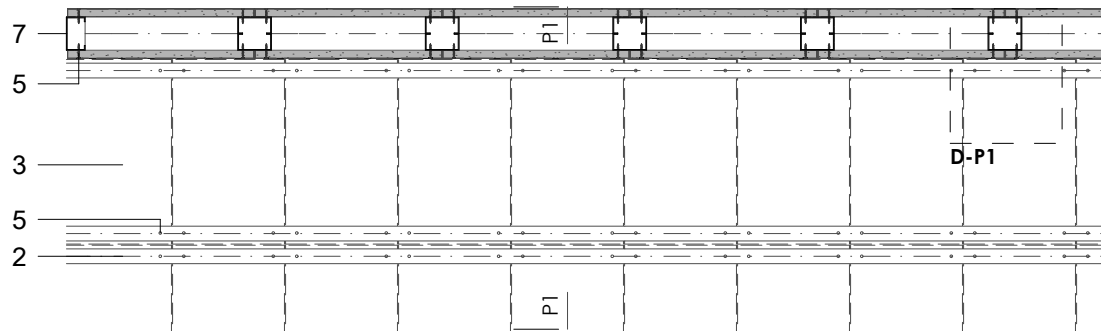
LEYENDA

1. LOSA DE CUBIERTA
2. (CANAL) PERFIL METÁLICO "C"
40mm. x 90mm. e=2mm.
3. PANEL PREFABRICADO DE
TIERRA 50cm. x 30cm. x 2,2cm.
4. JUNTA 3mm.
5. TORNILLO 5/16" x 1 1/2"
6. TACO FISHER PARA
TORNILLO DE 5/16" x 1 1/2"
7. MAMPOSTERÍA
8. LOSA DE PISO

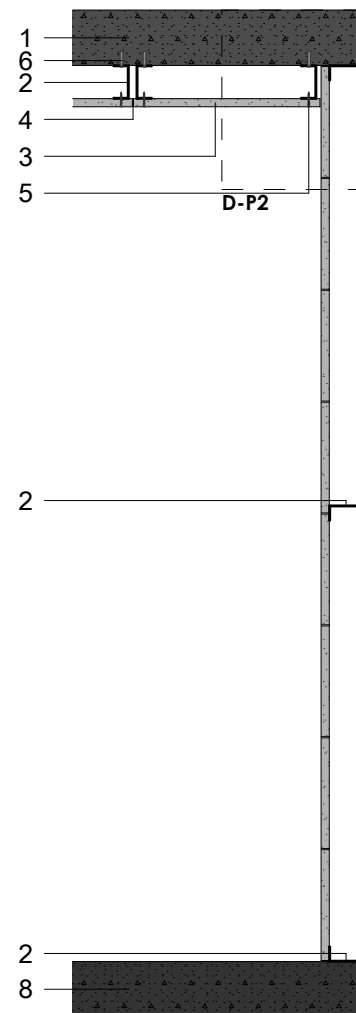




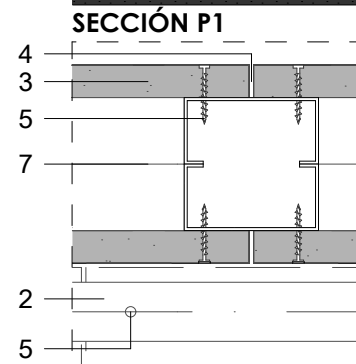
ELEVACIÓN



PLANTA



D-P2



SECCIÓN P1

DETALLE P1 esc: 1:5

DETALLE P esc:1:20

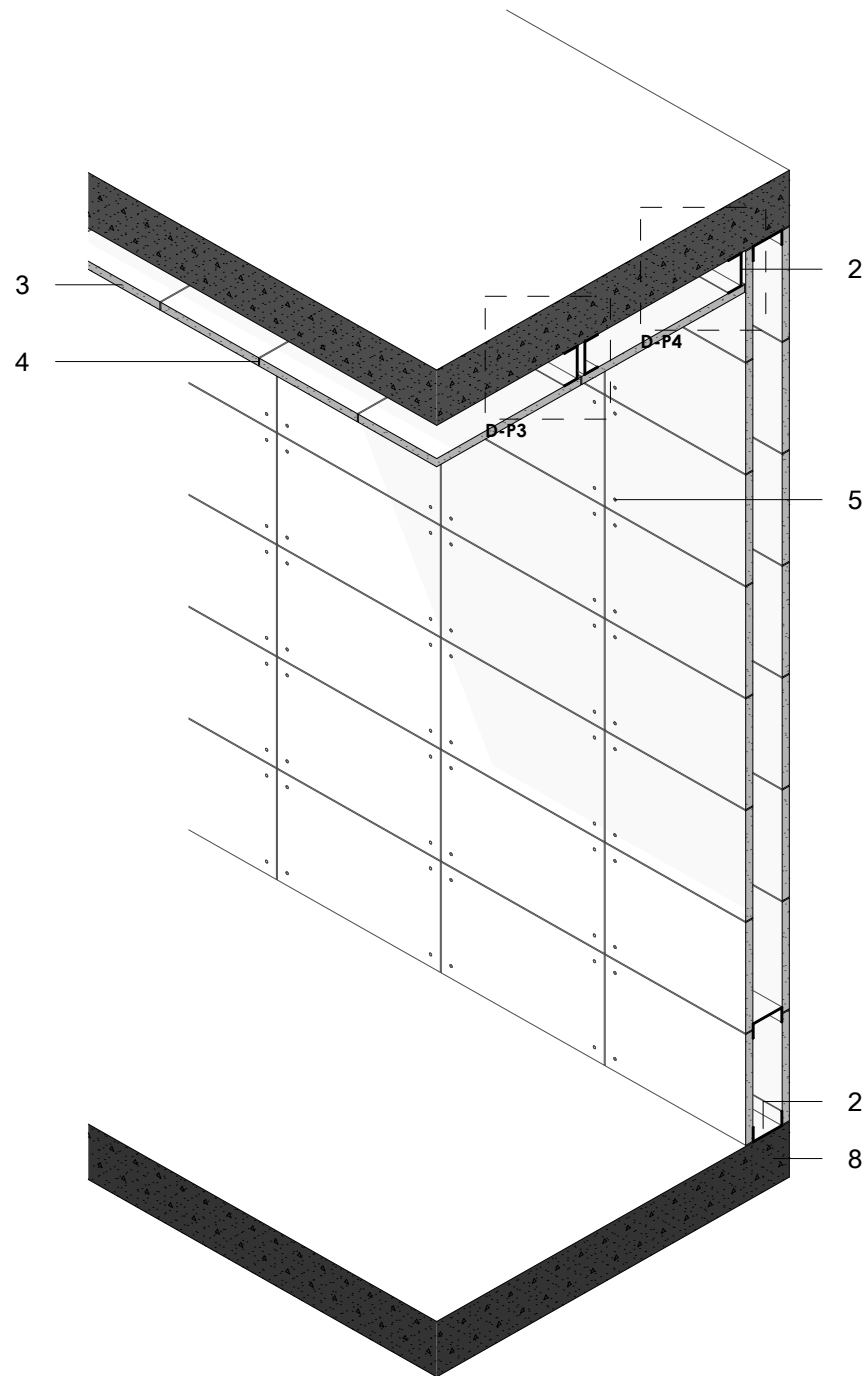
CIELO RASO - ESTRUCTURA METÁLICA

LEYENDA

1. LOSA DE CUBIERTA
2. (CANAL) PERFIL METÁLICO "C"
40mm. x 90mm. e=2mm.
3. PANEL PREFABRICADO DE
TIERRA 50cm. x 30cm. x 2,2cm.
4. JUNTA 3mm.
5. TORNILLO 5/16" x 1 1/2"
6. TACO FISHER PARA
TORNILLO DE 5/16" x 1 1/2"
7. MAMPOSTERÍA
8. LOSA DE PISO

DETALLE P esc:1:20

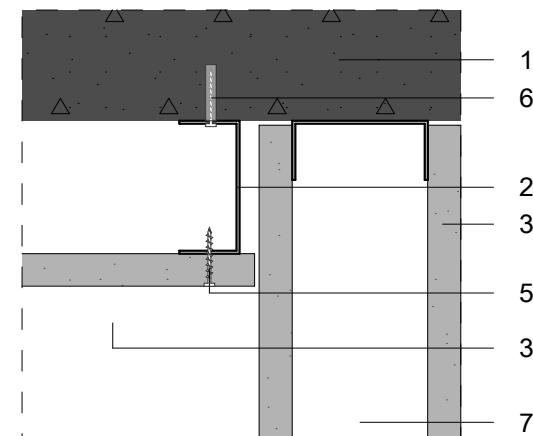
CIELO RASO - ESTRUCTURA METALICA



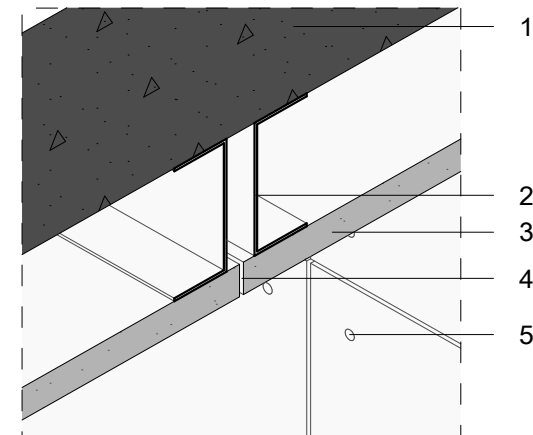
AXONOMETRIA

LEYENDA

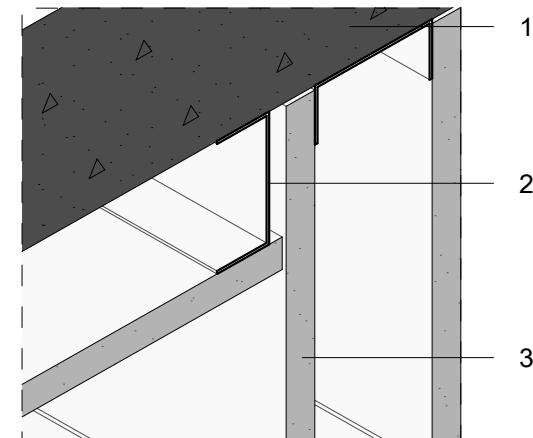
1. LOSA DE CUBIERTA
2. (CANAL) PERFIL METÁLICO "C"
40mm. x 90mm. e=2mm.
3. PANEL PREFABRICADO DE
TIERRA 50cm. x 30cm. x 2,2cm.
4. JUNTA 3mm.
5. TORNILLO 5/16" x 1 1/2"
6. TACO FISHER PARA
TORNILLO DE 5/16" x 1 1/2"
7. MAMPOSTERÍA
8. LOSA DE PISO



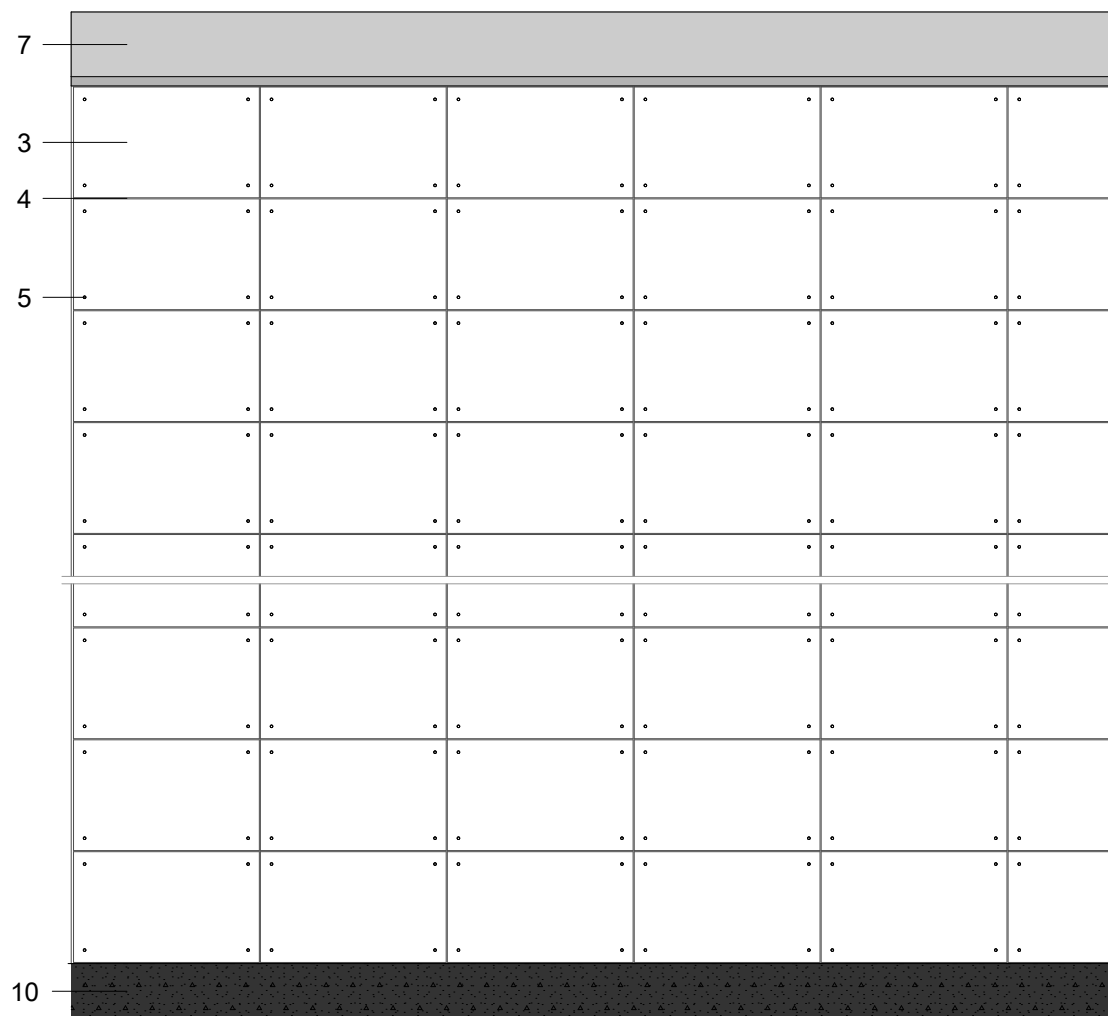
DETALLE P2 ESC: 1:5



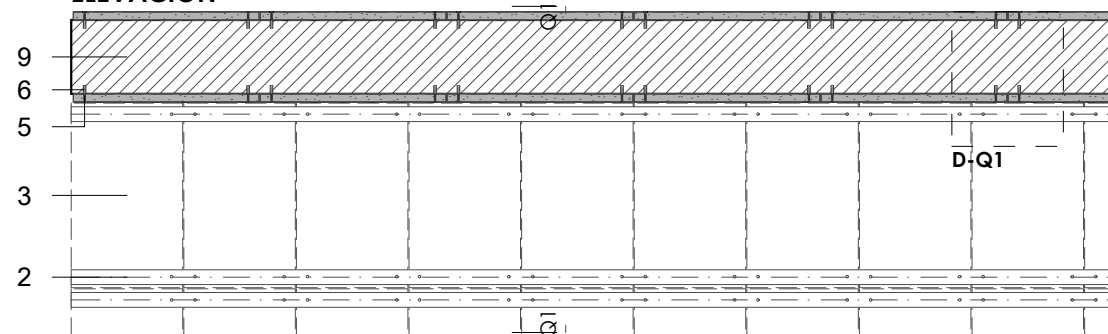
DETALLE P3 ESC: 1:5



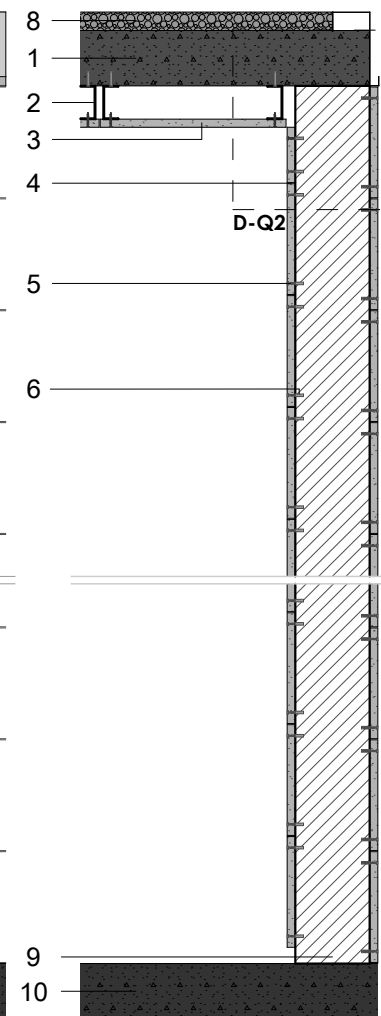
DETALLE P4 ESC: 1:5



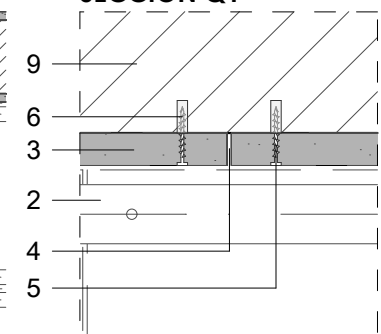
ELEVACIÓN



PLANTA



SECCIÓN Q1



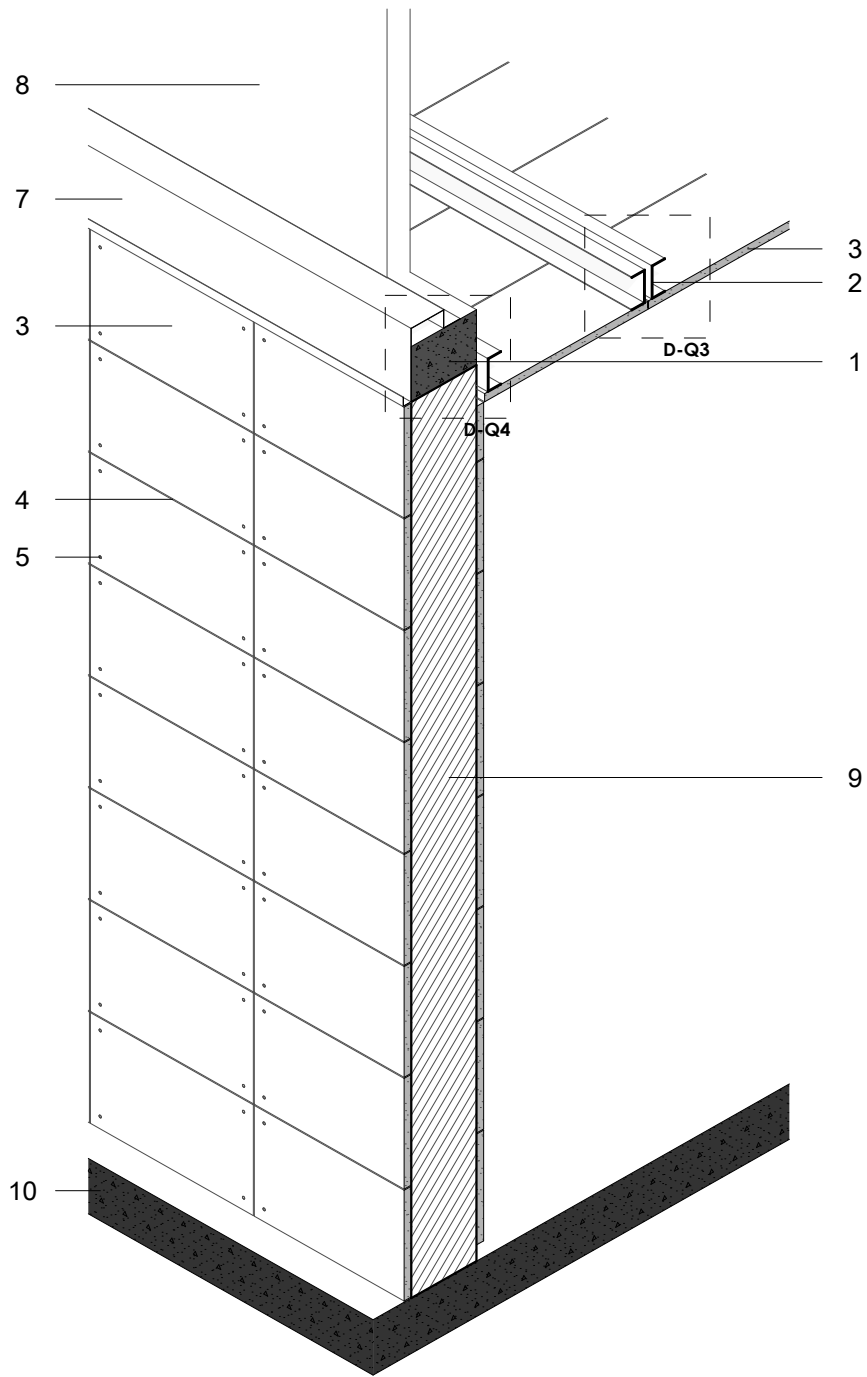
DETALLE Q1 esc: 1:5

DETALLE Q esc:1:20
GOTERÓN - MAMPOSTERÍA

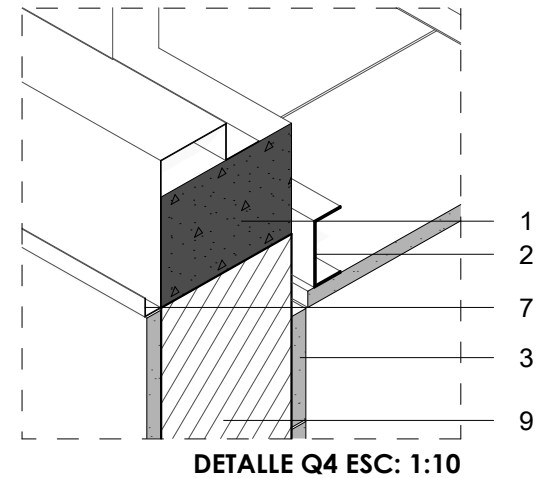
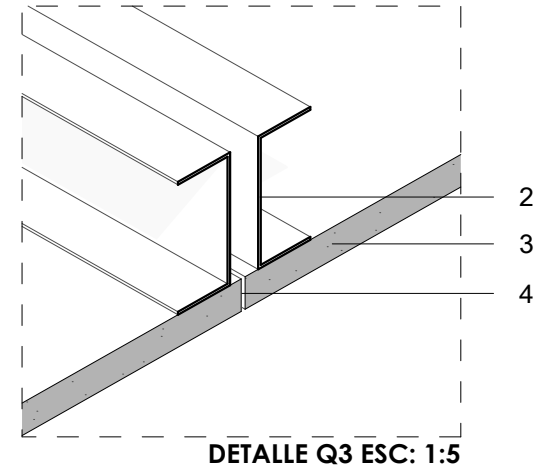
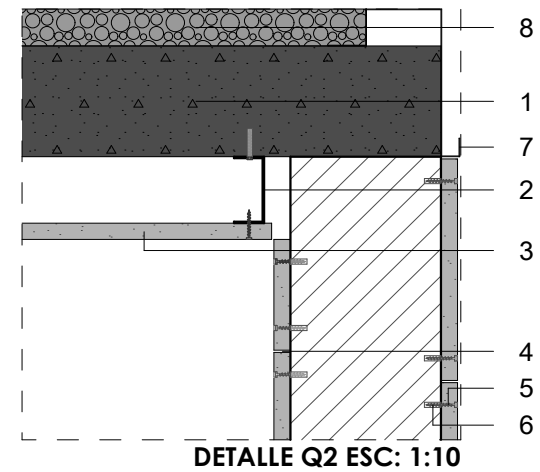
LEYENDA

1. LOSA DE CUBIERTA
2. (CANAL) PERFIL METÁLICO "C"
40mm. x 90mm. e=2mm.
3. PANEL PREFABRICADO DE
TIERRA 50cm. x 30cm. x 2,2cm.
4. JUNTA 3mm.
5. TORNILLO 5/16" x 1 1/2"
6. TACO FISHER PARA
TORNILLO DE 5/16" x 1 1/2"
7. GOTERÓN METÁLICO
8. GRAVA
9. MAMPOSTERÍA
10. LOSA DE PISO

GOTERÓN - MAMPOSTERÍA

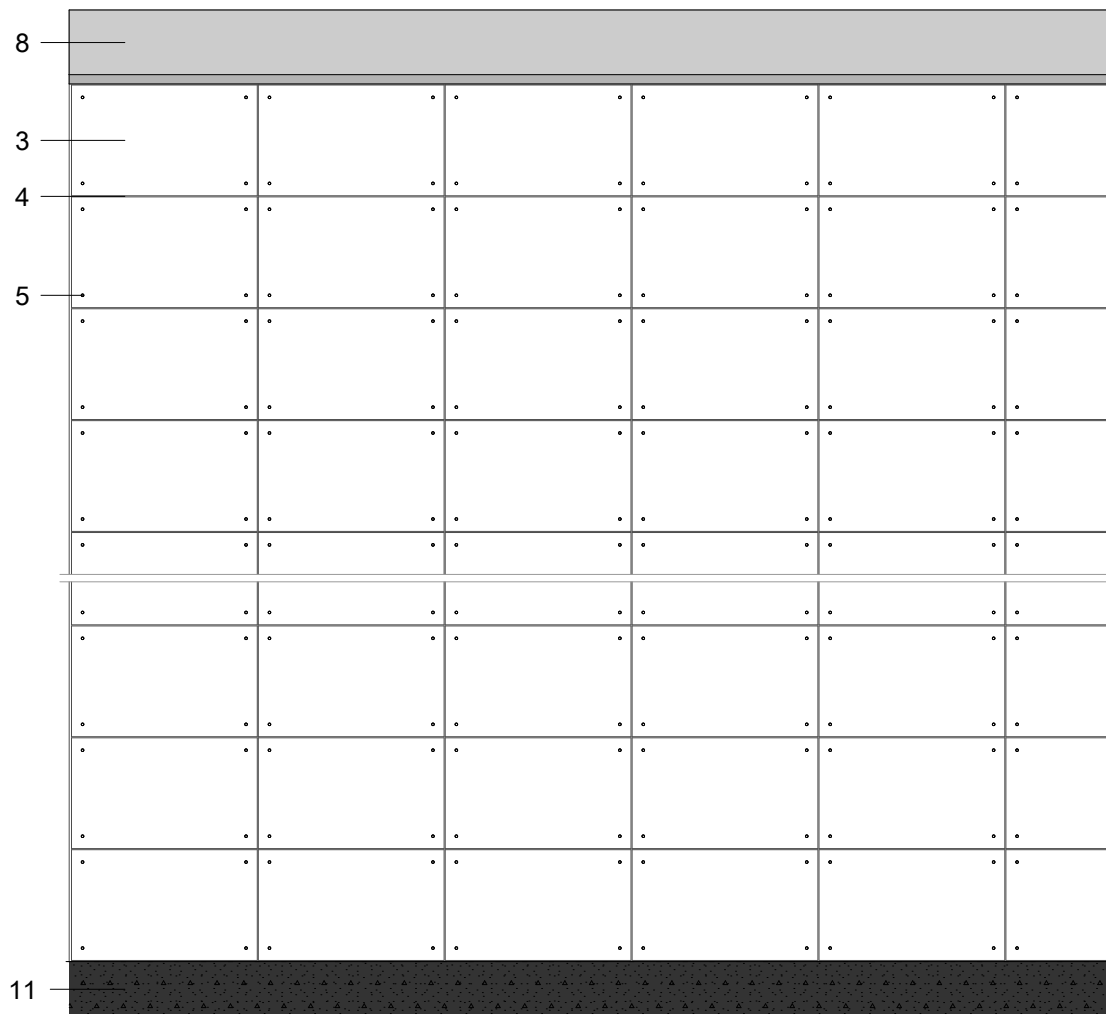


AXONOMETRIA

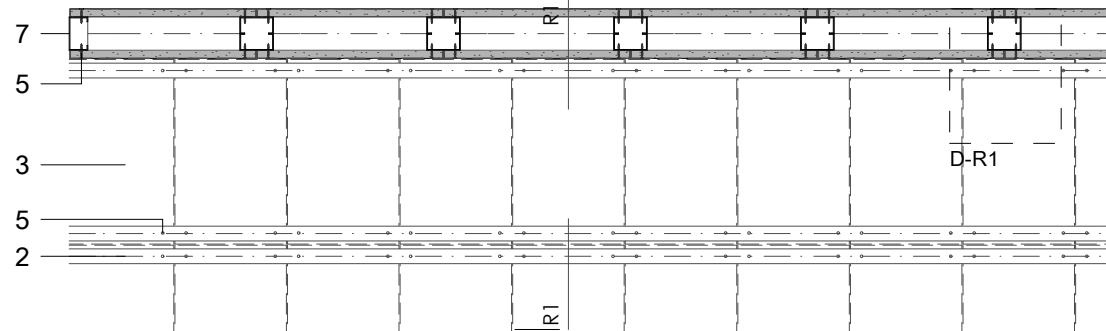


- ### LEYENDA

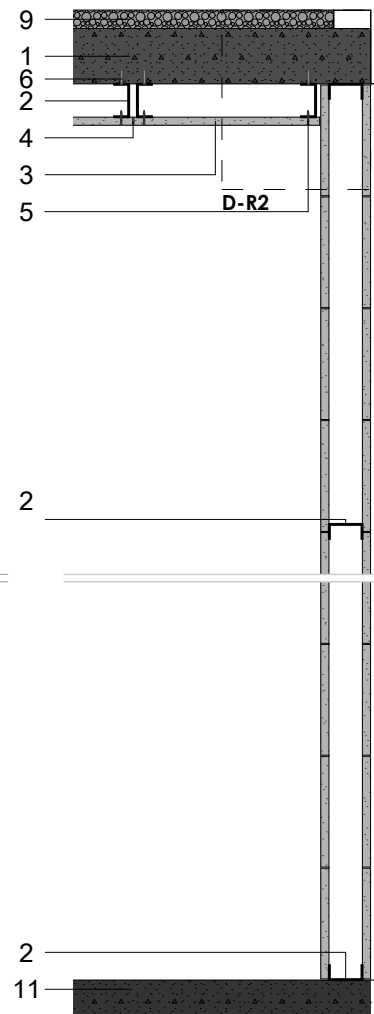
1. LOSA DE CUBIERTA
2. (CANAL) PERFIL METÁLICO "C"
40mm. x 90mm. e=2mm.
3. PANEL PREFABRICADO DE
TIERRA 50cm. x 30cm. x 2,2cm.
4. JUNTA 3mm.
5. TORNILLO 5/16" x 1 1/2"
6. TACO FISHER PARA
TORNILLO DE 5/16" x 1 1/2"
7. GOTERÓN METÁLICO
8. GRAVA
9. MAMPOSTERÍA
10. LOSA DE PISO



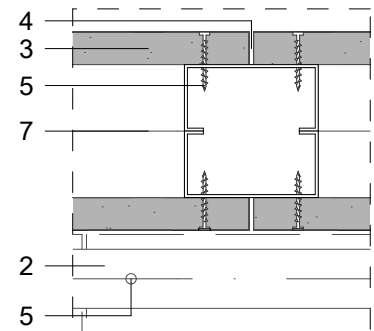
ELEVACIÓN



PLANTA



SECCIÓN R1



DETALLE R1 esc: 1:5

DETALLE R esc:1:20

GOTERÓN - ESTRUCTURA METÁLICA

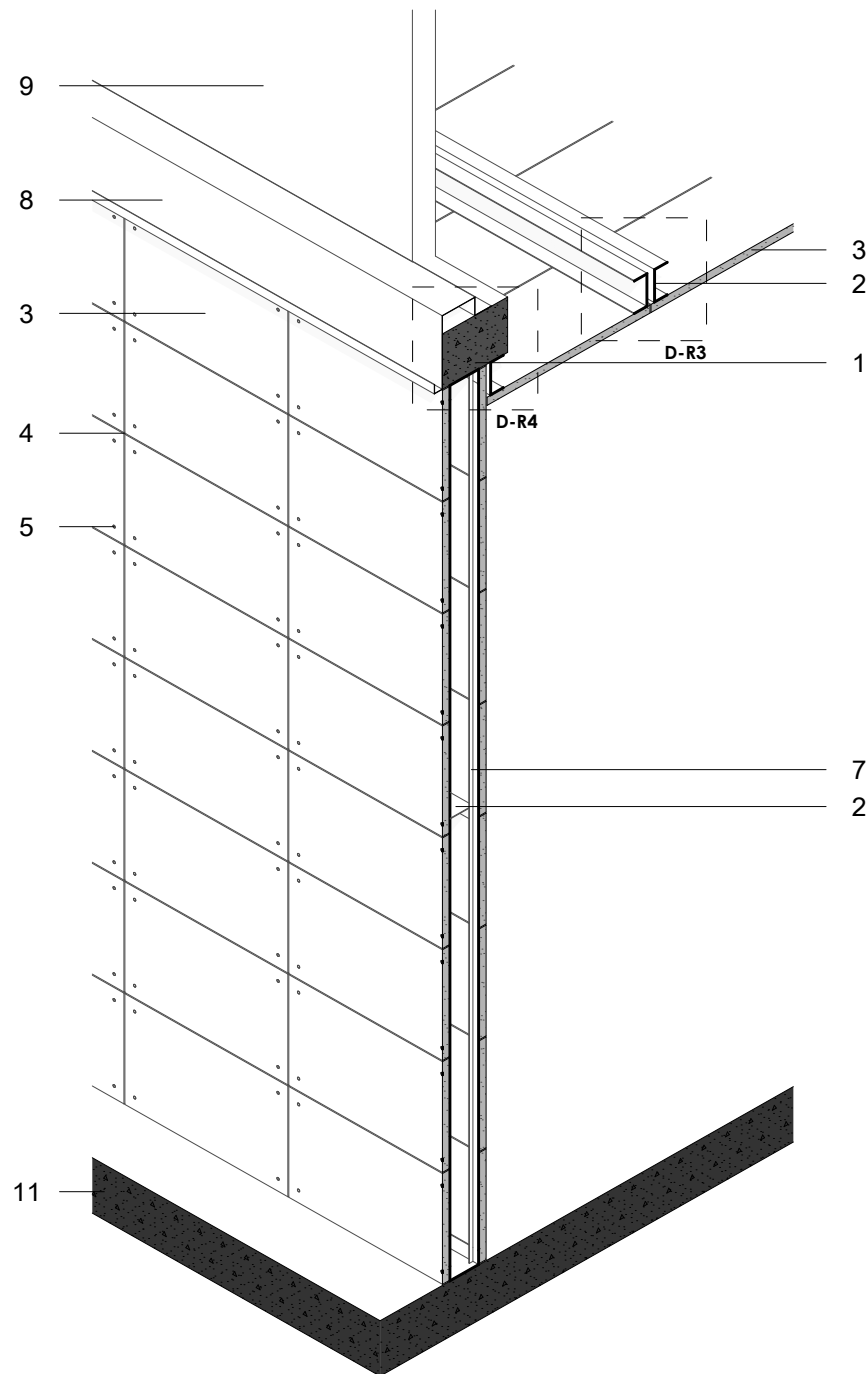
LEYENDA

1. LOSA DE CUBIERTA
2. (CANAL) PERFIL METÁLICO "C"
40mm. x 90mm. e=2mm.
3. PANEL PREFABRICADO DE
TIERRA 50cm. x 30cm. x 2,2cm.
4. JUNTA 3mm.
5. TORNILLO 5/16" X 1 1/2"
6. TACO FISHER PARA
TORNILLO DE 5/16" X 1 1/2"
7. (PARANTE) PERFIL METÁLICO
"G" 45mm. x 90mm. e=2mm.
8. GOTERÓN METÁLICO
9. GRAVA
10. MAMPOSTERÍA
11. .LOSA DE PISO

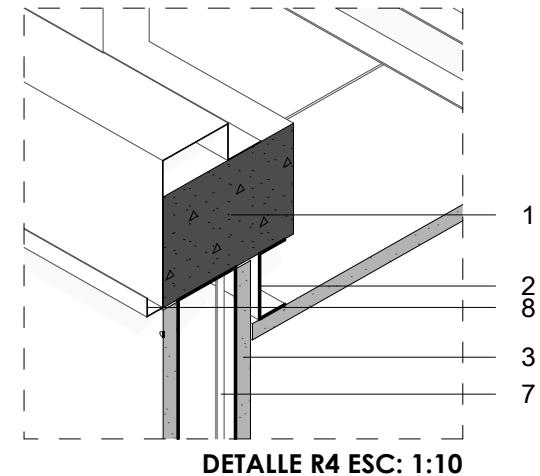
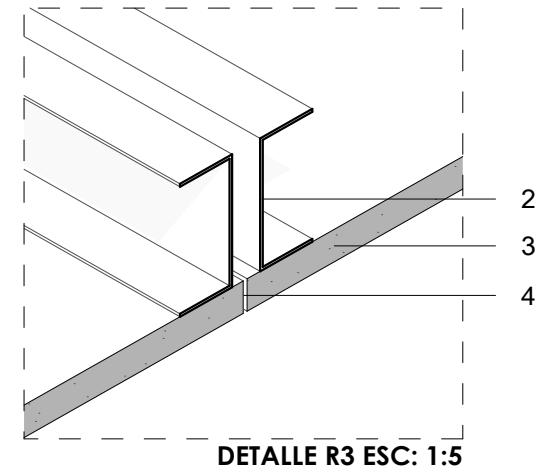
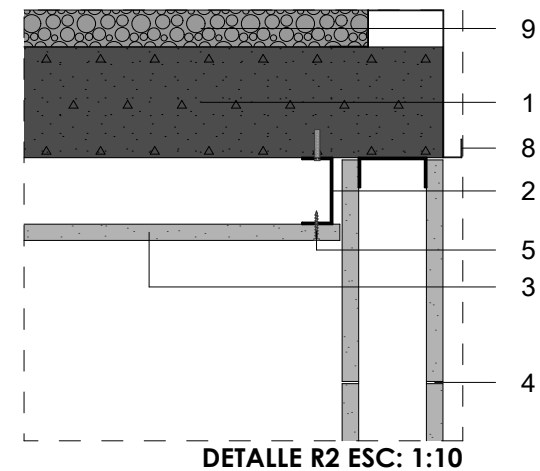
DETALLE R esc:1:20
GOTERÓN - ESTRUCTURA METÁLICA

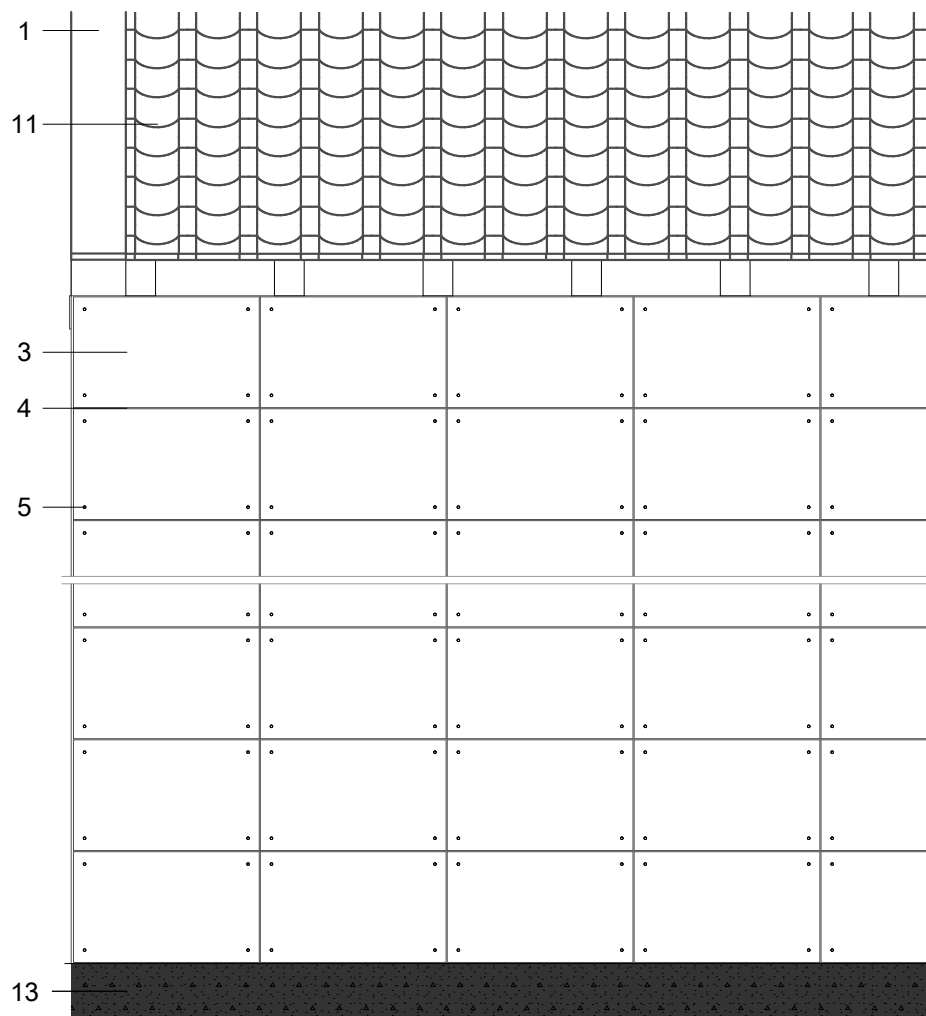
LEYENDA

1. LOSA DE CUBIERTA
2. (CANAL) PERFIL METÁLICO "C"
40mm. x 90mm. e=2mm.
3. PANEL PREFABRICADO DE
TIERRA 50cm. x 30cm. x 2,2cm.
4. JUNTA 3mm.
5. TORNILLO 5/16" X 1 1/2"
6. TACO FISHER PARA
TORNILLO DE 5/16" X 1 1/2"
7. (PARANTE) PERFIL METÁLICO
"G" 45mm. x 90mm. e=2mm.
8. GOTERÓN METÁLICO
9. GRAVA
10. MAMPOSTERÍA
11. .LOSA DE PISO

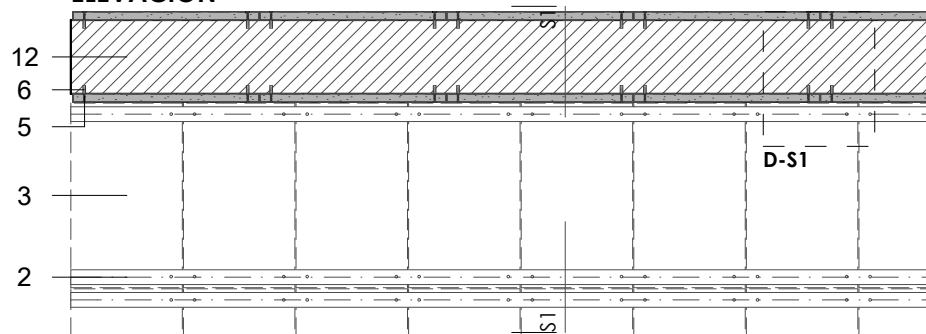


AXONOMETRIA

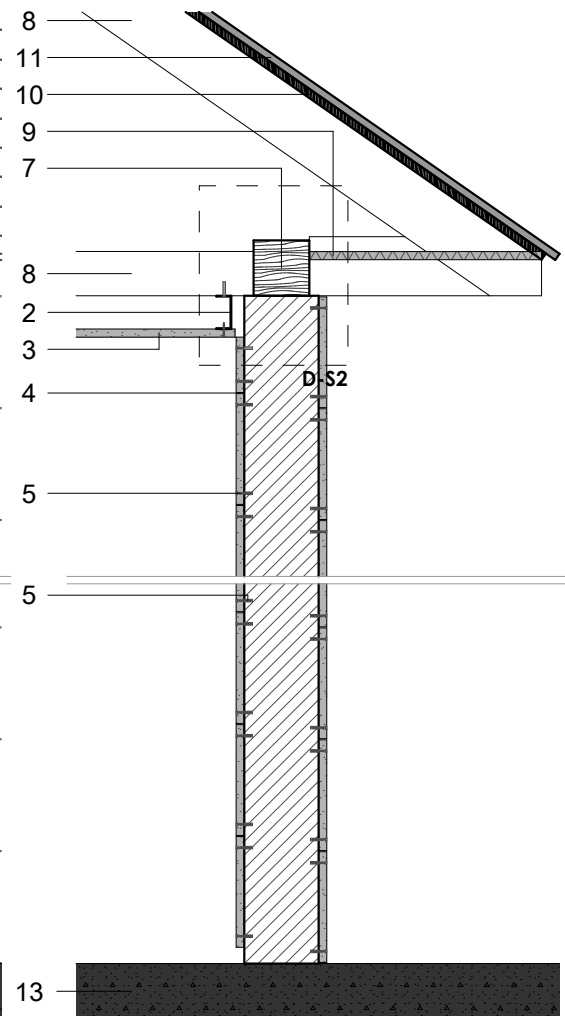




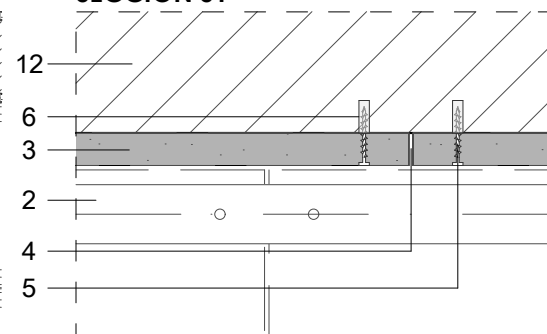
ELEVACIÓN



PLANTA



SECCIÓN S1



DETALLE S1 esc: 1:5

DETALLE S esc:1:20

ALERO - MAMPOSTERÍA

LEYENDA

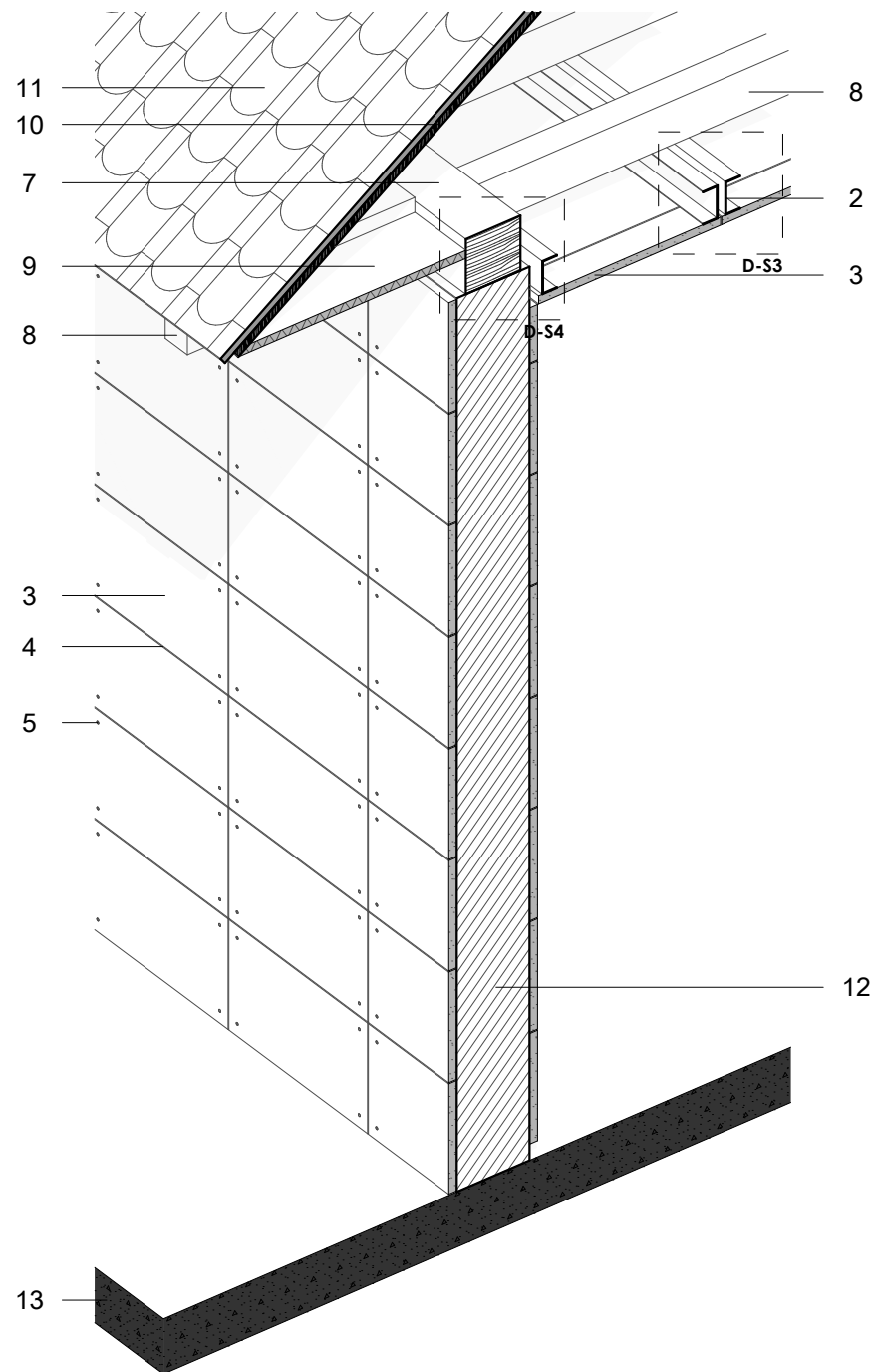
1. LAGRIMERO
2. (CANAL) PERFIL METÁLICO "C"
40mm. x 90mm. e=2mm.
3. PANEL PREFABRICADO DE
TIERRA 50cm. x 30cm. x 2,2cm.
4. Junta 3mm.
5. TORNILLO 5/16" x 1 1/2"
6. TACO FISHER PARA
TORNILLO DE 5/16" x 1 1/2"
7. VIGA SOLERA DE MADERA
15cm. x 15cm.
8. VIGA TIRANTE DE MADERA
16m. x 8cm.
9. ESTUCO
10. AISLANTE
11. TEJA
12. MAMPOSTERÍA
13. LOSA DE PISO

DETALLE S esc:1:20

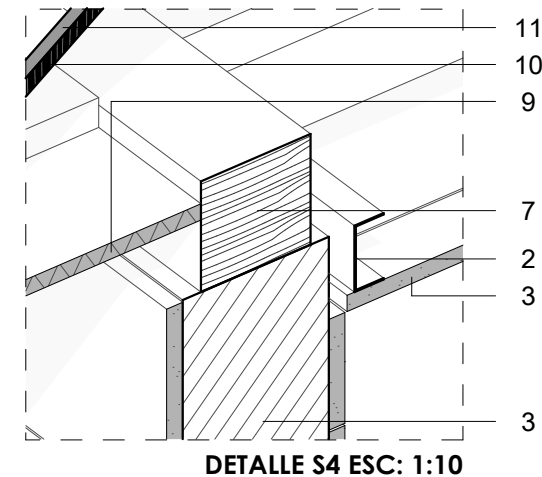
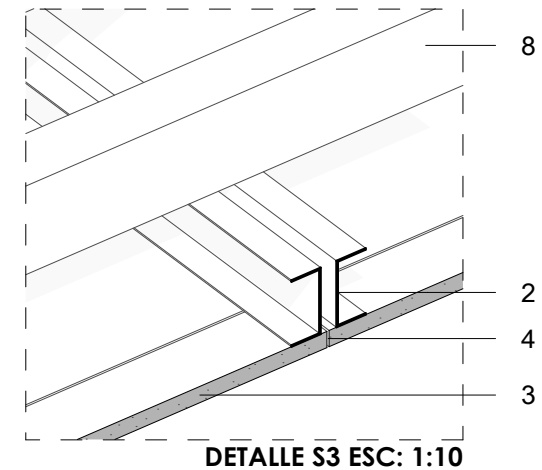
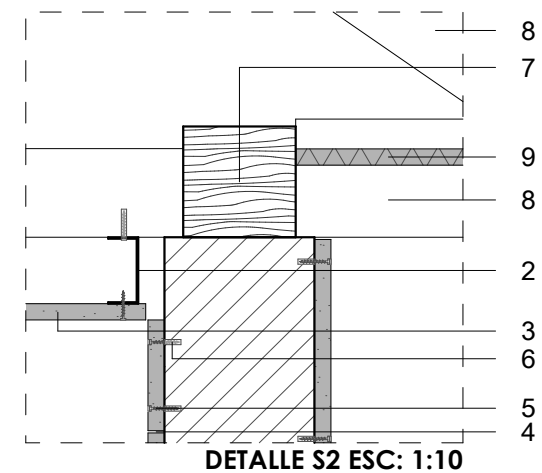
ALERO - MAMPOSTERÍA

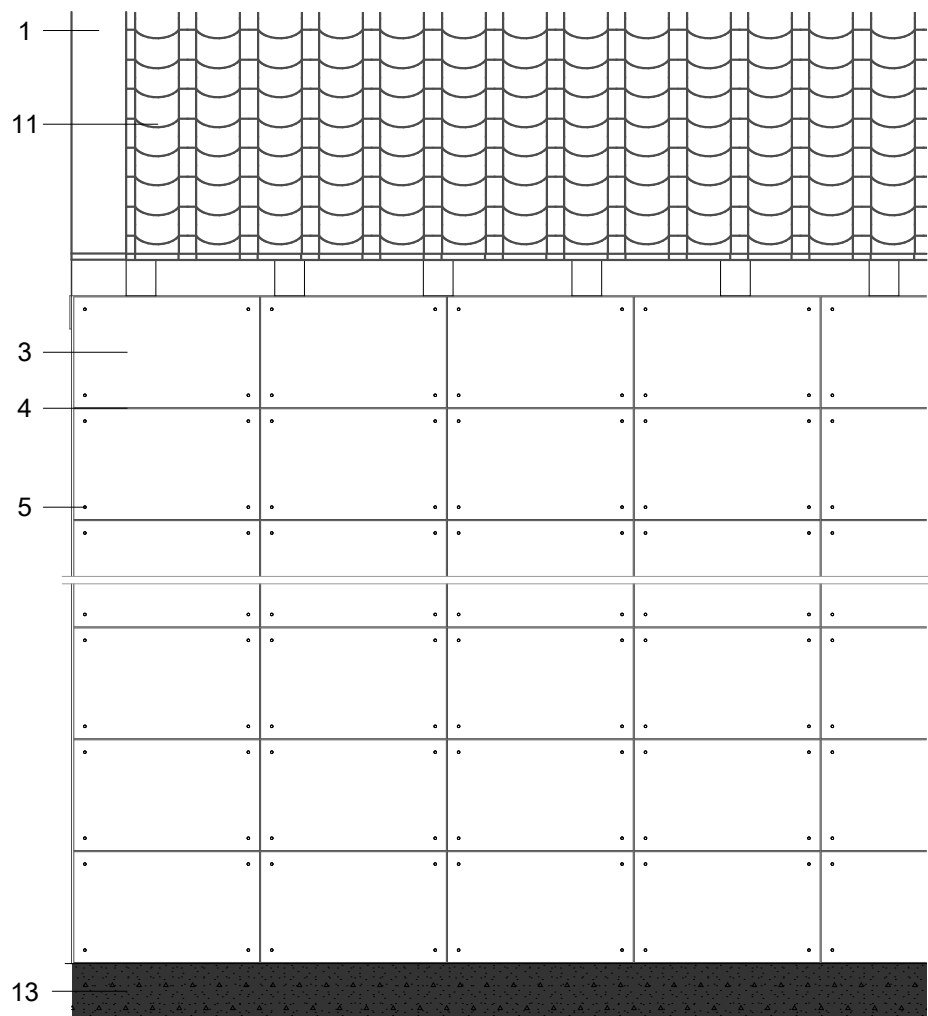
LEYENDA

1. LAGRIMERO
2. (CANAL) PERFIL METÁLICO "C"
40mm. x 90mm. e=2mm.
3. PANEL PREFABRICADO DE
TIERRA 50cm. x 30cm. x 2,2cm.
4. Junta 3mm.
5. TORNILLO 5/16" x 1 1/2"
6. TACO FISHER PARA
TORNILLO DE 5/16" x 1 1/2"
7. VIGA SOLERA DE MADERA
15cm. x 15cm.
8. VIGA TIRANTE DE MADERA
16m. x 8cm.
9. ESTUCO
10. AISLANTE
11. TEJA
12. MAMPOSTERÍA
13. LOSA DE PISO

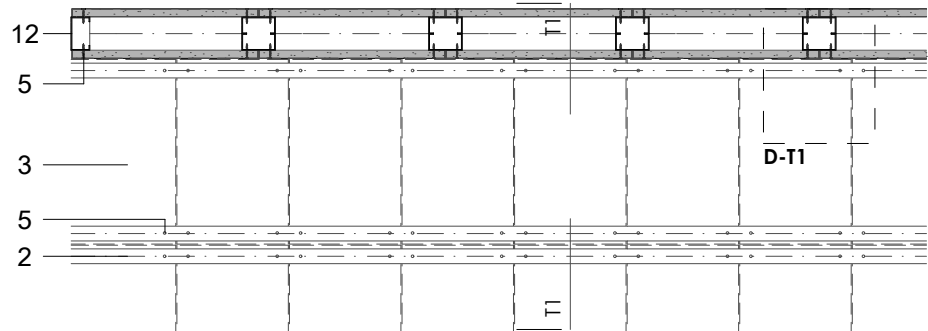


AXONOMETRIA

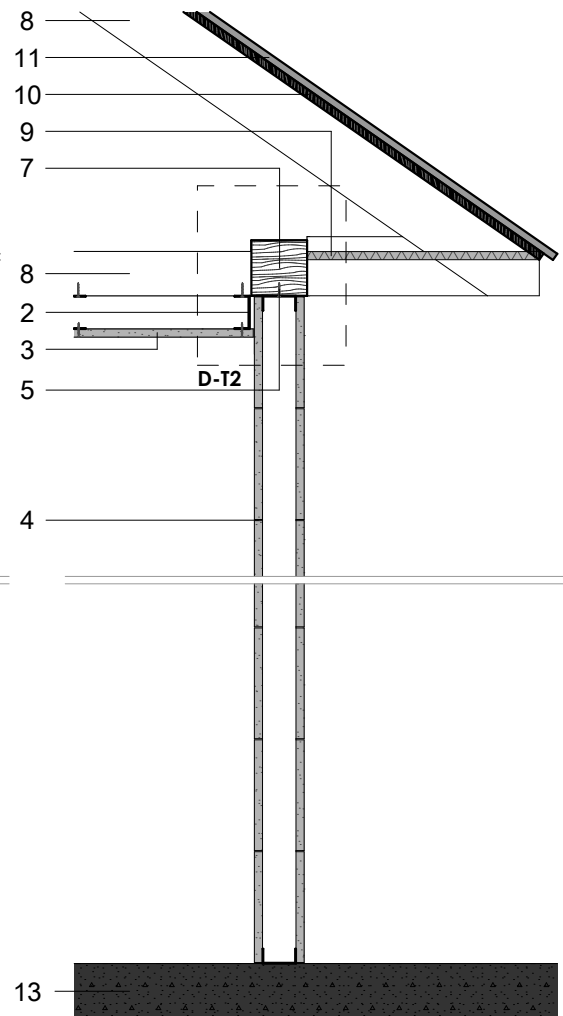




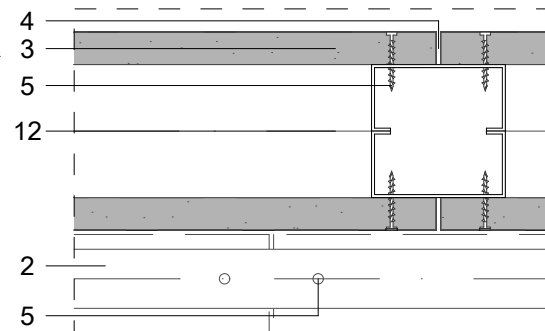
ELEVACIÓN



PLANTA



SECCIÓN T1



DETALLE T1 esc: 1:5

DETALLE T esc:1:20

ALERO - ESTRUCTURA METÁLICA

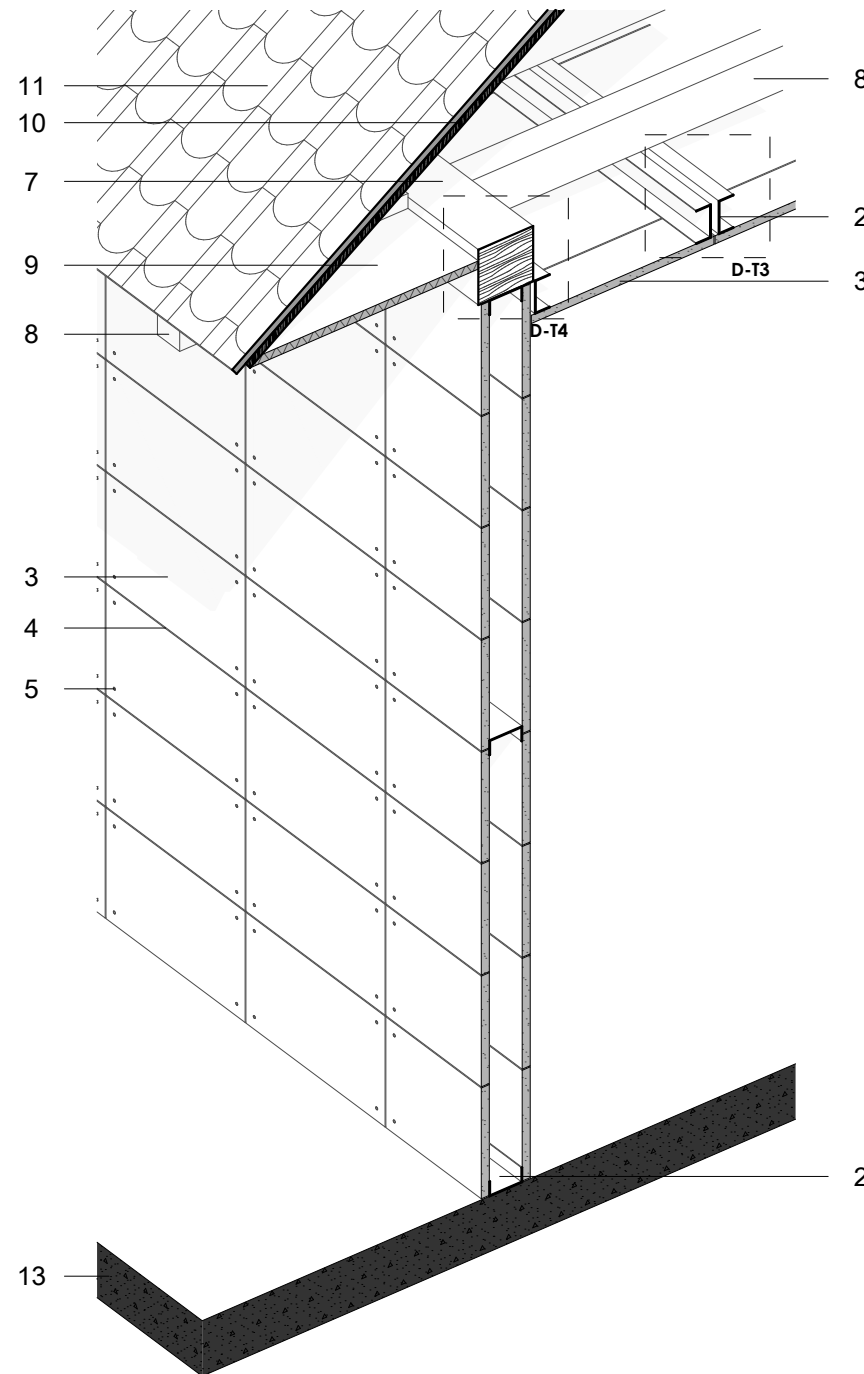
LEYENDA

1. LAGRIMERO
2. (CANAL) PERFIL METÁLICO "C"
40mm. x 90mm. e=2mm.
3. PANEL PREFABRICADO DE
TIERRA 50cm. x 30cm. x 2,2cm.
4. Junta 3mm.
5. TORNILLO 5/16" x 1 1/2"
6. TACO FISHER PARA
TORNILLO DE 5/16" x 1 1/2"
7. VIGA SOLERA DE MADERA
15cm. x 15cm.
8. VIGA TIRANTE DE MADERA
16m. x 8cm.
9. ESTUCO
10. AISLANTE
11. TEJA
12. MAMPOSTERÍA
13. LOSA DE PISO

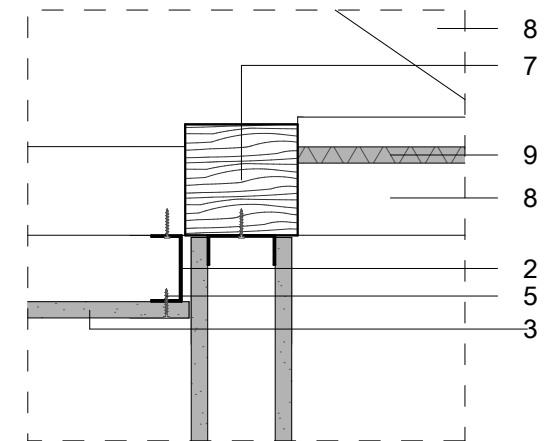
DETALLE T esc:1:20
ALERO - ESTRUCTURA METÁLICA

LEYENDA

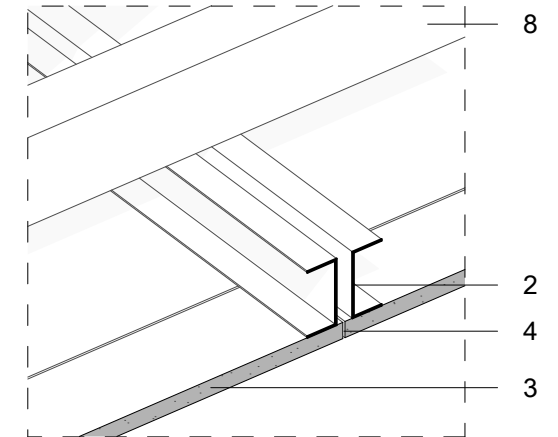
1. LAGRIMERO
2. (CANAL) PERFIL METÁLICO "C"
40mm. x 90mm. e=2mm.
3. PANEL PREFABRICADO DE
TIERRA 50cm. x 30cm. x 2,2cm.
4. Junta 3mm.
5. TORNILLO 5/16" x 1 1/2"
6. TACO FISHER PARA
TORNILLO DE 5/16" x 1 1/2"
7. VIGA SOLERA DE MADERA
15cm. x 15cm.
8. VIGA TIRANTE DE MADERA
16m. x 8cm.
9. ESTUCO
10. AISLANTE
11. TEJA
12. MAMPOSTERÍA
13. LOSA DE PISO



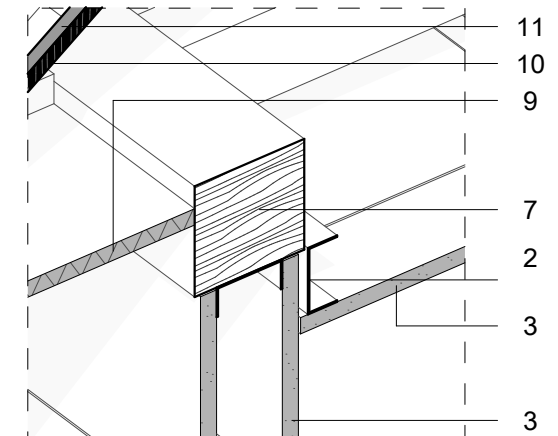
AXONOMETRIA



DETALLE T2 ESC: 1:10



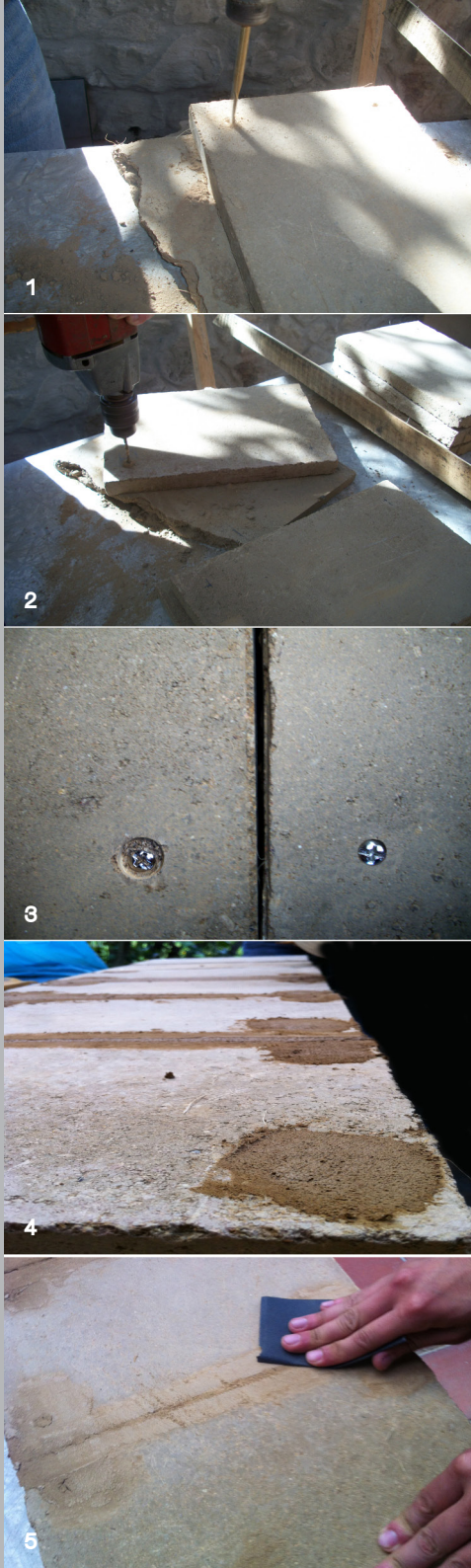
DETALLE T3 ESC: 1:10



DETALLE T4 ESC: 1:10

4.3 acabados

DEL PANEL PREFABRICADO



4.3 ACABADOS DEL PANEL PREFABRICADO

Como todo material de construcción es necesario indicar los distintos acabados que se le puede dar al mismo después de su instalación. Debido a las condiciones que presenta el panel, se pueden realizar distintos acabados tales como:

- **4.3.1 ANCLAJE VISTO**

Con motivo de mostrar la modulación y el tipo de anclaje en uso, se puede dejar a la vista los elementos de sujeción entre panel y estructura, así como las juntas de unión entre los mismos.

- **4.3.2 ANCLAJE MASILLADO O PERDIDO**

Para obtener una superficie uniforme, se usa una masilla para recubrir los anclajes y los encuentros entre paneles.

Esta masilla está conformada por tierra tamizada (elementos que pasan el tamiz n° 40) en proporción del 85%, cemento portland en proporción del 5% y cola blanca (vinílica) en proporción del 10%. Para el mezclado de los materiales se uso un 5% de agua.

- **4.3.3 CON REVESTIMIENTO**

En caso de no usar el panel como el acabado final, se lo puede revestir con revoques de barro, enlucidos y empastes.

4.3.3.1 REVOQUES DE BARRO:

Previo a la colocación del revoque, es recomendable humedecer la superficie del panel para conseguir una mejor adherencia entre estos elementos.

4.3.3.2 ENLUCIDOS:

Para lograr una mayor adherencia del mortero al panel, es necesario contar con una superficie rugosa, la misma que se puede realizar durante el proceso de producción, o en obra con la ayuda de una amoladora. Previa a la colocación del mortero, es recomendable humedecer la superficie del panel

Anclajes y masillado

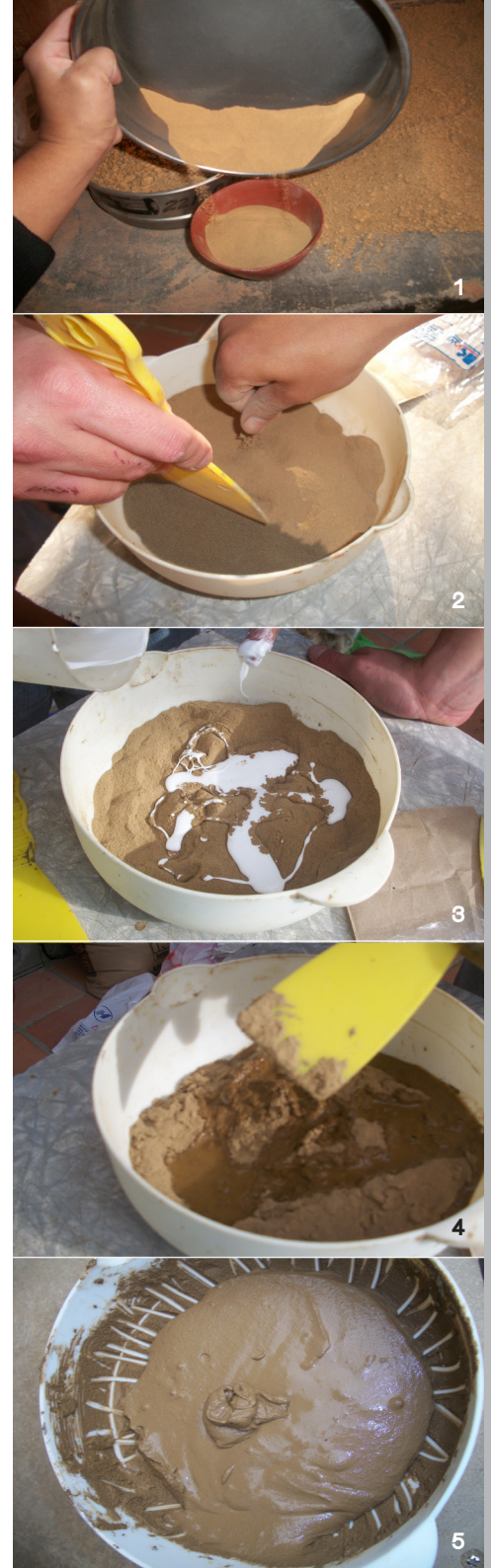
1. Perforación superficial con broca de paleta (anclaje perdido)
 2. Perforación con broca de concreto
 3. Diferencia entre Anclaje perdido (por masillar) y anclaje visto
 4. Muestras y uniones masilladas
 5. Lijado
- Grupo de tesis

4.3.3.3 EMPASTES:

Para empastar el panel, la superficie del mismo debe estar seca y libre de impurezas, para obtener un mejor acabado.

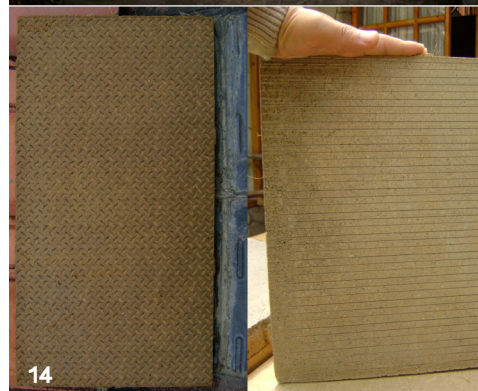
- **4.3.4 TEÑIDO Y TEXTURADO**

Para obtener una mayor variedad de presentaciones del panel se pueden aplicar tintes para la variación de color, así como, un texturado el cual es efectuado al momento de producir la muestra, con el uso de una placa especial, la cual contiene el patrón para realizar la textura .



Producción de la masilla

1. Extracción de material que pase por el tamiz nº 40
 2. Mezclado del material obtenido con cemento
 3. Adición de cola blanca a la mezcla
 4. Adición de agua para el mezclado final
 5. Estado final de la masilla
- Grupo de tesis*



Tipos de acabados

Revoque

1. Humedecimiento de las muestras
2. Aplicación de la masilla de tierra previamente descrita
3. Estado final del revoque de tierra

Grupo de tesis

Enlucido

4. Elaboración de una superficie rugosa y humedecimiento del panel
5. Colocación del mortero de cemento, proporción 1 : 2
6. Nivelación del mortero de cemento con la ayuda de un codal
7. Estado final del enlucido

Grupo de tesis

Empaste

8. Empaste usado
9. Aplicación del empaste (superficie limpia)
10. Estado final del empaste

Grupo de tesis

11. Muestras antes y después de aplicar los revestimientos

Grupo de tesis

Teñido y texturado

- 12 - 13. Muestras con distintas tonalidades de color
14. Muestras texturadas (placas con distintos patrones)

Grupo de tesis

4.4 Visualización DEL PANEL PREFABRICADO





4.5 mantenimiento

DEL PANEL PREFABRICADO



4.5 MANTENIMIENTO DEL PANEL PREFABRICADO

Con el motivo de prolongar la vida útil del panel antes, durante y después de su instalación, es necesario tomar ciertas precauciones, que garanticen la durabilidad del mismo frente a condiciones presentes comúnmente en el medio, tales como:

4.5.1 EFECTOS DEL MEDIO AMBIENTE

Con el propósito de contrarrestar los distintos efectos que causa el medio ambiente (agentes externos) sobre el panel, como son, disgregación (erosión), deformación, decoloración, y fisuramientos por dilataciones, es necesario aplicar un producto de impregnación superficial, el cual reduce la capacidad de absorción de agua y sirve como una película protectora frente a los rayos UV.

Este producto al ser aplicado, no altera la textura ni el color de la superficie, además de mantenerla limpia, libre de hongos y sales superficiales, reduciendo así costos de mantenimiento.

4.5.2 EFECTOS FÍSICOS

El panel una vez instalado está expuesto a impactos y vibraciones, las cuales pueden provocar fisuras, agrietamientos y en ciertos casos el fracaso del mismo.

En el caso de fisuramiento, grietas, y hundimientos, los cuales no comprometan la estabilidad del panel, se debe aplicar un tipo de masilla (revisar punto 4.4) que recubra estos daños, con el motivo de mantener el aspecto original del mismo.

En el caso de que se dé la ruptura del panel, lo más recomendable es sustituir la pieza afectada por una nueva, ya que un cambio parcial modifica la estética original de la superficie del mismo.

Mantenimiento

1. Producto repelente de agua
 2. Uso de brocha para la aplicación del mismo
 - 3 - 4 aplicación del repelente sobre la mitad de la muestra
 5. Estado final de la muestra luego de la aplicación del repelente
- Grupo de tesis*



Mantenimiento

Columna 1: prueba contra el agua
1. Muestra seca aplicada repelente de agua

2. Humedecimiento de la muestra
3. Muestra completamente húmeda
4. Acercamiento, se observa que la cara izquierda absorbe agua, mientras que la derecha la repele.
Grupo de tesis

Paneles instalados

Columna 2: paneles horizontales
5 - 6 - 7 - 8 - 9 comparación de la degradación de paneles con y sin repelente de agua, frente a los efectos del medio ambiente
Grupo de tesis

Columna 3: paneles verticales
10 - 11 - 12 - 13 - 14 comparación de la degradación de paneles con y sin repelente de agua, frente a los efectos del medio ambiente
Grupo de tesis



4.6 CONCLUSIONES GENERALES

- Al tratarse de un panel con una sección de 2.2 cm., este es de fácil maniobrabilidad, lo cual permite el revestimiento de estructuras independientes, conformando tabiques y cielo rasos, además, debido al alto nivel de compactación del material y su gran resistencia a la compresión, el panel puede ser usado como un material para recubrimiento de pisos, sin embargo, se debe considerar el uso de un sellador que proteja al panel del desgaste y de ralladuras ocasionadas por el uso.
- El método de instalación no presenta mayores inconvenientes, debido a su similitud con otros métodos de instalación, como son los aplicados para paneles de yeso cartón y fibrocemento, lo que significa una reducción de hasta el 70% en tiempos de instalación en comparación a los sistemas constructivos en tierra, ya que un m² de muro de adobe de 20x40x15 cm toma aproximadamente 2.89 horas en construirse, mientras que, un m² de tabique con paneles prefabricados de tierra se construye en 0.40 horas aproximadamente.
- Al panel se le pueden dar distintos tipos de acabados, ya sea modificando su color y textura durante su proceso de fabricación, y una vez instalado en obra presenta las opciones de acabado natural, o la aplicación de recubrimientos comúnmente usados en el medio tales como: revoques, enlucidos y empastes, debido a que existe una buena adherencia entre estos materiales y el panel.
- Una vez fuera de fábrica, el panel presenta una gran homogeneidad, dureza y un alto nivel de densidad, los cuales garantizan la durabilidad del mismo ante los efectos del medio ambiente, sin embargo, para incrementar su vida útil es recomendable realizar un control periódico del mismo, así como, la aplicación de selladores, repelentes de agua y filtros para rayos UV, los cuales lo protejan de las inclemencias del tiempo.

capítulo 5

conclusiones

5 CONCLUSIONES

- El desarrollo del panel propuesto fue posible gracias a una combinación de los sistemas constructivos en tierra y prefabricados, tomando características semejantes de los 2 sistemas en cuanto a materiales y procesos de producción, en donde se empleó la tierra como material principal, la cola blanca y las fibras de cabuya que trabajan como elementos de adherencia y el cemento como agregado para aumentar la resistencia. La correcta combinación de estos materiales así como su proceso de compactación son los factores que garantizan la resistencia y apariencia final del panel, el mismo que puede ser usado para la conformación de elementos livianos (tabiques - cielos rasos) y revestimientos de paredes y pisos, debido a su dureza, formato, durabilidad, sección y trabajabilidad.
- Realizando una comparación entre los precios unitarios de un panel prefabricado en tierra de 50cm X 30cm X 2.2cm, con los sistemas constructivos en tierra y prefabricados analizados previamente, se pudo observar que, el panel propuesto tiene un precio competitivo dentro del mercado local, ya que el valor de \$36.32/m² es menor al del adobe (\$45.26), al de fibrocemento (\$47.04), similar al de tapial (\$38.17), y mayor al de yeso cartón (\$28.94) y bahareque (\$17.41). La diferencia de costos entre el panel y los dos últimos sistemas, se justifica por las características de aplicación y resistencia que presenta el mismo.

RESUMEN			
Descripción	Unidades por m ²	Costo de Producción	Costo Final (Provisión e Instalación / m ²)
Adobe Tradicional 40x20x15cm	13.00	1.13	\$ 45.26
Muro de Bahareque	1.00	-	\$ 17.41
Muro de Tapial	1.00	-	\$ 38.17
Tabique de Fibrocemento (240x122x2.5cm)	0.34	-	\$ 47.04
Tabique de Yeso Carton (240x122x1.5cm)	0.34	-	\$ 28.94
Tabique de Paneles de Tierra (50 x 30 x 2.2cm)	6.66	4.18	\$ 36.32

Para más información sobre el análisis de precios unitarios ver anexo 3 - pág. 180

- Uno de los factores que determinaron el formato del panel, fue el tipo de prensa usada durante el proceso de fabricación de muestras, ya que su molde constaba de 3 compartimentos de 30 x 15 cm. Con separaciones de 2.5 cm. Para la producción simultanea de adobes. Este molde pudo ser modificado para llegar a un formato final de 50 x 30 cm, el mismo que se encuentra dentro del rango de modulación que comúnmente es empleado en elementos prefabricados (Múltiplos de 3 y de 5). En base a estas condiciones y a los resultados obtenidos en las pruebas de campo y laboratorio, se pudo determinar que la sección de 2.2 cm presenta una gran resistencia a esfuerzos de compresión y flexión, facilidad de corte y perforación, durabilidad frente a las inclemencias del medio ambiente y facilidad de transporte e instalación. Estas características hacen posible que el campo de aplicación del panel sea extenso, permitiendo la conformación de tabiques y cielo rasos, así como el revestimiento de muros.

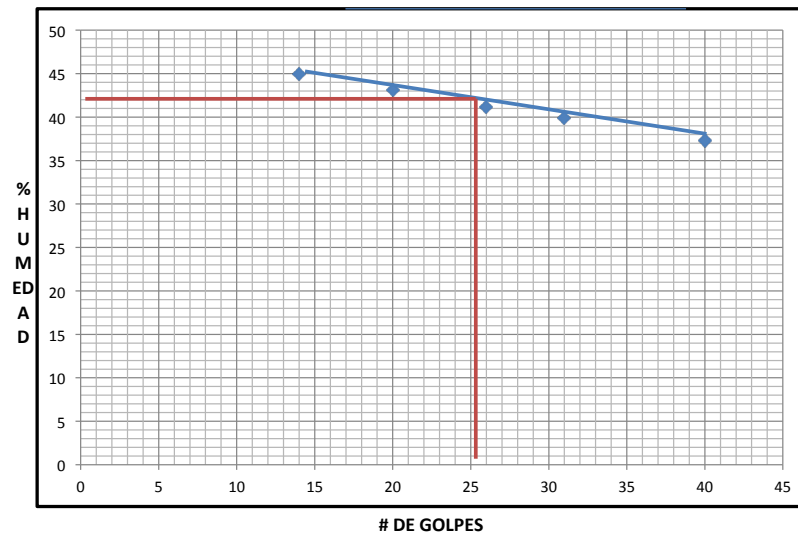
anexos

Anexo 1

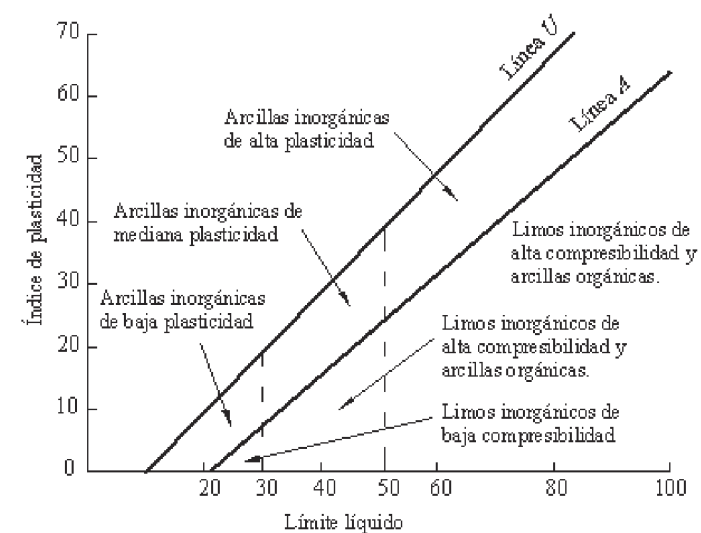
Ensayo de clasificación de suelos Granulometría - Límite líquido- límite plástico

ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN									
GRANULOMETRÍA					HUMEDAD DE NATURALEZA				
TAMÍZ	PESO RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO	% QUE PASA	% ESPECIFICADO	No TARRO	No GOLPES	P. TARRO + M. HUM.	P. TARRO + M. SECA	PESO TARRO
Nº 10	9.86				145		98.62	92.79	40.87
Nº 40	120.79				15		107.57	100.75	44.8
Nº 100	61.53								
Nº 200	17.66								
PASAN Nº 200	2.20								
TOTAL	212.04								
CUARTEO					LÍMITE LÍQUIDO				
P. ANT. ENSAYO=		P. HUMÉ=	500.00	grms	155	40	69.87	61.99	40.84
P. DESP. ENSAYO=		P. SECO=	447.59	grms	18	31	70.39	62.2	40.69
		P. DESP.=	211.60	grms	157	26	82.46	73.18	50.28
					126	20	74.5	66.03	45.53
					32	14	73.81	65.14	45.87
CLASIFICACIÓN					LÍMITE PLÁSTICO				
HUMEDAD NATURAL			11,71%		14		48.16	47.47	44.75
SUCS	OL	LÍMITE LÍQUIDO	40,80%		192		53.5	52.91	50.4
		ÍNDICE PLÁSTICO	15,82%		122		44.61	44.05	41.9

Índice de Plasticidad



Carta de plasticidad





INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN

Quito - Ecuador

NORMA TÉCNICA ECUATORIANA

NTE INEN 152:2010
Cuarta revisión

Anexo 2

Norma NTE INEN 152:2010 Cemento Portland. Requisitos

CEMENTO PORTLAND. REQUISITOS.

Primera Edición

STANDARD SPECIFICATIONS FOR PORTLAND CEMENT.

First Edition

DESCRIPTORES: Materiales de construcción, cemento portland, requisitos.
CO 02.02-401
CDU: 691.542:(666.942.2+666.942.31)
CIIU: 3692
ICS: 91.100.10

Norma Técnica Ecuatoriana Obligatoria	CEMENTO PORTLAND. REQUISITOS.	NTE INEN 152:2010 Cuarta revisión 2010-01
1. OBJETO 1.1 Esta norma establece las características y requisitos físicos y químicos que debe cumplir el cemento portland. 2. ALCANCE 2.1 Esta norma se aplica para los 8 tipos de cemento portland indicados en el numeral 4. 2.2 El texto de esta norma cita notas que proveen material explicativo. Estas notas, excluyendo aquellas ubicadas en tablas y figuras, no deben ser consideradas como requisitos de la norma. 3. DEFINICIONES 3.1 Para los efectos de esta norma se adopta las definiciones contempladas en la NTE INEN 151. 4. CLASIFICACIÓN (ver nota 1) 4.1 Esta norma cubre ocho tipos de cemento portland, enumerados a continuación (ver nota 2) 4.1.1 <i>Tipo I.</i> Para usarse cuando no se requieren las propiedades especiales especificadas para cualquier otro tipo. 4.1.2 <i>Tipo IA.</i> Cemento con incorporador de aire para los mismos usos del Tipo I, donde se desea incorporación de aire. 4.1.3 <i>Tipo II.</i> Para uso general, especialmente cuando se desea una moderada resistencia a los sulfatos o moderado calor de hidratación. 4.1.4 <i>Tipo IIA.</i> Cemento con incorporador de aire para los mismos usos del Tipo II, donde se desea incorporación de aire. 4.1.5 <i>Tipo III.</i> Para usarse cuando se desea alta resistencia inicial o temprana. 4.1.6 <i>Tipo IIIA.</i> Cemento con incorporador de aire para el mismo uso que el Tipo III, donde se desea incorporación de aire. 4.1.7 <i>Tipo IV.</i> Para usarse cuando se desea bajo calor de hidratación. 4.1.8 <i>Tipo V.</i> Para usarse cuando se desea alta resistencia a la acción de los sulfatos. NOTA 1. Algunos cementos son designados con un tipo combinado de clasificación, tal como el tipo I/II, que indica que el cemento reúne los requisitos de los tipos I y II y puede ser ofrecido como apto para ser usado en donde se desea cualquiera de los dos tipos. NOTA 2. En algunas regiones no están disponibles todos los tipos de cemento indicados. Antes de especificar el uso de un cemento diferente al Tipo I, verificar si el tipo de cemento propuesto está o puede estar disponible. (Continúa) DESCRIPTORES: Materiales de construcción, cemento portland, requisitos.		

5. DISPOSICIONES GENERALES 5.1 Información para la orden de compra. Las órdenes de compra de materiales descritos en esta norma, deben incluir lo siguiente: 5.1.1 El número y fecha de esta norma, 5.1.2 Tipo o tipos requeridos. Si no se especifica el tipo, se debe suministrar el tipo I, 5.1.3 Cualquier requisito químico opcional de la tabla 2, si se desea, y 5.1.4 Cualquier requisito físico opcional de la tabla 4, si se desea. 6. DISPOSICIONES ESPECÍFICAS 6.1 Ingredientes. El cemento considerado en esta norma no debe contener ningún ingrediente, excepto los siguientes: 6.1.1 <i>Clinker</i> de cemento portland 6.1.2 <i>Agua o sulfato de calcio, o ambos</i>, en cantidades tales que no excedan los límites, mostrados en la tabla 1 para trióxido de azufre y pérdida por calcinación. 6.1.3 <i>Caliza.</i> La cantidad no debe ser mayor que 5,0% en masa, de tal manera que se cumplan los requisitos químicos y físicos de esta norma, (ver nota 3). La caliza, definida en la NTE INEN 252, debe estar presente en forma natural y tener por lo menos el 70% en masa de una o más formas minerales del carbonato de calcio. 6.1.4 <i>Adiciones de proceso.</i> Se debe demostrar que con las cantidades utilizadas o mayores se cumple con los requisitos de la NTE INEN 1 504. 6.1.5 <i>Adiciones incorporadoras de aire</i> (únicamente para cemento portland con incorporador de aire). La adición molida conjuntamente debe estar de acuerdo con los requisitos de la norma ASTM C 226. 7. REQUISITOS 7.1 Requisitos específicos 7.1.1 <i>Requisitos químicos.</i> El cemento portland de cada uno de los ocho tipos indicados en el numeral 4 debe cumplir con los requisitos químicos establecidos en la tabla 1. Además, en la tabla 2 se indican los requisitos de composición opcionales, (ver nota 4). NOTA 3. Para el cemento como producto final, la norma permite un contenido de caliza finamente molida presente en forma natural, de hasta 5% en masa, pero no requiere que la caliza sea agregada al cemento. Cemento sin caliza puede ser especificado en el contrato o en la orden de compra. NOTA 4. El límite sobre la suma, $C_3S + 4,75C_3A$, en la tabla 1, proporciona un control para el calor de hidratación del cemento y es consistente con el límite de calor de hidratación a los 7 días de 335 kJ/kg, en la NTE INEN 199. (Continúa)

TABLA 1. Requisitos de composición normalizada

Tipo de cemento ^A	Norma de ensayo aplicable	I y IA	II y IIA	III y IIIA	IV	V
Óxido de aluminio (Al ₂ O ₃), % máximo	INEN 160	--	6,0	--	--	--
Óxido férrico (Fe ₂ O ₃), % máximo	INEN 160	--	6,0 ^{B,C}	--	6,5	--
Óxido de magnesio (MgO), % máximo	INEN 160	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0
Trióxido de azufre (SO ₃) ^U , % máximo	INEN 160					
Cuando (C ₃ A) ^E es 8% o menor		3,0	3,0	3,5	2,3	2,3
Cuando (C ₃ A) ^E es mayor del 8%		3,5	4,5	4,5	4,5	4,5
Pérdida por calcinación, % máximo	INEN 160	3,0	3,0	3,0	2,5	3,0
Residuo insoluble, % máximo	INEN 160	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75
Silicato tricálcico (C ₃ S) ^E , % máximo	Ver Anexo A	--	--	--	35 ^B	--
Silicato dicálcico (C ₂ S) ^E , % mínimo	Ver Anexo A	--	--	--	40 ^B	--
Aluminato tricálcico (C ₃ A) ^E , % máximo	Ver Anexo A	--	8	15	7 ^B	5 ^C
Suma de C ₃ S + 4,75C ₃ A ^U , % máximo	Ver Anexo A	--	100 ^H	--	--	--
Ferroaluminato tetracálcico más dos veces aluminato tricálcico (C ₄ AF+2(C ₃ A)), o solución sólida (C ₄ AF + C ₂ F), cuando sea aplicable, % máximo	Ver Anexo A	--	--	--	--	25 ^C

^A Ver nota 2.^B No se aplica cuando se especifica el límite de calor de hidratación en la tabla 4.^C No se aplica cuando se especifica el límite de resistencia a sulfatos en la tabla 4.

^D Existen casos donde el SO₃ óptimo (Usando la NTE INEN 1 505) para un cemento particular es cercano o excede el límite en esta norma. En tales casos donde las propiedades de un cemento pueden ser mejoradas excediendo los límites de SO₃ establecidos en esta tabla, se permite exceder los valores de la tabla con la condición de que se demuestre con la NTE INEN 2 529 que el cemento con el SO₃ incrementado no desarrollará una expansión en el agua superior al 0,020% a los 14 días. Cuando el fabricante provea cemento bajo esta provisión, debe, según pedido, proporcionar datos de respaldo al comprador.

^E Ver el Anexo A para el cálculo.^F No es aplicable^G Ver nota 4.

^H Además, debe ser realizado un ensayo de calor de hidratación a los 7 días, utilizando la NTE INEN 199, por lo menos una vez cada seis meses. Tal ensayo no debe ser usado para aceptación o rechazo del cemento, pero los resultados deben ser reportados con propósitos de información.

TABLA 2. Requisitos de composición opcionales ^A

Tipo de cemento	Norma de ensayo aplicable	I y IA	II y IIA	III y IIIA	IV	V	Observaciones
Aluminato tricálcico (C ₃ A) ^B , % máximo	Ver Anexo A	--	--	8	--	--	Para moderada resistencia a sulfatos.
Aluminato tricálcico (C ₃ A) ^B , % máximo	Ver Anexo A	--	--	5	--	--	Para alta resistencia a sulfatos.
Álcalis equivalentes (Na ₂ O + 0,658K ₂ O), % máximo	INEN 160	0,60 ^C	0,60 ^C	0,60 ^C	0,60 ^C	0,60 ^C	Cemento con bajo contenido de álcalis.

^A Estos requisitos opcionales se aplican sólo cuando son específicamente solicitados. Verificar su disponibilidad antes de hacer el pedido. Ver nota 2.

^B Ver Anexo A para el cálculo.

^C Especificar este límite cuando el cemento es utilizado en hormigón con áridos que son potencialmente reactivos y no se han tomado otras medidas para proteger el hormigón de áridos potencialmente reactivos. Referirse a la NTE INEN 872 para información sobre reactividad potencial de los áridos.

7.1.2 Requisitos físicos. El cemento portland de cada uno de los ocho tipos indicados en el numeral 4 debe cumplir con los requisitos físicos establecidos en la tabla 3. Además, en la tabla 4 se indican los requisitos físicos opcionales.

(Continúa)

TABLA 3. Requisitos físicos normalizados

Tipo de cemento ^A	Norma de ensayo aplicable	I	IA	II	IIA	III	IIIA	IV	V
Contenido de aire del mortero, ^F volumen %:	INEN 195								
Máximo.		12	22	12	22	12	22	12	12
Mínimo.		--	16	--	16	--	16	--	--
Finura, ^U superficie específica, m ² /kg (métodos alternativos):	INEN 197								
Ensayo de turbidímetro, mínimo		160	160	160	160	--	--	160	160
Valor promedio, mínimo ^D		150	150	150	150	--	--	150	150
Cualquier muestra, mínimo ^E		--	--	240 ^F	240 ^F	--	--	240	--
Valor promedio, máximo ^D		--	--	240 ^F	240 ^F	--	--	240	--
Cualquier muestra, máximo ^E		--	--	245 ^F	245 ^F	--	--	245	--
Ensayo de permeabilidad al aire, mínimo	INEN 196								
Valor promedio, mínimo ^D		280	280	280	280	--	--	280	280
Cualquier muestra, mínimo ^E		260	260	260	260	--	--	260	260
Valor promedio, máximo ^U		--	--	420 ^F	420 ^F	--	--	420	--
Cualquier muestra, máximo ^E		--	--	430 ^F	430 ^F	--	--	430	--
Expansión en autoclave, % máximo	INEN 200	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80
Resistencia, no menor que los valores mostrados para las edades que se indican a continuación: ^G	INEN 488								
Resistencia a la compresión, MPa:									
1 día		--	--	--	--	12,0	10,0	--	--
3 días		12,0	10,0	10,0 ^H	8,0 ^H	24,0	19,0	--	8,0
7 días		19,0	16,0	17,0 ^H	14,0 ^H	--	--	7,0	15,0
28 días		--	--	--	--	--	--	17,0	21,0
Tiempo de fraguado; ensayo de Vicat ^I	INEN 158								
Tiempo de fraguado, minutos; no menor que		45	45	45	45	45	45	45	45
Tiempo de fraguado, minutos; no mayor que		375	375	375	375	375	375	375	375

^A Ver nota 2

^B El cumplimiento de los requisitos de esta norma no necesariamente asegura que se obtendrá el contenido de aire deseado en el hormigón.

^C El laboratorio de ensayo debe elegir el método para medir la finura. Sin embargo, cuando la muestra no cumpla los requisitos del ensayo de permeabilidad al aire, se debe usar el ensayo con turbidímetro y deben gobernar los requisitos de esta tabla para el método con turbidímetro.

^D El valor promedio debe ser determinado sobre las cinco últimas muestras consecutivas de un origen.

^E El valor para cualquier muestra debe ser el resultado de un ensayo o del promedio de ensayos en una muestra cualquiera.

^F Los límites máximo y el promedio máximo de la finura de una muestra individual, no se aplican si la suma de C₃S + 4,75C₃A es menor o igual a 90.

^G La resistencia en cualquier edad de ensayo especificada no debe ser menor que la resistencia alcanzada en cualquier edad previa especificada.

^H Cuando el calor de hidratación opcional de la tabla 4 es especificado.

^I El tiempo de fraguado es el descrito como el tiempo de fraguado inicial en la NTE INEN 158.

(Continúa)

TABLA 4. Requisitos físicos opcionales^A

Tipo de cemento	Norma de ensayo aplicable	I	IA	II	IIA	III	IIIA	IV	V
Falso fraguado, penetración final, % mínimo,	INEN 875	50	50	50	50	50	50	50	50
Calor de hidratación	INEN 199								
7 días, máximo kJ/kg (cal/g)		--	--	290 (70) ^B	290 (70) ^B	--	--	250 (60) ^C	--
28 días, máximo, kJ/kg (cal/g)		--	--	--	--	--	--	290 (70) ^C	--
Resistencia no menor que los valores mostrados:									
Resistencia a compresión, MPa 28 días	INEN 488	28,0	22,0	28,0 22,0 ^B	22,0 18,0 ^B	--	--	--	--
Resistencia a sulfatos, ^D Máximo % de expansión, 14 días	INEN 202	--	--	E	E	--	--	--	0,040
Ensayo de Gillmore:	INEN 159								
Fraguado inicial, min, no menor que		60	60	60	60	60	60	60	60
Fraguado final, min, no mayor que		600	600	600	600	600	600	600	600

^A Estos requisitos opcionales se aplican solo cuando son específicamente solicitados. Verificar su disponibilidad antes de ordenar. Ver nota 2.

^B El límite para la suma $C_3S + 4,75C_3A$ de la tabla 1, no debe aplicarse cuando se requiere este límite opcional. Estos requisitos de resistencia se aplican cuando se requiere el requisito opcional de calor de hidratación.

^C Cuando se especifica el límite de calor de hidratación, se lo debe considerar en lugar del límite de C_3S , C_2S , C_3A y Fe_2O_3 listados en la tabla 1.

^D Cuando se especifica la resistencia a los sulfatos, se lo debe considerar en lugar del límite de C_3A , $C_4AF + 2 C_3A$ y Fe_2O_3 listados en la tabla 1.

^E El cemento que cumple con el límite de alta resistencia a sulfatos para el Tipo V, se estima que cumple con los requisitos para moderada resistencia a sulfatos del Tipo II.

7.2 Requisitos complementarios

7.2.1 Almacenamiento. El cemento debe ser almacenado de tal manera que se permita un fácil acceso para una inspección apropiada e identificación de cada envío y en una edificación hermética apropiada que proteja al cemento de la humedad y minimice el fraguado en almacenamiento.

8. INSPECCIÓN

8.1 Inspección. Se debe proporcionar al comprador instalaciones para realizar una inspección y muestreo cuidadosos del cemento terminado. La inspección y el muestreo del cemento deben realizarse en la fábrica o en el sitio de distribución controlado por el fabricante o en cualquier otra ubicación como sea acordado entre el comprador y el vendedor, como parte del contrato de compra.

8.2 Muestreo

8.2.1 Cuando el comprador desee que el cemento sea muestreado y ensayado para verificar el cumplimiento con esta norma, realizar el muestreo y los ensayos de acuerdo con la NTE INEN 153

8.2.2 La NTE INEN 153 no está diseñada para el control de calidad de fabricación y no es requerida para la certificación del fabricante.

8.3 Aceptación o rechazo

8.3.1 El cemento debe ser rechazado si no cumple con cualquiera de los requisitos de esta norma.

8.3.2 A opción del comprador, se puede reensayar, antes de usar, cementos almacenados a granel por más de 6 meses o en cemento en sacos, almacenado por más de 3 meses después de concluidos los ensayos y rechazar el cemento si no cumple con cualquiera de los requisitos de esta norma. El cemento así rechazado es responsabilidad del propietario del producto al momento del muestreo para reensayo.

(Continúa)

8.3.3 Los sacos deben identificar la masa contenida como masa neta. A opción del comprador, si los sacos cuya masa varía en más del 2% por debajo de la especificada, pueden ser rechazados y si se demuestra que la masa promedio de 50 sacos seleccionados al azar en cualquier cargamento es menor que la señalada en los sacos, el cargamento completo puede ser rechazado.

9. MÉTODOS DE ENSAYO

9.1 Determinar las propiedades aplicables enumeradas en esta norma de acuerdo con los siguientes métodos de ensayo:

9.1.1 Contenido de aire en el mortero. NTE INEN 195.

9.1.2 Análisis químico. NTE INEN 160.

9.1.3 Resistencia. NTE INEN 488.

9.1.4 Falso fraguado. NTE INEN 875.

9.1.5 Finura por permeabilidad al aire. NTE INEN 196.

9.1.6 Finura por turbidímetro. NTE INEN 197.

9.1.7 Calor de hidratación. NTE INEN 199.

9.1.8 Expansión en autoclave. NTE INEN 200.

9.1.9 Gillmore. NTE INEN 159

9.1.10 Tiempo de fraguado por la aguja de Vicat. NTE INEN 158.

9.1.11 Resistencia a sulfatos. NTE INEN 202.

9.1.12 Sulfato de calcio, expansión en mortero. NTE INEN 2 529

9.1.13 SO_3 óptimo. NTE INEN 1 505.

10. DECLARACIÓN DEL FABRICANTE

10.1 A pedido del comprador, en el contrato o en la orden de compra, el fabricante debe declarar por escrito la naturaleza, cantidad e identidad de cualquier adición incorporadora de aire y de cualquier adición de proceso usada, y además, si es solicitado, se debe proveer los datos de los ensayos que demuestren que la adición incorporadora de aire cumple con la norma ASTM C 226 y la adición de proceso, con la NTE INEN 1 504.

10.2 Cuando se utiliza caliza, el fabricante debe declarar por escrito la cantidad de la misma y si el comprador lo requiere, debe proveer los datos de ensayos comparativos de las propiedades químicas y físicas del cemento con y sin caliza (ver nota 5). Los ensayos comparativos no sustituyen los ensayos normales para confirmar que el cemento cumple los requisitos químicos y físicos de esta norma. La cantidad de caliza en el cemento debe ser determinada de acuerdo con el Anexo B.

NOTA 5. Los datos de ensayos comparativos pueden ser de ensayos de calidad realizados por el fabricante durante el proceso de formulación del cemento con caliza.

(Continúa)

11. ENVASADO Y ETIQUETADO

11.1 Cuando el cemento es enviado en sacos, las palabras "Cemento Portland", el tipo de cemento, el nombre y la marca del fabricante y la masa del cemento contenido en él deben estar claramente marcados en cada saco. Cuando el cemento es del tipo incorporador de aire, las palabras "incorporador de aire" deben estar claramente marcadas en cada saco. Se debe proveer información similar en los documentos de envío que acompañan el cemento a granel o empacado. Todos los sacos deben estar en buenas condiciones al momento de la inspección.

12. CERTIFICACIÓN DEL FABRICANTE

12.1 A petición del comprador en el contrato o en la orden, el fabricante debe proveer un informe, junto con el lote despachado, declarando los resultados de los ensayos realizados en las muestras del material tomadas durante la producción o traslado y certificando que el cemento cumple con los requisitos de esta norma, (ver nota 6).

NOTA 6. El Apéndice X provee una guía para la preparación del informe del fabricante.

(Continúa)

ANEXO A (Información Obligatoria)

CÁLCULO DE LA COMPOSICIÓN POTENCIAL DE LA FASE CEMENTO.

A.1 Todos los valores calculados descritos en este anexo, deben ser redondeados de acuerdo a la NTE INEN 52. Cuando se evalúa el cumplimiento con una norma, redondear los valores con el mismo número de cifras significativas que los considerados en la entrada a la tabla correspondiente antes de hacer comparaciones. El expresar los límites químicos mediante las fases supuestas calculadas, no significa necesariamente que los óxidos están real o completamente presentes como tales fases.

A.2 Cuando se expresan fases: C = CaO, S = SiO₂, A = Al₂O₃, F = Fe₂O₃ por ejemplo: C₃A = 3CaO.Al₂O₃ dióxido de titanio y pentóxido (pentaóxido) de fósforo (TiO₂ y P₂O₅) no deben ser incluidos con el contenido de Al₂O₃. Ver nota A.1.

A.3 Cuando la relación de porcentajes entre óxido de aluminio y óxido férrico es 0,64 o más, los porcentajes de silicato tricálcico, silicato dicálcico, aluminato tricálcico y ferroaluminato tetracálcico deben ser calculados a partir de un análisis químico, de la siguiente manera:

$$\text{Silicato tricálcico (C}_3\text{S)} = (4,071 \times \% \text{ CaO}) - (7,600 \times \% \text{ SiO}_2) - (6,718 \times \% \text{ Al}_2\text{O}_3) - (1,430 \times \% \text{ Fe}_2\text{O}_3) - (2,852 \times \% \text{ SO}_3) - (5,188 \times \% \text{ CO}_2) \quad (\text{A.1})$$

$$\text{Silicato dicálcico (C}_2\text{S)} = (2,867 \times \% \text{ SiO}_2) - (0,7544 \times \% \text{ C}_3\text{S)} \quad (\text{A.2})$$

$$\text{Aluminato tricálcico (C}_3\text{A)} = (2,650 \times \% \text{ Al}_2\text{O}_3) - (1,692 \times \% \text{ Fe}_2\text{O}_3) \quad (\text{A.3})$$

$$\text{Ferroaluminato tetracálcico (C}_4\text{AF)} = 3,043 \times \% \text{ Fe}_2\text{O}_3 \quad (\text{A.4})$$

A menos que se use caliza en el cemento, el contenido de dióxido de carbono debe considerarse igual a cero cuando se calcula silicato tricálcico potencial. En ausencia de información sobre el contenido de caliza de la muestra de cemento, los resultados deben destacar que no se realizaron correcciones por posible uso de caliza.

A.3.1 Cuando la relación entre óxido de aluminio y óxido férrico es menor a 0,64; se forma una solución sólida de ferroaluminato cálcico (expresada como ss(C₄AF + C₂F)). El aluminato tricálcico no debe estar presente en cementos con esta composición. El silicato dicálcico debe ser calculado con la ecuación A.2. Los contenidos de esta solución sólida y de silicato tricálcico deben ser calculados con las siguientes fórmulas:

$$\text{ss(C}_4\text{AF} + \text{C}_2\text{F)} = (2,100 \times \% \text{ Al}_2\text{O}_3) + (1,702 \times \% \text{ Fe}_2\text{O}_3) \quad (\text{A.5})$$

$$\text{Silicato tricálcico (C}_3\text{S)} = (4,071 \times \% \text{ CaO}) - (7,600 \times \% \text{ SiO}_2) - (4,479 \times \% \text{ Al}_2\text{O}_3) - (2,859 \times \% \text{ Fe}_2\text{O}_3) - (2,852 \times \% \text{ SO}_3) - (5,188 \times \% \text{ CO}_2) \quad (\text{A.6})$$

A menos que se use caliza en el cemento, el contenido de dióxido de carbono debe considerarse igual a cero cuando se calcula silicato tricálcico potencial. En ausencia de información sobre el contenido de caliza de la muestra de cemento, los resultados deben destacar que no se realizaron correcciones por posible uso de caliza.

NOTA A.1 Cuando se comparan análisis de óxidos y fases calculadas de diferentes fuentes o diferentes fechas históricas, se debe tener en cuenta de que éstos pueden no haber sido reportados exactamente sobre la misma base. Los datos químicos obtenidos por métodos de ensayo de referencia y alternativos de los métodos de ensayo de la NTE INEN 160 (química húmeda), pueden incluir titanio y fósforo como alúmina a menos que se haya realizado una corrección apropiada (ver NTE INEN 160), mientras que los datos obtenidos por métodos instrumentales rápidos, generalmente no lo hacen. Esto puede resultar en diferencias pequeñas en las fases calculadas. Tales diferencias generalmente se encuentran dentro de la precisión de los métodos analíticos, aún cuando los métodos sean calificados apropiadamente según los requisitos de la NTE INEN 160.

(Continúa)

ANEXO B
(Información Obligatoria)

CONTENIDO DE CALIZA EN EL CEMENTO PORTLAND

B.1 Cuando se usa caliza, su contenido en el cemento portland debe obtenerse a partir de la determinación de CO₂ en el cemento terminado. Los análisis de CO₂ deben ser basados en los métodos descritos en la NTE INEN 160. El porcentaje de caliza en el cemento se calcula a partir del análisis de CO₂ de la caliza utilizada. El fabricante debe incluir el contenido de CO₂ y el contenido calculado de caliza del cemento en el informe de ensayos de fábrica.

El contenido de caliza en el cemento se calcula de la siguiente manera:

$$\% \text{ de caliza en el cemento} = \frac{\% \text{ CO}_2 \text{ en cemento}}{\% \text{ CO}_2 \text{ en caliza}} \times 100 \quad (\text{ver nota B.1})$$

B.2 Esta norma requiere que la caliza a ser usada debe contener un mínimo de 70% de CaCO₃. El fabricante debe incluir en el informe, el contenido de CaCO₃ de la caliza. Calcular el contenido de CaCO₃ de la caliza de la siguiente manera:

$$\% \text{ CaCO}_3 = 2,274 \times \% \text{ CO}_2. \quad (\text{Ver nota B.2})$$

B.3 Los cementos portland que no contienen caliza pueden contener niveles mínimos de CO₂ inherentes a la fabricación, por ejemplo, debido a la carbonatación. Este contenido mínimo de CO₂ se incluye como parte del contenido de caliza calculado.

NOTA B.1. Por ejemplo: Si el contenido determinado de CO₂ en el cemento terminado es = 1,5% y el contenido de CO₂ de la caliza es = 43% (CaCO₃ en caliza = 98%). Entonces:

$$\frac{1,5}{43} \times 100 = 3,5\% \text{ contenido de caliza en el cemento.}$$

NOTA B.2. Para verificar el contenido de caliza en el cemento, el comprador debe analizar el contenido de CO₂ y realizar una corrección por contenido de CaCO₃ en la caliza de modo que los datos sean comparables con el informe del fabricante.

(Continúa)

APENDICE X

(Información opcional)

CERTIFICACIÓN DEL FABRICANTE (INFORME DE ENSAYO DE FÁBRICA)

X.1 Para proporcionar uniformidad en los informes de los resultados de ensayos que se realizan en cementos bajo esta norma, como se requiere en el numeral 12, titulado "Certificación del fabricante", se muestra en la figura X.1, un ejemplo del informe de ensayo de fábrica.

X.2 La información de identificación dada, debe identificar sin ambigüedades la producción del cemento representada por el informe de ensayos de fábrica y puede variar dependiendo de la designación del fabricante y de los requisitos del comprador.

X.3 La declaración de la certificación del fabricante puede variar dependiendo de la orden de obtención del fabricante, o de requisitos legales; pero debe certificar que el cemento enviado está representado por el certificado y que el cemento cumple con los requisitos aplicables de la especificación al momento de ser ensayado (o reensayado) o enviado.

X.4 El informe de ensayo de fábrica de la muestra ha sido desarrollado para reflejar los requisitos físicos y químicos de esta norma y recomienda informar todos los análisis y ensayos normalmente realizados en los cementos que cumplen con esta norma. Los requisitos de informes del comprador deben primar si difieren de los reportes normales realizados por el fabricante o de los recomendados en esta norma.

X.5 Los cementos pueden ser enviados antes que estén disponibles los datos de ensayo de mayor edad. En tales casos, el valor del ensayo puede dejarse en blanco. Alternativamente, el fabricante puede proveer valores estimativos basados en datos históricos de producción. El reporte debe indicar si se proporciona tales estimaciones.

X.6 Al reportar los límites tabulados en esta norma, en el informe de ensayo de fábrica, se debe reportar solo aquellos límites específicamente aplicables. En algunos casos los límites tabulados en esta norma son reemplazados por otras disposiciones.

(Continúa)

FIGURA X.1

Ejemplo del reporte de ensayo de fábrica

NOMBRE DE LA EMPRESA

Planta XXXXXXXXXXXX

Cemento Tipo II

Fecha Marzo 16, 20xx

Periodo de producción Marzo 2, 20xx - Marzo 8, 20xx

REQUISITOS NORMALIZADOS
NTE INEN 152 tablas 1 y 2

QUIMICOS			FISICOS		
ITEM	LÍMITE ESPECIFICADO	RESULTADOS DE ENSAYOS	ITEM	LÍMITE ESPECIFICADO	RESULTADOS DE ENSAYOS
SiO ₂ (%)	A	20,6	Contenido de aire del mortero (volumen %)	12 máximo	8
Al ₂ O ₃ (%)	6,0 máximo	4,4	Finura Blaine (m ² /kg)	260 mínimo 430 máximo	377
Fe ₂ O ₃ (%)	6,0 máximo	3,3	Promedio de finura Blaine ^B (m ² /Kg)	280 mínimo 420 máximo	385
CaO (%)	A	62,9	Expansión en autoclave (%)	0,80 máximo	0,04
MgO (%)	6,0 máximo	2,2	Resistencia a la compresión (MPa)	A	
SO ₃ (%)	3,0 máximo	2,7	1 día	7,0	23,4
Pérdida por calcinación (%)	3,0 máximo	2,7	3 días	12,0	29,8
Na ₂ O (%)	A	0,19	7 días	A	
K ₂ O (%)	A	0,50	28 días		
Residuo insoluble (%)	0,75 máximo	0,27	Tiempo de fraguado Vicat (minutos)		
CO ₂ (%)	A	1,5	Inicial: no menor que	45	124
Caliza (%)	5,0 máximo	3,5	no mayor que	375	
CaCO ₃ en caliza (%)	70 mínimo	98	Calor de hidratación (kJ/kg)		
Potencial (%)	A		7 días	C	300
C ₂ S	A	50			
C ₃ A	A	21			
C ₄ AF	8 máximo	6			
C ₂ AF	A	10			
C ₂ AF + 2(C ₃ A)	A	22			
C ₂ S + 4,75 C ₃ A	100 máximo	78,5			

A No aplicable
B Promedio de las últimas cinco muestras consecutivas
C Los resultados de ensayo representan los valores más recientes y son proporcionados solamente para información.

REQUISITOS OPCIONALES
NTE INEN 152 Tablas 2 y 4

QUIMICOS			FISICOS		
ITEM	LÍMITE ESPECIFICADO	RESULTADOS DE ENSAYOS	ITEM	LÍMITE ESPECIFICADO	RESULTADOS DE ENSAYOS
Alcalis equivalentes (%)	D	0,5 2	Falso fraguado (%)	50 mínimo	82
			Resistencia a la compresión (MPa)		E
			28 días	28,0 mínimo	

D Límite no especificado por el comprador. Resultado proporcionado únicamente para información.
E El resultado del ensayo para este periodo de producción aún no está disponible.

Certificamos que el cemento descrito arriba, al momento del envío, cumple con los requisitos químicos y físicos de la norma NTE INEN 152 – xx u (otra) _____ norma

Firma _____ Cargo _____

(Continúa)

APÉNDICE Y
(Información opcional)
RESUMEN DE CAMBIOS

Y.1 En este apéndice se recogen los cambios efectuados en esta actualización de la NTE INEN, con respecto a la versión anterior de la misma NTE INEN.
Y.1.1 Esta norma ha sido revisada íntegramente para asegurar la calidad del producto y mejorar la facilidad de lectura

(Continúa)

APÉNDICE Z

Z.1 DOCUMENTOS NORMATIVOS A CONSULTAR

Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 52	<i>Reglas para redondear números.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 151	<i>Cemento hidráulico. Definición de términos.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 153	<i>Cemento hidráulico. Muestreo y ensayos.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 158	<i>Cemento hidráulico. Determinación del tiempo de fraguado. Método de Vicat.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 159	<i>Cementos. Determinación del tiempo de fraguado. Método de Gillmore.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 160	<i>Cemento hidráulico. Métodos de ensayo para el análisis químico.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 195	<i>Cemento hidráulico. Determinación del contenido de aire en morteros.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 196	<i>Cemento hidráulico. Determinación de la finura mediante el aparato de permeabilidad al aire.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 197	<i>Cementos. Determinación de la finura. Método del Turbidímetro de Wagner.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 199	<i>Cemento hidráulico. Determinación del calor de hidratación.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 200	<i>Cemento hidráulico. Determinación de la expansión en autoclave.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 202	<i>Cemento portland. Determinación de la expansión potencial de morteros expuestos a la acción de sulfatos.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 252	<i>Cales. Definiciones y clasificación.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 488	<i>Cemento hidráulico. Determinación de la resistencia a la compresión de morteros en cubos de 50 mm de arista.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 872	<i>Áridos para hormigón. Requisitos.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 875	<i>Cemento hidráulico. Determinación del endurecimiento prematuro. Método de la pasta.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1 504	<i>Cementos hidráulicos. Aditivos de proceso. Requisitos.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1 505	<i>Cemento hidráulico. Determinación del SO₃ óptimo aproximado, usando la resistencia a la compresión.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2 529	<i>Cemento hidráulico. Expansión de barras de mortero de cemento hidráulico almacenado en agua.</i>
Norma ASTM C 226	<i>Especificaciones para adiciones incorporadoras de aire para uso en la fabricación de cemento hidráulico con incorporación de aire.</i>

Z.2 BASE DE ESTUDIO

ASTM C 150 – 07 *Standard Specification for Portland Cement*. American Society for Testing and Materials. Philadelphia. 2007.

INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA

Documento: NTE INEN 152 Cuarta revisión	TÍTULO: CEMENTO PORTLAND. REQUISITOS.	Código: CO 02.02-401
--	--	---------------------------------------

ORIGINAL: Fecha de iniciación del estudio:	REVISIÓN: Fecha de aprobación anterior del Consejo Directivo 2004-12-10 Oficialización con el Carácter de Obligatoria por Acuerdo Ministerial No. 05 129 de 2005-02-14 publicado en el Registro Oficial No. 536 de 2005-03-03
	Fecha de iniciación del estudio: 2009-01-19

Fechas de consulta pública: de	a
--------------------------------	---

Subcomité Técnico: Cementos	Fecha de aprobación: 2009-05-15
Fecha de iniciación: 2009-02-12	
Integrantes del Subcomité Técnico:	

NOMBRES:

Ing. Raúl Camaniero (Presidente)

Ing. Jaime Salvador

Arq. Soledad Moreno
Ing. Carlos Ronquillo
Ing. Patricia Moreno
Ing. Hugo Egúez
Sr. Carlos Aulestia
Ing. Patricio Ruiz
Ing. Luis Quinteros
Ing. Raúl Ávila
Ing. Washington Benavides

Ing. Guillermo Realpe

Ing. Verónica Miranda
Ing. Carlos Proaño
Ing. Xavier Herrera
Ing. Patricio Villena
Ing. Carlos Castillo (Pro Secretario Técnico)

INSTITUCIÓN REPRESENTADA:

FACULTAD DE INGENIERÍA. UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR.
INSTITUTO ECUATORIANO DEL CEMENTO Y DEL CONCRETO - INECYC
INTACO ECUADOR S.A.
HOLCIM ECUADOR S.A. (CEMENTOS)
HOLCIM ECUADOR S.A. (CEMENTOS)
HOLCIM ECUADOR S.A. (AGREGADOS)
LAFARGE CEMENTOS S.A.
INDUSTRIAS GUAPÁN S.A.
CEMENTO CHIMBORAZO C.A.
HORMIGONES HÉRCULES S.A.
FACULTAD DE INGENIERÍA. UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR.
FACULTAD DE INGENIERÍA. PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR.
HORMIGONERA EQUINOCCIAL
MIDUVI
HORMIGONERA QUITO CIA. LTDA.
CÁMARA DE LA CONSTRUCCIÓN DE QUITO
INECYC.

Otros trámites: Esta NTE INEN 152:2010 (Cuarta Revisión), reemplaza a la NTE INEN 152:2005 (Tercera Revisión)

El Directorio del INEN aprobó este proyecto de norma en sesión de 2009-10-30

Oficializada como: Obligatoria Por Resolución No. 116-2009 de 2009-12-14
Registro Oficial No. 111 de 2010-01-19

Anexo 3

Análisis de Precios Unitarios

Adobe - Paneles Prefabricados de Tierra

Análisis de Precios Unitarios							
Código: Rubro:		Fecha: Abril 2012					
8.04.2 Muro de adobe							
Unidad: m2							
Especfic.:							
Costos Directos							
Equipo y herramienta							
Código	Descripción	Unid.	Cantidad	% MO	Precio U.	Rendimiento	Total Costo U.
e107	Herramientas varias	Hora	1.00		0.60	2.00	1.20
e115	Carretilla	Hora	1.00		0.02	2.00	0.04
e111	Andamios metálicos	Hora	1.00		0.15	0.50	0.08
						Subtotal de equipo	1.32
Materiales							
Código	Descripción	Unid.	Cantidad		Precio U.		Total Costo U.
m362	Adobe de 40x20x15 cm	u			13.00	1.13	14.69
m352	Mortero de Barro	m3			0.08	46.03	3.68
						Subtotal de materiales	18.37
Transporte							
Código	Descripción	Unid.	Cantidad		Tarifa U.	Distancia	Total Costo U.
						Subtotal de transporte	0.00
Mano de obra							
Código	Descripción	Número		S.R.H.		Rendim.	Total Costo U.
mo113	Peon	2.00		1.75		2.00	7.00
mo100	Albañil	2.00		3.00		2.00	12.00
						Subtotal de mano de obra	19.00
						Costo directo total	38.69
Costos Indirectos							
Descripción	Porcentaje			Costo Indirecto			
ADMINISTRATIVOS	4.00			1.55			
UTILIDADES	9.00			3.48			
IMPREVISTOS	4.00			1.55			
						Costo indirecto total	6.58
Precio Unitario Total Calculado						45.26	
Precio Unitario Total Ofertado						45.26	

Análisis de Precios Unitarios							
Código:	Rubro:	Fecha: Abril 2012					
8.04.2	Tabique de bareque						
Unidad:	m2						
Especific.:	No incluye revoques ni empañetes						
Costos Directos							
Equipo y herramienta							
Código	Descripción	Unid.	Cantidad	% MO	Precio U.	Rendimiento	Total Costo U.
e107	Herramientas varias	Hora	1.00		0.60	0.55	0.33
					Subtotal de equipo		0.33
Materiales							
Código	Descripción	Unid.	Cantidad	Precio U.	Total Costo U.		
m217	Pingos de eucalipto	ml	3.00	0.84	2.52		
m341	Viga de eucalipto 14 x 16	ml	2.00	1.37	2.74		
m361	Carrizo	u	50.00	0.07	3.50		
					Subtotal de materiales		8.76
Transporte							
Código	Descripción	Unid.	Cantidad	Tarifa U.	Distancia	Total Costo U.	
					Subtotal de transporte		0.00
Mano de obra							
Código	Descripción	Número	S.R.H.	Rendim.	Total Costo U.		
mo113	Peon	2.00	1.75	0.5500	1.93		
mo100	Albañil	2.00	3.00	0.5500	3.30		
mo111	Maestro de obra	1.00	3.25	0.0550	0.18		
					Subtotal de mano de obra		5.41
					Costo directo total		14.50
Costos Indirectos							
Descripción	Porcentaje	Costo Indirecto					
ADMINISTRATIVOS	5.00	0.73					
UTILIDADES	10.00	1.45					
IMPREVISTOS	5.00	0.73					
					Costo indirecto total		2.91
Precio Unitario Total Calculado							17.41
Precio Unitario Total Ofertado							17.41

Análisis de Precios Unitarios							
Código:		Rubro:		Fecha:		Abril 2012	
8.04.12		Muro de Tapial					
Unidad:		m2					
Especfic.:							
Costos Directos							
Equipo y herramienta							
Código	Descripción	Unid.	Cantidad	% MO	Precio U.	Rendimiento	Total Costo U.
e107	Herramientas varias	Hora	1.00		0.60	2.50	1.50
e115	Carretilla	Hora	1.00		0.02	2.50	0.05
e111	Andamios metálicos	Hora	1.00		0.15	0.50	0.08
e125	Cofre Metalico	Hora	2.00		0.25	2.50	1.25
					Subtotal de equipo		2.88
Materiales							
Código	Descripción	Unid.	Cantidad		Precio U.		Total Costo U.
m368	Tierra natural sin contenido arganico	m3	1.50		6.50		9.75
					Subtotal de materiales		9.75
Transporte							
Código	Descripción	Unid.	Cantidad	Tarifa U.	Distancia		Total Costo U.
					Subtotal de transporte		0.00
Mano de obra							
Código	Descripción	Número	S.R.H.	Rendim.			Total Costo U.
mo113	Peon	2.00	2.00	2.50			10.00
mo100	Albañil	2.00	2.00	2.50			10.00
					Subtotal de mano de obra		20.00
					Costo directo total		32.63
Costos Indirectos							
Descripción	Porcentaje	Costo Indirecto					
ADMINISTRATIVOS	4.00	1.31					
UTILIDADES	9.00	2.94					
IMPREVISTOS	4.00	1.31					
					Costo indirecto total		5.55
Precio Unitario Total Calculado					38.17		
Precio Unitario Total Ofertado					38.17		

Análisis de Precios Unitarios							
Código:	Rubro:	Fecha:			Abril 2012		
8.14.1	Panel de Tierra						
Unidad:	Unidad						
Especfic.:	Fabricacion de un panel Prefabricado en Tierra						
Costos Directos							
Equipo y herramienta							
Código	Descripción	Unid.	Cantidad	% MO	Precio U.	Rendimiento	Total Costo U.
0.00	Herramienta Menor	Hora	1.00		0.60	0.30	0.18
0.00	Prensa Hidraulica	Hora	1.00		2.40	0.05	0.12
					Subtotal de equipo		0.30
Materiales							
Código	Descripción	Unid.	Cantidad	Precio U.	Total Costo U.		
M001	Tierra	m3	0.003	13.00	0.03		
M002	Cemento	saco	0.05	7.64	0.41		
M003	Agua	m3	0.02	0.29	0.01		
M004	Cola Blanca	u	0.19	9.25	1.71		
M005	Cabulla	kg	0.01	1.00	0.01		
M006	Diesel	lts	0.001	0.90	0.00		
					Subtotal de materiales		2.17
Transporte							
Código	Descripción	Unid.	Cantidad	Tarifa U.	Distancia	Total Costo U.	
					Subtotal de transporte		0.00
Mano de obra							
Código	Descripción	Número	S.R.H.	Rendim.	Total Costo U.		
0.00	Peon	2.00	1.75	0.30	1.05		
0.00	Operador de Prensa Hidraulica	1.00	2.20	0.30	0.66		
					Subtotal de mano de obra		1.71
					Costo total		4.18

Análisis de Precios Unitarios							
Código: Rubro:		Fecha: Abril 2012					
8.04.1 Panel de Tierra							
Unidad: m2							
Especfic.: Provisión e Instalación de un Panel Prefabricado en Tierra							
Costos Directos							
Equipo y herramienta							
Código	Descripción	Unid.	Cantidad	% MO	Precio U.	Rendimiento	Total Costo U.
e107	Herramienta Menor	Hora	1.00		0.60	0.45	0.27
e115	Carretilla	Hora	1.00		0.02	0.45	0.01
e111	Andamios metálicos	Hora	1.00		0.15	0.45	0.07
						Subtotal de equipo	0.35
Materiales							
Código	Descripción	Unid.	Cantidad		Precio U.		Total Costo U.
m363	Panel en Tierra 50x30x2.2cm	u	6.66		4.18		27.84
m364	Tornillos de 5/16" x 1.1/2"	u	4.00		0.27		1.08
						Subtotal de materiales	28.92
Transporte							
Código	Descripción	Unid.	Cantidad	Tarifa U.	Distancia		Total Costo U.
						Subtotal de transporte	0.00
Mano de obra							
Código	Descripción	Número	S.R.H.		Rendim.		Total Costo U.
mo113	Peon	1.00	1.75		0.45		0.79
mo100	Albañil	1.00	2.20		0.45		0.99
						Subtotal de mano de obra	1.78
						Costo directo total	31.05
Costos Indirectos							
Descripción		Porcentaje				Costo Indirecto	
ADMINISTRATIVOS		4.00				1.24	
UTILIDADES		9.00				2.79	
IMPREVISTOS		4.00				1.24	
						Costo indirecto total	5.27
Precio Unitario Total Calculado						36.32	
Precio Unitario Total Ofertado						36.32	

Análisis de Precios Unitarios							
Código:		Rubro:		Fecha: Abril 2012			
8.04.9		Tabique con Planchas de Yeso Carton					
Unidad:		m2					
Especific.:		Panel de Yeso Carton de 1220x2440x10 mm, con una cara revestida por lamina Vinica de color blanco, con bordes cuadrados					
Costos Directos							
Equipo y herramienta							
Código	Descripción	Unid.	Cantidad	% MO	Precio U.	Rendimiento	Total Costo U.
e107	Herramientas varias	Hora	1.00		0.60	0.35	0.21
e111	Andamios metálicos	Hora	1.00		0.15	0.15	0.02
					Subtotal de equipo		0.23
Materiales							
Código	Descripción	Unid.	Cantidad		Precio U.		Total Costo U.
m415	Panel de Yeso Carton de 1220x2440x15 mm	u	0.68		17.50		11.90
m416	Yeso Pegamento (30 Kg)	u	0.30		15.00		4.50
m410	Clavos	kg	0.06		12.50		0.75
m425	Lana de vidrio e = 8 cm	rollo	0.20		35.00		7.00
					Subtotal de materiales		24.15
Transporte							
Código	Descripción	Unid.	Cantidad		Tarifa U.	Distancia	Total Costo U.
					Subtotal de transporte		0.00
Mano de obra							
Código	Descripción	Número	S.R.H.		Rendim.		Total Costo U.
mo113	Peon	1.00	1.00		0.35		0.35
mo112	Instalador	1.00	1.00		0.25		0.25
					Subtotal de mano de obra		0.35
					Costo directo total		24.73
Costos Indirectos							
Descripción	Porcentaje	Costo Indirecto					
ADMINISTRATIVOS	4.00	0.99					
UTILIDADES	9.00	2.23					
IMPREVISTOS	4.00	0.99					
					Costo indirecto total		4.20
Precio Unitario Total Calculado							28.94
Precio Unitario Total Ofertado							28.94

BIBLIOGrAFÍa

Bibliografía

Libros

- **Manual De Construcción En Tierra.** Minke, Gernot. Editorial Fin De Siglo. 2005
- **Manual De Construcción Para Viviendas Antisísmicas De Tierra.** Minke, Gernot. Universidad De Kassel. Alemania. Tercera Edición. 2005.
- **La Tierra Como Material De Construcción.** Ing. Pons, Gabriel. San Salvador. 2001
- **Identificación de la composición óptima del adobe como material de construcción de una escuela en Cuba.** Rodríguez Díaz, M. A.; Saroza Horta, B. Madrid, España. 2005.
- **La tierra, material resistente al agua.** Guinea Díaz, M. J. Monografía No. 385/386. Instituto Eduardo Torroja. Equipo VMBC. Madrid. España. 1987.
- **Técnicas de preparación y estabilización del adobe.** Tejada Schmidt, U. V Curso Internacional sobre edificaciones de Bajo Costo en zonas sísmicas. Editado por CISMID y la Universidad Nacional de Ingeniería. Perú. Octubre, 1993.
- **Modelo Matemático Del Comportamiento Mecánico En Flexión Del Cartón-Yeso.** L. Villanueva, F. Lasheras, M. Del Río, F. Hernández-Olivares, Universidad Politécnica De Madrid, Madrid – España
- **Asbestocemento (Fibrocemento).** Waganoff, Nicolás P. Ediciones: Librería Del Colegio – Editorial Sudamericana. Buenos Aires, Argentina. 1952

Paginas Web

- www.archdaily.com
- www.arqhys.com
- www.construmatica.com
- www.flickr.com
- www.plataformaarquitectura.cl
- www.tectonicablog.com
- www.terra.org
- www.tierraalsur.com
- es.wikipedia.org

