

# CONSTRUCCIÓN EN QUINCHA LIVIANA

Sistemas constructivos sustentables de reinterpretación patrimonial













# CONSTRUCCIÓN EN QUINCHA LIVIANA

Sistemas constructivos sustentables de reinterpretación patrimonial

Quincha Liviana Húmeda y Quincha Liviana Seca

#### Equipo Investigación Protierra Chile

Romina Acevedo Oliva y Oscar R. Carrillo Zúñiga / Estudio Tribal Jorge Broughton Weine / Broughton y Asociados

#### Colaboración en la Investigación y Edición

Paola Valencia Marticorena / DITEC, MINVU

Camila Herrera Galvez /DITEC, MINVU

Camilo Lanata/DITEC, MINVU

Cristina Barria/DITEC, MINVU

Guillermo Calderon/DITEC, MINVU

Xavier Irazoqui/DITEC, MINVU

Natalia Jorquera Silva / Universidad de Chile/ Protierra Chile

Rodrigo Pérez Marín / Universidad del Concepción / Red Arcot Catedra Unesco

Patricio Morgado Uribe / Universidad del Bio-Bio/ Red Arcot Catedra Unesco

Leonardo Seguel Briones / Universidad del Bio-Bio / Red Arcot Catedra Unesco

Ghylianne Arias Valencia / Universidad del Bio-Bio

Valentina Leiva Parra / Universidad del Bio-Bio

Juanjo García Pérez

### Imágenes y Animaciones 3D

Ghylianne Arias Valencia Valentina Leiva Parra

## Diseño y Diagramación

Oscar Carrillo Zúñiga Ghylianne Arias Valencia Valentina Leiva Parra

## Investigación Financiada por

Depto de Estudios, División Técnica de Estudios y Fomento Habitacional (DITEC) del Ministerio de Vivienda y Urbanismo

Fondart Nacional 2017, Línea de Arquitectura, modalidad Investigación, del Ministerio de las Culturas, las Artes y el Patrimonio

ISBN: 978-956-401-403-6

# ÍNDICE

1.	INTRODUCCIÓN	8
2.	QUINCHA	10
	Origen y difusión	
	Sistema constructivo de Quincha básica	16
	Tipologías de Quincha	17
	Clasificación de Quincha	
3.	QUINCHAS ENSAYADAS PARA EVALUAR SU CUMPLIMIENTO	
	ANTE NORMAS CHILENAS	21
	A. Quincha Liviana Húmeda	21
	B. Quincha Liviana Seca	23
4.	FASE DE EJECUCIÓN SISTEMAS CONSTRUCTIVOS ENSAYADOS	25
	4.1 Recomendaciones para el manejo de materiales previo a la ejecución	
	A. Estructura de muros en Quincha Liviana Húmeda y Quincha Liviana Seca	
	B. Relleno de Quinchas ensayadas	
	B1. Relleno para Quincha Liviana Húmeda	
	B2. Relleno para Quincha Liviana Seca.	
	C. Revestimiento: Revoques de Tierra para ambos	
	sistemas constructivos de Quincha ensayadas	39
5.	ESTUDIO Y RESULTADOS DE ENSAYOS DE COMPORTAMIENTO AL FUEGO,	
	TÉRMICO Y ACÚSTICO PARA QUINCHA LIVIANA HÚMEDA Y QUINCHA LIVIANA SECA	43
	A. Ensayo de comportamiento al Fuego	
	B. Ensayo de comportamiento Térmico	
	C. Ensayo de comportamiento Acústico	
	6. CONCLUSIONES RESULTADOS DE ENSAYOS	55
CAN.	GLOSARIO	
	BIBLIOGRAFÍA	
	DESCARGA DE CERTIFICADOS	

# 1. Introducción

En las últimas décadas en Chile varios equipos profesionales de arquitectura y construcción estamos volviendo a preferir el uso de materiales locales pertinentes a nuestro territorio como la tierra y las fibras naturales, con foco en la sustentabilidad y la cultura local. El año 2017 nos hemos constituido como Corporación Protierra Chile con el objetivo de fomentar la investigación y la difusión de estas técnicas constructivas.

Esta iniciativa nace como encargo del Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU), institución que bajo el objetivo de potenciar la innovación y el desarrollo de tecnologías nacionales y nuevos materiales en torno a la construcción sustentable: solicita corporación Protierra realizar ensayos para analizar el comportamiento térmico acústico y ante la acción del fuego para dos sistemas constructivos, quincha seca y quincha húmeda liviana. Lo anterior, tiene como objetivo final validar dichos sistemas en función cumplimiento a la normativa vigente, para poder incluirlos en el listado oficial de soluciones constructivas del Minvu y así ser utilizados en la construcción de viviendas financiadas por el Estado. Esta investigación, cuenta además con el co-financiamiento del Ministerio de las Culturas, Las Artes y el Patrimonio a través de FONDART Nacional, línea de Arquitectura, modalidad Investigación, adjudicado Estudio Tribal (oficina de arquitectura perteneciente a la Corporación Protierra) a nombre de la arquitecta Romina Acevedo Oliva. También han sido parte del contenido y revisión los académicos de las Facultades de Arauitectura de: la Universidad de Chile, Natalia Universidad del Bio-Bio, Patricio Jorquera; Morgado y Leonardo Seguel; y de la Universidad de Concepción, Rodrigo Pérez; quienes a su vez son miembros de diferentes redes de difusión y promoción de la tierra como material constructivo a nivel nacional e internacional.

El contenido de la publicación inicia con un breve estudio de la cultura constructiva asociado al uso de la Quincha en Chile. destacando su usos, difusión, tipologías y variantes; en la siguiente parte, se describen los 2 sistemas constructivos de Quincha Liviana ensayados, elegidos por su uso actual en la Arquitectura Contemporáneo en Tierra luego de una serie de reuniones con profesionales y maestros de oficio en construcción con tierra; a continuación, se detallan el paso a paso de la eiecución de ambos sistemas constructivos: para finalmente, incluir los resultados de los estudios de validación de los 2 sistemas constructivos de Quincha Liviana exigidos por la normativa de construcción vigente para construir viviendas o equipamientos en Chile.

Los resultados obtenidos permiten el ingreso de proyectos de arquitectura que usen estos sistemas constructivos en cualquier Dirección de Obras Municipales del país (salvo en ciertas zonas geográficas extremas), además de proporcionar los informes exigidos por el Servicio de Vivienda y Urbanización de Chile (SERVIU) para construir vivienda social subsidiada con estos materiales: además de facilitar la obtención de créditos bancarios para la construcción de inmuebles que utilicen los sistemas de muros estudiados.

#### **Aspectos Culturales**

La cultura constructiva asociado a la tierra en América, desde un punto de vista histórico consta desde épocas precolombinas y sólo decae en las primeras décadas del Siglo XX en

Chile, según Natalia Jorquera en su articulo: "Culturas constructivas que conforman el patrimonio chileno construido en tierra"; por otro lado, la arquitectura en tierra es por si misma una expresión de la Arquitectura vernácula, tomando en consideración al autor del libro "Casas Hechas a Mano" que define que "la arquitectura vernácula, por su propia naturaleza, utiliza materiales que fácilmente disponibles y, por tanto, circunscriben a las condiciones geográficas, ecológicas y climatológicas del lugar". Actualmente. desde varios movimientos culturales se plantea el retorno a la construcción con tierra y materiales locales impulsado por la necesidad de sostenibilidad en nuestro planeta, desde el punto de vista de la disponibilidad de recursos e igualdad social. tal como lo plantea el "Laufen Manifiesto", donde se propone la expresión de la identidad local y la comprensión del territorio como ejes del nuevo hábitat humano.

Los desafíos de la construcción con tierra y su adaptación a modos de vida urbana contemporánea, la imagen de la modernidad y la cultura global son también puntos a considerar desde la misma enseñanza de la arquitectura, tal como lo plantean la publicación "Aportes de la enseñanza de la arquitectura en Tierra a la mitigación de Riesgos", donde también se plantea la necesidad de investigar sistemas constructivos que representan nuestra cultura local y que precisan cumplir con estándares técnicos modernos para proyectar su uso a futuro.

#### **Aspectos Ambientales**

En Chile, el desarrollo sustentable está definido en la Ley N° 19.300 de Bases del Medio Ambiente (2011, p.2) como "el proceso de mejoramiento sostenido y equitativo de la calidad de vida de las personas, fundado en medidas apropiadas de conservación y protección del medio ambiente, de manera de no comprometer las expectativas de las generaciones futuras". Uno de los grandes desafíos aue plantea el sustentable es la construcción, por tal razón en 2012 se firmó un convenio marco de colaboración entre el Ministerio de Obras Públicas, Ministerio de Vivienda y Urbanismo, Ministerio de Energía y Ministerio del Medio Ambiente con el objetivo de coordinar, difundir fomentar promover. У construcción sustentable en el país.

A nivel internacional, los países que participaron en la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) en Kyoto, Japón, en diciembre de 1997 redactaron conjuntamente un internacional sobre acuerdo el calentamiento global conocido como el Protocolo de Kyoto. Los países que aprueban el documento se comprometen a reducir las seis categorías de gases de efecto invernadero (GEI), entre los que se encuentra el dióxido de carbono (CO2). En este contexto, los materiales para la construcción se pueden dividir entre los que son fuentes netas de CO2 y aquellos que son sumideros de CO2: por un lado, se encuentran los metales, materiales sintéticos derivados del petróleo y los cementicios; por otro lado, están los materiales naturales orgánicos como la madera o la paja de triao que tienen la capacidad de absorber CO2 durante la fase de crecimiento propio de las plantas (MacMath, Fisk, 1999).

## 2. QUINCHA

#### ORIGEN Y DIFUSIÓN

#### POR NATALIA JORQUERA

La quincha es una técnica tradicional para ejecutar muros, consistente en una estructura en base a un entramado de madera, con un relleno de tierra vertido en estado plástico (barro) mezclado con fibras vegetales. Dada la presencia de los distintos materiales, es clasificado como un sistema constructivo "mixto".

La técnica está compuesta por una estructura maestra, una estructura secundaria, un relleno v un revestimiento (Garzón, 2011) y presenta muchas variantes dependiendo de cada uno de los materiales empleados y la configuración de ellos, inclusive en alaunos casos sin relleno como tipologías de construcciones alaunas patrimoniales en el norte de Chile. La estructura principal puede estar formada simplemente por troncos, horcones, cañas, bambú, rollizos o por elementos de madera labrada o aserrada de diversas dimensiones y secciones, que en todos los casos conforman un entramado o tabique. La estructura secundaria, cuya misión es formar un tejido para contener el relleno y recibir el revestimiento, puede estar conformada simplemente por ramas, cañas, listones de madera o alambres, dispuestos en horizontal, vertical o diagonal. El relleno varía dependiendo de las características del suelo donde se emplace la obra, pero al no tener un rol estructural, debe cumplir con menos requisitos que en otras técnicas como el adobe o el tapial: la fibra vegetal, comúnmente paja de trigo, tiene el rol de meiorar la suieción a la estructura secundaria y soportar las tracciones a que puede ser sometido el relleno; de no existir fibra. se pueden encontrar piedras de tamaño pequeño en su reemplazo. El revestimiento, normalmente es ejecutado con la misma tierra y paja del relleno, pero con la tierra tamizada más fina y la paja más corta; sobre este último componente, existen también muchas variantes, encontrándose ejemplos donde el último acabado es en base a cal.

A diferencia de otras técnicas tradicionales de tierra, como el adobe o el tapial, que se emplazan predominantemente en contextos climáticos árido-templados, es posible encontrar construcciones de quincha en lugares con climas muy variados, desde los templados, a los tropicales y lluviosos, es decir, en todos aquellos contextos donde dada la presencia de aqua existe vegetación, que luego es transformada en madera para ser utilizada como el esqueleto base del sistema constructivo, y donde existe suelo con características más o menos arcillosas para ser usado como relleno del entramado. Además, dado el buen desempeño de la estructura de madera frente a los esfuerzos sísmicos, es común encontrar construcciones de quincha en regiones frecuentemente golpeadas por terremotos (Cevallos, 2003; Carazas y Rivero, 2002; Jorquera, 2015).

Debido a la gran difusión geográfica de la técnica, así como a la variedad en su configuración, es que ésta adquiere distintos nombres dependiendo el idioma y su ubicación, siendo los principales el "Wattleand-daub" en los países de habla inglesa del norte de Europa, "torchis" en Francia e Italia y "leichtlehmbau" en alemán. Pero es en América Latina donde más variantes de la denominación de la técnica se encuentran: "bahareque" en Panamá, El Salvador, Guatemala, Ecuador, Colombia y Honduras; "Cuje" en Cuba, "Pau a pique" o "Taipa de sopapo" en Brasil; "fajina" en Uruguay; "estaqueo" en Paraguay y "quincha" en Perú,

Bolivia, Argentina y Chile, vocablo último que proviene del idioma quechua (Marussi, 1986) quinzha que significa "seto de varas de madera, barrera o cerca" (Cevallos, 2003).

No existe una data cierta sobre el origen de la quincha, pero seguramente parte de las primeras construcciones de la humanidad fueron ejecutadas con elementos vegetales y tierra; existen por ejemplo vestigios de viviendas o lugares de abrigo en el actual Ecuador que datan de entre el 10.800 al 10.000 A.C. (Stothert citada en Cevallos, 2003). Tampoco se cuenta con una fecha de término de su uso, pues aún hoy se sique construyendo con quincha en muchas partes del mundo, ya sea en manera tradicional, como de forma contemporánea, mejorando alguno de los componentes de la técnica. Así, se podría afirmar entonces, que la quincha es una técnica que goza de continuidad histórica y que esto es seguramente gracias a su versatilidad.

En Chile, antes de la llegada de los españoles, la quincha se utilizaba bajo diversas modalidades entre las regiones de Atacama y la Araucanía, es decir en aquellas zonas donde existe presencia relativa de madera y de abundante tierra proveniente del suelo. Durante el periodo de la Colonia, si bien la técnica predominante fue el adobe, el uso de la quincha se mantuvo en los "ranchos" y en algunas viviendas, de las cuales quedan como testimonio ejemplares aislados en el Norte Grande, como en San Lorenzo de Tarapacá (Figura 1), Pica y Matilla. En el Norte Chico, en la actualidad, se encuentran viviendas, bodegas y otros recintos de destino agrícola (Figura 2) de data desconocida (Lobos, Jorquera y Pfenniger, 2014), siendo interesante eiemplo la variante que usa la (Cortez, "brea" 2014) como estructura secundaria, presente en el poblado de El Totoral y en Copiapó (Figuras 3, 4 y 5).



Figura 1. Vivienda de quincha en San Lorenzo de Tarapacá y detalle de la misma, región de Tarapacá (créditos: Natalia Jorquera, 2014)



Figura 2. Bodega rural en el valle del Choapa, región de Coquimbo (créditos: María de la Luz Lobos, 2013)



Figura 3. Vivienda de quincha con brea en el Totoral, región de Atacama (créditos: David Cortez, 2014)



Figura 5. Vivienda contemporánea de quincha con brea en Copiapó (créditos: Natalia Jorquera, 2008)





Figura 4. Detalle de quincha con brea tradicional (arriba) y contemporáneo (abajo) en el Totoral, región de Atacama (créditos: David Cortez, 2014)

Respecto a sus prestaciones, la quincha es una técnica que presenta múltiples ventajas: el ya mencionado buen desempeño de la madera frente a solicitaciones sísmicas, siendo considerada de hecho, una técnica "parasísmica" (Carazas y Rivero, 2002); la buena habitabilidad –en términos térmicos y acústicos- que otorga el relleno de tierra y paja; la simpleza y rapidez de su ejecución, que hace además que no se requiera mano de obra experta y el bajo costo económico comparado con otros sistemas constructivos; todas razones que la han hecho una técnica apropiable y transmisible a lo largo del tiempo. Respecto a las desventajas, existe una que se presenta de manera recurrente en la técnica tradicional: la disociación entre los elementos de madera y la tierra -sobre todo en caso de movimiento sísmico- debido a la rigidez distinta que poseen ambos materiales, cayéndose muchas veces parte del relleno y el revoque de los muros, provocando con ello la aparición de insectos xilófagos que atacan la madera. Esta desventaja se produce sobre todo en caso de falta de mantención y ha sido la principal razón para el desprestigio de la técnica y su posterior abandono en muchas localidades chilenas.

A pesar del estigma que sufrieron las técnicas de tierra en Chile desde el terremoto de Chillán de 1939 –donde muchas construcciones de adobe colapsaron-, en las últimas cuatro décadas ha suraido un creciente interés tanto por recuperar el patrimonio arquitectónico construido con este material, como por crear construcciones nuevas sostenibles utilizando elementos naturales, dentro de lo cual la tierra ha sido una opción. Así, han suraido diversas iniciativas: a fines de la década de 1980, en la Comunidad Ecológica de Peñalolén en la precordillera de Santiago, se empezó a experimentar espontáneamente con técnicas de tierra, principalmente con la quincha, pero innovando mediante la introducción de materiales industriales y de reciclaje; en un primer momento se mantuvo la estructura principal de madera, pero se reemplazó la estructura secundaria por alambres y mallas metálicas; posteriormente, se empezó a utilizar acero en reemplazo de la estructura principal, opción que luego se masificó dando origen a los denominados "quincha metálica" y "Tecnobarro" (Figura 6), nombres introducidos por el arquitecto chileno Marcelo Cortés (Jorquera, 2014). Más recientemente, se ha experimentado modificando el relleno de la quincha, surgiendo la idea de utilizar fardos de paja completos al interior de la estructura de madera o paja suelta, técnica ideada por el arquitecto chileno Jorge Broughton conocida como "auincha seca".

Las últimas innovaciones en materia de construcción, se han centrado en mejorar la adherencia de los revestimientos de tierra a la estructura -supliendo así la falencia del sistema tradicional- y aligerar el relleno de tierra y paja mediante la introducción de una mayor cantidad de esta última, con el objetivo de mejorar la aislación térmica y acústica y restar peso a la estructura; en ese contexto, la oficina chilena Surtierra Arquitectura ha ideado el sistema denominado "Terrapanel", consistente en una estructura de acero rellena con tierra aligerada con mucha paja.

A todas estas iniciativas de experimentación en obra, se suman los ensayos de laboratorio (resistencia al fuego, comportamiento acústico y transmitancia térmica.) y las investigaciones – como la que da origen a este manual, lo que junto a la posibilidad que ofrece la técnica de calcular su estructura en base a normativa nacional vigente (de madera o de acero) y obtener permiso de edificación, hacen de la quincha una técnica ancestral pero al mismo tiempo vigente, con posibilidad de masificarse y mejorar la calidad de vida de miles de familias de manera sustentable y segura.



Figura 6. Quincha metálica y "tecnobarro" (créditos: archivo Marcelo Cortés)

## SISTEMA CONSTRUCTIVO DE QUINCHA BÁSICO

#### I. Fundación:

Constituye la base de la estructura y por tanto debe satisfacer la función de soportar el peso de la vivienda y repartirla sobre el terreno en la profundidad necesaria.

#### II. Estructura Principal:

Cumple el rol de estructurar y ser capaz de resistir todas las cargas a las cuales la edificación estará sometida durante su vida útil, diseñada con la norma nacional vigente. Está compuesta generalmente por elementos de madera o metal.

#### III. Estructura Secundaria:

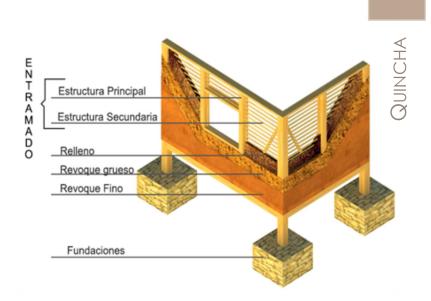
Sostiene y contiene el relleno del muro. Compuesta por elementos como cañas, bambú, mimbre o madera aserrada, también se considera la utilización de mallas de acero en tipologías contemporáneas.

#### IV. Relleno:

Cumple la función de otorgarle las cualidades termo-acústicas al muro, compuesto por tierra arcillosa y fibras vegetales, dependiendo del lugar de la construcción y las necesidades térmicas.

#### V. Revestimiento:

Cumple la función de disminuir la permeabilidad de agentes externos a la estructura y al relleno. El revoque se puede subdividir en **revoque grueso** y el **revoque fino** (que le entrega un acabado más minucioso).



## TIPOLOGÍAS DE QUINCHA

Las Quinchas se pueden clasificar según su relleno y su estructura, las cuales dan origen a las siguientes tipologías:

### Quincha Según relleno:

#### Húmeda

Es aquella quincha que posee de relleno una mezcla de barro, en estado plástico (tierra arcillosa más agua) con fibras vegetales, de una densidad mayor a la quincha liviana húmeda.

#### Liviana húmeda

Es aquella quincha que posee de relleno fibras vegetales sumergidas en una lechada de tierra arcillosa (barbotina), también conocida como tierra alivianada con paja o barro-paja liviano.

#### Liviana seca

Es aquella quincha que posee en su relleno solo fibras vegetales en estado seco, sin ningún contenido de tierra arcilla o agua.

#### Sin relleno

Es aquella quincha que no posee relleno en el alma del tabique, dejando una cámara de aire en su interior conformada por los revoques interiores y exteriores.

# Quincha Según estructura principal y secundaria

#### Madera-Madera

Es aquella quincha que posee como estructura principal y secundaria madera, en estado bruto, como el sistema tradicional; o aserrado e impregnado, como los sistemas de quincha contemporáneos.

#### Madera-Metal

Es aquella quincha que posee como estructura principal madera y estructura secundaria mallas metálicas, este sistema de quincha es la primera expresión contemporánea de la quincha maderamadera, como respuesta a la agilización de la construcción del tabique para el siguiente proceso de llenado, como también a la mejora de la adherencia de los estucos.

#### Metal-Metal

Es aquella quincha que posee como estructura principal y estructura secundaria acero. Conocida como Quincha metálica o tecnobarro, es un sistema de quincha contemporánea donde la estructura de madera se sustituye por el acero como elemento de resistencia.

## CLASIFICACIÓN DE QUINCHAS

En Chile y Latinoamérica se realizaron construcciones con diferentes tipologías de quincha, las cuales se rescatan a continuación:

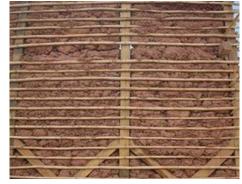
#### Relleno

Húmeda

## Estructura Principal y secundaria

Madera-Madera

Quincha con relleno de paja y tierra con palillaje de coligüe en sentido horizontal a la estructura principal.



Quincha en madera con coligüe. Fuente: San Sebastián Tutla (México)



Esquema Isométrico Quincha con listoneado de coligüe en horizontal. Fuente: elaboración propia

#### Relleno

Liviana húmeda

## Estructura Principal y secundaria Madera-Madera

Quincha prefabricada con coligüe entretejido vertical y relleno de tierra alivianada.



Cuadrado Mulero.



Esquema Quincha prefabricada. Fuente: elaboración propia.

#### Relleno

Sin Relleno

## Estructura Principal y secundaria Madera-Madera

Quincha con madera en rollizo y caña de Guayaquil, bambú o coligüe con una cámara de aire en su interior, contenida sólo por la estructura y revoques.



Quincha con caña de Guayaquil. Fuente: Patricio Guayaquil. Fuente: elaboración propia Morgado



Isométrico Quincha con

# MODELOS CONSTRUCTIVOS DE QUINCHA CONTEMPORÁNEA

#### Relleno

Liviana Seca

## Estructura Principal y secundaria Madera-Madera

Quincha seca con relleno de paja seca y listoneado de madera aserrada de 1"x 2".



Quincha seca contemporánea. Fuente: Estudio terra.



Esquema Quincha Liviana Seca contemporánea. Fuente: elaboración propia.

#### Relleno

Liviana húmeda

# **Estructura Principal y secundaria**Madera-Madera

Quincha con relleno en tierra alivianada y paja.



Quincha contemporánea. Fuente: Estudio terra.



Esquema Quincha Liviana Húmeda contemporánea. Fuente: elaboración propia.

## Relleno

Húmeda

# Estructura Principal y secundaria Madera-Madera

Quincha con moldaje para el relleno de barro y paja con capa de aire.



Quincha llolleo, V región Chile Fuente: Isabel Soto Luque Arquitectos



Esquema Quincha Húmeda contemporánea. Fuente: elaboración propia.

#### Relleno

Liviana Seca

# Estructura Principal y secundaria Madera-Metal

Quincha de madera impregnada con malla electrosoldada en ambas caras y relleno de paja seca disuelta en el alma.



Quincha seca contemporánea. Fuente: Estudio Tribal



Esquema Quincha Liviana Seca contemporánea. Fuente: elaboración propia.

#### Relleno

Liviana Húmeda

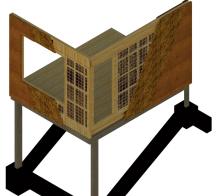
# Estructura Principal y secundaria

Madera-Metal

Quincha rellena de paja cubierta de barbotina alivianada con estructura de madera.



Quincha Contemporánea en madera . Fuente : Estudio Tribal



Esquema Quincha Liviana Húmeda. Fuente: elaboración propia.

#### Relleno

Liviana húmeda

## Estructura Principal y secundaria Metal-Metal

Quincha relleno de paja alivianada con estructura de acero y malla electrosoldada plegable o lisa en ambas caras.



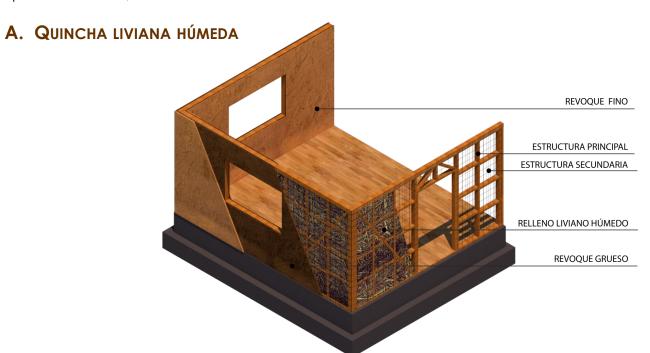
Quincha Metálica. Fuente: Marcelo Cortez.



Esquema Quincha Metálica. Fuente: elaboración propia.

### 3. QUINCHAS ENSAYADAS PARA EVALUAR SU CUMPLIMIENTO ANTE NORMAS CHILENAS

La presente publicación incluye el estudio ante normas chilenas de dos sistemas constructivos de quinchas livianas, las cuales se describen a continuación:



# A.1 Clasificación según estructura principal y secundaria: Madera— Metal

Muro divisorio o perimetral de edificios, formado por una estructura de madera de pino aserrada impregnada seca con microcobre de escuadría de 2" x 4", compuesta de pie derechos distanciados a 60 cm a eje y travesaños o cadenetas distanciados a no más de 65 cm a eje entre sí y con soleras superiores o inferiores. Por lado interior y exterior del muro se colocará una malla electrosoldada de trama cuadrada de 15 x 15 cms compuesta de fierro de espesor de 0,42 cm con protección ante la corrosión.

A.2 Clasificación según relleno: Liviana Húmeda (Paja de Trigo aglomerada con Barbotina de Tierra Arcillosa, Densidad aproximada de 600 Kg/m3).

Entre todos los elementos de la estructura de madera y entre ambas mallas, se rellenará con paja de trigo aglomerado con barro arcilloso líquido, también llamado "Barbotina"; este relleno tendrá una densidad seca cercana a 600 Kg/m3.

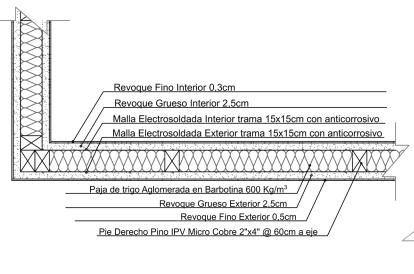
### A.3 Clasificación según sus revestimientos:: Doble Revoque interior y exterior de tierra arcillosa estabilizada

Sobre las caras de muro se aplicará un revoque grueso en base a tierra arcillosa y de paja de trigo seca picada. Dicho revoque tendrá un espesor de 2,5 cm, tanto en la cara interior como exterior del muro.

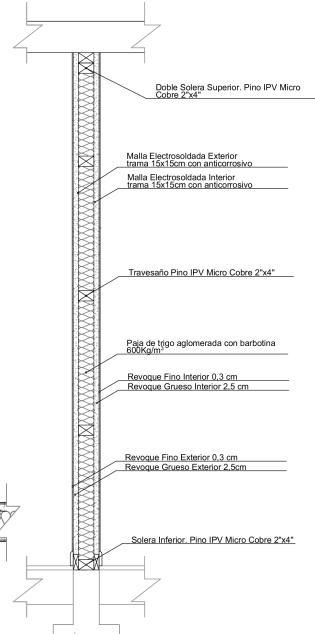
Como terminación final se aplicará un revoque fino de 0,3 cm por cada lado del muro, que se elaborará a partir de la mezcla de Tierra Arcillosa de mediana plasticidad y arena de río a cuya mezcla se le adicionará paja de trigo tamizada de 0,3 cm máximo.

# Detalles Constructivos de la quincha liviana húmeda

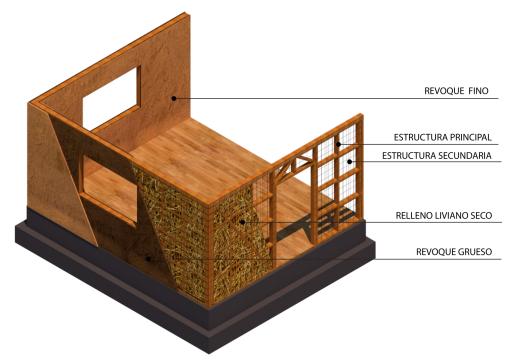
Planta constructiva tipo:



## Corte constructivo tipo:



#### B. QUINCHA LIVIANA SECA



# B.1 Clasificación según estructura principal y secundaria: Madera— Metal

Muro divisorio o perimetral de edificios, formado por una estructura de madera de pino aserrada impregnada seca con micro-cobre de escuadría de 2" x 4", compuesta de pie derechos distanciados a 60 cm a eje y travesaños o cadenetas distanciados a no más de 65 cm a eje entre sí y con soleras superiores o inferiores. Por lado interior y exterior del muro se colocará una malla electrosoldada de trama cuadrada de 15 x 15 cms compuesta de fierro de espesor de 0,42 cm con protección ante la corrosión.

# B.2 Clasificación según relleno: Liviana Seca (Paja de Trigo seca de 60 Kg/m3)

Entre todos los elementos de la estructura de madera y entre ambas mallas se rellenará con paja de trigo seca logrando una densidad aproximada de 60 Kg/ m3.

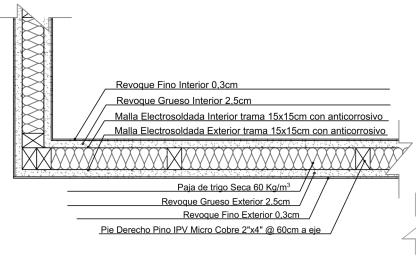
### B.3 Clasificación según sus revestimientos: Doble Revoque interior y exterior de tierra arcillosa estabilizada

Sobre las caras de muro se aplicará un revoque grueso en base a tierra arcillosa y de paja de trigo seca picada. Dicho revoque tendrá un espesor de 2,5 cm, tanto en la cara interior como exterior del muro.

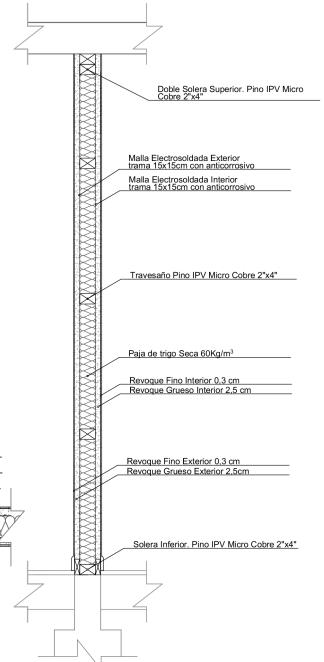
Como terminación final se aplicará un revoque fino de 0,3 cm por cada lado del muro, que se elaborará a partir de la mezcla de Tierra Arcillosa de mediana plasticidad y arena de rio a cuya mezcla se le adicionará paja de trigo tamizada de 0.3 cm máximo.

#### Detalles Constructivos de la quincha liviana seca

Planta constructiva tipo:



#### Corte constructivo tipo:



## 4. FASE DE EJECUCIÓN SISTEMAS CONSTRUCTIVOS ENSAYADOS

#### 4.1 RECOMENDACIONES PARA EL MANEJO DE MATERIALES PREVIO A LA EJECUCIÓN

Antes de iniciar las partidas de construcción de muros en "Quincha Liviana Húmeda" y "Quincha Liviana Seca" se deben tomar en cuenta las siguientes recomendaciones:

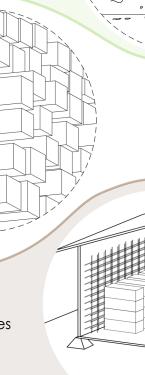
La construcción de muros de una Quincha Liviana debe contar con personal de experiencia en construcción de muros en estructura de madera y maestros que tengan experiencia en la aplicación de revoques en tierra o en estucos de cemento, ya que su asimilación al uso de tierra es más rápido.

materiales se deberá procurar que se encuentren secos, sin materiales extraños ni daños por pudrición. Los materiales que conforman la estructura primaria (soportante) deben cumplir con lo especificado por el calculista y lo indicado

En la elección de todos los

en las especificaciones técnicas (EE.TT).

Los materiales deberán ser acopiados en lugares protegidos de la intemperie y aislados del suelo.



# 4.2 COMPONENTES DE LOS SISTEMAS CONSTRUCTIVOS: QUINCHA LIVIANA HÚMEDA Y QUINCHA LIVIANA SECA.

Ambos sistemas de quincha comparten la misma estructura de madera e igual revestimiento, la diferencia entre ambos radica en el tipo de relleno. A continuación, se describen las tres etapas de ejecución de los dos sistemas de quincha: A.- Estructura principal y secundaria; B.- Relleno y C.-Revestimiento.

## A. ESTRUCTURA DE MUROS EN QUINCHA LIVIANA HÚMEDA Y QUINCHA LIVIANA SECA A.1 ESTRUCTURA PRINCIPAL: MADERA PINO IPV MICRO COBRE 2" x 4"

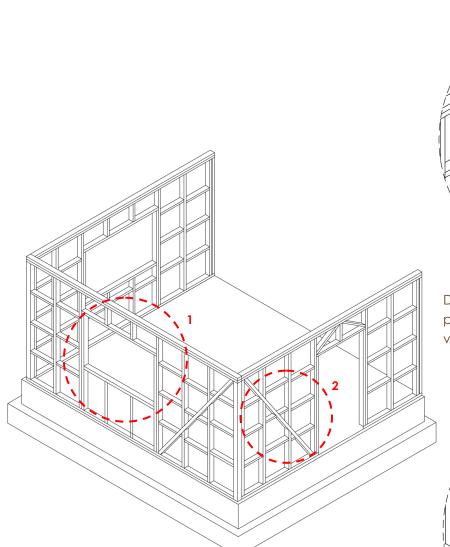


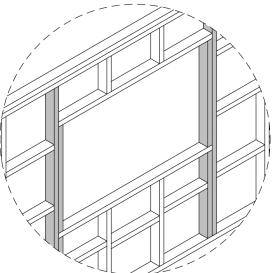
1. Compuestos por madera de pino, mínimo Grado Estructural 2, seca en cámara al 12% e impregnación con cobre micronizado. Su humedad no podrá ser superior a las establecidas en el artículo 5.6.8 de la Ordenanza general de urbanismo y construcción (OGUC) y la Norma chilena (NCh) 1079 según la zona climático-habitacional donde se emplaza la construcción.

Además se deberá cumplir con lo señalado en el Art. N° 5.6.7 al 5.6.13 de la O.G.U.C., cuando no se cuente con cálculos de estabilidad de la construcción elaborado por ingeniero. Las variaciones de humedad por zona, deberán ser consideradas en el diseño estructural.

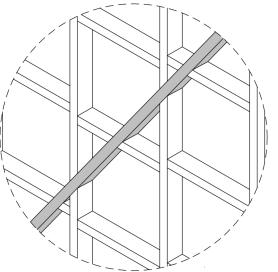
- 2. Entre el sobrecimiento y la solera inferior se deberá incorporar una barrera contra la humedad.
- 3. Las soleras inferior y superior, como también los pies derechos, travesaños o cadenetas y diagonales serán de piezas de 2" x4". Se fijarán usando clavos de 4" según los requisitos de clavado especificados por el calculista en base a la NCh 1198 y las escuadrías de la madera a unir.
- 4. Se cumplirá con distanciados de pies derechos a no más de 60 cm a eje y travesaños o cadenetas distanciados a no mayor de 65 cm a eje entre sí y con soleras superiores o inferiores.
- 5. En vanos de puertas y ventanas se deberá considerar doble pie derecho. Se contemplará doble solera superior para unificar la estructura. Se recomienda doble dintel para vanos.
- 6. En esquinas se colocarán piezas de madera diagonales que podrán cortar los pies derechos sin perder la línea estructural.
- 7. Para la protección contra termitas se deberá proteger cualquier perforación o shafts para ductos sanitarios, eléctricos o cualquier instalación, además de juntas de dilatación y bajadas de aguas lluvias. Deberá sellarse con un material que no se fisure y sea durable al paso del tiempo. Los sobrecimientos y radieres deben quedar expuestos al menos en unos 20 cm sobre el nivel del terreno natural, para su correcta inspección. Las estructuras de hormigón

deberán ser completamente monolíticas para evitar grietas y espacios por donde las termitas tengan acceso al edificio. En los casos que no se considere la construcción de radier de cemento, con fundaciones puntuales, se utilizarán mallas metálicas para envolver el perímetro de la fundación, protegiendo a nivel y bajo el suelo tanto los basamentos e instalaciones que atraviesen. Esta malla deberá tener una trama menor a 0,75 mm, de manera de impedir el paso de termitas de menor tamaño. De igual forma la malla debe ser afianzada, mediante abrazaderas, a todos los ductos de instalaciones, considerando un revoque en las fundaciones con un compuesto cementoso. Es recomendable incorporar protección por diseño ante la lluvia, como por ejemplo aleros, y aditivos impermeabilizantes en los revogues de tierra señalados en el capitulo de "Revestimientos" para evitar cualquier posibilidad humedecer los elementos de madera y generar el hábitat ideal para la termita. Para consultar informaciones, "Recomendaciones para la Prevención v de Ataques de Termitas Control Edificaciones" editado por la División técnica de Estudios y Fomento Habitaciones-DITEC, MINVU.



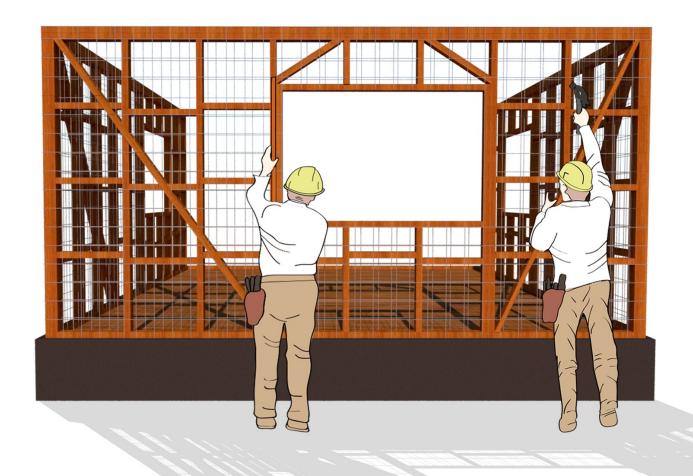


Detalle 1: Incorporación de un doble pie derecho en vanos de puerta y de ventanas.

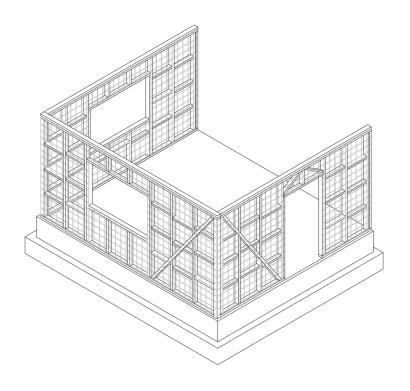


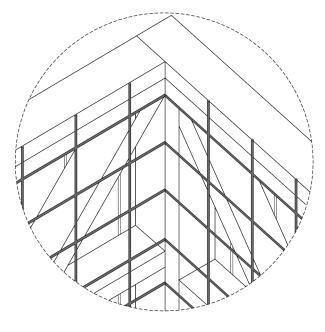
Detalle 2 : La diagonal es continua y corta a pies derechos y cadenetas.

# A.2 ESTRUCTURA SECUNDARIA: MALLA DE ACERO ELECTRO-SOLDADA RETÍCULA 15 X 15 CM



Colocación de la malla electro-soldada en ambas caras del tabique.





- 1. Sobre las caras exterior e interior de la estructura de madera se instalarán una malla electrosoldada de trama cuadrada de intervalos de 15 x 15 cm. compuesta de fierro de espesor de 0,42 cm.
- 2. Se cortarán las mallas con esmeril angular por persona capacitada con todos los implementos de seguridad necesarios: Guantes de cuero, antiparras o careta para proteger la cara.
- 3. La fijación se realizará con grapas zincadas de 3/4" en toda las piezas de madera a una distancia mínima de 20 cm. en horizontal y vertical.

Imagen: Colocación de mallas electrosoldada en estructura de madera.

# B. RELLENO DE QUINCHAS ENSAYADAS

Se diferencian dos tipos de relleno para los sistemas analizados, los cuales son: relleno liviano húmedo y relleno liviano seco.

# B.1 RELLENO PARA QUINCHA LIVIANA HÚMEDA

La preparación de este relleno consiste en tres pasos:

# PASO 1: PREPARACIÓN DE BARBOTINA DE TIERRA ARCILLOSA

La Barbotina se obtiene humectando dentro de un recipiente limpio e impermeable 1 parte de tierra arcillosa con 3 de agua durante al menos 3 días, mezclando diariamente hasta alcanzar una consistencia acuosa homogénea. La tierra arcillosa debe ser elegida procurando sea la más arcillosa disponible mediante estudios de campo o de laboratorio. La mezcla deberá revolverse antes de ser usada para contrarrestar la sedimentación propia de las tierras.

Consistencia de la Barbotina de tierra arcillosa.







# PASO 2: MEZCLA DE PAJA DE TRIGO CON BARBOTINA

A esta preparación el investigador Gernot Minke le denomina "Tierra Alivianada" y es elaborada a partir de una mezcla de 1 parte de barbotina de tierra arcillosa y 2 partes de paja de trigo enfardada (no suelta).

Para un fardo de paja de trigo estándar de medidas 0,45 x 0,35 x 1 m de densidad 100 kg/m3 se obtiene un volumen de 0,1575 m3 lo que corresponde a 157,5 litros; siguiendo la proporción de 1:2, se necesitaría mezclar el fardo completo con 78,75 litros de barbotina. Se deberá aumentar la cantidad de barbotina cuando se efectúe la mezcla en superficies que absorban o infiltren el agua de la barbotina.

La preparación comenzará descomprimiendo y esparciendo la paja de trigo de un fardo entero sobre una superficie no menor a 3 x 5 m, la cual debe estar limpia, nivelada y lo más impermeable posible; se usarán horquetas (horcas) para esparcir las fibra, procurando que todas las fibras estén lo más sueltas posible; luego, se tomará con un recipiente una cantidad no mayor a 10 litros de barbotina y se esparcirá o rociará sobre la paja de trigo suelta, cuidando de aplicar de forma homogénea sin generar abultamientos; a continuación, se usará nuevamente la horqueta para lograr que todas las fibras de paja queden cubiertas por la barbotina, tomando con la herramienta una porción de paja que se levantará y volteará, revolviendo todas las veces que sea necesario hasta lograr una homogeneidad en la mezcla, sin excesos de barbotina ni fibras que no estén cubiertas completamente.



Imagen: Mezcla de paja de trigo con barbotina revuelta por horquetas.

# PASO 3: RELLENADO DE LA ESTRUCTURA DE MADERA CON LA MEZCLA DE PAJA DE TRIGO CON BARBOTINA

El relleno del muro se efectúa de modo manual, para lo cual se usarán guantes impermeables que además protejan las manos de rozaduras o punciones. La mezcla de un fardo estándar 0,45 x 0,35 x 1 m de densidad 100 kg/m3 mezclado con 78,75 litros de barbotina tendrá un rendimiento de relleno de 3 m2 de estructura de muro siguiendo las dimensiones y escuadrías señalas en el punto A "Estructura principal y secundaria". En estado seco este relleno tendrá una densidad de 600 kg/m3 aproximadamente.

El procedimiento de relleno comenzará tomando puñados de la mezcla realizada en el "paso 2" que se incorporarán en el muro entre pies derechos y travesaños (cadenetas) usando la malla como medio de contención que evita el desbordamiento del relleno recién introducido: en cada puñado se apretará con las manos la mezcla hacia abajo con la intención de comprimir la paja-barbotina lo más posible dentro del muro, evitando sobrepasar la malla electro-soldada. Se pondrá mayor atención en el relleno en las zonas que están debajo de las soleras superiores y travesaños, ya que es en estas partes donde se evidencia los efectos del asentamiento de la mezcla cuando pierda humedad, en el caso de producirse contracciones deberán ser rellenadas antes de aplicar los revestimientos.



Rellenado manual del tabique, con paja embebida en barbotina (quincha liviana húmeda).

# B.2. Relleno Para Quincha LivianaSeca

Se usan fardos de paja de trigo seco de una humedad no mayor al 15 %. Para un fardo de paja de trigo estándar de medidas 0,45 x 0,35 x 1 m de densidad 100 kg/m3 se obtiene 0,1575 m3, volumen que permite rellenar 3 m2 de muro siguiendo las dimensiones y escuadrías señaladas en el punto A "Estructura principal y secundaria". La densidad aproximada de este relleno una vez instalado en el muro es de 60 kg/m3, densidad menor a la paja que en estado de fardo.

La preparación de este relleno consiste en dos pasos:

#### PASO 1: FRAGMENTACIÓN DEL FARDO

Se toma un fardo de paja y se cortan sus amarras o alambres con alguna herramienta de corte, desarmándose el fardo en una serie de bloques prensados de paja de aproximadamente 10 cm de espesor, a los cuales se les llama "galletones" o "libros"; posteriormente, estos delgados bloques de paja se dividen en 3 usando las manos u herramienta de corte, sub-bloques que denominaremos "ramilletes".





Imagen: Fotografía superior muestra el fardo de paja de trigo con sus amarras; y fotografía inferior se puede ver el fardo con sus amarras cortadas donde es posible apreciar los "galletones" o "libros" que se desprenden del fardo.

# PASO 2: RELLENO DE ESTRUCTURA DE MADERA CON PAJA DE TRIGO

Una vez separado en los tres ramilletes, se incorporan dentro de las mallas electrosoldadas, aprovechando la compactación con la que vienen para rellenar todos los espacios. Luego de cubrir cada espacio entre las maderas se debe comprimir de forma manual la paja evitando que queden espacios libres. El relleno de paja seca no debe sobrepasar más de 2 cm fuera de la malla electrosoldada.



Rellenado manual del tabique, con ramilletes de paja de trigo (quincha liviana seca).

#### RECOMENDACIONES DE CÁLCULO DE PAJA DE TRIGO PARA RELLENO

Para calcular el volumen de paja necesaria para los rellenos de las "Quinchas Livianas" se ocuparán los mismos métodos, debido a que tanto en los rellenos húmedos y secos, el volumen necesario de paja enfardada para cubrir una determinada área de muro será la misma; esto se debe a que la barbotina, en el caso del relleno húmedo, sólo cubre superficialmente las fibras de pajas y los espacios entre ellas, no significando un mayor volumen, sí una mayor densidad por el peso que adicionan las tierras que contiene la barbotina.

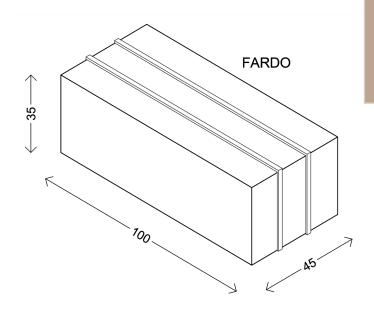
Para un fardo de paja de trigo estándar de medidas 0,45 x 0,35 x 1 m de densidad 100 kg/m3 se ha calculado que permite rellenar 3 m2 de muro siguiendo las dimensiones y escuadrías señaladas en el punto A "Estructura principal y secundaria", tanto de Quincha Liviana Húmeda y Seca. Se aconseja seguir uno de los siguientes métodos para el calculo de paja de trigo necesaria para alcanzar la densidad de 60 kg/m3 en el caso de la "Quincha Liviana Seca" y 600 Kg/m3 en el caso de la "Quincha Liviana Húmeda", donde se estima que en esta última el relleno de paja de trigo posee la misma densidad de 60 kg/m3, aportando la tierra el peso restante.

#### Método 1:

Sabemos que se quiere lograr una densidad de 60 kg/m3 para el relleno de paja. A continuación, se presenta un método para calcular la cantidad de paja que se debe utilizar, en función del espacio para el relleno que haya en la estructura y así lograr la densidad que requiere el sistema.

1. Conociendo el volumen y densidad del fardo de paja tipo que se utilizará, es posible calcular su masa:

#### Dimensiones del fardo = $1 \text{ m} \times 0.35 \text{ m} \times 0.45 \text{ m}$ .



### Densidad fardo = 100 kg/m3

2. Cálculo de volumen y masa

Vol fardo = 1 m \* 0.35 m \* 0.45 m

Vol fardo = 0.1575 m3

**Masa** = Densidad x Volumen

Masa = 100 kg/m 3 \* 0.1575 m 3

**Masa** = 15,75 kg

**3.** Paralelamente, conociendo el volumen de las casetas a rellenar (espacio entre pies derechos y cadenetas de estructura), y la densidad que se quiere lograr (60 k/m3), es posible calcular la masa de paja que se requiere.

**Dimensiones casetas** = 0.50 m de ancho x 0.55 m de alto x 0.1 m de espesor

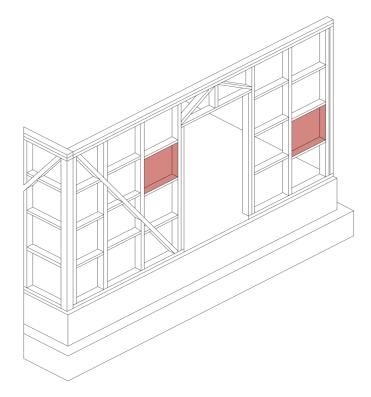
Vol casetas = 0.0275 m3

Masa paja para relleno de caseta =  $60 \text{ kg/m} 3 \times 0.0275 \text{ m} 3$ 

Masa paja para relleno de caseta = 1,65 kg

Por tanto, para un espacio de relleno de 0.0275 m3, se requiere llenar con 1.65 kg de paja para lograr la densidad de 60 kg/m3.

4. Rendimiento: Conociendo las masas del fardo y las casetas a rellenar, se puede calcular el rendimiento de un fardo de paja para rellenar varias casetas con las dimensiones descritas anteriormente.





Esquema de una caseta en un tabique.

Rendimiento = Masa fardo /masa de relleno en casetas

**Rendimiento** = 15.75 kg / 1.65 kg

Rendimiento = 9.5 casetas

Por tanto, con un fardo de paja se pueden rellenar alrededor de 9,5 casetas de iguales dimensiones.

En caso que se modifique el volumen del espacio a rellenar, es posible utilizar el mismo procedimiento, con el un volumen diferente.

#### Método 2:

Otra forma para calcular la cantidad de paja a utilizar es obtener el volumen de paja para relleno de densidad 60 Ka/m3, transformando volumen de paja en estado comprimido (enfardada) a paja dentro del relleno del muro. Con este valor se puede obtener el área de muro que es posible rellenar cada fardo, con multiplicando el volumen por el ancho del muro y por un factor de 1.1 considerando el área de muro que no se rellena ya que se encuentran las piezas de madera. Según la siguiente tabla es posible ejemplificar que con un fardo de dimensiones 1 x 0,45 x 0,35 m y 100 kg/m³ se logra rellenar aproximadamente 3 m2 de muro.

	Volumen del Fardo			
	Ancho (m)	Alto (m)	Largo (m)	Volumen por cada fardo (m3)
ejemplo 1	0,45	0,35	1	0,1575
	Densidad	Densidad Relleno	Factor por cambio de densidad	Volumen de Paja para Relleno de 60Kg/m3
	Actual (Kg/m3) (Kg/m3)		(Densidad Actual / Densidad Relleno)	(Volumen por cada fardo x factor por cambio de densidad)
ejemplo 1	100	60	1,666666667	0,2625
	Ancho del	Área a rellenar por cada Fardo (m2)	Factor de aumento	Área total de muro a llenar por cada fardo (m2)
	muro a rellenar (m) (Volumen de parellenar (m) 60 kg/m3 por offardo dividido a del muro a relle		por áreas de muro con madera	(Área a rellenar por cada fardo x Factor de áreas con madera)
ejemplo 1	0,1	2,625	1,1	2,8875

Tabla propuesta para cálculo de relleno de Quincha Liviana Seca.

# C. REVESTIMIENTO: REVOQUES DE TIERRA PARA AMBOS SISTEMAS CONSTRUCTIVOS DE QUINCHAS ENSAYADAS

A continuación se detallará los dos pasos a seguir para la realización de revoques de tierra en ambos sistemas de quincha validados.

#### PASO 1: REVOQUE GRUESO

Sobre las caras interiores y exteriores se aplica un revoque grueso de 2,5 cm de espesor elaborado a partir de 1 parte de tierra arcillosa y 1 parte de arena gruesa para asegurar la adherencia al muro; una vez humectada y amasada se deberá obtener una mezcla homogénea y pastosa, a la cual se le agregará al menos un 15 % de volumen de paja de trigo picada entre 3 a 5 cm. La mezcla deberá tener un tiempo de reposo entre 24 y 48 horas para mejorar la cohesión del barro.

Para su elaboración se usarán medios manuales o tecnificados, según la escala del proyecto. Se deberá contemplar la aplicación en 2 capas para alcanzar el espesor final.

Para más detalles sobre la metodología de preparación de revoque consultar el libro: "Manual de Construcción con Tierra", capitulo 11, del autor Gernot Minke.



Realización del primer revoque grueso, mezclando tierra arcillosa más paja y agua.

#### RECOMENDACIONES PARA REVOQUE GRUESO:

Para determinar si el contenido de arcilla es óptimo se humectará v amasará una cantidad suficiente de tierra arcillosa para cubrir un ladrillo, que se dejará secar y analizará su resultado de la siguiente forma: Si se deprende por sí mismo en una sola pieza, como se muestra en la imagen a la izquierda entonces contiene mucha arcilla y se debe rebajar con arena gruesa y paja de trigo. Si se desprende en pedazos al golpear el ladrillo con un martillo, como se muestra en el segundo ladrillo, entonces no posee suficiente cohesividad v se debe enriquecer con arcilla y paja de trigo. Si se queda pegado y muestra pequeñas fisuras o ninguna como se muestra en los ladrillos que están a la derecha, este puede ser usado y es adecuado para revoques. Para mejorar la capacidades térmica y su resistencia se agregará al menos un 15% de paja de trigo seca picada en 3-5 cm por medio de máquinas trituradoras o chipeadora, o usando una desbrozadora dentro de un tarro metálico de 200 litros donde la paja es cortada a la medida señalada.

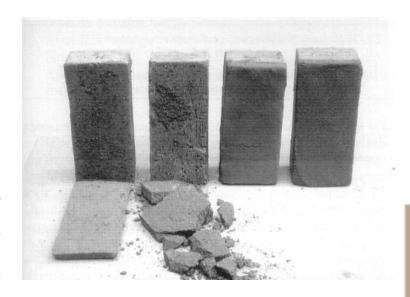


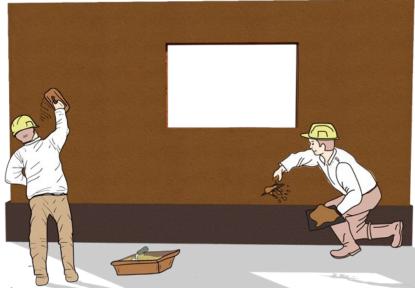
Imagen: Ensayos de Cohesividad de mezclas de tierra arcillosa del libro:" Manual de construcción en tierra".

#### PASO 2: REVOQUE FINO

Como terminación final se aplica un revoque fino de 0,3 cm por cada lado del muro, que se elaborará a partir de la mezcla de una proporción 1:2 de Tierra Arcillosa y Arena de Río de granos no mayores a 0,2 cm, a cuya mezcla se le aplica un 15% de paja de trigo tamizada de 0.3 cm máximo; esta mezcla es amasada con aqua, obteniendo una mezcla pastosa y homogénea. La mezcla 1:2 de Tierra Arcillosa y Arena se puede aumentar a 1:3 o 1:4 según la calidad y cantidad de arcilla de la Tierra a utilizar. Para evaluar la relación tierra arcillosa y arena se deberán realizar previamente pruebas directas en los muros a revocar con distintas proporciones en una superficie de 20 cm x 20 cm cada una, evaluando las fisuras que se produzcan, utilizando finalmente aquella mezcla que no presente arietas por contracción. Para revoque se elegirán tierras arcillosas libres de materia orgánica y se tamizarán usando armeros de malla metálica adecuado para retener todos los granos o piedras mayores a 0.2 cm.

La aplicación se hace ocupando guías de madera o hilos para obtener un espesor homogéneo. Para mejorar la adherencia del revoque fino se debe humedecer el revoque anterior mojando a través de mangueras o pulverizadores de agua en forma superficial y se esperará aproximadamente unos 10 minutos para aplicarlo a través de platacho de madera o llana metálica según la técnica del maestro revocador.

Para emparejar la superficie del revestimiento se usará platacho o llana metálica, logrando una terminación a grano perdido, según los requerimientos de los propietarios.



Realización del revoque fino mezclando tierra arcillosa, agua y arena en proporciones.

#### **RECOMENDACIONES PARA REVOQUE FINO:**

Se aconseja agregar alguno de los siguientes aditivos para mejorar las capacidades aglutinantes, el comportamiento a la fricción y a la lluvia de la mezcla de revoque fino:

#### a. Dextrina de Almidón

La dextrina se extrae comúnmente del almidón de maíz o trigo y se puede comprar en tiendas de venta de insumos gastronómicos o droguerías. Se presenta como un polvo generalmente blanco. La dextrina debe ser cocida para lo cual se usa una parte de dextrina disuelta en 6 partes de agua fría, se calienta y se deja hervir durante 30 minutos revolviendo constantemente, hasta que la consistencia del agua espese tipo engrudo de harina, luego dejar enfriar para aplicar en la mezcla. Agregar en un 2% a la mezcla del revoque fino. Se recomienda usar tanto en interior como exterior.

#### b. Albúmina de Huevo

La Albúmina de clara de huevo u ovoalbúmina es una proteína de la clara del huevo que se puede adquirir en tiendas de ventas de insumos gastronómicos o droguerías especializadas. Se presenta en polvo. Se mezcla un 4% a la mezcla en estado seco del revoque fino (antes de amasar con el agua).

#### c. Cal Hidratada

La "cal hidratada" o "cal apagada" o "Cal muerta" o "cal añejada", con fórmula Ca(OH)2, es obtenida de la hidratación de la Cal Viva u Óxido de Calcio, por medios artesanales o industriales. A nivel local se puede preparar mezclando una parte de cal viva por 2 de agua

dentro de tambores metálicos mezclando con mucho cuidado con utensilios de madera que sirvan para mezclar de forma eficiente alcanzando una consistencia pastosa. Se debe contar con medidas de seguridad debido a las altas temperaturas que alcanza la mezcla y que en algunos casos explosiona, protegiendo a quien realiza la labor por medio de protector para el rostro completo y de ropa y guantes que soporten temperaturas cercanas a los 100° C. Se deber revolver nuevamente al día siguiente, para pasado otro día trasvasijar la mezcla a tambores de plástico donde se deberá tener almacenado durante al menos 3 meses, revolviendo 1 vez cada 2 semanas, para obtener mejores resultados. Esta pasta se debe incorporar en un 10% en relación a la mezcla amasada de revoque fino, revolviendo hasta alcanzar una apariencia homogénea.

#### d. Gel de Palmeta de Tuna (Nopal)

La tuna es una planta arbustiva de la familia de las cactaceae que se ha utilizado tradicionalmente como aditivo impermeabilizante de revoques de tierra. Se obtiene al cortar sus tallos o "pencas" en trozos pequeños de 2 a 5 cm, para luego ser introducido en un tambor o recipiente en proporción de 1 de trozos de tuna y 5 de agua durante 3 a 5 días, revolviendo diariamente. Se obtiene un gel de viscosidad baja que puede ser usado en reemplazo del agua al momento de hacer el amasado de los componentes del revoque fino.

# 5. ESTUDIO Y RESULTADOS DE ENSAYOS REALIZADOS A SISTEMAS CONSTRUCTIVOS DE QUINCHA, PARA EVALUAR SU CUMPLIMIENTO A LOS ESTÁNDARES NACIONALES DE COMPORTAMIENTO TÉRMICO, ACÚSTICO Y FRENTE AL FUEGO

Las soluciones constructivas descritas en capítulos anteriores: Quincha Liviana Húmeda, cuyo relleno es una mezcla de paja de trigo con barbotina de arcilla; y Quincha Liviana Seca, en donde el relleno del muro se hace sólo con paja de trigo seca; fueron sometidos a ensayos en laboratorio para corroborar el cumplimiento de la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones (OGUC), con respecto a tres variables: Comportamiento al fuego, transmitancia térmica e índice de reducción acústica. A continuación se muestra un resumen de las normativas consideradas:

		Tipo de Ensayo	Tipo de Ensayo			
	Al Fuego	Térmico	Acústico			
Normativa Vigente	Artículo 4.3.2, 4.3.3. y 4.3.4. de la OGUC	Artículo 4.1.10 de la OGUC	Artículo 4.1.6 de la OGUC			
Descripción de la Normativa para muros	Establece resistencias mínimas a la acción del fuego dependiendo del tipo de muro	Fija una transmitancia mínima (U) o Resistencia Térmica (Rt) para muros perimetrales de viviendas según las 7 zonas térmicas en Chile Según OGUC:	Determina una reducción sonora mínima para muros medianeros de vivienda pareadas o continuas			
Exigencia Normativa para Muros	15 minutos (F-15) para muros perimetrales de viviendas menores a 140 m2. 30 minutos (F-30) para muros perimetrales de viviendas mayores a 140 m2. 60 minutos (F-60) para muros medianeros de vivienda 120 minutos (F-120) para muros cortafuego de vivienda	Zona térmica 1: U <4,0 W/m2K. Zona térmica 2: U < 3,0 W/m2K Zona térmica 3: U < 1,9 W/m2K Zona térmica 4: U < 1,7 W/m2K Zona térmica 4: U < 1,7 W/m2K Zona térmica 5: U < 1,6 W/m2K Zona térmica 5: U < 1,6 W/m2K Zona térmica 6: U < 1,1 W/m2K Zona térmica 7: U < 0,6 W/m2K Zona térmica 7: U < 0,6 W/m2K Según Planes de Descontaminación Atmosféricos (PDA) vigentes: Talca – Maule: U < 0,8 W/m2K Chillán: U < 0,45 W/m2K Chillán: U < 0,45 W/m2K OSORNO: U < 0,45 W/m2K VALDIVIA: U < 0,4 W/m2K COYHAIQUE: U < 0,35 W/m2K B: U < 2,10 W/m2K B: U < 2,10 W/m2K C: U < 0,80 W/m2K C: U < 0,80 W/m2K E: U < 0,60 W/m2K F: U < 0,60 W/m2K G: U < 0,45 W/m2K G: U < 0,40 W/m2K H: U < 0,30 W/m2K I: U < 0,30 W/m2K	Índice de Reducción Acústica mínima de <b>45 dB</b> para muros medianeros			
Laboratorio Acreditador	Idiem Universidad del Chile		CITEC Universidad del Bio-Bio			
Norma del ensayo	Nch. 935 of.97	Nch. 853 of 2007	Nch. 2785 of 2003			

Tabla 1: Resumen Normativa Vigente para exigencias de muros al Fuego, térmico y Acústico.

### A. ENSAYO DE COMPORTAMIENTO AL FUEGO

# A.1 DESCRIPCIÓN ESTUDIOS COMPORTAMIENTO AL FUEGO SEGÚN NCH935/1:1997:

Estudios llevados a cabo en laboratorio IDIEM de la Universidad de Chile y tiene como finalidad determinar el retardo al fuego en minutos de un muro de construcción.

Se construyó un muro de ensayo de medidas 2,2 m de ancho, 2,4 m de alto y 0,156 m de ancho por cada solución constructiva. Cada muro ensayado incluyó todos los elementos constituyentes del muro: madera aserrada, rellenos aislantes y terminación en tierra. El muro se introduce para su ensayo dentro de un bastidor, cuya cara interna queda dentro de un horno, el cual quema de forma controlada la probeta. ensayo se detiene en el momento que la llama de fuego traspasa el muro o cuando dejan de cumplirse las condiciones relativas capacidad de soporte de caraa, aislamiento, estanquidad y no emisión de gases inflamables.



Imagen: Vista exterior de muro de ensayo durante el estudio de Comportamiento al Fuego en Laboratorio IDIEM.

## A.2. EXIGENCIAS NORMATIVAS ANTE LA ACCIÓN DEL FUEGO:

La OGUC, en sus artículos 4.3.2, 4.3.3. y 4.3.4; clasifica el tipo de construcción según destino y el número de pisos del edificio, su superficie edificada, o la carga de ocupación, o la densidad de carga combustible, según corresponda, según la siguiente tabla:

			N	IÚMERO	DE PI	sos	
DESTINO DEL EDIFICIO	CARACTERÍSTICAS	1	2	3	4	5	6 o más
Habitacional	Cualquier superficie edificada	d	d	С	С	b	а

Tabla 2: Clasificación de edificios destino habitacional según cantidad de pisos extraída del artículo 4.3.4 de la OGUC.

En el caso de viviendas de uno o dos pisos, se considera como tipo "d" según tabla anterior por lo cual deberá cumplir con lo señalado en la siguiente tabla especificada en el artículo 4.3.3 de la OGUC:

	ELEMENTOS VERTICALES					ELEMENTOS VERTICALES Y HORIZONTALES	ELEMEI HORIZON		
TIPO	Muros cortafuego	Muros zona vertical de seguridad y caja de escalera	Muros caja ascensores	Muros divisorios entre unidades (hasta la cubierta)	Elementos soportantes verticales	Muros no soportantes y tabiques	Escaleras (comunes)	Elementos soportantes horizontales	Techumbre incluido cielo falso
а	F-180	F-120	F-120	F-120	F-120	F-30	F-60	F-120	F-60
b	F-150	F-120	F-90	F-90	F-90	F-15	F-30	F-90	F-60
С	F-120	F-90	F-60	F-60	F-60	-	F-15	F-60	F-30
d	F-120	F-60	F-60	F-60	F-30	-	-	F-30	F-15

**Nota:** Se transcriben los valores para facilitar la lectura y revisión de proyectos de construcción y ampliación. En caso de viviendas hasta 140m², se acepta un mínimo de F-15 para cada elemento a acreditar, excepto la exigencia establecida para muro divisorio, que mantiene el requisito de F-60, de acuerdo al número 14 del artículo 4.3.5 de la OGUC.

Tabla 3: Resistencia al Fuego requerida para los elementos de construcción de edificios.

# A.3. RESULTADOS DEL ESTUDIO AL FUEGO

Los ensayos realizados en el IDIEM constataron para ambos muros un retardo de 120 minutos a la acción del fuego (F-120), lo cual significó el doble del estudio contratado, el cual era sólo cumplir con F-60, pudiendo haber logrado resultados superiores, sin embargo F-120 se considera la resistencia de un muro cortafuego У logra cumplir con todos los requerimientos de muro para una vivienda de 1 a 4 pisos (Tabla 4).

		ENSAYO FUEGO
Laboratorio Acreditador		IDIEM de la Universidad de Chile
Exigencia Normativa para Muros		<ul> <li>15 minutos (F-15) para muros perimetrales de viviendas menores a 140 m2.</li> <li>30 minutos (F-30) para muros perimetrales de viviendas mayores a 140 m2.</li> <li>60 minutos (F-60) para muros medianeros.</li> <li>120 minutos (F-120) para muros cortafuego</li> </ul>
Quincha	Resultado del Estudio	120 minutos de resistencia a la acción del fuego (F-120)
Liviana	Informe Ensayo	№ 1.348.138/ 2017 de fecha 12/03/2018
Húmeda	Evaluación del Resultado	Cumple para todo tipo de muros, incluso muros cortafuego
Quincha	Resultado del Estudio	120 minutos de resistencia a la acción del fuego (F-120)
Liviana	Informe Ensayo	Nº 1.348.137/ 2017 de fecha 12/03/2018
Seca	Evaluación del Resultado	Cumple para todo tipo de muros, incluso muros cortafuego

Tabla 4: Resumen resultados de ensayos de Comportamiento a la Acción del Fuego.

Las probetas en ningún momento superaron los márgenes permitidos de la NCh 932, no interrumpiendo en ningún momento los ensayos, supervisados constantemente por los técnicos del laboratorio IDIEM, quienes medían qué temperatura exterior niveles de gases encontraban dentro de los parámetros establecidos por la normativa.

La prueba era controlada con reloj digital en el lado izquierdo de donde se estaba ensayando el muro. En la imagen se muestra el reloj marcando 2:00 horas, que significan 120 minutos de resistencia al fuego, que lo categoriza como F-120.



Imagen: Cronómetro del ensayo indicando 2 horas de ensayo (120 minutos).

## B. ENSAYO DE COMPORTAMIENTO TÉRMICO

# B.1. DESCRIPCIÓN ESTUDIO DE TRANSMITANCIA TÉRMICA SEGÚN NCH851/2008

Estudios realizados en los Laboratorios del Centro de Investigación en Tecnologías de Construcción (CITEC) de la Universidad del Bio-Bio. tienen el objetivo de precisar transmitancia térmica (U) y su resistencia térmica (Rt) de un sistema constructivo, para poder evaluar el comportamiento térmico y cumplir con las exigencias según la normativa actual. Los muros de prueba se construyen dentro de un bastidor determinado de 1,38 x 1,54 metros el cual se introduce dentro de una cámara térmica que permite determinar el "U". Se construyen 3 probetas iguales por cada tipo de construcción de muro, siendo el valor final más desfavorable de las 3 el que se considera como resultado oficial.

Los muros a ensayar una vez montados en los bastidores de ensayo se aíslan sus bordes con espuma de Poliuretano para tapar puentes térmicos que puedan quedar en el perímetro del muro. Luego son instalados dentro de la cámara térmica, la cual se abre para ingresar una nueva probeta.

La cámara térmica se compone de 2 partes, las cuales cubren ambas caras del muro; una emite calor al muro de forma eléctrica y la otra registra el calor que logra pasar al otro lado del muro, con lo cual se precisa su transmitancia térmica (U).



Imagen: Muro de ensayo montado sobre bastidor previo a ser ingresado a la cámara térmica.

### **B.2.** EXIGENCIAS NORMATIVAS TÉRMICAS:

La OGUC, en su artículo 4.1.10 determina 7 zonas térmicas en las cuales divide el territorio nacional en base a diferencias de temperatura en aC, siendo la Zona térmica 1 la más calurosa en todo el año (Zona Norte) y la Zona Térmica 7 aquella más helada la cual representa a áreas cordilleranas y regiones australes (Tabla 5). Así por ejemplo, Santiago corresponde a la Zona Térmica 3 y Concepción a la Zona Térmica 4.

Para cada zona térmica se indica la transmitancia térmica (U) máxima o Resistencia Térmica (Rt) mínimo. Ambas se obtienen de dividir 1 por su factor:

$$U = 1/Rt$$
 o  $Rt = 1/U$ .

	MUI	ROS
ZONA	U	Rt
	W/m²K	M²k/W
1	4,0	0,25
2	3,0	0,33
3	1,9	0,53
4	1,7	0,59
5	1,6	0,63
6	1,1	0,91
7	0,6	1,67



Tabla 5: Exigencia de máximos de Transmitancia Térmica (U) o mínimos de Resistencia Térmica (Rt) según zona geográfica extraída del articulo 4.1.10 de la OGUC.

También en los Planes de Descontaminación Atmosférica (PDA) se indican valores de transmitancia térmica (U) máximas para diferentes ciudades con mayores índices de contaminación del aire, según la siguiente tabla:

CIUDADES CON PDA	MURO		
CIODADES CON FDA	U máximo	Rt mínimo	
TALCA – MAULE	0,8	1,25	
TEMUCO PADRE LAS CASAS	0,45	2,22	
CHILLAN – CHILLAN VIEJO	0,45	2,22	
OSORNO	0,4	2,5	
VALDIVIA	0,4	2,5	
COYHAIQUE	0,35	2,86	

Tabla 6: Exigencia de máximos de Transmitancia Térmica (U) o mínimos de Resistencia Térmica (Rt) según ciudad con PDA.

Por último, también se consideran los Estándares de Construcción Sustentable para Viviendas de Chile (MiNVU, 2016), donde se considera un aumento de la exigencia térmicas para la envolvente de edificaciones, que zonifica térmicamente diferente a la reglamentación térmica actual, en la OGCU vigente.

Zona Térmica	"U" máximo para muros
А	2,10
В	0,80
С	0,80
D	0,80
E	0,60
F	0,45
G	0,40
Н	0,30
I	0,35

Tabla 7: Propuesta de actualización de la reglamentación térmica según "Estándares de Construcción Sustentable para Vivienda de Chile, Tomo II Energía" (MINVU, 2016).

### B.3. RESULTADOS DEL ESTUDIO TÉRMICO

#### QUINCHA LIVIANA HÚMEDA:

Los resultados del estudio térmico fueron una Transmitancia térmica (U) de 1,03 W/m²k. Los resultados según la normativa vigente permiten la construcción en casi todo el territorio nacional, con excepción de zonas cordilleranas y australes. En relación a los Planes de descontaminación atmosférica (PDA) vigentes, el resultados no permite la construcción en las ciudades con estos programas, donde es pertinente aumentar el espesor del muro. Por otro lado, según los nuevos estándares de construcción sustentable, el sistema constructivo aueda restringido a 1 de las 9 zonas en que se divide el territorio chileno, aspecto que se soluciona aumentando el ancho de la solución constructiva. (Tabla 8).

#### QUINCHA LIVIANA SECA:

Los resultados del estudio térmico fueron de una Transmitancia Térmica (U) de 0,73 W/m²k. Los resultados según la normativa vigente permiten la construcción en casi todo el territorio nacional, con excepción de zonas cordilleranas y australes. En relación a los Planes de descontaminación atmosférica (PDA) vigentes, el resultados permite la construcción en las ciudades Talca-Maule, pero no en otras ciudades afectadas con contaminación del aire como Chillán, donde es pertinente aumentar el espesor del muro. Por otro lado, según los nuevos estándares de construcción sustentable, el sistema constructivo queda restringido a 4 de las 9 zonas en que se divide el territorio chileno, aspecto que se solucionaría aumentando también el ancho de la solución constructiva (Tabla 8).

Laboratori	io Acreditador	CITEC Universidad del Bio-Bio  Según OGUC:  Zona térmica 1: U < 4,0 W/m2K.  Zona térmica 3: U < 3,0 W/m2K  Zona térmica 3: U < 1,9 W/m2K  Zona térmica 3: U < 1,7 W/m2K  Zona térmica 5: U < 1,7 W/m2K  Zona térmica 5: U < 1,6 W/m2K  Zona térmica 6: U < 1,1 W/m2K  Zona térmica 7: U < 0,6 W/m2K  Según Planes de Descontaminación Atmosférica (PDA) vigentes:  Talca – Maule: U < 0,8 W/m2K  Temuco: U < 0,4 W/m2K
	nativa para Muros	Zona térmica 1: U <4,0 W/m2K. Zona térmica 2: U < 3,0 W/m2K Zona térmica 3: U < 1,9 W/m2K Zona térmica 4: U < 1,7 W/m2K Zona térmica 5: U < 1,6 W/m2K Zona térmica 6: U < 1,0 W/m2K Zona térmica 6: U < 1,1 W/m2K Zona térmica 7: U < 0,6 W/m2K Zona térmica 7: U < 0,6 W/m2K Zona térmica 7: U < 0,8 W/m2K  Según Planes de Descontaminación Atmosférica (PDA) vigentes: Talca – Maule: U < 0,8 W/m2K
	nativa para Muros	Temuco: U < 0,45 W/m2K
Exigencia Norn		Chillán: U < 0,45 W/m2K OSORNO: U < 0,4 W/m2K VALDIVIA: U < 0,4 W/m2K COYHAIQUE: U < 0,35 W/m2K
		Según Estándares de construcción sustentable: A: U < 2,10 W/m2K B: U < 0,80 W/m2K C: U < 0,80 W/m2K D: U < 0,80 W/m2K E: U < 0,80 W/m2K E: U < 0,60 W/m2K F: U < 0,60 W/m2K F: U < 0,45 W/m2K G: U < 0,40 W/m2K H: U < 0,30 W/m2K H: U < 0,30 W/m2K
	Resultados del	Probeta 1: 1,01 W/(m2*K)
	Estudio	Probeta 2: 0,99 W/(m2*K)
<u> </u>		Probeta 3: 1,03 W/(m2*K)
	Resultado Oficial Ensayo	Transmitancia Térmica (U): 1,03 W/(m2*K)
Quincha	Informe Ensayo	№ 25108, 25109 y 25110 de fecha 18/01/2018
Húmeda  Evaluación del Resultado	Según OGUC cumple para las zonas térmicas 1 a la 6, sólo no es aplicable a la Zona Térmica 7 (áreas cordilleranas y australes de Chile). Según PDA vigentes no cumple para ninguna ciudad con problemas de calidad de aire. Según los Estándares de Construcción Sustentable es aplicable sólo en la Zona A	
	Resultados del	Probeta 1: 0,70 W/(m2*K)
	Estudio	Probeta 2: 0,73 W/(m2*K)
	Resultado Oficial	Probeta 3: 0,73 W/(m2*K)
Resultado Oficial Ensayo		Transmitancia Térmica (U): 0,73 W/(m2*K)
Quincha	Informe Ensayo	Nº 25107, 25111 y 25112 de fecha 18/01/2018
Liviana Seca	Evaluación del Resultado	Según OGUC cumple para las zonas térmicas 1 a la 6, sólo no es aplicable a la Zona Térmica 7 (áreas cordilleranas y australes de Chile). Según PDA vigentes cumple con las exigencias para Talca-Maule. Según los Estándares de Construcción Sustentable es aplicable a la zona A, B, C y D.

Tabla 8: Resultados ensayos térmicos para quincha liviana húmeda y quincha liviana seca.

# C. ENSAYO DE COMPORTAMIENTO ACÚSTICO

# C.1. DESCRIPCIÓN DE ESTUDIO DE REDUCCIÓN ACÚSTICA SEGÚN NCH 2786/2003

Los estudios se realizaron en los Laboratorios del Centro de Investigación en Tecnologías de la Construcción (CITEC) de la Universidad del Bio-Bio y tuvo como objetivo precisar el índice de reducción acústica medido en decibeles (dB) para cumplir con lo dispuesto en el artículo 4.1.6 de la OGUC aplicable a elementos que separen o dividan unidades de vivienda. Se construye para el ensayo un muro dentro de sala acústica del

laboratorio con las siguientes dimensiones: 3,95m de ancho x 2.55m de alto.

Las probetas de ensayo se instalan al medio de una sala especialmente aislada del exterior que no permite ingresar ninguna contaminación sonora. La reducción acústica fue medida por medio de la emisión de ondas sonaras a través de un parlante omnidireccional desde un lado de la sala y la recepción desde el otro lado de la sala a través de micrófonos. El ensayo se realiza de forma privada por instrucciones del CITEC, por lo cual no se tienen imágenes durante la ejecución del ensayo.



Imagen: Muro de ensayo instalado en sala de ensayos acústicos.

# C.2. EXIGENCIAS NORMATIVAS ACÚSTICAS

Según la OGUC, la reducción acústica mínimo de 45 dB es sólo aplicable a muros medianeros, los cuales separan 2 unidades de vivienda, como en el caso de las viviendas pareadas o continuas. La OGUC no determina mínimos de reducción acústica para viviendas aisladas.

ELEMENTO	ÍNDICE DE REDUCCIÓN ACÚSTICA MÍNIMA	NIVEL DE PRESIÓN ACÚSTICA DE IMPACTO NORMALIZADO MÁXIMO
Elementos verticales o inclinados	45 dB	_
Muro divisorio o medianeros entre unidades de vivienda		
Elementos horizontales o inclinados Losas y/o rampas que separan unidades de vivienda	45 dB	75 dB
Uniones y encuentros verticales entre elementos de distinta materialidad, que conforman un elemento constructivo	45 dB	-
Uniones y encuentros horizontales entre elementos de distinta materialidad, que conforman un elemento constructivo	45 dB	75 dB
Estructura de Techumbre habitable	45 dB	-

Tabla 9: Exigencia de Índice de Reducción Acústica mínima extraída del articulo 4.1.6 de la OGUC.

# C.3. RESULTADOS DEL ESTUDIO ACÚSTICO

ΕI resultado del estudio acústico para Quincha Liviana Húmeda fue de 45 dB de reducción acústica y para Quincha liviana Seca fue de 47dB de índice de Reducción acústica, lo que permite en ambos casos cumplir con el mínimo de 45 dB para muros pareados o divisorios de unidades de vivienda. Este resultado permite la construcción de viviendas pareadas o viviendas continuas, sin la necesidad agregar materiales acústicos adicionales. Este resultado permite incorporación de los muros al Listado Oficial de Soluciones Constructivas para Acondicionamiento Acústico.

		ENCAVO ACÚSTICO	
		ENSAYO ACÚSTICO	
Laboratorio Acreditador		CITEC Universidad del Bío-Bío	
Exigencia Normativa para Muros		Se exige sólo para muros medianeros o viviendas pareadas o continuas un Índi de Reducción Acústica mínima de 45 o	
	Resultado del Estudio	Índice de Reducción Acústica de 45 dB	
Quincha Liviana Húmeda	Informe Ensayo	№ 2118 fecha 28/12/2017	
	Evaluación del Resultado	Cumple con la reducción acústica para muros medianeros.	
Resultado del Quincha Estudio		Índice de Reducción Acústica de 47 dB	
Liviana	Informe Ensayo	№ 2130 fecha 28/12/2017	
Seca	Evaluación del	Cumple con la reducción acústica para	
3 3 3 3 3	Resultado	muros medianeros.	

Tabla 10: Resumen resultados de ensayos acústicos.

## 6. CONCLUSIONES RESULTADOS DE ENSAYOS

Los sistemas constructivos evaluados representan una tendencia en Chile que busca formas de construcción más sustentables y que reinterpreten el patrimonio constructivo de Chile existente en la zona centro norte y centro sur; caracterizado por la construcción en tierra y madera. Esta propuesta de sistema constructivo se toma de la herencia constructiva relacionada con el uso de la tierra y la madera, para conformar un muro que también cumple con la normativa vigente en los aspectos referidos a la resistencia al fuego, de acondicionamiento térmico y acústico.

Ambos sistemas constructivos son alternativas sustentables y de pertinencia cultural para nuevos barrios tanto sociales como privados debido a las ventajas comparativas con otros sistemas constructivos industrializados:

Resistencia al fuego que catalogan ambas soluciones como muros cortafuegos (F-120), principalmente gracias al uso de la tierra como revestimiento que tiene una alta resistencia al fuego, superando con creces a otros sistemas constructivos de estructura de madera con aislación y revestimientos industrializados que se encuentran en torno a resistencias al fuego F-15 o F-30

- Ambas soluciones permiten cumplir con la aislación térmica exigida en las zonas térmicas
   1 a la 6, siendo la solución constructiva seca más aislante o de mayor resistencia térmica
   que el muro con relleno húmedo
- Capacidad de reducción acústica sobre el mínimo establecido para muros medianeros, significando dos alternativas económicas frente a soluciones acústicas más usadas.
- La extracción y uso de tierra arcillosa de mediana plasticidad en construcción implica una baja energía contenida y una mínima huella hídrica, además de ser un material por excelencia reutilizable. La tierra es un material inocuo, que además está relacionada a la cultura constructiva de nuestro país.

- El uso de paja de trigo significa una utilización productiva de desecho de la agricultura, que en muchos casos es quemada. Material de gran aislación térmica, de alta duración y baja probabilidad de ataque de patógenos mientras esté seco, aspectos que se refuerzan al estar dentro de revoques de tierra que interactúan y adhieren muy bien con las fibras de paja.
- La madera les otorga la resistencia estructural exigida según normativa, sin presentar los problemas que pudieran presentar casas de estructura de adobe sin mantención durante pasados terremotos.
- Las sumas de los materiales permiten tener una solución constructiva económica, que puede ser presentada como solución de construcción o de autoconstrucción con pertinencia cultural en zonas de carácter patrimonial o de fuerte identidad cultural.
- Alternativas constructivas propicias para vivienda social rural o pequeñas comunas, donde se puede capacitar a vecinos en la construcción con estos materiales que permita darle continuidad al patrimonio constructivo en tierra existente aún en estas localidades.
- Soluciones constructivas de mínima huella de carbono, con materiales que incluso son sumideros de CO2 como la paja de trigo y la madera aserrada, que durante su crecimiento como plantas absorben CO2 como parte de su función vital.

Los informes y resultados permiten cumplir con requerimientos necesarios para la presentación de solicitudes de "Permisos de Edificación" en cualquier Dirección de Obras Municipales (DOM) del país.

# **GLOSARIO**

- Bajadas de aguas Iluvias: Las bajadas son conductos cerrados rectangulares o cilíndricos encargados de recibir las aguas Iluvias desde las canaletas fijadas a los muros y Ilevarlas hasta el nivel del terreno. Para su instalación se ocupan abrazaderas. Bajada de aguas es el encañado o tubería por donde descienden las aguas de los tejados o azoteas. Fuente Wikipedia.
- **Barbotina**: Barro muy líquido que mezclado con fibras se utiliza para formar bloques muy aislantes de poco peso. Fuente: Red proterra.
- **Barrera de vapor:** Es cualquier lámina o material que ofrezca gran resistencia al paso de vapor de agua. Se utilizan en construcción para evitar las condensaciones intersticiales. Fuente: Wikipedia.
- Cal Hidratada o Cal Apagada: f. Polvo blanco, compuesto principalmente por hidróxido de calcio, que se obtiene tratando la cal con agua. Fuente RAE.
- **Cohesividad:** Acción y efecto de atraerse o adherirse dos moléculas. Fuente Real Academia de Ingeniería.
- **Coligüe:** Planta de la familia de las gramíneas, cuyas cañas son rectas, de corteza lisa y muy resistente, y que eran usadas para hacer lanzas y actualmente para fabricar estructuras. *Fuente: RAF.*
- **Decibeles (Decibelio):** Unidad de intensidad acústica equivalente a la décima parte de 1 belio. Símb. dB. Fuente RAE.
- **Desbrozadora:** desmalezadora, bordeadora, orilladora o motoguadaña es una herramienta utilizada en jardinería para cortar las malas hierbas a ras de suelo y para repasar los lugares a los que un cortacésped no puede llegar, como las esquinas y los bordes. El corte lo realiza con un hilo de nailon o cuchillas presentadas en discos. Fuente Wikipedia.
- **Escuadría**: 1. f. Conjunto de las dos dimensiones de la sección transversal de una pieza de madera que está o ha de ser labrada a escuadra. (RAE)
- **Esmeril Angular:** Una radial, amoladora angular, esmeril angular, galletera o rotaflex es una herramienta usada para cortar, esmerilar y para pulir. Fuente Wikipedia.
- **Grado Estructural 2 (madera pino radiata):** o grado G2 incluye piezas de baja capacidad resistente según Clasificación visual: de acuerdo a NCh1207. Of 90.

- **Grapa: f.** Pieza de hierro u otro metal, cuyos dos extremos, doblados y aguzados, se clavan para unir o sujetar dos tablas u otras cosas. Fuente RAE.
- **Horqueta (Horca):** Palo que remata en dos o más púas hechas del mismo palo o sobrepuestas de hierro, con el cual los labradores hacinan las mieses, las echan en el carro, levantan la paja y revuelven la parva. Fuente RAE.
- Madera impregnada con micro-cobre: conocida como preservante para madera Cobre Micronizado más tebuconazol (MCA) según NCh 819. Of 2012. Preservante para madera cuya norma que especifica su sistema de aplicación es el Nch 790. Of 2010
- **Junta de Dilatación:** Las juntas de dilatación se utilizan para evitar el agrietamiento debido a cambios dimensionales térmicos en el concreto. Fuente registro CDT.
- Monolíticas: de monolítico: adj. Que está hecho de una sola piedra. Fuente RAE.
- Muro Cortafuego: es aquel que cumple con la resistencia al fuego requerida según el caso, de acuerdo con el artículo 4.3.3. de esta Ordenanza, que va desde 120 a 180 minutos de resistencia. Fuente: OGUC
- Muros medianeros: es aquel muro que pertenece en común a los dueños de dos predios colindantes. Fuente: OGUC
- Muros pareados: sinónimo de muro medianero.
- Omnidireccional: que tiene su raíz en omni, y hace referencia a "todo", y direccional, "que funciona preferentemente en una determinada dirección". Referido a Micrófono omnidireccional: que tiene un diagrama polar de 360° (la circunferencia completa). Fuente Wikipedia.
- **Óxido de calcio:** f. Sustancia alcalina de color blanco o blanco grisáceo que, al contacto del agua, se hidrata o se apaga, con desprendimiento de calor, y, mezclada con arena, forma la argamasa o mortero. Fuente RAE.
- **Pie derechos:** Elemento soportante vertical que transmite las cargas al terreno en que se apoya ya sea directamente, o indirectamente mediante placas base, soleras, ruedas o polines. Fuente: NCh 997 of 1999
- Probeta: Muestra de cualquier sustancia o material para probar su elasticidad, resistencia, etc. Fuente: RAE

- **Puente Térmico:** parte de la envolvente térmica de la edificación, en que la resistencia térmica uniforme es drásticamente modificada por: a) Penetración total o parcial de la envolvente térmica del edificio por materiales con una conductividad térmica distinta, como elementos estructurales o tuberías de las instalaciones; y/o b) Una diferencia entre las áreas interna y externa, como la que ocurre en las conexiones de muros/pisos/techos y los elementos que conforman los vanos de la edificación. Fuente NCh 3136. Of 2014 "Puentes térmicos en construcción de edificios".
- Resistencia Térmica Total (Rt): inverso de la transmitancia térmica del elemento. Suma de las resistencias de cada capa del elemento. Se expresa en m2 x K/W. Fuente NCh 853. Of 2007 "Acondicionamiento térmico Envolvente térmica de edificios Cálculo de resistencias y transmitancia térmicas".
- **Shadt (ducto):** Conducto técnico generalmente destinado a contener las instalaciones de un edificio. Fuente OGUC
- **Solera:** f. Madero asentado de plano sobre fábrica para que en él descansen o se ensamblen otros horizontales, inclinados o verticales. Fuente RAE.
- **Tamizada (tierra):** Acción de separar por medio de tamices partículas de diversos tamaños. Fuente: NCh 150 of 1970
- **Transmitancia Térmica (U):** flujo de calor que pasa por unidad de superficie del elemento y por grado de diferencia de temperatura entre los dos ambientes separados por dicho elemento. Se expresa en W/ (m2 x K). Fuente NCh 853. Of 2007 "Acondicionamiento térmico Envolvente térmica de edificios Cálculo de resistencias y transmitancias térmicas".

# **BIBLIOGRAFÍA**

- -ARIAS VALENCIA, GHYLIANNE. LEIVA PARRA, VALENTINA (2018); Estudio de la evolución y tecnificación de la quincha: Análisis del sistema tradicional hasta el contemporáneo. Investigación de pregrado, Universidad del Bio Bio Concepción, Chile,.
- -CARAZAS, WILFREDO Y RIVERO, ALBA (2002). Bahareque. Guía de construcción parasísmica. Villefontaine: Ediciones CRAterre.
- -CEVALLOS, PATRICIO (2003). El bahareque en zonas sísmicas. En A.A.V.V. (2003). Técnicas mixtas de construcción con tierra. Programa CYTED- Sub-programa XIV.
- -CORTEZ, DAVID (2014). Sistemas constructivos tradicionales como sistemas de conocimiento local. Quincha con brea en Totoral, Atacama, Chile. Santiago: Seminario de Investigación de la carrera de Arquitectura, Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Chile (no publicado).
- -DECRETO 47 DE 1992: Ordenanza General de la Ley General de Urbanismo y Construcciones del Ministerio de Vivienda y Urbanismo. Ultima versión disponible en: https://www.leychile.cl/Navegar?idNorma=8201 (30 de abril de 2019).
- -ESTÁNDARES DE CONSTRUCCIÓN SUSTENTABLE PARA VIVIENDAS DEL MINISTERIO DE VIVIENDA Y URBANISMO (2016). Editado por División Técnica de Estudio y Fomento Habitacional. Disponible en csustentable.minvu.gob.cl (20 de marzo de 2019).
- -ESTRATEGIA DE CONSTRUCCIÓN SUSTENTABLE (online) http://portal.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2014/10/2\_Estrategia-Construccion-Sustentable.pdf (30 de abril de 2019).
- -GARZÓN, LUCÍA (2011). Técnicas mixtas. En Neves, Célia y Borges, Obede (ed.). (2011). Técnicas de construcción con tierra. Sao Paulo: FEB-UNESP / PROTERRA.
- **-HERINGER, A; LEPIK, A. (2014).** Laufen Manifiesto, for a Humane Desing Culture. Revista AV, Edición 061-2014.
- -JORQUERA, N. (2014). Culturas constructivas que conforman el patrimonio chileno construido en tierra. Revista AUS, Edición 16-2014.
- -JORQUERA, NATALIA (2014). Aprendiendo del patrimonio vernáculo: tradición e innovación en el uso de la quincha en la arquitectura chilena. En Revista De Arquitectura 28/29: 4-11.

- -**JORQUERA**, **NATALIA** (2015). Contemporary quincha. En Correia, Dipasquale y Mecca (ed.). VERSUS Heritage for tomorrow. Vernacular Knowledge for Sustainable Architecture. Florencia: FUP Firenze University Press. P 243-244.
- **-Ley N° 19.300**, sobre Bases Generales del Medio Ambiente (2011). Ley Orgánica de la Superintendencia del Medio Ambiente. Santiago, Chile: Ministerio del Medio Ambiente. Disponible en: http://www.sinia.cl/1292/articles-51743\_Ley19300\_12\_2011.pdf.
- -LOBOS, MARÍA, JORQUERA, NATALIA Y PFENNIGER, FRANCIS. (2014). Sustainability notions in vernacular architecture of Choapa Valley. En Mileto, Camilla et al (ed.). Vernacular Architecture. Towards a sustainable future. Londres: CRC Press, Taylor & Francis Group. p. 425-430.
- -MACMATH, R.; FISK, PLINY (1999). Carbon dioxide intensive ratios: a method of evaluating the upstream global warming impact of long-life building materials. Disponible en: http://goo.gl/e22hHH (17 de septiembre de 2015).
- -MARUSSI, F. (1986). Bóvedas a base de quincha en las edificaciones monumentales del virreinato del Perú. Informes de la construcción, vol. 37(377), 59-66.
- -MAY, J; REID, A. (2010). Libro "Casas hechas a mano y otros edificios tradicionales", Ediciones Blume.
- -MINKE, GERNOT- (2005). Libro "Construcción con Tierra". Editorial Fin de Siglo
- -MINKE, GERNOT; FRIEDEMANN MAHLKE (2005). Libro Construcción con fardos de paja; Alemania: Editorial fin de siglo.
- -NCh801:2003. Elementos de construcción Paneles Ensayo de compresión. Santiago, Chile: Instituto Nacional de Normalización.
- -NCh 802:1971. Arquitectura y construcción Paneles prefabricados Ensayo de carga horizontal. Santiago, Chile: Instituto Nacional de Normalización.
- -NCh851:2008. Aislación térmica -Determinación de propiedades de transmisión térmica en estado estacionario y propiedades relacionadas Cámara térmica calibrada y de guarda. Santiago, Chile: Instituto Nacional de Normalización.

- -NCh853:2014 Componentes y elementos para la edificación Resistencia térmica y transmitancia térmica Método de cálculo. Santiago, Chile: Instituto Nacional de Normalización.
- -NCh935/1:1997. Prevención de incendio en edificios Ensayo de resistencia al fuego Parte 1: Elementos de construcción en general. Santiago, Chile: Instituto Nacional de Normalización.
- -RODRÍGUEZ LARRAÍN, S (2013). Aportes de la enseñanza de la arquitectura en Tierra a la mitigación de Riesgos. Ediciones Pontificia Universidad Católica del Perú.
- -VELÁSQUEZ C. PATRICIA TORRES M. LUNA (2017). Incertidumbre térmica en el alma de un muro de quincha: Matriz de experimentación de mezclas de tierra-paja para relleno de muros en las zonas térmicas 3 y 4 de Chile, Investigación de pregrado, universidad del Bio Bio.

# **DESCARGA DE CERTIFICADOS**

Descarga de Certificados de Laboratorio de ensayos al Fuego, Térmico y Acústico para ambos sistemas de Quincha Liviana

Código QR para escanear con celular:



Descarga también ingresando en tu navegador la siguiente dirección: bit.ly/2vDTxRH



