



VALIDACIÓN ANTE NORMAS CHILENAS DE SISTEMAS CONSTRUCTIVOS: QUINCHA LIVIANA HÚMEDA Y QUINCHA LIVIANA SECA

Romina Acevedo Oliva¹; Jorge Broughton Wainer²; Oscar Carrillo Zúñiga³

Manzana Verde / Estudio Tribal, Chile, ¹romina@estudiotribal.cl; ³oscar@estudiotribal.cl

Arquitectura en Fardos, Chile, ²jbw@arquitecturaenfardos.cl

Palabras Claves: quincha, sustentabilidad, reinterpretación patrimonial, paja de trigo, tierra

Resumen

El trabajo se enfocó en determinar alternativas de construcción de pertinencia cultural y de bajo impacto ambiental para el centro-norte y centro sur de Chile que reinterpretarán a la tradicional “quincha,” usada principalmente en el siglo XX en Chile, y que cumplieran con las normativas de construcción vigente en cuanto a sus aspectos térmico, a la acción del fuego y acústicas. La quincha es un sistema constructivo tradicional latinoamericano, compuesto por fibras naturales disponibles en un territorio específico como madera y otras, como paja de trigo, al cual se le adiciona tierra arcillosa para mejorar sus capacidades de resistencia en general, principalmente a la acción de la lluvia y del fuego. La investigación en primera instancia es financiada por Fondos de Cultura 2017 del Ministerio de Cultura y posteriormente por la División Técnica (DITEC) del Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU) en el contexto de la implementación de los estándares de construcción sustentable, lo cual permitió la realización de ensayos mínimos para validar ante las normativas chilenas de dos sistemas constructivos: quincha liviana húmeda y quincha liviana seca; los cuales se diferencian únicamente por su relleno termo-acústico interno. Los ensayos, realizados en laboratorios acreditados por MINVU, fueron: comportamiento al fuego en el IDIEM de la Universidad de Chile; y transmitancia térmica y reducción acústica en el Laboratorio CITEC de la Universidad del Bio-Bio. Los resultados de ambos sistemas constructivos en relación al comportamiento al fuego, térmico y acústicas son similares: de acuerdo a la acción del fuego, se determinó para ambos muros un retardo de 120 minutos (F-120); de acuerdo a sus resultados de transmitancia térmica (U), la quincha liviana húmeda obtuvo un “U” de $1,03 \text{ W}/(\text{m}^2 \times \text{K})$ y la quincha liviana seca un “U” de $0,73 \text{ W}/(\text{m}^2 \times \text{K})$, quedando por debajo de los máximo de $1,1 \text{ W}/(\text{m}^2 \times \text{K})$ exigido para la Zona Térmica 6 en Chile, que corresponde a una de áreas geográficas más frías y lluviosas; por último, según su comportamiento acústico ambas soluciones cumplen con el mínimo de reducción de 45 decibeles (dB) exigido a muros medianeros o que separen unidades de vivienda. Los resultados permiten el ingreso de proyectos de arquitectura que usen estos sistemas constructivos en cualquier dirección de obras municipales del país, además de proporcionar los informes exigidos por el Servicio de Vivienda y Urbanización de Chile (SERVIU) para construir vivienda social subsidiada en Chile.

1. INTRODUCCIÓN

1.1 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 Jorquera (2014); por otro lado, la arquitectura en tierra es por sí misma una expresión de la arquitectura vernácula, tomando en consideración May y Reid (2010) que definen la arquitectura vernácula, por su propia naturaleza, la que utiliza materiales que son fácilmente disponibles y, por tanto, se 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” (Heringer; Lepik, 2014), 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 Rodríguez Larraín y otros (2013), donde también se plantean la necesidad de investigar sistemas constructivos que representan la cultura local y que precisan cumplir con estándares técnicos modernos para proyectar su uso a futuro

1.2 Aspectos ecológicos

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 que plantea el desarrollo 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, promover, difundir y fomentar la 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 acuerdo internacional sobre 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). En la mayoría de los países industrializados, el gas más importante de efecto invernadero emitido es el dióxido de carbono (CO₂), que representan el 80% a 85% del total de GEI.

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 de bajo tratamiento industrial, que tienen la capacidad de absorber CO₂ durante la fase de crecimiento propio de las plantas (MacMath, Fisk, 1999). La figura 1 presenta un listado de materiales comunes en la construcción, en ella se constata como principal sumidero de CO₂ los fardos de paja.

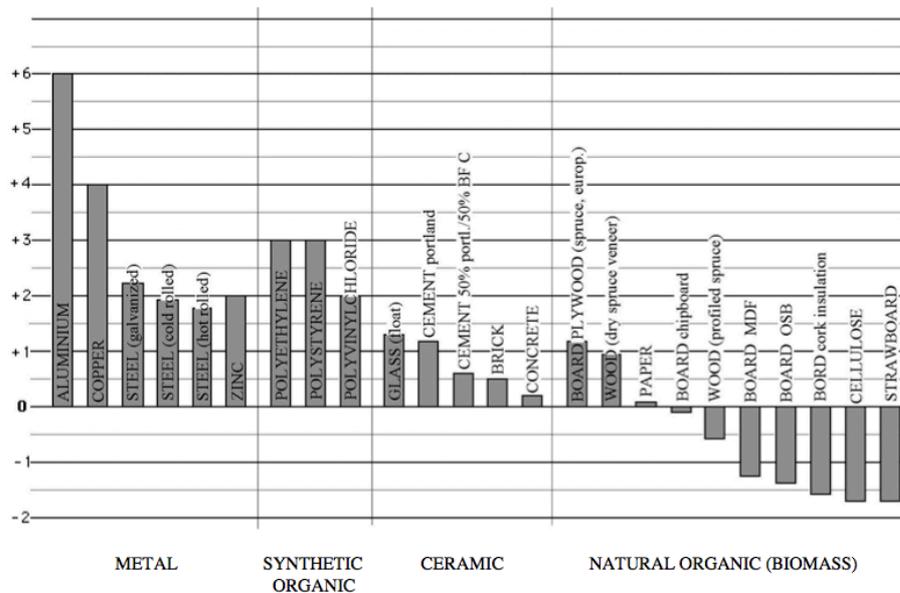


Figura 1. Tabla comparativa de materiales para la construcción (MacMath, Fisk, 1999)

1.3 Aspectos técnicos

Los estudios realizados se enfocan en validar dos sistemas constructivos re-intepretativo de la cultura constructiva patrimonial de Chile: quincha liviana húmeda y quincha liviana seca en función de su desempeño frente al fuego, como reductor acústico y térmico; confirmando que cumplan con los requerimientos mínimos exigidos en la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones (OGUC), y permita su inscripción en el Listado Oficial de Sistemas constructivos del Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU).

La validación permite el reconocimiento oficial de las características de resistencia al fuego, transmitancia térmica y acústica para el muro ensayado, con lo cual se facilita el ingreso de proyectos a Direcciones de Obras Municipales y otras reparticiones públicas; además de posicionar la construcción con fibras naturales y tierra como alternativa que cumple con los estándares en Chile con mayores características de sustentabilidad y pertinencia cultural en relación de materiales de construcción industrializados.

2. MÉTODO

Para determinar los dos sistemas constructivos a ensayar se toman en cuenta la herencia constructiva relacionada a la quincha en Chile, su aplicación, ventajas y desventajas, y el cumplimiento de los requerimientos normativos actuales. Este primer análisis permitió determinar el uso exclusivo de la madera como elemento estructurante, el cual es apoyado por un reticulado metálico o de madera para contener el relleno aislante interior, que, en la mayoría de los casos estudiados, era de una mezcla de tierra arcillosa con paja de trigo en baja cantidad; que finalmente era revestida con una mezcla de tierra estabilizada con diferentes aditivos. Se decide estructurar ambos muros con madera de escuadría 2" x 4" (50 mm x 100 mm) distanciado cada 60 cm, de la misma forma como los maestros carpinteros habitualmente en Chile levantan muros perimetrales o interiores; se incorpora el uso de mallas metálicas electro-soldadas, que son fácilmente accesibles en ferreterías locales; se incorpora el uso de rellenos de alto rendimiento térmico como es la paja seca o con una mezcla muy baja de tierra como aglomerante, aspecto que es la única diferencia entre un sistema constructivo a ensayar y otro; para concluir con un doble revoque de tierra estabilizada con paja de trigo picada.

A continuación, se describen los dos sistemas constructivos a evaluar y los ensayos de laboratorio que permiten validar sus características ante la acción del fuego, térmicas y acústicas; y su cumplimiento, por tanto, de las solicitaciones mínimas o máximas indicadas en la OGUC vigente

2.1 Definición de los sistemas constructivos a ensayar

A. Quincha liviana húmeda

A.1 Clasificación estructural: Estructura de madera reforzada con mallas metálicas (Categoría "E" según tabla de clasificación del MINVU)

Muro divisorio o perimetral de edificios, formado por una estructura de madera de pino aserrada impregnada seca con cobre micronizado de escuadría de 2" x 4" (50 mm x 100 mm), compuesta de pie derechos distanciados a 60 cm a eje y travesaños o cadenas 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 coloca una malla electro-soldada de trama cuadrada de 15 x 15 cm compuesta de fierro de espesor de 4,2 mm con protección ante la corrosión.

A.2 Clasificación según relleno aislante termo-acústico: paja de trigo seca de 60 kg/m³

Entre todos los elementos de la estructura de madera y entre ambas mallas, se rellena con paja de trigo aglomerada con barro arcilloso líquido, también llamado "barbotina" en proporciones de 4 de paja de trigo por 1 de barbotina. La barbotina se obtiene humectando 1 parte de tierra arcillosa de alta plasticidad con 3 de agua, mezclada hasta alcanzar una consistencia acuosa; este relleno tiene una densidad seca de 600 kg/m³ y es apisonado de

forma manual dentro del muro sin dejar espacios vacíos que puedan convertirse en puentes térmicos, cuidando de completar todos los espacios entre la estructura de madera.

A.3 Clasificación según sus revestimientos: doble revoque de tierra arcillosa estabilizada

Sobre las caras de muro se aplica un revoque grueso en base a tierra arcillosa de mediana plasticidad, a la que se incorporará un 15% paja trigo seca picada en largos de 3-5 cm. Dicho revoque tiene un espesor de 2,5 cm, tanto en la cara interior como exterior del muro.

Como terminación final se aplica un revoque fino de 0,3 cm por cada lado del muro, que se elabora a partir de la mezcla de una proporción 1:2 de tierra arcillosa de mediana plasticidad y arena de río de granos no mayores a 0,2 cm, a cuya mezcla se le adiciona un 15% de paja trigo tamizada de 0,3 cm máximo. En zonas lluviosas se recomienda el uso de impermeabilizantes que permitan respirar al muro como biopolímeros o cal hidratada para mejorar la resistencia de los revocos en una proporción no mayor al 10% de la mezcla total.

A.4 Plano de sistema constructivo quincha liviana húmeda (figura 2)

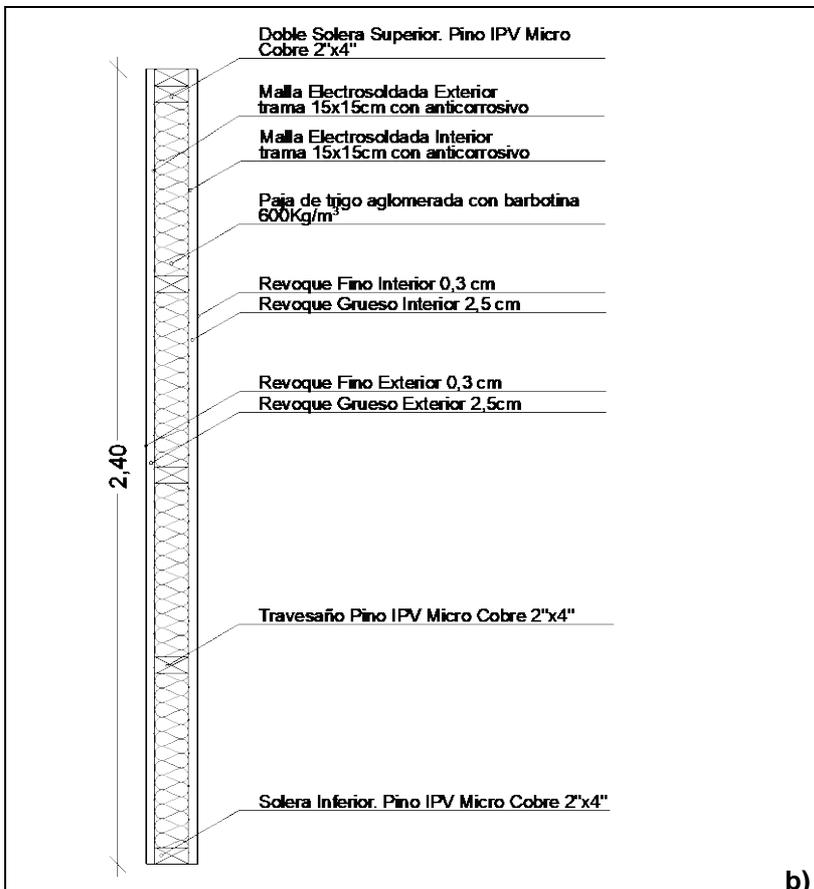
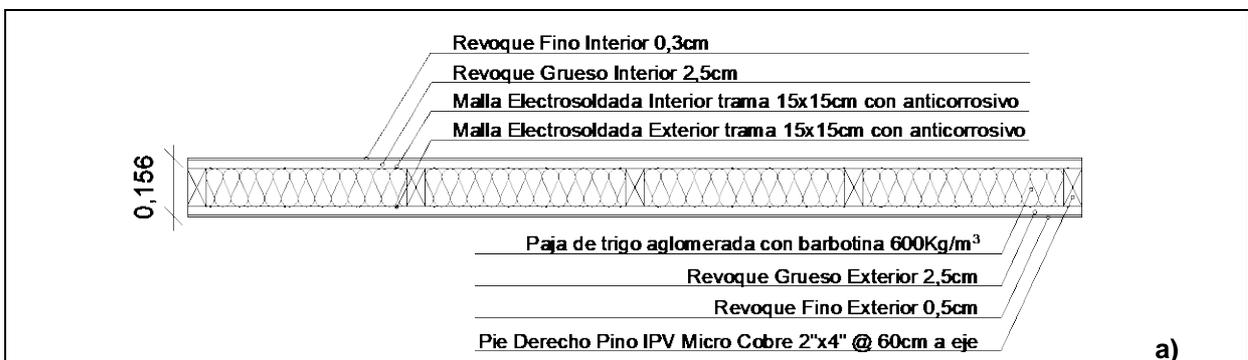


Figura 2. Quincha liviana húmeda: a) planta; b) corte

B. Quincha liviana seca

B.1 Clasificación estructural: Estructura de madera reforzada con mallas metálicas (Categoría "E" según tabla MINVU)

Muro divisorio o perimetral de edificios, formado por una estructura de madera de pino aserrada impregnada seca con micro cobre (cobre micronizado) de escuadría de 2" x 4" (50 mm x 100 mm), compuesta de pie derechos distanciados a 60 cm a eje y travesaños o cadenetras 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 trama de 15 x 15 cm compuesta de fierro de espesor de 4,2 mm con protección ante la corrosión.

B.2 Clasificación según relleno aislante termo-acústico: paja de trigo seca de 60 kg/m³

Entre todos los elementos de la estructura de madera y entre ambas mallas, se rellena con paja de trigo seca sacada de los fragmentos condensados del fardo con una densidad mínima de 100 kg/m³ y apisonado de forma manual dentro del muro sin dejar espacios vacíos que puedan convertirse en puentes térmicos.

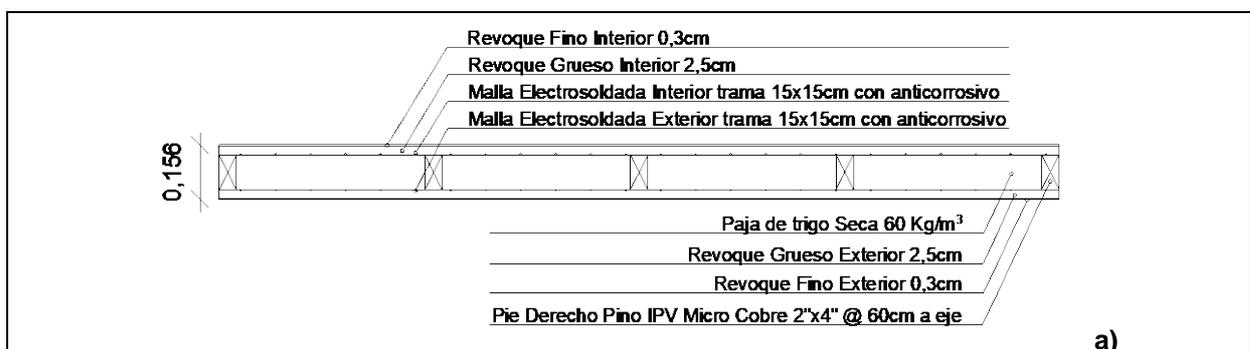
La forma de rellenar este espacio entre mallas es: desde abajo hacia arriba del muro desde la segunda línea de la malla electrosoldada de 10 cm se echa la paja sobre la primera línea sobresaliendo 2 cm sobre dicha línea y luego apisonando con la mano hasta que la paja alcance el nivel de esta línea. Así sucesivamente se rellenará hasta la solera superior, cuidando de completar todos los espacios entre la estructura de madera. La densidad de este relleno aislante debe ser de 60 kg/m³ al interior de la estructura de madera.

B.3 Clasificación según sus revestimientos: doble revoque de tierra arcillosa estabilizada

Sobre las caras de muro se aplica un revoque grueso en base a tierra arcillosa de mediana plasticidad, a la que se incorpora un 15% paja trigo seca picada en largos de 3-5 cm. Dicho revoque tiene un espesor de 2,5 cm, tanto en la cara interior como exterior del muro.

Como terminación final se aplica un revoque fino de 0,3 cm por cada lado del muro, que se elabora a partir de la mezcla de una proporción 1:2 de tierra arcillosa de mediana plasticidad y arena de río de granos no mayores a 0,2 cm, a cuya mezcla se le adiciona un 15% de paja trigo tamizada de 0,3 cm máximo. En zonas lluviosas se recomienda el uso de impermeabilizantes que permitan respirar al muro como biopolímeros o cal hidratada para mejorar la resistencia de los revocos en una proporción no mayor al 10% de la mezcla total.

B.4 Plano de sistema constructivo quincha liviana seca (figura 3)



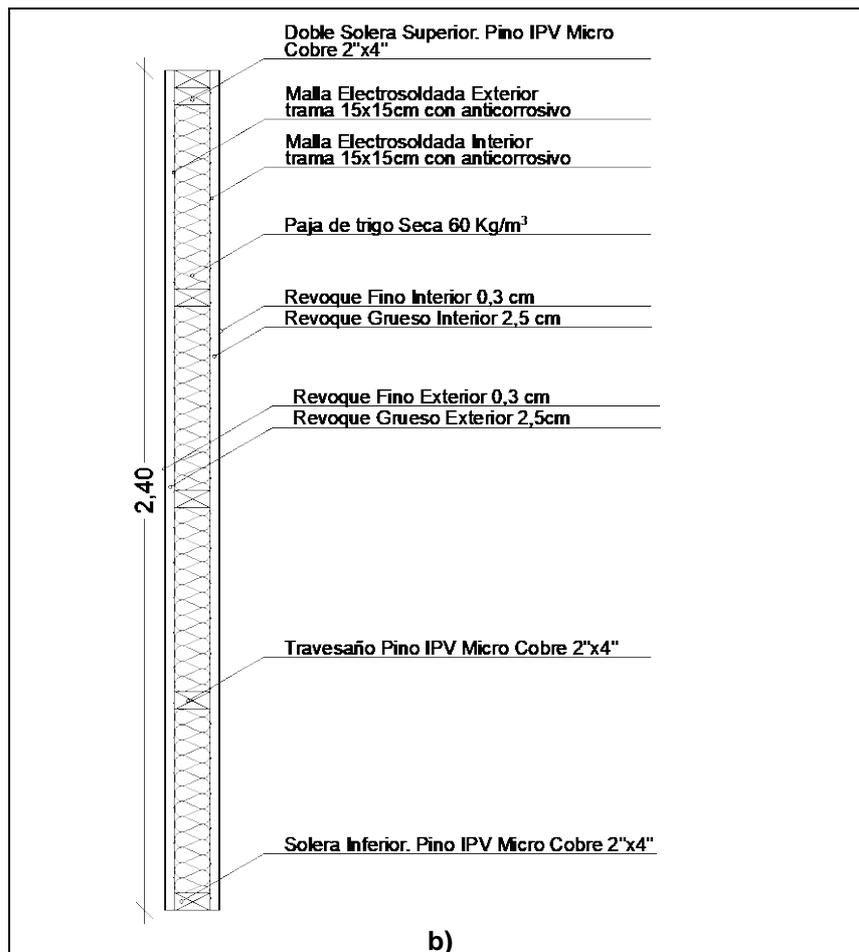


Figura 3. Quincha liviana seca: a) planta; b) corte

2.2 Estudios y estándares según normativa vigente en Chile

Se realizaron tres tipos de ensayos en laboratorios acreditados por el MINVU por cada sistema constructivo para determinar si cumplen con los estándares de resistencia al fuego, de acondicionamiento térmico y de reducción sonora según lo reglamentado en la OGUC.

A. Ensayo al fuego y estándares según la NCh935/1 (1997) (figura 4)

A.1 Descripción estudio comportamiento al fuego

Estudio llevado a cabo en laboratorio IDIEM de la Universidad de Chile y tuvo 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. La solución ensayada 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. El ensayo se detiene en el momento que la llama de fuego traspasa el muro o cuando la emisión de gases o temperatura supera los límites establecidos por la norma o en último caso cuando se sobrepasa el tiempo contratado para el ensayo.

A.2. Exigencias a cumplir según OGUC

Los artículos 4.3.2, 4.3.3. y 4.3.4 de la NCh935/1 (1997) clasifican 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, de acuerdo a la tabla 1. En el caso de viviendas de uno o dos pisos, se considera como "tipo d" por lo cual deberá cumplir con lo señalado en la tabla 2, especificada en el artículo 4.3.3 de la OGUC.

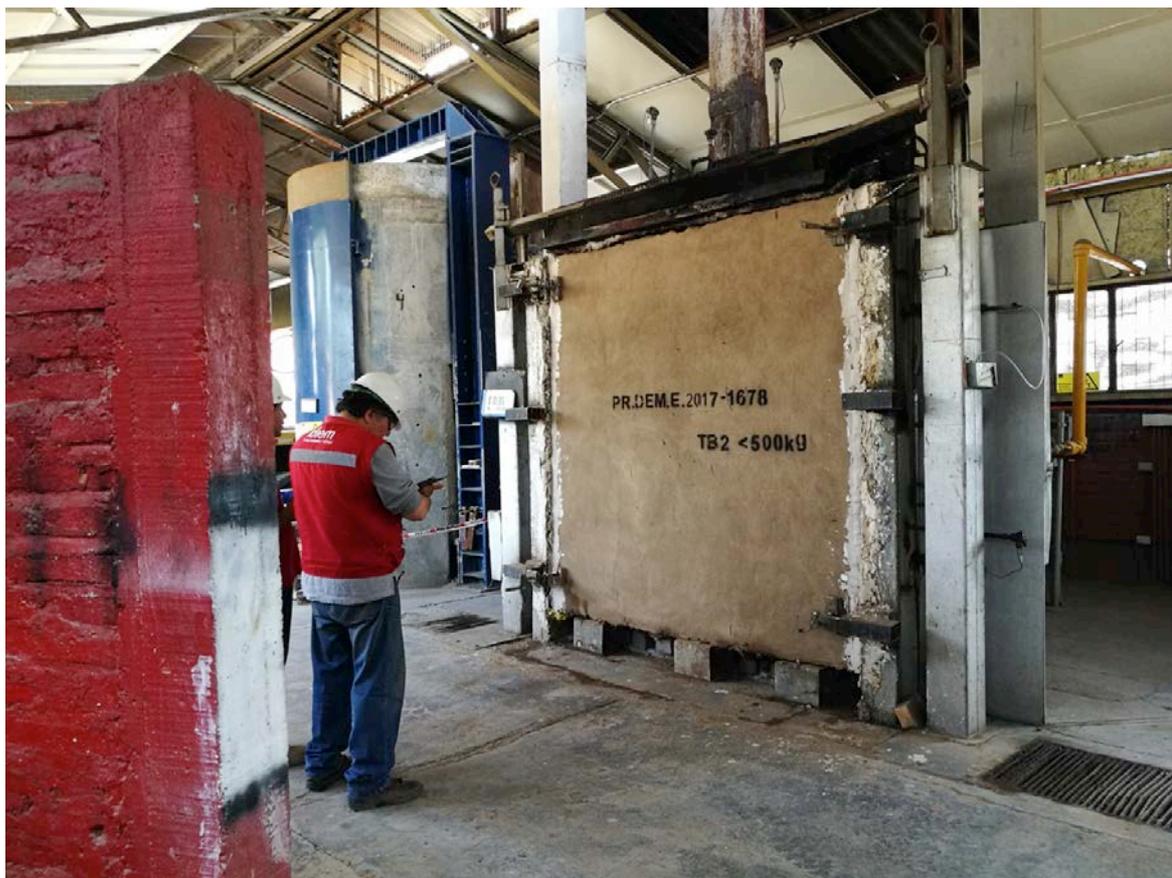


Figura 4. Ensayo al fuego realizado en IDIEM

Tabla 1. Resumen de clasificación efectuada en el artículo 4.3.4. de la OGUC para determinar exigencia contra fuego

Destino del edificio	Características	Número de pisos					
		1	2	3	4	5	6 o más
Habitacional	cualquier superficie edificada	d	d	c	c	b	a
Reuniones	hasta 250 ocupantes	d	c	c	b	b	a
	sobre 250 y hasta 500 ocupantes	c	c	b	b	a	a
	sobre 500 y hasta 1000 ocupantes	b	b	a	a	a	a
	sobre 1000 ocupantes	b	a	a	a	a	a

Tabla 2. Resistencia al fuego requerida para los elementos de la construcción de edificios indicada en el artículo 4.3.3 de la OGUC

TIPO	ELEMENTOS VERTICALES						ELEMENTOS VERTICALES Y HORIZONTALES	ELEMENTOS HORIZONTALES	
	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
a	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
c	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.

B. Ensayos térmicos y estándares según la NCh 851 (2008)

B.1. Estudio de transmitancia térmica

Estudio realizado en los laboratorios del Centro de Investigación de Tecnológicas de la Construcción (CITEC) de la Universidad del Bio-Bio y tiene el objetivo de precisar la transmitancia térmica (U) del sistema constructivo a ensayar, de tal forma de comprobar que cumpla con las exigencias para los diferentes climas y zonas geográficas en Chile. Se construyen tres muros de prueba dentro de un bastidor determinado de 1,38 x 1,54 metros el cual después se introduce dentro de una termocúpula que registra la transmitancia térmica (U) la que a su vez permite conocer la resistencia térmica (Rt) de una solución constructiva al dividir 1 por el "U" (1/U).

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

B.2. Exigencias normativas a cumplir según OGUC

EL artículo 4.1.10 se determinan 7 zonas térmicas en las cuales divide el territorio nacional según su clima (figura 5), siendo la Zona Térmica 1 la más calurosa en todo el año (Zona Norte) y la Zona Térmica 7 aquella más fría la cual representa a áreas cordilleranas y regiones australes. Así por ejemplo, Santiago corresponde a la Zona Térmica 3 y Concepción a la Zona Térmica 4



Figura 5. Zonas térmicas en Chile

Para cada zona térmica se indica la transmitancia térmica (U) máxima o resistencia térmica (Rt) mínimo (tabla 3)

Tabla 3. Transmitancia térmica (U) máxima y resistencia térmica (Rt) mínimo por zona térmica según artículo 4.1.10

Zona	Muros	
	U [W/(m ² ×K)]	Rt [m ² ×KW]
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

C. Ensayos acústicos y estándares según la NCh2786 (2003)

C.1. Estudio de reducción acústica

Estudio se realizó en los Laboratorios del Centro de Investigación de Tecnológicas de la Construcción (CITEC) de la Universidad del Bio-Bio y tuvo como objetivo precisar el índice de reducción acústica medido en decibeles (dB). Se construye para el ensayo un muro dentro de sala acústica del laboratorio con las siguientes dimensiones: 3,95 m de ancho x 2,55 m de alto. La probeta de ensayo se instala al medio de una sala especialmente aislada del exterior que no permite ingresar ninguna contaminación sonora. Desde un lado de la sala se emiten frecuencias sonoras de la más aguda a la más grave; desde el otro lado se reciben, a través de sensores, las frecuencias que traspasaron el muro midiendo la reducción acústica que genera el muro.

C.2. Exigencias normativas a cumplir según OGUC (tabla 4)

La reducción acústica mínima, establecida en el artículo 4.1.6 de la OGUC es de 45 decibeles (dB), lo cual es sólo aplicable para muros medianeros, los cuales separan dos unidades de vivienda, como en el caso de las viviendas pareadas o continuas. La OGUC no determina mínimos de reducción acústica para viviendas aisladas

Tabla 4: Elementos de la construcción y su respectivo índice reducción mínima señalados en el artículo 4.1.6 de la OGUC:

Elemento	Índice de reducción mínima (dB)
Elementos verticales o inclinados – muro divisorio o medianeros entre unidades de vivienda	45
Elementos verticales o inclinados – losas y/o rampas que separan unidades de vivienda	45
Uniones y encuentros verticales entre elementos de distintos materiales	45
Uniones y encuentros verticales entre elementos de distintos materiales	45
Estructura de techumbre habitable	45

3. RESULTADOS

3.1. Estudios al fuego

El ensayo realizado en el IDIEM de la Universidad de Chile constato un retardo de 120 minutos a la acción del fuego (F-120) para ambas soluciones constructivas, lo que permite cumplir incluso con el estándar más alto para vivienda que es el de muro cortafuego (tabla 5).

Tabla 5: Resumen de ensayos al fuego (IDIEM – laboratorio acreditador)

Sistema constructivo	Quincha liviana húmeda	Quincha liviana seca
Resultado	120 minutos de resistencia a la acción del fuego (F-120)	120 minutos de resistencia a la acción del fuego (F-120)
Evaluación	Cumple para todos los tipos de muro, incluso muro contrafuego	Cumple para todos los tipos de muro, incluso muro contrafuego
Exigencia para muros (artículo 4.3.3. de la OGUC)	15 minutos (F-15) para muros perimetrales de viviendas menores a 140 m ² ; 30 minutos (F-30) para muros perimetrales de viviendas mayores a 140 m ² ; 60 minutos (F-60) para muros medianeros; 120 minutos (F-120) para muros contrafuego	

Las probetas de ensayo en ningún momento superaron las condiciones permitidas de la NCh935/1 (1997), no interrumpiendo en ningún momento el ensayo, supervisado constantemente por los técnicos del laboratorio IDIEM quienes median que temperatura exterior y niveles de gases se encontraban dentro de los parámetros establecidos por la norma. La prueba era controlada con reloj digital en el lado izquierdo de donde se estaba ensayando el muro. En la figura 6b se muestra el reloj marcando 2:02 horas, que significan 122 minutos de resistencia al fuego, que lo categoriza como F-120.



Figura 6. Imágenes del muro durante el ensayo. A la izquierda del muro se observa el cronómetro superando las 2 horas de ensayo (120 minutos)

3.2. Estudio térmico

Los resultados de los estudios térmicos de las 3 probetas por cada sistema constructivo arrojaron pequeñas diferencias, donde se considera el resultado más desfavorable para cada solución constructiva como valor oficial de ensayo. Los resultados de transmitancia térmica (U) para la quincha liviana húmeda fue de 1,03 W/(m²×K) y para la quincha liviana seca de 0,73 W/(m²×K), quedando por debajo de los máximo de 1,1 W/(m²×K) exigido para la Zona Térmica 6 en Chile, lo que permite construir en ciudades de la región de Los Lagos como Castro o Chaiten (tabla 6). Sólo no cumplen en la Zona Térmica 7 que corresponde a zonas cordilleranas o australes de Chile.

Tabla 6. Resultados de los ensayos térmicos (CITEC – laboratorio acreditador)

Sistema constructivo		Quincha liviana húmeda	Quincha liviana seca
Resultados	1	1,01 W/(m ² ×K)	0,70 W/(m ² ×K)
	2	1,03 W/(m ² ×K)	0,73 W/(m ² ×K)
	3	0,99 W/(m ² ×K)	0,73 W/(m ² ×K)
Transmitancia térmica ¹		1,03 W/(m²×K)	0,73 W/(m²×K)
Evaluación		Cumple para las zonas térmicas 1 a 6, no aplicable a el área cordilleranas y australes de Chile	Cumple para las zonas térmicas 1 a 6, no aplicable a el área cordilleranas y australes de Chile
Exigencia (artículo 4.1.10 de la OGUC)		Zona térmica 1: U < 4,0 W/(m ² ×K) Zona térmica 2: U < 3,0 W/(m ² ×K) Zona térmica 3: U < 1,9 W/(m ² ×K) Zona térmica 4: U < 1,7 W/(m ² ×K) Zona térmica 5: U < 1,6 W/(m ² ×K) Zona térmica 6: U < 1,1 W/(m ² ×K) Zona térmica 7: U < 0,6 W/(m ² ×K)	

¹ se considera la transmitancia térmica el valor más desfavorable del ensayo de 3 probetas

3.3 Estudio acústico

El resultado del estudio acústico fue de 45 dB y 47 dB de reducción acústica, lo que es superior al 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 de agregar materiales acústicos adicionales. Este resultado permite la incorporación de la solución al Listado Oficial de Soluciones Constructivas para Acondicionamiento Acústico.

Tabla 7. Resultados de los ensayos acústicos (CITEC – laboratorio acreditador)

Sistema constructivo	Quincha liviana húmeda	Quincha liviana seca
Resultado	Índice de reducción acústica de 45 dB	Índice de reducción acústica de 47 dB
Evaluación	Cumple con la reducción acústica para muros medianeros	Cumple con la reducción acústica para muros medianeros
Exigencia para muros (4.1.6 de la OGUC)	Se exige sólo para muros medianeros en viviendas pareadas o continuas un índice de reducción acústica mínima de 45 dB	

4. CONCLUSIÓN

Los sistemas constructivos evaluados representan una tendencia en Chile que busca formas de construcción más sustentables y que reinterpreten el patrimonio constructivo 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, en las que, según los ensayos realizados, se encuentran:

- 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. La alta resistencia al fuego de los sistemas constructivos ensayados permite también construir muros medianeros o que separen dos viviendas.
- Ambas soluciones permiten cumplir con la aislación térmica exigidas en las zonas térmicas 1 a la 6, sólo limitados para zonas cordilleranas o australes, 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 otras soluciones acústicas para reducir el ruido de una vivienda a otra.

Las sumas de los materiales permiten tener una solución constructiva asequible, que puede ser presentada como solución de construcción o de autoconstrucción con pertinencia cultural en zonas de carácter patrimonial o de fuerte identidad cultural y capital social. Las alternativas constructivas ensayadas son propicias para vivienda social rural o para pequeñas comunas, donde se pueden capacitar a vecinos en la construcción con estos materiales que permita darle continuidad al patrimonio constructivo en tierra existente aún en estas localidades.

Queda abierta la necesidad de evaluar las capacidades impermeables de diferentes mezclas de revoques con aditivos, con el fin de establecer algunos procesos estandarizados de mezclas para una correcta respiración de los muros y una suficiente impermeabilidad ante la acción de la lluvia.

Los informes, resultados y la inscripción en los listados oficiales de soluciones constructivas del MINVU se difundirá en la publicación “Construcción en quincha liviana, sistemas constructivos sustentables de reinterpretación patrimonial” (Acevedo; Carrillo; Broughton, 2019) que también estará disponible de forma digital¹. Esta información permitirá diseñar y construir viviendas con subsidios estatales, lo que permite beneficiar a familias, constructoras, contratistas, oficinas de arquitectura, Entidades patrocinante con convenio MINVU, Entidades de Gestión Rural, consultoras y ONG; lo que a su vez, permite una correcta participación y supervisión del MINVU, SERVIU, Direcciones de Obra municipales y otras entidades gubernamentales en proyectos habitacionales.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acevedo, R.; Carrillo, O.; Broughton, J. (2019). Construcción en quincha liviana, sistemas constructivos sustentables de reinterpretación patrimonial. Disponible en www.arquitecturaentierra.cl
- Heringer, A; Lepik, A. (2014). Laufen manifesto, 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
- Ley Nº 19.300 sobre Bases Generales del Medio Ambiente (2011). Ley Orgánica de la Superintendencia del Medio Ambiente. Santiago de Chile: Ministerio del Medio Ambiente. Disponible en: http://www.sinia.cl/1292/articles-51743_Ley19300_12_2011.pdf
- MacMath, R.; Fisk, P. (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>
- May, J; Reid, A. (2010). Casas hechas a mano y otros edificios tradicionales. Ediciones Blume
- NCh851 (2008). Aislación térmica -Determinación de propiedades de transmisión térmica en estado estacionario y propiedades relacionadas - Cámara térmica calibrada y de guarda. Santiago de 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 de Chile: Instituto Nacional de Normalización
- NCh2786 (2003). Acústica – Medición de aislación acústica en construcciones y elementos de construcción – Mediciones en laboratorio de la aislación acústica aérea de elementos de construcción
- Rodríguez Larraín, S.; Montoya, T. Gil, S.; Onnis, S.; Vargas Meuman, J. (2013). Aportes de la enseñanza de la arquitectura en tierra a la mitigación de riesgos. Cuadernos 18. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú

AUTORES

Romina Acevedo Oliva, Arquitecto Universidad del Bio-Bio. Diplomado “Construcción en Tierra, Tradición e Innovación” PUC. Co-fundadora de la ONG Manzana Verde y Estudio Tribal, ejecutando proyectos de los Ministerios de Medioambiente, Desarrollo Social y Vivienda y Urbanismo; Embajada de Canada, Unión Europea; y Fondos de Innovación e investigación de CORFO e Innova Bio-Bio. Ha desarrollado y construido diversos proyectos en técnicas mixtas en Tierra.

Jorge Broughton Wainer, Arquitecto de la Universidad Católica de Valparaíso. Presidente de la Corporación ProTierra Chile. Ha desarrollado por más de 23 años construcciones en base a fardos de paja y tierra, sumando aproximadamente 10.000 m2 construidos. Recibe en 2019 el premio “Fermin Vivaceta Rupio” del Colegio de Arquitectos de Chile por su labor profesional en el ámbito de la tecnología aplicada a la arquitectura.

Oscar Carrillo Z., Arquitecto Universidad del Bio-Bio. Diplomado en “Gestión del Patrimonio Cultural” de la Universidad de Concepción. Se ha desempeñado en la SEREMI MINVU y SERVIU Región del Bio-Bio; en programas de Rehabilitación del Patrimonio en Tierra. Co-fundador de la ONG Manzana Verde y Estudio Tribal, ejecutado proyectos estatales; Embajada de Canada, Unión Europea; y Fondos de Innovación e investigación de CORFO e Innova Bio-Bio.

¹ www.arquitecturaentierra.cl