



# QUINCHA

Ensayos normalizados de conductividad térmica y resistencia al fuego  
a una técnica constructiva de muros con materiales naturales

**“Quincha. Ensayos normalizados de conductividad térmica y resistencia al fuego a una técnica constructiva de muros con materiales naturales”** es una publicación digital de libre descarga que presenta un análisis de la técnica constructiva Quincha. Se exploran sus orígenes históricos, materiales y variantes contemporáneas, se proponen métodos de fabricación sistematizada y se repasa el marco normativo nacional e internacional.

El objetivo de este documento es divulgar información técnica, tanto para el público general como para profesionales del sector, de una técnica constructiva alternativa simple, replicable y escalable, que contribuya a la mitigación del déficit habitacional, el ahorro energético y el desarrollo de economías regionales.

**Palabras clave:** quincha, wattle and daub, torchis, leichtlehmbau, bahareque, cuje, pau a pique, taipa de sopapo, fajina, estaqueo, emparrillado, quinzha, construcción sustentable, bioarquitectura, bioconstrucción, técnica mixta, panel, elemento constructivo, construcción con madera, entramado liviano de madera, resistencia al fuego, conductividad térmica, transmitancia térmica.

**Quincha. Ensayos normalizados de conductividad térmica y resistencia al fuego a una técnica constructiva de muros con materiales naturales.**

Alejandro Raúl Domínguez ... [et al.]; Contribuciones de Eliana Carolina Bernocco ... [et al.]; Editado por Laura Valeria Burroni. - 1a ed - San Martín : Instituto Nacional de Tecnología Industrial - INTI, 2025.

111 p. ; 30 x 21 cm.

ISBN 978-950-532-553-5

I. Construcción. I. Domínguez, Alejandro Raúl II. Bernocco, Eliana Carolina, colab.

III. Burroni, Laura Valeria, ed.

CDD 693.8

» **EQUIPO DE PUBLICACIÓN**

Alejandro Domínguez  
Gabriel Vaccaro  
Victoria Di Cesare  
Guadalupe Cuitiño  
Carolina Pérez Taboada  
Antonio Puerta

» **CONTRIBUCIONES**

José Pablo Mariguan  
Guillermo Rolón  
Eliana Bernocco  
Ricardo Muir  
Huara Reta  
Emanuel Rocha Aravena  
Camilo Nehuen Queipo  
Federico García Martínez

» **EDICIÓN**

Laura Burroni

» **ILUSTRACIÓN DE CUBIERTA**

Juana Marti

» **DISEÑO GRÁFICO**

Daniela Mecozzi  
M. Angeles Díaz Garat

» **AGRADECIMIENTOS**

Julieta Comín  
Verónica Cesa  
Alberto Nanami  
Martín Seveso  
Juan Manuel Vázquez  
Justina Garro

**Área Tecnologías Sustentables**

Subgerencia de Transferencia Tecnológica

Gerencia de Desarrollo Tecnológico e Innovación



[www.inti.gob.ar](http://www.inti.gob.ar)

[tecnosustentables@inti.gob.ar](mailto:tecnosustentables@inti.gob.ar)

0800 444 4004



## RESUMEN

Esta publicación presenta un análisis de la técnica constructiva Quincha, adaptada a las necesidades de sostenibilidad y eficiencia energética actuales. Se exploran sus orígenes históricos, materiales y variantes contemporáneas, con un enfoque en la zona bioclimática del Alto Valle de Río Negro.

El estudio detalla los ensayos de laboratorio realizados para caracterizar suelos, determinar la resistencia al fuego y evaluar su conductividad térmica. Se ponderan las ventajas de la quincha en términos de eficiencia energética, incluyendo estrategias de diseño bioclimático y transmitancia térmica de la envolvente. Además, propone métodos de fabricación sistematizada y repasa el marco normativo nacional e internacional.

El objetivo principal de este documento es divulgar información técnica, tanto para el público general como para profesionales del sector, promoviendo la técnica quincha como una alternativa constructiva simple, replicable y escalable, que contribuya a la mitigación del déficit de vivienda, al ahorro energético y al desarrollo de economías regionales.

## ABSTRACT

*This publication presents an analysis of a traditional earthen construction technique called Quincha, adapted to current sustainability and energy efficiency needs. It explores its historical origins, materials, and contemporary variations, with a focus on the bioclimatic zone of the Alto Valle de Río Negro.*

*The study details the laboratory tests conducted to characterize soils, determine fire resistance, and evaluate thermal conductivity. The advantages of quincha in terms of energy efficiency are considered, including bioclimatic design strategies and the thermal transmittance of the building envelope. In addition, systematized manufacturing methods are proposed and the national and international regulatory framework is reviewed.*

*The main objective of this document is to disseminate technical information, both for the general public and for industry professionals, promoting the quincha technique as a simple, replicable and scalable construction alternative that contributes to mitigating the housing shortage, achieving energy savings, and developing regional economies.*



# ÍNDICE

<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>6</b>		
• Ciclo participativo de hábitat sustentable del Alto Valle	7		
• Impacto de la industria de la construcción	8		
» Consumo de recursos	8		
» Emisiones de gases de efecto invernadero	9		
• Bioconstrucción	12		
• Bioarquitectura y la especialización profesional	12		
<b>01. HISTORIA Y PRESENTE DE LA TÉCNICA CONSTRUCTIVA</b>	<b>13</b>		
• Quincha tradicional o vernácula	14		
• Relevamiento regional	15		
• Materiales de la quincha	20		
» Madera	20		
» Fibras vegetales	22		
» Tierra	23		
– Fortalezas de la construcción con tierra	24		
– Debilidades	24		
• Componentes de la quincha	26		
• Variantes estructurales	27		
» Sistema de pórticos	27		
» Sistema de entramado liviano de madera	28		
• Tipos de relleno	29		
» Quincha pesada	30		
» Quincha liviana	30		
» Quincha liviana seca	32		
<b>02. CARACTERIZACIÓN DE SUELOS</b>	<b>33</b>		
• El suelo, características y usos	34		
» Granos, agua y aire	35		
• Tipos de caracterización	35		
» Pruebas de campo	36		
		» Caracterización en laboratorio	38
		» Caracterización cualitativa	38
		– Determinación de la distribución granulométrica	38
		– Determinación del índice de los límites de Atterberg	40
		– Determinación de la retracción	41
		– Evaluación general	41
		<b>03. DESCRIPCIÓN DE LA QUINCHA PROPUESTA</b>	<b>43</b>
		• Proceso constructivo	46
		» Estructuras de madera: construcción en seco	46
		» Relleno y revoques: construcción húmeda	47
		– Relleno	47
		– Revoques	49
		» Cómputo de materiales	52
		<b>04. DESCRIPCIÓN Y RESULTADOS DE ENSAYO DE RESISTENCIA AL FUEGO</b>	<b>53</b>
		• Desempeño ante el fuego	57
		• Resultados	61
		» Integridad	61
		» Aislamiento térmico	61
		<b>05. DESCRIPCIÓN Y RESULTADOS DE ENSAYOS DE CONDUCTIVIDAD TÉRMICA</b>	<b>63</b>
		• Metodología empleada	64
		• Descripción del procedimiento y las probetas	65
		• Resultados	66
		» Alcance de los resultados	66

<b>06. EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LAS CONSTRUCCIONES</b>	<b>67</b>	<b>07. FABRICACIÓN SISTEMATIZADA</b>	<b>85</b>
• Clasificación bioambiental de Argentina según norma IRAM 11603	68	• Unidad productiva seca	87
» Recomendaciones para las distintas zonas bioclimáticas	69	• Unidad productiva húmeda	88
• Conceptos básicos de la eficiencia energética	70	<b>08. MARCO NORMATIVO</b>	<b>89</b>
» Transmitancia térmica de la envolvente	70	• El desarrollo reglamentario	90
» Confort térmico	70	• Normativa de construcción con madera	91
» Estrategias de diseño bioclimático	71	» Reglamento argentino de estructuras de madera	91
– Ganancia solar	72	» Entramado de madera como sistema constructivo tradicional	94
– Ventilación	74	• Normativa de construcción con tierra	95
• Cálculo de transmitancia térmica	75	» Normativa internacional	95
• Desempeño de la quincha según su conductividad térmica	75	» Normas y desarrollos locales	96
» Espesores para las diferentes temperaturas de diseño	75	• Certificados de aptitud: técnica y sismorresistente	97
• ¿Cómo calcular el espesor de un muro según su comportamiento técnico?	76	» Certificados de aptitud técnica de sistemas constructivos, elementos o materiales	97
» Comportamiento térmico de diferentes materiales	78	» Normativa de construcción sismorresistente	98
» Espesores de muro para la ciudad de Allen, Río Negro	79	<b>PÓSTER</b>	<b>99</b>
• Simulación de un edificio en el proceso de diseño bioclimático	80	<b>GLOSARIO</b>	<b>101</b>
» Simulación del proyecto SUME de Allen	80	<b>REFERENCIAS</b>	<b>103</b>
– Simulación invierno 1	81	<b>APÉNDICES</b>	<b>107</b>
– Simulación invierno 2	82	<b>Apéndice A:</b> Informe de ensayo de determinación y clasificación de la resistencia al fuego	108
» Otras comparativas realizadas a partir del balance térmico	82	<b>Apéndice B:</b> Informe de ensayo de conductividad térmica de relleno	119
– Simulación verano 1	82	<b>Apéndice C:</b> Informe de ensayo de conductividad térmica de revoque	122
– Simulación verano 2	83		
– Simulación verano 3	83		
» Conclusiones de las simulaciones y el balance térmico	84		



## INTRODUCCIÓN

Esta publicación recorre los detalles de fabricación y ensayos a los que fue sometida la versión contemporánea de un muro ejecutado con la técnica de construcción con tierra llamada quincha, caracterizada por la utilización de materiales naturales: madera, fibras vegetales y tierra.

El trabajo se enmarca en el “Ciclo participativo de hábitat sustentable del Alto Valle”, del que participan múltiples instituciones, con la perspectiva enfocada en la transferencia tecnológica de una propuesta constructiva sencilla y de apropiación colectiva. La expectativa es aportar a la vinculación y transformación industrial, al agregado de valor a materiales naturales que impacten en la economía regional y contribuyan a la mitigación del déficit habitacional, al ahorro energético, la salud y el empleo.

El INTI viene dando los primeros pasos en el análisis de este sistema constructivo con miras a evaluar su desempeño. Esta instancia de investigación estuvo a cargo de un equipo interinstitucional de profesionales que, a partir del relevamiento de experiencias nacionales y regionales, propuso el estudio de un elemento constructivo para la zona bioclimática del Alto Valle de Río Negro. Los resultados permiten diseminar la información y dialogar con otras formas de construir, utilizarla en cálculos teóricos y ponerla en valor para la toma de decisiones basada en evidencia científica.

Este documento, que busca ser una herramienta de divulgación técnica destinada tanto a un público general como a profesionales, se estructura en capítulos que abordan el origen e historia de esta técnica constructiva ancestral, sus variantes, los materiales utilizados, los ensayos de laboratorio a los que fueron sometidas las probetas: caracterización de suelos, resistencia al fuego, conductividad térmica del relleno y revoques. Luego pondera las ventajas de la quincha en términos de eficiencia energética, genera propuestas para su fabricación sistematizada y repasa el marco normativo nacional e internacional.

A lo largo de la publicación aparecen términos y expresiones propios del área temática que, para mejor comprensión de los lectores no especialistas, se encuentran definidos en el apartado Glosario de este mismo documento.

Los hipervínculos incluidos en esta publicación podrían no funcionar correctamente o haber cambiado. En esos casos el lector puede copiar el texto y pegarlo en un navegador.



## CICLO PARTICIPATIVO DE HÁBITAT SUSTENTABLE DEL ALTO VALLE

Los Ciclos son un modo de gestionar la confluencia de capacidades existentes en la sociedad, el Estado y el sector productivo, en encuentros periódicos en torno a proyectos de investigación y desarrollo, que incorporan las dimensiones productiva, tecnológica y socioeconómica, tendientes al desarrollo sostenible. Además de ser un espacio de relacionamiento local, el Ciclo es un lugar de trabajo, de producción social, de información de código abierto que se transfiere hacia la industria, la gestión estatal, académica y social.

Así como en las experiencias de los Ciclos anteriores en Córdoba y Mendoza, este fue coordinado metodológicamente por el Área Tecnologías Sustentables del INTI y declarado de interés por el Senado de la Nación Argentina. Además de la ciudadanía, participan instituciones que producen colectivamente acciones y proyectos, divulgan temáticas socioambientales e incluyen a la bioarquitectura en la agenda pública.

En este escenario se firmó, durante el año 2023, un convenio de colaboración y vinculación interinstitucional entre siete entidades:

- » Municipalidad de Allen (Río Negro)
- » Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI)
- » Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA)
- » Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET)
- » Universidad Nacional de Río Negro
- » Colegio de Arquitectos de la provincia de Neuquén
- » Colegio de Arquitectos de Río Negro

La iniciativa también es acompañada por:

- » Ministerio de Desarrollo Económico y Productivo de la provincia de Río Negro, Subsecretaría de Recursos Forestales, Dirección de Recursos Forestales Valles Irrigados.
- » Cámara de Forestadores, Empresarios Madereros y Afines de la Norpatagonia
- » Profesionales independientes
- » Grupos de investigación

En este contexto se promovió la bioarquitectura como una alternativa para mitigar el cambio climático y abordar el déficit de viviendas. La promoción de hábitats sustentables y el desarrollo de una vida armónica con el ambiente son razones que impulsan a esta disciplina en Argentina. En el marco del Ciclo se generaron proyectos arquitectónicos para edificios públicos y viviendas orientados a minimizar el consumo de energía de operaciones y mantenimiento, aprovechando las estrategias pasivas y promoviendo el uso de fuentes renovables.

Estos proyectos proponen la utilización de materiales naturales, minimizan la contaminación ambiental e incorporan tecnologías como el saneamiento basado en la naturaleza, la recuperación de agua pluvial, el tratamiento de residuos y el aprovechamiento solar, entre otras.

Con el objetivo de desarrollar, transferir e incorporar la quincha como elemento constructivo a las propuestas arquitectónicas que surgieron en el marco del Ciclo, se formó un equipo de investigación interinstitucional de profesionales de INTI, CONICET, INTA y la Universidad Nacional de Tucumán (UNT), al que se sumaron pymes y emprendedores independientes. En el proceso, el equipo relevó experiencias en el país y la región y consultó a más de una docena de constructores con experiencia en esta técnica mediante una serie de entrevistas publicadas en el canal de la Red Protierra Argentina en Youtube con el objetivo de considerar el estado del arte y los usos y costumbres del conocimiento empírico. Además se desarrolló una ficha técnica para sistematizar la información recabada y se consensuó una propuesta de elemento constructivo considerando el marco normativo existente, la zona sísmica y bioclimática de Allen (provincia de Río Negro). Luego se simuló y ajustó su desempeño teórico y se ensayó en laboratorios del INTI y el CONICET.

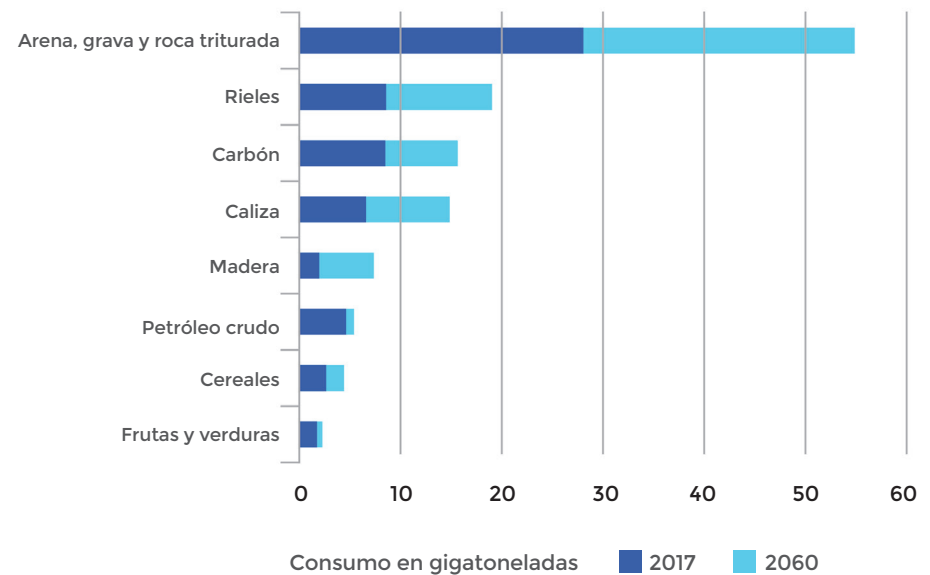
La propuesta se complementó con charlas introductorias, talleres de formación y el diseño de unidades productivas, de pequeña escala y baja inversión, para la prefabricación de estos elementos constructivos.

## IMPACTO DE LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN

### CONSUMO DE RECURSOS

La industria de la construcción consume la mayor parte de la materia prima extraída a nivel global. Es una industria preponderantemente lineal, es decir, su ciclo de vida está dividido en las siguientes etapas: extracción de materia prima, procesamiento, utilización, mantenimiento y disposición final. Las materias primas más utilizadas son recursos no renovables que se consumen en grandes volúmenes, producto de la actividad minera: cemento, cal, arena, piedra y acero.

Las perspectivas vislumbran una tendencia creciente de consumo, en especial de las economías en desarrollo.

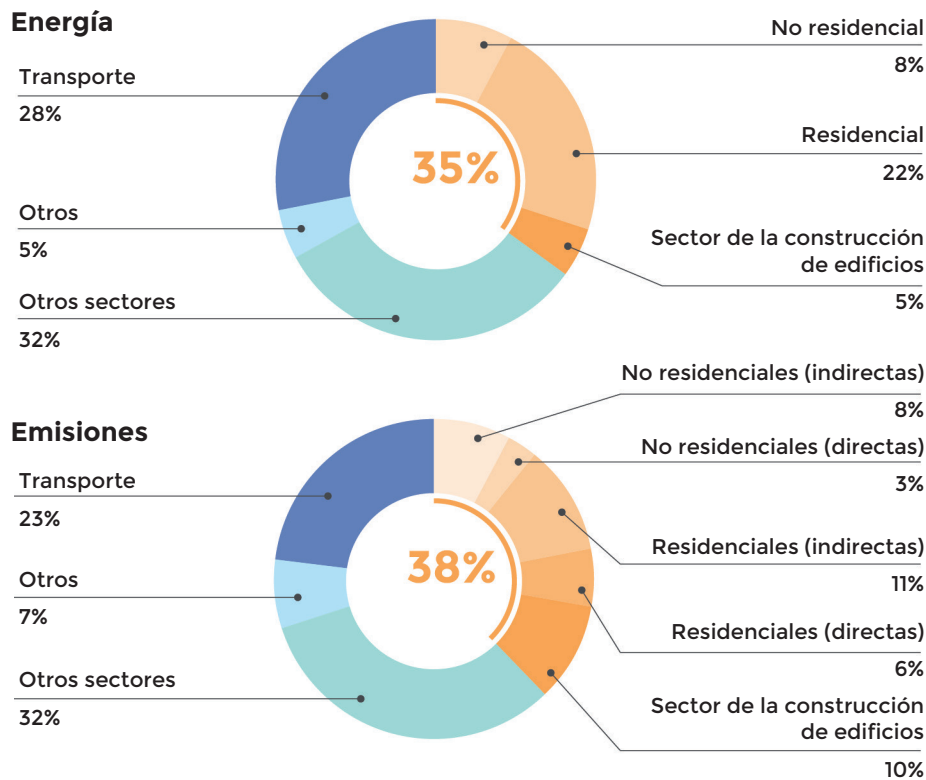


Predicción del consumo de materiales para 2060 a nivel global. Fuente: GlobalABC (2022)



### EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO

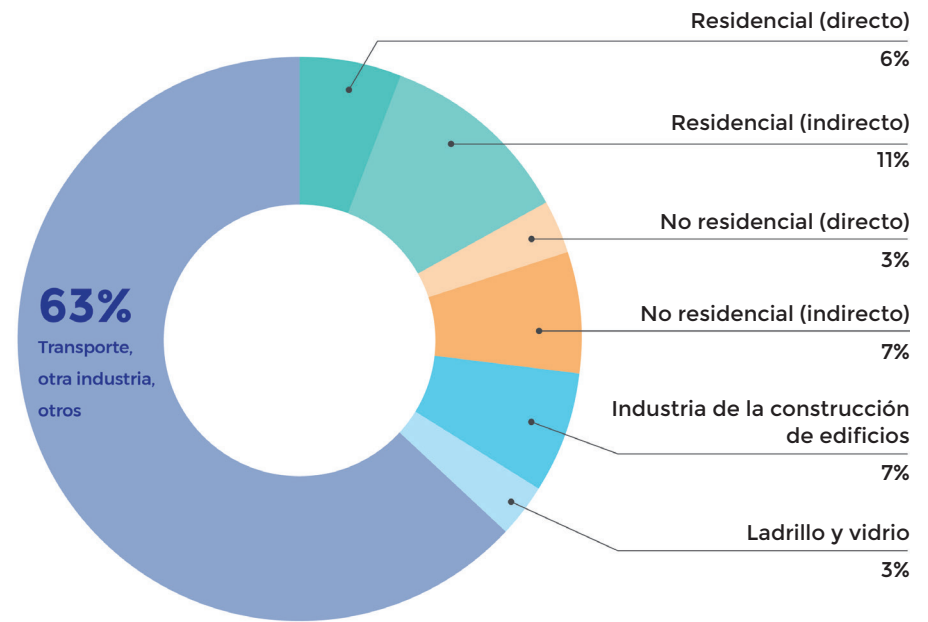
En términos globales, el sector de la construcción ocupa el 38 % de las emisiones de dióxido de carbono equivalente (CO<sub>2</sub>eq) relacionadas con la energía y los procesos, y más del 35 % de la demanda de energía a nivel mundial. La mayor parte corresponde a la operación y mantenimiento de los edificios (28 %), y una porción menor corresponde a la construcción como industria (10 %), que incluye la obtención de materiales, la etapa de obra y la demolición.



Los edificios y la industria de la construcción es la porción (estimada) de la industria general dedicada a la fabricación de materiales de construcción de edificios como el acero, el cemento y el vidrio. Las emisiones indirectas son las emisiones de gases de efecto invernadero procedentes de la generación de energía para la electricidad y el calor en el sector comercial. Fuentes: AIE 2020d; AIE 2020b.

Se estima que actualmente existen en el mundo 255000 millones de metros cuadrados construidos. Cada año este valor se incrementa en aproximadamente 5500 millones de metros cuadrados, equivalentes a una ciudad del tamaño de París por semana.

### Emisiones por sector 2022



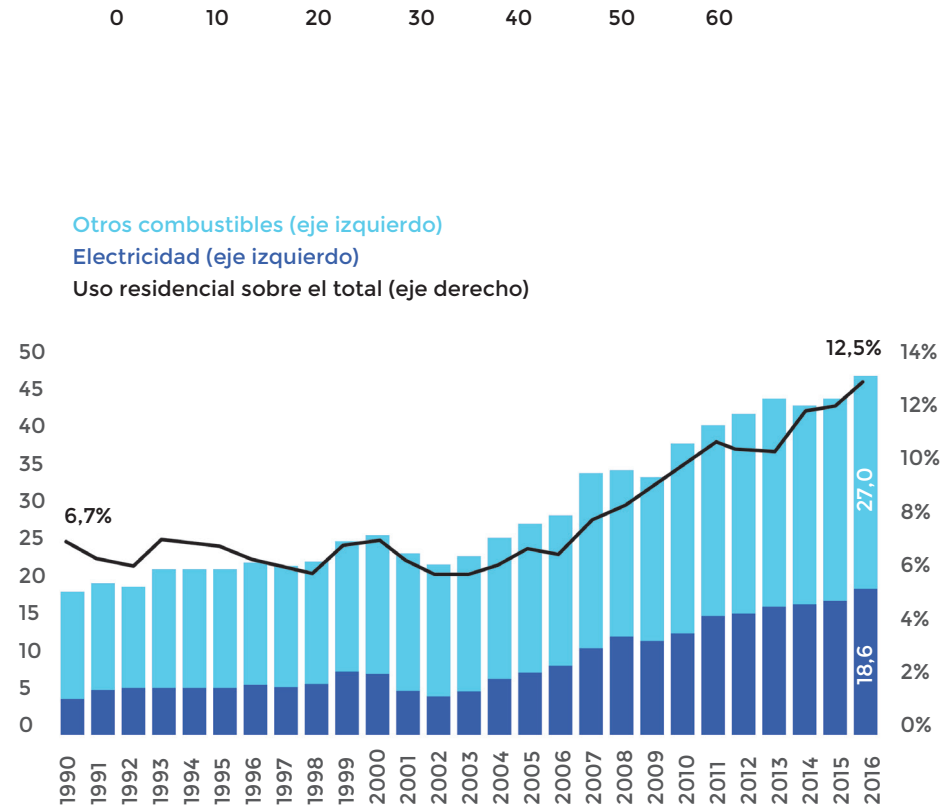
Cuota mundial de emisiones de CO<sub>2</sub> de procesos y operaciones de edificios y construcción, 2021. Fuente: GlobalABC, 2020.

En Argentina, según los datos provenientes del último inventario nacional de GEI, un 16,1 % de las emisiones del país proviene de actividades que tienen como uso final el sector residencial. De este porcentaje, el 12,5 % se explica de manera directa por el consumo de energía, tanto en lo que hace a la electricidad como a otros combustibles.

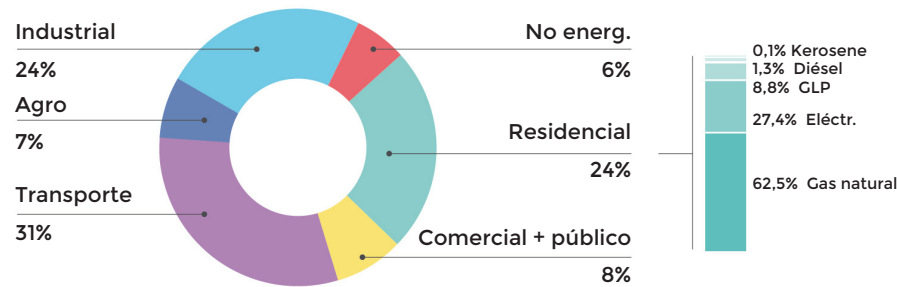
Durante los últimos años las emisiones atribuibles al consumo energético residencial evidenciaron un crecimiento acelerado tanto en términos de volumen como de participación sobre el total de emisiones, debido al aumento del consumo de energía eléctrica. Durante el período 2006-2016, última década con información estadística disponible, las emisiones pasaron de 27,7 Mt CO<sub>2</sub>eq a 45,6 Mt CO<sub>2</sub>eq, lo que implicó un aumento del 65 %, al tiempo que su participación sobre el total prácticamente se duplicó.

### ¿Sabías que...?

El término descarbonización se refiere a la disminución de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). Los GEI son moléculas capaces de reabsorber los fotones de parte de la radiación infrarroja que emite la Tierra y devolverlos a la atmósfera, lo que genera el llamado efecto invernadero. La molécula más común es el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), pero existen otros gases, como el metano, el óxido nitroso, el ozono y compuestos artificiales como los clorofluorocarbonos entre otros, que también contribuyen a dicho efecto. Para simplificar su cómputo, todos los GEI se agrupan según su potencial de calentamiento global en términos de dióxido de carbono equivalente (CO<sub>2</sub>eq).



Emisiones de GEI de Argentina atribuibles al sector residencial, por año, en millones de toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente (Mt) y porcentaje del uso residencial sobre el total, 1990 a 2016. Fuente: Lacaze, Zampelli, Estayno y Braude (2021), con base en la Dirección Nacional de Cambio Climático (2021).



Consumo energético de la República Argentina en 2019 con apertura para el consumo residencial. Fuente: Balance Energético Nacional.

En las construcciones sostenibles y eficientes, desde el punto de vista energético, es relevante la aislación térmica de la envolvente (muros perimetrales, aventanamientos, pisos y techos), especialmente en un país como Argentina donde las zonas bioclimáticas varían notablemente. La correcta implementación de aislaciones térmicas se vuelve fundamental para el confort de los ocupantes y el aprovechamiento energético del inmueble. La capacidad aislante de los cerramientos opacos (muros), para retener el calor en invierno y mantenerse frescos en verano, tiene un impacto directo en el consumo de energía, tanto para calefacción como para refrigeración y, en consecuencia, en los costos de operación del ciclo de vida del inmueble.

Una vivienda bien aislada minimiza el flujo de calor entre el interior y el exterior y su consumo energético está significativamente influenciado por esa capacidad de aislamiento térmico. En climas fríos un buen comportamiento térmico de la envolvente reduce la necesidad de calefacción mientras que, en climas cálidos, disminuye

la dependencia de refrigeración, y se traduce en la reducción en la demanda de recursos energéticos.

Un ambiente interior con buena regulación térmica también contribuye al bienestar físico y psicológico de los habitantes. Temperaturas extremas y grandes fluctuaciones pueden ser causales de estrés y otros problemas de salud. Una vivienda bien aislada cobija a sus residentes de estas temperaturas extremas y es crucial para grupos vulnerables como niños, ancianos y personas con enfermedades de base.

En un contexto global de crecimiento demográfico, donde la sostenibilidad y la eficiencia energética son importantes, el aislamiento térmico de las viviendas juega un rol prioritario. Y si además se opta por materiales naturales y eficientes, no solo se reduce el consumo energético, también se apoya la conservación de recursos naturales y la protección del ambiente. Tanto la innovación y el desarrollo, como la generación de información técnica de referencia de materiales constructivos naturales, son importantes para diseñar proyectos arquitectónicos eficientes.

La elección de materiales y técnicas constructivas representa un nicho de oportunidad de mejora de impacto directo en las emisiones relacionadas con la etapa de construcción, mantenimiento y uso. Muchos sistemas constructivos poseen gran capacidad aislante o hacen uso de la masa térmica para contribuir en las estrategias de climatización y minimizar los requerimientos de acondicionamiento térmico.



## BIOCONSTRUCCIÓN

Ancestralmente la humanidad se cobijó de la intemperie empleando los materiales naturales de su entorno para la construcción del hábitat. Con diversas técnicas vernáculas los antepasados utilizaron suelos, fibras vegetales y animales (biomasa) para materializar, globalmente, desde refugios hasta algunos edificios emblemáticos que hoy forman parte del patrimonio constructivo de la humanidad. La utilización de materiales naturales para la bioconstrucción continúa hasta hoy en día.



## BIOARQUITECTURA Y LA ESPECIALIZACIÓN PROFESIONAL

La bioarquitectura es un campo de estudio que propone a la bioconstrucción para morigerar el impacto ambiental global de los edificios, tanto en las etapas de extracción y procesamiento de materiales, como de construcción y operación (uso) de las edificaciones. Esta presencia de materiales de base biológica, o de origen geológico, se potencia con estrategias de arquitectura

bioclimática contempladas en la etapa de proyecto, que impactan en la etapa de uso, y reducen el consumo energético en climatización e iluminación. Durante la etapa del diseño se consideran la zona bioambiental del proyecto, las orientaciones cardinales, la flora y fauna autóctonas, y se complementa con el dimensionamiento de las envolventes acorde a los comportamientos térmicos, el uso de fuentes energéticas pasivas, renovables y otras estrategias.

Desde algunas universidades públicas e institutos se impulsa la producción de información técnica en relación con el uso de materiales naturales inocuos y de origen preferentemente local para su aplicación en arquitectura, considerando criterios y ensayos de habitabilidad, seguridad estructural y comportamiento frente al fuego, entre otros. Este abordaje académico, definido como bioarquitectura, se abre paso en su formalización a través de una oferta universitaria cada vez más amplia en cursos de extensión, materias optativas, seminarios, diplomaturas y talleres, que son traccionados por la demanda y la vacancia de información y de personal capacitado en dependencias estatales de control. La especialización de profesionales amplía las posibilidades de asistencia técnica a empresas constructoras o autoconstructores.

También son cada vez más los colegios de arquitectos del país que crean espacios orientados a la construcción sustentable, en pos de actualizar a sus profesionales en la temática y formalizar proyectos arquitectónicos. La Federación Argentina de Entidades de Arquitectos, que nuclea a los colegios, generó un acuerdo (Resolución FADEA 01/2024) con la Red Protierra Argentina para la conformación y articulación de grupos de trabajo sobre bioarquitectura en las distintas regiones.



01 >>>

# HISTORIA Y PRESENTE DE LA TÉCNICA CONSTRUCTIVA





## QUINCHA TRADICIONAL O VERNÁCULA

La quincha tradicional es una técnica de construcción de muros que pertenece a la familia de los entramados. Consiste en una estructura portante de madera o bambú, rellena con tierra o barro en estado plástico, al que se incorporan fibras vegetales en distintas proporciones y un revoque que reviste y protege al entramado. Se trata de un sistema flexible utilizado en regiones donde abundan la madera y las fibras vegetales. Dada la presencia de distintos materiales es clasificado como un sistema constructivo mixto.

A diferencia de otras técnicas de construcción con tierra, como el adobe o el tapial, que se emplazan en contextos climáticos árido-templados, las construcciones de quincha se pueden encontrar en climas muy variados, desde los templados a los tropicales y lluviosos. Es decir, en todos aquellos contextos donde, dada la presencia de agua, existe vegetación que puede ser utilizada como parte del sistema constructivo, y de suelo con características más o menos arcillosas para el relleno y el revoque del entramado. Dado el buen desempeño de la madera frente a los esfuerzos sísmicos, es común encontrar construcciones de quincha en regiones frecuentemente golpeadas por terremotos.

Debido a la gran difusión geográfica de la técnica, así como a la variedad en su configuración, adquiere distintos nombres dependiendo del idioma y su ubicación, siendo los principales el *wattle and daub* en los países de habla inglesa del norte de Europa, *torchis* en Francia e Italia, *emparrillados* en España, *leichtlehmbau* en Alemania. Es en América Latina donde se encuentran más variantes en la denominación de la misma técnica: *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 *quinzha* que significa “seto de varas de madera, barrera o cerca”. Para González Holguín (1608) significaba “cañizo, seto o barrera”, mientras que el término *quenchaycuni* significaría “cercar, o hacer quincha de pared, o de palos, o esteras, o varas”.



Construcción con quincha.  
Imagen: Teresita Pérez.

La información sobre el origen de la quincha corresponde a períodos prehistóricos, las primeras construcciones de la humanidad son contemporáneas a su sedentarización, ocurrida simultáneamente durante el período de la revolución neolítica, con fechas variables según la región del mundo. Además de su asentamiento para la permanencia territorial, al surgimiento de las civilizaciones lo asistieron otros saberes e innovaciones tecnológicas como la agricultura, la ganadería y el uso de herramientas, en definitiva, prácticas tendientes al aprovechamiento de materiales y especies presentes en el entorno.

Existen vestigios de asentamientos en el actual Ecuador que datan de entre el 10800 al 10000 a. C. y en el sitio arqueológico de Caral, la más antigua de las civilizaciones prehispánicas, actualmente Perú. Hoy se sigue construyendo quincha en muchas partes del mundo. Es posible afirmar que la técnica goza de continuidad histórica gracias a su versatilidad.

## RELEVAMIENTO REGIONAL

Los hallazgos de restos de muros de quincha con más de cuatro mil años de antigüedad en el sitio arqueológico de Caral, área norcentral del Perú, dan cuenta del uso de esta técnica por parte de una de las civilizaciones más antiguas del planeta. Conocida como el primer Estado con organización política, 44 siglos antes del imperio Inca, la cultura Caral es reconocida como uno de los seis focos de las civilizaciones coetáneas del mundo antiguo, en simultáneo a las de Oriente Medio, Egipto, India y China, entre los años 3000 y 1900 a. C.

Entramados similares a la quincha también fueron hallados en construcciones muy tempranas del Antiguo Perú y el Virreinato del Perú. Su adopción masiva se diseminó gracias a su demostrada resistencia sísmica, debido a su bajo peso y elasticidad. La quincha también era utilizada desde el siglo III en Chile, por las culturas Bato y Lolleo, que aprovecharon la presencia de grandes mantos de caña brava y carrizo al margen de los ríos y la existencia de suelos con suficiente arcilla y arena, materias primas indispensables en la fabricación de adobes y quinchas.

Los españoles rechazaron inicialmente el uso de la quincha, su aspecto liviano no cuadraba en sus imaginarios arquitectónicos y planteamientos estéticos. Los primeros asentamientos coloniales utilizaron piedra, adobe y ladrillo a la manera peninsular, pero los característicos temblores de la región obligaban a permanentes reparaciones o reconstrucciones, complicando tanto los emplazamientos que se retomó el uso de la quincha de las Yungas, con mejoras en la carpintería del sistema constructivo y su acabado. Su uso se generalizó en el siglo XVIII, con exclusividad en

los segundos y terceros niveles de las edificaciones. La técnica ha sido empleada en Lima, hasta el primer cuarto del siglo XX, y sigue siendo paradigmática en algunos pueblos de la costa.



Servicio Nacional de Capacitación para la Industria de la Construcción  
Archivo fotográfico de estudios realizados por el ININVI - SENCICO.



A partir de 1666 en Lima, Perú, se comenzó a utilizar quincha en grandes edificios, primero en la iglesia de Santo Domingo y luego en la de San Francisco, donde se empleó una bóveda entramada de madera, caña y cal para reemplazar el techo de la nave central, deteriorado por los temblores. Recién en 1669 la iglesia de Los Desamparados fue la primera construcción concebida íntegramente con esta técnica. Durante el terremoto de 1687 esas construcciones demostraron su resistencia, sufriendo algunos daños pero ningún colapso. A partir del terremoto de 1746, el más intenso de los ocurridos en Lima, se adoptó masivamente la quincha que, además de satisfacer necesidades de resistencia sísmica, resultaba más económica, rápida y versátil para cumplir con las condicionantes simbólicas de toda edificación monumental. Por decreto del virrey Manso de Velasco y con la colaboración del arquitecto francés Louis Godin, la técnica fue perfeccionada para incrementar su seguridad. La evolución en el empleo de la quincha obedeció entonces al equilibrio entre diversos factores: sísmico, climático, económico y representativo.

Actualmente, el Instituto Nacional de Investigación y Normalización de la Vivienda de Perú promueve un sistema de construcción a base de quincha prefabricada, por estar íntimamente ligada a la historia arquitectónica del país.

En el **Chile precolombino**, entre las regiones de Atacama y la Araucanía, la quincha se utilizaba en diversas modalidades acordes a la existencia de madera y tierra. Si bien la técnica predominante durante el período de la colonia fue el adobe, el uso de la quincha se mantuvo en ranchos y algunas viviendas, de las cuales quedan ejemplares aislados como testimonio.



La quincha metálica ha permitido explorar con el uso de mallas electrosoldadas.  
Fuente: <https://marcelocortes.cl/>

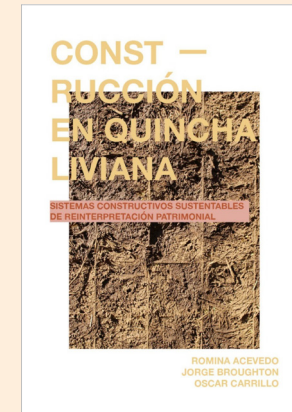
A pesar del estigma que sufrieron las técnicas de tierra en Chile desde el terremoto de Chillán, que en 1939 provocó el colapso de numerosas construcciones de adobe, en las últimas cuatro décadas resurgió un creciente interés, tanto por recuperar el patrimonio arquitectónico construido en quincha, como por crear nuevas construcciones utilizando elementos naturales, dentro de los cuales la tierra es una opción. En ese marco surgieron diversas iniciativas: a fines de la década del 80 se empezó a experimentar espontáneamente con técnicas de tierra, principalmente quincha, pero innovando mediante la introducción de materiales industriales como el acero que luego se denominó “quincha metálica” y “Teknobarro”, nombres introducidos por el arquitecto chileno Marcelo Cortés.

A esta experimentación en obra se suman ensayos de laboratorio (resistencia al fuego, comportamiento acústico y transmitancia térmica) e investigaciones que dieron origen a la publicación “Construcción en quincha liviana. Sistemas constructivos sustentables de reinterpretación patrimonial”, financiada por el Ministerio de Vivienda y Urbanismo y el Ministerio de las Culturas, las Artes y el Patrimonio de Chile. Esta información técnica de referencia, sumada a la posibilidad de calcular la estructura en base a normativa nacional vigente (en madera o acero) y obtener permiso de edificación, hacen de la técnica ancestral una alternativa vigente.

En lo que hoy es **Argentina** los materiales utilizados fueron ramas, cañas, cueros y paja, propios de la vida nómada de los habitantes originarios, con migraciones estacionales y una supervivencia basada en la economía de caza y recolección. Con el paso a la vida sedentaria, a aquellos recursos se sumaron la piedra y la tierra, y posibilitaron un carácter más permanente y duradero a la construcción en sus tres formas constructivas: monolítica, de mampostería y de entramado.

Con la llegada de los españoles se incorporaron nuevos materiales y técnicas constructivas. En las ciudades, hasta fines del siglo XIX, se siguió utilizando la tierra para la construcción de viviendas y de edificios públicos, pero no llegó a tener el carácter ni la escala que se puede apreciar en la arquitectura de otros países latinoamericanos.

La diversidad ambiental y los intercambios socioculturales han dado lugar a un amplio abanico de tipologías de entramados, con variaciones locales específicas. En la región chaqueña, por ejemplo, se emplea la técnica conocida como palo a pique, que se compone de tirantes de madera de quebracho clavados en el suelo y dispuestos uno junto al otro. El relleno entre los tirantes se realiza con barro y cascotes. Otra variante es la de horcones con cerramientos de ramas embarradas, cuya superficie suele protegerse con pinturas a base de cal.



Portada de la publicación “Construcción en Quincha liviana. Sistemas constructivos sustentables de reinterpretación patrimonial” (Acevedo Oliva, Broughton Weine y Carrillo Zúñiga).



Zona rural de Bella Vista en Tucumán.  
Muros de quincha y techos de totora.  
Foto: Mirta Sosa.



En la **región mesopotámica** los entramados se construyen con cañas, ramas o listones recubiertos de barro en ambas caras. En los pueblos del Iberá, en la provincia de Corrientes, se han hallado vestigios de quinchas con una estructura principal de caña tacuara guazú y una doble estructura secundaria conformada por cañas enteras o medias cañas. Debido a la abundante disponibilidad de fibras vegetales en la región, el relleno incorpora una gran cantidad de estos materiales, mientras que los acabados consisten en revoques de tierra y cal.

En la **zona pampeana y mesopotámica** se emplea la técnica del chorizo, que consiste en una estructura de puntales de madera con elementos horizontales intercalados, como tientos de cuero, alambres o cañas. Sobre estos elementos se cuelga y trenza la paja larga embarrada, formando un relleno plástico y moldeable.

En el área **cordillerana patagónica** la quincha mapuche se materializa en diversas variantes, destacándose la quincha picunche. Esta técnica emplea estructuras de troncos, tablas o varas de colihue recubiertas con una mezcla de tierra y fibras. Este revestimiento permite generar masa térmica que favorece la regulación de la temperatura interior frente a la marcada amplitud térmica diaria de la región.

En la **provincia de Chubut** la comunidad galesa adoptó una variante conocida como pared francesa. Esta técnica combina una estructura principal de tirantes gruesos de madera con una estructura secundaria de cañas macizas de colihue o listones de madera. El relleno se compone de tierra y paja, con acabados de revoques y pinturas de cal en el interior y el exterior. Además, es común el uso de revestimientos exteriores de madera, lo que aporta mayor protección y durabilidad a la construcción.



Viviendas de quincha con estructura tacuara guazú de Loreto, Corrientes.  
Foto: Federico García Martínez.



Viviendas galesas en Trevelin. Chubut  
Foto: Melisa Morlio.



La quincha se empleó en la construcción de muros, pero también en la materialización de cubiertas. Existen vestigios, y usos contemporáneos, de diversas variantes como los torteados de barro en el área andina y Cuyo, donde los techos se conforman mediante un relleno en dos capas de distintos espesores y con una variedad de fibras vegetales. En la región chaqueña se documentaron cubiertas compuestas por entramados de ramas y fibras vegetales, recubiertas con una capa de tierra con escasa presencia de fibras. En el altiplano del noroeste argentino se conoce la técnica del guayado, consistente en cubiertas de paja embebida en barro, que proporciona una mayor cohesión y resistencia a la intemperie.

Es importante señalar que, antes y después de la colonización europea, estas técnicas se empleaban principalmente en construcciones de carácter eventual, como depósitos en zonas de cosecha, refugios en rutas de peregrinación y edificaciones de uso temporal o estacional, especialmente en regiones tropicales. Las técnicas más extendidas y aplicadas fueron el adobe y el tapial, lo que explica la escasez de vestigios arqueológicos de la quincha dentro del territorio argentino.

Otra razón es la falta de mantenimiento y el abandono de las construcciones de quincha, lo que acelera la degradación de los elementos leñosos y vegetales. A diferencia de los sistemas de tierra maciza, como el adobe o el tapial, los entramados de quincha dependen de la protección y conservación de sus componentes orgánicos a través de buenos revestimientos y revoques. Sin un mantenimiento adecuado, la humedad, los insectos y hongos afectan la estructura, reduciendo significativamente su estabilidad y vida útil.

A partir de mediados del siglo XIX, la progresiva introducción de materiales industrializados y la transformación de las dinámicas sociales y económicas propiciaron nuevas soluciones arquitectónicas, lo que llevó al desplazamiento gradual del uso de la tierra como material constructivo. Sin embargo, en las últimas cuatro décadas se produjo un resurgir de la construcción natural en Argentina, durante 1990 en un seminario de construcción con tierra con sede en Jujuy, se propuso la constitución de una red temática similar a las redes del Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo (cyted.org). Tiempo después se conformó la Red Protierra Argentina (redprotierra.com.ar), con el objetivo de promover y desarrollar la arquitectura con tierra. A esta iniciativa surgida desde ámbitos académicos se sumó en 2012 el documental “El barro, las manos, la casa” dirigido por Gustavo Marangoni y protagonizado por Jorge Belanko, un albañil radicado en El Bolsón, provincia de Río Negro. Esa pieza audiovisual recorrió el mundo y difundió varias técnicas de la construcción con tierra, entre ellas, la quincha.



Vivienda unifamiliar construida con la técnica mixta quincha. Escobar, Buenos Aires.



## MATERIALES DE LA QUINCHA

La quincha es una técnica constructiva de la bioconstrucción que está compuesta por materiales naturales que pueden ser utilizados luego de una mínima incorporación de energía al proceso de producción y transporte, y que luego de su vida útil se reincorporan a la naturaleza sin necesidad de agregar grandes cantidades de energía. Si bien sería prácticamente inviable ejecutar una construcción sin utilización alguna de materiales con alta energía incorporada, como los cementicios para las fundaciones, los vidrios para las aberturas, los plásticos como barreras hidrófugas, o elementos metálicos para materializar uniones, se busca que el mayor porcentaje de los materiales responda a la definición de naturales, como los que se describen en los párrafos a continuación.

### MADERA

Un recurso natural y renovable cuya velocidad de crecimiento, disponibilidad y viabilidad de procesamiento industrial permiten dinamizar el empleo y las economías regionales, agregando valor a una materia prima proveniente de bosques cultivados y con beneficios ambientales, económicos y constructivos. Argentina cuenta con una superficie de 1,3 millones de hectáreas de bosques cultivados y ostenta las mayores tasas de crecimiento mundial de especies como *Pinus* y *Eucalyptus*, las más utilizadas globalmente para la construcción. Estas plantaciones forestales controladas proveen la mayor parte del material con el que trabaja la foresto-industria, reduciendo así el uso no controlado de especies nativas.



Cortina de álamo negro (*Populus nigra var. italica*).  
Imagen: Jean-Pol Grandmont.



Durante el período de crecimiento los árboles transforman y almacenan en biomasa una gran cantidad de CO<sub>2</sub> atmosférico en forma de compuestos orgánicos sólidos y se estima que el 50 % de la masa seca de la madera es carbono, aunque varía según la especie. Al ser utilizada en la construcción esta captura de carbono disminuye la presencia atmosférica de uno de los gases que más contribuyen al aumento de la temperatura global. Además, es un material orgánico con potencial de biodegradación y reciclabilidad y su conductividad térmica aporta cierta capacidad aislante, contribuyendo a minimizar el consumo energético durante la fase de uso de la construcción. Asimismo, el material destaca por la gran resistencia estructural en relación con su peso y su durabilidad. La construcción con madera permite, además, reducir los tiempos de ejecución proyectual y sus costos asociados.

Argentina cuenta con un reglamento argentino de estructuras de madera, manuales y guías que permiten calcular el comportamiento del material y propician la generación de estructuras (ver capítulo Marco normativo).

En Norpatagonia la forestación con álamo, o populicultura, se inició para establecer cortinas rompevientos y proteger los cultivos frutihortícolas en los valles irrigados. La baja densidad y las características estéticas de esta especie arbórea determinan su utilidad industrial para debobinado, obtención de pasta celulósica, fabricación de envases, embalajes y construcción. En la actualidad existen 6000 km lineales de cortinas y unas 900 ha de plantaciones en macizo de álamo que garantizan el abastecimiento a una industria que, entre las décadas de 1960 y 1980, alcanzó a contar con 300 aserraderos en la provincia de Río Negro, y que a partir de 1990 comenzó su declive y diversificación hacia la fabricación de muebles y viviendas.



Troncos de álamo.

La bioarquitectura tracciona la cadena foresto-industrial y el surgimiento de empresas de servicios (mayormente pymes) que agregan valor, emplean mano de obra local e impactan al desarrollo socioeconómico regional.



## FIBRAS VEGETALES

En relación con otros materiales, el uso de biomasa en la construcción demanda un bajo consumo de energía fósil y convierte al edificio en una reserva de carbono, por lo que muchos consideran que provoca un balance de carbono neutral o incluso negativo, aunque sería necesario realizar un análisis de ciclo de vida del edificio para constatar esta afirmación. Por su capacidad aislante esta incorporación de carbono en forma de celulosa, hemicelulosa y lignina también contribuye a la reducción del consumo energético y reubica al sector agrícola como proveedor de materiales para soluciones constructivas. En muchas regiones es habitual el uso de rastrojo de cereales como trigo, avena, cebada, centeno, lino, moha, coirón y sorgo. No se recomienda el uso de rastrojo de alfalfa u otras fibras con alto contenido de nitrógeno ya que tienden a descomponerse en presencia de humedad.

La producción de cereal en Argentina tiene una tendencia creciente, lo que aumenta también la disponibilidad de rastrojo. En el caso del trigo, por ejemplo, la cosecha en Argentina ronda los 16 millones de toneladas anuales.



Rollos de rastrojo de trigo.

## TIERRA

El suelo, también llamado “tierra”, es un material natural que resulta de largos y complejos procesos de degradación del manto rocoso de la Tierra. Estos procesos de naturaleza geológica y biológica varían en cada región del planeta, dando por resultado suelos con características diferentes.

La definición de suelo es relativa a la disciplina científica y el uso. Por ejemplo, la ingeniería agronómica distingue suelos de rocas según la presencia de vida, la geología identifica suelos según su origen geológico, la geotecnia los define como a un conjunto de partículas, aire y agua, ya que en los usos de este ámbito (como apoyo, estructura o carga), la fracción orgánica del suelo se descarta. En bioconstrucción resulta conveniente esta última definición y el uso del sistema unificado de clasificación de suelos en función del tamaño y la distribución de sus partículas, que les confieren características particulares.

El suelo es aprovechado en actividades humanas como la construcción, su abundancia y disponibilidad han favorecido su aplicación en edificios en casi todos los climas del planeta: cálidos, fríos, húmedos y áridos. El paradigma contemporáneo de la sostenibilidad revitalizó las tecnologías de construcción con tierra, otorgándoles nuevos valores ecológicos a sus características culturales y materiales. No obstante, la tierra no siempre puede ser empleada tal como se la encuentra en la naturaleza, suele requerir ajustes de acuerdo a las necesidades y características de la obra a realizar y la técnica constructiva a emplear. Por esta razón, en el próximo capítulo se describe la caracterización, tanto cualitativa como cuantitativa, del suelo para asegurar su óptimo desempeño en la construcción.



La arquitectura con tierra presenta una amplia diversidad de diseños espaciales, formas, técnicas y elementos constructivos, siempre a partir del empleo de un material base: el suelo arcilloso.

### ¿Sabías que...?

En bioconstrucción se evita el uso de la capa superficial del suelo, conocida como tierra vegetal, ya que está compuesta por materia orgánica rica en nutrientes (humus, raíces, microorganismos, etc.), esencial para la producción de alimentos. Si esta capa se emplea en la construcción, existe el riesgo de que el material sea colonizado por vegetación o que la descomposición de la fracción orgánica existente modifique volumétricamente el material. Por esta razón, se recomienda descartar las capas superficiales y utilizar únicamente las tierras extraídas a mayor profundidad.

### Fortalezas de la construcción con tierra:

- » El material tierra tiene la capacidad de almacenar energía térmica y ayuda a balancear y ralentizar las ganancias y pérdidas de calor contra las fluctuaciones térmicas exteriores.
- » Es reutilizable ilimitadamente, solo debe triturarse y humedecerse con agua, siempre y cuando no haya sido estabilizado con cemento o cal, lo cual haría irreversible el endurecimiento en presencia de agua.
- » Economiza costos de transporte si se utiliza la tierra disponible localmente, incluso suele emplearse la tierra proveniente del movimiento de suelos de la excavación de la misma obra.
- » Su manipulación es generalmente inocua y no presenta un riesgo a la salud.

- » Su característica de higroscopicidad colabora en regular la humedad del ambiente.
- » Es un material de construcción de baja huella de carbono debido a que la cantidad de energía que requiere su uso es mínima respecto a otros materiales.

### Debilidades:

Los revestimientos exteriores de muros cuyo material principal sea la tierra son vulnerables a la erosión por lluvia, viento y humedad ascendente, por lo que es necesario su protección y/o estabilización, por ejemplo, mediante el diseño de aleros y la aplicación de estabilizantes en terminaciones superficiales, como por ejemplo revoques a base de cal, siempre cuidando no perder la respirabilidad del muro. También es importante la aislación y barreras hidrófugas en los cimientos y sobrecimientos para evitar humedades de ascenso capilar que dañan y debilitan las bases de los muros de tierra.



Suelo arcilloso seco.



Suelo en estado viscoso.



Revoque de tierra exterior con protección de alero.

### ¿Sabías que...?

El concepto “higroscópico” es utilizado comúnmente en química y física para referir a la capacidad de una sustancia de absorber y retener la humedad del ambiente, sus sinónimos podrían ser: permeable, poroso, respirable y sus antónimos impermeable o hidrófobo. Si una superficie pierde su higroscopicidad, por ejemplo, se impermeabiliza, puede generar condensación, humedad y moho, consecuencias indeseadas tanto al interior de la vivienda como en su estructura.



## COMPONENTES DE LA QUINCHA

La técnica quincha es originalmente compuesta por una estructura principal, una estructura secundaria, un relleno y un revestimiento. Presenta variantes dependiendo de cada uno de los materiales empleados y su configuración. A la quincha se la considera una técnica de entramados.

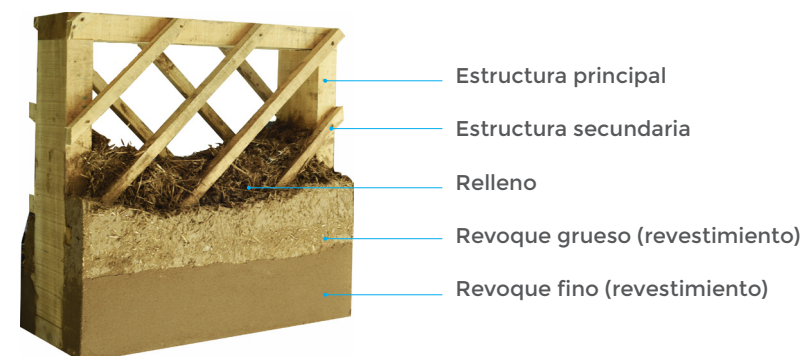
La **estructura principal** cumple el rol de soportar las cargas a las que estará sometida la edificación durante su vida útil. Puede ser de troncos, postes rollizos, elementos de madera labrada o aserrada de diversas dimensiones y secciones. Algunas estructuras contemporáneas incluyen el uso de acero u hormigón armado.

Las funciones de la **estructura secundaria** son formar un tejido para contener y soportar el peso y empuje del relleno y recibir el revestimiento, como así también aportar a la estabilidad general de la estructura principal soportando las acciones horizontales, como por ejemplo en las quinchas peruanas donde el enfajinado diagonal colabora en la estabilidad frente a los movimientos sísmicos. En los casos donde el tejido no aporta al sistema estructural general, algunos especialistas la denominan simplemente estructura del relleno, encofrado o encofrado perdido, dependiendo de la puesta en obra del relleno. Los diversos materiales que la pueden conformar son listones de madera, ramas o cañas, e incluso alambres o mallas de acero electrosoldado, dispuestos en forma horizontal, vertical o diagonal, respecto de la estructura principal.

El **relleno** le otorga cualidades termo-acústicas al muro que varían dependiendo de las características y proporciones del suelo y la fibra. Se puede materializar *in situ* en forma húmeda o seca, y a

mayor densidad del relleno, mayor será la inercia térmica del muro, por el contrario, a menor densidad, se incrementa la capacidad de aislamiento térmico, ya que el material contiene más aire en su estructura, reduciendo la transmisión de calor.

El **revestimiento** cumple en ambas caras la función de terminación estética y de impedir el ingreso de agentes externos a la estructura y el relleno. A su vez, aporta masa térmica, influyendo en el comportamiento térmico de la vivienda, explicado en el capítulo Eficiencia energética. Suele ser ejecutado con tierra tamizada, paja cortada, arena y/o cal (ver capítulo Descripción de la quincha ensayada). Los revestimientos a base de materiales naturales funcionan como la piel del cuerpo, constituyen la primera barrera de protección contra agentes externos como el fuego, insectos, hongos, entre otros. Y, al igual que la piel, pueden quemarse, romperse o fisurarse, pero también tienen la capacidad de ser reparados, restaurados y volver a su estado original. Es fundamental que esta barrera sea permeable, permitiendo el traspaso de vapor de agua. Cuando se incorporan materiales impermeables al revestimiento (por ejemplo: revoques cementicios o pintura látex) se bloquea la higroscopicidad natural dando lugar a diversas patologías constructivas, degradación o debilitamiento progresivo.



## VARIANTES ESTRUCTURALES

En nuestro país las variantes estructurales más utilizadas de esta técnica se pueden dividir en: **sistema de pórticos**, que utiliza postes rollizos y **sistema de entramado liviano**, que utiliza madera aserrada.

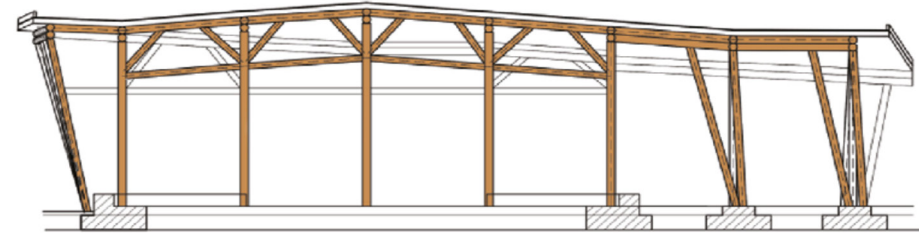
### SISTEMA DE PÓRTICOS (O DE POSTE Y VIGA)

Son sistemas en los cuales los muros son empleados como cerramiento y división de ambientes, la función estructural es llevada a cabo por columnas (elementos verticales) y vigas (elementos horizontales), conectadas en sus encuentros por elementos vinculantes metálicos (varillas roscadas, tornillos, clavos, planchuelas, entre otros) y de arriostre (puntales y tensores). La estructura de madera puede quedar a la vista y los cerramientos entre los elementos estructurales son muros no portantes.

Originalmente este sistema consistía en horcones sobre los que apoyaban las vigas principales o soleras de techo en forma de rollizo. A esta estructura, empotrada en el terreno, se fijaban tabiques de cañas y/o ramas y barro. La unión de los distintos componentes (horcones y cañas), se realizaba tradicionalmente con tientos de cuero y/o fibras vegetales.

En la actualidad los sistemas de pórticos generalmente utilizan madera proveniente de bosques implantados, con las siguientes características:

- » Puede calcularse su desempeño estructural mediante el Reglamento argentino de estructuras de madera CIRSOC 601.
- » Según la agresividad de los agentes externos en el lugar de implantación, se puede utilizar madera natural o, para mayor



Corte de un pórtico.



Sistema de poste y viga (*Eucalyptus grandis*). Se observan columnas, vigas simples, vigas dobles, nudos con puntales de arriostre y listones para contener el relleno. Escobar, provincia de Buenos Aires. Foto: Alejandro Dominguez.

durabilidad, impregnada con una mezcla de cromo, cobre y arsénico, o con sales de boro u otros productos antifúngicos y antixilófagos.

- » Es posible calcular la escuadría y el diseño de los elementos estructurales horizontales (vigas o entrepisos) para permitir grandes luces entre apoyos.
- » Si se utilizan postes rollizos, por lo general de eucalipto (*Eucalyptus grandis*), estos se consiguen nuevos o usados (reutilización de postes de tendido eléctrico).
- » Una estructura materializada con postes rollizos resulta más económica en comparación a una de entramado liviano de madera aserrada.
- » Para trabajar de manera segura, al emplear secciones largas y pesadas, se requiere incrementar la mano de obra o incorporar maquinaria.

### SISTEMA DE ENTRAMADO LIVIANO DE MADERA (O PLATAFORMA Y ENTRAMADO)

Es el método más difundido en la actualidad en la construcción de viviendas de madera. Su principal ventaja es que cada piso se construye de manera independiente y a medida que se montan los bastidores y entrepisos se genera una plataforma, o superficie de trabajo, sobre la cual se pueden armar y montar los pisos siguientes. Para soportar cargas horizontales, es necesario garantizar la vinculación entre todos los niveles, a partir del cálculo estructural, especialmente en zonas con alguna peligrosidad sísmica.

Los bastidores se pueden prefabricar en un taller para ser colocados en obra en forma manual o mediante el empleo de maquinaria (grúas, autoelevadores, guinche con malacate, etc.) cuando su tamaño lo requiera.



Estructura de vivienda de entramado liviano de madera sobre platea cementicia. Es una técnica liviana y rápida que usa madera aserrada de pequeñas secciones, unida con clavos o tornillos. Permite prefabricar elementos en taller y reducir costos en fundaciones.

La unidad esencial de este sistema es el bastidor, un muro portante (con función estructural) constituido por piezas cuya sección puede variar de acuerdo a la envergadura de la construcción, o si es calibrada o cepillada: entre 40 mm por 90 mm (aproximadamente 2" por 4" en medidas anglosajonas) y 40 mm por 140 mm (aproximadamente 2" por 6"). Argentina cuenta con una Tabla voluntaria de medidas para madera aserrada comercial destinada al uso estructural en viviendas: <https://www.inti.gob.ar/assets/uploads/files/cirsoc/01-En-vigencia-legal-a-partir-de-2013/600/tvm2017.pdf>

Este sistema es considerado tradicional en Argentina desde el año 2018, lo cual significa que no es necesario presentar un certificado de aptitud técnica (CAT) debido a que se lo considera suficientemente probado. Se popularizó en Estados Unidos hace más de 200 años con el *balloon frame*, un sistema continuo que utilizaba parantes verticales con más de un nivel de altura, que luego evolucionó al sistema actual de plataforma y entramado por niveles (*platform frame*).

Algunas quinchas contemporáneas se inspiran en este sistema de construcción en seco pero reemplazan elementos estructurales rigidizantes como las placas (habitualmente tableros de compensado fenólico o de virutas orientadas, OSB) por la estructura secundaria de listones de madera aserrada dispuestos en diagonal, y el aislante térmico de lana de vidrio, celulosa, poliuretano por fibras vegetales o animales. Esto da como resultado una propuesta constructiva de estructura de madera, con relleno seco o húmedo y revoques de tierra, ejecutados en húmedo.

## TIPOS DE RELLENO

La técnica de entramado es una de las más diversas dentro de la construcción con tierra, lo que plantea un desafío para su clasificación. En la actualidad, los avances en normativas constructivas y de eficiencia energética han impulsado su evolución, dando lugar a sistemas híbridos e innovadores de quincha en todo el país.

Existen innumerables variaciones de esta técnica, incluyendo aquellas que incorporan entramados metálicos y de madera, como las desarrolladas en Chile y descritas anteriormente en esta publicación. También se han incorporado ladrillos de tierra cruda (adobes) entre montantes (elementos verticales), como relleno para acelerar los tiempos de ejecución y reducir los períodos de secado.

La quincha contemporánea es la continuidad de la técnica tradicional de entramados descrita anteriormente, adaptada a los materiales, tecnologías y conocimientos constructivos actuales. Se compone de una estructura portante de madera aserrada, laminada o rolliza, combinada con un relleno de tierra o barro en estado plástico, al que se incorporan fibras vegetales en distintas proporciones.



### QUINCHA PESADA

Se clasifica como quincha pesada a la variante cuyo relleno presenta una densidad que oscila entre 1200 y 1800 kg/m<sup>3</sup>. Su principal aporte es la regulación de la humedad y la inercia térmica, favoreciendo el confort interior al mantener humedad ambiental dentro del rango confortable y amortiguar las variaciones de temperatura. Sin embargo, no proporciona un aislamiento térmico eficiente por sí misma, razón por la cual suele combinarse con materiales aislantes para mejorar su desempeño térmico y las condiciones de habitabilidad.



Relleno de quincha pesada en jornadas comunitarias. Oficina municipal de turismo, Coronel Belisle, Río Negro.



Relleno de quincha pesada.

### QUINCHA LIVIANA

También conocida en diversos países del hemisferio norte como tierra alivianada (*terre allégée, terre-paille, strohleichtlehm, bauen mit leichtlehm, light earth*), esta técnica se ha popularizado en Argentina y Chile. Es un material de relleno que permite optimizar el dimensionamiento estructural gracias a su bajo peso, se compone de tierra, agua, fibras vegetales u otros agregados naturales ligeros, cáscaras de cereales o chips de madera, alcanzando una densidad que varía entre 200 y 1200 kg/m<sup>3</sup> una vez seco.

En este caso el relleno se elabora con tierra arcillosa en estado viscoso que se mezcla con las fibras vegetales. Utilizando tierras con un alto contenido de arcilla es posible obtener mezclas ligeras, con densidades cercanas a 200 kg/m<sup>3</sup>. Cuanto mayor sea el porcentaje de arcilla, mayor será la capacidad aglutinante y menor la cantidad de tierra necesaria, lo que contribuye a aligerar el material.

Esta técnica se desarrolló en Alemania después de 1920, como una evolución de la quincha tradicional del norte de Europa (*flechtwerkwand, torchis, colombage*) con el objetivo de mejorar la aislación térmica de las construcciones.

Actualmente, la tierra alivianada también se utiliza como aislante térmico de techos, cielorrasos, pisos y entrepisos. Su bajo peso, y la posibilidad de prefabricación, brindan flexibilidad y adaptabilidad a las necesidades térmicas y a los procesos constructivos contemporáneos.



Estructura principal de postes rollizos de eucalipto. Relleno de quincha liviana (tierra y paja de trigo), con un espesor de 20 cm y una densidad de 400 kg/m<sup>3</sup>. Escobar, provincia de Buenos Aires. Foto: Alejandro Domínguez.



Relleno de fachada de tierra-paja con un espesor de 29 cm y una densidad de 1000 kg/m<sup>3</sup> en Darmstadt, Alemania (año 2012). Arquitectos Schauer + Volhard.

El relleno puede aplicarse mediante diferentes métodos dependiendo de las necesidades constructivas y del sistema empleado. Entre las principales técnicas se encuentran:

- » **Encofrado y apisonado por capas:** la mezcla de tierra alivianada se vierte dentro de los muros encofrados y se compacta en capas sucesivas.
- » **Encofrado perdido:** el material se coloca dentro de un encofrado que permanece como parte del sistema constructivo final, brindando soporte para el relleno y estabilidad lateral a la estructura. Esta es la técnica utilizada en el armado de las probetas de la quincha ensayada.
- » **Uso de mampuestos prefabricados:** se pueden emplear distintos mampuestos como adobes, bloques de tierra alivianada (BTA), los cuales se asientan con un mortero de tierra, permitiendo una construcción modular y optimizando los tiempos de obra.



Estudio Terra de Chile.  
Quincha liviana seca.

### QUINCHA LIVIANA SECA

Esta variante consiste en una estructura de bastidores de madera u otros materiales, con un relleno de fibras vegetales en seco y sin la presencia de tierra como ligante.

En países como Alemania, las reglas profesionales de la quincha liviana recomiendan el uso de barbotina, que aquí se denomina tierra en estado viscoso, para recubrir completamente las fibras vegetales, ya que esta cobertura ofrece cierta protección contra incendios –dado que la tierra es un material incombustible– y contra agentes biológicos como insectos y hongos.

El relleno en seco, en general, no contribuye con la estructura. Además, su alto contenido de aire lo hace poco resistente al impacto y no proporciona una base adecuada para la aplicación de revoques y terminaciones. Por esta razón se recomienda que los revestimientos sean soportados por una subestructura de enfajinado o envarillado, en lugar de depender directamente del relleno de fibras secas.

En Chile, esta técnica de quincha liviana en seco ha comenzado a ser sometida a ensayos de laboratorio con resultados satisfactorios en pruebas de resistencia al fuego, comportamiento acústico y desempeño térmico. En esos estudios se ha medido un relleno de paja de trigo con una densidad aproximada de 60 kg/m<sup>3</sup>.

Dado el carácter experimental de esta técnica es fundamental que los actores involucrados en la construcción natural trabajen en conjunto para desarrollar y democratizar buenas prácticas constructivas, asegurando su viabilidad y desempeño a largo plazo.



Quincha seca de rastrojo de trigo en bastidores de 2" por 6". Densidad: 60 kg/m<sup>3</sup>. Estudio de música en Radal, Lago Puelo, Chubut. Arq. Rodolfo García Núñez y Arq. Emanuel Rocha.

02 >>>



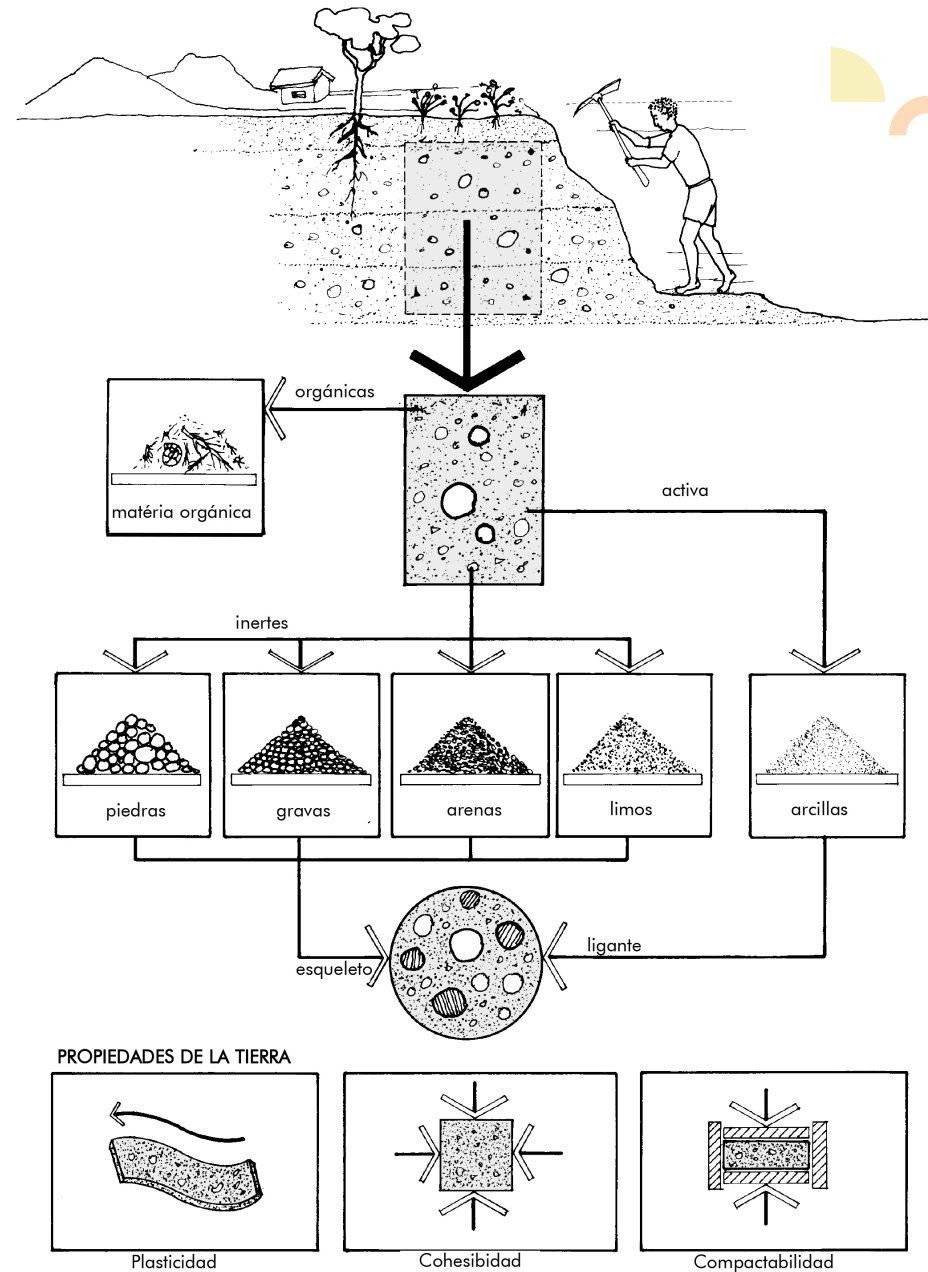
## CARACTERIZACIÓN DE SUELOS



El suelo es la capa superficial de la corteza terrestre cuya naturaleza dinámica está constituida por elementos de origen mineral y orgánico, productos de la descomposición de la roca madre y los restos de plantas, animales y microorganismos que lo habitan. En su perfil completo, suele organizarse en horizontes bien diferenciados: el horizonte O (rico en materia orgánica), el A (superficial y fértil), el B (de acumulación de arcillas y óxidos), y el C (material parental poco alterado).

Desde la perspectiva agronómica esta estratificación permite evaluar la viabilidad de un cultivo, pero desde el uso ingenieril o constructivo, se valora principalmente la composición granulométrica, plasticidad y cohesión. La construcción natural descarta el uso de suelos ricos en materia orgánica –valiosos para la agricultura– y privilegia el empleo de áridos infértiles en diversas técnicas constructivas. Estos materiales pueden obtenerse mediante la excavación *in situ*, necesaria para la cimentación de la obra, o aprovechando el movimiento de suelos cercanos, muchas veces considerados residuos sin uso, resignificando su valor.

La tierra es una mezcla de granos de diversas dimensiones, las arcillas se diferencian de los demás por su morfología: son partículas microscópicas de forma laminar o plaquetaria. Al mezclarse con agua adquieren una consistencia pastosa y pegajosa, actuando como aglutinante natural que cohesiona los demás granos. A este tipo de sustancias, de tamaño extremadamente pequeño y con propiedades adhesivas, se les denomina coloide, término derivado del griego *kolla* (cola) y *eidos* (especie de). Las arcillas cumplen en la tierra un rol similar al del cemento en el hormigón, funcionan como ligante del sistema granular, ocupan los espacios entre granos generando puentes capilares, confiriéndole a la mezcla estabilidad al secado y estructura resistente.



Fuente: Bahareque. Guía de construcción parasísmica (Carazas Aedo y Rivero Olmos, 2002).

Las arcillas no son los únicos minerales de tamaño menor a 2  $\mu\text{m}$  presentes en los suelos, se encuentran entremezcladas con silicio, óxidos de hierro, cuarzo, aluminio y finos cristales calcáreos. Luego de las arcillas, los óxidos de hierro son los minerales más abundantes en el suelo.

El color de la tierra está estrechamente relacionado con la presencia de materia orgánica y óxidos de hierro. Los tonos rojizos y amarillos indican su alta concentración, mientras que el color negro se debe a la presencia de materia orgánica. Los suelos marrones resultan de la combinación de ambos elementos, mientras que los blancos indican su ausencia.

### GRANOS, AGUA Y AIRE

Es importante comprender que el conjunto de granos nunca está completo en un suelo y que el material tierra también contiene aire y humedad, incluso en los muros de tierra secos. Como explica Wilfredo Carazas en su test homónimo, la tierra es un material trifásico compuesto por una fase sólida (granos), una líquida (agua) y una gaseosa (aire). La proporción de estas fases en relación con los granos determina en gran medida las propiedades del material. Para profundizar sobre este aspecto trifásico se puede consultar el *Test Carazas, Manual pedagógico. Ensayos de correlación de las tres fases de la materia tierra*.

Las arenas son partículas de tamaño apreciable a simple vista y al tacto, cada partícula tiene resistencia mecánica (soporta cargas) individualmente, pero al carecer de carga eléctrica no existen fuerzas que permitan mantener su forma ni son capaces de retener agua.

Los limos son partículas de tamaño intermedio entre las arenas y las arcillas, no perceptibles a simple vista pero sí al tacto, donde se

sienten como una harina fina. A diferencia de las arcillas, no poseen cohesión ni plasticidad, tienen muy baja capacidad de retención de agua y nutrientes, y no presentan carga eléctrica superficial significativa.

En la naturaleza es infrecuente encontrar suelos que estén compuestos por una sola granulometría, sin embargo aquella que se encuentre en mayor proporción le conferirá las características. Por esta razón es posible, mediante ensayos de campo, hacer una clasificación para su uso en la construcción.

### TIPOS DE CARACTERIZACIÓN

A la hora de construir con tierra es menester comprender que cada suelo posee características únicas y no existen fórmulas universales, por lo que es crucial reconocer el material para emplearlo adecuadamente mediante procedimientos y ensayos que permitan identificar sus propiedades físicas y químicas. Para el presente trabajo se caracterizaron dos muestras de suelo en el Laboratorio de suelos del Instituto de Investigaciones Territoriales y Tecnológicas para la Producción del Hábitat (INTEPH) del CONICET.

Estas caracterizaciones poseen tres aspectos principales a evaluar:

- » La granulometría: tamaño y distribución de los diferentes tipos de suelo (grava, arena, limo, arcilla).
- » Las propiedades de cada tipo de suelo: importancia de cada componente en términos de su función y forma.
- » Corrección y ajustes del suelo: evaluación de los métodos necesarios para mejorar el comportamiento del suelo, como la densificación o la introducción de materiales.

También es importante el conocimiento de las arcillas, tanto en términos de proporción como de composición química. Como se mencionó anteriormente, la arcilla, por su tamaño microscópico, su aspecto laminar y su capacidad ligante, es responsable de la cohesión del material; mientras las fracciones gruesas, gravas y arenas, proporcionan resistencia y densidad al material final.

La estabilización o corrección de un suelo para la construcción puede lograrse mediante ajustes granulométricos incorporando arenas finas, gruesas u otro suelo arcilloso para mejorar el comportamiento de la mezcla. De acuerdo con la técnica, también pueden incorporarse fibras vegetales que colaboran en la resistencia mecánica y previenen grietas durante el secado.

Existen dos tipos principales de caracterización, las pruebas de campo, utilizadas para una primera aproximación, son cualitativas y sensoriales y permiten obtener información preliminar. Las pruebas de laboratorio, mayormente cuantitativas, se realizan mediante pruebas normalizadas y brindan datos más precisos.

### PRUEBAS DE CAMPO

Son comunes en disciplinas como la geología, agronomía e ingeniería. Entre las más frecuentes se encuentran las sensoriales, como el test táctil, que permite analizar la textura del suelo, diferenciando entre los arenosos (de grano grueso y áspero) y aquellos con fracción fina, limos y arcillas. Asimismo, se puede realizar una identificación visual de la granulometría, separando las partículas según su tamaño y estimando sus porcentajes. Por ejemplo, los suelos orgánicos pueden identificarse mediante su olor a humedad característico (petricor), mientras que los arenosos o con grava emiten un crujido cuando se frotan entre los dedos. Visualmente, la presencia de materia orgánica suele reflejarse en

suelos de color oscuro, mientras que los tonos rojizos, verdosos o amarillos están asociados a minerales determinados.

Wilfredo Carazas y Alba Rivero (2002), integrantes del Centro Internacional para la Construcción con Tierra, CRAterre, generaron un instructivo de tres pasos simples para caracterizar suelos en campo y verificar componentes o granulometría, plasticidad, cohesión y resistencia. En todos los casos las muestras deben estar limpias de gravas y piedras.

### Pruebas sensoriales

El olfato, la vista y el tacto permiten identificar componentes. Al incorporar agua a una muestra:

- » La tierra orgánica desprende olor a "bosque después de la lluvia".
- » La tierra arenosa se presenta rugosa, quebradiza y poco pegajosa.
- » La tierra limosa es fina, fácil de reducir en polvo y algo pegajosa.
- » La tierra arcillosa es difícil de romper, se deshace lentamente en el agua y es muy pegajosa y fina.

Para construir es conveniente una tierra entre arenosa y arcillosa y se deben evitar las limosas.

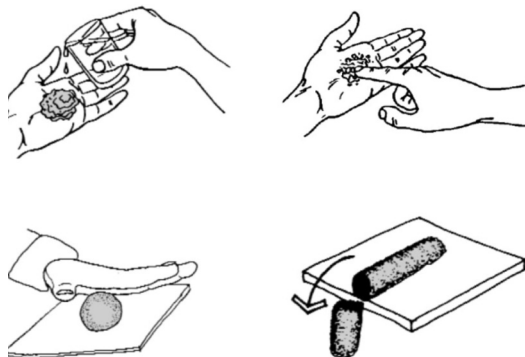




### Prueba del cigarro

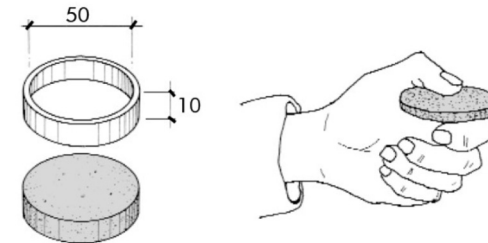
- » Mojar, mezclar y dejar reposar media hora para que se produzcan las diversas reacciones al agua.
- » Retirar el exceso de agua (si lo hubiera) hasta tener una consistencia plástica.
- » Moldear un cigarro de 3 cm de diámetro y 25 cm de largo sobre una superficie lisa.
- » Empujar lentamente el cigarro hacia el vacío hasta que se desprenda una porción.
- » Medir el largo del pedazo que se desprendió y repetir tres veces para realizar un promedio.

Si el pedazo que cae tiene menos de 5 cm la muestra es demasiado arenosa, si tiene más de 20 cm es demasiado arcillosa. La mezcla más conveniente para mortero de relleno tendrá un desprendimiento de entre 7 cm y 15 cm de longitud.



### Prueba de la pastilla

- » Moldear dos pastillas de tierra en estado plástico con la ayuda de un palo cilíndrico (palo de amasar, caño de PVC o similar).
- » Después del secado, observar la retracción y evaluar la resistencia de la tierra por ruptura y aplastamiento entre los dedos pulgar e índice.



Para observar la retracción es conveniente la utilización de un cortante circular o molde.

Sugerencia: después de seco, verificar su aspecto: tipos de fisuras, adherencia y cohesión:

- » Si no hay retracción y es fácil de convertirlo en polvo es TIERRA ARENOSA.
- » Si hay retracción y es fácil de convertirlo en polvo es TIERRA LIMOSA.
- » Si hay una retracción importante y es muy difícil reducirlo a polvo es TIERRA ARCILLOSA.



Si tiene menos de 1 mm de retracción y es difícil de reducir a polvo, es una buena tierra para construir.

El **test de revoque pulverulento** sirve para evaluar la cohesión de los revoques. Consiste en frotar la superficie revocada con la mano, pincel o esponja seca. Si libera polvo fácilmente, indica disgregación y deterioro, que pueden deberse a excesos de limo o a la baja cohesión de las arcillas. Este ensayo permite establecer la pertinencia de mejorar la mezcla con arcillas de mayor cohesión (montmorilloníticas o caoliníticas) para otorgar mayor estabilidad y durabilidad a las terminaciones.

Existen numerosas fuentes bibliográficas que explican los procedimientos en detalle: la Red Protierra Argentina ([redprotierra.com.ar](http://redprotierra.com.ar)) cuenta con documentos disponibles en línea. Aquí solo se presentan algunos de estos procedimientos a modo de ejemplo.

## CARACTERIZACIÓN EN LABORATORIO

La caracterización de las muestras de suelo A y B ensayadas en el presente proyecto se realizó primero de manera cualitativa, para reconocer los suelos, y luego mediante ensayos normalizados para obtener sus principales características físicas y químicas como distribución granulométrica, textura de suelo e índice de plasticidad. También se realizaron pruebas no normalizadas, como la de retracción volumétrica superficial, bajo diferentes dosificaciones de arena.

### Caracterización cualitativa

Una primera aproximación sensorial a la muestra de suelo A da cuenta de estar compuesta por granos finos desagregados mayoritariamente, con pocos terrones, que ofrecen baja resistencia al momento de apretarlos con los dedos y pueden ser desarmados íntegramente. Estas son señales de una presencia mayoritaria de limos. Luego de desagregados los terrones no tienen olor ni indicios de presencia de materia orgánica. En el suelo B, en cambio, la mayor parte de la muestra está aglutinada en terrones

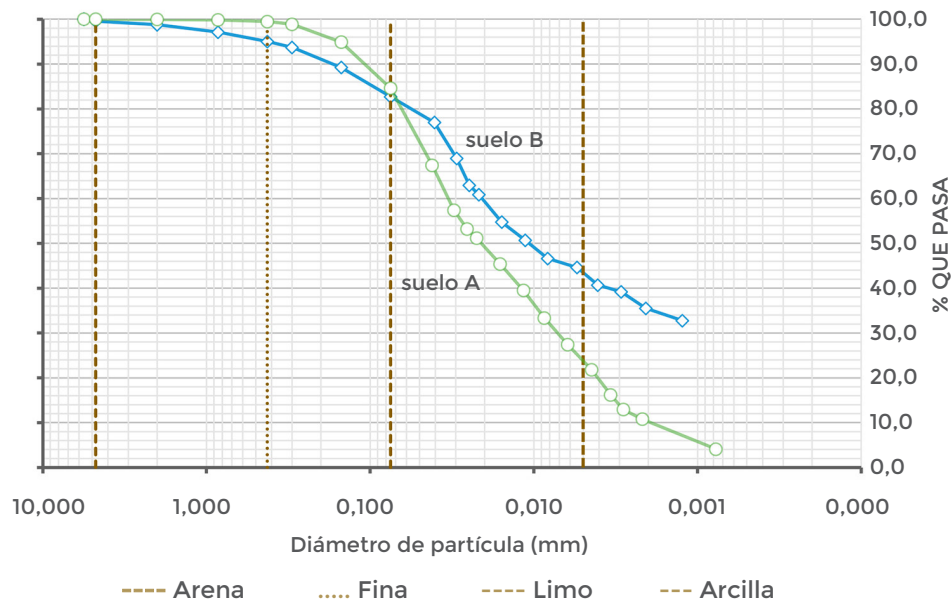
de 5 a 10 mm aproximadamente, el color es más oscuro y se intensifica con el aumento de humedad. Presenta terrones que no se desarman con la fuerza de los dedos y se percibe cierto olor a destacar, posiblemente por el contenido de arcilla o de materia orgánica. Se observa que el suelo B en estado plástico tiene una elevada cohesión, lo que hace difícil de manipular la mezcla por la adherencia sobre los materiales, herramientas y manos. Una vez secado el material, la cohesión le otorga al suelo una considerable resistencia a los esfuerzos mecánicos aplicados con las manos.

### Determinación de la distribución granulométrica

Este análisis de laboratorio tiene como objetivo obtener la curva granulométrica de un suelo y se lleva a cabo mediante dos métodos:

- » La granulometría es un análisis que se realiza con tamices de diferentes tamaños y se lleva a cabo por vía húmeda. Permite determinar el porcentaje en peso de las distintas partículas del suelo con dimensiones superiores a 0,08 mm.
- » La sedimentometría se emplea para determinar el porcentaje en peso de las partículas más finas del suelo con dimensiones inferiores a 0,08 mm (limos y arcillas). En el laboratorio este procedimiento comienza con una muestra de 20 g de fracción que pasa por el tamiz de 0,08 mm (N° 200). Para dispersar las partículas se utiliza un defloculante, como el hexametáfosfato, en una probeta de 1 litro. Posteriormente se realizan mediciones con un densímetro en distintos intervalos a lo largo de 24 horas. Estas lecturas cronometradas permiten determinar el porcentaje de granos de diferentes tamaños dentro de la fracción fina, completando así la curva granulométrica de la muestra de suelo.

Mediante este análisis se puede conocer la distribución porcentual de las distintas fracciones de granos que contiene un suelo. A partir de los resultados es posible representar su composición en un gráfico triangular de tipos de suelos y, de este modo, inferir parte del comportamiento físico de un suelo, relacionado a las propiedades intrínsecas de la arena, el limo y la arcilla. En la figura siguiente se observan los resultados obtenidos para las muestras A y B ensayadas. Y en la tabla posterior, la distribución granulométrica de los suelos A y B.



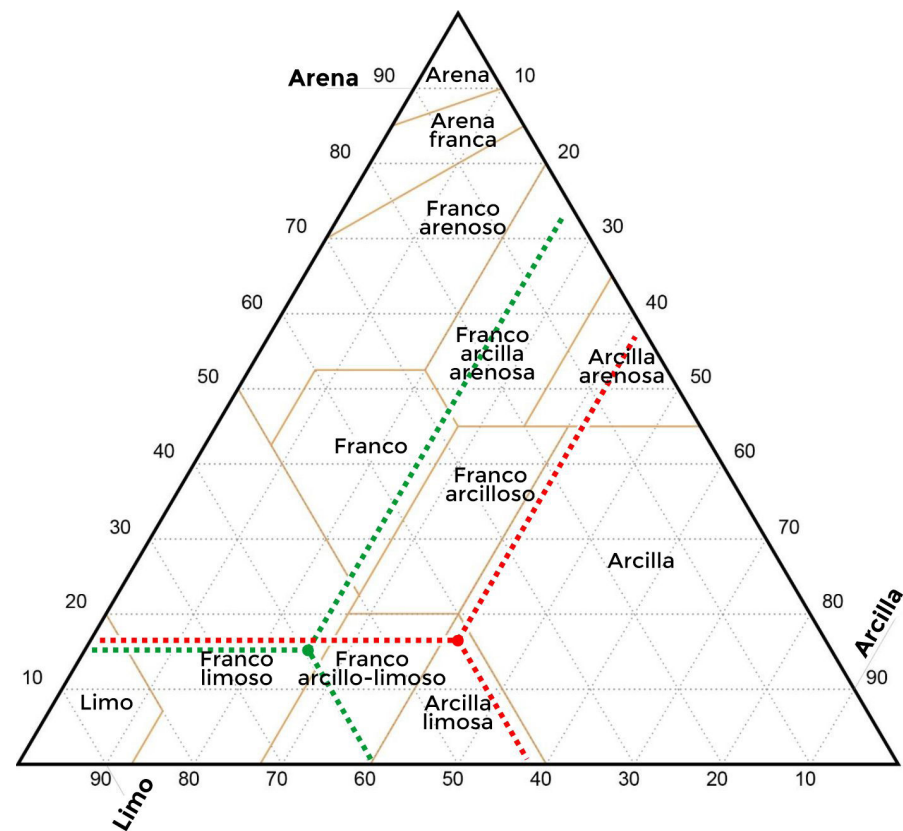
Curva granulométrica.

Suelo	Arena (%)	Limo (%)	Arcilla (%)	Clasificación
A	15,41	61,02	23,57	Franco limoso
B	17,28	39,37	43,35	Arcillo limoso

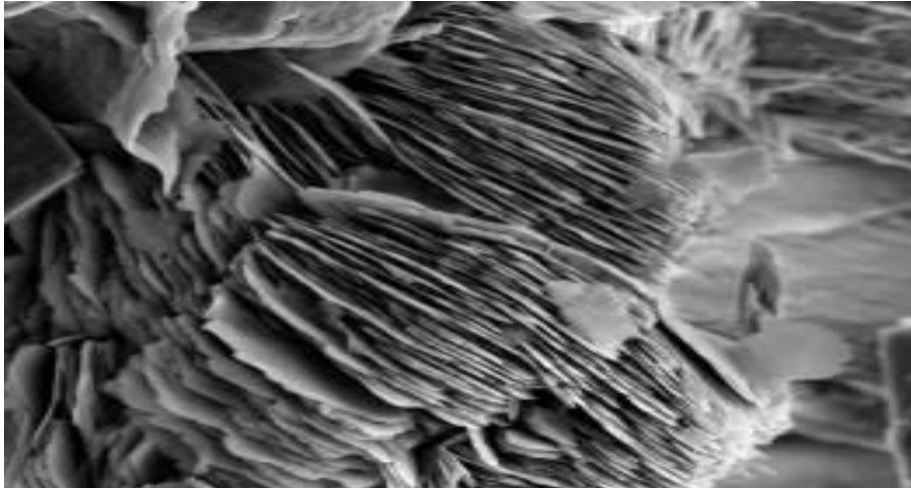
Resultado de análisis granulométrico según las fracciones de arena, limo y arcilla.

### ¿Sabías que...?

La arcilla es la parte más fina de los granos presentes en las tierras. La distribución granulométrica de las tierras sugiere técnicas de construcción diferentes. Por ejemplo, una tierra con bastantes gravas y arenas generalmente se emplea para la técnica de tapial, mientras que tierras arenosas o arcillosas se utilizan para quincha.



Triángulo de clasificación de suelos definido por el USDA. Líneas punteadas rojas: suelo B; Líneas punteadas verdes: suelo A.



Partícula de arcilla: formación interlaminar de las arcillas. Fuente: www.fei.com

### Determinación del índice de los límites de Atterberg

La definición de los límites de Atterberg permite clasificar la fracción fina de un suelo según su comportamiento frente al contenido de agua.

- » El límite de retracción (SL, del inglés *shrinkage limit*) indica el contenido de humedad a partir del cual una pérdida adicional de agua no provoca la reducción del volumen. Es el límite menos utilizado.
- » El límite plástico (PL) es el contenido mínimo de humedad a partir del cual un suelo se comporta de manera plástica, es decir, adquiere la capacidad de ser moldeado sin fracturarse.

- » El límite líquido (LL) es el contenido máximo de humedad que puede tener la muestra antes de volverse líquida y transformarse en barro fluido.
- » El índice de plasticidad (PI) es el rango de contenidos de humedad en el cual la muestra permanece en estado plástico. Se calcula como la diferencia entre el límite líquido y el límite plástico:  $PI = LL - PL$ .

Los análisis de los suelos A y B dieron como resultado que el suelo B presenta mayor plasticidad que el suelo A y, en la carta de plasticidad, el punto se ubica cercano al límite de los suelos de alta plasticidad siendo una arcilla limosa de plasticidad media. El suelo A corresponde a un limo inorgánico, también, de plasticidad media a baja. De los ensayos de plasticidad se obtuvieron los resultados que se indican en la siguiente tabla.

Suelo	LL (%)	LP (%)	IP (%)
A	34	28	6
B	49	27	22

Resultado de análisis de plasticidad de las muestras de suelo A y B.



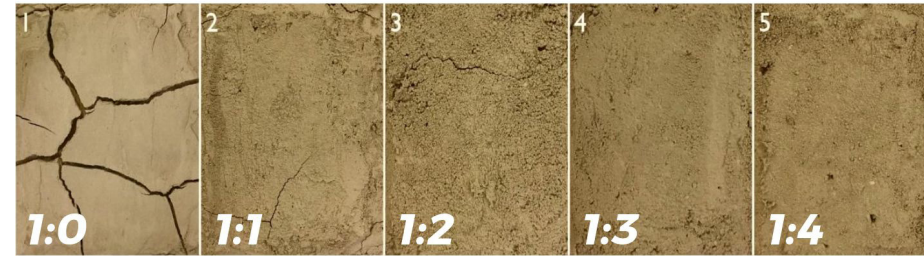
## Determinación de la retracción

Esta prueba se realiza para evaluar cualitativamente la retracción volumétrica superficial (de revoques) ante variaciones de cantidad de agua. Este análisis se emplea para determinar la retracción del suelo y la proporción de arena u otros áridos requerida para la corrección granular. Se considera que se logra una corrección cuando no se presentan fisuras en la superficie de las mezclas una vez secadas a temperatura ambiente. Como regla general deben evitarse fisuras, se busca superficies uniformes y “selladas” que protejan a los muros de los agentes atmosféricos y biológicos.

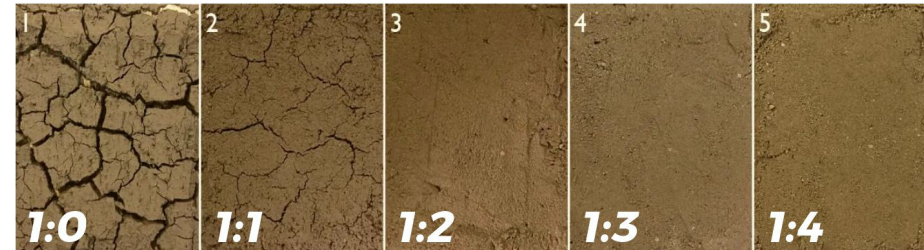
El procedimiento utilizado consistió en preparar una muestra de suelo, aplicarla superficialmente sobre un mosaico con un espesor de 1 cm y luego dejarla secar. Posteriormente, se realizaron cuatro mezclas adicionales con distintas proporciones de suelo:arena, a saber: 1:1, 1:2, 1:3 y 1:4. Luego del secado, se observó en qué dosificación dejaron de aparecer fisuras en la superficie, lo que permitió determinar la cantidad mínima de arena necesaria para corregir y equilibrar granulométricamente la muestra.

El suelo B se ajustó con una dosificación de 1:2 (una parte de suelo y dos partes de arena), mientras que el suelo A requirió una mayor cantidad de arena, con una proporción de 1:3 a 1:4. El menor requerimiento de arena del suelo B (arcillo limoso) con respecto al suelo A (franco limoso) influyó en su elección como suelo a utilizar.

Suelo A. Proporción suelo:arena



Suelo B. Proporción suelo:arena



Ensayo de retracción.

## Evaluación general

Ambos suelos muestran contenidos de arcilla suficientes para la técnica de construcción de entramado (quincha) y los revoques de tierra, siendo casi el doble en el suelo B respecto al A. Esta disparidad también se refleja en la intensidad de retracción observada en el suelo B. Dado que ambos presentan una baja fracción de arena, la corrección granulométrica mediante su adición en una proporción de 1:2 (tierra:arena) o superior resulta el procedimiento más adecuado en este caso.

Si bien los dos suelos logran corregirse con cantidades semejantes de arena, el suelo B requiere un poco menos, y por esta razón fue elegido para materializar las probetas a ensayar. Esta variación podría estar asociada a las distintas composiciones de arcilla presentes en cada suelo, estudios aún más específicos como los de difracción de rayos X podrían aportar datos más precisos en este sentido.



## ¿Sabías que...?

El Instituto Nacional de Tecnología Industrial contempla en su oferta tecnológica, a través del Departamento de Geología y Medio Ambiente, estudios y análisis de suelos, sedimentos y arenas, que se pueden realizar tanto in situ como en laboratorios. También ofrece cursos y capacitaciones a municipios, ONG, consejos profesionales y a todas aquellas personas interesadas en geología en general y geotecnia en aplicaciones viales y edilicias.

### La oferta tecnológica para suelos y sedimentos es muy completa y contempla, además:

- » Extracción de muestras en cantera para ensayos varios en laboratorio.
- » Clasificación según los lineamientos de las normas IRAM 10509 y VN E4.
- » Determinación de los límites de Atterberg según los lineamientos de las normas IRAM 10509 y VN E4.
- » Granulometría por hidrometría y tamizado (porcentajes de arena, limo y arcilla) según normas IRAM 10512 y ASTM D 7928.
- » Determinación de pH siguiendo los lineamientos de la norma IRAM 29410.
- » Realización de ensayos de compactación "Proctor" siguiendo los lineamientos de las normas IRAM 10511 y VN E5 para determinar las condiciones de confección de probetas de ensayos a compresión.
- » Control de compactación *in situ* siguiendo los lineamientos de las normas IRAM 10536 y VN8 (opcional: Resistencia de punta mediante penetrómetro manual).
- » Realización de ensayos de compresión simple siguiendo los lineamientos de la norma UNE EN ISO 17892-7.

- » Sugerencias sobre condiciones de cimentación para dar cumplimiento al punto 5.2 y 6.1.1 de la Norma técnica de edificación NTE E.080, entre otros.
- » Determinación de materia orgánica por calcinación.
- » Relevamiento geológico de canteras y terrenos.
- » Descripción de perfiles de suelos y terrenos.
- » Cartografía "GIS" (herramientas QGIS).

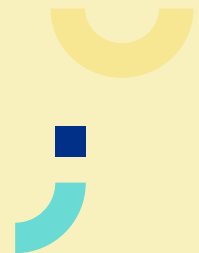
### Oferta tecnológica para arenas:

- » Análisis granulométrico siguiendo los lineamientos de la norma IRAM 1505.
- » Absorción de agua y densidad aparente siguiendo los lineamientos de la norma IRAM 1520.
- » Materia orgánica siguiendo los lineamientos de la norma IRAM 1647.
- » Humedad total evaporable siguiendo los lineamientos de la norma IRAM 1887.

03 >>>



## DESCRIPCIÓN DE LA QUINCHA PROPUESTA



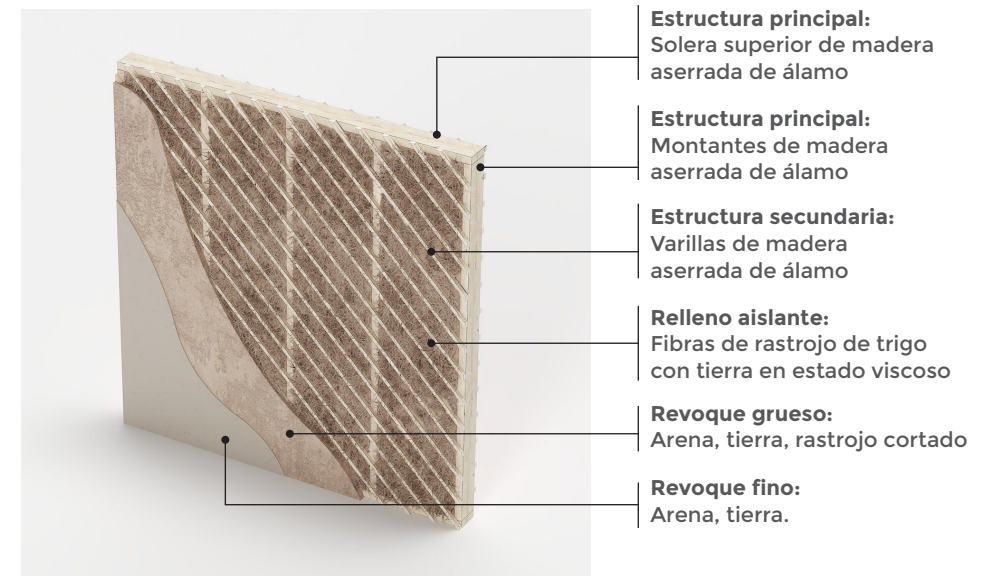
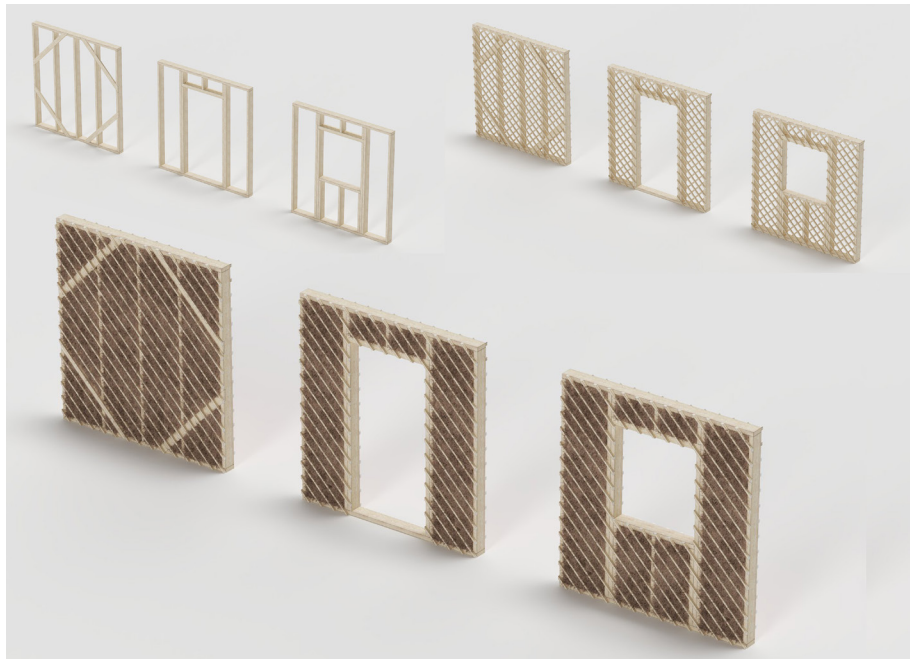
Como se mencionó en el capítulo Introducción, esta investigación se enmarca en el Ciclo participativo de hábitat sustentable del Alto Valle, escenario en el cual se desarrollaron proyectos arquitectónicos y productivos. Los proyectos que hacen uso de esta técnica mixta conforman un sistema de paneles de muro portantes y no portantes (ciego, ventana, puerta y rigidizado) con distintas funciones y características.

A los efectos de realizar ensayos de resistencia al fuego se eligió un panel de cerramiento o división interna entre locales. Consiste en una estructura principal en base a un entramado de madera a la que se le clavan listones en ambas caras, que conforman

su estructura secundaria cuya función es sostener al relleno y al revestimiento.

La quincha liviana ensayada tiene las siguientes características: estructura de madera maciza aserrada, listones de madera maciza como encofrado perdido del relleno, relleno de tierra alivianada de densidad  $400 \text{ kg/m}^3$  y revestimientos de tierra y fibra.

La información se presenta de manera sencilla con fines divulgativos, se utilizan unidades de medida habituales en obras de construcción, como metro cúbico y balde de albañil.



Los volúmenes y cantidades que se expresan son relativos a múltiples factores como: la temperatura y humedad ambiente, la humedad presente en el suelo a utilizar, la evaporación durante el proceso, etc.

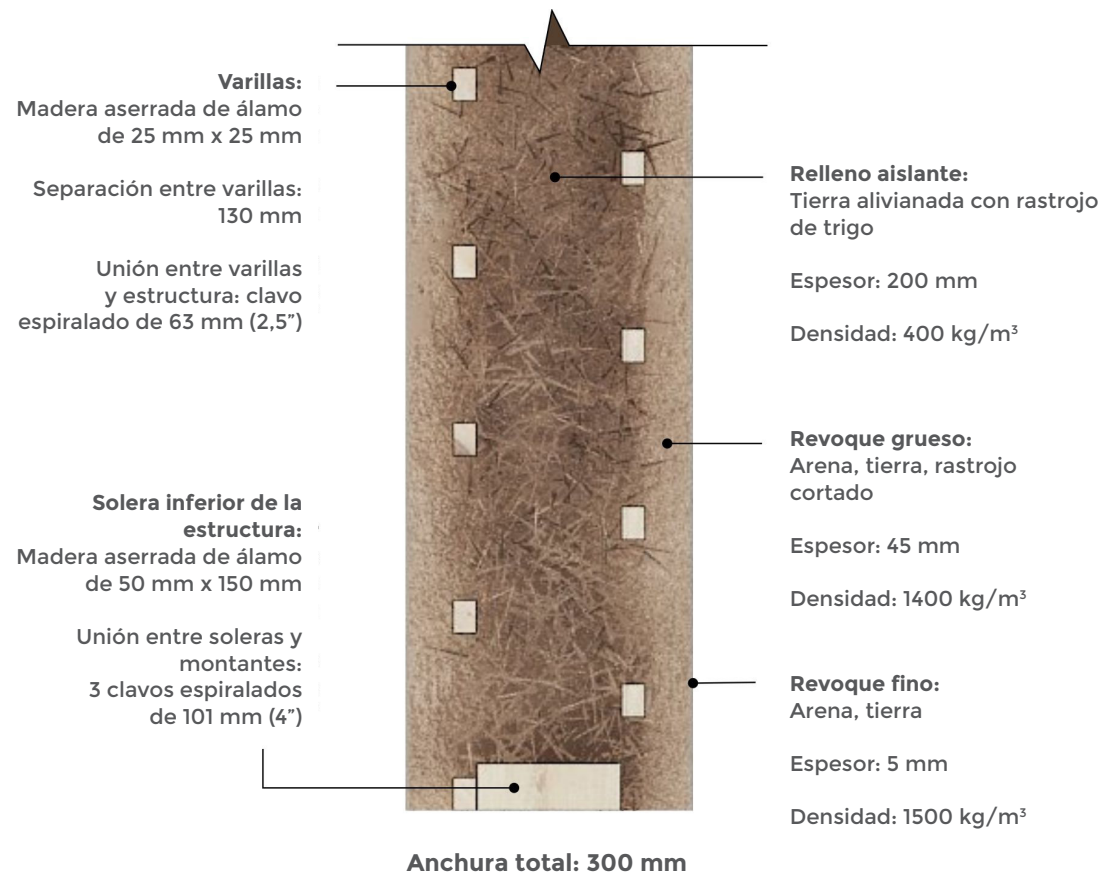


Imagen digital de corte vertical



### ¿Sabías que...?

La madera aserrada utilizada en la estructura de piso, paredes y techos, debe tener un contenido de humedad menor a 19 % ("base seca"), en un rango de entre 12 % a 18 %.

*Fuente: INTI. Tabla voluntaria de medidas. Madera aserrada estructural. Tabla voluntaria de medidas para madera aserrada comercial destinada al uso estructural en viviendas.*

## PROCESO CONSTRUCTIVO

El proceso constructivo puede dividirse en dos momentos, el montaje en seco del entramado de madera (estructura principal, listones y fajas) y la construcción húmeda (relleno y revoques).

### ESTRUCTURAS DE MADERA: CONSTRUCCIÓN EN SECO

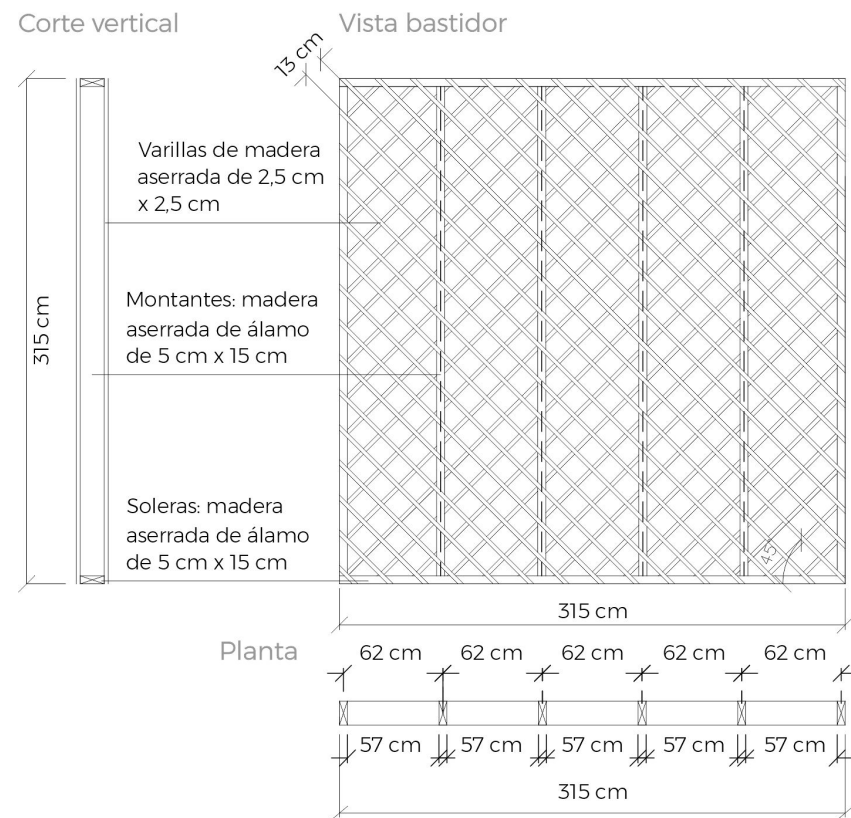
La especie arbórea utilizada para la construcción del entramado de la estructura principal corresponde a *Populus nigra cv. Italica L.*, álamo criollo, también conocido como álamo negro o álamo italiano.

El entramado está conformado por montantes (verticales) vinculados por dos soleras (horizontales), una inferior y otra superior. La sección de estas piezas es de 50 mm por 150 mm, lo que corresponde a aproximadamente 2" por 6" (en medidas anglosajonas). Según los cálculos estructurales realizados de acuerdo a los valores de diseño de referencia para las especies incluidas en el Suplemento 1 del Reglamento INTI CIRSOC 601, las secciones podrían ser menores, pero la decisión se justifica por la necesidad de lograr un espesor de muro que asegure un desempeño en aislación térmica de Nivel A de la norma IRAM 11605 para la zona bioambiental donde se emplazará la obra propuesta. Se alcanzó el espesor de 20 cm de relleno utilizando listones de 25 mm x 25 mm (aproximadamente 1" x 1") en ambas



Secado al aire de la madera a utilizar.

caras. Para construir el entramado según el plano de fabricación, se dispusieron los 6 montantes de 305 cm sobre una superficie plana, separados a 57 cm entre sí (62 cm entre ejes) y las dos soleras, superior e inferior. Estos elementos se fijaron entre sí mediante tres clavos de acero espiralado de 101 milímetros de longitud (4") por cada unión.



Esquema de la estructura del panel.

Luego de comprobar la escuadra del bastidor se fijaron los listones de madera de la estructura secundaria en ambas caras de la estructura principal. Para cada unión se utilizó un clavo espiralado de 63 mm (2,5"). Los listones, de 25 mm por 25 mm (1" por 1"), se colocaron de forma equidistante, separados 13 cm entre sí, inclinados a 45° respecto de los montantes de la estructura principal, y dispuestos de forma perpendicular entre las dos caras.

Para completar esta etapa se atornillaron temporalmente a ambas caras de la estructura principal, listones de madera aserrada y cepillada de manera vertical, con un espesor de 5 cm deseado para los revoques. El espesor del revoque puesto a plomo se determinó a partir de los listones de la estructura secundaria.



Panel de entramado de madera.

## RELLENO Y REVOQUES: CONSTRUCCIÓN HÚMEDA

### Relleno

Para la elaboración del relleno se introdujeron en un tambor metálico las mismas proporciones volumétricas de agua y suelo caracterizado (arcillo limoso: arena 17 %, limo 40 %, arcilla 43 %). El material se dejó hidratar durante tres días y se batió con un mezclador-batidor eléctrico hasta disolver los grumos de arcilla. Previo a su utilización, se volvió a batir para evitar la sedimentación, se tamizó con una malla de metal desplegado (de diagonal de 20 mm).



El suelo arcilloso caracterizado se introduce en tambores para su hidratación y batido.



Sobre una lámina plástica desplegada en el suelo (3 m por 5 m), se esparcieron las fibras de rastrojo de trigo (*Triticum aestivum L.*) de un fardo de 77 cm por 47 cm por 36 cm, con un peso de 13,16 kg. Esto resulta en un volumen aproximado 0,13 m<sup>3</sup> y una densidad de 101,2 kg/m<sup>3</sup> por fardo.

Estas fibras se mojaron con 72 litros de tierra en estado viscoso (8 baldes de albañilería de 9 litros cada uno) y se mezclaron utilizando una horqueta hasta lograr un relleno homogéneo en el que todas las fibras de paja quedarán embarradas.



Proceso artesanal de mezclado de fibras vegetales con tierra en estado viscoso.



Fibras ya mezcladas.

### ¿Sabías que...?

Existe maquinaria eléctrica para mejorar y estandarizar procesos productivos específicos de la bioconstrucción. Por ejemplo batidoras para trabajar con tierra y agua, o mezcladoras cíclicas para homogeneizar el relleno de fibras vegetales y tierra. Más detalles en el capítulo Fabricación sistematizada.

Esta mezcla se introdujo a mano (empleando guantes para evitar rozaduras o punciones) entre los listones de madera de la estructura secundaria de la quincha, ejerciendo presión hacia abajo con el objetivo de comprimirla dentro del muro para rellenar todos los espacios.

Se rellenó un espesor de 20 cm, obteniendo un rendimiento aproximado de 0,18 m<sup>3</sup> con una densidad aproximada en estado seco de 278 kg/m<sup>3</sup>. Cabe destacar que esta densidad final en seco difiere de la densidad inicial en obra (de unos 400 kg/m<sup>3</sup>), la diferencia surge del secado de las probetas de la mezcla en el laboratorio, a los efectos de realizar los ensayos normalizados. Por sus características higroscópicas este relleno absorbe humedad ambiente una vez retirado del ámbito controlado del laboratorio, aumentando así su densidad.



Proceso de relleno manual del muro.

## Revoques

La ejecución de los revoques contempló varias etapas sucesivas. Para obtener un buen resultado y desempeño el relleno debe estar seco antes de la aplicación del revoque. La humedad inicial hizo que germinen las escasas semillas que poseía el rastrojo de trigo y provocó la emergencia de brotes verdes entre los listones de madera. Con el correr del tiempo los brotes se deshidratan, tornándose marrones hasta secarse por completo. Este suele ser un indicador de que la quincha está lo suficientemente seca, y es momento de comenzar a revocar.

## ¿Sabías que...?

La elección de la fibra vegetal proveniente del rastrojo de trigo se basó en su amplia disponibilidad en diversas regiones del país y en su bajo costo. Además, esta gramínea de tallo leñoso presenta un canal central hueco que forma microcápsulas de aire, las cuales mejoran la capacidad de aislación térmica del relleno de la quincha.

Dependiendo de la zona bioambiental donde se emplace la obra, el clima, la época del año, la humedad ambiente y el espesor de los revoques, el tiempo de secado puede llegar a ser prolongado pero es muy importante respetarlo y esperar a que libere la mayor cantidad de humedad posible. En muchos casos, en este proceso de deshidratación se producen microfisuras, producto de la retracción de la mezcla, esto es una característica de los materiales utilizados y se soluciona en la siguiente etapa de revoque fino.



## Humectación

Como acción previa al revoque se roció agua sobre la superficie del relleno a revocar, para humedecer y activar la cohesión de la arcilla presente en el suelo y lograr una mejor adherencia del revoque. Este procedimiento es muy importante y debe realizarse antes de aplicar cada nueva capa. En este caso se utilizó un rociador/pulverizador de agua (mochila de 16 litros).



Rociador / pulverizador de agua.

## Imprimación

Una vez humedecida la superficie del relleno y los listones de madera se aplicó una imprimación, consistió en salpicar con una mezcla de tierra viscosa a la que, dependiendo de las características del suelo, se le puede agregar fibra cortada. Para esta acción se suele utilizar una cuchara de albañil o una pinceleta.

Este procedimiento es muy importante para mejorar la adherencia del revoque que se aplicará a continuación. Un buen indicador de que el procedimiento fue correcto es que, a partir de este momento no se verá el color característico de las fibras vegetales ni de la madera, ya que todo quedará cubierto por la mezcla de tierra en estado viscoso.



Muro con imprimación y fajas de madera temporalmente atornilladas a la estructura.

## Revoque de carga o rasado

Una vez seca la imprimación y, como en cada etapa, se roció agua sobre la superficie del muro y se aplicó un revoque de carga también conocido como rasado. Esta capa es la transición entre el relleno y el revoque grueso, y cumple la función de absorber posibles movimientos o vibraciones que se produzcan en la estructura o los listones. Su mala ejecución puede producir patologías como fisuras o desprendimiento de revoques.

En este caso se aplicó una mezcla de rastrojo de trigo cortado y suelo en estado plástico. La aplicación se realizó manualmente, lanzando porciones con fuerza sobre la superficie y comprimiendo con la palma de la mano, rellenando intersticios hasta cubrir las varillas de madera.

La proporción de este revoque fue: dos partes de suelo, una parte de agua, dos parte de rastrojo de trigo cortado (máximo 5 cm de longitud).



## Revoque grueso

Una vez finalizado el revoque de carga, se humectó y aplicó el revoque grueso, que puede realizarse a mano o con cuchara de albañil. El espesor fue de unos 45 mm, hasta llegar al nivel de las fajas de madera (temporalmente atornilladas a la estructura principal) y se niveló con la ayuda de una regla metálica de aluminio. Dependiendo del factor climático, o la humedad de la mezcla, este procedimiento puede contemplar la aplicación en dos capas para alcanzar el espesor final.

La proporción de este revoque: una parte de suelo, una parte de agua, dos partes de rastrojo de trigo cortado (máximo 5 cm de longitud) y dos partes de arena fina. Su densidad aproximada (en condiciones de laboratorio) llega a los 1355 kg/m<sup>3</sup>.



Proceso de revoque grueso.



Retirado de fajas temporales para revocar.



Muro con revoque grueso.

Inmediatamente después de revocar y poner a plomo la superficie del muro, se retiraron las fajas verticales de madera y se revocaron esos espacios para que el proceso de secado fuese uniforme y así evitar posibles fisuras verticales.

## Revoque fino

Una vez seco el revoque grueso y previo a humedecer para realizar el revoque fino, se emparejó la superficie lijando con un fratacho abrasivo de piedra de grano grueso.

El revoque fino de 5 mm se aplicó utilizando una llana metálica y ejerciendo presión para lograr una superficie lisa, con una mezcla que incorporó todos los materiales tamizados (tamiz de 1 mm por 1 mm): una parte de suelo tamizado, dos partes de arena tamizada y una parte de agua, alcanzando una densidad aproximada en obra de 1400 kg/m<sup>3</sup>.



### ¿Sabías que...?

El espesor de los revocos (5 cm), tiene el objetivo de minimizar el riesgo de fisuras producto de vibraciones, proteger la estructura y el relleno de un potencial incendio y generar en el interior la masa térmica propuesta en las estrategias bioclimáticas. Ver capítulo Eficiencia energética de las construcciones.

Es habitual que los revoques finales se dividan en prefino y fino. Para emparejar la superficie o para lograr terminaciones ásperas es común la utilización de un fratacho con filtro de goma espuma, esto hace que los granos de arena queden en la superficie del revoque. Mientras que para lograr superficies más lisas, el revoque fino se aplica con llanas o espátulas metálicas.

Uno de los criterios adoptados para la materialización de esta quincha fue utilizar la menor cantidad de materiales posible, por esta razón no se incorporaron aditivos a la mezcla del relleno ni a la mezcla de los revoques.

### CÓMPUTO DE MATERIALES

Para realizar el muro ensayado, de 3,15 m por 3,15 m (9,92 m<sup>2</sup> de superficie), con 20 cm de espesor de relleno y 5 cm de revoques en ambas caras, se utilizaron 16 fardos de paja de trigo, 1 m<sup>3</sup> de arena y 1,5 m<sup>3</sup> de tierra arcillosa.



Proceso de revoque prefino con llana metálica.



Proceso de revoque fino con llana metálica.



Más números:

**Espesor total del muro: 30 cm**

**Volumen total de muro con revoques: 2,97 m<sup>3</sup>**

**Volumen de muro sin revoques: 1,92 m<sup>3</sup>**

**Volumen de relleno sin madera (fibras y tierra en estado viscoso): 1,73 m<sup>3</sup>**

**Volumen de madera: 0,18 m<sup>3</sup>**

**Metros lineales de madera: 24,6 m**  
(6 montantes de 3,05 m y 2 soleras 3,15 m)

**Sección de la madera: 5 cm por 15 cm**  
aprox. (2" por 6")

### ¿Sabías que...?

Para evaluar la relación tierra arcillosa y arena se sugiere realizar, antes de revocar, pequeñas pruebas con distintas proporciones directamente sobre el muro, evaluando las fisuras que se produzcan al secarse, utilizando finalmente aquella mezcla que no presente grietas por contracción.

04 >>>



# DESCRIPCIÓN Y RESULTADOS DE ENSAYO DE RESISTENCIA AL FUEGO



El Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI) realiza ensayos de resistencia al fuego de materiales, elementos o sistemas constructivos con el objetivo de evaluar su comportamiento ante situaciones de incendio, contribuir a la seguridad de las personas y brindar información clave para el diseño, análisis y mejora, conforme a normativas nacionales e internacionales.

La protección pasiva contra incendios es un componente esencial de la seguridad en edificios y debe ser contemplada desde la etapa de proyecto. Su eficacia depende del comportamiento de los materiales frente al fuego y de su correcta aplicación para prevenir el inicio del incendio. Además, influyen las características de los elementos constructivos –como muros y puertas– y de la estructura del edificio, ya que cumplen un rol clave en la contención y prevención de la propagación del fuego hacia otros sectores. Por otra parte, es fundamental comprender la dinámica de un incendio, que incluye una fase inicial, su desarrollo y extinción o continuidad.

Cuando se desconoce el comportamiento de los materiales, y previo a atravesar ensayos de conductividad térmica y/o resistencia al fuego, se recomienda realizar ensayos de reacción al fuego para determinar, por ejemplo, la propagación superficial de llama (norma IRAM 11910-3) y la densidad óptica de humos (norma IRAM 11912). Si el desempeño del elemento constructivo no verifica estas normas, se podrá ajustar el proceso productivo y repetir los ensayos antes de continuar con las siguientes instancias.

La resistencia al fuego es la propiedad que posee un elemento constructivo de mantener las condiciones para las cuales fue diseñado en un ámbito simulado de incendio durante un tiempo determinado (ensayo de laboratorio que simula un incendio real).

Para verificar el desempeño de la quincha ante el fuego, el equipo fue asistido técnicamente en el Departamento de Seguridad contra Incendios y Explosiones del INTI, que ofrece servicios a fabricantes de puertas, ladrillos, bloques, cerramientos, selladores resistentes al fuego, sistemas de protección para estructuras metálicas y empresas constructoras.

En toda edificación existen elementos constructivos con diversas funciones: portante (columnas, vigas, etc.), de sectorización (tabiques, puertas, etc.) y/o ambas (muro portante, losa, etc.). Los elementos que cumplen una función portante serán resistentes al fuego si son capaces de seguir soportando/transmitiendo esa carga durante determinado tiempo en condiciones de incendio dadas.

Los elementos de sectorización serán resistentes al fuego durante el tiempo que continúen cumpliendo la función de evitar el pasaje de gases o llamas calientes y de aislar térmicamente la cara no expuesta al fuego del elemento.

Los elementos que cumplen ambas funciones, sectorización y soporte de carga, serán resistentes al fuego durante el tiempo que sean capaces de soportar la carga de diseño y la función de sectorización entre compartimentos.

El equipamiento para la realización de este ensayo es un horno vertical de dimensiones normalizadas, único en el país. En la boca del horno se coloca el elemento a evaluar, en las mismas condiciones en que se encontrará en la obra (sujeción y accesorios para su funcionamiento normal). Para realizar el presente ensayo debe construirse un muro (probeta) dentro de un marco metálico (porta probeta) cuyas dimensiones dependen del elemento a ensayar.

En este caso, el muro cuenta con un espesor final de 30 cm y se utilizó un marco con una medida interior de 315 cm por 315 cm. La cara interna de la probeta queda expuesta al fuego controlado y la otra cara queda expuesta al ambiente del laboratorio. Sobre esta cara exterior se realizan evaluaciones que definen la resistencia al fuego en base a cuatro parámetros:

- Estabilidad.
- Estanqueidad al pasaje de llamas y/o gases calientes.
- No emisión de gases inflamables.
- Aislación térmica.

Durante el ensayo el horno puede alcanzar temperaturas de hasta 1200 °C. Para evaluar la capacidad de aislamiento de la probeta se verifica que el fuego no se propague y que los materiales no contribuyan a su expansión. El ensayo continúa mientras se cumplan los parámetros mencionados, la aislación térmica de la cara no expuesta al fuego se mide mediante sondas externas que verifiquen una temperatura estable, sin superar los 180 °C por encima de la temperatura ambiente. En los primeros cinco minutos el horno alcanza los 600 °C, momento en el que se produce el *flashover*, fenómeno que marca el desarrollo pleno del incendio.

El resultado del ensayo se representa por una cifra que indica el tiempo en minutos durante el cual el elemento constructivo mantiene las propiedades mencionadas, su resistencia al fuego (FR) se basa en una escala que va de FR 30, FR 60, FR 90, FR 120 hasta FR 240.



Muro de quincha en la boca del horno, previo al inicio del ensayo. En la cara no expuesta se colocaron sensores de temperatura numerados.

A los efectos de caracterizar y comparar los elementos constructivos para la evaluación en el laboratorio se toma una curva normalizada generalizada a nivel mundial (familia de normas ISO 834) representativa de un incendio real, que indica el crecimiento de la temperatura del recinto en función del tiempo. Esta curva representa el escenario de fuego que se corresponde con el incendio generalizado en un recinto (*pos flashover*) por lo que su crecimiento es rápido.

En lo que respecta a las reglamentaciones, estas evaluaciones se establecen en la ley de higiene y seguridad (con aplicación en todo el territorio nacional), y en los distintos códigos de edificación.

Todos estos elementos constructivos deben poseer una resistencia al fuego, determinada por la carga de fuego del lugar y el riesgo asociado al mismo de acuerdo al uso y la ocupación.

El ensayo de resistencia al fuego al panel de quincha estuvo de acuerdo con las indicaciones de la norma IRAM 11950: 2010 - "Resistencia al fuego de los elementos de la construcción - Método de ensayo".

La clasificación se efectuó de acuerdo con la norma IRAM 11949: 2014 - "Resistencia al fuego de los elementos de la construcción - Criterios de clasificación". Esta norma complementaria define cómo clasificar los resultados del ensayo (por tiempo y tipo de desempeño: estabilidad, integridad, aislamiento).

La normativa nacional está basada en las normas internacionales referidas al tema (ISO, EN, ASTM):

- » IRAM 11949 Comportamiento al fuego de los elementos de construcción. Resistencia al fuego. Criterios de clasificación.
- » IRAM 11950 Resistencia al fuego de los elementos de construcción. Ensayo de resistencia al fuego. Requisitos generales.
- » IRAM 11951 Comportamiento al fuego de los elementos de construcción. Resistencia al fuego. Método de ensayo de puertas y elementos de cerramiento.
- » IRAM 11952 Elementos de construcción. Resistencia al fuego. Ensayo de elementos vidriados.
- » IRAM 11953 Resistencia al fuego de los elementos de construcción. Instalaciones de servicio. Conductos de ventilación.
- » IRAM 11954 Resistencia al fuego de los elementos de construcción. Instalaciones de servicio. Sellados de penetraciones.
- » IRAM 11955 Resistencia al fuego de los elementos de construcción. Procedimientos alternativos y adicionales.
- » IRAM 11957 Resistencia al fuego de los elementos de construcción. Ensayo de acero protegido para elementos estructurales.

En este caso el panel se evaluó como un cerramiento simple sin estado de carga, mismo criterio adoptado en los ensayos realizados por el Programa de Sustentabilidad y Competitividad Forestal, Dirección de Foresto Industria a través de la Dirección de Programas y Proyectos Sectoriales y Especiales (DIPROSE) con el aporte económico de la Federación Argentina de la Industria Maderera y Afines (FAIMA), publicados en el siguiente link: <https://construccionconmaderaargentina.org.ar/>

Es una experiencia de ensayo que no caracteriza un sistema constructivo en su conjunto, pero aporta información valiosa para comprender su desempeño.

El siguiente paso en el proceso de investigación será ensayar un panel que cumpla función portante, con menor sección de madera estructural y menor espesor de revoques, como la experiencia realizada en Chile por el equipo de investigación Protierra Chile (Acevedo Oliva, Broughton Weine y Carrillo Zúñiga).



## DESEMPEÑO ANTE EL FUEGO

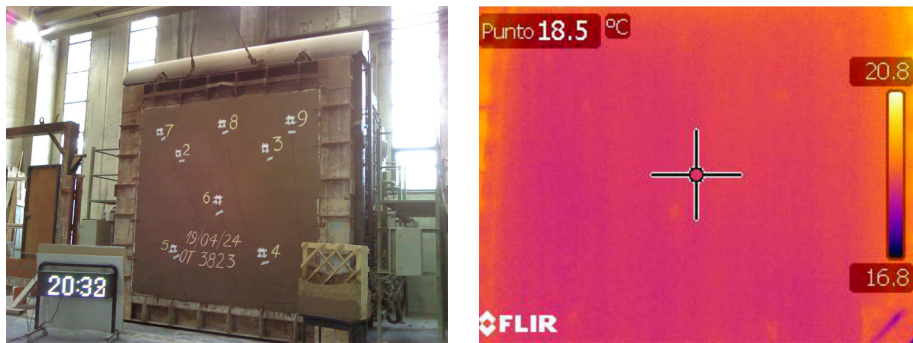
Los ensayos de resistencia al fuego se controlaron con un reloj digital que se ubicó al frente del horno, en las imágenes pueden verse los minutos y segundos transcurridos. El panel se evaluó como cerramiento simple, sin estado de carga. La temperatura ambiente inicial era de 18 °C. Durante el ensayo se tomaron imágenes termográficas del panel cuya escala cromática registra: en color violeta las temperaturas bajas, en tonos naranja y amarillo las medias y en color blanco las más elevadas.

Durante la media hora inicial, tiempo en el que se logra la primera clasificación normalizada (FR 30), no se visualiza transmisión de calor en la imagen termográfica, el panel completo se ve de color violeta, lo que da cuenta de la buena aislación térmica.

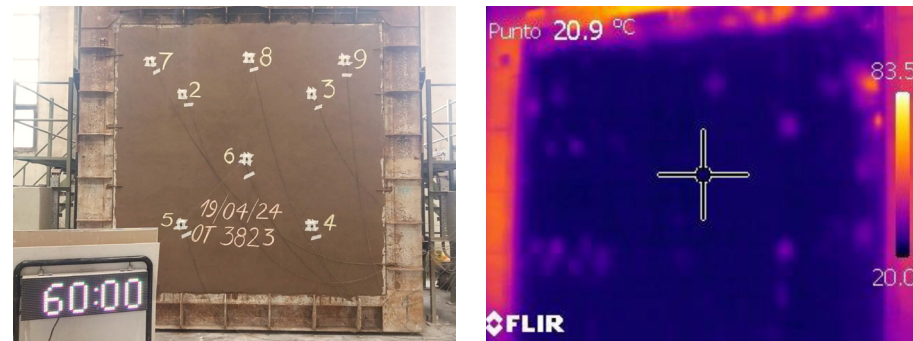


Fotografía e imagen termográfica del muro al iniciar el ensayo.

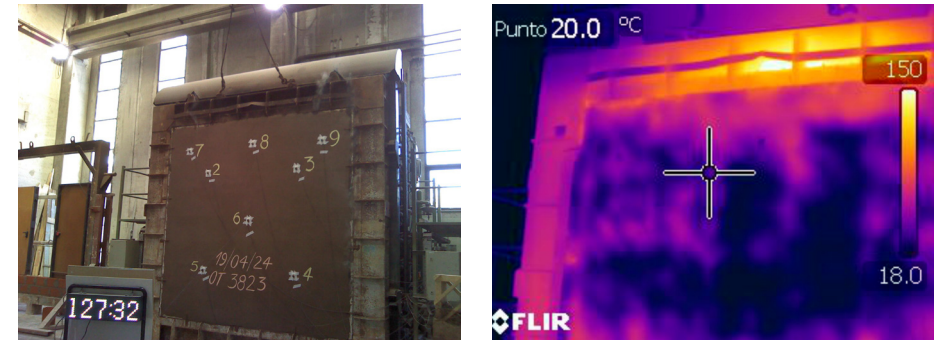
La imagen registrada a los 60 minutos de iniciado el ensayo muestra que la temperatura subió un grado respecto a los 30 minutos y se comienzan a ver colores claros en pequeños sectores del panel, lo que indica que se comenzó a transmitir el calor.



El reloj digital frente al horno indica minutos y segundos transcurridos.

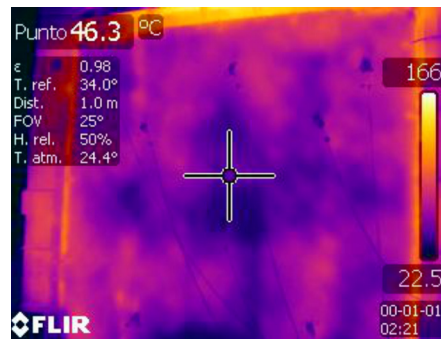
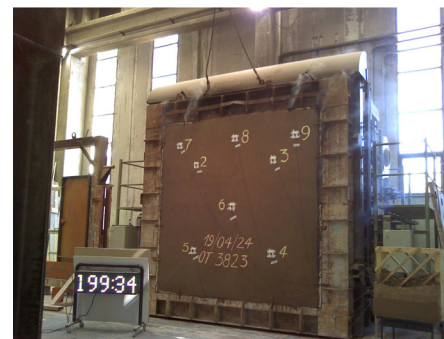
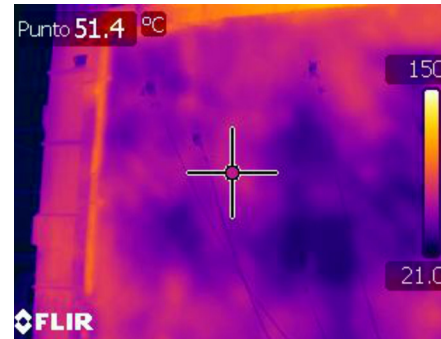
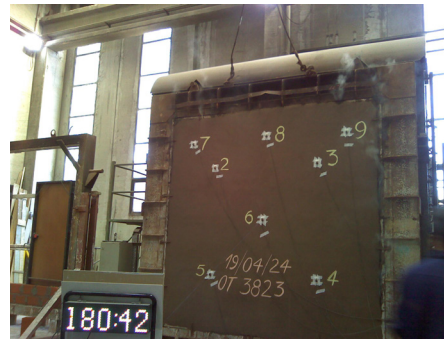
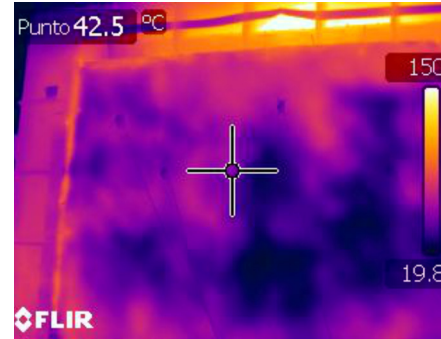
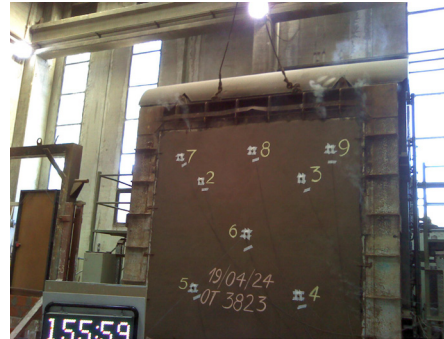


En la imágenes termográficas los colores azules indican áreas frías y los colores naranja las cálidas.

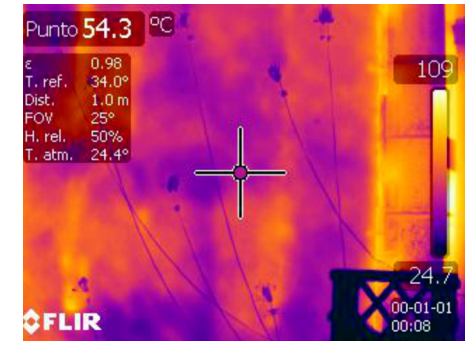
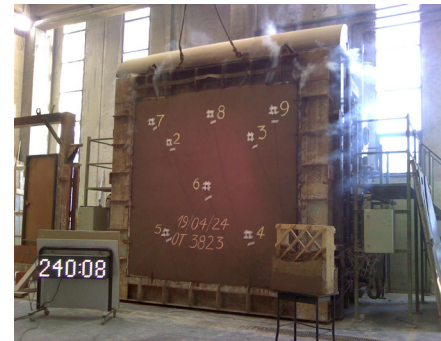
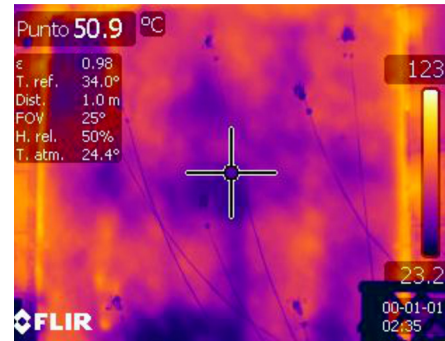


La cara expuesta al fuego oficia como escudo protector durante un determinado tiempo, luego el calor se comienza a transmitir a través del relleno y la estructura de madera, esto se evidencia en las manchas de color amarillo y rojo que se ven en las imágenes y que van marcando los montantes.

Con el correr de los minutos el calor que se produjo en el horno fue tan elevado que descompuso la materia orgánica en forma de gas y eso produjo la llama. Lo que se ve en colores claros en las imágenes termográficas es la combustión de la estructura de madera en forma de brasa de carbón encendido.



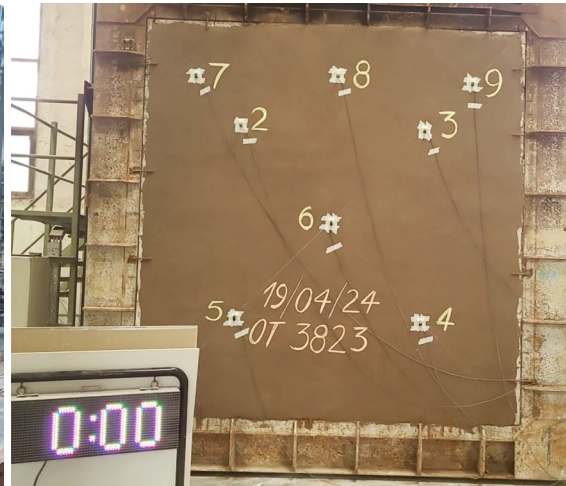
En las imágenes termográficas la cruz en el centro capta la temperatura y la indica en grados Celsius arriba a la izquierda.



Al finalizar el ensayo el panel no mostró deterioro en su cara no expuesta.



Momento de finalización del ensayo de resistencia al fuego.



Aspecto de la muestra a los 240 minutos desde el comienzo del ensayo, momento previo a la interrupción del mismo.



Cara expuesta al fuego una vez finalizado el ensayo.





## RESULTADOS

La temperatura ambiente al comenzar el ensayo era de 18 °C.

El programa térmico obtenido está dentro de las tolerancias descritas por la norma.

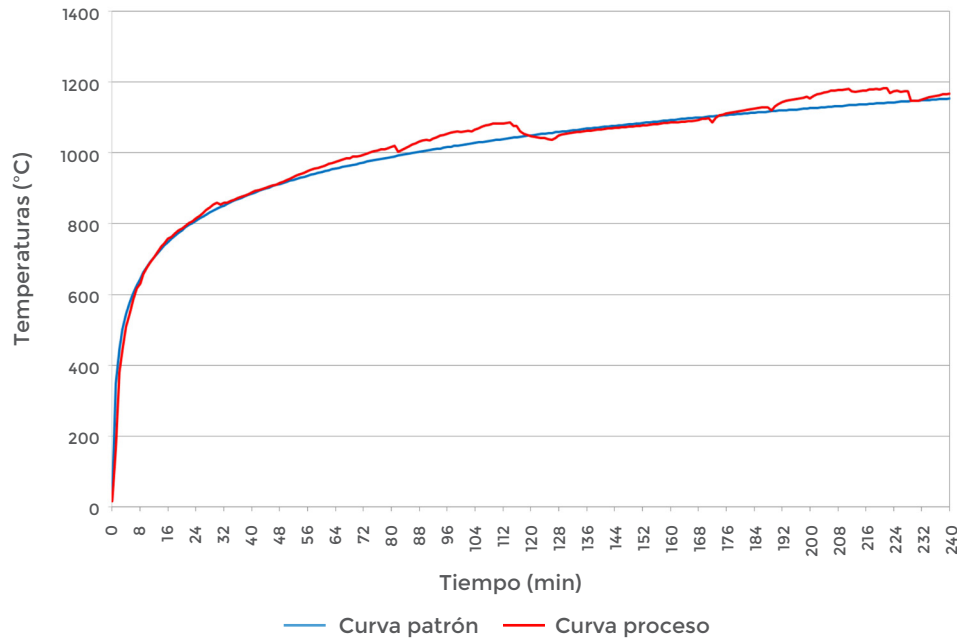


Gráfico de evolución de la temperatura media del interior del horno durante el ensayo (proceso real).

### ¿Sabías que...?

El portal oficial del Estado argentino cuenta con más información normativa sobre protección contra incendios:

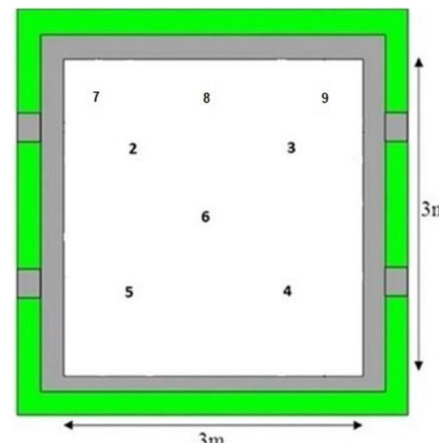
<https://www.argentina.gob.ar/normativa/recurso/32030/dto351-1979-anexo7/htm>

### INTEGRIDAD

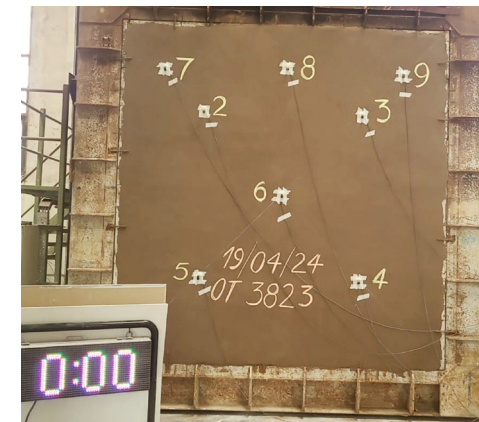
No se detectó pérdida de la integridad de la muestra durante el tiempo de realización del ensayo.

### AISLAMIENTO TÉRMICO

Las temperaturas de la cara no expuesta se registraron mediante la utilización de sensores de temperatura (termopares) que se ubicaron sobre la superficie del muro de acuerdo a lo indicado por la norma de ensayo:



Croquis de la posición de termopares en el elemento ensayado.



Aspecto de la cara no expuesta antes del inicio del ensayo.

Se evaluó la temperatura en la cara no expuesta del panel, para esto se estableció un límite a la temperatura promedio ( $140\text{ }^{\circ}\text{C} + \text{temperatura ambiente}$ ) y a la temperatura puntual máxima ( $180\text{ }^{\circ}\text{C} + \text{temperatura ambiente}$ ) que puede alcanzar el panel en la cara no expuesta al fuego.

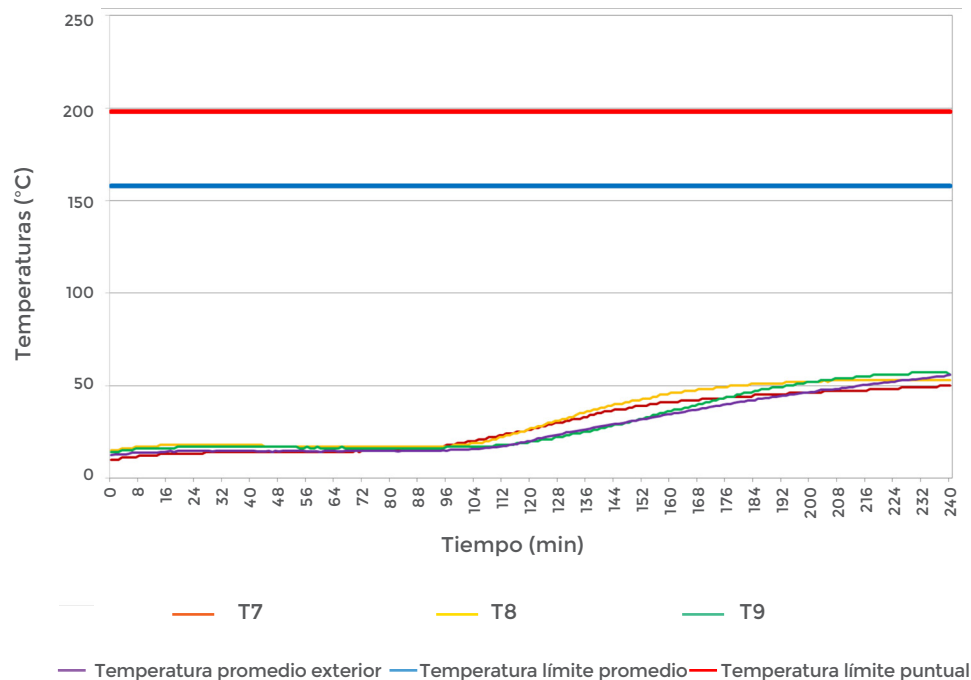


Gráfico de incremento de las temperaturas puntuales y promedio en la cara no expuesta de la muestra.

### Temperatura media de la cara no expuesta

En la muestra no se alcanzó la temperatura media límite de  $140\text{ }^{\circ}\text{C} + T_o$  ( $T_o = \text{temperatura ambiente}$ ) durante el tiempo de realización del ensayo. La temperatura media corresponde al promedio de la temperatura registrada en los cinco termopares situados en el panel de acuerdo a la norma de referencia (para el panel corresponde al promedio de las temperaturas registradas en los puntos 2, 3, 4, 5 y 6).

### Temperatura máxima de la cara no expuesta

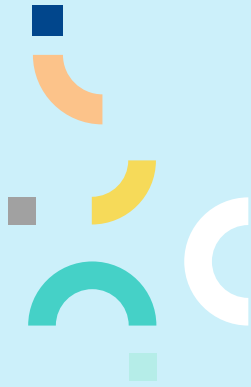
En la muestra no se alcanzó la temperatura puntual límite de  $180\text{ }^{\circ}\text{C} + T_o$  ( $T_o = \text{Temperatura ambiente}$ ) durante el tiempo de realización del ensayo.

**De los datos obtenidos en el ensayo efectuado el día 19/04/2024, de conformidad con la norma IRAM 11950 Resistencia al fuego de los elementos de construcción - Ensayo de resistencia al fuego - Requisitos generales, con las condiciones de ensayo descritas y con la muestra especificada se concluye que tanto la integridad como la aislación térmica alcanzaron los 240 minutos.**

**De acuerdo a los resultados obtenidos y según los requerimientos de la norma IRAM 11949 Comportamiento al fuego de los elementos de construcción - Resistencia al fuego - Criterios de clasificación, sobre la muestra ensayada, el panel de entramado de madera quincha ha obtenido la clasificación FR 240. Resistente al fuego 240 minutos.**

En el ensayo de laboratorio, esta quincha evaluada como cerramiento simple sin estado de carga verificó el estándar más exigente de la norma.

Cabe aclarar que los presentes resultados refieren exclusivamente a los obtenidos en relación con el elemento ensayado, el INTI no asume responsabilidad alguna respecto de la eventual extensión de los mismos a otros productos o elementos.



# DESCRIPCIÓN Y RESULTADOS DE ENSAYOS DE CONDUCTIVIDAD TÉRMICA



Un sistema constructivo puede conocerse y describirse según las características de los elementos que lo componen, como la trazabilidad, la densidad y tipo de materiales, junto con los datos de ubicación, estacionalidad y uso.

La información de las propiedades térmicas de los materiales, específicamente la conductividad (capacidad de un material para transferir calor) son fundamentales para realizar cálculos de comportamiento térmico, utilizados para lograr eficiencia energética en viviendas, en aplicaciones de ingeniería, construcción y otros campos, como se verá en el capítulo de Eficiencia energética de las construcciones.

La norma IRAM 11601 contiene un listado de algunos materiales con sus correspondientes conductividades térmicas. Cuando la información técnica no está disponible se necesita realizar ensayos de laboratorio para obtenerla.

El objetivo del Departamento de Desempeño de Materiales, Componentes y Sistemas Constructivos del INTI fue caracterizar y medir la conductividad térmica de dos de los elementos del sistema que forman parte de la quincha: el relleno de fibras vegetales (paja), suelo y agua, y el revoque, de suelo, arena, fibras y agua, mediante el método de placa caliente. Los elementos constructivos que conforman el sistema fueron ensayados por separado para poder utilizar los datos y calcular desempeños.

## METODOLOGÍA EMPLEADA

Se midió la conductividad térmica del material usando un equipo especial (medidor de flujo de calor), siguiendo las normas establecidas. El método aplicado evalúa cómo conduce el calor el material cuando ya se ha alcanzado una temperatura estable, mediante el medidor de caudal térmico, siguiendo los lineamientos establecidos en las normas:

- **ISO 8302** *Thermal insulation. Determination of steady-state thermal resistance and related properties. Guarded hot plate apparatus.*
- **ASTM C177** *Standard test method for steady-state heat flux measurements and thermal transmission properties by means of the guarded-hot-plate apparatus.*
- **IRAM 11559** Acondicionamiento térmico. Determinación de la conductividad térmica y propiedades conexas en régimen estacionario. Método de la placa caliente con guarda.

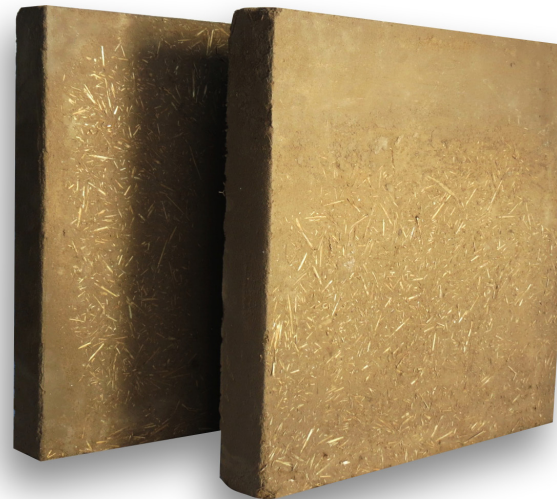
## DESCRIPCIÓN DEL PROCEDIMIENTO Y LAS PROBETAS

Para determinar las conductividades térmicas del relleno y el revoque se realizaron ensayos preliminares en distintos equipos del Departamento de Desempeño de Materiales, Componentes y Sistemas Constructivos del INTI, a partir de muestras con diversos tamaños y espesores. Luego se realizaron los ensayos definitivos con el método de placa caliente con guarda, y para esto se utilizaron dos probetas de similares características y dimensiones: 60 cm de largo por 60 cm de ancho por 8 cm de espesor. Todas las probetas se elaboraron con los mismos materiales en iguales proporciones que el panel ensayado en resistencia al fuego, descrito en el capítulo “Descripción de la quincha propuesta”.

Para hacer estos ensayos se realizó el acondicionamiento higrotérmico de las probetas, se determinó su peso en condiciones de recepción y luego se inició el proceso de secado hasta verificar la constancia en la masa. Seguidamente se dejó aclimatar en la estufa. Las muestras se sometieron a un tiempo de secado de más de 200 horas.



Probetas de relleno. Densidad: 277 kg/m<sup>3</sup>.  
Tamaño: 60 cm por 60 cm por 8 cm



Probetas de revoque. Densidad: 1355 kg/m<sup>3</sup>.  
Tamaño: 60 cm por 60 cm por 8 cm

## RESULTADOS

La **conductividad térmica ( $\lambda$ )** de la muestra de relleno ensayada fue de 0,07 W/mK con una densidad aparente promedio de 276,7 kg/m<sup>3</sup>.

La **conductividad térmica ( $\lambda$ )** de la muestra de revoque ensayada fue de 0,34 W/mK con una densidad aparente promedio de 1354,7 kg/m<sup>3</sup>.

## ALCANCE DE LOS RESULTADOS

Los resultados obtenidos se refieren exclusivamente a los elementos recibidos, el INTI y la Dirección Técnica de Edificación y Rehabilitación Edilicia declinan toda responsabilidad por el uso indebido o incorrecto que se hiciera del informe. Los resultados corresponden a las condiciones en las que se realizaron las mediciones y/o ensayos y no son un certificado de producto.

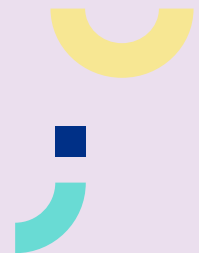
Las mediciones están vinculadas a los patrones de medida mantenidos en el INTI según legislación vigente, los cuales representan a las unidades físicas de medida en concordancia con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

En el caso de utilizar el relleno y/o el revoque para la ejecución de construcciones, se deberá evaluar su comportamiento al fuego y estructural.

06 >>>



# EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LAS CONSTRUCCIONES

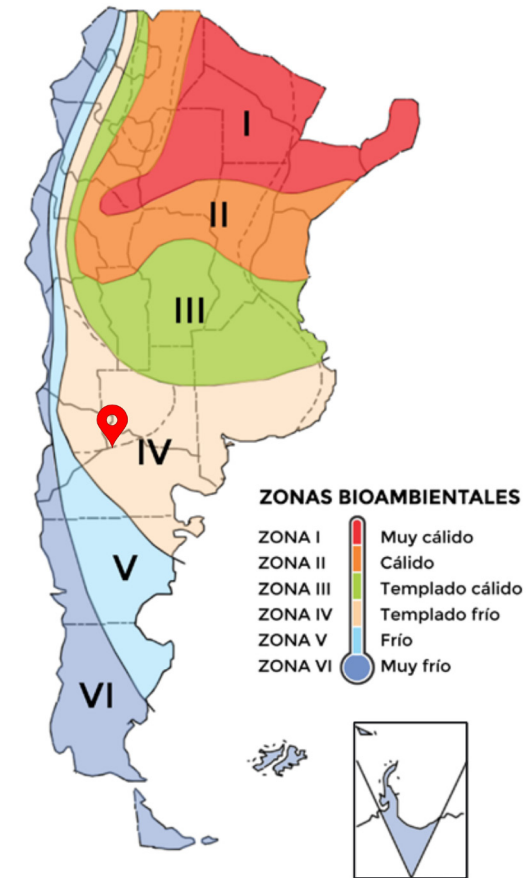


El consumo de energía en el uso de viviendas representa casi un tercio del consumo energético total de Argentina, según un informe del año 2017 de la Secretaría de Energía de la Nación, incluyendo iluminación, calefacción, refrigeración y electrodomésticos. El mayor porcentaje de consumo se da en la climatización, por lo que toma una importante relevancia adoptar soluciones de diseño arquitectónico que reduzcan los requerimientos energéticos y aumenten su eficiencia a través de estrategias pasivas de climatización y el abordaje bioclimático.

En el análisis de los sistemas constructivos y de los materiales que los componen es muy importante tener en cuenta sus comportamientos térmicos que luego influyen en las necesidades de climatización y, en consecuencia, en las necesidades energéticas que tendrá el edificio durante toda su vida útil.

## CLASIFICACIÓN BIOAMBIENTAL DE ARGENTINA SEGÚN NORMA IRAM 11603

Para poder definir estrategias de diseño que contemplen los valores de transmitancia térmica admisible de la envolvente es necesario conocer las características del clima del lugar. La norma IRAM 11603 establece la zonificación de la República Argentina de acuerdo con un criterio bioambiental, indica las características climáticas de cada zona y realiza recomendaciones generales de diseño de viviendas para ahorro de energía en climatización.



Zonas bioambientales de Argentina. Norma IRAM 11603. La marca corresponde a la localidad de Allen, en la provincia de Río Negro.

## RECOMENDACIONES PARA LAS DISTINTAS ZONAS BIOCLIMÁTICAS

### Zona I muy cálida y zona II cálida

- » Ventilación cruzada.
- » Colores claros en paredes exteriores y techos.
- » Aislación térmica en muros, principalmente los que miran a Este y Oeste, y en techos.
- » Orientación del eje mayor de la vivienda, preferentemente E-O.
- » Protección de superficies de incidencia solar, para ventanas, si es posible, no orientarlas al Este u Oeste y minimizar sus superficies.

### Zona III templada cálida

#### Subzona IIIa

- » Viviendas agrupadas (gran amplitud térmica).
- » Inercia térmica.
- » Protección solar en la orientación Oeste.
- » Colores claros exteriores.
- » Protección de radiación solar a las aberturas.

#### Subzona IIIb

- » Tiene menor amplitud térmica que la subzona a, por lo que valen las mismas recomendaciones menos las de amplitud térmica.

### Zona IV templada fría

**Subzonas IVa y IVb:** son subzonas de grandes amplitudes térmicas (especialmente en verano), por lo tanto es importante la necesidad de viviendas agrupadas y trabajar la inercia térmica.

**Subzona IVc:** zona de transición entre grandes y pequeñas amplitudes térmicas, deben utilizarse las recomendaciones correspondientes según la amplitud del lugar.

**Subzona IVd:** las amplitudes térmicas son pequeñas durante todo el año. El alto tenor de humedad relativa caracteriza esta subzona. Se recomienda protección solar eficiente en el verano.

### Zona V fría

- » Aislación térmica en paredes, pisos y techos.
- » Ventanas reducidas excepto las orientadas al Norte.
- » Evaluación de riesgos de condensación superficial e intersticial.
- » Eliminación de puentes térmicos.

### Zona VI muy fría

Las recomendaciones para la zona V tienen validez para esta zona, pero en forma más acentuada.



## CONCEPTOS BÁSICOS DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA

Los conceptos importantes a tener en cuenta al hablar de eficiencia energética son todos los factores que intervienen en el consumo energético de un edificio. Estos son:

- » El clima, clasificado en zonas bioclimáticas, además de aspectos de entorno y vegetación.
- » La envolvente, definida por las características térmicas de sus materiales.
- » El confort térmico y las preferencias de las personas.
- » Las estrategias de diseño bioclimático, asociado a las necesidades climáticas del lugar.

### TRANSMITANCIA TÉRMICA DE LA ENVOLVENTE

La envolvente de una construcción son los muros con sus aberturas, piso y techo que limitan la vivienda con el exterior. Se deben tener en cuenta las propiedades térmicas de los materiales que la componen, su conductividad térmica, propiedad intrínseca de los materiales a través de bibliografía de normas o por ensayos. La transmitancia térmica, también conocida como coeficiente de transmisión térmica ( $K$ ), es la medida de capacidad de un material o de una estructura para transferir calor. En el contexto de los muros de una vivienda, la transmitancia térmica determina cuánto calor se pierde o se gana a través de los cerramientos. Un valor bajo de  $K$  indica que el muro es un buen aislante térmico y tiene un menor flujo de calor. Esto impacta directamente en el confort térmico de los ocupantes y en la eficiencia energética de la vivienda.

La elección adecuada de materiales con baja conductividad térmica, junto con estrategias de diseño eficiente, no solo mejora la habitabilidad y la calidad de vida de los ocupantes, sino que también contribuye significativamente a la sostenibilidad ambiental y la reducción de costos energéticos.

El conocimiento de la propiedad térmica del material y la posibilidad de calcular la transmitancia sirve para saber si un muro de determinado material y espesor es eficiente energéticamente, es decir asegura un ahorro de energía en climatización, para una zona bioclimática determinada.

### CONFORT TÉRMICO

El confort, o bienestar higrotérmico en determinadas temperaturas y humedades, es un concepto cuya definición obedece a variables físicas, psicológicas y culturales. Sin embargo, existen diferentes herramientas que definen los niveles de confort a distintas temperaturas y humedades, como por ejemplo el diagrama psicrométrico de Givoni o la norma IRAM 11659-1.

Según Givoni, los rangos de confort propuestos para una persona en reposo con vestimenta liviana son desde 20 % a 80 % de humedad relativa y de 20 °C a 27 °C de temperatura, variando dentro del rango según la época del año (invierno o verano) y considerando la velocidad del viento.



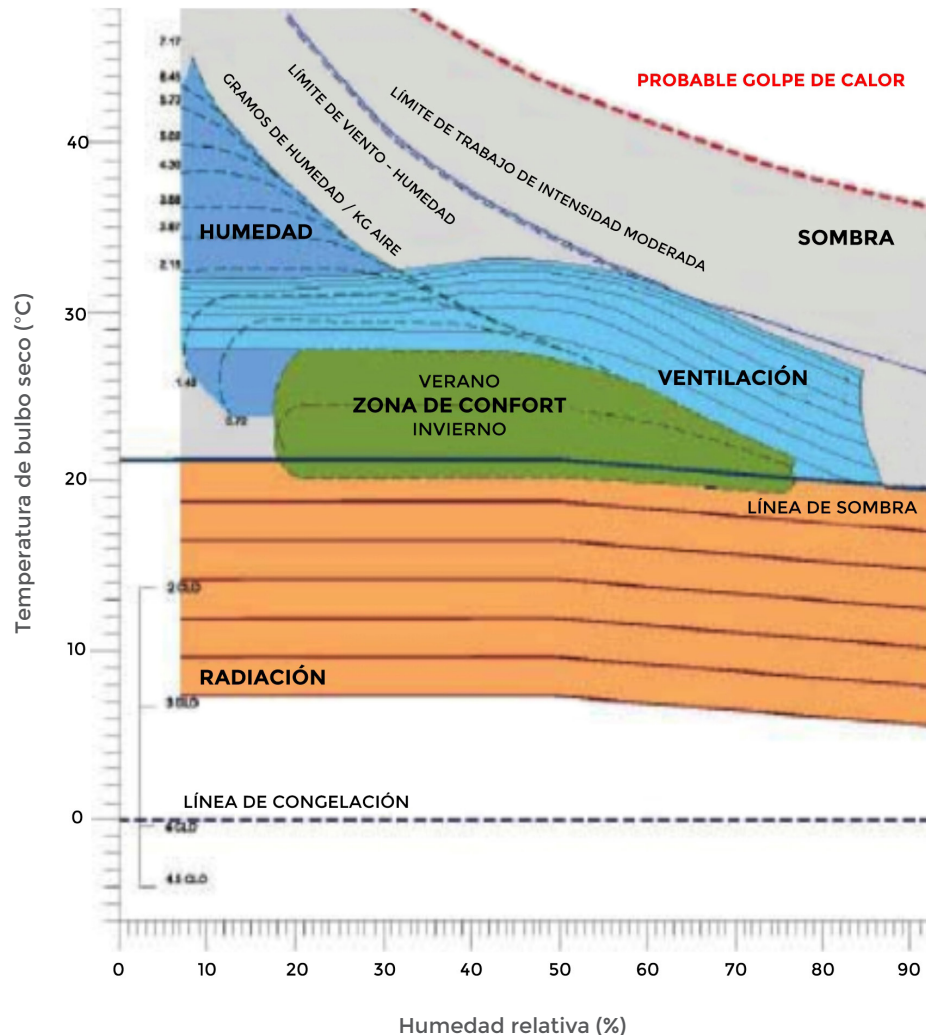


Diagrama psicrométrico de Givoni. Fuente: Givoni, B. (1969). Man, climate and architecture. Nueva York, Estados Unidos: Elsevier.

El diagrama de Givoni sintetiza, en coordenadas cartesianas, las zonas de confort higrotérmico para invierno y verano, le otorga un eje a la humedad relativa y otro a la temperatura de bulbo seco. El diagrama propone diferentes estrategias para las coordenadas que están por fuera de esa zona de confort. Para temperaturas por debajo de los 20 °C recomienda radiación solar. Por encima de esta temperatura se necesita sombra. Además, si la humedad es baja, sugiere incorporar agua al aire para bajar la temperatura. Por el contrario, en zonas de alta humedad relativa se debe ventilar. A partir de estos planteos de necesidades de confort surgen las diferentes estrategias de diseño bioclimático.

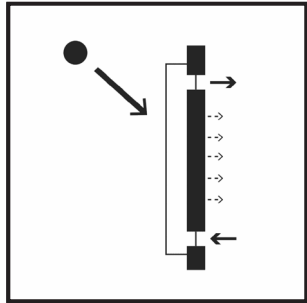
### ESTRATEGIAS DE DISEÑO BIOCLIMÁTICO

El diseño bioclimático tiene en cuenta las características bioambientales de la zona y define las estrategias más adecuadas para climatizar de manera pasiva, es decir a través de las formas, la orientación, los materiales de la envolvente, sombreados, aberturas y vegetación circundante.

Esta metodología plantea diferentes abordajes en las etapas del desarrollo arquitectónico. En una primera instancia, de relevamiento y búsqueda de antecedentes, se recopila la información referida a los aspectos bioambientales y climáticos de la zona definidos por la norma IRAM 11603 en su mayoría, y otros de relevamiento específico en estaciones meteorológicas cercanas. Luego se utilizan diferentes herramientas para definir las estrategias más adecuadas del lugar para incorporarlas a la arquitectura.

## Ganancia solar

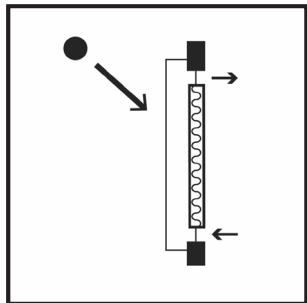
La ganancia solar se aplica de diferentes maneras, es una estrategia utilizada en invierno para los requerimientos de calefacción.



Muro trombe.

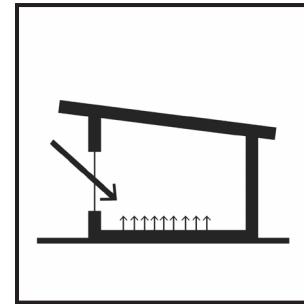
### Ganancia solar indirecta

Busca captar energía solar a través de materiales o dispositivos, para transferirla al aire del interior de la vivienda elevando su temperatura. Por ejemplo, el muro Trombe funciona con un colector de energía solar dispuesto en un muro Norte (en el hemisferio Sur), el cual calienta al muro por la absorción de radiación y la mantiene por el efecto invernadero que genera una lámina de vidrio exterior. Esto aumenta la temperatura interior de la vivienda por transmitancia del muro o, en algunos casos, mediante ventilaciones para el intercambio del aire caliente del colector con el interior del edificio.



Calefactor solar de aire.

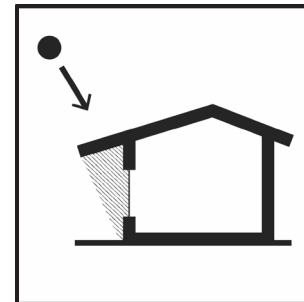
Una adaptación del muro Trombe son los calefactores solares de aire que funcionan con la misma lógica del ingreso de aire caliente pero sin la acumulación de calor en el muro, ya que son dispositivos independientes que se colocan sobre el muro construido, pero aislados del mismo. Tienen mayor rendimiento ya que trabajan de manera forzada a través de pequeños ventiladores.



Ganancia directa.

### Ganancia directa

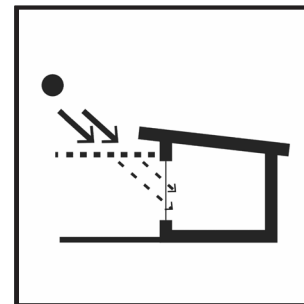
Permite el ingreso de radiación solar directa a través de aberturas orientadas al Norte u horizontales, teniendo en cuenta el ángulo de inclinación de la radiación y su incidencia para la época del año requerida.



Aleros / galerías.

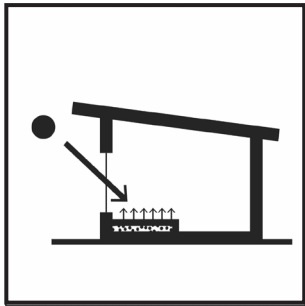
### Protección solar

En verano, esta estrategia procura mantener las condiciones de confort interior agradables evitando el ingreso de radiación solar directa. Se realizan a partir de aleros o galerías. La longitud de los aleros se define según un cálculo geométrico que varía según la latitud y la época del año en que se requiere sombrear el edificio o sus aberturas.



Pérgolas.

Las pérgolas o galerías suman mayor sombreado, muchas veces en combinación con tipos de vegetación caducifolia para permitir que en invierno pase la radiación necesaria, y en verano se produzca el sombreado y la refrigeración evaporativa por la humedad de las plantas.



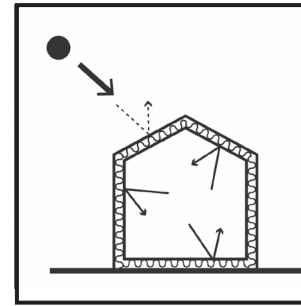
Lecho de piedras.

### Inercia térmica

Busca reducir la variación de temperatura de los espacios, a través del uso de materiales de gran capacidad térmica. Esto se puede implementar con el uso de materiales másicos (no aislantes) en la envolvente o incorporando masa en el interior del edificio.

Esta estrategia funciona durante el invierno, cuando se busca elevar la temperatura de esos materiales para que mantengan la temperatura de aire interior, y lo opuesto para verano, buscando enfriar los materiales.

Un dispositivo utilizado para implementar esta estrategia es el lecho de piedras que funciona a través de una cama de piedras (con alta capacidad térmica) que se dispone adecuadamente para que regule la temperatura de aire interior.

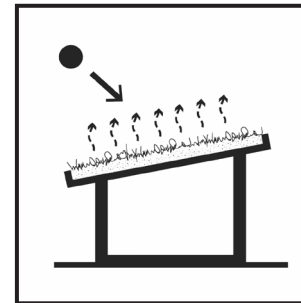


Aislación térmica.

### Aislación térmica

Intenta reducir los flujos de calor del interior al exterior en invierno y a la inversa en verano.

Uso de materiales aislantes de baja densidad. Para esto se consideran los valores máximos de transmitancia térmica definidos por la norma IRAM 11605 para la zona bioclimática.



Cubierta verde.

Según el sistema constructivo en tierra y los materiales utilizados, las envolventes pueden ser másicas, como el tapial, el adobe o el bloque de tierra comprimida, o aislantes, como la quincha o las fibras comprimidas.

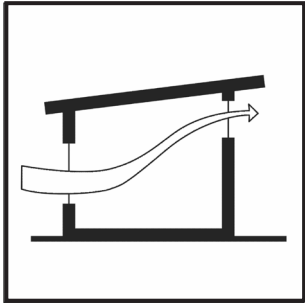
A partir de los requerimientos por la zona bioclimática se eligen las técnicas y se definen los espesores necesarios para lograr las transmitancias buscadas.



Para las cubiertas también existen diferentes técnicas de aislamiento, entre ellas el techo vivo o verde.

## Ventilación

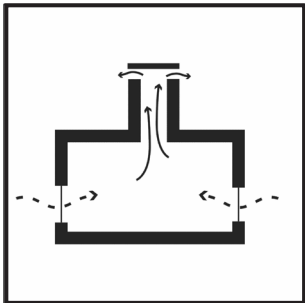
Son estrategias para refrescamiento en verano.



Ventilación cruzada.

### Ventilación cruzada

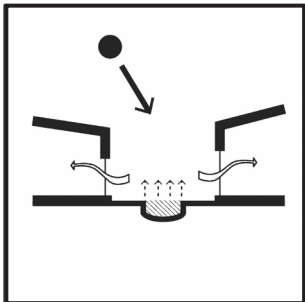
Busca lograr refrescamiento a través de la ventilación por el movimiento natural del aire, aprovechando los vientos y brisas de la zona a través de las aberturas enfrentadas. Esto funciona cuando la temperatura exterior es más cercana al confort térmico que la del interior del local, si eso no es así se debe utilizar otra estrategia.



Torres de viento.

### Ventilación selectiva nocturna

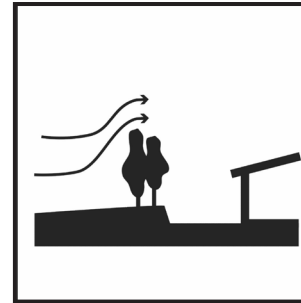
Procura refrescamiento por la noche en climas de gran amplitud térmica. Ventilación selectiva por efecto chimenea, es decir, ingreso de aire exterior fresco para reemplazar el aire interior de mayor temperatura.



Refrigeración evaporativa.

### Refrigeración evaporativa

Intenta reducir la temperatura y aumentar la humedad relativa a través de la evaporación de agua de fuentes, piletas, rociadores o la vegetación. Esta estrategia sirve únicamente para climas secos.



Barrera vegetal para la protección de vientos.

### Protección de vientos

Se utiliza para evitar el refrescamiento o calentamiento adicional no deseado por el movimiento del aire. Las barreras rompevientos pueden ser macizas en el caso de construcciones o permeables en el caso de cortinas vegetales.



En una etapa siguiente, se definen a detalle las estrategias a utilizar, se incorporan al desarrollo arquitectónico del proyecto y por último se realiza un balance térmico del edificio para verificar si el comportamiento térmico del mismo es el adecuado o se pueden ajustar algunas de las estrategias implementadas, como por ejemplo aumentar o reducir aberturas para ganancia solar, o aumentar o reducir aislación de envolvente, etc., hasta lograr la mayor eficiencia energética.

## CÁLCULO DE TRANSMITANCIA TÉRMICA

La transmitancia térmica se calcula a partir de la resistencia térmica, la cual se obtiene dividiendo el espesor del muro en metros, por la conductividad térmica del material utilizado.

$$R = \frac{e}{\lambda}$$

R = resistencia  
e = espesor  
 $\lambda$  = conductividad térmica (puede encontrarse en la bibliografía como k)

Si el muro se compone de diferentes materiales se suman las resistencias de todos los materiales que lo componen, más las resistencias superficiales del muro interior y el exterior.

$$R_T = R_{si} + R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n + R_{se}$$

$R_T$  = resistencia total  
 $R_{si}$  y  $R_{se}$  = resistencias superficiales interior y exterior según norma  
 $R_1, R_2, R_3, \dots, R_n$  = resistencias de los sucesivos materiales

Finalmente, la transmitancia térmica es la inversa de la resistencia térmica.

$$K = \frac{1}{R_T}$$

K = transmitancia térmica (puede encontrarse en la bibliografía como U)

Para este cálculo es necesario conocer la conductividad térmica de los materiales. Para el caso de los materiales convencionales se pueden consultar las tablas incluidas en la norma IRAM 11601. De lo contrario, se puede obtener el dato a partir de ensayos realizados en laboratorios.

## DESEMPEÑO DE LA QUINCHA SEGÚN SU CONDUCTIVIDAD TÉRMICA

La aplicación de los datos obtenidos de los ensayos de conductividad térmica de la quincha sirven para dimensionar el espesor de muros necesario para lograr un desempeño nivel A de transmitancia térmica (norma IRAM 11605) que asegure, según la zona bioclimática, el valor que aporte a la eficiencia energética de la vivienda.

### ESPEORES PARA LAS DIFERENTES TEMPERATURAS DE DISEÑO

A partir de las pautas de diseño para invierno establecidas en las normas IRAM 11603 y 11605 se realizaron los cálculos para conocer los espesores de muro de quincha liviana requeridos para lograr el nivel A en diferentes zonas de Argentina.

Temperatura de diseño (°C)	Nivel A transmitancia máxima admisible (W/m² K)	Espesor de muro de quincha liviana (*) (m)
-15	0,23	0,37
-14	0,23	0,37
-13	0,24	0,36
-12	0,25	0,35
-11	0,25	0,35
-10	0,26	0,34
-9	0,27	0,33
-8	0,28	0,32
-7	0,29	0,31
-6	0,30	0,3
-5	0,31	0,29
-4	0,32	0,29
-3	0,33	0,28
-2	0,35	0,27
-1	0,36	0,26
>0	0,38	0,25

(\*) en el cálculo de espesor de muro se contempla 0,05 m de revoque de tierra interno y 0,05 m de revoque externo, además del relleno.

Temperatura de diseño (°C)	Estaciones meteorológicas (algunos ejemplos)
-15	El Calafate - Base Marambio
-14	Esquel
-13	Río Grande (Tierra del Fuego)
-12	La Quiaca - Río Gallegos
-11	Malargüe - Bariloche
-10	Villa Reynolds (San Luis)
-9	Lago Argentino - Ushuaia
-8	Trelew
-7	Victorica (La Pampa) - Neuquén
-6	Viedma - Cipolletti - Tandil - Villa María del Río Seco
-5	San Juan - Santiago del Estero - Laboulaye - Bahía Blanca
-4	Mendoza (Aero) - Rosario - San Luis
-3	Ezeiza - Catamarca - Río Cuarto - Gualaguaychú
-2	San Fernando (BA) - Concordia - La Rioja
-1	Paraná (Aero) - Reconquista (Aero) - Rivadavia (Salta)
>0	Buenos Aires Capital - Corrientes (Aero) - Iguazú



## ¿CÓMO CALCULAR EL ESPESOR DE UN MURO SEGÚN SU COMPORTAMIENTO TÉRMICO?

Para realizar el cálculo del espesor de un muro asegurando un buen comportamiento térmico de la envolvente según las normas IRAM se debe buscar la temperatura mínima de diseño de invierno (TDMN) en las tablas de datos climáticos por ciudad o localidad de la IRAM 11603. Con este dato, que va de 0 °C a -15 °C, se busca en la norma IRAM 11605 el valor de transmitancia térmica admisible para cada temperatura. Se diferencian tres niveles: A, B y C (el nivel A es el más eficiente). Una vez que se obtiene la transmitancia térmica que se necesita y con el valor de conductividad térmica de los materiales del muro, se puede calcular el espesor con las fórmulas ya descritas en esta publicación.

**Ejemplo de cálculo de espesor de muro de una quincha liviana (como la ensayada en este proyecto)**

Fórmulas a utilizar	Referencias
$R = \frac{e}{\lambda}$	R = resistencia e = espesor $\lambda$ = conductividad térmica (puede encontrarse en la bibliografía como k)
$e = e_{ri} + e_q + e_{re}$	$e_{ri}$ = espesor revoque interno $e_q$ = espesor quincha $e_{re}$ = espesor revoque externo
$R_T = R_{si} + R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n + R_{se}$	$R_T$ = resistencia total $R_{si}$ y $R_{se}$ = resistencias superficiales interior y exterior $R_1, R_2, R_3, \dots, R_n$ = resistencias de los sucesivos materiales
$K = \frac{1}{R_T}$	K = transmitancia térmica (puede encontrarse en la bibliografía como U)

**Datos de entrada:**

Conductividad térmica ( $\lambda$ ) de la quincha liviana: 0,07 W/mK

Transmitancia térmica (K) admisible por norma nivel A: 0,29 W/m<sup>2</sup>K (para la ciudad de Allen)

Espesor revoque interno: 0,05 m

Espesor revoque externo: 0,05 m

Espesor relleno (quincha):  $e_q$  (valor que se desea calcular)

Conductividad térmica ( $\lambda$ ) de los revoques: 0,34 W/mK

Resistencia superficial interior ( $R_{si}$ ) dada por la IRAM 11601: 0,13 m<sup>2</sup>K/W

Resistencia superficial exterior ( $R_{se}$ ) dada por la IRAM 11601: 0,04 m<sup>2</sup>K/W



» Paso 1, cálculo de resistencia de revoques (Rr), a partir de la fórmula genérica de resistencia.

$$R = \frac{e}{\lambda} \quad \text{en este caso} \quad R_r = \frac{e_r}{\lambda_r}$$

$$R_r = \frac{0,05 \text{ m}}{0,34 \text{ W/mK}}$$

$$R_r = 0,147 \text{ m}^2 \text{ K/W}$$

» Paso 2, cálculo de espesor del relleno quincha (eq), a partir de la ecuación genérica de transmitancia térmica.

$$K = \frac{1}{RT} \quad \text{en este caso} \quad K = \frac{1}{R_{si} + R_{ri} + R_q + R_{re} + R_{se}}$$

Que puede expresarse como:

$$K = \frac{1}{R_{si} + R_{ri} + \frac{eq}{\lambda_q} + R_{re} + R_{se}}$$

Reemplazando los datos conocidos:

$$0,29 \text{ W/m}^2 \text{ K} = \frac{1}{0,13 \text{ m}^2 \text{ K/W} + 0,147 \text{ m}^2 \text{ K/W} + \frac{eq}{0,07 \text{ W/mK}} + 0,147 \text{ m}^2 \text{ K/W} + 0,04 \text{ m}^2 \text{ K/W}}$$

Y operando para despejar eq:

$$0,29 \text{ W/m}^2 \text{ K} \times (0,13 \text{ m}^2 \text{ K/W} + 0,147 \text{ m}^2 \text{ K/W} + \frac{eq}{0,07 \text{ W/mK}} + 0,147 \text{ m}^2 \text{ K/W} + 0,04 \text{ m}^2 \text{ K/W}) = 1$$

$$0,29 \text{ W/m}^2 \text{ K} \times (0,464 \text{ m}^2 \text{ K/W} + \frac{eq}{0,07 \text{ W/mK}}) = 1$$

$$0,29 \text{ W/m}^2 \text{ K} \times 0,464 \text{ m}^2 \text{ K/W} + 0,29 \text{ W/m}^2 \text{ K} \times \frac{eq}{0,07 \text{ W/mK}} = 1$$

$$0,1346 + 0,29 \text{ W/m}^2 \text{ K} \times \frac{eq}{0,07 \text{ W/mK}} = 1$$

$$0,29 \text{ W/m}^2 \text{ K} \times \frac{eq}{0,07 \text{ W/mK}} = 1 - 0,1346$$

$$0,29 \text{ W/m}^2 \text{ K} \times \frac{eq}{0,07 \text{ W/mK}} = 0,8654$$

$$eq = \frac{0,8654 \times 0,07 \text{ W/mK}}{0,29 \text{ W/m}^2 \text{ K}}$$

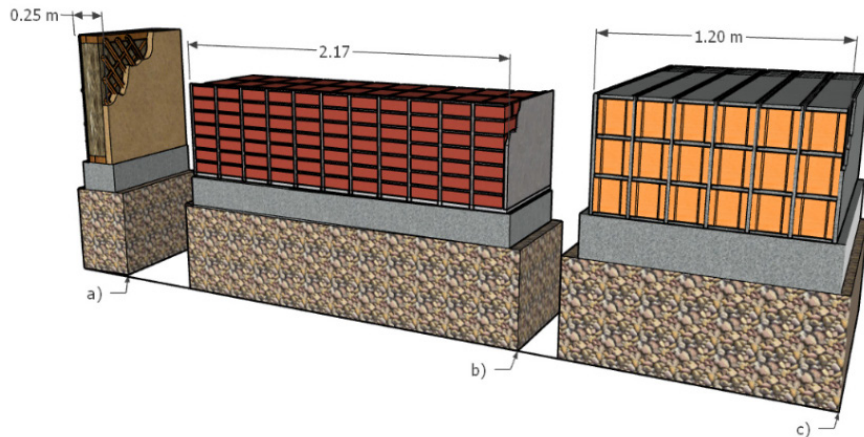
$$eq = 0,21 \text{ m}$$

El relleno de quincha que verifica la transmitancia térmica nivel A admisible por norma en la ciudad de Allen es de 0,21 m de espesor.

## COMPORTAMIENTO TÉRMICO DE DIFERENTES MATERIALES

Con las mismas ecuaciones desarrolladas más arriba podría hacerse el cálculo inverso, es decir, para una transmitancia térmica total dada puede calcularse el espesor de muro necesario para diferentes materiales (con conductividades térmicas distintas). A continuación se muestra una simulación de espesor de muro con diferentes materiales para obtener una misma transmitancia térmica. En las ecuaciones se considera un revoque en ambas caras con un espesor de 0,05 m para revoque de tierra y 0,02 m para revoque cementicio.

Para la temperatura de diseño de 0 °C (es decir la más alta) la transmitancia térmica requerida de nivel A es de 0,38 W/m<sup>2</sup>K. La simulación se realiza considerando tres opciones de material: a) quincha liviana, b) ladrillo macizo y c) ladrillo hueco. Los valores de conductividad térmica utilizados en los cálculos se obtuvieron de las fuentes mencionadas.



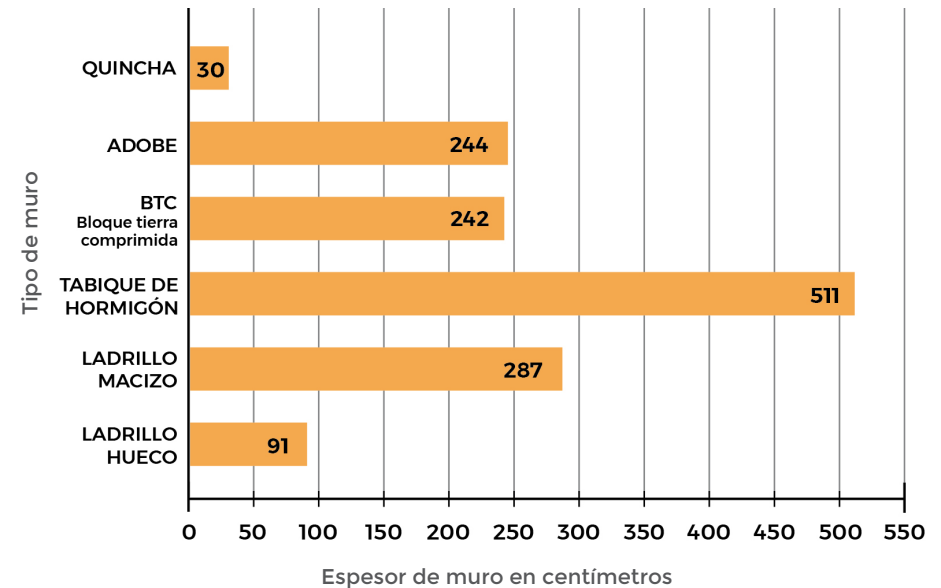
Detalles de muros y espesores necesarios para lograr la misma transmitancia térmica. a) quincha liviana, b) ladrillo macizo, c) ladrillo hueco. Fuente: Análisis térmico de muros de quincha alivianada para diferentes temperaturas de diseño en Argentina (Cuitiño-Rosales, Domínguez, Vaccaro, Di Cesare, 2024).

### ESPEORES DE MURO PARA LA CIUDAD DE ALLEN

Teniendo en cuenta la ubicación del proyecto SUME en la provincia de Río Negro, se realizaron los cálculos de espesor de muro en distintos materiales. Este cálculo se realiza teniendo en cuenta la transmitancia térmica requerida para nivel A, que es  $K = 0,30 \text{ W/m}^2\text{K}$ , según norma IRAM 11605.

De acuerdo con la metodología explicada anteriormente en el apartado Cálculo de transmitancia térmica, se utilizan los datos climáticos de la estación meteorológica de Cipolletti citados en la norma IRAM 11603, por ser la más cercana a la localidad de Allen, es decir, una temperatura de diseño de -6,6 °C.

### Espesores de muros requeridos para lograr Nivel A de transmitancia térmica para la ciudad de Allen, Río Negro.



Cálculo de espesores de muros de distintos materiales en función de su conductividad térmica, para obtener una transmitancia térmica nivel A en la región de Allen, Río Negro, de 0,30 W/m<sup>2</sup>K.

Nota: Valores de conductividad térmica utilizados en los cálculos de los rellenos: quincha: 0,07 W/mK (INTI, 2024b); adobe: 0,82 W/mK (Heathcote, 2011); BTC: 0,81 W/mK (Bestraten, Hormías y Altemir, 2011); tabique de hormigón: 1,63 W/mK (IRAM 11601); ladrillo macizo: 0,91 W/mK (IRAM 11601) y ladrillo hueco: 0,279 W/mK (IRAM 11601). Valores de conductividad térmica de los revoques: de tierra: 0,34 W/mK (INTI, 2024c), revoque cementicio: revoque grueso interior 0,93 W/mK (IRAM 11601), revoque grueso exterior: 1,16 W/mK (IRAM 11601). Los revoques se calcularon constantes, para los muros de tierra (quincha, adobe y BTC) de 5 cm a cada lado, y para los revoques cementicios (tabique de hormigón, ladrillo macizo y hueco) 2 cm a cada lado.

## SIMULACIÓN DE UN EDIFICIO EN EL PROCESO DE DISEÑO BIOCLIMÁTICO

La simulación del comportamiento térmico de un edificio sirve para calcular el requerimiento energético de climatización para invierno y verano, es decir la cantidad de energía necesaria para que la vivienda logre el confort térmico de sus habitantes.

Esta simulación se puede realizar por cálculo dinámico con softwares como Energy Plus, SIMEDIF u otros, o por cálculo estacionario, que realiza un balance térmico según normas IRAM 11601, 11604, 11659-1, 11659-2 y 11900. Ambos tipos de cálculos contribuyen a una estimación teórica del comportamiento térmico del edificio calculado.

Las simulaciones tienen en cuenta los diferentes factores que intervienen en los flujos de calor:

- » Ganancias o pérdidas a través de la envolvente: muros, techos y pisos. Se tiene en cuenta la transmitancia térmica de esos elementos.
- » Ganancias solares por las aberturas. Para el cálculo de la ganancia solar se tienen en cuenta la orientación y el tamaño de las aberturas.
- » Ganancias o pérdidas por ventilación e infiltraciones.
- » Ganancias internas por la energía emitida por las personas y artefactos dentro de la vivienda y pérdidas evaporativas.

Todos estos aspectos se combinan con los datos climáticos del lugar específico que deben cargarse, ya sea con archivos de clima o manualmente, y la definición del confort térmico deseado por las personas. Por lo general estos cálculos se realizan sin incorporar

energía externa, de estufas u otros artefactos de climatización de frío o calor, para conocer cómo se comporta la vivienda de manera pasiva.

A partir de esos resultados iniciales se pueden simular mejoras pasivas, como aumentar espesores de muros, colocar más aislación en techo, modificar aberturas, colocar aleros, etc., y analizar los nuevos resultados comparando costos y beneficios.

### SIMULACIÓN DEL PROYECTO SUME DE ALLEN

Para la simulación se utilizó el software SIMEDIF. Inicialmente se cargaron los datos del anteproyecto desarrollado por el equipo de Arquitectura, y luego se fueron agregando y modificando diferentes parámetros para analizar cuáles funcionan mejor en cuanto al comportamiento térmico. Se muestran a continuación los gráficos de algunas opciones simuladas.



Ingreso sur al edificio SUME.

Vista interior hall de acceso.

Vista patio interno.

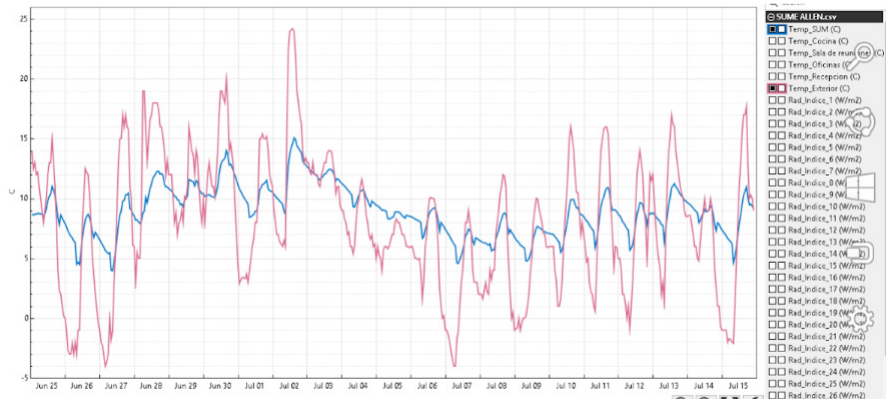


## Simulación INVIERNO 1

Días de simulación del 25/06/2024 al 15/07/2024.

Premisas de cálculo:

- » Sin ocupación de personas (espacio vacío).
- » Relleno de muro de barro alivianado, conductividad térmica de 0,2 W/mK (Minke, 2005).
- » Sin aislación de piso.
- » Dos renovaciones de aire por hora.



Línea azul: temperatura de aire SUME.  
Línea roja: temperatura de aire exterior.  
(Simulación para Allen, D.I. Victoria Di Cesare).

En este primer gráfico se observa que las temperaturas de aire del salón principal frente a las temperaturas exteriores, sin incorporar ningún tipo de calefacción, tienen muy buena performance térmica.



Vista interior del salón de usos múltiples.



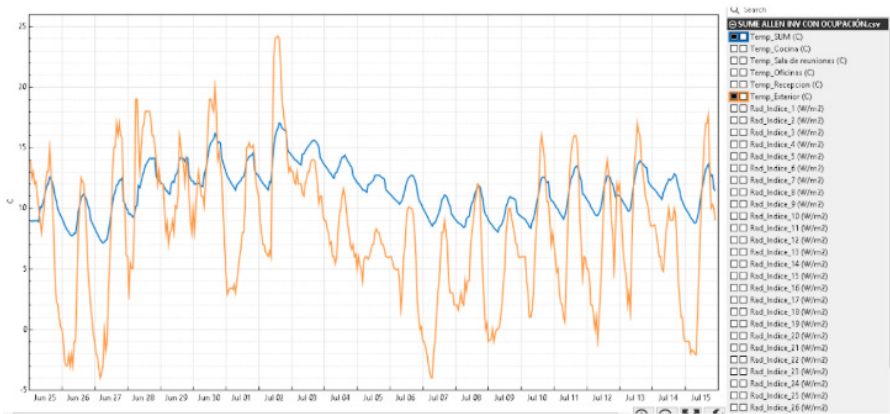
Vista interior de una de las oficinas.



## Simulación INVIERNO 2

Premisas de cálculo:

- » Con ocupación de personas.
- » Una renovación de aire por hora.



Línea azul: temperatura de aire SUME.  
Línea naranja: temperatura de aire exterior.  
(Simulación para Allen, D.I. Victoria Di Cesare).

En este caso se demuestra que la presencia de personas mejora la temperatura (la hace subir, lo que en invierno es lo deseado), y la reducción de las renovaciones de aire (dentro de lo saludable) pueden ayudar a utilizar muy poca energía en calefacción.

## OTRAS COMPARATIVAS REALIZADAS A PARTIR DEL BALANCE TÉRMICO

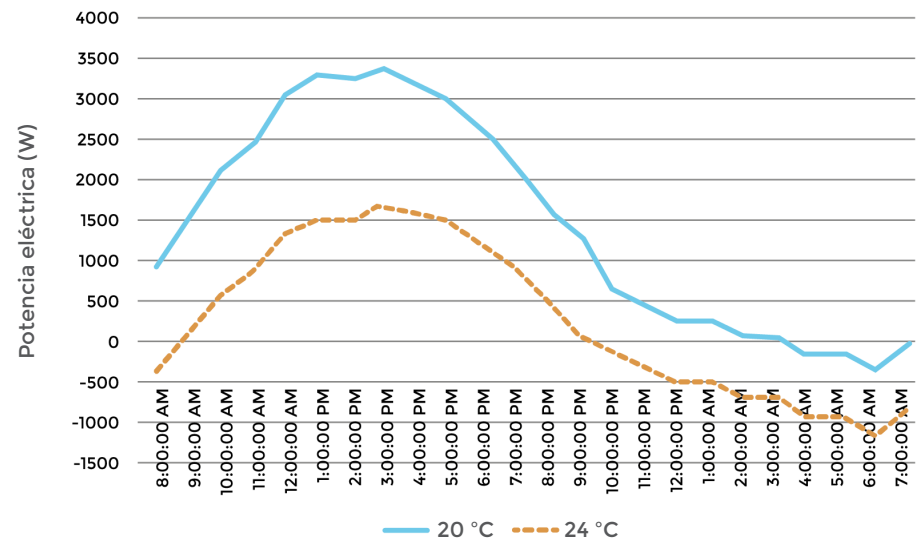
Un balance térmico se realiza en base a cálculos sobre las ganancias o pérdidas de calor, que tienen en cuenta los mismos parámetros que la simulación.

## Simulación VERANO 1

Día de simulación 13/01/2024.

Premisa de cálculo:

- » Preferencias de confort térmico requerido por los usuarios: 20 °C versus 24 °C.



Requerimiento de refrigeración en verano en la localidad de Allen, Río Negro. Comparativa de confort térmico a 20 °C y 24 °C.

Se observa que para mantener el salón principal del SUME en 20 °C se necesitan 2000 W más de potencia para refrigerar que la requerida para lograr un confort de 24 °C.

Vista de la fachada sur del edificio SUME en Allen, Río Negro.

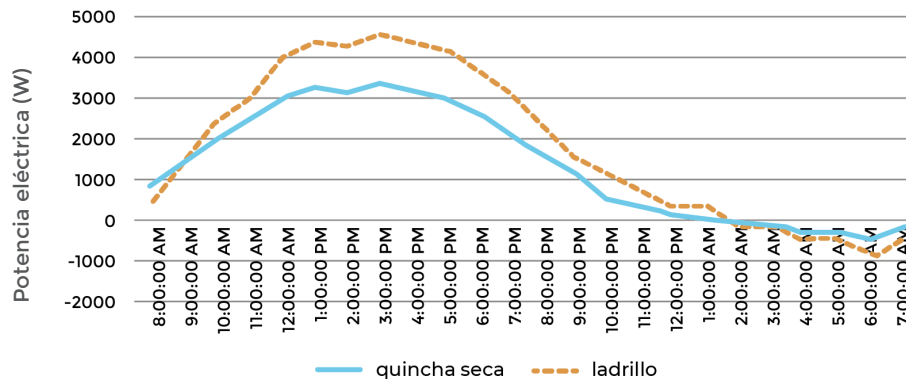


## Simulación VERANO 2

Premisas de cálculo:

- » Diferentes envolventes, comparativa entre ladrillo macizo y quincha.

La simulación muestra la diferencia de requerimiento térmico (W) del SUME, frente a la hipótesis de desarrollo de la envolvente de todos los muros del salón principal en quincha o en ladrillo, a una temperatura de confort térmico de 24 °C, dando por resultado un mejor comportamiento de la quincha en los horarios de mayor insolación.



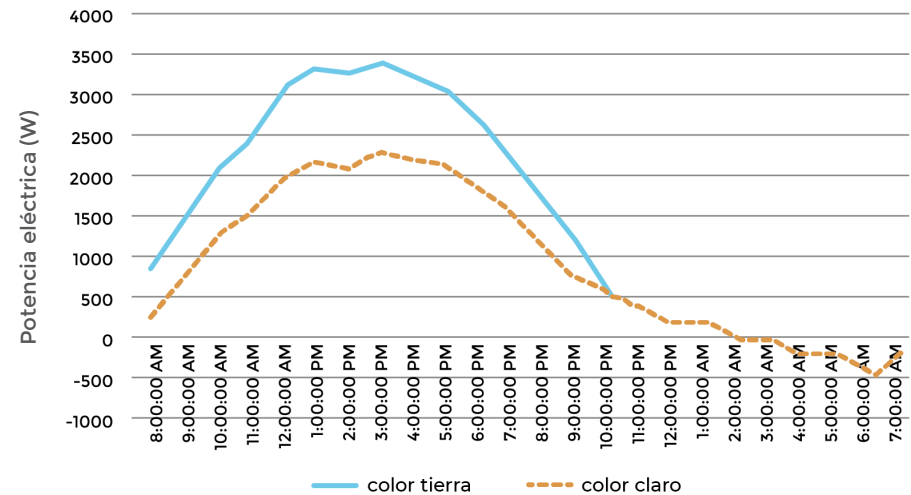
Requerimiento de refrigeración en verano en la localidad de Allen, Río Negro. Comparativa entre construcción realizada con quincha seca y ladrillo cocido.

## Simulación VERANO 3

Premisas de cálculo:

- » Diferentes colores de muro, color tierra y color claro.

Esto es algo interesante para medir también, teniendo en cuenta que el albedo de las superficies de la envolvente (porcentaje de radiación que cualquier superficie refleja respecto a la radiación que incide sobre ella) impacta en las ganancias o pérdidas de los flujos de calor.



Requerimiento de refrigeración en verano en la localidad de Allen, Río Negro. Comparativa entre distintos colores de muro exterior.

Esta comparativa se realizó en la simulación de verano donde se busca que las altas temperaturas exteriores no ingresen calor al interior del edificio, por lo que el mejor comportamiento lo tiene una pintura de color claro. Pero no hay que olvidar de chequear que este comportamiento también funcione bien para los requerimientos de invierno, para optar por lo más conveniente.

### CONCLUSIONES DE LAS SIMULACIONES Y EL BALANCE TÉRMICO DEL SUME

Como se describe al comienzo, el objetivo de la simulación es calcular los requerimientos energéticos de climatización y probar diferentes alternativas de estrategias bioclimáticas para mejorar el comportamiento térmico y minimizar el consumo energético. En este caso, se definieron algunas modificaciones de aberturas, colores de muros, la confirmación de la técnica constructiva en quincha alivianada y algunos otros detalles constructivos, logrando las mejoras de arquitectura buscadas que en conjunto mejoraron la performance energética.



Patio central del edificio SUME.



# FABRICACIÓN SISTEMATIZADA



En el marco del Ciclo participativo de hábitat sustentable del Alto Valle, se elaboraron propuestas para crear y equipar unidades productivas de pequeña escala y baja inversión, destinadas a la prefabricación de elementos constructivos y a la estabilización de los materiales que se utilizarán en la obra.

En este proceso, los bastidores se construyen en un lugar distinto al de su emplazamiento definitivo, para luego ser ensamblados directamente en el sitio de obra. Esta metodología desplaza el foco del trabajo hacia tareas clave como el ensamble, el montaje y la unión de componentes, así como la instalación de servicios y la aplicación de revestimientos.

#### Algunas ventajas de prefabricar:

- » Permite trabajar todo el año sin depender de factores climáticos y mejora el ámbito laboral de las/los operarias/os.
- » Reduce los riesgos de accidentes en el trabajo y la probabilidad de cometer errores porque las tareas se realizan bajo condiciones controladas.
- » Reduce considerablemente los costos y riesgos asociados al traslado diario de operarios/as a la obra.
- » Permite la inclusión de todos los géneros, ya que se manipulan elementos de dimensiones reducidas y bajo peso.
- » La sistematización de las tareas en taller, por ejemplo la fabricación de paneles en mesas molde, reduce las horas de mano de obra e incrementa la rapidez en la construcción, reduce los costos y el trabajo en obra.

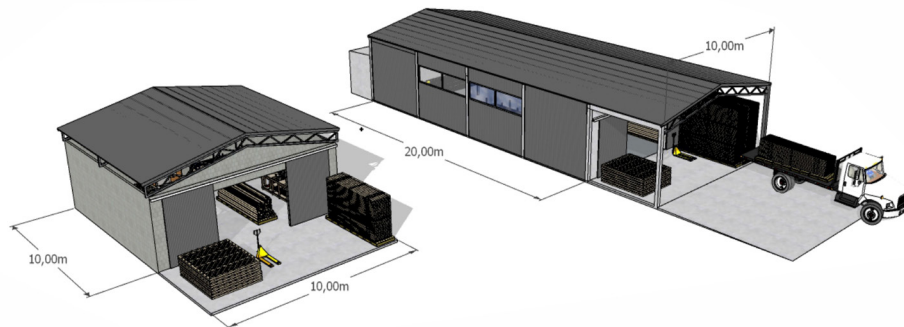
- » Al fabricar bastidores de madera en taller en lugar de en obra, se reduce el tiempo diario de despliegue, conexión y guardado de máquinas y herramientas y se alarga la vida útil de las mismas.
- » Los paneles modulados pueden ser fabricados, manipulados por dos operarios sin la necesidad de grúas.
- » Se mejora la gestión de residuos sólidos y se minimizan los desperdicios.

#### Algunas posibles desventajas de prefabricar:

- » Requiere de una demanda que justifique una producción continua.
- » Incrementa el costo de transporte, ya que los materiales pasan por el taller antes de llevarse a obra.
- » En países con abundante disponibilidad de mano de obra se suele priorizar el empleo a la industrialización de procesos.
- » Un sistema industrializado de dimensiones uniformes y precisas requiere precisión del resto de los gremios para su montaje en obra.



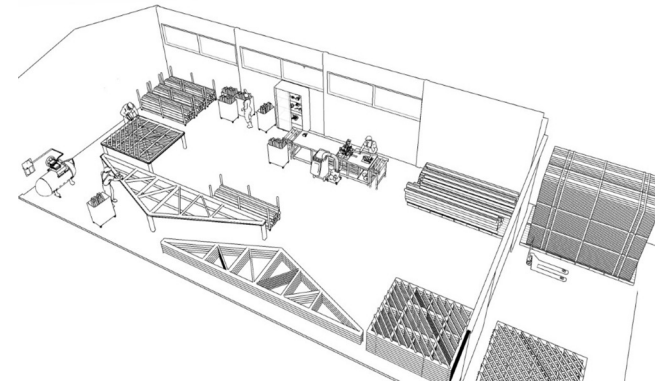
Las dos líneas de producción propuestas en el Ciclo son sencillas y pueden ser instaladas en galpones pequeños. La más reducida, para dos operarios, requiere de un espacio de 10 m por 10 m, mientras que la mediana, para 4 operarios, tiene una dimensión de 10 m por 20 m. El equipamiento y el volumen de producción que pueden generar varía en cada propuesta. Cada una contempla unidad seca (carpintería) y unidad húmeda (relleno y revoques).



Taller pequeño y mediano.

## UNIDAD PRODUCTIVA SECA

Es una carpintería enfocada en la fabricación de elementos de madera. Cuenta con máquinas básicas de corte, mesas-molde para la fabricación de paneles de piso, muros y techo.



Línea de producción de mediana escala (10 m por 20 m) y cuatro operarios.  
Desarrollo: Arq. Ximena Chaparro, Ing. Martín Sánchez Acosta, Alejandro Dominguez.



Fabricación de piezas-parte en mesas-molde y traslado a obra.

## UNIDAD PRODUCTIVA HÚMEDA

Produce relleno aislante y revoques naturales, utilizando fibras vegetales, suelo y áridos. La prefabricación de estos elementos posibilita reducir tiempos en obra para la aislación térmica y sonora de pisos, muros y techos y su posterior revestimiento. El equipamiento de esta línea de producción contempla máquinas sencillas. La incorporación de tecnología en la bioconstrucción permite la sistematización de procesos y la estandarización de la producción.



Mezclador de 1600 W.



Mixer instantánea Grado 7 con eje flexible.



Mezcladora cíclica desarmable Grado 7.



Imágenes ilustrativas de máquinas eléctricas de fabricación nacional (tamizadora y desterronadora de suelo).



Bloque prefabricado de tierra alivianada con fibra vegetal (BTA).



## MARCO NORMATIVO



## EL DESARROLLO REGLAMENTARIO

Los sistemas normativos de construcción se originan en las primeras décadas del siglo XX. En Argentina, la elaboración de reglamentos está a cargo de dos organismos:

- » El Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI) a través del Centro de Investigación de los Reglamentos Nacionales de Seguridad para las Obras Civiles (CIRSOC), que redacta la normativa por mandato de la Secretaría de Obras Públicas de la Nación.
- » El Instituto Nacional de Prevención Sísmica (INPRES) se ocupa de los reglamentos de seguridad estructural sismorresistente.

El sistema federal de la República Argentina otorga a cada provincia la facultad de crear sus propios reglamentos o adoptar los de carácter nacional. Por lo tanto, es esencial que la difusión y la calidad de estos documentos sean adecuadas, a fin de garantizar su aceptación y favorecer la uniformidad en los requisitos de seguridad estructural.

Existen reglamentos nacionales para estructuras de hormigón, acero y madera (CIRSOC 201, 203 y 601, respectivamente). El desarrollo reglamentario de otras técnicas facilitará la aprobación de regulaciones para la construcción segura y el impulso de una industria orientada a la sustentabilidad.

Muchas municipalidades de la República Argentina ejercen los derechos autonómicos establecidos por los artículos 5 y 123 de la Constitución Nacional y sus respectivas constituciones provinciales, por lo que conservan la potestad de incorporar especificaciones técnicas propias en sus códigos de edificación.

En Argentina existen diferentes documentos públicos:

**Los reglamentos** establecen requisitos generales fundamentales y de aplicación obligatoria, generalmente el organismo que los aprueba y pone en vigencia es el encargado de la obra pública.

**Las normas** pueden ser consultadas y referenciadas, se distinguen entre técnicas y jurídicas, y versan acerca de la forma de cumplir los reglamentos, ayudan a mejorar la calidad, seguridad y competitividad industrial.

**Los códigos** de edificación son el conjunto de normas técnicas sistemáticas que regulan una materia determinada. La elaboración de códigos de edificación es de competencia municipal y provincial y su ámbito de aplicación se limita a sus respectivas jurisdicciones.

En ellos se establecen estándares de calidad, habitabilidad, seguridad, tecnologías y materiales de las construcciones. Estos códigos son aprobados por ordenanzas emanadas del poder legislativo y se dividen en dos partes:

**Norma jurídica:** conjunto de considerandos y artículos que indican qué se va a autorizar.

**Norma técnica:** es un paso simultáneo o posterior a la norma jurídica, consiste en el conjunto de parámetros técnicos e instrucciones operativas para su implementación. Esta norma da contenido a la parte jurídica. Su inexistencia o inadecuada redacción puede generar una sobre o sub-regulación que haga inoperativa la norma.

La aplicación de reglamentos y códigos de construcción se verifica principalmente en las edificaciones formales, públicas o privadas, en directa proporcionalidad con la centralidad urbanística: cuanto más cerca al centro de una ciudad, más son las edificaciones que ajustan su diseño, ejecución y control a las normas y reglamentos vigentes. La edificación informal, con mayor presencia en áreas periurbanas y el ámbito rural, se encuentra más alejada de los códigos y estándares mínimos de calidad referidos a seguridad, habitabilidad y durabilidad, con consecuencias muchas veces catastróficas, como generalmente ocurre en los asentamientos en zonas de relleno, inundables o de riesgo sísmico.

## NORMATIVA DE CONSTRUCCIÓN CON MADERA

### REGLAMENTO ARGENTINO DE ESTRUCTURAS DE MADERA

Se llama CIRSOC 601 al Reglamento argentino de estructuras de madera, que fue aprobado por la Secretaría de Obras Públicas de la Nación en 2016, a través de una RESOL-2016-22-E-APN-SECOP#MI, bajo la coordinación de la dirección técnica del INTI CIRSOC y la supervisión de la Comisión Permanente de Estructuras de Madera, de carácter obligatorio para el cálculo estructural. En él se definen los métodos y disposiciones generales a emplear en el diseño y construcción de estructuras para edificaciones y obras civiles con madera aserrada, madera laminada encolada y productos derivados; diseño y fabricación de uniones simples y múltiples. Considera requisitos relativos al comportamiento mecánico y la durabilidad de las estructuras, sin atender aspectos tales como el aislamiento térmico y acústico, entre otros. Las propiedades mecánicas (dureza, resistencia, elasticidad, etc.) se han determinado siguiendo criterios de aceptación internacional.



Los valores de referencia corresponden a las siguientes combinaciones de especie y procedencia:

- » *Araucaria angustifolia* de Misiones.
- » *Eucalyptus grandis* de la Mesopotamia.
- » *Pinus taeda* y *P. elliottii* del Noreste.
- » *Populus deltoides* 'australiano 129/60' y 'Stoneville 67' del delta paranaense.
- » *Pinus ponderosa*.

Si bien el reglamento no excluye la utilización de materiales, métodos de diseño y sistemas estructurales alternativos a los descriptos, deberá demostrarse, a través de análisis teóricos, ensayos de carga, estudio de modelos o acreditada experiencia, que los mismos tendrán un desempeño satisfactorio. Las acciones provocadas por sismos deben ser determinadas de acuerdo con el reglamento INPRES-CIRSOC 103 correspondiente y/o la Disposición N° 2- INPRES -2019.

La información de la reciente incorporación de *Pinus ponderosa* está disponible en el Suplemento del Reglamento argentino de estructuras de madera (publicado en julio de 2020).

El Área de Desarrollo Foresto Industrial de la Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca publicó en su sitio oficial una serie de documentos sobre la construcción con madera que pueden descargarse libremente desde este link:

<https://www.magyp.gob.ar/sitio/areas/desarrollo-foresto-industrial/foresto-industria/documentos-construccion-madera.php?accion=imp>

- » Diagnóstico integral de la cadena de valor de construcción con madera y aspectos estratégicos para su desarrollo
- » Flyer “¿Por qué construir con madera?”
- » Manual de construcción con madera
- » Pliego de especificaciones técnicas general para el sistema de trama cerrada liviana (sistema de bastidores)
- » Plano de casa-modelo-1
- » Plano de casa-modelo-2
- » Plano de casa-modelo-3
- » Plano de casa-modelo-4
- » Planos de módulos de extensión

Dentro de ese listado se encuentran diversos documentos de apoyo con el propósito de facilitar la interpretación de los criterios de diseño adoptados por el reglamento CIRSOC 601, entre ellos:



» **Manual de aplicación de los criterios de diseño adoptados en el reglamento argentino de estructuras de madera**

Presenta ejemplos resueltos y comentados referidos al diseño de miembros estructurales (de madera aserrada y laminada encolada) y de uniones mecánicas. También provee tablas auxiliares para el cálculo que sirven de apoyo al calculista estructural.

» **Guía para el proyecto de estructuras de madera con bajo compromiso estructural en base al reglamento CIRSOC 601**

Publicada con el propósito de complementar los contenidos del manual mencionado, con foco en viviendas de una planta. Presenta ejemplos de aplicación de soluciones estructurales estandarizadas para una determinada zona geográfica de aplicación y para viviendas que satisfacen requisitos establecidos en cuanto a su geometría y dimensiones.

**¿Sabías que...?**

Todos los documentos CIRSOC pueden ser consultados y descargados gratuitamente en el siguiente link:  
<https://www.inti.gov.ar/areas/servicios-industriales/construcciones-e-infraestructura/cirsoc/reglamentos>



## ENTRAMADO DE MADERA COMO SISTEMA CONSTRUCTIVO TRADICIONAL

El sistema de construcción de entramado de madera, también llamado plataforma y entramado o *platform frame*, es el más popular de la construcción en seco a nivel mundial, se basa en una estructura de listones finos y numerosos que pueden clavarse entre sí. Es liviano, permite construirse en módulos prefabricados e incorporar materiales naturales como fibras o celulosa para su aislación térmica. Otras ventajas están asociadas a la reducción de tiempos, costos y al empleo de insumos renovables y reciclables.

Desde el año 2018 la construcción con entramado de madera para uso de estructuras portantes es considerada “tradicional” en Argentina, gracias a la aprobación de la Resolución 3-E/2018 de la ex Secretaría de Vivienda y Hábitat (<https://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/verNorma.do?id=305849>). Esta resolución equipara a este sistema constructivo con las estructuras de hormigón, hierro o mampostería y esto significa que su empleo no requiere certificado de aptitud técnica (CAT).

El sistema de plataforma y entramado (*platform frame*) es la evolución del *balloon frame*, la diferencia radica en que la estructura se levanta planta por planta, permitiendo trabajar con piezas de madera más cortas y livianas. Además, las plataformas demoran el paso de la llama a los pisos superiores en caso de incendio.



## NORMATIVA DE CONSTRUCCIÓN CON TIERRA

La conservación y restauración del patrimonio es un área en la que la normativa resulta indispensable, puesto que buena parte de los monumentos históricos están contruidos con tierra. Desconocer su valor, extensión y requerimientos de mantenimiento podría significar la pérdida de expresiones invaluable de la arquitectura vernácula y contemporánea.

La UNESCO reconoce que al menos el 30 % de la población mundial vive en edificaciones de tierra, el mismo material que constituye al 10 % del Patrimonio Cultural de la Humanidad.

El incremento del déficit habitacional, sumado al interés por construir edificios con criterios de sustentabilidad, podrían ubicar a la tierra en un rol protagónico. Estas razones, entre otras, justifican la necesidad y conveniencia de elaborar una normativa específica que, atendiendo a las tradiciones y condicionantes propias de cada región, defina directrices, códigos y reglamentos para regular la construcción con tierra en forma análoga a la existente para la construcción convencional, a fin de garantizar apropiados estándares de calidad, seguridad y durabilidad.

## NORMATIVA INTERNACIONAL

Son varios los países que poseen recomendaciones, reglamentos y normas para utilizar tierra en diferentes sistemas constructivos. Se destacan Perú, Brasil, Colombia, Chile, México, EEUU, España, Francia, Alemania, India, Nigeria, Costa de Marfil, Sudáfrica, Turquía, Nueva Zelanda y Australia. En Argentina se toman como referencia principalmente la norma del Perú E.080 Diseño y construcción con tierra reforzada y la norma NBR 10836 de Brasil, que constituyen un valioso material de consulta junto con las especificaciones del Centre International de la Construction en Terre de Francia, las del Ministerio de Obras Públicas y Transportes de España y las del Texas Transportation Institute.

También las recomendaciones para adobe, tapia y bloque de tierra comprimida (BTC) emitidas por el Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo en 1995 por un grupo de expertos de América Latina; los códigos y reglamentaciones vigentes (CIRSOC, INPRES-CIRSOC, normas IRAM) y los ensayos pertinentes de acuerdo al caso que se trate.

Ciudad amurallada de Shibam en Yemen. Íntegramente construida con tierra, sus edificios más altos alcanzan los 16 pisos y es conocida como la ciudad de rascacielos más antigua del mundo. Es Patrimonio de la Humanidad de la Unesco desde el año 1982.



## NORMAS Y DESARROLLOS LOCALES

Si bien en Argentina existe la posibilidad de aplicar reglamentos nacionales vigentes para técnicas constructivas como los entramados de madera, es escasa la obra pública que utiliza tierra. En las últimas tres décadas estas experiencias en planes de vivienda, infraestructura educativa y de salud han obtenido valores adecuados de resistencia mecánica en sus componentes básicos y elementos constructivos (bloques, muros, muretes, paños).

Numerosos organismos municipales son proclives al criterio de permitir el empleo de la tierra y otros materiales locales tradicionales en la construcción pública y privada, incluso algunos promocionan la construcción de viviendas y edificios del equipamiento urbano (escuelas, puestos de salud, salones comunitarios, oficinas, depósitos, etc.). La mayoría de los procesos legislativos vinculados a la construcción con tierra han sido impulsados de manera autogestiva por profesionales, autogestores (que contratan o son asistidos por profesionales) y grupos de autoconstructores.



En las normas IRAM referidas a la mecánica de los suelos el Instituto Argentino de Normalización y Certificación establece definiciones, criterios de clasificación y métodos para la identificación, descripción y determinación de las constantes físicas y propiedades químicas y mecánicas de suelos de uso ingenieril. Muchas de ellas son válidas y se aplican por analogía al estudio de suelos de uso arquitectónico.

Si bien es posible efectuar el análisis estructural mediante métodos racionales basados en la resistencia de los materiales, el déficit normativo se centra en temas de diseño, cálculo y dimensionado de elementos constructivos y sistemas estructurales. Al no existir reglas particulares que los especifiquen se adoptan recomendaciones, no siempre concordantes, elaboradas en instituciones locales de investigación y desarrollo tecnológico.

Un informe reciente de la Red Protierra Argentina, enfocada en el desarrollo responsable de la preservación y construcción con tierra, investiga la situación reglamentaria nacional y concluye que la vacancia de un reglamento nacional referido a construcciones con tierra propició acciones individuales, heterogéneas y dispersas en provincias y municipios que dictaron ordenanzas, decretos, leyes o modificaciones reglamentarias que, en líneas generales, carecen de anexos técnicos.



Escuela primaria N° 299 en Tatón, Catamarca. Construida con muro doble de bloques de tierra comprimida por el Ministerio de Obras Públicas provincial con fondos del Ministerio de Educación de la Nación.

La investigación también constata que no existe norma para la preservación del patrimonio construido en tierra, incluso rige una restricción para el empleo de adobe, indicada por el Instituto Nacional de Prevención Sísmica, para toda obra de carácter nacional. La preocupación por la estabilidad y calidad de las edificaciones cobró una dimensión mayor a raíz de los sismos en San Juan de 1944 y 1977; frente a estos fenómenos la construcción con tierra quedó en el foco de la discusión. La arquitectura tiene por tarea buscar mecanismos que aseguren resolver el cobijo y la seguridad de las personas, existen experiencias en sismorresistencia para las construcciones con tierra desarrolladas en otros países que pueden ser buenas referencias, así como un importante desarrollo de técnicas tradicionales y nuevas. El trabajo de la Red Protierra subraya también que existe una dispersión de términos empleados sobre las técnicas de construcción que favorece a la confusión y que muchas de las cuestiones señaladas podrían resolverse en torno a un reglamento: acuerdos, glosarios, sistematización de manuales, elaboración de nomencladores, acciones, actividades e instrumentos que estimulen al desarrollo tecnológico de la construcción con tierra y/u otros materiales naturales.



Escuela secundaria N° 39 construida con tierra en Catamarca. Fuente Arq. María Watkins.

## CERTIFICADOS DE APTITUD: TÉCNICA Y SISMORRESISTENTE

### CERTIFICADOS DE APTITUD TÉCNICA DE SISTEMAS CONSTRUCTIVOS, ELEMENTOS O MATERIALES

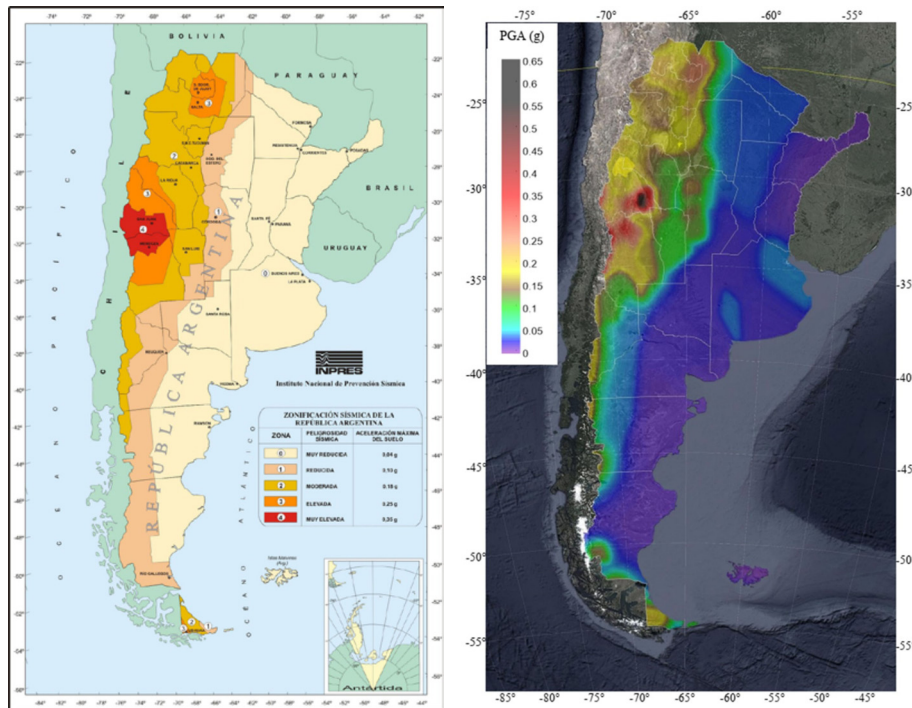
Los reglamentos nacionales de seguridad estructural establecen requisitos relacionados con el comportamiento mecánico y durabilidad de las estructuras y los materiales y sistemas constructivos que considera tradicionales. Los materiales, elementos y sistemas constructivos no tradicionales requieren, además, verificaciones de eficiencia energética, habitabilidad, seguridad contra incendios y durabilidad a través de un certificado de aptitud técnica (CAT) que se gestiona a través de <https://tramitesadistancia.gob.ar/tramitesadistancia/detalle-tipo?id=2180>.

La resolución SVOA N° 288 de fecha 17 de septiembre de 1990 reglamentó el otorgamiento del CAT y define a “los materiales, elementos y sistemas constructivos serán considerados ‘no tradicionales’ cuando a juicio de la Dirección Nacional de Tecnología no existan normas, reglamentos o disposiciones de organismos nacionales que establezcan las condiciones a las que debe ajustarse el uso, o bien que éste último no se encuentre claramente difundido”.

Este certificado incluye la evaluación de cálculos y verificaciones de tipo teóricas y también ensayos. La cantidad y tipo de los ensayos dependen del sistema o elemento constructivo a evaluar, pero todas deben incluir seguridad estructural, acondicionamiento higrotérmico, aislamiento acústico y ensayos de resistencia al fuego.

## NORMATIVA DE CONSTRUCCIÓN SISMORRESISTENTE

El reglamento INPRES-CIRSOC 103 es la norma argentina para construcciones sismorresistentes. Su prioridad es evitar pérdidas de vidas humanas, lo que se logra asegurando la construcción, aunque los daños que pudiera sufrir por los efectos de terremotos muy severos no permitan la posterior recuperación. En su mapa de zonificación el reglamento identifica zonas con diferente nivel de peligro sísmico. Los requerimientos reglamentarios varían en función de dónde se emplaza la obra, con una peligrosidad sísmica muy elevada para la zona 4 que disminuye hacia la zona 0, muy reducida.



Mapa de zonificación sísmica vigente

Nuevo mapa de peligrosidad sísmica  
Zonificación y peligrosidad sísmica.

Fuente: Instituto Nacional de Prevención Sísmica (INPRES).

Para los sistemas constructivos no tradicionales que se vayan a utilizar en aquellas zonas donde existe riesgo sísmico, el Instituto Nacional de Prevención Sísmica otorga un Certificado de Aptitud Sismorresistente (CAS). Para ello solicita el CAT y además una memoria técnica con firma de profesionales matriculados con el cálculo de sismorresistencia de estructura y uniones, que puede incluir ensayos en mesa vibratoria.

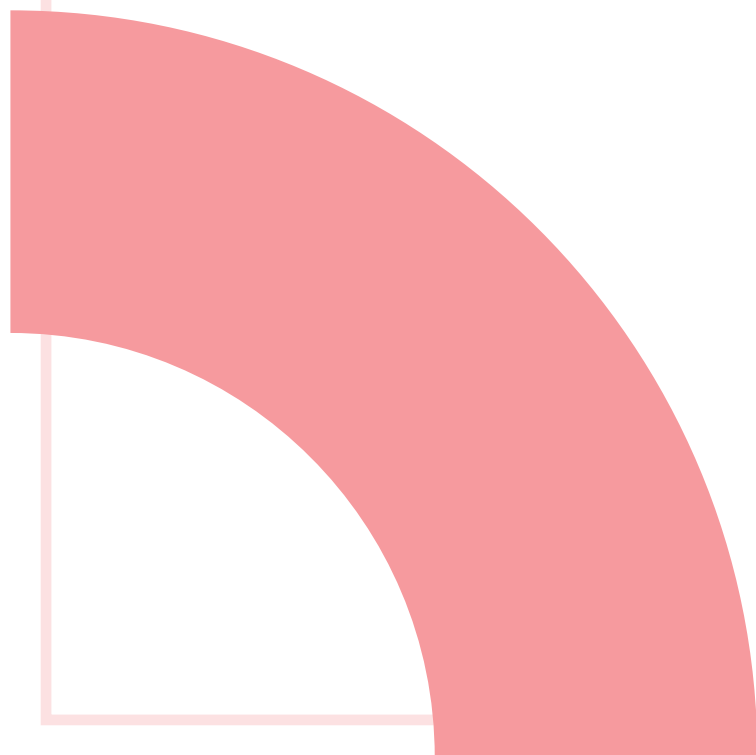
Si bien la presentación de CAT y CAS no son requisitos obligatorios para la obra privada, algunos municipios suelen requerirlos para su aprobación. Por otra parte, es frecuente que las empresas que comercializan elementos o sistemas constructivos considerados no tradicionales utilicen este certificado como estrategia comercial, como garantía de que es apto técnicamente.

### ¿Sabías que...?

El nuevo mapa de peligrosidad sísmica de Argentina contiene una estimación estadística de las aceleraciones o intensidades máximas del movimiento del suelo que pueden ocurrir en cada punto de Argentina, medido en un intervalo de tiempo en años y asignándole una probabilidad de excedencia. Este mapa muestra una distribución gradual de colores y no existen zonas sísmicas, lo cual es una de las grandes diferencias respecto del mapa de zonificación sísmica vigente de Argentina, que contempla 5 zonas sísmicas, desde la zona 0 (peligrosidad muy reducida) hasta la zona 4 (peligrosidad muy elevada).



**PÓSTER**



# Quincha

Una técnica constructiva que está presente en muchos países del mundo y que incorpora varios materiales para ejecutar muros.

Esta publicación del INTI presenta un análisis de la técnica constructiva quincha, adaptada a las necesidades de sostenibilidad y eficiencia energética actuales. Se exploran sus orígenes históricos, materiales y variantes contemporáneas. El estudio detalla los ensayos de laboratorio realizados para caracterizar suelos, determinar la resistencia al fuego y evaluar su conductividad térmica. Además, propone métodos de fabricación sistematizada y repasa el marco normativo nacional e internacional. El objetivo principal de este documento es divulgar información técnica, tanto para el público general como para profesionales del sector, promoviendo esta técnica constructiva como una alternativa simple, replicable y escalable, contribuya a la mitigación del déficit de viviendas, al ahorro energético y al desarrollo de economías regionales.



Casa NH. Gral Rodríguez, Prov. Bs. As. Estudio Brahma Bioconstrucción.

## Materiales



Madera



Fibra vegetal  
Rastrojo de trigo



Tierra  
Suelo arcilloso



Arena



Agua

## Reglamento



**INTI CIRSOC 601**  
Reglamento argentino de estructuras de madera.

## Componentes

**Estructura principal**  
Madera aserrada de álamo de 50 mm x 150 mm  
Unión entre soleras y montantes: 3 clavos espiralados de 4 pulgadas.

**Estructura secundaria**  
Varillas de madera aserrada de álamo de 25 mm x 25 mm  
Separación entre varillas: 130 mm  
Unión entre varillas y estructura: Clavo espiralado de 2,5 pulgadas.

**Relleno**  
Rastrojo de trigo, tierra, agua.  
Espesor: 200 mm  
Densidad: 277 kg/m<sup>3</sup>

**Revoque grueso**  
Rastrojo de trigo, arena, tierra, agua.  
Espesor: 45 mm  
Densidad: 1355 kg/m<sup>3</sup>

**Revoque fino**  
Arena, tierra, agua.  
Espesor: 5 mm

## Características



**Eficiente**  
Genera confort, ahorro de energía y reducción de emisiones de GEI



**Sustentable**  
Utiliza materiales naturales que capturan carbono en su crecimiento.



**Saludable**  
Utiliza materiales naturales, inoocuos e higroscópicos que regulan la humedad interior



**Liviano**  
Ahorro de inversión en fundaciones. Propicia el trabajo inclusivo



**Económico**  
Comparado con otros sistemas constructivos de similares desempeños



**Prefabricable**  
Las piezas de madera y relleno pueden prefabricarse en taller y montarse en obra

Fabricación sistematizada de paneles en unidad productiva pequeña.

## Desempeños

Resultados obtenidos en ensayos realizados en el Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI).



**Resistencia al fuego del muro**  
Panel simple sin carga  
Norma IRAM 11950: 2010  
Norma IRAM 11949: 2022

FR **240** minutos



**Transmitancia térmica del muro**  
Espesor total: 30 cm  
Relleno 20 cm + Revoques 5 cm

K = **0,30** w/m<sup>2</sup>K



**Conductividad térmica del revoque**  
Densidad: 1355 kg/m<sup>3</sup>  
Norma IRAM 11559:1995

λ = **0,340** w/mK



**Conductividad térmica del relleno**  
Densidad: 277 kg/m<sup>3</sup>  
Norma IRAM 11559:1995

λ = **0,07** w/mK

## Espesor de muro

Espesor necesario de muro para alcanzar la misma capacidad aislante. Desempeño nivel A según norma IRAM 11605. Cálculo realizado para Allen, Río Negro(\*), zona de temperatura de diseño de -6,6 °C, transmitancia térmica K=0,30 W/m<sup>2</sup>K.



Quincha\*\*  
**30 cm**



Adobe\*\*  
**244 cm**



Bloque de tierra comprimida\*\*  
**242 cm**



Muro tabique de hormigón\*\*\*  
**511 cm**



Muro de ladrillo\*\*\*  
**287 cm**



Muro de ladrillo hueco\*\*\*  
**91 cm**

(\* Se utilizan los datos climáticos de la estación meteorológica de Cipolletti citados en la norma IRAM 11603, por ser la más cercana a la localidad de Allen. (\*\*) Incluye revoque de 5 cm de tierra en ambas caras. (\*\*\*) Incluye revoque de cemento de 2 cm en ambas caras.



# GLOSARIO





**Amplitud térmica:** diferencia entre la temperatura máxima y mínima registrada en un lugar durante un período determinado.

**Bloque de tierra alivianada (BTA):** mampuesto aislante prefabricado hecho con una mezcla de tierra (arcilla, arena y/o limo) y fibras vegetales o animales, u otros materiales aislantes. Se puede moldear en bloques usando un encofrado simple y secado al sol.

**Bloque de tierra comprimida (BTC):** mampuesto crudo fabricado mediante la compresión de tierra empleando una prensa especial. El material de base lo constituye la tierra, pero admite la adición de estabilizantes para mejorar las características físicas del bloque, aumentando su resistencia a la compresión y al intemperismo.

**Confort térmico interior:** es un componente del bienestar humano dentro de una vivienda. Una envolvente adecuada contribuye a mantener una temperatura interior estable y confortable, independiente de las condiciones climáticas del entorno.

**Consumo energético:** energía dedicada al funcionamiento sistemas de climatización auxiliares para mantener una temperatura confortable. Este consumo energético tiene costos económicos, de recursos naturales y emisión de GEI.

**Eficiencia energética:** es la capacidad de un sistema para realizar una función utilizando la menor cantidad posible de energía. Implica reducir el consumo sin afectar el rendimiento ni el confort. Es un criterio clave en sostenibilidad y gestión energética.

**Envolvente (de un edificio):** conjunto de elementos que delimitan el interior de un edificio y lo separan del exterior, como paredes, techos, ventanas y pisos. Su principal función es proteger el interior del edificio de las condiciones climáticas exteriores y mantener un confort térmico adecuado.

**Escuadría:** conjunto de las dos dimensiones de la sección transversal de una pieza de madera que está o ha de ser labrada a escuadra.

**Mampuesto:** un material de construcción, generalmente una piedra, un adobe o un ladrillo, que se utiliza para construir muros o paredes. Es el elemento individual que se coloca a mano para formar una estructura.

**Monolítico/a:** que está hecho de una sola pieza.

**Montante:** elementos verticales de construcción, como listones de madera, perfiles aluminio o acero, que sirven para sostener paredes, ventanas o techos.

**Probeta:** muestra de cualquier sustancia o material para someter a pruebas.

**Resistencia térmica total (Rt):** inversa de la transmitancia térmica del elemento. Suma de las resistencias de cada capa del elemento. Se expresa en  $m^2K/W$ .

**Tapial:** técnica monolítica de construcción de muros que utiliza tierra compactada en capas dentro de un encofrado.

**Transmitancia térmica (K, 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  $W/(m^2K)$ .

**Zona bioclimática:** área geográfica caracterizada por información climática similar, clasificada según norma IRAM 11603.



## REFERENCIAS



Acevedo Oliva, R., Broughton Weine, J. y Carrillo Zúñiga, O. (s.f.). *Construcción en quincha liviana. Sistemas constructivos sustentables de reinterpretación patrimonial*. Editorial: O. Carrillo Zúñiga. [https://csustentable.minvu.gob.cl/wp-content/uploads/2020/03/CONSTRUCCION\\_CON\\_QUINCHA\\_LIVIANA\\_1a\\_edicion.pdf](https://csustentable.minvu.gob.cl/wp-content/uploads/2020/03/CONSTRUCCION_CON_QUINCHA_LIVIANA_1a_edicion.pdf)

Associação Brasileira de Normas Técnicas. (2013). *Bloco de solo-cimento sem função estrutural. Análise dimensional, determinação da resistência à compressão e da absorção de água. Método de ensaio* (NBR 10836).

Bestraten, S., Hormías, E. y Altemir, A. (2011). Construcción con tierra en el siglo XXI. *Informes de la Construcción*, 63(523), 5-20. doi: <https://doi.org/10.3989/ic.10.046>

Carazas Aedo, W. (s.f.). *Test Carazas. Manual pedagógico. Ensayos de correlación de las tres fases de la materia tierra*. A+terre. <https://redproterra.org/wp-content/uploads/2021/01/Manual-Test-Carazas.pdf>

Carazas Aedo, W. y Rivero Olmos, A. (2002). *Bahareque: guía de construcción parasísmica*. CRAterre. [https://www.misereor.org/fileadmin/user\\_upload\\_misereororg/cooperation/es/construccion/guia-de-construccion-bahareque-parasismica.pdf](https://www.misereor.org/fileadmin/user_upload_misereororg/cooperation/es/construccion/guia-de-construccion-bahareque-parasismica.pdf)

Centro de Investigación de los Reglamentos Nacionales de Seguridad para las Obras Civiles (INTI). (2016). *Reglamento argentino de estructuras de madera* (CIRSOC 601). <http://www.inti.gob.ar/assets/uploads/files/cirsoc/aprobados%20en%202016/CIRSOC601-completo.pdf>

Centro de Investigación de los Reglamentos Nacionales de Seguridad para las Obras Civiles (INTI). (2020). *Suplementos del reglamento argentino de estructuras de madera* CIRSOC 601-2016. <http://www.inti.gob.ar/assets/uploads/files/cirsoc/vigencia-2013/area600/Suplementos-del-CIRSOC-601-2020.pdf>

Cuitiño-Rosales, M. G., Domínguez, A., Vaccaro, G. y Di Cesare, V. (2024). Análisis térmico de muros de quincha alivianada para diferentes temperaturas de diseño en Argentina. *Hábitat Sustentable*, 14 (2), 134-147. <https://doi.org/10.22320/07190700.2024.14.02.11>

Disposición 2 de 2019 [Instituto Nacional de Prevención Sísmica, Argentina]. Por la cual se establecen los límites de altura para construcciones de entramado de madera en zonas sísmicas. 19 de abril de 2019.

Global Alliance for Buildings and Construction. (2017). *2017 Global Status Report. Towards a zero-emission, efficient, and resilient buildings and construction sector*. <https://globalabc.org/sites/default/files/2020-09/2017%20GlobalABC%20GSR%20.pdf>

Global Alliance for Buildings and Construction. (2020). *2020 Global Status Report for Buildings and Construction. Towards a zero-emissions, efficient and resilient buildings and construction sector*. [https://globalabc.org/sites/default/files/2021-02/Buildings-GSR-2020\\_ES\\_SPANISH.pdf](https://globalabc.org/sites/default/files/2021-02/Buildings-GSR-2020_ES_SPANISH.pdf)

Global Alliance for Buildings and Construction. (2022). *2022 Global Status Report for Buildings and Construction. Towards a zero-emission, efficient, and resilient buildings and construction sector*. [https://globalabc.org/sites/default/files/2023-03/2022%20Global%20Status%20Report%20for%20Buildings%20and%20Construction\\_0.pdf](https://globalabc.org/sites/default/files/2023-03/2022%20Global%20Status%20Report%20for%20Buildings%20and%20Construction_0.pdf)

González Holguín, D. (1608). *Vocabulario de la lengua general de todo el Perú llamada lengua quichua o del inca*. Francisco del Canto.

Heathcote, K. (2011). The thermal performance of earth buildings. *Informes de la Construcción*, 63 (523), 117-126. <http://dx.doi.org/10.3989/ic.10.024>

Instituto Argentino de Normalización y Certificación (IRAM). (1994). *Materiales de construcción. Reacción al fuego. Determinación del índice de propagación superficial de llama. Método del panel radiante* (IRAM 11910-3). <https://catalogo.iram.org.ar/#/normas/detalles/663>

Instituto Argentino de Normalización y Certificación (IRAM). (1997). *Elementos de construcción. Resistencia al fuego. Ensayo de elementos vidriados* (IRAM 11952). <https://catalogo.iram.org.ar/#/normas/detalles/673>

Instituto Argentino de Normalización y Certificación (IRAM). (2001). *Aislamiento térmico de edificios. Verificación de sus condiciones higrotérmicas. Ahorro de energía en calefacción. Coeficiente volumétrico G de pérdidas de calor. Cálculo y valores límites* (IRAM 11604). <https://catalogo.iram.org.ar/#/normas/detalles/575>

Instituto Argentino de Normalización y Certificación (IRAM). (2002). *Aislamiento térmico de edificios. Vocabulario*. (IRAM 11549). <https://catalogo.iram.org.ar/#/normas/detalles/530>

Instituto Argentino de Normalización y Certificación (IRAM). (2002). *Aislamiento térmico de edificios. Métodos de cálculo. Propiedades térmicas de los componentes y elementos de construcción en régimen estacionario* (IRAM 11601). <https://catalogo.iram.org.ar/#/normas/detalles/572>

Instituto Argentino de Normalización y Certificación (IRAM). (2003). *Aislamiento térmico de edificios. Puentes térmicos. Parte 1: Cálculo de flujos de calor en edificios. Método para el desarrollo de modelos* (IRAM 11658-1). <https://catalogo.iram.org.ar/#/normas/detalles/9214>

Instituto Argentino de Normalización y Certificación (IRAM). (2003). *Aislamiento térmico de edificios. Puentes térmicos. Parte 2: Procedimiento para la validación de los métodos de cálculo de gran exactitud* (IRAM 11658-2). <https://catalogo.iram.org.ar/#/normas/detalles/9215>

Instituto Argentino de Normalización y Certificación (IRAM). (2016). *Comportamiento al fuego de los elementos de construcción. Resistencia al fuego. Método de ensayo de puertas y elementos de cerramiento* (IRAM 11951). <https://catalogo.iram.org.ar/#/normas/detalles/672>

Instituto Argentino de Normalización y Certificación (IRAM). (2017). *Prestaciones energéticas en viviendas. Método de cálculo y etiquetado de eficiencia energética* (IRAM 11900). <https://catalogo.iram.org.ar/#/normas/detalles/11234>

Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. (2025). *El INTA evalúa la calidad de la madera de álamos en los valles irrigados*. Ministerio de Economía. <https://www.argentina.gob.ar/noticias/el-inta-evalua-la-calidad-de-la-madera-de-alamos-en-los-valles-irrigados>

Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI). (2024a). Informe de ensayo OT N° 224 3823 Único. Apéndice A de esta publicación.

Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI). (2024b). Informe de ensayo OT N° 224-3857 Único. Apéndice B de esta publicación.

Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI). (2024c). Informe de ensayo OT N° 224-3856 Único. Apéndice C de esta publicación.

International Organization for Standardization. (2025). *Fire-resistance tests. Elements of building construction. Part 1: General requirements* (ISO 834). <https://www.iso.org/standard/83943.html>

Lacaze, L., Zampelli, R., Estayno, S. y Braude, H. (2021). *Tecnologías para la eficiencia energética residencial y la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero. Criterios de política pública para su priorización y marco de propuestas para su desarrollo y adopción en el contexto argentino*. Consejo para el Cambio Estructural Ministerio de Desarrollo Productivo de la Nación. [https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/2021/03/dt\\_14\\_-\\_eficiencia\\_energetica.pdf](https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/2021/03/dt_14_-_eficiencia_energetica.pdf)

Minke, G. (2005). *Manual de construcción en tierra. La tierra como material de construcción y su aplicación en la arquitectura actual*. Editorial Fin de Siglo.



Norma E.080 de 2017 [Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, Perú]. Por la cual se definen las características de diseño y construcción con tierra reforzada. 7 de abril de 2017.

Red Proterra. (s.f.). *Red Iberoamericana Proterra*. <https://redproterra.org/es/>

Red Protierra. (s.f.). *Red Protierra Argentina*. <https://redprotierra.com.ar/>

Reglamento INPRES-CIRSOC 103 de 2018 [Ministerio del Interior, Obras Públicas y Vivienda Secretaría de Planificación Territorial y Coordinación de Obra Pública, Argentina]. Reglamento argentino para construcciones sismorresistentes. Parte I: construcciones en general. [http://contenidos.inpres.gob.ar/docs/INPRES-CIRSOC-103\\_Parte\\_I-Reglamento.pdf](http://contenidos.inpres.gob.ar/docs/INPRES-CIRSOC-103_Parte_I-Reglamento.pdf)

Reglamento INPRES-CIRSOC 103 de 2018 [Ministerio del Interior, Obras Públicas y Vivienda Secretaría de Planificación Territorial y Coordinación de Obra Pública, Argentina]. Reglamento argentino para construcciones sismorresistentes. Comentarios a la parte I: construcciones en general. <https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/if-2018-16974605-apn-sptycopmi.pdf>

Resolución 3-E/2018 [Secretaría de Vivienda y Hábitat del Ministerio del Interior, Obras Públicas y Vivienda]. Por la cual se establece el sistema de construcción de entramado de madera para uso de estructuras portantes de edificios como sistema constructivo tradicional. 11 de enero de 2018. <https://www.argentina.gob.ar/normativa/nacional/resoluci%C3%B3n-3-2018-305849>

Resolución 288 de 1990 [Secretaría de Vivienda y Ordenamiento Ambiental]. Por la cual se reglamenta el otorgamiento del certificado de aptitud técnica (CAT) a materiales, elementos y sistemas constructivos no tradicionales. 17 de septiembre de 1990.

Subsecretaría de Transición y Planeamiento Energético. (s.f.). *Balance Energético Nacional de la República Argentina, año 2023*. Ministerio de Economía. [https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/balance\\_2023\\_v0\\_h.xlsx](https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/balance_2023_v0_h.xlsx)

Vogel, C. (2020). *Diagnóstico integral de la cadena de valor de construcción con madera y aspectos estratégicos para su desarrollo. Informe final* [archivo pdf]. [https://www.magyp.gob.ar/sitio/areas/desarrollo-foresto-industrial/foresto-industria/\\_archivos2//000001\\_Diagn%C3%B3stico%20Integral%20de%20la%20Cadena%20de%20Valor%20de%20Construcci%C3%B3n%20con%20Madera%20y%20Aspectos%20Estrat%C3%A9gicos%20para%20su%20Desarrollo.pdf](https://www.magyp.gob.ar/sitio/areas/desarrollo-foresto-industrial/foresto-industria/_archivos2//000001_Diagn%C3%B3stico%20Integral%20de%20la%20Cadena%20de%20Valor%20de%20Construcci%C3%B3n%20con%20Madera%20y%20Aspectos%20Estrat%C3%A9gicos%20para%20su%20Desarrollo.pdf)



# APÉNDICES





Instituto  
Nacional  
de Tecnología  
Industrial



Ministerio de Economía  
Secretaría de Industria  
y Desarrollo Productivo

## Informe de Ensayo

OT N° 224 3823 Único  
Página 1 de 21

Fecha de Informe: 29/04/2024

### Solicitante

#### MUN. DE ALLEN

Avenida Eva Perón 189 – Allen, Pcia. de Río Negro  
CP (8328)

### Elementos a ensayar

Una muestra constituida por un panel denominado como: "PANEL DE ENTRAMADO DE MADERA QUINCHA".

### Determinaciones requeridas

Determinación y Clasificación de la Resistencia al Fuego.

### Nombre y dirección de la UO responsable del informe

Depto. de Seguridad Contra Incendios y Explosiones – Dir. Evaluación y Rehabilitación Edilicia -  
Subgerencia Operativa de Construcciones e Infraestructura. Av. General Paz 5445, San Martín, Pcia. de Buenos  
Aires

### Fecha de recepción

07 de diciembre de 2023

### Fecha de finalización de montaje

04 de abril de 2024

### Fecha de ensayo

19 de abril de 2024

### Metodología empleada

El ensayo se realizó de acuerdo a las indicaciones de la Norma IRAM 11950: 2010 - "Resistencia al fuego de los elementos de la construcción - Método de ensayo" y la clasificación se efectuó de acuerdo a la Norma IRAM 11949: 2014 - "Resistencia al fuego de los elementos de la construcción - Criterios de clasificación".

### Montaje

La muestra fue montada por personal del área INTI Tecnologías Sustentables. La superficie ensayada de la muestra fue de 3m x 3m.

La construcción de la muestra comenzó con la estructura de madera en noviembre del 2023, luego en distintas etapas se realizó el relleno aislante y los revoques de terminación, durante un período de cuatro meses. El avance fue de acuerdo a las etapas de secado natural del material de construcción, finalizando en marzo del 2024. El contenido de humedad de la muestra no fue verificado por los técnicos del laboratorio. El ensayo se realizó cuando el personal de INTI Tecnologías Sustentables consideró que el contenido de humedad era el adecuado sin notificar valor al laboratorio.

**El panel se evaluó como un cerramiento simple sin estado de carga.**

Ver cláusulas aplicables a este informe al final del documento



[www.inti.gov.ar](http://www.inti.gov.ar) | [consultas@inti.gov.ar](mailto:consultas@inti.gov.ar) | 0800 444 4004

IF-2024-43710703-APN-SOCEI#INTI

Página 1 de 21



Instituto  
Nacional  
de Tecnología  
Industrial



Ministerio de Economía  
Secretaría de Industria  
y Desarrollo Productivo

## Informe de Ensayo

OT N° 224 3823 Único  
Página 2 de 21

### Muestra

-Caras del panel (Interior y Exterior)

Revoque grueso

Una parte de suelo

Una parte de agua

Dos partes de rastrojo de trigo cortado (máximo 5 cm longitud)

Dos partes de arena

Espesor: 45 mm

Densidad aproximada: 1400 kg/m<sup>3</sup>

### Revoque fino

Una parte de suelo tamizado

Dos partes de arena tamizada

Una parte de agua

Espesor: 5 mm

Densidad aproximada: 1500 kg/m<sup>3</sup>

### -Interior del panel

Panel ciego intermedio (no rigidizado) de madera de álamo conformado por montantes verticales separados entre sí a 57 cm y vinculados por dos soleras horizontales, una inferior y una superior. La sección de todas las piezas de madera es de 5 centímetros por 15 centímetros.

Varillas de madera de 2,5 cm x 2,5 cm (1 x 1 pulgadas) cumplen la función de sostener el relleno aislante de fibras vegetales mezcladas con tierra. No cumplen un rol estructural. Se disponen separadas cada 13 cm; a 45° respecto de los montantes (verticales) de la estructura principal, en ambas caras de la estructura y de manera perpendicular entre sí.

### Relleno

Fibra vegetal: rastrojo de trigo entero, sin cortar.

Suelo en estado líquido compuesto por: 1 parte de suelo arcillo limoso (arena 17%, limo 40%, arcilla 43%) + 1 parte de agua.

Espesor del relleno: 200 mm

Densidad aproximada: 400 kg/m<sup>3</sup>

### -Espesor de panel: 300 mm

Los detalles de la constitución y construcción del panel fueron entregados por el área INTI Tecnologías Sustentables y se detallan en el ANEXO V adjunto al presente informe y que forma parte del mismo.

Ver cláusulas aplicables a este informe al final del documento



[www.inti.gov.ar](http://www.inti.gov.ar) | [consultas@inti.gov.ar](mailto:consultas@inti.gov.ar) | 0800 444 4004

IF-2024-43710703-APN-SOCEI#INTI

Página 2 de 21

## Informe de Ensayo

OT N° 224 3823 Único  
Página 3 de 21



Cara no expuesta al fuego

Cara expuesta al fuego

### Resultados

La temperatura ambiente al comenzar el ensayo era de 18° C. El programa térmico obtenido y que está dentro de las tolerancias descritas por la norma, se da en el ANEXO II, adjunto al presente informe y que forma parte del mismo.

#### I. Integridad

No se detectó en la muestra pérdida de la integridad durante el tiempo de realización del ensayo.

#### II. Aislamiento térmico

Las temperaturas de la cara no expuesta se han registrado en los puntos indicados en el croquis del ANEXO I, adjunto al presente informe y que forma parte del mismo.

Las curvas de evolución de la temperatura puntual y promedio en la cara no expuesta del panel se detallan en el ANEXO III, adjunto al presente informe y que forma parte del mismo.

Se han utilizado termopares de Hierro - Constantán (Tipo J).

- **Temperatura media de la cara no expuesta**

En la muestra no se alcanzó la temperatura media límite de  $140^{\circ}\text{C} + T_0$  ( $T_0$  = Temperatura ambiente) durante el tiempo de realización del ensayo.

La temperatura media corresponde al promedio de la temperatura registrada en los cinco termopares situados en el panel de acuerdo a la norma de referencia. (Para el panel corresponde al promedio de las temperaturas registradas en los puntos 2, 3, 4, 5 y 6).

- **Temperatura máxima de la cara no expuesta**

En la muestra no se alcanzó la temperatura puntual límite de  $180^{\circ} + T_0$  ( $T_0$  = Temperatura ambiente) durante el tiempo de realización del ensayo.

Ver cláusulas aplicables a este informe al final del documento



www.inti.gov.ar | consultas@inti.gov.ar | 0800 444 4004

IF-2024-43710703-APN-SOCEI#INTI

## Informe de Ensayo

OT N° 224 3823 Único  
Página 4 de 21

### Nota

- En el minuto 240 desde el comienzo del ensayo y de común acuerdo con el solicitante se da por finalizado el mismo.

### Conclusiones

De los datos obtenidos en el ensayo efectuado de conformidad a la Norma IRAM 11950: 2010 - "Resistencia al fuego de los elementos de la construcción - Método de ensayo" con las condiciones de ensayo descritas en este informe y con la muestra especificada se concluye que:

- Integridad 240 MINUTOS
- Aislación térmica 240 MINUTOS

### Clasificación

De acuerdo a los resultados obtenidos, según los requerimientos de la norma IRAM 11949: 2014 - "Resistencia al fuego de los elementos de la construcción - Criterios de clasificación" sobre la muestra ensayada el día 19/04/2024 e identificada por el solicitante como: "PANEL DE ENTRAMADO DE MADERA QUINCHA" ha obtenido la siguiente clasificación:

Panel "PANEL DE ENTRAMADO DE MADERA QUINCHA"	
<b>FR 240</b>	
<b>RESISTENTE AL FUEGO</b>	<b>240 MINUTOS</b>
<b>O.T.: 3823 ÚNICO</b>	<b>19/04/2024</b>

Ver cláusulas aplicables a este informe al final del documento



www.inti.gov.ar | consultas@inti.gov.ar | 0800 444 4004

IF-2024-43710703-APN-SOCEI#INTI

## Informe de Ensayo

OT N° 224 3823 Único  
Página 5 de 21

### Anexos:

- Anexo I – Ubicación de los termopares – Pág. 6
- Anexo II – Curva interior del horno - Pág. 7
- Anexo III – Curva de temperaturas exteriores - Pág. 8
- Anexo IV – Registro fotográfico - Pág. 9 a 16
- Anexo V – Memoria técnica - Pág. 17 a 20

### Observaciones

El resultado del INTI no es un certificado de producto y, por lo tanto, no se habilita a aplicar el logo del INTI sobre un producto o proceso en ningún formato; sea físico, digital o gráfico.

El INTI acepta que el solicitante del ensayo no entregue copias del "Anexo V" a terceros, por contener información confidencial perteneciente al Usuario/Cliente de esta OT, quedando a criterio de estos la divulgación del anexo en cuestión. Los resultados contenidos en el presente informe corresponden a las condiciones en las que se realizaron las mediciones y/o los ensayos solicitados.

Operadores del Ensayo: MMO Nicolás Molina / MMO Javier Niell / Ezequiel Pavón  
Preparó: JN Revisó: VC/ NM / MEC Aprobó: SBV

El presente informe ha sido firmado digitalmente mediante el Sistema de Gestión Documental Electrónica (GDE) cumpliendo con los estándares internacionales de seguridad adoptados por la Infraestructura de Firma Digital de la República Argentina (IFDRA).

Ver cláusulas aplicables a este informe al final del documento



[www.inti.gob.ar](http://www.inti.gob.ar) | [consultas@inti.gob.ar](mailto:consultas@inti.gob.ar) | 0800 444 4004

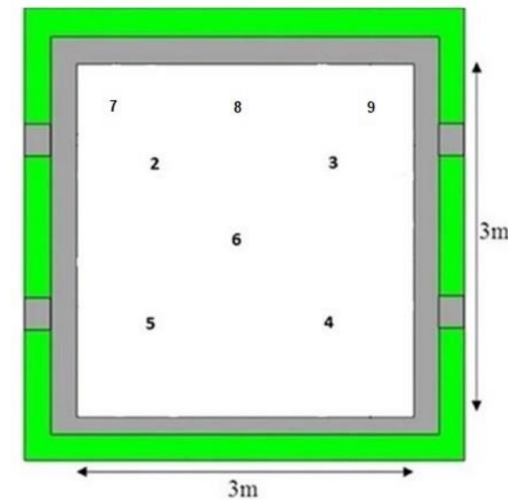
IF-2024-43710703-APN-SOCEI#INTI

## Informe de Ensayo

OT N° 224 3823 Único  
Página 6 de 21

### Anexo I

CROQUIS DE LA POSICIÓN DE TERMOPARES  
EN EL ELEMENTO ENSAYADO



Ver cláusulas aplicables a este informe al final del documento



[www.inti.gob.ar](http://www.inti.gob.ar) | [consultas@inti.gob.ar](mailto:consultas@inti.gob.ar) | 0800 444 4004

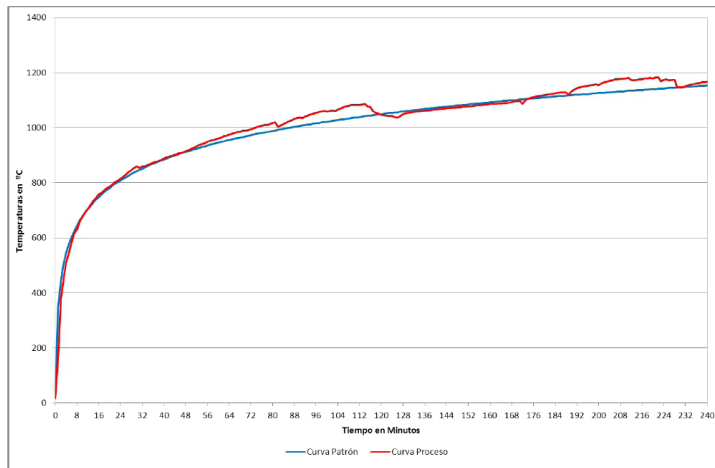
IF-2024-43710703-APN-SOCEI#INTI

### Informe de Ensayo

OT N° 224 3823 Único  
Página 7 de 21

#### Anexo II

GRÁFICO DE EVOLUCIÓN DE LA TEMPERATURA MEDIA DEL HORNO DURANTE EL ENSAYO (PROCESO - REAL)



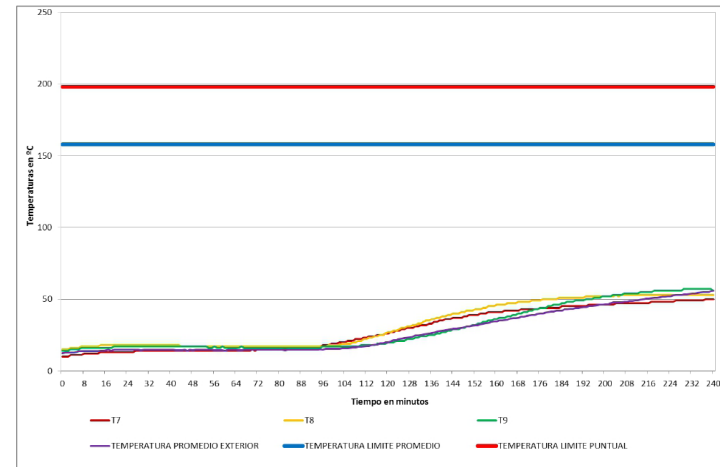
Ver cláusulas aplicables a este informe al final del documento

### Informe de Ensayo

OT N° 224 3823 Único  
Página 8 de 21

#### Anexo III

GRÁFICO DE INCREMENTO DE LAS TEMPERATURAS PUNTALES Y PROMEDIO EN LA CARA NO EXPUESTA DE LA MUESTRA



Ver cláusulas aplicables a este informe al final del documento

### Informe de Ensayo

OT N° 224 3823 Único  
Página 9 de 21

#### Anexo IV



Imagen 1 - Aspecto de la cara expuesta de la muestra antes del comienzo del ensayo.

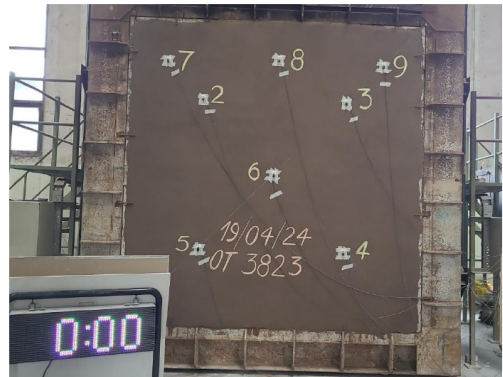


Imagen 2 - Aspecto de la cara no expuesta de la muestra antes del comienzo del ensayo.

Ver cláusulas aplicables a este informe al final del documento

### Informe de Ensayo

OT N° 224 3823 Único  
Página 10 de 21

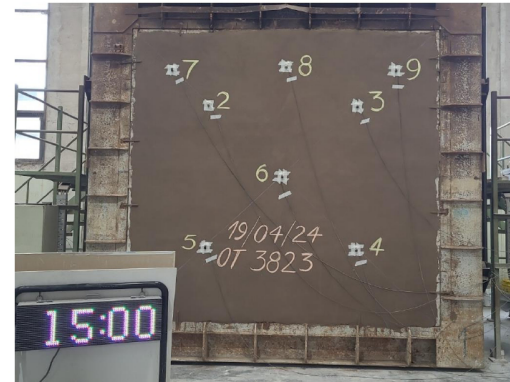


Imagen 3 - Aspecto de la muestra a los 15 minutos desde el comienzo del ensayo.



Imagen 4 - Aspecto de la muestra a los 30 minutos desde el comienzo del ensayo.

Ver cláusulas aplicables a este informe al final del documento

### Informe de Ensayo

OT N° 224 3823 Único  
Página 11 de 21

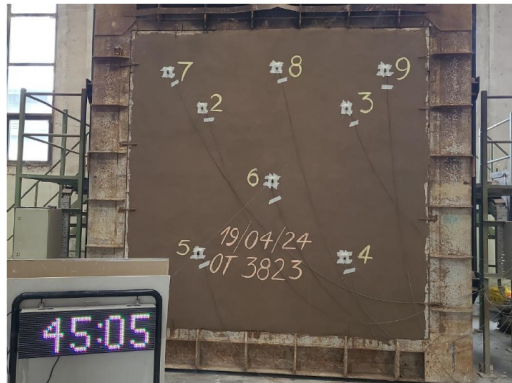


Imagen 5 - Aspecto de la muestra a los 45 minutos desde el comienzo del ensayo.

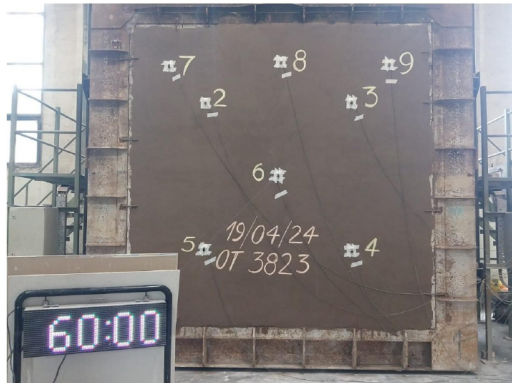


Imagen 6 - Aspecto de la muestra a los 60 minutos desde el comienzo del ensayo.

Ver cláusulas aplicables a este informe al final del documento

  
[www.inti.gov.ar](http://www.inti.gov.ar) | [consultas@inti.gov.ar](mailto:consultas@inti.gov.ar) | 0800 444 4004

IF-2024-43710703-APN-SOCEI#INTI

### Informe de Ensayo

OT N° 224 3823 Único  
Página 12 de 21

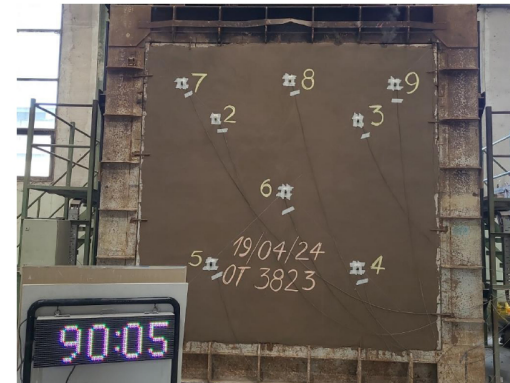



Imagen 7 - Aspecto de la muestra a los 90 minutos desde el comienzo del ensayo.



Imagen 8 - Aspecto de la muestra a los 120 minutos desde el comienzo del ensayo.

Ver cláusulas aplicables a este informe al final del documento

  
[www.inti.gov.ar](http://www.inti.gov.ar) | [consultas@inti.gov.ar](mailto:consultas@inti.gov.ar) | 0800 444 4004

IF-2024-43710703-APN-SOCEI#INTI

### Informe de Ensayo

OT N° 224 3823 Único  
Página 13 de 21

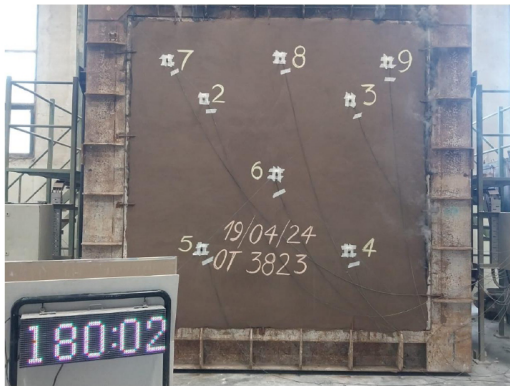


Imagen 9 - Aspecto de la muestra a los 180 minutos desde el comienzo del ensayo.

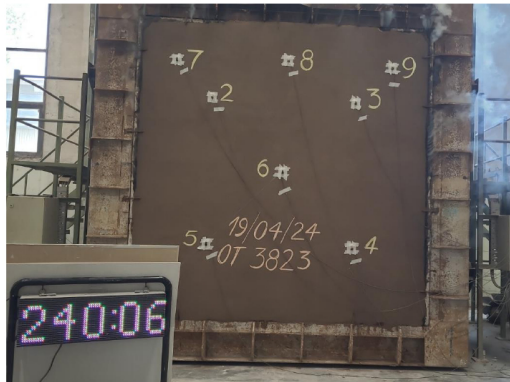


Imagen 10 - Aspecto de la muestra a los 240 minutos desde el comienzo del ensayo, momento previo a la interrupción del mismo.

Ver cláusulas aplicables a este informe al final del documento

 [www.inti.gov.ar](http://www.inti.gov.ar) | [consultas@inti.gov.ar](mailto:consultas@inti.gov.ar) | 0800 444 4004

IF-2024-43710703-APN-SOCEI#INTI

### Informe de Ensayo

OT N° 224 3823 Único  
Página 14 de 21



Imagen 11 - Aspecto de la cara expuesta de la muestra una vez finalizado el ensayo.

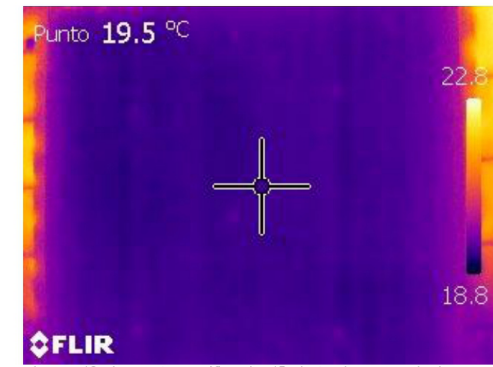


Imagen 12 - Imagen termográfica a los 15 minutos de comenzado el ensayo.

Ver cláusulas aplicables a este informe al final del documento

 [www.inti.gov.ar](http://www.inti.gov.ar) | [consultas@inti.gov.ar](mailto:consultas@inti.gov.ar) | 0800 444 4004

IF-2024-43710703-APN-SOCEI#INTI

### Informe de Ensayo

OT N° 224 3823 Único  
Página 15 de 21

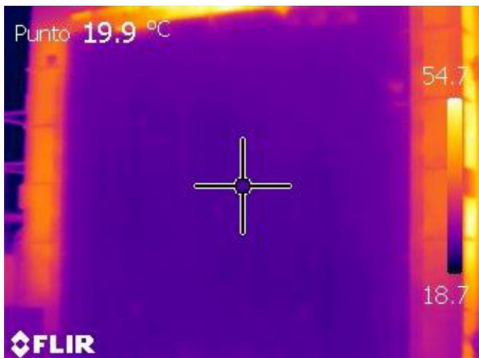


Imagen 12 – Imagen termográfica a los 30 minutos de comenzado el ensayo.

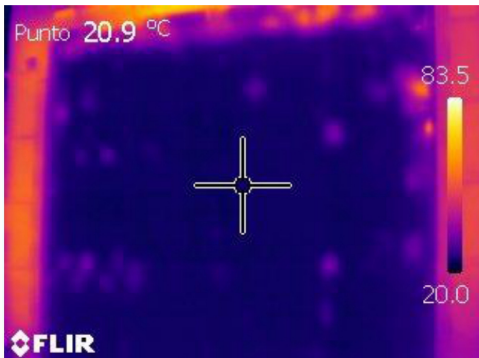


Imagen 13 – Imagen termográfica a los 60 minutos de comenzado el ensayo.

Ver cláusulas aplicables a este informe al final del documento

 [www.inti.gov.ar](http://www.inti.gov.ar) | [consultas@inti.gov.ar](mailto:consultas@inti.gov.ar) | 0800 444 4004

IF-2024-43710703-APN-SOCEI#INTI

### Informe de Ensayo

OT N° 224 3823 Único  
Página 16 de 21

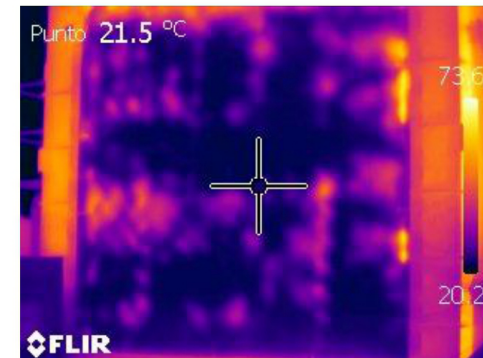


Imagen 14 – Imagen termográfica a los 90 minutos de comenzado el ensayo.

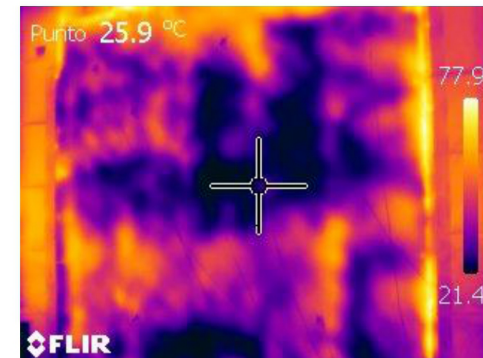


Imagen 15 – Imagen termográfica a los 120 minutos de comenzado el ensayo.

Ver cláusulas aplicables a este informe al final del documento

 [www.inti.gov.ar](http://www.inti.gov.ar) | [consultas@inti.gov.ar](mailto:consultas@inti.gov.ar) | 0800 444 4004

IF-2024-43710703-APN-SOCEI#INTI

Informe de Ensayo

OT N° 224 3823 Único  
Página 17 de 21

Anexo V

INFORMACIÓN TÉCNICA

Panel de entramado de madera "Quincha"

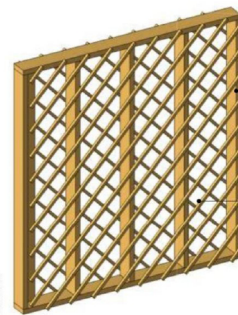
Ensayo de Resistencia al Fuego  
Departamento de Seguridad contra incendio y explosiones  
(Presupuesto N° 224-00002977).

Panel de entramado de madera  
Nombre comercial: panel genérico sin nombre comercial (de dominio público)

Esta propuesta es una versión racionalizada de una técnica constructiva mixta ancestral que incorpora varios materiales para ejecutar muros. Se trata de un panel de madera, fibras vegetales y suelo estabilizado.

Es un panel, también denominado bastidor, de uso como cerramiento o división interna entre locales. Consiste en una estructura principal en base a un entramado de madera que puede calcularse según el Reglamento Técnico INTI-CIRSOC 601.

A esta estructura se le clavan varillas de madera en ambas caras, que cumple la función de sostener el relleno de fibras vegetales mezcladas con tierra en estado plástico (barro). Se deja secar y luego se revocan ambas caras con dos revocos de tierra, un revoco grueso, estabilizado con fibras y arena y un revoco fino a la vista, estabilizado con arena.



Panel ciego intermedio

- Estructura principal:**
  - Madera aserrada de Álamo 5 cm x 15 cm
  - Unión soleras/ montantes: 2 clavos espiralados de 4 pulgadas
- Varillas:**
  - Madera aserrada de Álamo de 2,5 cm x 2,5 cm
  - Unión varillas/estructura: 1 clavo espiralado de 2 1/2 pulgadas
  - Separación entre varillas: 13 cm

Ver cláusulas aplicables a este informe al final del documento

Informe de Ensayo

OT N° 224 3823 Único  
Página 18 de 21

Estructura principal

El elemento constructivo es un panel ciego intermedio (no rigidizado) de madera conformado por parantes o montantes verticales separados entre sí a 57 cm (62 centímetros entre ejes) y vinculados por dos soleras horizontales, una inferior y una superior.

La sección de todas las piezas de madera es de 5 centímetros por 15 centímetros, lo que corresponde a 2 x 6 pulgadas de madera aserrada de Álamo criollo. La madera fue provista por la Cámara de Forestadores, Empresarios Madereros y Afines de la Norpatagonia (CAFEMA).

Fijaciones estructura principal

Los montantes verticales y las soleras horizontales están vinculados entre sí mediante dos clavos espiralados de 10,2 centímetros de longitud (4 pulgadas) por cada unión.

Varillas contenedoras

Las varillas de madera de 2,5 cm x 2,5 cm (1 x 1 pulgadas) cumplen la función de sostener el relleno aislante de fibras vegetales mezcladas con tierra. No cumplen un rol estructural. Se disponen de manera equidistante, separadas cada 13 cm; a 45° respecto de los montantes (verticales) de la estructura principal, en ambas caras de la estructura y de manera perpendicular entre sí.

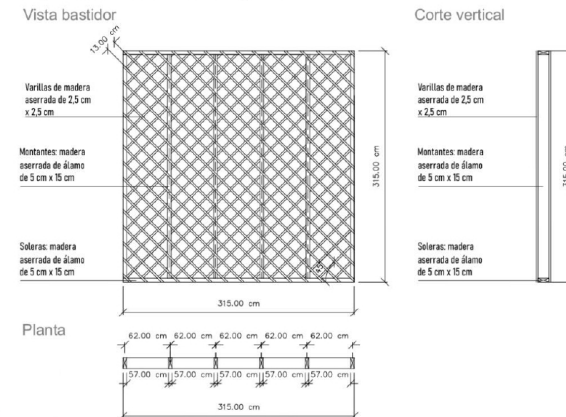
Fijaciones de varillas

Las varillas se vinculan a la estructura principal mediante un clavo espiralado de 7,5 cm (2,5 pulgadas)

Espesor del panel

El espesor total del panel es de 300 mm.

Esquema de la estructura del panel



Ver cláusulas aplicables a este informe al final del documento

### Informe de Ensayo

OT N° 224 3823 Único  
Página 19 de 21

**Relleno**

El relleno del muro está compuesto de los siguientes materiales:  
 Fibra vegetal: rastrojo de trigo entero, sin cortar.  
 Suelo en estado líquido compuesto por: 1 parte de suelo arcillo limoso (arena 17%, limo 40%, arcilla 43%) + 1 parte de agua.  
 Espesor del relleno: 200 mm  
 Densidad aproximada: 400 kg/m<sup>3</sup>

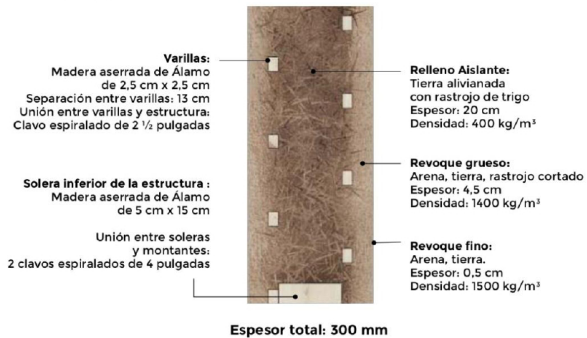
**Revoque grueso**

Una parte de suelo  
 Una parte de agua  
 Dos parte de rastrojo de trigo cortado (máximo 5 cm longitud)  
 Dos partes de arena  
 Espesor: 45 mm  
 Densidad aproximada: 1400 kg/m<sup>3</sup>

**Revoque fino**

Una parte de suelo tamizado  
 Dos partes de arena tamizada  
 Una parte de agua  
 Espesor: 5 mm  
 Densidad aproximada: 1500 kg/m<sup>3</sup>

**Imagen digital de corte vertical**



Ver cláusulas aplicables a este informe al final del documento

### Informe de Ensayo

OT N° 224 3823 Único  
Página 20 de 21



Ver cláusulas aplicables a este informe al final del documento



## Informe de Ensayo



OT N° 224 3823 Único  
Página 21 de 21

### CLÁUSULAS APLICABLES A ESTE INFORME:

1. Los solicitantes podrán difundir los contenidos de este informe en la medida que su reproducción sea completa y exacta, citando al INTI como ejecutor de la tarea. El INTI no será responsable por el uso incompleto o inexacto de la información incluida en este documento.
2. Los resultados incluidos en este informe se refieren exclusivamente a los obtenidos en relación con el/los elemento/s ensayado/s y/o los servicios de asistencia tecnológica que hayan sido expresamente acordados con el solicitante.
3. El INTI no asume responsabilidad alguna respecto de la eventual extensión de los resultados informados a otro/s productos/s o elemento/s, diferente/s a/los ensayado/s (excepto que el muestreo previo haya sido realizado por el propio INTI) o a servicios que difieran de los expresamente acordados.
4. El INTI mantiene la confidencialidad respecto de la información generada durante el desarrollo de los ensayos, análisis, estudios o de todo otro servicio de asistencia, reservándose el derecho de utilizar los resultados obtenidos a partir de los mismos sólo con fines estadísticos, para su uso interno o para la divulgación genérica de sus actividades, adoptando en dichos casos las medidas de resguardo necesarias para preservar la propiedad de esa información y evitar la identificación de su origen.
5. Cuando la información a la que se refiere el punto anterior le sea requerida legalmente por una autoridad competente y/o por una autoridad judicial, el INTI informará de tal situación al propietario de la misma antes de ponerla a disposición del requirente.
6. En caso de violación de la cualquiera de las presentes cláusulas, el INTI adoptará las medidas legales correspondientes e iniciará las acciones administrativas y/o judiciales que se encuentren a su alcance.

### Fin del Informe

Ver cláusulas aplicables a este informe al final del documento



[www.inti.gob.ar](http://www.inti.gob.ar) | [consultas@inti.gob.ar](mailto:consultas@inti.gob.ar) | 0800 444 4004

IF-2024-43710703-APN-SOCEI#INTI

Página 21 de 21



República Argentina - Poder Ejecutivo Nacional  
AÑO DE LA DEFENSA DE LA VIDA, LA LIBERTAD Y LA PROPIEDAD

### Hoja Adicional de Firmas Informe gráfico firma conjunta

Número: IF-2024-43710703-APN-SOCEI#INTI

CIUDAD DE BUENOS AIRES

Lunes 29 de Abril de 2024

Referencia: Informe Técnico OT 3823

El documento fue importado por el sistema GEDO con un total de 21 pagina/s.

Digitally signed by GESTION DOCUMENTAL ELECTRONICA - GDE  
Date: 2024.04.29 11:07:47 -03:00

Javier Niell  
Técnico Profesional  
Subgerencia Operativa de Construcciones e Infraestructura  
Instituto Nacional de Tecnología Industrial

Digitally signed by GESTION DOCUMENTAL ELECTRONICA - GDE  
Date: 2024.04.29 11:08:19 -03:00

José Nicolás Molina  
Técnico Profesional  
Subgerencia Operativa de Construcciones e Infraestructura  
Instituto Nacional de Tecnología Industrial

Digitally signed by GESTION DOCUMENTAL ELECTRONICA - GDE  
Date: 2024.04.29 11:41:07 -03:00

Curso Maria Eugenia  
Técnico Profesional  
Subgerencia Operativa de Construcciones e Infraestructura  
Instituto Nacional de Tecnología Industrial

Digitally signed by GESTION DOCUMENTAL ELECTRONICA - GDE  
Date: 2024.04.29 12:21:09 -03:00

Velazquez Silvia Beatriz  
Coordinadora  
Subgerencia Operativa de Construcciones e Infraestructura  
Instituto Nacional de Tecnología Industrial

## Informe de ensayo

OT N° 224-3857 Único  
Página 1 de 5

Fecha de Informe: 24/04/2024

### Solicitante:

MUN. DE ALLEN

AVENIDA EVA PERON 189 (8328) – ALLEN – RIO NEGRO.

### Elementos a ensayar

Dos (2) probetas compuestas de suelo, fibras y agua. Entregadas por: Área de Tecnologías Sustentables - Subgerencia de Industrias y Servicios - Gerencia de Desarrollo Tecnológico e Innovación (INTI).

Identificación del solicitante (IU): "RELLENO"

Identificación de la probeta por el laboratorio (IL): CT-91001-24 y CT-91002-24

### Determinaciones requeridas:

Conductividad térmica (IRAM 11559:1995) Temperatura media a 20 °C.

### Nombre y dirección de la UO responsable del informe:

Departamento de Materiales y Sistemas Constructivos - Dirección Técnica Evaluación y Rehabilitación Edilicia - Subgerencia Operativa de Construcciones e Infraestructura.

Edif. N°33 PTM

Fecha de recepción: 28/02/2024

Fecha de estabilización: 04/03/24 al 13/03/24

Fecha de ensayo: 13/03/24 al 22/03/24

### Metodología empleada:

La determinación de la Conductividad Térmica del material suministrado se efectuó de acuerdo al método de ensayo de las propiedades de la transmisión del calor en régimen estacionario mediante el medidor de caudal térmico, siguiendo los lineamientos establecidos en las Normas:

- ISO 8302:1991 (Thermal insulation. Determination of steady-state thermal resistance and related properties. Guarded hot plate apparatus).
- ASTM C177:2013 (Standard Test Method for Steady-State Heat Flux Measurements and Thermal Transmission Properties by Means of the Guarded-Hot-Plate Apparatus).
- IRAM 11559:1995 (ACONDICIONAMIENTO TÉRMICO DETERMINACIÓN DE LA CONDUCTIVIDAD TÉRMICA Y PROPIEDADES CONEXAS EN RÉGIMEN ESTACIONARIO. Método de la placa caliente con guarda).

Ver cláusulas aplicables a este informe al final del documento



www.inti.gov.ar | consultas@inti.gov.ar | 0800 444 4004

IF-2024-43713490-APN-SOCEI#INTI

## Informe de ensayo

OT N° 224-3857 Único  
Página 2 de 5

### Muestra ensayada

En la siguiente tabla se muestra una foto representativa de la muestra compuesta de suelo, fibras y agua, junto con las dimensiones aproximadas de las probetas recibidas.

Identificación		RELLENO
Imagen de la muestra		
Dimensiones aproximadas de las probetas recibidas (mm)	LARGO	595
	ANCHO	595

### Condiciones de ensayo:

#### Acondicionamiento higrotérmico.

Se determina el peso ( $M_1$ ) de la probeta en condiciones de recepción. Luego, se inicia el proceso de secado de la misma, a una temperatura de 60° C, hasta que se verifique la constancia en la masa ( $M_2$ ). Seguidamente se deja aclimatar a 23°C en la estufa ( $M_3$ ).

#### Cambio de masa.

Se calcula el cambio relativo de masa de la probeta luego del proceso de secado ( $m_s$ ) o debido a un proceso de acondicionamiento más complejo ( $m_a$ ), de acuerdo a las siguientes expresiones:

$$m_s = \frac{M_1 - M_2}{M_2} \quad \text{y} \quad m_a = \frac{M_1 - M_3}{M_3}$$

El cambio relativo de masa debido únicamente al acondicionamiento ( $m_a$ ) por medio de

$$m_a = \frac{M_3 - M_2}{M_2}$$

### Ensayo de conductividad térmica

Las mediciones fueron efectuadas luego de haberse establecido el régimen permanente de temperaturas, a intervalos sucesivos de una hora, durante un periodo de cuatro horas como mínimo.

El material ensayado está constituido por dos probetas idénticas de 0,595m x 0,595m, aproximadamente

Superficie sobre la que se efectuó la medición .....: 0,36 m².  
Orientación de la probeta .....: Horizontal  
Dirección de la transferencia de calor .....: Vertical

Ver cláusulas aplicables a este informe al final del documento



www.inti.gov.ar | consultas@inti.gov.ar | 0800 444 4004

IF-2024-43713490-APN-SOCEI#INTI

## Informe de ensayo

OT N° 224-3857 Único  
Página 3 de 5

### Resultados:

Acondicionamiento Higrotérmico.

Tiempo de secado: 216 horas

IL	Masa de la probeta (kg)			Cambio relativo de masa de la probeta (%)		
	M <sub>1</sub>	M <sub>2</sub>	M <sub>3</sub>	m <sub>r</sub>	m <sub>e</sub>	m <sub>d</sub>
Muestra Superior CT-91002-24	9,20	7,25	7,31	26,90	25,85	0,83
Muestra Inferior CT-91001-24	9,00	7,11	7,13	26,58	26,23	0,28

### Ensayo de conductividad térmica.

Material:		SUELO, FIBRAS y AGUA	
Identificación del usuario		RELLENO	
Muestra	Superior	Inferior	
Identificación del laboratorio	CT-91002-24	CT-91001-24	
Espesor de la muestra	0,074 m	0,074 m	
Densidad aparente de la muestra	280,7kg/m <sup>3</sup>	272,7 kg/m <sup>3</sup>	
Temperatura media a ensayar 20°C			
Temperaturas	Placa Caliente	32,0 °C	32,0 °C
	Placa Fría	8,0 °C	8,0 °C
	Diferencia entre placas	24,0 °C	24,0 °C
	Media de ensayo	20,0 °C	20,0 °C
Potencia media suministrada a la resistencia calefactora	Tensión	6,97 V	
	Corriente	0,62 A	
Caudal térmico	46,0 W/m <sup>2</sup>		
Densidad aparente promedio	276,7 kg/m <sup>3</sup>		
Temperatura media promedio	20,0 °C		
Conductividad térmica de la muestra (λ)	0,07 W/m.K		
Condiciones ambientales del laboratorio			
Temperatura Ambiente	Humedad Relativa	Presión Atmosférica	
22,5°C	50%	101,2 kPa	

La conductancia térmica (C) de una placa, se calcula como el flujo de calor que atraviesa la muestra por unidad de superficie, cuando la diferencia de temperatura es unitaria.

La determinación para 1 (una) probeta compuesta de suelo, fibras y agua, analizada de 0,074 m de espesor, resulta:

**CONDUCTANCIA TÉRMICA (C) = 0,95 W/m<sup>2</sup>.K**

La Resistencia Térmica (R) de una placa, considerada de superficie a superficie, se calcula como la reciproca de la conductancia térmica obtenida anteriormente. Esto es:

**RESISTENCIA TÉRMICA (R) = 1,06 m<sup>2</sup>.K/W**

Nota: En el caso de utilizar el relleno para la ejecución de construcciones, se deberá evaluar su comportamiento al fuego y estructural.

Ver cláusulas aplicables a este informe al final del documento

## Informe de ensayo

OT N° 224-3857 Único  
Página 4 de 5

### Observaciones

Los resultados expresados en este documento no es un certificado de producto y, por lo tanto, no se habilita a aplicar el logo del INTI sobre un producto o proceso aquí descrito en ningún formato; sea físico, digital o gráfico.

Los resultados contenidos en el presente informe corresponden a las condiciones en las que se realizaron las mediciones y/o ensayos.

Los resultados consignados se refieren exclusivamente a los elementos recibidos, el INTI y la Dirección Técnica de Edificación y Rehabilitación Edilicia declinan toda responsabilidad por el uso indebido o incorrecto que se hiciera de este informe.

Las mediciones involucradas en este informe están vinculadas a los patrones de medida mantenidos en el INTI según legislación vigente, los cuales representan a las unidades físicas de medida en concordancia con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Operador: Tec. Diego Cruz  
Preparó: DC. Revisó: GRA. Aprobó: SBV

El presente Informe/Certificado está firmado digitalmente mediante Gestión Documental Electrónica (GDE) cumpliendo con los estándares internacionales de seguridad adoptados por la Infraestructura de Firma Digital de la República Argentina (IFDRA).

Ver cláusulas aplicables a este informe al final del documento



## Informe de ensayo

OT N° 224-3857 Único  
Página 5 de 5

### CLÁUSULAS APLICABLES A ESTE INFORME:

- Los solicitantes podrán difundir los contenidos de este informe en la medida que su reproducción sea completa y exacta, citando al INTI como ejecutor de la tarea. El INTI no será responsable por el uso incompleto o inexacto de la información incluida en este documento.
- Los resultados incluidos en este informe se refieren exclusivamente a los obtenidos en relación con el/los elemento/s ensayado/s y/o los servicios de asistencia tecnológica que hayan sido expresamente acordados con el solicitante.
- El INTI no asume responsabilidad alguna respecto de la eventual extensión de los resultados informados a otro/s productos/s o elemento/s, diferente/s a/los ensayado/s (excepto que el muestreo previo haya sido realizado por el propio INTI) o a servicios que difieran de los expresamente acordados.
- El INTI mantiene la confidencialidad respecto de la información generada durante el desarrollo de los ensayos, análisis, estudios o de todo otro servicio de asistencia, reservándose el derecho de utilizar los resultados obtenidos a partir de los mismos sólo con fines estadísticos, para su uso interno o para la divulgación genérica de sus actividades, adoptando en dichos casos las medidas de resguardo necesarias para preservar la propiedad de esa información y evitar la identificación de su origen.
- Cuando la información a la que se refiere el punto anterior le sea requerida legalmente por una autoridad competente y/o por una autoridad judicial, el INTI informará de tal situación al propietario de la misma antes de ponerla a disposición del requirente.
- En caso de violación de la cualquiera de las presentes cláusulas, el INTI adoptará las medidas legales correspondientes e iniciará las acciones administrativas y/o judiciales que se encuentren a su alcance.

Fin del Informe

Ver cláusulas aplicables a este informe al final del documento



[www.inti.gov.ar](http://www.inti.gov.ar) | [consultas@inti.gov.ar](mailto:consultas@inti.gov.ar) | 0800 444 4004

IF-2024-43713490-APN-SOCEI#INTI

Página 5 de 5



República Argentina - Poder Ejecutivo Nacional  
AÑO DE LA DEFENSA DE LA VIDA, LA LIBERTAD Y LA PROPIEDAD

### Hoja Adicional de Firmas Informe gráfico firma conjunta

Número: IF-2024-43713490-APN-SOCEI#INTI

CIUDAD DE BUENOS AIRES

Lunes 29 de Abril de 2024

Referencia: O.T. 224-3857

El documento fue importado por el sistema GEDO con un total de 5 pagina/s.

Digitally signed by GESTIÓN DOCUMENTAL ELECTRONICA - GDE  
Date: 2024.04.29 13:24:20 -03:00

Diego Daniel Cruz  
Técnico Mecánico  
Subgerencia Operativa de Construcciones e Infraestructura  
Instituto Nacional de Tecnología Industrial

Digitally signed by GESTIÓN DOCUMENTAL ELECTRONICA - GDE  
Date: 2024.04.29 14:09:22 -03:00

Alonso Géman René  
Técnico Profesional  
Subgerencia Operativa de Construcciones e Infraestructura  
Instituto Nacional de Tecnología Industrial

Digitally signed by GESTIÓN DOCUMENTAL ELECTRONICA - GDE  
Date: 2024.04.29 12:23:55 -03:00

Velazquez Silvia Beatriz  
Coordinadora  
Subgerencia Operativa de Construcciones e Infraestructura  
Instituto Nacional de Tecnología Industrial

Digitally signed by GESTIÓN DOCUMENTAL  
ELECTRONICA - GDE  
Date: 2024.04.29 12:23:57 -03:00

## Informe de ensayo

OT N° 224-3856 Único  
Página 1 de 5

Fecha de Informe: 26/04/2024

**Solicitante:**

**MUN. DE ALLEN**  
**AVENIDA EVA PERON 189 (8328) – ALLEN – RIO NEGRO.**

**Elementos a ensayar**

Dos (2) probetas compuestas por suelo, arena, fibra y agua. Entregadas por: Área de Tecnologías Sustentables - Subgerencia de Industrias y Servicios - Gerencia de Desarrollo Tecnológico e Innovación (INTI).

Identificación del solicitante (IU): "REVOQUE"

Identificación de la probeta por el laboratorio (IL): CT-90001-24 y CT-90002-24

**Determinaciones requeridas:**

Conductividad térmica (IRAM 11559:1995) Temperatura media a 20 °C.

**Nombre y dirección de la UO responsable del informe:**

Departamento de Materiales y Sistemas Constructivos - Dirección Técnica Evaluación y Rehabilitación Edilicia - Subgerencia Operativa de Construcciones e Infraestructura.

Edif. N°33 PTM

Fecha de recepción: 02/02/2024

Fecha de estabilización: 08/02/24 al 20/02/24

Fecha de ensayo: 20/02/24 al 29/02/24

**Metodología empleada:**

La determinación de la Conductividad Térmica del material suministrado se efectuó de acuerdo al método de ensayo de las propiedades de la transmisión del calor en régimen estacionario mediante el medidor de caudal térmico, siguiendo los lineamientos establecidos en las Normas:

- **ISO 8302:1991** (Thermal insulation. Determination of steady-state thermal resistance and related properties. Guarded hot plate apparatus).
- **ASTM C177:2013** (Standard Test Method for Steady-State Heat Flux Measurements and Thermal Transmission Properties by Means of the Guarded-Hot-Plate Apparatus).
- **IRAM 11559:1995** (ACONDICIONAMIENTO TÉRMICO DETERMINACIÓN DE LA CONDUCTIVIDAD TÉRMICA Y PROPIEDADES CONEXAS EN RÉGIMEN ESTACIONARIO. Método de la placa caliente con guarda).

Ver cláusulas aplicables a este informe al final del documento



[www.inti.gov.ar](http://www.inti.gov.ar) | [consultas@inti.gov.ar](mailto:consultas@inti.gov.ar) | 0800 444 4004

IF-2024-43712885-APN-SOCEI#INTI

## Informe de ensayo

OT N° 224-3856 Único  
Página 2 de 5

**Muestra ensayada**

En la siguiente tabla se muestra una foto representativa de la muestra compuesta de suelo, arena, fibra y agua, junto con las dimensiones aproximadas de las probetas recibidas.

Identificación	REVOQUE	
Imagen de la muestra		
Dimensiones aproximadas de las probetas recibidas (mm)	LARGO	600
	ANCHO	600

**Condiciones de ensayo:**

**Acondicionamiento higrotérmico.**

Se determina el peso ( $M_1$ ) de la probeta en condiciones de recepción. Luego, se inicia el proceso de secado de la misma, a una temperatura de 60° C, hasta que se verifique la constancia en la masa ( $M_2$ ). Seguidamente se deja aclimatar a 23°C en la estufa ( $M_3$ ).

**Cambio de masa.**

Se calcula el cambio relativo de masa de la probeta luego del proceso de secado ( $m_s$ ) o debido a un proceso de acondicionamiento más complejo ( $m_c$ ), de acuerdo con las siguientes expresiones:

$$m_s = \frac{M_1 - M_2}{M_2} \quad \text{y} \quad m_c = \frac{M_1 - M_3}{M_3}$$

El cambio relativo de masa debido únicamente al acondicionamiento ( $m_d$ ) por medio de

$$m_d = \frac{M_3 - M_2}{M_2}$$

**Ensayo de conductividad térmica**

Las mediciones fueron efectuadas luego de haberse establecido el régimen permanente de temperaturas, a intervalos sucesivos de una hora, durante un período de cuatro horas como mínimo.

El material ensayado está constituido por dos probetas idénticas de 0,60m x 0,60m, aproximadamente

Superficie sobre la que se efectuó la medición .....: 0,36 m².  
Orientación de la probeta .....: Horizontal  
Dirección de la transferencia de calor .....: Vertical

Ver cláusulas aplicables a este informe al final del documento



[www.inti.gov.ar](http://www.inti.gov.ar) | [consultas@inti.gov.ar](mailto:consultas@inti.gov.ar) | 0800 444 4004

IF-2024-43712885-APN-SOCEI#INTI

## Informe de ensayo

OT N° 224-3856 Único  
Página 3 de 5

### Resultados:

Acondicionamiento Higrotérmico.

Tiempo de secado: 288 horas

IL	Masa de la probeta (kg)			Cambio relativo de masa de la probeta (%)		
	M <sub>1</sub>	M <sub>2</sub>	M <sub>3</sub>	m <sub>r</sub>	m <sub>c</sub>	m <sub>d</sub>
Muestra Superior CT-90002-24	43,00	41,89	41,95	2,65	2,50	0,14
Muestra Inferior CT-90001-24	41,92	41,15	41,20	1,87	1,75	0,12

### Ensayo de conductividad térmica.

<b>Material:</b>		SUELO, ARENA, FIBRA Y AGUA	
<b>Identificación del usuario</b>		REVOQUE	
<b>Muestra</b>	Superior	Inferior	
<b>Identificación del laboratorio</b>	CT-90002-24	CT-90001-24	
<b>Espesor de la muestra</b>	0,0853 m	0,0852 m	
<b>Densidad aparente de la muestra</b>	1366,1 kg/m <sup>3</sup>	1343,2 kg/m <sup>3</sup>	
<b>Temperatura media a ensayar 20°C</b>			
<b>Temperaturas</b>	Placa Caliente	32,0 °C	31,9 °C
	Placa Fria	8,3 °C	7,8 °C
	Diferencia entre placas	23,7 °C	24,1 °C
	Media de ensayo	20,1 °C	19,9 °C
<b>Potencia media suministrada a la resistencia calefactora</b>	Tensión	14,37 V	
	Corriente	1,29 A	
<b>Caudal térmico</b>	195,1 W/m <sup>2</sup>		
<b>Densidad aparente promedio</b>	1354,7 kg/m <sup>3</sup>		
<b>Temperatura media promedio</b>	20,0 °C		
<b>Conductividad térmica de la muestra (λ)</b>	0,34 W/m.K		
<b>Condiciones ambientales del laboratorio</b>			
<b>Temperatura Ambiente</b>	<b>Humedad Relativa</b>	<b>Presión Atmosférica</b>	
24,4°C	63%	101,0 kPa	

La conductancia térmica (C) de una placa, se calcula como el flujo de calor que atraviesa la muestra por unidad de superficie, cuando la diferencia de temperatura es unitaria.

La determinación para 1 (una) probeta compuesta de suelo, arena, fibra y agua, analizada de 0,0852 m de espesor, resulta:

**CONDUCTANCIA TÉRMICA (C) = 4,03 W/m<sup>2</sup>.K**

La Resistencia Térmica (R) de una placa, considerada de superficie a superficie, se calcula como la reciproca de la conductancia térmica obtenida anteriormente. Esto es:

**RESISTENCIA TÉRMICA (R) = 0,25 m<sup>2</sup>.K/W**

Nota: En el caso de utilizar el revoque para la ejecución de construcciones, se deberá evaluar su comportamiento al fuego y estructural.

Ver cláusulas aplicables a este informe al final del documento



www.inti.gov.ar | consultas@inti.gov.ar | 0800 444 4004

IF-2024-43712885-APN-SOCEI#INTI

## Informe de ensayo

OT N° 224-3856 Único  
Página 4 de 5

### Observaciones

Los resultados expresados en este documento no es un certificado de producto y, por lo tanto, no se habilita a aplicar el logo del INTI sobre un producto o proceso aquí descrito en ningún formato; sea físico, digital o gráfico.

Los resultados contenidos en el presente informe corresponden a las condiciones en las que se realizaron las mediciones y/o ensayos.

Los resultados consignados se refieren exclusivamente a los elementos recibidos, el INTI y la Direccion Tecnica de Edificacion y Rehabilitacion Edilicia declinan toda responsabilidad por el uso indebido o incorrecto que se hiciera de este informe.

Las mediciones involucradas en este informe estan vinculadas a los patrones de medida mantenidos en el INTI según legislación vigente, los cuales representan a las unidades físicas de medida en concordancia con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Operador: Tec. Diego Cruz  
Preparó: DC Revisó: GRA Aprobó: SBV

El presente Informe/Certificado está firmado digitalmente mediante Gestión Documental Electrónica (GDE) cumpliendo con los estándares internacionales de seguridad adoptados por la Infraestructura de Firma Digital de la República Argentina (IFDRA).

Ver cláusulas aplicables a este informe al final del documento



www.inti.gov.ar | consultas@inti.gov.ar | 0800 444 4004

IF-2024-43712885-APN-SOCEI#INTI



## Informe de ensayo

OT N° 224-3856 Único  
Página 5 de 5

### CLÁUSULAS APLICABLES A ESTE INFORME:

- Los solicitantes podrán difundir los contenidos de este informe en la medida que su reproducción sea completa y exacta, citando al INTI como ejecutor de la tarea. El INTI no será responsable por el uso incompleto o inexacto de la información incluida en este documento.
- Los resultados incluidos en este informe se refieren exclusivamente a los obtenidos en relación con el/los elemento/s ensayado/s y/o los servicios de asistencia tecnológica que hayan sido expresamente acordados con el solicitante.
- El INTI no asume responsabilidad alguna respecto de la eventual extensión de los resultados informados a otro/s productos/s o elemento/s, diferente/s a/los ensayado/s (excepto que el muestreo previo haya sido realizado por el propio INTI) o a servicios que difieran de los expresamente acordados.
- El INTI mantiene la confidencialidad respecto de la información generada durante el desarrollo de los ensayos, análisis, estudios o de todo otro servicio de asistencia, reservándose el derecho de utilizar los resultados obtenidos a partir de los mismos sólo con fines estadísticos, para su uso interno o para la divulgación genérica de sus actividades, adoptando en dichos casos las medidas de resguardo necesarias para preservar la propiedad de esa información y evitar la identificación de su origen.
- Cuando la información a la que se refiere el punto anterior le sea requerida legalmente por una autoridad competente y/o por una autoridad judicial, el INTI informará de tal situación al propietario de la misma antes de ponerla a disposición del requirente.
- En caso de violación de la cualquiera de las presentes cláusulas, el INTI adoptará las medidas legales correspondientes e iniciará las acciones administrativas y/o judiciales que se encuentren a su alcance.

Fin del Informe

Ver cláusulas aplicables a este informe al final del documento



[www.inti.gob.ar](http://www.inti.gob.ar) | [consultas@inti.gob.ar](mailto:consultas@inti.gob.ar) | 0800 444 4004

IF-2024-43712885-APN-SOCEI#INTI

Página 5 de 5



República Argentina - Poder Ejecutivo Nacional  
AÑO DE LA DEFENSA DE LA VIDA, LA LIBERTAD Y LA PROPIEDAD

### Hoja Adicional de Firmas Informe gráfico firma conjunta

Número: IF-2024-43712885-APN-SOCEI#INTI

CIUDAD DE BUENOS AIRES

Lunes 29 de Abril de 2024

Referencia: O.T. 224-3856

El documento fue importado por el sistema GEDO con un total de 5 pagina/s.

Digitally signed by GESTION DOCUMENTAL ELECTRONICA - GDE  
Date: 2024.04.29 13:21:47 -03:00

Diego Daniel Cruz  
Técnico Mecánico  
Subgerencia Operativa de Construcciones e Infraestructura  
Instituto Nacional de Tecnología Industrial

Digitally signed by GESTION DOCUMENTAL ELECTRONICA - GDE  
Date: 2024.04.29 14:09:55 -03:00

Alonso Géman René  
Técnico Profesional  
Subgerencia Operativa de Construcciones e Infraestructura  
Instituto Nacional de Tecnología Industrial

Digitally signed by GESTION DOCUMENTAL ELECTRONICA - GDE  
Date: 2024.04.29 12:23:21 -03:00

Velazquez Silvia Beatriz  
Coordinadora  
Subgerencia Operativa de Construcciones e Infraestructura  
Instituto Nacional de Tecnología Industrial

Digitally signed by GESTION DOCUMENTAL ELECTRONICA - GDE  
Date: 2024.04.29 12:23:22 -03:00



**Área Tecnologías Sustentables**  
Subgerencia Operativa de Transferencia Tecnológica  
Gerencia de Desarrollo Tecnológico e Innovación



[www.inti.gob.ar](http://www.inti.gob.ar)  
[tecnosustentables@inti.gob.ar](mailto:tecnosustentables@inti.gob.ar)  
0800 444 4004

