



Bioarquitectura aplicada a un edificio público sustentable es una publicación digital de libre descarga del proyecto participativo SUME, para la construcción de un salón de usos múltiples experimental en el predio del INTI en la ciudad de Córdoba. La publicación se compone de un volumen principal y un anexo con planos. Se presenta en dos versiones pdf, una liviana que permite ser leída desde cualquier dispositivo y una en alta calidad para ser impresa en papel A4 doble faz para disfrutar del diseño gráfico a doble página. La publicación posee enlaces que facilitan la navegación interna y el acceso a documentos externos.

Este documento está disponible en:

- Versión para IMPRIMIR:

Cuerpo principal: <https://bit.ly/3lloMml>

Anexo planos: <https://bit.ly/313By7k>

- Versión DIGITAL:

Cuerpo principal: <https://bit.ly/31358JZ>

Anexo planos: <https://bit.ly/3jVUxbk>

Domínguez, Alejandro

Bioarquitectura aplicada a un edificio público sustentable : proyecto participativo SUME : salón de usos múltiples experimental en INTI / Alejandro Domínguez ; Gabriel Vaccaro ; Mónica Tedesco ; contribuciones de Pamela Natan ; Laura Rojo ; prólogo de Rodolfo Rotondaro ; Minke Gernot. - 1a ed. - General San Martín : Instituto Nacional de Tecnología Industrial - INTI, 2020. 160 p. ; 21 x 30 cm.

ISBN 978-950-532-447-7

I. Arquitectura . 2. Materiales de Construcción. I. Natan, Pamela, colab. II. Rojo, Laura, colab. III. Rotondaro, Rodolfo, prolog. IV., Minke, Gernot prolog. V. Título.

CDD 720.47

■ EQUIPO DE PUBLICACIÓN

D.G. Alejandro Dominguez

Téc. Gabriel Vaccaro

D.I. Mónica Tedesco

Arq. Laura Rojo

Ing. Pamela Natan

Lic. Cristina Jiménez

Biól. Laura Burroni

D.G. Silvina Angeleri

Valeria Montenegro

■ COLABORADORES

D.I. Victoria Di Césare

Ing. Juan Carlos Piter

Arq. Ariel Sueiro

Arq. Diego García Pezzano

Arq. Ana Ferraro Kranevitter

Arq. María Rosa Mandrini

Agradecemos los aportes de:

Arq. Rodolfo Rotondaro, Ing. Luis Canavesi, Arq. Marco Aresta,

Ing. Guillermo Garrido, Arq. Bárbara Brea, Biól. Cecilia Eynard,

Arq. Guillermo Rolón.

Área Tecnologías Sustentables

tecnosustentables@inti.gov.ar

 INTIArg

 @INTIArgentina

 INTI

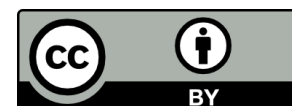
 @intiargentina

 canalinti

www.inti.gov.ar

consultas@inti.gov.ar

0800 444 4004



RESUMEN

Memoria descriptiva del proyecto de bioarquitectura para un edificio público con propuestas de estructura, diseño y paisaje con perspectiva sustentable. El salón de usos múltiples experimental, denominado SUME, hace uso de materiales naturales, estrategias bioclimáticas, tecnologías de saneamiento descentralizado y de energías renovables. El edificio será emplazado en el predio de INTI en la ciudad de Córdoba y fue concebido como un laboratorio viviente que permitirá la experimentación, convivencia y ensayo de distintas tecnologías.

En un marco de búsqueda de soluciones desde las políticas públicas habitacionales, la propuesta de un edificio público sustentable motiva la divulgación de reglamentaciones técnicas y su desarrollo futuro. El presente documento incorpora información técnica, resultante del trabajo participativo de profesionales e instituciones locales, procesada de manera tal que pueda ser comprendida por un público amplio.

Se trabajó a partir de la metodología “Planificación participativa y gestión asociada” y, además de profesionales independientes, participaron de la propuesta el Colegio de Arquitectos de la Provincia de Córdoba, la Universidad Nacional de Córdoba, la Universidad Católica de Córdoba, la Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales y el Instituto Nacional de Tecnología Industrial.

ABSTRACT

Description of the bio architectural project for a public building, presenting a sustainable approach in structure, design and landscaping. The experimental multipurpose room, called SUME, uses natural materials, bioclimatic strategies, technologies of decentralized sanitation and renewable energies. The building will be placed at the INTI facilities in Córdoba City. It was conceived as a living laboratory that will allow for experimentation, coexistence and trials of different technologies.

In the search of solutions from public housing policies, the idea of a sustainable public building motivates the spreading of technical regulations, and their future development. This document includes technical information, resulting from teamwork, shared by professionals and local institutions, processed in such a way that it can be understood by a broad public.

This work was done under a methodology called “Participatory planification and associated management”. The institutions that took part in this project are: The Architects’ Association of the Province of Córdoba (Colegio de Arquitectos de la Provincia de Córdoba), Córdoba National University (Universidad Nacional de Córdoba), the Córdoba Catholic University (Universidad Católica de Córdoba), the Latin American University of Social Studies (Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales) and the National Institute of Industrial Technology (Instituto Nacional de Tecnología Industrial).



EQUIPO DE PRODUCCIÓN PARTICIPATIVA HACIA UN HÁBITAT MÁS SUSTENTABLE

■ EQUIPO PROYECTUAL SUME

Ing. María Dolores Aramburu
Arq. Ana Laura Barbagelata
Ing. Gabriela Culasso
Arq. Natalia Gaspardis
Arq. Javier Grimaux
Arq. Pamela Jiménez
Arq. Christian Lico
Arq. Lucrecia María López Villagra
Arq. Jaime Maestre Corena
Téc. Químico Gerardo Mesquida
Arq. Silvia Romero
Const. Ignacio Serralonga
Arq. Armando Gross

■ COLABORADORES

Ing. Juan Manuel Vázquez
Arq. Damián Cabanne
Arq. Fernanda Grinblat
Arq. Laura Rojo
Ing. Leda Lirio
Ing. Dominik Hock
Ing. Daniel Formica
Ing. Gaspar Gazzola
Ing. Alejandro Chiaravalotti
Ing. Marcos Politi
Ing. Guillermo Garrido
Ing. Alfredo Rosso
Ing. Violeta Silbert
Ing. Lelia Imhoff
Farm. Adriana Welter
Bioq. Maribel Martínez Wassaf
Arq. Mariana Gómez
Ing. Roberto Panizza
Ing. Leticia Tuninetti
Biól. Cecilia Eynard

■ INSTITUCIONES PARTICIPANTES

Colegio Arquitectos de la Provincia de Córdoba y su Instituto de Arquitectura Sustentable en el marco del convenio EX-2017-32788547 - APN-GGA#INTI
Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales
Universidad Católica de Córdoba
Universidad Nacional de Córdoba
Instituto Nacional de Tecnología Industrial

Agradecemos la colaboración de la Arq. Lucrecia María López Villagra y el Arq. Daniel Ricci, presidente del Colegio de Arquitectos de la Provincia de Córdoba.

■ GESTIÓN INTEGRAL

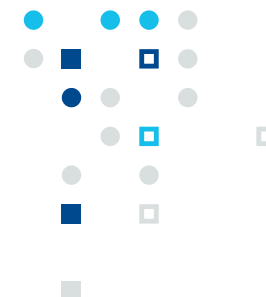
Arq. Ricardo Muir
D.I. Mónica Tedesco
D.G. Alejandro Dominguez
Téc. Gabriel Vaccaro
Arq. Eliana Bernocco
Bat Sheva Joselevich
Biól. Laura Burroni



ÍNDICE

PRÓLOGOS	7	3. MATERIALIDAD	42
PRESENTACIÓN	9	Medición del desempeño ambiental en la construcción	45
Ciclos participativos para la producción del hábitat sustentable	9	Construcción con tierra	47
Proyecto SUME	10	Agricultura para la construcción	49
INTRODUCCIÓN	12	Técnicas constructivas presentes en el SUME	50
Bioconstrucción, bioarquitectura y arquitectura sustentable	13	Tapial	50
Acciones globales	14	Bloques de tierra comprimida (BTC)	53
1. MARCO LEGAL Y REGLAMENTARIO	15	Adobe	56
Normativa de construcción con madera	17	Quinchas	58
Reglamento argentino de estructuras de madera	17	Celulosa para aislación térmica y acústica	65
Entramado de madera como sistema constructivo tradicional	19	Revoques	66
Normativa de construcción sismorresistente	20	4. CUBIERTAS	69
Normativa de construcción con tierra	21	Cubierta invertida	71
Relevamiento de instrumentos normativos sobre construcción con tierra en Argentina	24	Techo vivo	72
2. ARQUITECTURA	26	Techo vivo extensivo IRNASUS	74
Implantación	28	Techo vivo extensivo TABI	76
Cosmovisión y semántica	29	Losa alivianada de hormigón	78
Programa de necesidades	30	5. ESTRATEGIAS BIOCLIMÁTICAS	79
Propuesta arquitectónica	31	Orientación y asoleamiento	83
Sector 1: Salón de usos múltiples	36	Cobertura vegetal	84
Sector 2: Cocina y dependencias	37	Aislación	86
Sector 3: Baños y sistemas de captación de energía solar	38	Calefacción	87
		Enfriamiento o refrigeración	89

6. ESTRUCTURAS	91
Construcción con madera	93
Durabilidad de la madera empleada en la construcción	94
Estudio de suelo	96
La propuesta estructural del proyecto SUME	97
Cumplimiento normativo	97
Sector 1: Salón de usos múltiples	98
Sector 2: Cocina y dependencias	104
Sector 3: Baños y sistemas de captación de energía solar	113
7. AGUA, SANEAMIENTO Y RESIDUOS SÓLIDOS	115
Agua sanitaria	116
Abastecimiento de agua	116
Biopiscina	118
Saneamiento	121
Sistemas de saneamiento centralizados y descentralizados	121
Saneamiento en el SUME	122
Gestión de residuos sólidos	130
8. ENERGÍAS RENOVABLES	131
Energía solar fotovoltaica	132
Energía solar térmica	135
9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	136
Bibliografía citada	137
Material de consulta	139



La versión digital permite navegar por los distintos capítulos. En el índice están activos los títulos para llegar a los capítulos y en cada carátula existe un menú de navegación.

PRÓLOGO

Arq. Gernot Minke - Investigador y docente - Alemania

La construcción con materiales naturales toma impulso en América Latina, en algunos países más temprano, en otros, más tarde. Hace ya 30 años que visito la región, allí comparto conferencias, talleres y, aunque persista un gran prejuicio social basado en el desconocimiento, la bioconstrucción está muy difundida en áreas periurbanas y rurales con la modalidad de autoconstrucción.

Se busca volver a las fuentes, pero sin olvidar que una viga sostiene un techo, que hay que tener en cuenta la seguridad y el mantenimiento. Para eso es imperioso incrementar los espacios de formación en ámbitos educativos, capacitar a la gente y a los profesionales que se encargan de proyectar, asesorar y controlar.

Esta publicación presenta la propuesta arquitectónica de un proyecto colectivo y con ella la oportunidad de mencionar la crisis ambiental y proponer alternativas tendientes a reducir, compensar y mitigar los impactos planetarios asociados a la construcción. Me consta que el desarrollo del Proyecto SUME y la elaboración de la publicación fueron concebidos desde un diálogo de saberes, en el que cada etapa fue socializada en la comunidad de colegas, entendiendo que la multiplicidad de actores y miradas aporta al enriquecimiento y la mejora de la propuesta.

Es interesante también reparar en que, a través de esta publicación, el INTI se mueve de su rol tradicional de generador de conocimiento para salir a buscar en el territorio la experiencia colectiva acumulada en estas temáticas. Entiendo que la decisión del equipo proyectual priorizó la divulgación por sobre el desempeño de tal o cual material, la diversidad por sobre las bondades de un sistema

constructivo particular. La propuesta arquitectónica funcionará entonces como vidriera donde convivan técnicas y sistemas ancestrales de construcción junto a innovaciones, en pos de visibilizar un amplio abanico de posibilidades que nos brinda la naturaleza para la creación de hábitats.

Resulta también atrayente que al desarrollo conceptual se añadan recomendaciones de buenas prácticas, basadas en la experiencia del trabajo de campo local, en ensayos e investigaciones de obras construidas en diferentes valles de la provincia de Córdoba.

El presente trabajo permite al lector no especializado navegar sus páginas de manera amena, se nutre de propuestas que van desde el cuerpo de texto hasta la interacción con el lector a través de gráficos e imágenes que enriquecen lo escrito y contribuyen a la comprensión de propuestas arquitectónicas e ingenieriles complejas.

Que una publicación del INTI haga uso de un soporte virtual, disponible de manera gratuita para su libre descarga, hace a la coherencia de una estrategia de difusión masiva y a la visión de sustentabilidad que llegue a un público amplio. También aporta a la visibilización de las capacidades del Instituto y a la divulgación de normas para promocionar su adopción.

Me llena de satisfacción que muchas personas que he conocido en tantas visitas a la Argentina hayan participado de esta propuesta que apunta a visibilizar y formalizar esta disciplina.

PRÓLOGO

Arq. Rodolfo Rotondaro - Investigador y docente - FADU UBA/CONICET

El Proyecto SUME-INTI de Córdoba nos permite visibilizar una iniciativa, tan oportuna como valiosa para Argentina, centrada en mostrar que es posible construir el hábitat de otra manera, con otros paradigmas.

Los temas que aborda son, sin duda, importantes para el ambiente y la cultura: diseño bioclimático, ahorro energético, uso de recursos locales, empleo de materiales y tecnologías de bajo impacto ambiental, sistemas de saneamiento alternativos, aprovechamiento de energía solar pasiva, cubiertas verdes, cosecha de agua de lluvia. No es casualidad que se prioricen materiales y técnicas tales como el adobe, el bloque de tierra comprimida, la tapia, la quincha mejorada, la estructura en madera, los techos vivos y los revoques de tierra, entre los principales. Personalizan de manera unívoca al SUME, resumiendo una ilusión de miles de personas que aún sigue siendo dispersa y tibia en el territorio nacional.

Otro mérito destacable de este proyecto es el de haber logrado construir un equipo profesional multidisciplinario, vinculando actores institucionales relevantes que incluyen a uno de los institutos públicos de desarrollo tecnológico más importantes del país, junto a universidades y colegios profesionales. Es también un claro ejemplo de la gran capacidad técnico-profesional existente en Argentina, formada en los principios de la sustentabilidad.

Aparece como un resultado predecible de este proyecto que su difusión masiva pueda generar un impacto educativo en la comunidad en general, y en los profesionales y tomadores de decisión en particular. Sería deseable que incida en las políticas públicas del sector y en los reglamentos de construcción a nivel local, provincial y nacional.

El SUME no es solo un edificio demostrativo: es un desafío colectivo, pionero, una invitación a reflexionar sobre nuevas formas de construir el hábitat, más armónicas y sanas para las personas y el ambiente.



PRESENTACIÓN

Ciclo participativo para la producción del Hábitat sustentable

Este ciclo inició en 2017 para propiciar acciones y proyectos que permitan divulgar temáticas socioambientales y poner a la bioarquitectura en la agenda pública. Pretende aportar conocimiento técnico y conceptual para generar políticas públicas habitacionales que incluyan criterios de sustentabilidad y promuevan el desarrollo de normas y reglamentaciones técnicas. En este sentido, se han organizado capacitaciones, foros y jornadas de bioarquitectura en distintas provincias, de los que participaron más de mil personas y cuyos registros audiovisuales están disponibles en el canal de Youtube “INTI Tecnologías Sustentables”. También se publicó, junto al Colegio de Arquitectos de la Provincia de Córdoba (CAPC), la revista [“Bioarquitectura”](#), en formato impreso y digital (de libre descarga).

Participaron de la propuesta, ideada con un modelo de gestión asociativa, más de sesenta personas de distintos ámbitos: CAPC, Universidad Nacional de Córdoba (UNC), Universidad Católica de Córdoba (UCC), Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales (FLACSO), Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI), Fundación Pro Eco San Miguel, Cooperativa CEDEHAS, industrias locales, estudios de arquitectura y profesionales independientes. Se trabajó a partir de la metodología “Planificación participativa y gestión asociada”, desarrollada por FLACSO, que propició la incorporación de actores de manera permanente.

Esta metodología posibilita la intervención en políticas públicas desde campos disciplinarios diversos, construye un actor colectivo socio-técnico-gubernamental que trasciende la tarea profesional de ofrecer soluciones al comitente y la responsabilidad de dar respuesta a una necesidad. La transformación a través de los ciclos está ocurriendo, materializa la idea de esfera pública, pasa del espacio de lo común al interés colectivo por lo común.



En el 2008 el INTI se vinculó con la Ecovilla Gaia, ubicada en Navarro provincia de Buenos Aires, y desde entonces comenzó a llevar adelante acciones asociativas para generar transformaciones territoriales. En 2011 se impulsó una convocatoria nacional de ideas-proyecto para un “Espacio laboral tendiente a la emisión cero” entre los que hubo una fuerte presencia de referentes cordobeses. Así se sembró la semilla de la línea de trabajo sobre bioarquitectura en el INTI.

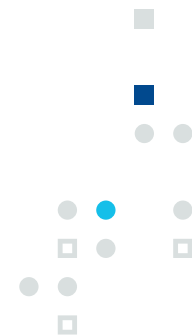
Proyecto SUME

El Salón de Usos Múltiples Experimental, SUME, es un proyecto de arquitectura bioclimática y uso de materiales naturales concebido para ser emplazado en el predio del INTI de la ciudad de Córdoba. También contempla sistemas de saneamiento descentralizado y energías renovables. Su desarrollo se enmarca en el “Ciclo participativo para la producción del hábitat sustentable”, propuesto por el Área de Tecnologías Sustentables del INTI.

El presente documento es una memoria descriptiva que incorpora parte de la información técnica del proyecto ejecutivo de obra y pliegos licitatorios, procesada de manera tal que pueda ser comprendida por un público amplio.



Durante 2019 se desarrolló en Mendoza el anteproyecto de un salón de usos múltiples para el INTI. Al igual que en Córdoba, pretende visibilizar posibilidades de bioconstrucción a través de un edificio público, sumando nuevas propuestas asociadas a las necesidades y contexto locales.



El trabajo inicial del equipo de producción participativa hacia un hábitat sustentable produjo un diálogo y estableció:

NECESIDADES Y OBJETIVOS ESTRATÉGICOS:

- Salón de capacitación y exposiciones.
- Salón comedor para el personal.
- Ensayos e información técnica sobre materiales naturales.
- Difusión de información técnica de referencia.
- Promoción de energías renovables y eficiencia energética.
- Impulso de la cadena foresto-industrial.
- Vinculación y trabajo articulado entre instituciones, universidades, profesionales, industria local y comunidad, para potenciar las capacidades existentes.

PARÁMETROS CONCEPTUALES:

- Mínimo impacto ambiental.
- Gestión asociativa.
- Proceso educativo, científico y tecnológico.
- Caracterización de la bioconstrucción.

PARÁMETROS TÉCNICOS:

- Estructura sujeta a normativas nacionales.
- Materiales naturales.
- Sistemas de saneamiento descentralizado.
- Energías renovables.
- Diseño bioclimático.
- Eficiencia energética.
- Tratamiento de residuos sólidos urbanos (RSU).

El presente Proyecto contó con el auspicio institucional del Ministerio de Ambiente de la Nación y fue presentado en la Secretaría de Agroindustria y la Secretaría de Vivienda de la Nación.



INTRODUCCIÓN

El crecimiento demográfico mundial del siglo XX, a la par del proceso de urbanización, prevé una población urbana del 70 % para el 2050. La Alianza Global para los Edificios y la Construcción del Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente estima que en 2017 la construcción y uso de edificios representó el 36 % del consumo mundial de energía y el 39 % de las emisiones de dióxido de carbono. Esta evidencia invita a los gobiernos y a las personas a replantear los modelos de ordenamiento territorial para que consideren criterios tanto sociales como ambientales.

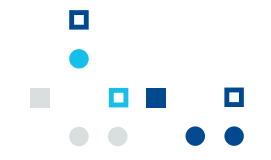
La construcción del hábitat suele encontrarse dissociada de las condiciones vitales y el poder de decisión de quienes lo habitan, tanto en sus factores culturales como climáticos. Construir, y hacer uso del hábitat, implica intervenir los ciclos naturales de la materia y la energía: ocupación del suelo, emisión de gases de efecto invernadero (GEI), pérdida de biodiversidad, consumo de recursos no renovables e impacto en la salud de las personas. En ese marco se hace necesario cuestionar las respuestas actuales y plantear soluciones alternativas, involucrando a la comunidad en la toma de decisiones sobre cómo construir y organizar el espacio urbano, periurbano y rural.

Así han surgido nuevos paradigmas entre los que destacan el buen vivir, el altermundialismo, el ecosocialismo, la corriente decolonial, la teoría crítica, el decrecimiento, los estudios sociales de ciencia y tecnología, la permacultura, la economía ecológica, la ecología política, entre otros.



¿SABÍAS QUÉ?

Entre los nuevos paradigmas se destaca el de la permacultura, un sistema de diseño y uso del espacio basado en reproducir patrones y características de la naturaleza. Para ello promueve la observación del entorno y plantea un conjunto de valores, éticas y principios universales aplicados al diseño y la arquitectura. Tales valores están presentes en todas las etapas de un proyecto: planeación, desarrollo, mantenimiento, organización y preservación del hábitat.



Bioconstrucción, arquitectura sustentable y bioarquitectura

Ancestralmente la humanidad se cobijó de la intemperie empleando materiales naturales para la construcción de su hábitat: piedra, madera, fibras vegetales, arcilla, arena, e incluso hielo. Con diversas técnicas se materializaron refugios integrados al paisaje que forman parte del patrimonio constructivo de lo que hoy se conoce como **bioconstrucción**.

A partir de la revolución industrial empezó a darse una sustitución de materiales y técnicas guiada por la idea de progreso. También aparecieron prejuicios que asociaron la bioconstrucción a la precariedad y la pobreza, la vincularon incorrectamente con problemas de salubridad (como la enfermedad de Chagas) y de comportamiento estructural (como los derrumbes por sismos).

La **arquitectura sustentable** propone minimizar el impacto ambiental global de las edificaciones. Con herramientas como la **bioclimática** se enfoca en minimizar los impactos ambientales en la etapa de uso. Considera las condiciones climáticas, la orientación de la vivienda, la vegetación circundante y el comportamiento térmico de los materiales de su envolvente para propiciar la iluminación y climatización natural, como el uso de fuentes energéticas pasivas y renovables, entre otras.

Hoy en día, desde diversas universidades e institutos se impulsa el desarrollo de información técnica en relación con los materiales naturales, sanos y de origen preferentemente local para su aplicación en arquitectura, considerando criterios de habitabilidad, seguridad estructural y resistencia al fuego, entre otros. Este

abordaje académico puede definirse como **bioarquitectura**, rama que se abre paso en su formalización a través de una oferta cada vez más amplia de cursos de extensión, materias optativas, seminarios, diplomaturas y talleres que buscan dar respuesta al déficit de información, de personal capacitado y de organismos de control instruidos.

¿SABÍAS QUÉ?

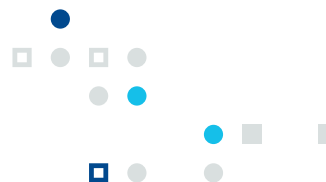
Al momento de medir impactos ambientales y sociales asociados a la producción de un bien o servicio existen diversas herramientas:

- La huella de carbono expresa, en toneladas de dióxido de carbono, la cantidad de emisiones de GEI.
- La huella hídrica mide el volumen de agua dulce consumida directa e indirectamente.
- La huella social (o humana) representa los impactos socioculturales, políticos y económicos reconocibles y mensurables.
- El análisis del ciclo de vida pondera impactos ambientales durante todas las etapas de la existencia de un producto.

La Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación publicó en internet el [“Manual de métricas e indicadores para emprendimientos sustentables”](#) que recopila herramientas de mensura del impacto socioambiental de proyectos.

Acciones globales

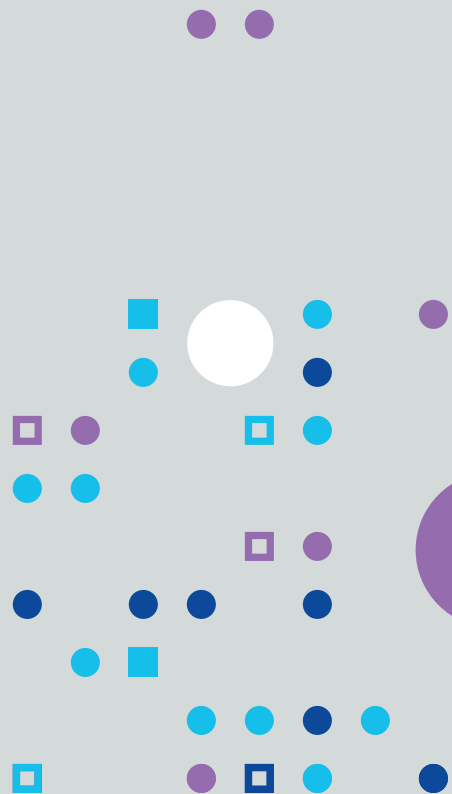
Los **Objetivos de Desarrollo Sostenible** son una iniciativa de la Organización de las Naciones Unidas que consta de 17 objetivos y 169 metas asociadas, instan a los países a adoptar medidas que promuevan la prosperidad al tiempo que protegen el planeta. Los países que adhieren a la agenda 2030 se comprometen a adoptarlos como propios y a establecer marcos nacionales para su logro.



¿SABÍAS QUÉ?

Existe un concepto llamado “Día de sobrecapacidad de la tierra” que representa la fecha en la cual se consumieron los recursos naturales que la naturaleza puede regenerar en un ciclo anual. A partir de ese día se considera que la humanidad vive “a crédito” debido a que ya agotó los recursos que le ofrece el planeta para el año en curso. En el 2019 Argentina alcanzó su día de sobrecapacidad el 26 de junio.





1

MARCO LEGAL Y REGLAMENTARIO

MENÚ DE NAVEGACIÓN

ÍNDICE ■ **MARCO LEGAL Y REGLAMENTARIO** ■ ARQUITECTURA ■ MATERIALIDAD ■ CUBIERTAS ■ ESTRATEGIAS BIOCLIMÁTICAS
ESTRUCTURAS ■ AGUA, SANEAMIENTO Y RESIDUOS SÓLIDOS ■ ENERGÍAS RENOVABLES ■ REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS



Los sistemas normativos de construcción se originan en las primeras décadas del siglo XX. En Argentina la elaboración de reglamentos nacionales está a cargo de dos organismos: el 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, y el Instituto Nacional de Prevención Sísmica (INPRES) que se ocupa de los reglamentos de seguridad estructural sismorresistente.

El carácter federal de la República Argentina otorga a cada provincia la posibilidad de elaborar sus propios reglamentos o adoptar los nacionales. Por ello, la difusión y calidad de estos documentos debe ser tal que permita su aceptación masiva, con la consecuente unificación de las exigencias de seguridad estructural.

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 unitariamente 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 -estatales o privadas- en directa proporcionalidad con la centralidad urbanística: cuanto más cerca al centro de una ciudad, mayores son las edificaciones que ajustan su diseño, ejecución y control a las normas y reglamentos vigentes. La edificación informal, con fuerte 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, a través de una Resolución del año 2016, 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.

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.

● Marco legal y reglamentario - Bioarquitectura INTI

Con el propósito de facilitar la interpretación de los criterios de diseño adoptados por el reglamento CIRSOC 601 se publicaron diversos [documentos de apoyo](#), entre ellos:



Manual de aplicación de los criterios de diseño adoptados en el reglamento argentino de estructuras de madera (INTI CIRSOC)

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 (INTI CIRSOC)

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.

MATERIAL COMPLEMENTARIO

[Publicaciones](#) de la Dirección Nacional de Desarrollo Foresto Industrial del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación.

- **Pliego de especificaciones técnicas general para el sistema de trama cerrada liviana (sistema de bastidores).** Tiene por finalidad proveer un marco de referencia que facilite el diseño y construcción de edificios de estructura de madera de planta baja y un piso alto.
- **Guía introductoria para la construcción de viviendas bajo el sistema de entramado de madera,** publicado en noviembre de 2018, aporta consideraciones generales sobre diseño y construcción bajo las normativas vigentes.

- **Manual de construcción con madera,** publicación virtual de octubre de 2019.

[Publicaciones](#) del INTI que aportan a las buenas prácticas en el uso de la madera en la construcción:

- **Tabla voluntaria de medidas. Madera aserrada estructural.**
- **Guía didáctica ilustrada. Clasificación visual. Madera aserrada. Uso estructural.**

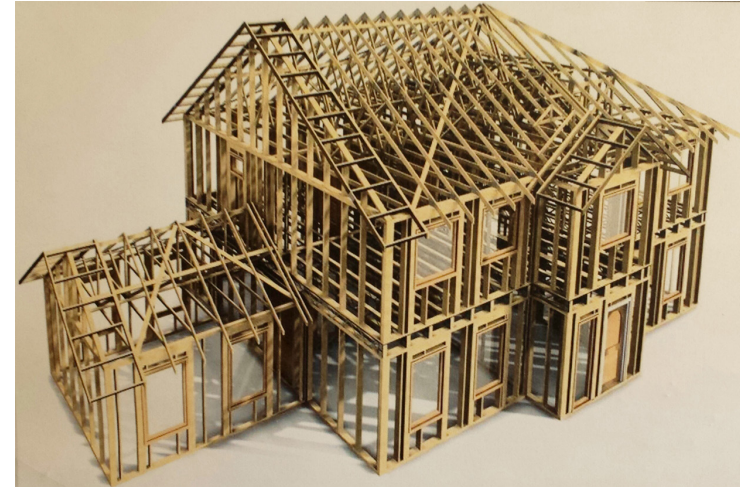
Entramado de madera como sistema constructivo tradicional

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. Esto significa que para su empleo los proyectos ya no necesitan contar con el Certificado de Aptitud Técnica (CAT) que emite la secretaría de Vivienda. La Resolución 3-E/2018 equipara a este sistema constructivo con las estructuras de hormigón, hierro o mampostería.

¿SABÍAS QUÉ?

Con el objetivo de promover la construcción con madera e impulsar la industria forestal, en el 2017 se firmó un “Acuerdo para la promoción de la construcción con madera” entre ministerios, organismos nacionales (incluido el INTI) y el sector maderero. Su meta es lograr que un 10 % de las viviendas financiadas por el Estado se construyan con este material.



Platform frame es la evolución de 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.



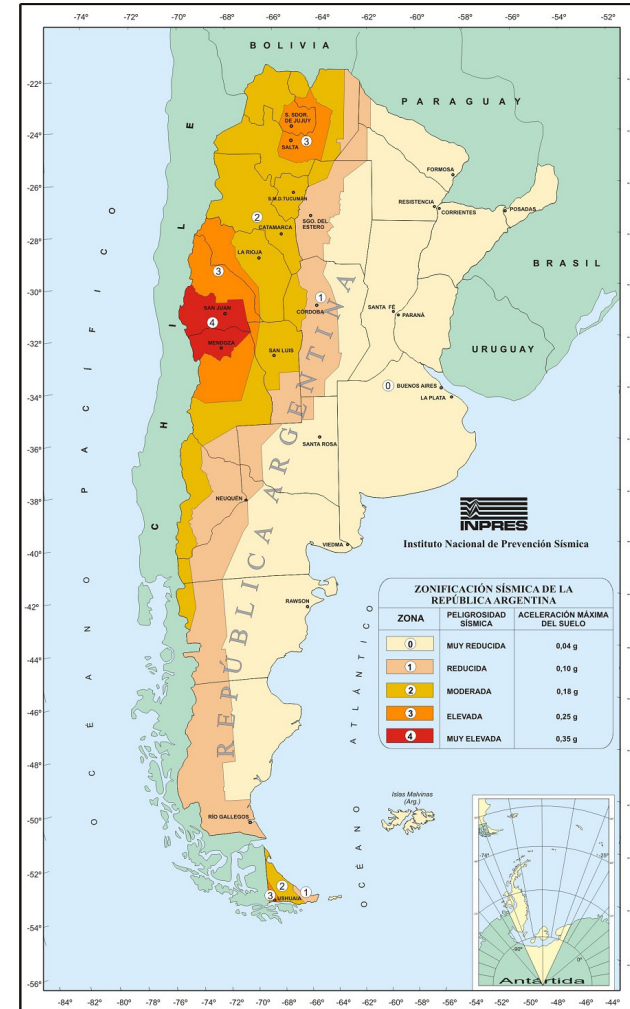
NORMATIVA DE CONSTRUCCIÓN SISMORRESISTENTE

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 el daño que pudiera sufrir por los efectos de un terremoto severo no permita su 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 emplazará la obra, más severos para la zona IV disminuyen hacia la zona 0.

¿SABÍAS QUÉ?

Es incorrecto afirmar que una construcción es antisísmica ya que no evita un fenómeno de ese tipo. El término adecuado es sismorresistente.



Mapa de zonificación sísmica de Argentina.
Fuente: Instituto Nacional de Prevención Sísmica.

NORMATIVA DE CONSTRUCCIÓN CON TIERRA

La conservación y restauración del patrimonio es un área en la que la normativa resulta indispensable, ya 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 y el interés por construir edificios con criterios de sustentabilidad podrían ubicar a la tierra en un rol protagónico. Estas razones, entre tantas, 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 asegurar apropiados estándares de calidad, seguridad y durabilidad.

NORMATIVA INTERNACIONAL

A nivel mundial son varios los países que poseen recomendaciones, reglamentos y normas para construir con tierra en diferentes sistemas constructivos. Entre ellos se destacan Perú, Brasil, Colombia, Chile, México, Estados Unidos, España, Francia, Alemania, India, Nigeria, Costa de Marfil, Sudáfrica, Turquía, Nueva Zelanda y Australia.

En Argentina se toman como referencia para construir con tierra principalmente, la norma E.080 Diseño y construcción con tierra

reforzada de Perú y la norma [NBR 10836](#) de Brasil, que constituyen un valioso material de consulta junto a las especificaciones del Centre International de la Construction en Terre (CRATerre) 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 CYTED (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.



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.

NORMAS Y DESARROLLOS LOCALES

Si bien en Argentina existe la posibilidad de aplicar reglamentos nacionales vigentes para técnicas constructivas como el BTC y 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) que superan incluso lo exigido por norma (en BTC y tapia).

Numerosos organismos estatales 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. Según datos de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), el 60 % de las viviendas son autoconstruidas.

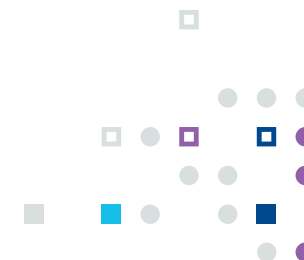
En sus normas IRAM, referidas a la mecánica de los suelos, el Instituto Argentino de Normalización y Certificación establece definiciones, criterios de clasificación y métodos para la identificación, descripción y determinación de las constantes físicas y propiedades químicas y mecánicas de suelos de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

que definen métodos para determinar las dosificaciones, tipos de compactación, resistencia y durabilidad de mezclas y componentes básicos (bloques comprimidos) de suelo cemento. En estos campos el marco normativo existente cubre en general los requerimientos esenciales para obtener productos de calidad.

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.

¿SABÍAS QUÉ?

La minga, del quechua *minka*, es una modalidad ancestral de trabajo solidario de un grupo de personas que se organizan para construir (cosechar o trabajar) en favor de algún integrante de la comunidad. En Argentina es una práctica frecuente entre grupos de autoconstrucción y suelen organizarse a través de convocatorias públicas.



● Marco legal y reglamentario - Bioarquitectura INTI

Un informe reciente de la [Red Protierra Argentina](#), enfocada en el desarrollo responsable de la 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. Los casos analizados demuestran que, en la práctica, se desconoce además la posibilidad de aplicar reglamentos nacionales para técnicas constructivas como el BTC y los entramados de madera.

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 estimule al desarrollo tecnológico de la construcción con tierra y/u otros materiales naturales.



Ciclo de capacitación municipal al personal y a la comunidad en general en el Departamento Lavalle, provincia de Mendoza, en el marco de la implementación de la Ordenanza N° 889 del año 2014. Fuente: Arq. Adriana Saua.



Vivienda modelo en tierra cruda y quincha mejorada en el Museo Histórico y Natural de la ciudad de Tulumaya, provincia de Mendoza. El Departamento Lavalle promueve pautas constructivas que aportan seguridad estructural, regulando la construcción y restauración en tierra. www.lavalle Mendoza.gov.ar

Relevamiento de instrumentos normativos sobre construcción con tierra en Argentina

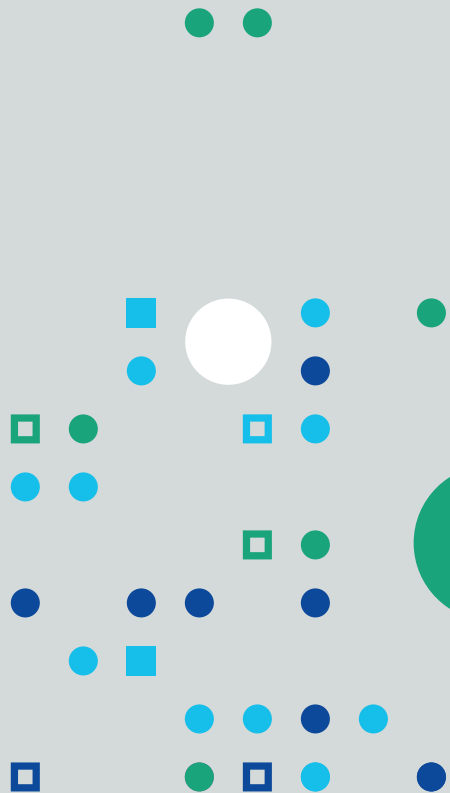
Actualizado a mayo 2020.

LOCALIDAD	PARTIDO/DEPARTAMENTO	PROVINCIA	INSTRUMENTO	NÚMERO Y AÑO	ALCANCE	ZONA SÍSMICA*
Ayacucho	Ayacucho	Buenos Aires	Ordenanza	Ordenanza N° 4765/13	Departamental	0
Coronel Suárez	Coronel Suárez	Buenos Aires	Ordenanza	Ordenanza N° 5554/12	Departamental	0
General Alvarado	General Alvarado	Buenos Aires	Ordenanza	Ordenanza N° 223/16	Departamental	0
Mar del Plata	General Pueyrredón	Buenos Aires	Ordenanza	Ordenanza N° 22690/16	Departamental	0
Marcos Paz	Marcos Paz	Buenos Aires	Ordenanza	Ordenanza N° 50/16	Departamental	0
Olavarría	Olavarría	Buenos Aires	Ordenanza	Ordenanza N° 3753/15	Departamental	0
Pergamino	Pergamino	Buenos Aires	Ordenanza	Ordenanza N° 8286/15	Departamental	0
Tandil	Tandil	Buenos Aires	Ordenanza	Ordenanza N° 16781/19 Asunto 225/2019	Departamental	0
Tigre	Tigre	Buenos Aires	Ordenanza y Código de edificación	Ordenanza N° 3345/13	Departamental	0
Tornquist	Tornquist	Buenos Aires	Ordenanza	Ordenanza N° 6590/14	Departamental	0
Villarino	Villarino	Buenos Aires	Ordenanza y Código de edificación	Ordenanza N° 2747/14	Departamental	0
El Hoyo	Cushamen	Chubut	Ordenanza	Ordenanza N° 111/13	Municipal	2
Esquel	Futaleufú	Chubut	Ordenanza	Ordenanza N° 111/14	Municipal	2
CABA	CABA	CABA	Ley provincial	Ley N° 416/12	Provincial	0
Córdoba	Capital	Córdoba	Ordenanza	Ordenanza N° 12548 Decreto reglamentario N° 3345/19	Departamental	1
Salsipuedes	Colón	Córdoba	Código de edificación	Artículo N° 211 del Código de edificación modificado en 2008	Municipal	1
Río Cuarto	Río Cuarto	Córdoba	Ordenanza	Ordenanza N° 981/18	Municipal	1
La Serranita	Santa María	Córdoba	Resolución del poder ejecutivo	Resolución N° 19/18	Municipal	1
Villa del Dique	Villa del Dique	Córdoba	Ordenanza	Ordenanza N° 892/18	Municipal	1
Entre Ríos	Entre Ríos	Entre Ríos	Ley provincial	Ley provincial N° 10736	Provincial	0

● Marco legal y reglamentario - Bioarquitectura INTI

LOCALIDAD	PARTIDO/DEPARTAMENTO	PROVINCIA	INSTRUMENTO	NÚMERO Y AÑO	ALCANCE	ZONA SÍSMICA*
Chajarí	Federación	Entre Ríos	Ordenanza	Ordenanza N° 1677/16	Municipal	0
Winifreda	Conhelo	La Pampa	Ordenanza	Ordenanza N° 426/13	Municipal	0
Santa Rosa	Santa Rosa	La Pampa	Ordenanza	Ordenanza N° 5320/15	Municipal	0
Chilecito	Chilecito	La Rioja	Ordenanza	Ordenanza N° 3484/17	Departamental	2
Las Heras	Las Heras	Mendoza	Ordenanza	Ordenanza N° 45/16	Departamental	4
Lavalle	Lavalle	Mendoza	Ordenanza y Código de edificación	Ordenanza N° 889/14	Departamental	4
Neuquén	Confluencias	Neuquén	Ordenanza, decreto y norma técnica	Ordenanza N° 13489/16 Decreto N° 55/18	Municipal	2
Plottier	Confluencias	Neuquén	Ordenanza y normas técnicas	Ordenanza N° 4041/19	Municipal	2
San Martín de los Andes	Lácar	Neuquén	Ordenanza	Ordenanza N° 9409/12	Municipal	2
Rincón de los Sauces	Pehuenches	Neuquén	Ordenanza y normas técnicas	Ordenanza N° 1278/11	Municipal	2
Luis Beltrán	Avellaneda	Río Negro	Ordenanza	Ordenanza N° 24/10	Municipal	0
El Bolsón	Bariloche	Río Negro	Ordenanza y normas técnicas	Ordenanza N° 162/10	Municipal	2
San Carlos de Bariloche	Bariloche	Río Negro	Ordenanza	Ordenanza N° 2492/13	Municipal	2
Cipolletti	General Roca / El Cuy	Río Negro	Ordenanza	Ordenanza N° 210/13	Departamental	1
Río Colorado	Pichi Mahuida	Río Negro	Ordenanza y normas técnicas	Ordenanza N° 1777/15	Municipal	0
Río Negro	Río Negro	Río Negro	Ley Provincial	Ley N° 4931/2013	Provincial	0-2
Cachi	Cachi	Salta	Resolución del poder ejecutivo	Resolución N° 504/12	Municipal	2
Merlo	Merlo	San Luis	Ordenanza	Ordenanza N° 0552/13	Municipal	2
El Calafate	Lago Argentino	Santa Cruz	Ordenanza	Ordenanza N° 1980/17	Municipal	0
Reconquista	General Obligado	Santa Fe	Ordenanza	Ordenanza N° 73632/13	Municipal	0
Oliveros	Iriondo	Santa Fe	Ordenanza	Ordenanza N° 1082/14	Municipal	0

*Según reglamento INPRES-CIRSOC 103 parte I. Fuente: Red Protierra Argentina.



2

ARQUITECTURA

MENÚ DE NAVEGACIÓN

ÍNDICE ■ MARCO LEGAL Y REGLAMENTARIO ■ **ARQUITECTURA** ■ MATERIALIDAD ■ CUBIERTAS ■ ESTRATEGIAS BIOCLIMÁTICAS
ESTRUCTURAS ■ AGUA, SANEAMIENTO Y RESIDUOS SÓLIDOS ■ ENERGÍAS RENOVABLES ■ REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS





Render de vista Noreste.

IMPLANTACIÓN

El predio del INTI se ubica en la ciudad de Córdoba, en la avenida Vélez Sarsfield 1561 del barrio Nueva Córdoba, zona de barrancos que es una importante entrada a la Ciudad Universitaria.

Allí se analizó el área circundante al predio del sitio de implantación y su vocación de uso. En el portal de ingreso se halla un montecito de especies arbóreas autóctonas denominado “La Gota” que pone en valor al bosque nativo.

Al Este se encuentra el acceso a la Ciudad Universitaria, área también utilizada como “balcón urbano” con vista hacia el ocaso entre las sierras del Oeste. Los edificios próximos son el Pabellón Gris y el Pabellón Brujas de la Escuela de Artes, con sus galerías y lago.

Al Norte, la calle Richardson divide la zona residencial de edificios en altura como muralla que bloquea las visuales y el ingreso al centro de la ciudad de los vientos frescos del Sur humidificados por el área verde de la Ciudad Universitaria.

Al Oeste se ubica la Plaza de las Américas, conector vial de los cuatro puntos cardinales y vías de acceso principales. Este sector ofrece una vista extensa permitiendo el disfrute del ocaso.

Al Sur continúa el verde de la Ciudad Universitaria, visualizándose los edificios de la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, de Matemática, Astronomía y Física y zona de viveros pertenecientes a la UNC.



Plano de la zona donde se encuentra el predio del INTI en el barrio Nueva Córdoba. Fuente: Google Maps.



Vista al atardecer desde el balcón urbano.



Implantación prevista del SUME en el predio de INTI Córdoba. Fuente: Google Earth.

COSMOVISIÓN Y SEMANTICIDAD

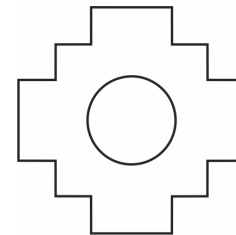
El proceso de diseño se inspiró en la noción del ser humano, con su diversidad cultural como parte de un todo, que convive en actitud de respeto y armonía con el planeta.

En la propuesta arquitectónica conviven conceptos geométricos que abarcan distintas culturas, desde el oriente al occidente. Tales conceptos son de índole universal, arquetipos de la humanidad que nos confieren identidad como un todo, presentes de manera permanente en nuestro entorno natural y en nosotros mismos. Ritos, mitos y ritmos ancestrales, tales como los de los pueblos originarios latinoamericanos, buscan retomar y conservar la esencia natural de la vida, la unión de opuestos complementarios (dinergia) como alternativa a la unilateralidad.

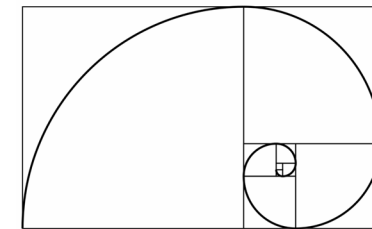
El proyecto arquitectónico integra y se basa en distintos conceptos, la cosmovisión de los pueblos originarios sudamericanos, simbolizada por la geometría de la *chakana* (cruz andina), junto a la proporción armónica del rectángulo áureo, presente también en las culturas andinas, y la ocupación consciente del espacio planteada por el *Feng Shui* con sus cinco elementos (madera, tierra, metal, fuego y agua).

La incorporación de estas geometrías en la volumetría del SUME tiene como objetivo integrar el elemento arquitectónico con el entorno natural, estableciendo un equilibrio y reduciendo el impacto visual y energético.

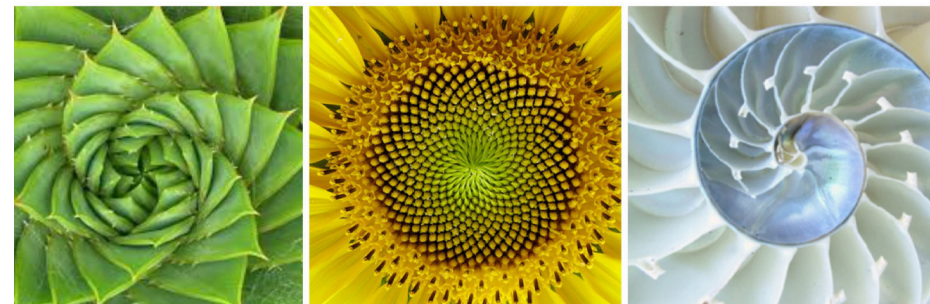
La propuesta arquitectónica hace también referencia a la ley de complementarios, tomando como ejemplo los hemisferios cerebrales ya que a un lado del predio están las facultades de artes donde se desarrolla la creatividad y al otro, donde se implantará el SUME, se encuentra el INTI y las facultades de ciencias “duras” o exactas como Ingeniería y Ciencias Químicas.



Chakana o cruz andina



Rectángulo áureo.



Patrones de la naturaleza en los que se inspira el diseño del SUME.



PROGRAMA DE NECESIDADES

Producto del diálogo entre autoridades, personal y el equipo proyectual que se desarrolló en el predio de INTI Córdoba, surge el relevamiento de las siguientes necesidades:

- Espacio multiuso flexible, con capacidad de albergar talleres, eventos, exposiciones o comedor para el personal.
- Espacios semicubiertos.
- Zona de servicios con cocina para refrigerar y calentar alimentos pre-elaborados, lavado de vajilla, área de guardado y de depósito.
- Torre técnica para la localización de los sistemas de generación de energías renovables: paneles solares y fotovoltaicos que minimicen la necesidad de alimentación de red.
- Baños convencionales (húmedos) y secos.
- Pérgola con asador.
- Espacio para el compostaje de residuos orgánicos.

PARÁMETROS CONCEPTUALES

- Reducir el impacto ambiental asociado a los materiales de construcción a utilizar, con un enfoque integral medible de su huella ecológica, que haga uso y divulgue herramientas como el análisis de ciclo de vida (ACV).
- Propiciar un proceso de gestión asociativa que posibilite el fortalecimiento socio-territorial del sector de la bioarquitectura.
- Motivar un proceso educativo, científico y tecnológico.
- Caracterizar la bioconstrucción, divulgar las buenas prácticas y dar impulso a sus técnicas en el marco de políticas públicas.
- Lograr la economía de mantenimiento e identidad del lenguaje arquitectónico.

PARÁMETROS TÉCNICOS

- Divulgar reglamentos, en especial el CIRSOC 601 para estructuras de madera.
- Experimentar y desarrollar tecnologías alternativas de gestión del agua, residuos y saneamiento.
- Incluir energías renovables como la solar térmica y la generación activa fotovoltaica.
- Atender al acondicionamiento bioclimático y la eficiencia energética.

METODOLOGÍA

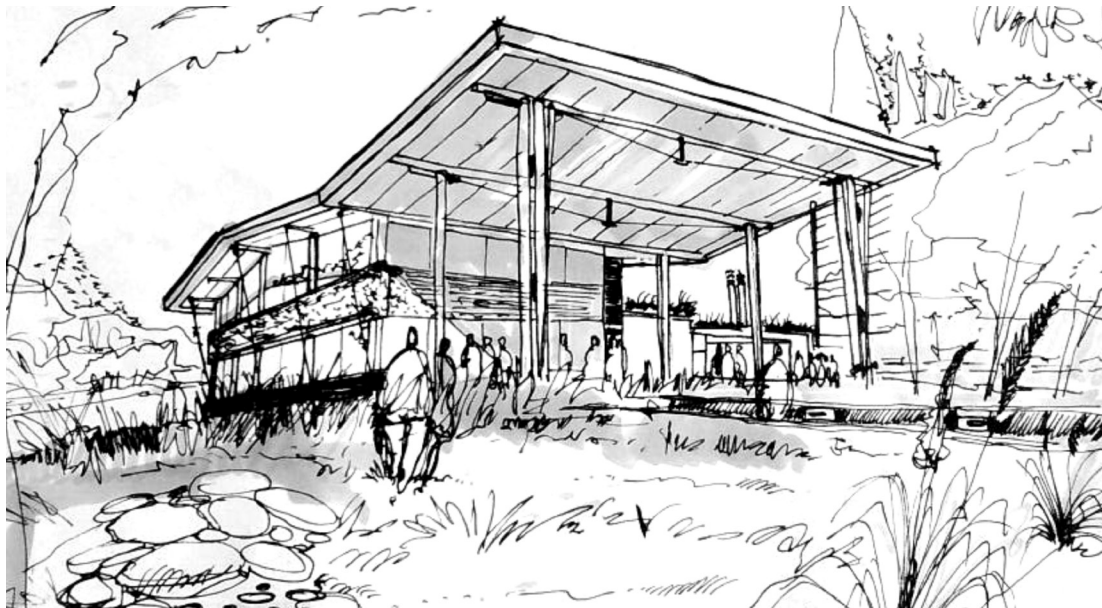
La metodología de trabajo adoptada se basó en normas ISO, herramienta que se constituyó en una hoja de ruta con los pasos de verificación que fueron marcando el avance, los tiempos y contenidos. Facilitó además la confluencia de diversos profesionales, posibilitando un desarrollo interdisciplinario. Se organizaron equipos de trabajo responsables de: la coordinación del proyecto ejecutivo, estructuras, arquitectura, saneamiento, bioclimática, energías, diseño del paisaje, documentación, modelado 3D, cómputo de materiales, planificación de obra, gestión del proceso de calidad, memoria descriptiva, anexos y la presentación del proyecto.



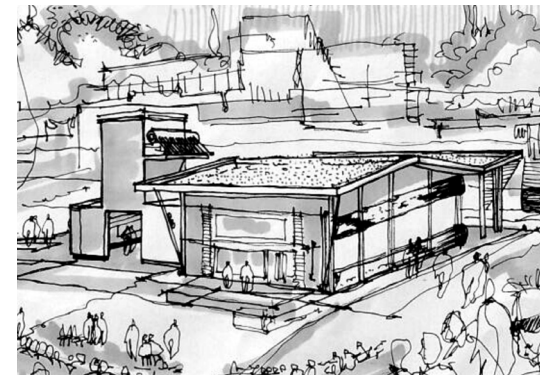
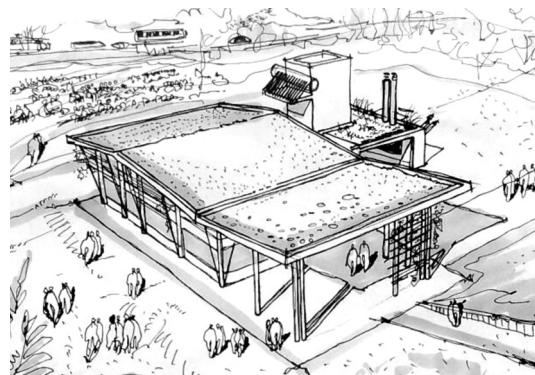
Parte del equipo proyectual SUME.

PROPUESTA ARQUITECTÓNICA

La superficie asignada permitió el desarrollo del proyecto en una planta, ajustando su localización en función de las condicionantes del entorno, arbolado y orientaciones.



Croquis de las primeras propuestas del equipo de proyecto SUME elaborados por el arquitecto Armando Gross.

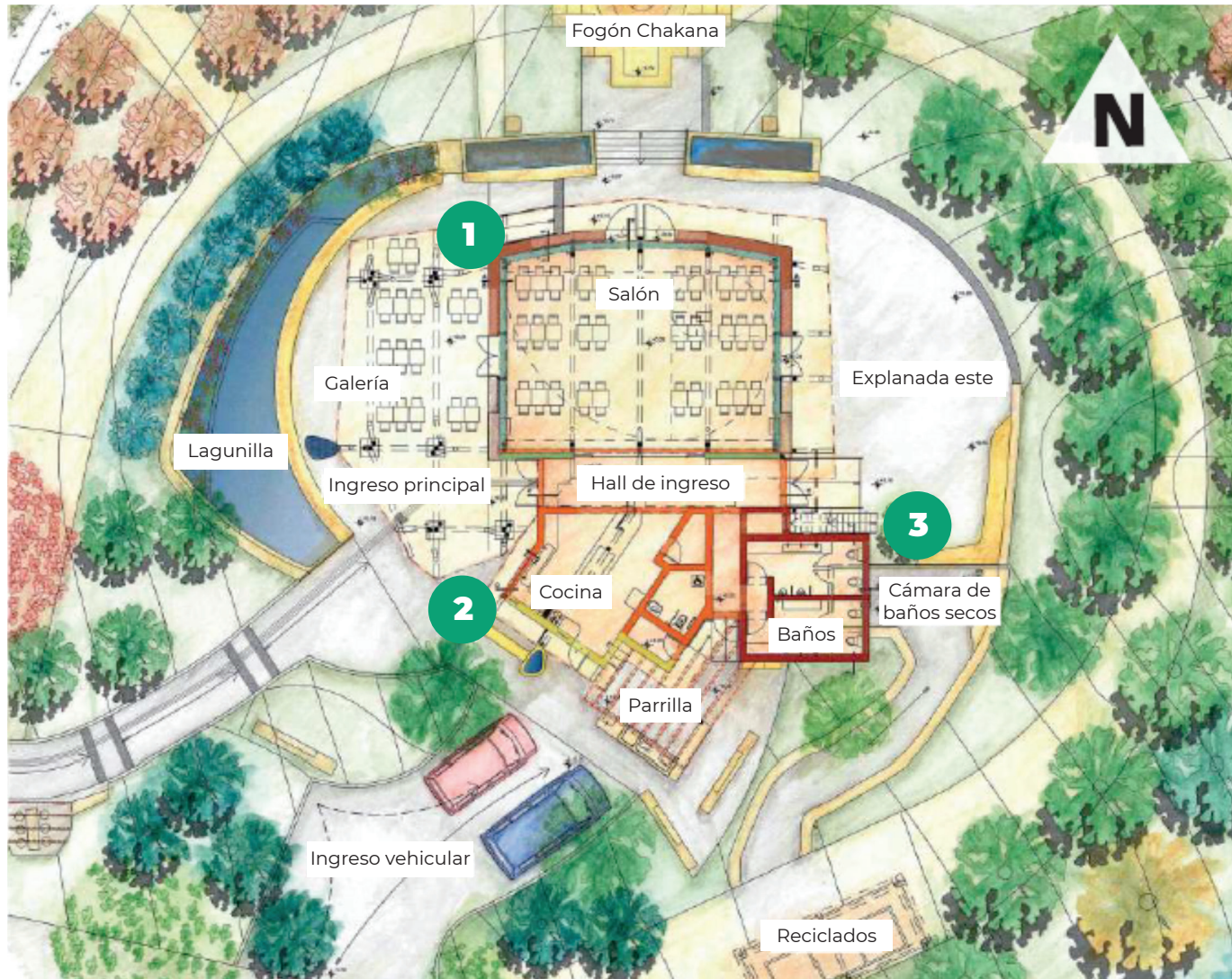


La propuesta arquitectónica contempla tres sectores:

Sector 1: Salón de usos múltiples.

Sector 2: Cocina y dependencias.

Sector 3: Baños y sistemas de captación de energía solar.

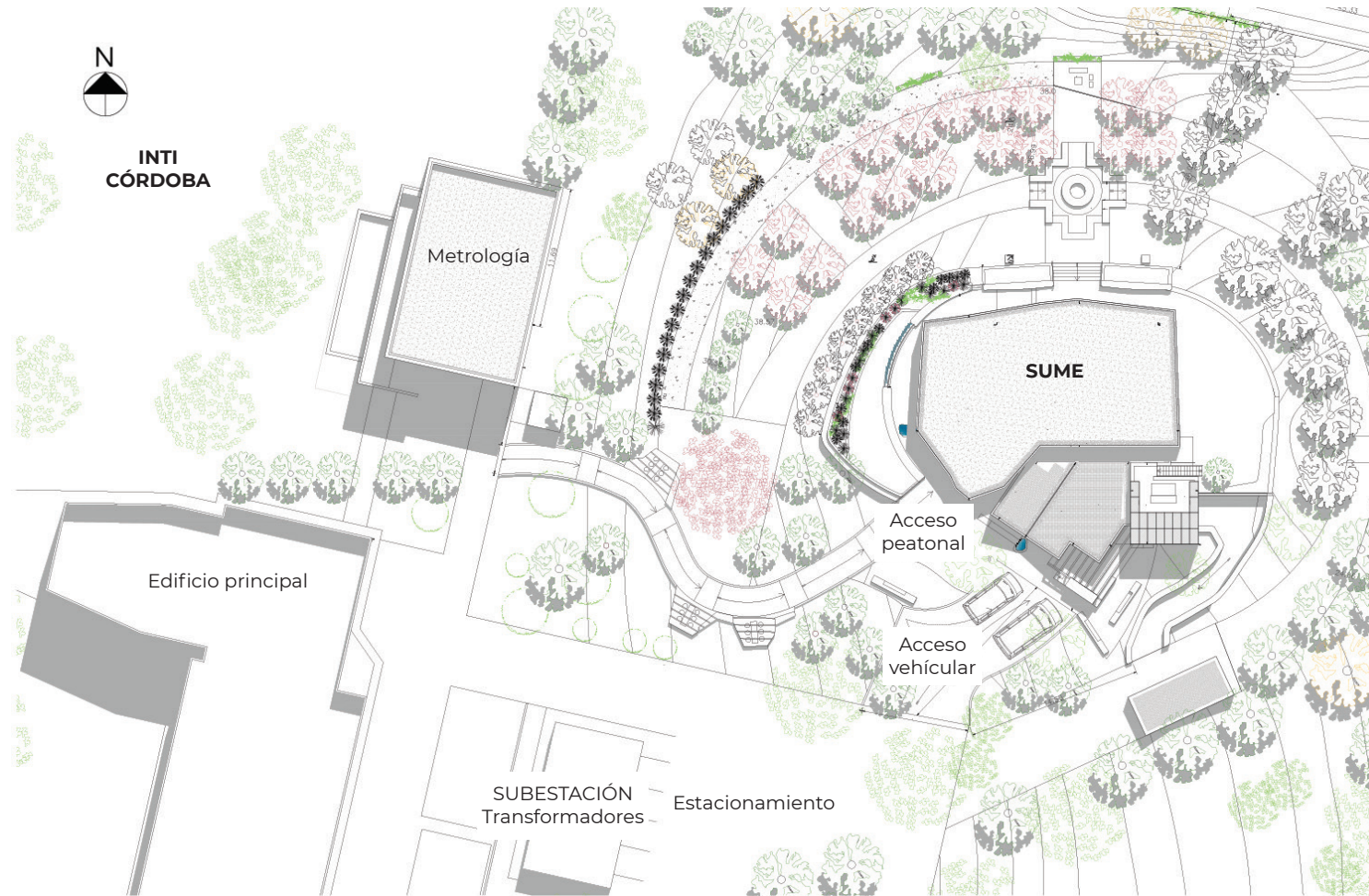


Durante el desarrollo del proyecto se definieron los usos de las siguientes superficies:

- **Cubierta** 247,59 m²
- **Semicubierta galería** 95,61 m²
- **Semicubierta aleros** 51,72 m²

VOLUMETRÍA PRINCIPAL

El edificio presenta una diferenciación de usos muy marcada desde la propuesta constructiva con dos volúmenes diferenciados Norte - Sur.



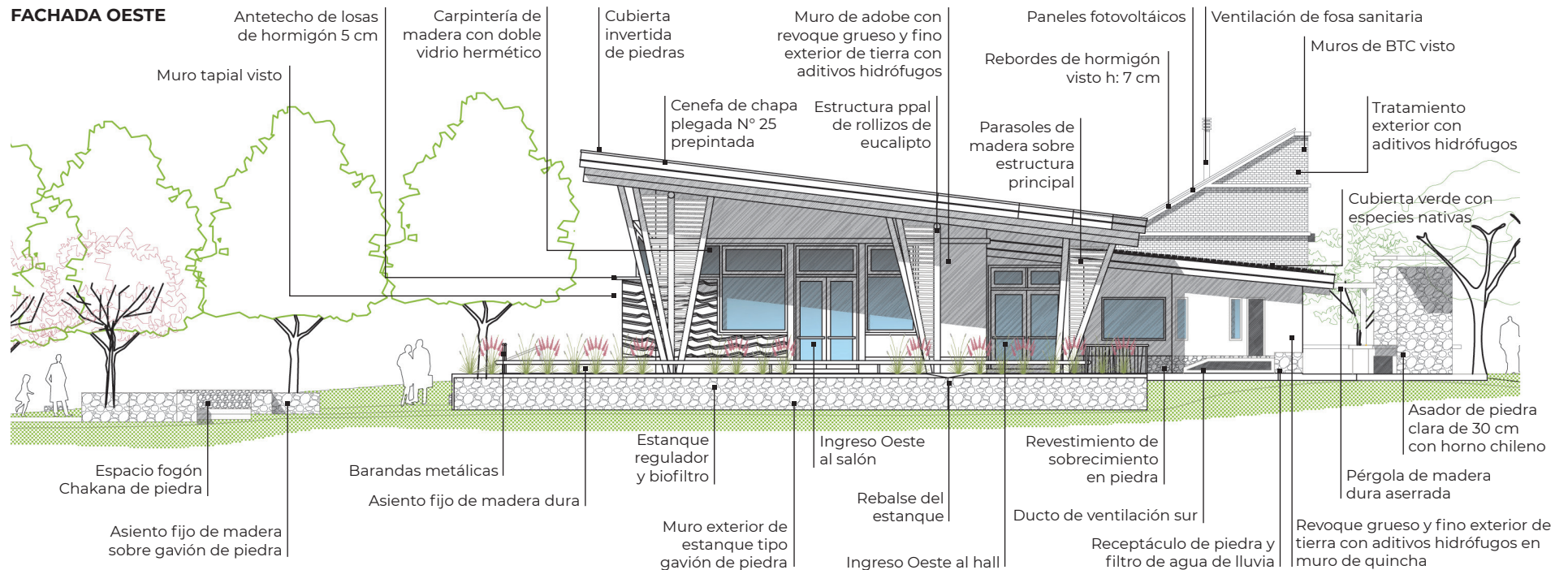
Implantación del Proyecto SUME y arbolado en el predio INTI Córdoba.



Render de sendero de acceso peatonal Oeste.

El sector de ingreso al Oeste, configurado por una galería de extensión semicubierta con vista a las sierras, es un ámbito que representa la apropiación local del espacio en el clima regional y plantea una apertura visual de uso vinculante con el edificio principal del predio, desde donde se accede peatonalmente a través de senderos y vehicularmente a través de una rampa.

FACHADA OESTE



● Arquitectura - Bioarquitectura INTI

El eje Oeste - Este genera la circulación vinculante entre el área pública al Norte, donde está el salón principal y la de servicios al Sur. Entre ambos sectores se generó un espacio de vinculación y circulación que conecta todos los usos del interior y, a su vez, relaciona al edificio con el exterior. Este pasillo cuenta con iluminación cenital y remata al Este con un anfiteatro descubierto de expansión donde se prevé la direccionalidad de crecimiento del edificio.



Render de salón principal y cocina vinculados por un espacio de circulación.



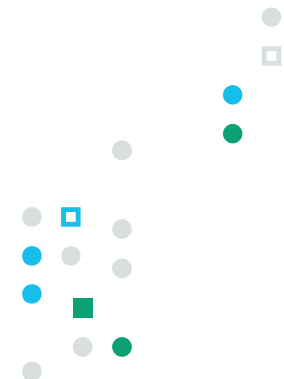
Sector 1: Salón de usos múltiples

El sector público es una gran nave que cubre el salón de usos múltiples y la galería, este se materializa con una estructura independiente de postes que, en su área cubierta, propone diferentes técnicas de construcción en tierra para la envolvente, como son el tapial hacia el Norte, mampostería de adobe hacia el Este y Oeste, panelería de trigo prensado y quincha seca hacia el Sur y fardos de cortadera para todo el cordón superior en sus cuatro orientaciones.

La cubierta de techos que configura la nave principal es un plano alabeado de doble curvatura, de postes de eucalipto, que va armando las pendientes de escorrentía pluvial en el orden del 10-15 %. Esta cubierta invertida, con un sustrato de áridos de piedra de río, se comporta como un gran receptor y filtro de agua de lluvia que es conducida a un estanque. A su vez, es una fachada importante que se visualiza desde los edificios del barrio Nueva Córdoba.



La escala de la propuesta impone un manejo del lenguaje estructural que se aprecia en los distintos espacios y usos, a fin de poder transmitir con elementos constructivos las funciones que albergará el mismo.



Render de salón principal con iluminación natural y vistas al parque y sierras del Oeste.

Sector 2: Cocina y dependencias

Presenta una estructura de postes de madera, con muros de quincha húmeda. La cubierta en este sector es un techo vivo con tres variantes propuestas por el Instituto IRNASUS (surgido de un convenio entre el CONICET y la Universidad Católica de Córdoba) que incorpora especies vegetales nativas y dos variantes del sistema: con sustrato en bandejas y suelto. La tercera variante es propuesta por el Taller de Bioconstrucción de la Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Diseño de la UNC.



Este sector cuenta con espacios de cocina para guardado, refrigeración y calentamiento de viandas, mesadas y bachas para el lavado de vajilla, depósito de sector cocina, baño accesible y área de separación de residuos.

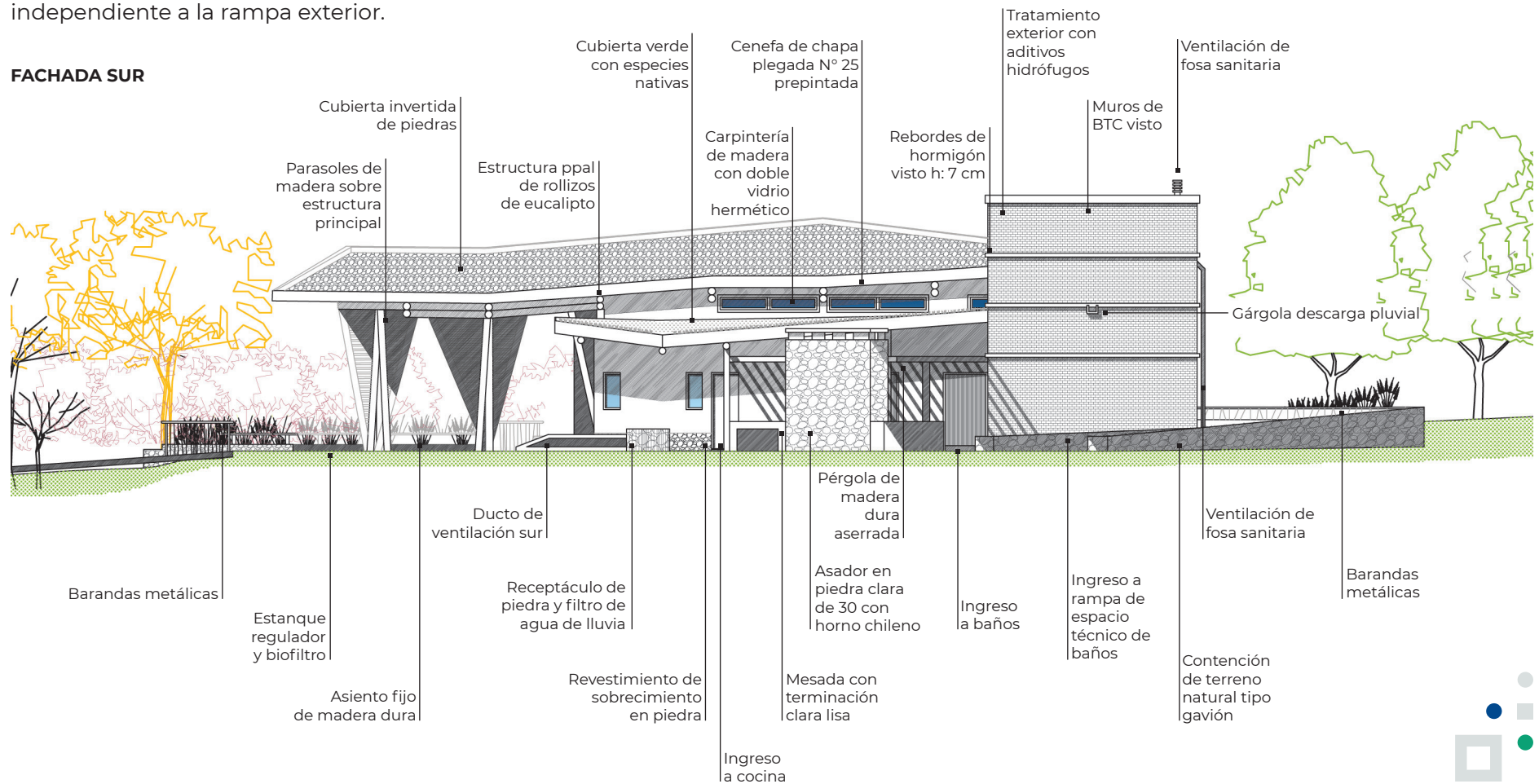


Render de rampa de acceso vehicular, galería principal, zona de servicios, pérgola, asador y torre técnica.

Sector 3: Baños y sistemas de captación de energía solar

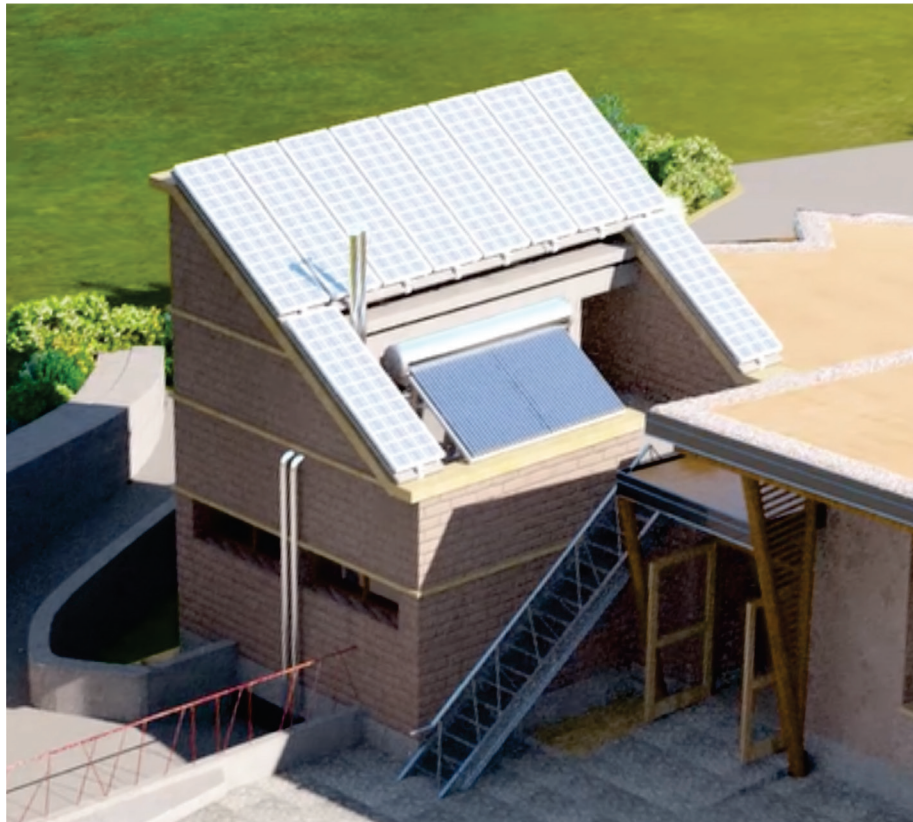
En el sector sudeste se encuentra la torre técnica que tendrá una estructura de hormigón armado y envolventes de bloques de tierra comprimida (BTC). En esta torre se ubican baños convencionales y baños con inodoros y mingitorios secos para su medición y evaluación. Para esto se proyectó un subsuelo que permita la colocación de contenedores para sólidos y líquidos y una puerta con salida independiente a la rampa exterior.

FACHADA SUR



● Arquitectura - Bioarquitectura INTI

Sobre el nivel superior de los baños se proyectó un núcleo técnico de servicios que contiene dos tanques de agua de reserva. En otro punto de la torre se ubican dos termotanques solares para agua caliente con sus colectores, con una capacidad de 150 litros cada uno. El resto de la superficie, dispuesta a 45°, se utiliza para fijar 18 m² de paneles fotovoltaicos que producirán 5 kW para cubrir el consumo estimado del edificio. La idea central de esta matriz eléctrica se relaciona a la reciente norma adoptada en Córdoba sobre generación distribuida y el concepto de prosumidor.



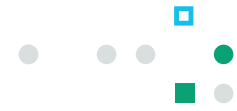
Render de torre técnica con paneles fotovoltaicos y colectores solares.

En el exterior se prevé un sector de parrilla con pérgola y en el parque que rodea al edificio se proyecta un sector para el tratamiento de los residuos sólidos generados en el edificio, con áreas de separación y compostaje y un área de tratamiento de aguas grises y negras, previamente separadas, donde se estudiará el desempeño de diferentes tecnologías.



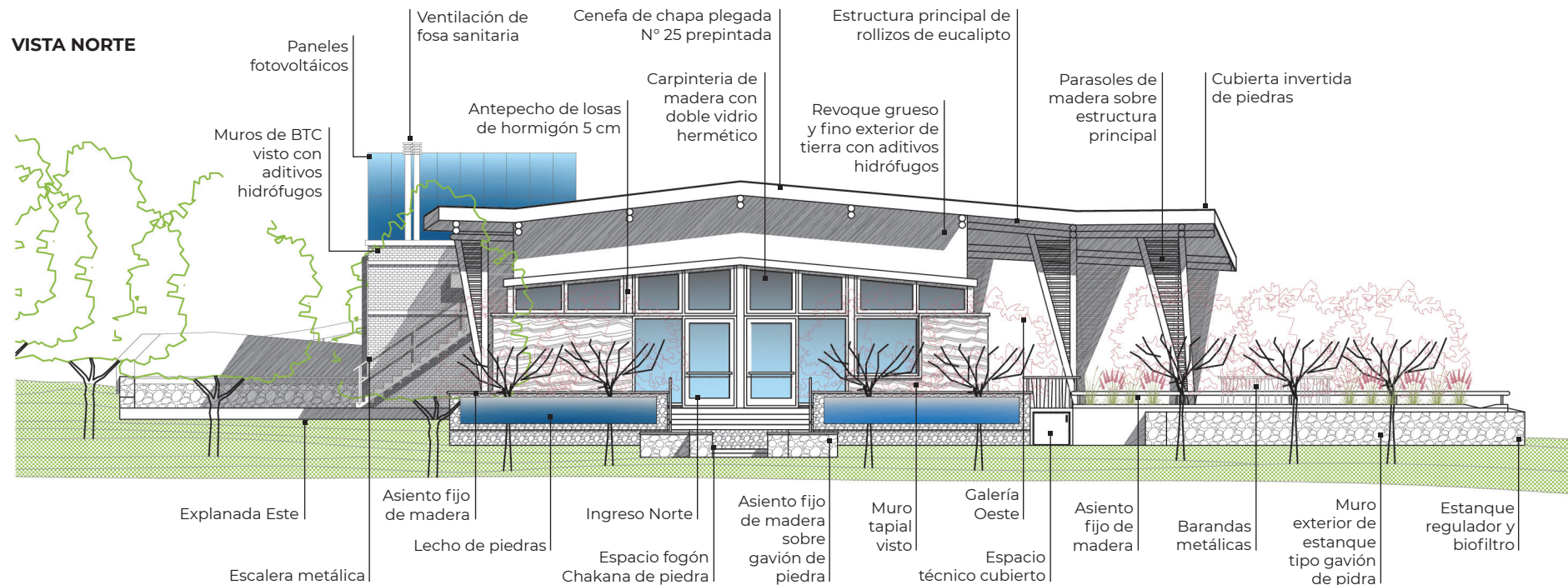
Render de sector parrilla, pérgola y torre técnica.





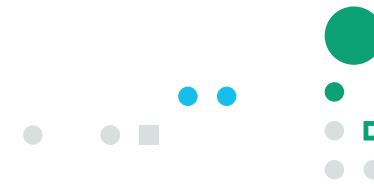
La explanada norte cuenta con gradas y lechos de piedras que sirven como acumuladores de calor para la calefacción pasiva del salón principal a través de ductos de ventilación. Las escaleras conducen a la zona de fogón, ubicada en el centro de la chakana que representa conceptos de respeto y armonía con el planeta.

Render de explanada norte con lechos de piedras y zona de fogón con forma de chakana.



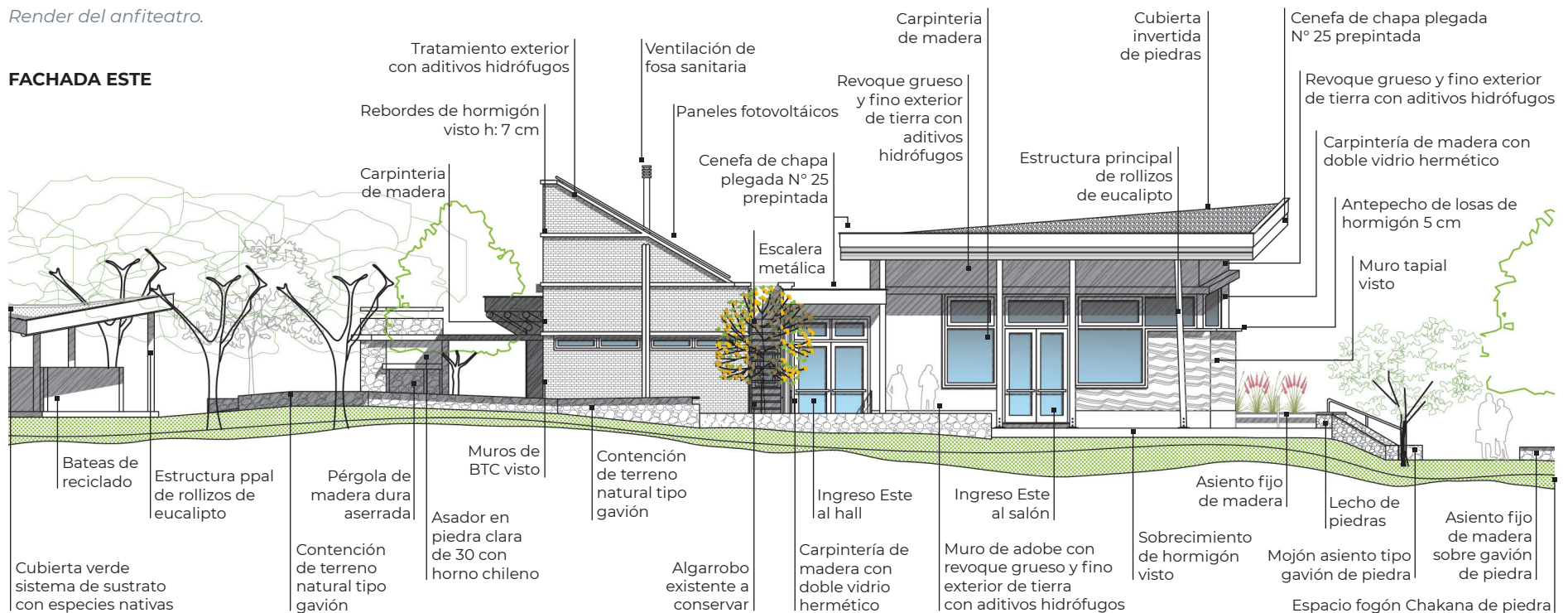


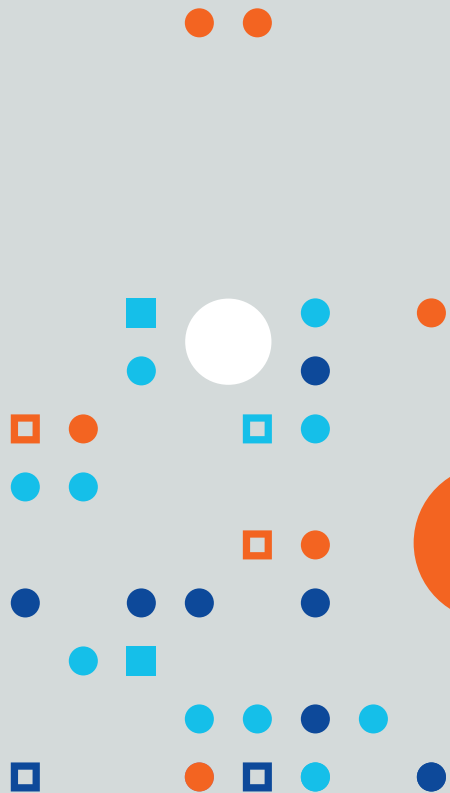
Render del anfiteatro.



El anfiteatro al Este será la zona de expansión en verano, ya que estará a la sombra y permitirá actividades múltiples. Se interpretó al edificio y su entorno inmediato como un conjunto de sistemas asociados, desde el comportamiento bioclimático a la función operativa.

FACHADA ESTE





3

MATERIALIDAD

MENÚ DE NAVEGACIÓN

ÍNDICE ■ MARCO LEGAL Y REGLAMENTARIO ■ ARQUITECTURA ■ **MATERIALIDAD** ■ CUBIERTAS ■ ESTRATEGIAS BIOCLIMÁTICAS
ESTRUCTURAS ■ AGUA, SANEAMIENTO Y RESIDUOS SÓLIDOS ■ ENERGÍAS RENOVABLES ■ REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

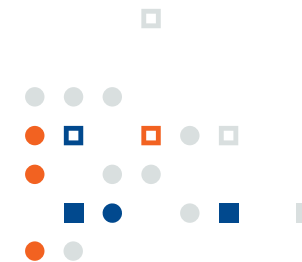


Reducir el impacto ambiental asociado a los materiales de construcción es un criterio acordado para la materialización de la propuesta arquitectónica del Proyecto SUME. Por esta razón se seleccionaron materiales como tierra y fibras vegetales en los muros, piedras de río en la cubierta invertida, vegetación en el techo y madera en la estructura. Gran parte del volumen de materiales que insume la construcción del edificio, unos 100 m³, se toma de la naturaleza, con bajo consumo de combustibles fósiles y mínima generación de residuos. Durante su uso, el consumo de recursos del edificio responderá al mismo criterio: utilizar en mayor medida dispositivos pasivos y de fuentes renovables. Y para el fin de su vida útil se espera generar el mínimo de residuos, ya que la mayor parte del material es reutilizable o biodegradable.

Por su carácter experimental esta propuesta incluye diversas técnicas de bioconstrucción que se describirán en este capítulo, para propiciar su investigación y monitoreo, los criterios de selección corresponden a su desempeño bioclimático, su relevancia histórica y constructividad.

El uso de diferentes materiales contempla las orientaciones respecto a la trayectoria solar durante las estaciones del año. En las envolventes que reciben asoleamiento, que en el hemisferio sur se ubican al Este, Norte y Oeste, prima el uso de la propiedad de masa térmica, que es la capacidad de un material de almacenar calor y proporcionar inercia ante las fluctuaciones térmicas. La elección de las técnicas de tapial y adobe se combina con el criterio de diseño estructural independiente, que utiliza columnas dobles de madera por fuera de la línea de muros, para que no transmitan movimientos.

En la parte superior de los muros, que no recibe sol por la presencia de aleros, se optó por una técnica mixta liviana: la quincha seca con fardos de cortadera. En el área de servicios, de orientación sur, la estructura se fusiona con una envolvente de quincha que permite variar la proporción de fibra vegetal en función de la aislación térmica que se pretenda lograr.



MEDICIÓN DEL DESEMPEÑO AMBIENTAL EN LA CONSTRUCCIÓN

Los impactos ambientales de un material constructivo pueden ser medidos a través de diversas herramientas. El ACV aplica una metodología que permite evaluar las cargas ambientales asociadas a un producto o servicio a lo largo de su cadena de extracción, producción, distribución, consumo y final de vida (disposición, reutilización). Los resultados del ACV están orientados a brindar una visión ambiental integral de un producto, servicio o alguna parte del proceso, comunicar información mediante un ecoetiquetado de declaración ambiental, analizar el uso más eficiente de recursos, proponer argumentos y herramientas para revalorizar subproductos y desechos.

El ACV se divide en cuatro fases que se inician estableciendo su objetivo en la definición y alcance del proyecto: pueden hacerse estudios parciales tomando algunas etapas, de acuerdo al tiempo disponible, la facilidad de obtención de datos, el tipo de respuesta que se quiera obtener y el público destino.

En la segunda fase se construye un inventario que consiste en la recolección de datos correspondientes a entradas y salidas dentro de la frontera estipulada (materias primas, insumos, energía, residuos, efluentes, productos, subproductos). La siguiente fase evalúa los impactos, asocia el inventario a impactos ambientales predefinidos (efecto invernadero, uso de recursos, uso del suelo, entre otros) determinando el aporte de cada operación. Finalmente, en la última fase, se interpretan los resultados a la luz de los objetivos y el alcance definido al inicio, de modo de obtener conclusiones y recomendaciones.

EJEMPLO DE ESTUDIO REALIZADO EN EL INTI

En el marco del Proyecto SUME se desarrolló un ACV para la medición orientada hacia una declaración ambiental de producto de un material elaborado por el biocorralón “Hombre de Barro” ubicado en la provincia de Córdoba. Se trata de una premezcla comercial seca de arcilla molida, arena y microfibra de estiércol de caballo para preparar revoque fino.

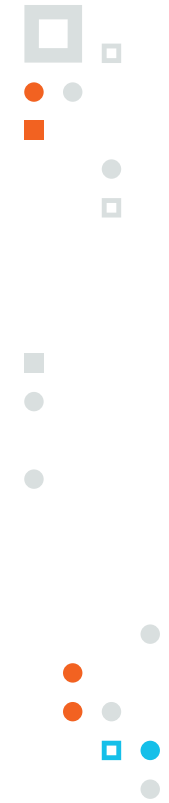
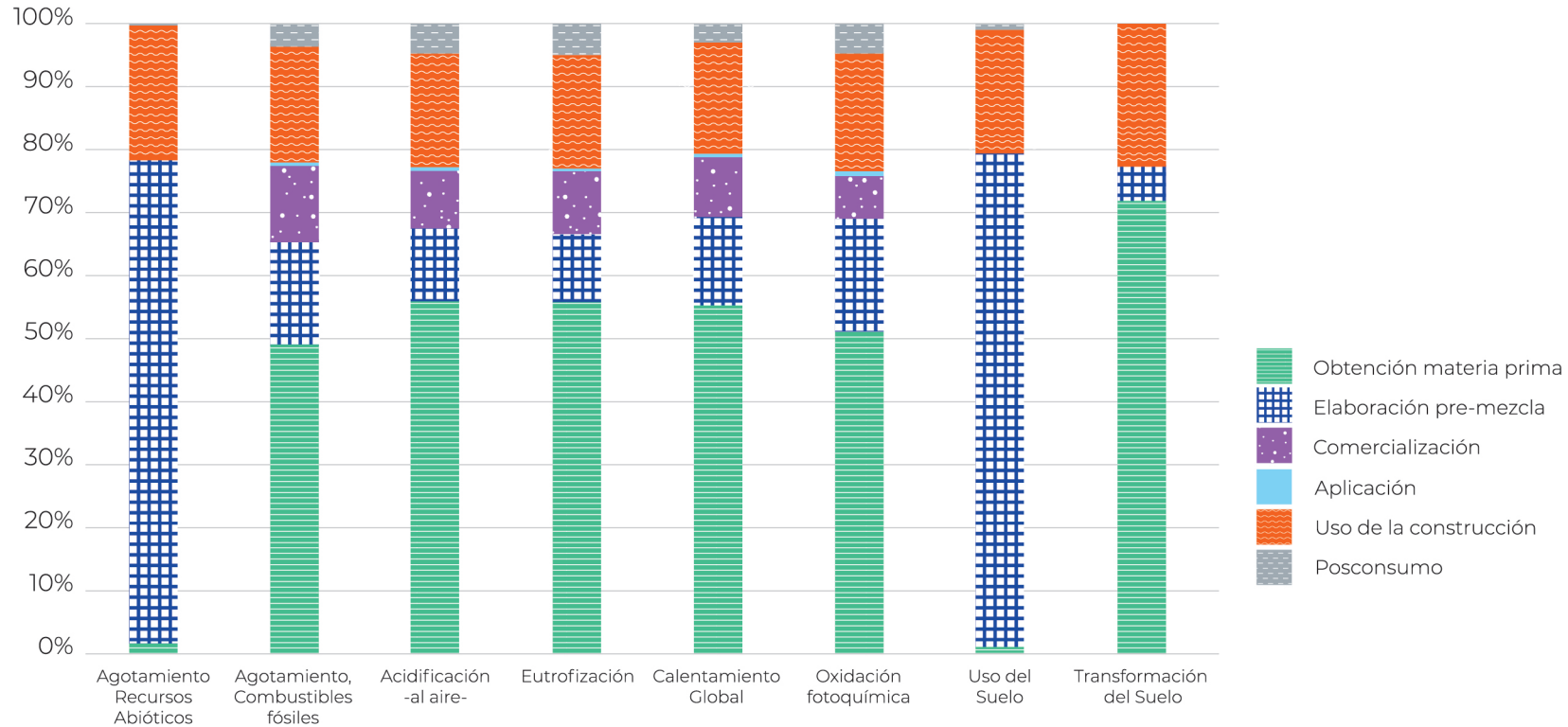
El surgimiento de biocorralones, donde se procesan y elaboran premezclas de calidad estabilizada, juega un rol importante en el suministro de materiales, optimizando tiempos de ensayo, ejecución y costos de mano de obra.

El ACV de la arquitecta Patricia Narbona (Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Diseño de la UNC) y el ingeniero Guillermo Garrido (INTI Córdoba) calcula y describe los impactos ambientales “de la cuna a la tumba” de 1 m² de revoque con el producto.



Los resultados calculados muestran los mayores impactos en las etapas de obtención de materias primas y elaboración del producto para todas las categorías analizadas. La distribución participa en tercer lugar en promedio de impactos. En la etapa extractiva el orden de significancia está asociado principalmente a la arena, luego a la arcilla y finalmente, por lejos, al estiércol. Para las categorías uso y transformación del suelo, la significancia es también en el mismo orden que para la extracción de las materias primas.

Finalmente, la información descriptiva y cuantitativa del informe, puede ser utilizada como insumo para convertirse en una declaración ambiental de producto homologada. También permite comparar el material con otro que posea las mismas prestaciones y cuyo impacto haya sido calculado con la misma metodología.



ACV del proceso de fabricación de premezcla para revoque fino: aporte de cada etapa a las categorías de impacto consideradas.

CONSTRUCCIÓN CON TIERRA

El concepto arquitectura de tierra, debatido recientemente por la Red Iberoamericana de Arquitectura y Construcción con Tierra (Red Proterra), incluye al conjunto de manifestaciones constructivas, arquitectónicas y urbanísticas que han sido proyectadas y construidas con la tierra como material predominante.

El desarrollo de esta arquitectura se remonta a más de diez mil años de antigüedad y se adapta a ámbitos rurales y urbanos en diversos climas y regiones.

La materialidad de la arquitectura de tierra presenta una amplia diversidad de diseños espaciales, formas, técnicas y elementos



La enfermedad de Chagas es originaria de América y su forma de transmisión más común es a partir de la picadura de vinchucas infectadas con el parásito *Trypanosoma cruzi*. La imprecisa definición de los factores de riesgo de contagio generó una valoración negativa de la construcción con tierra, por lo que es necesario aclarar que la infestación de la vivienda no depende de los materiales, sino de su calidad constructiva. Cualquier muro con fisuras, grietas, sin revoque o que no presente una superficie lisa continua es propenso a servir de hospedaje a las vinchucas. La mala resolución en la vinculación de elementos constructivos es un factor de riesgo, no los materiales por sí mismos.

constructivos, siempre a partir del empleo de un material base: los suelos naturales estabilizados apropiados para la construcción. Forma parte de las opciones posibles de arquitectura sostenible para cualquier tipo de edificación y puede tener costos económicos competitivos.

La caracterización del material para su empleo es investigada por diversas disciplinas contemporáneas para, por ejemplo, la construcción de infraestructura vial. El parámetro de identificación más significativo es que se trata de suelo infértil (sin materia orgánica) que se ubica en estratos inmediatamente inferiores a las capas más superficiales, también llamadas horizontes O y A. Esta tierra árida, ubicada a partir del horizonte B, se caracteriza por ser de colores pardos y poseer diversas granulometrías (tamaños de grano que la constituyen) y plasticidad. La alteración de estos parámetros incide en su comportamiento físico-mecánico. La plasticidad es una propiedad que depende del contenido de agua y refiere a la cohesión de las arcillas, según el tipo y cantidad presente.

La tierra se compone de diversas proporciones de arcilla, limo, arena y gravilla o grava. La arcilla es un producto procedente de la erosión de rocas que contienen feldespato (presente en el 60 % de la corteza terrestre) y otros minerales que se comportan como aglutinantes de áridos de mayor tamaño. Puede tener diferentes colores de acuerdo al origen de sus óxidos metálicos.

Existen diversos ensayos de laboratorio y de campo que permiten analizar la composición del suelo y, si las propiedades mecánicas requeridas no están presentes, se puede aditivar a la mezcla cierta porción de componentes naturales o industriales para su puesta en obra.

Las superficies exteriores de los muros cuyo material predominante sea la tierra son vulnerables a la erosión por lluvia, viento y humedad ascendente, por lo que es necesaria su protección por diseño (por ejemplo, mediante aleros) o la aplicación de aditivos en sus terminaciones superficiales, y su aislación hidrófuga en los cimientos.

En el uso de la tierra se hacen presentes muchas ventajas:

- Posee masa térmica que es la capacidad de un cuerpo para almacenar energía térmica y ayudar a balancear la transferencia de calor.
- Es reutilizable ilimitadamente, solo debe triturarse y humedecerse con agua.
- Economiza costos de transporte, si se utiliza la tierra disponible localmente, incluso suele emplearse la proveniente de la excavación de los cimientos.
- Es agradable al tacto y su manipulación es inocua.
- Regula la humedad ambiental gracias a su capacidad de absorber y desorber la humedad ambiental.

¿SABÍAS QUÉ?

La bioarquitectura suele hacer referencia a las tres pieles que protegen a los seres humanos: la epidermis, la vestimenta y la vivienda. Todas comparten la idea de brindar protección de los agentes externos y ser permeables para permitir respirar y exudar al ambiente. Esta es una de las características que diferencia a la bioarquitectura de otras formas de construir que impermeabilizan toda la envolvente.



Tierra arcillosa.



Tierra arcillosa con agua.

AGRICULTURA PARA LA CONSTRUCCIÓN

El cultivo y uso de biomasa para la construcción requiere bajo consumo de energía fósil, al menos en relación con materiales fabricados para iguales prestaciones, por lo que en términos comparativos sus emisiones de gases de efecto invernadero son inferiores. Además, algunos de estos gases, el carbono del CO₂ por ejemplo, son capturados por los vegetales para crecer e incorporarse a sus fibras en forma de celulosa, hemicelulosa y lignina. El uso constructivo de biomasa convierte entonces al edificio en una reserva de carbono retirado de la atmósfera, por lo

que muchos consideran estas construcciones con un balance de "carbono negativo". El uso de biomasa en aislación térmica, celulosa por ejemplo, contribuye también a la reducción del consumo energético.

Emplear biomasa para la construcción podría ubicar al sector agrícola como proveedor de materiales para soluciones alternativas al déficit habitacional.



Rollos de paja de trigo, una de las materias primas para la bioconstrucción.

¿SABÍAS QUÉ?

No se recomienda el uso de rastrojo de alfalfa para bioconstrucción ya que por su alto contenido de nitrógeno tiende a descomponerse en presencia de humedad. Se aconseja el uso de gramíneas de tallo hueco.



TÉCNICAS CONSTRUCTIVAS PRESENTES EN EL SUME

Tapial

El tapial, tapia, tierra apisonada o pisé, es una técnica ancestral presente en buena parte del patrimonio histórico y contemporáneo de Argentina. Viviendas, capillas, iglesias y otros edificios han sido construidos con suelos estabilizados, principalmente en las regiones del Noroeste y Cuyo.

La técnica consiste en la colocación de sucesivas capas de tierra dentro de un molde tapialero (encofrado) que se compactan a golpes con un pisón manual o neumático. El resultado es un muro monolítico (de una sola pieza) construido *in situ*, sobre los cimientos o sobrecimientos definitivos.



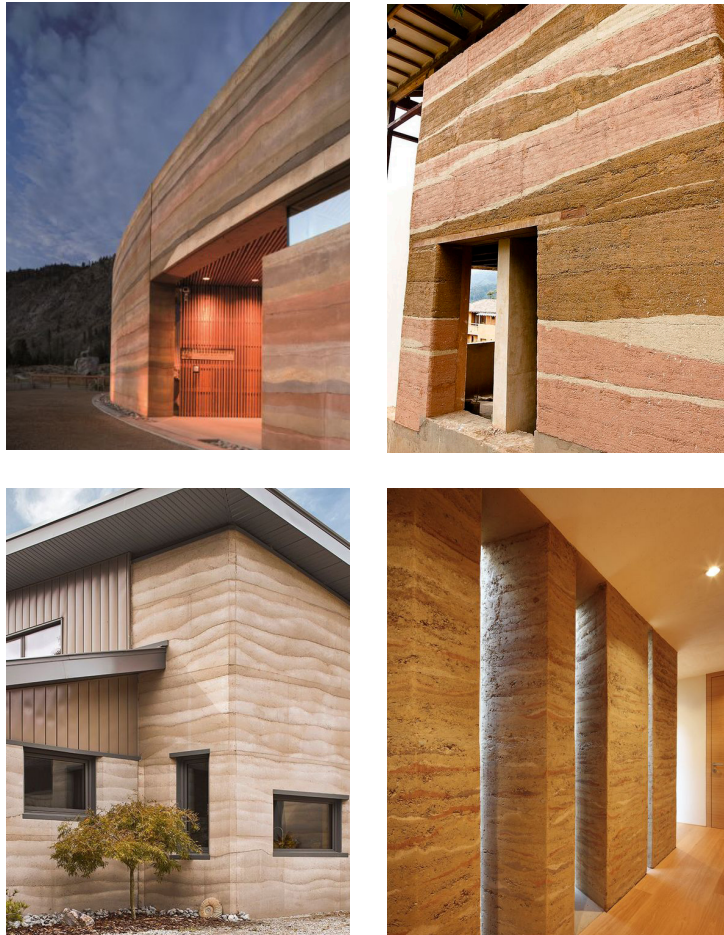
Muro de tapial y sobrecimiento de hormigón armado.



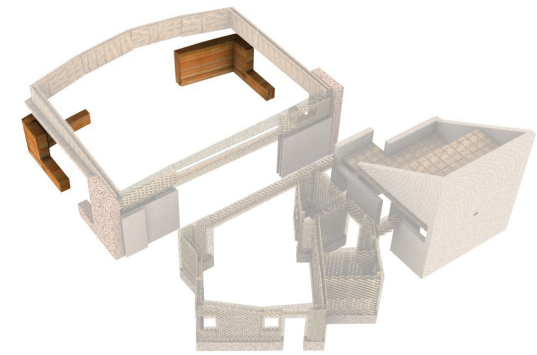
Proceso constructivo de una vivienda de tapial en Luján de Cuyo, Mendoza. Encofrado de madera y apisonado manual.
Fuente: Ing. Daniel García Gei.

● Materialidad - Bioarquitectura INTI

Las dimensiones de cada tapia y su esbeltez (relación espesor-altura) se calculan según el proyecto. Los espesores más comunes son de entre 40 y 60 cm. La consistencia del material para realizarla surge de una preparación de tierra tamizada con bajo contenido de humedad. También se realiza un curado posterior (humectación superficial) que permite que seque lentamente para evitar fisuras.



Obras de tapial en diversas partes del mundo.



La inclusión de esta técnica en el Proyecto SUME responde al beneficio que aporta su importante masa térmica, el bajo costo de las herramientas para su ejecución, la disponibilidad del material en obra y el valor estético que ofrece al combinarla con piedras, cal y ferrites.

Las orientaciones del edificio respecto al asoleamiento y las características del tapial definieron su uso al Este, Norte y Oeste.



Render del muro de tapial en la fachada Norte del SUME

¿SABÍAS QUÉ?



La compactación con pisones manuales insume 20 h/m³, mientras que con la utilización de pisones neumáticos el tiempo es de 2 h/m³. En ambos casos se logran densidades altas que pueden superar los 2000 kg/m³.

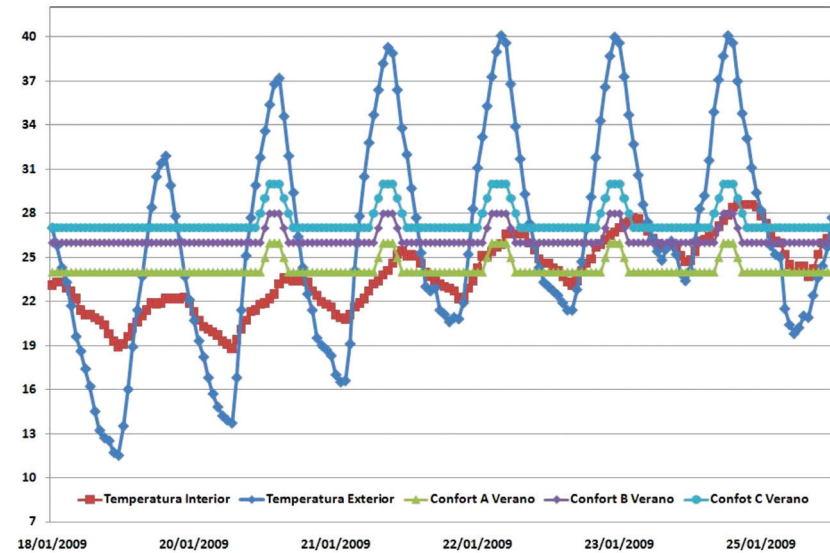
EJEMPLO DE ESTUDIO REALIZADO EN EL INTI SOBRE CONFORT HIGROTÉRMICO

En la Ecovilla GAIA ubicada en Navarro, provincia de Buenos Aires, el INTI llevó a cabo la [evaluación de las condiciones de habitabilidad](#) en una vivienda edificada con una técnica monolítica. Se trata de un sistema constructivo de tierra con moldeo directo denominado *cob*. La medición de temperatura y humedad aportó información para evaluar el confort higrotérmico (sensación de comodidad dentro de un ambiente) de un edificio y conocer su desempeño en los extremos registrados.

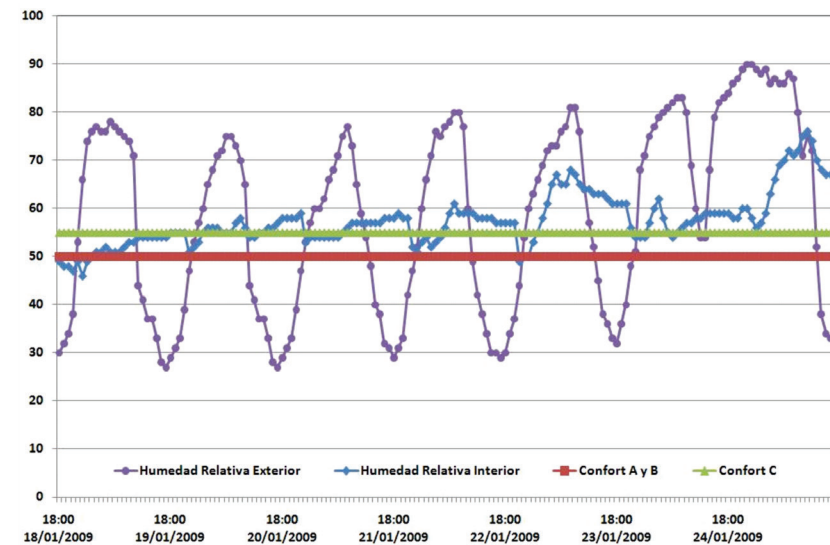
La edificación cuenta con un sistema de acondicionamiento de aire en invierno, una estufa a leña de doble cámara de combustión. Técnicos de INTI Energía evaluaron la eficiencia de la estufa que dio un resultado de 75 %, superando ampliamente a las estufas convencionales.

El análisis de los datos mostró que la variación de temperatura del exterior era muy bien atenuada por el edificio en su interior debido a la inercia térmica de los muros. Se determinó que el funcionamiento pasivo del edificio era muy bueno.

La humedad relativa interior se mantuvo en el rango de 40 % al 60 %, la cual supera en ocasiones al 50 % del confort que sugieren las normas IRAM para los ambientes habitados, y nunca superó el 70 %, que es el máximo considerable por la Organización Mundial de la Salud como una de las causales del síndrome del edificio enfermo.



Temperaturas ambientales en la semana más cálida del verano 2009 muestra curvas de confort térmico ambiental según normas IRAM 11659.



Datos de humedad relativa en la semana más cálida del verano 2009. Curvas de confort para humedad relativa ambiente según normas IRAM 11659.



Bloques de tierra comprimida (BTC)

El BTC es un elemento de colocación manual (mampuesto) que se elabora mediante la compactación de suelo en una prensa. La mezcla se prepara con tierra tamizada, un estabilizante (cal o cemento) si hiciera falta y agua (humedad inferior al 10 %). No requiere cocción, por lo que se evitan los GEI asociados a la combustión.

La necesidad de controlar la humedad de la mezcla durante la producción y el curado (parte del secado) requiere que el trabajo se realice bajo techo, situación que conlleva un bienestar en el ámbito laboral.

Entre los beneficios de la construcción con BTC se destacan su rápida ejecución, su regularidad de forma que permite menores correcciones de nivel entre hiladas, y la posibilidad de hacerlos encastrables permite emplear espesores de mortero de asiento mínimo entre las juntas.

Los muros de BTC se construyen con las prácticas habituales del oficio de albañil, cuidando la nivelación y el aplomado, empleando un mortero en estado plástico, entre sólido y líquido.



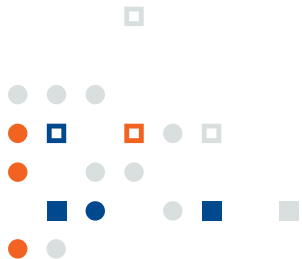
Bloques de tierra comprimida enteros, medios y media caña.



Construcción con BTC.



Refuerzo horizontal con BTC de media caña.



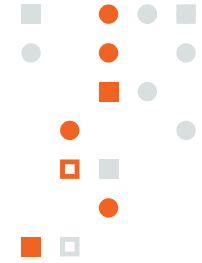
El BTC fue desarrollado como alternativa de bajo costo por el Centro Interamericano de Vivienda (CINVA) en Colombia. Existe gran cantidad de modelos de prensas, desde la CINVA-RAM originaria de 1956, de palanca manual, hasta las neumáticas o hidráulicas con las que se pueden fabricar hasta 8000 bloques diarios. Las medidas de un BTC oscilan entre 8 cm y 12 cm de espesor, 14 a 15 cm de ancho y 29 cm a 34 cm de largo, según la prensa y el molde utilizados.



Pequeña unidad productiva con prensa hidráulica.



Fabricación de BTC en prensas manuales, simples y dobles.



¿SABÍAS QUÉ?

En Argentina se fabrican prensas, se comercializan BTC y se construyen con este material edificios públicos, barrios y obras particulares financiados por el Estado.



● Materialidad - Bioarquitectura INTI

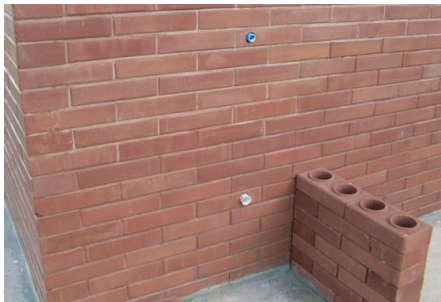
Producto de la compactación, el BTC logra una densidad importante que le otorga resistencia a los esfuerzos de compresión. Se puede dejar a la vista en exteriores con alguna aplicación superficial de hidrófugos o protegido por diseño (por ejemplo aleros).



Obra en proceso, muros simples, dobles y cañerías eléctricas.

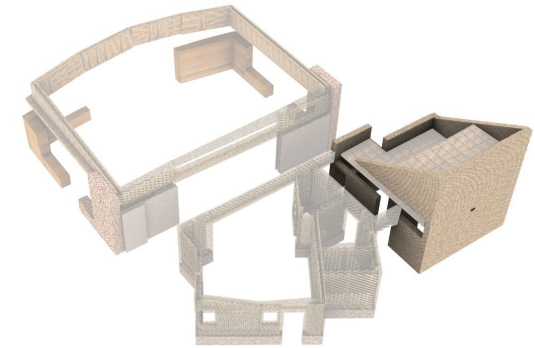


Versatilidad del BTC para materializar muros curvos.



Terminación de muro de BTC a la vista.

El reglamento [CIRSOC 501](#), que regula la construcción de estructuras de mampostería compuesta, debe tenerse en cuenta para el diseño y cálculo de los muros de BTC. En cuanto a su utilización en zonas sísmicas, el Reglamento [INPRES-CIRSOC 103 parte III](#) admite y establece requisitos para la utilización de morteros y mampuestos.



La inclusión de los BTC en el SUME apunta a divulgar el material y promocionar la realización de ensayos y generación de normas nacionales que aporten a su formalización. Su utilización será en la torre técnica del Sector 3, contará con una estructura de hormigón armado y los bloques de proveedores locales conformarán la envolvente.

¿SABÍAS QUÉ?

Existen normas técnicas que fijan protocolos normalizados para la fabricación de BTC de suelo-cemento en Brasil, Colombia, España, Francia, Estados Unidos, Australia y Nueva Zelanda, y para BTC de suelo-cal en México.



Adobe

El adobe es un elemento que se elabora con tierra, agua y habitualmente fibra vegetal (rastroyo de trigo, cebada, centeno u otras gramíneas), moldeado y secado a la intemperie sin cocción. Se utiliza como mampuesto para la construcción de muros, cúpulas o bóvedas. Sus dimensiones son variables, en Argentina las más frecuentes son 40 cm x 20 cm x 10 cm y 40 cm x 30 cm x 10 cm.

En la elaboración de adobes es habitual el uso de materiales locales estabilizantes como son el estiércol y el mucílago de plantas cactáceas para mejorar la durabilidad, mientras que las fibras colaboran con la resistencia mecánica y reducen la retracción en el secado.

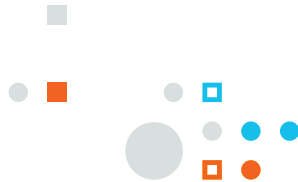
Para la fabricación, también llamada corte, de los adobes se utiliza un molde llamado adobera, que puede ser de madera o metal, y se trabaja con la mezcla en estado plástico. El secado es natural y depende de las condiciones de humedad y temperatura locales, idealmente a la sombra para evitar que sea brusco, en un terreno limpio, plano y con espacio que permita la circulación de aire.



Adobes recién cortados.



Secado de adobes al aire libre.

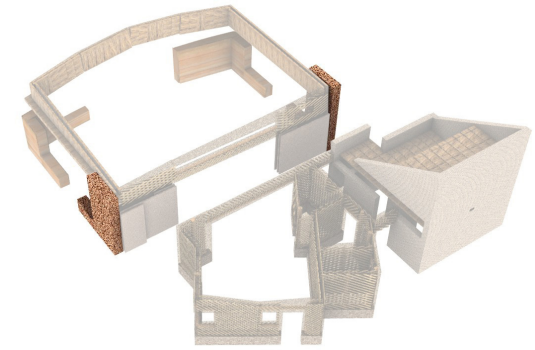




Construcción con adobes.



*Vivienda de adobes en Maimará, Jujuy.
Fuente: Arq. Jorge Tomasi.*



Los adobes tienen gran inercia térmica, bajo impacto ambiental y bajo costo energético en su fabricación. Al igual que cualquier muro de mampostería, se debe cuidar la traba entre hiladas para evitar la aparición de fisuras y utilizar un mortero de asiento que posea las mismas características y capacidades que el elemento a unir.

En Argentina no existen normas técnicas específicas para la construcción con adobe por lo que la norma técnica peruana E.080 se constituye como antecedente para la región. En ella se establecen condiciones de resistencia, se definen criterios de diseño arquitectónico en términos de esbeltez y apertura de vanos (huecos), y se desarrollan propuestas concretas para el refuerzo de muros sismorresistentes.

La inclusión de adobes en el SUME se da por considerarla una técnica emblemática de la bioconstrucción y por ser de fácil apropiación para la mano de obra local, habituada al mampuesto convencional de ladrillo cocido. Se utilizará en espesores de muro de 40 cm en parte de las envolventes este y oeste del salón principal, sobre la viga de sobrecimiento y luego de la capa aisladora convencional.

SISTEMAS DE ENTRAMADO

En arquitectura se denomina trama a la repetición uniforme de elementos que permiten dotar a un edificio de estabilidad estructural, con cierto orden y proporcionalidad. El uso de elementos repetitivos y dimensiones similares ayuda a aligerar el peso de la obra y organizar el diseño de manera formal y económica. Existen distintos tipos de entramado: metálicos, de hormigón armado y de madera. Estos últimos varían desde los compuestos por rollizos, hasta los de madera aserrada.

Los entramados presentan una serie de propiedades que los constituyen como eficientes para la construcción actual. Son flexibles en cuanto a su respuesta a distintas necesidades, pueden realizarse con diversidad de materiales adaptándose a disponibilidades locales, son livianos y con buen comportamiento térmico en espesores de muros reducidos. Brindan la posibilidad de prefabricación de algunos de sus elementos, lo que reduce los tiempos y costos de obra. Proporcionan rigidez en el comportamiento de las construcciones sometidas a acciones horizontales.

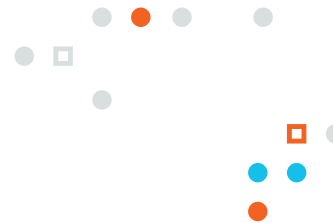
A continuación se caracterizan las técnicas mixtas presentes en el SUME que, en combinación con diversas estructuras, conforman los distintos entramados. En el capítulo Estructuras se describen en detalle sus aportes al sistema.

Quincha

El término quincha proveniente del quechua, significa cañizo, seto o barrera, refiere a la técnica constructiva para la materialización de cerramientos basada en el uso de madera, caña, fibras vegetales y tierra.

La quincha es considerada una técnica de entramado mixta por utilizar más de un material, está compuesta por una estructura principal, una secundaria (marcos y refuerzos), relleno y revestimiento, presenta muchas variantes dependiendo de cada uno de los materiales empleados y la configuración de ellos. Constituye así una envolvente vinculada a la estructura y se apoya sobre una base que le sirve de protección hidrófuga inferior.

El relleno, denominador común de esta técnica, por lo general se compone de una mezcla de tierra y fibras vegetales. Al no tener la tierra un rol estructural es posible usar una mayor diversidad de suelos, a diferencia de técnicas como el adobe o el tapial. Las proporciones en la mezcla y los espesores de los muros son variables de acuerdo a usos, costumbres y cálculos de transmitancia térmica.



Los materiales del refuerzo pueden ser listones de madera, cañas o mallas metálicas electrosoldadas (quincha metálica), funcionan como estructura auxiliar destinada a sostener y consolidar el relleno. Los refuerzos se vinculan a un marco o a la estructura principal y pueden ubicarse en el centro del muro, o por fuera como contenedores del relleno.

Los revoques de carga, gruesos y terminaciones (revoques finos, revestimientos, etc.) son indispensables y colaboran en mejorar el rendimiento aislante del sistema.

Los marcos contienen al relleno y vinculan los refuerzos, son utilizados cuando los refuerzos no se unen directamente a la estructura principal. Las quinchas prefabricadas utilizan marcos, parantes y travesaños, que conforman un bastidor que las constituye en paneles.

Los estudios sobre sistemas tradicionales de quincha permitieron el desarrollo de quincha reforzada basada en la materialización de paneles independientes que pueden incluso prefabricarse para luego colocarse entre los vanos de la estructura principal.



Estructura principal y secundaria de madera aserrada.



Construcción de la oficina de turismo municipal de Coronel Belisle, Río Negro en el marco de un proyecto participativo y capacitación teórico práctica a personal municipal y vecinos.



Relleno de quincha húmeda con paja de trigo y barro.

¿SABÍAS QUÉ?

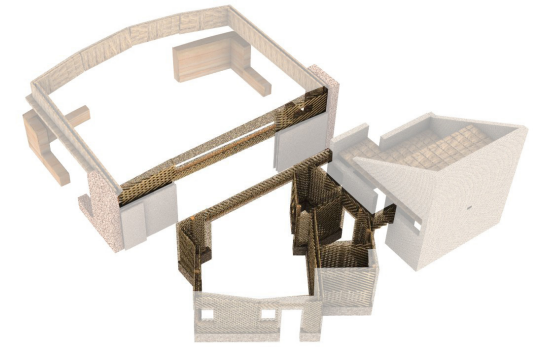
Debido a su popularidad vernácula, existe gran variedad de técnicas y materiales que entran en la definición de quincha, que es nombrada con diversos localismos: “bahareque” en centroamérica, “pau a pique” o “taipa de sopapo” en Brasil, “jacal” en México, “cuje” en Cuba, “fajina” en Uruguay, “estaqueo” en Paraguay, “wattle and daub” en inglés, “torchis, pierrotage o columbage” en francés, “leichtlembau” en alemán, y “quincha” en Perú y Argentina. La variabilidad de procedimientos y materiales la caracterizan en todos los casos por ser liviana, aislante y sismorresistente.

● Materialidad - Bioarquitectura INTI

Esta técnica se aplicará en el Sector 3 donde están el baño accesible para personas con discapacidad, los depósitos y la sala técnica. Si bien puede hacerse con tablillas horizontales, ahorrando material y tiempo, por tratarse de una zona sísmica la estructura secundaria se resuelve con un entablillado de maderas a 45° en dirección opuesta a cada lado del módulo, que lo hace más eficiente estructuralmente. Se propone la utilización de tablillas de madera aserrada de eucalipto de 1" x 2" (1" se lee una pulgada y equivale a 2,54 cm) para conseguir el plomo y la regularidad del muro con mayor rapidez. La separación de 14 cm asegura el ingreso de las manos de los operarios para aplicar el relleno. El espesor total de estos muros llegará a 30 cm.



Relleno de quincha húmeda con paja de trigo y barro.



¿SABÍAS QUÉ?

Los estudios realizados respecto a la capacidad de aislación térmica sobre paneles de quincha han mostrado un buen desempeño. De acuerdo a Cuitiño et al. (2015) para un panel de 9,4 cm de espesor se ha determinado una transmitancia térmica de 2,64 W/m²K, que puede llegar hasta 1,51 W/m²K.

La transmitancia térmica es la medida del calor que fluye por unidad de tiempo y superficie, transferido a través de un sistema constructivo, formado por una o más capas de material.



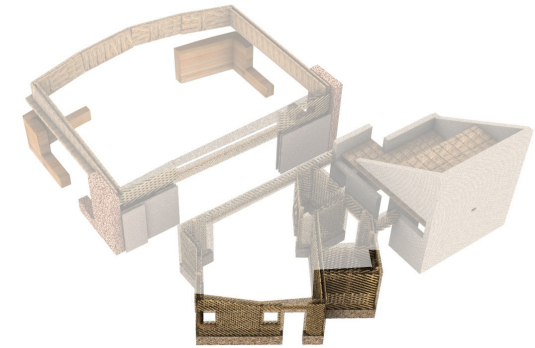
QUINCHA SECA

La quincha seca utiliza una estructura igual al sistema de quincha húmeda, la diferencia es que en el relleno solo se utiliza paja (sin barro). Este sistema tiene un mejor efecto de aislación debido al menor uso de masa térmica.

La técnica consiste en introducir a la estructura secundaria, compuesta por tablillas de madera aserrada, capas sucesivas de paja seca y presionar hasta completar el muro. Las fibras vegetales se embeben de agua con cal para evitar el asentamiento de insectos y se sahúman antes de revocar.

Es una de las técnicas empleadas en la zona serrana de Córdoba por sus características y beneficios. Las fibras más utilizadas en la región son el rastrojo de trigo, de coirón (*Festuca gracillima* Rothm.) o de moha (*Setaria italica*) entre otras gramíneas. La estructura hueca de sus tallos incrementa la propiedad de aislación térmica.

La aplicación en la fachada sur del SUME, en el área cocina del Sector 2, tiene la finalidad de incrementar la aislación térmica.



Revoque de carga sobre quincha seca con listones horizontales.
Fuente: Arq. Gernot Minke.



Tabique interior de quincha seca con listones en diagonal.

¿SABÍAS QUÉ?

En la técnica de quincha se recomienda aplicar revocos de barro no menores a 5 cm. De esta forma se busca evitar que el vapor de agua condense en la estructura o el relleno generando gotas ("punto de rocío") que ocasionen la pudrición de la madera o la paja.



QUINCHA DE FARDOS DE CORTADERA

La cortadera (*Cortaderia selloana*) es una planta de la familia de las gramíneas, endémica de América del Sur, usada entre otras aplicaciones para cubrir techos.

El sistema de quincha de fardos de cortadera fue desarrollado por el arquitecto Armando Gross, responsable del Taller de Bioconstrucción (TABI) de la UNC.

Para la ejecución de esta técnica, los fardos de cortadera disponibles en medidas 1,20 m x 0,10 m x 0,50 m se cosen con cintas de polipropileno a los montantes de madera aserrada de un entramado liviano que conforma una estructura independiente no portante de cerramiento para la quincha.



Cortadera, por sus características tiene múltiples aplicaciones en bioconstrucción.

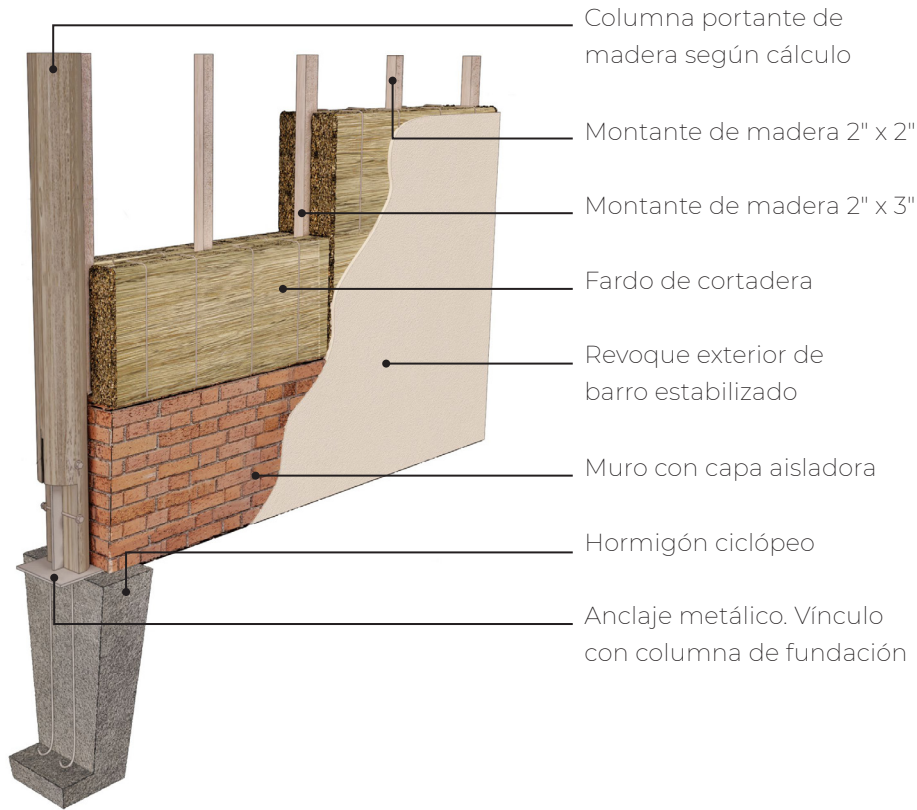
La técnica de fardos de cortadera tiene dos variantes y la decisión de su aplicación depende de la orientación del muro y la zona climática donde se utilizará. Estas son:

- **Doble fardo con cámara de aire**, recomendada para climas fríos debido a su desempeño en el aislamiento térmico. Consiste en dos capas de fardos con una cámara de aire central.

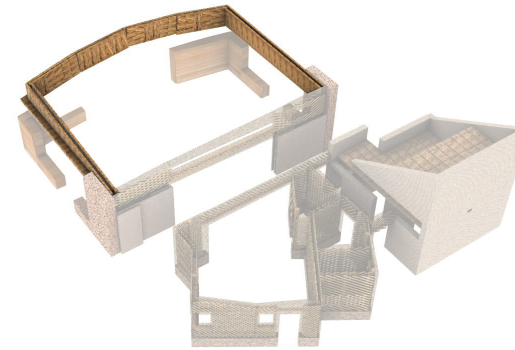


- **Fardo simple con masa térmica**, combina en un mismo muro la aislación térmica del fardo que se coloca hacia el exterior y la masa térmica de la tierra, las fibras y la arena que se aplica en el interior del muro y es contenida por una estructura secundaria de varillas de madera.

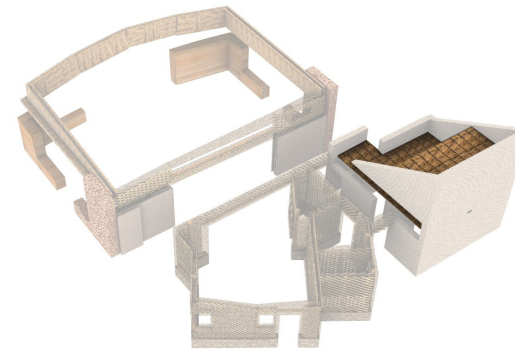




Por sus características y peso liviano, la técnica de fardos de cortadera se aplica en las cuatro orientaciones del salón principal del SUME, específicamente en el cordón superior, sobre la línea de aberturas.



Otra de las aplicaciones es en el sector de baños, donde reemplazará a ladrillos cerámicos, de hormigón o molones de poliestireno expandido entre las viguetas prefabricadas. Los fardos cumplen la función de encofrado perdido para materializar la losa. En el capítulo Cubiertas se describen los detalles de esta propuesta.

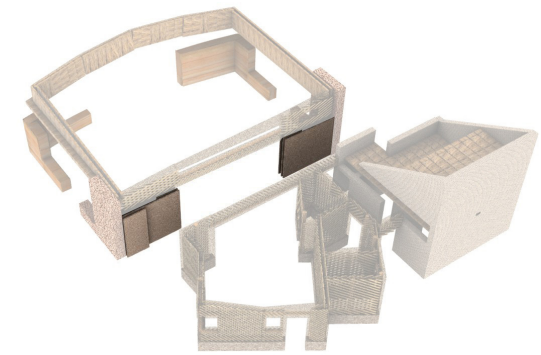
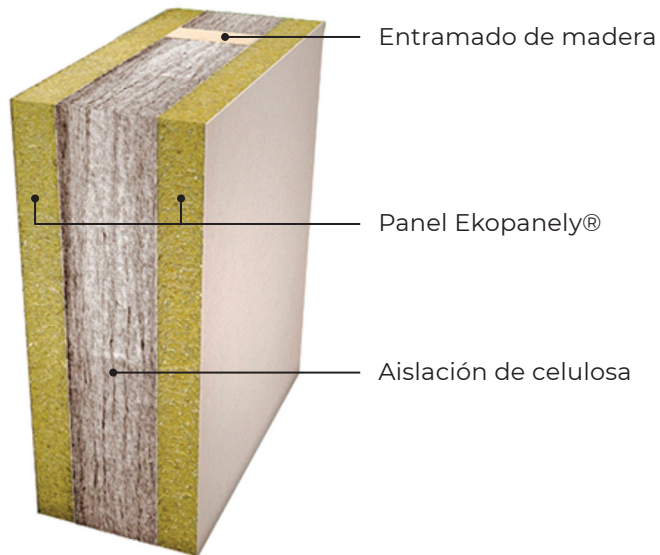


PANELES DE TRIGO

Este tablero se fabrica industrialmente con paja de trigo limpia que, prensada a alta temperatura, se une sin la utilización de aglomerantes. Se utiliza como tablero de construcción para el revestimiento de sistemas de entramado de construcción en seco.

Los paneles son 100 % biológicos, fabricados a partir de paja residual y sellados con cartón reciclado, contienen una mínima cantidad de aire que retrasa la combustión y aumenta su resistencia al fuego. Su densidad de 379 kg/m³ también los hace funcionales como aislamiento termoacústico.

La paja seca prensada en tableros ofrece durabilidad. Los primeros tableros fabricados en Inglaterra, utilizados en la construcción de casas durante la década de 1940, aún hoy cumplen su función



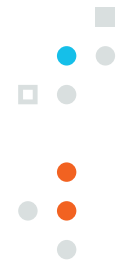
Estos tableros serán utilizados en el Proyecto SUME para la división del salón principal y el pasillo de distribución.



Fardo de rastrojo de trigo.



Detalle del panel de rastrojo de trigo picado y prensado.



Celulosa para aislación térmica y acústica

El uso de celulosa colabora con la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero ya que se obtiene a partir del reciclado de cartón y papel en un proceso prácticamente sin residuos y con bajo consumo energético. Su utilización da respuesta a la aislación térmica y acústica de las cubiertas, controla la condensación y la humedad. La capacidad fungicida y bactericida de la celulosa está dada a partir de aditivos inocuos para la salud humana, como la sal de boro que, añadida a la fibra, la convierte en imputrescible. Así se evita el ataque biológico y se protege la estructura del edificio.



Papel y cartón reciclados.

En las cubiertas del SUME la celulosa se aplicará mediante la proyección con un spray de agua (celulosa proyectada) que permite la adherencia a cualquier superficie. Luego se alisa con un rodillo y se asegura el cierre de los intersticios y huecos que pudiesen provocar una discontinuidad en la aislación térmica y acústica (puentes térmicos y acústicos), además de la infiltración

de aire, la humedad no deseada y posibles fallas como barrera de fuego. Al no tener desperdicios de recorte, hay muy pocos residuos en su aplicación.



Proyección de celulosa sobre muro de entramado liviano de madera.



Muro de entramado liviano de madera con aislación de celulosa.

Las fibras de celulosa proyectada controlan la condensación al interponerse entre la masa de aire interior (de mayor temperatura y humedad) y la superficie fría de la cubierta exterior.

Revoques

En bioarquitectura se tienen en cuenta la procedencia de los materiales, el gasto energético en producirlos, el desempeño, el destino al final de su vida útil, la salud de quienes lo producen, lo aplican y lo habitan.

La pertinencia de los tipos de revoques necesarios se define en función de la técnica constructiva sobre la que serán aplicados. Existen tres tipos de revoques: de carga, grueso y fino. Es importante humedecer bien las superficies donde se aplicarán las distintas mezclas en estado plástico y maleable.

En el SUME se prevén revoques de carga en los muros construidos con las técnicas de quincha, con una mezcla de tierra, fibra (en longitudes de 10 cm a 20 cm) y agua, para cargar y emparejar la superficie manualmente hasta lograr el recubrimiento de oquedades. La mezcla puede prepararse manualmente o en un trompo mezclador eléctrico de albañilería. Se emplea plomada, regla y fajas (guías) para realizar la carga, dejando la superficie preparada para recibir el revoque grueso.



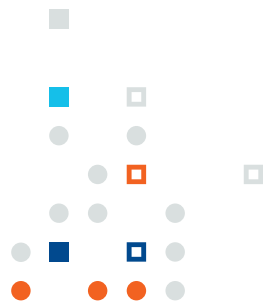
Mezcla de barro y fibra para revoque.



Revoque de carga sobre quincha húmeda.



Aplicación de revoque con llana metálica.



El **revoque grueso** se realiza con una mezcla de tierra, agua y, a diferencia del de carga, incorpora arena y utiliza tramos de fibra más cortos (5 cm aproximadamente). Es importante la tarea de regleado y posterior fratachado a presión para aglomerar sus componentes a la base del revoque de carga, como así también para preparar y generar una superficie apta y de suficiente adherencia para la aplicación del revoque final, que se denomina fino.

Los revoques grueso y fino están compuestos principalmente por fibra vegetal, arena, limo y la arcilla necesaria para activar su cohesividad y adherencia. Es difícil establecer proporciones ideales, pues también influyen la granulometría de la arena, la cantidad de agua, el tipo de arcilla, la forma de preparación y la calidad de los aditivos. Por tal motivo es necesario hacer pruebas con mezclas variadas para poder determinar la más adecuada.

¿SABÍAS QUÉ?

Existe una lista de materiales cuyo uso está prohibido por organismos tales como la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos y la Agencia Europea de Medio Ambiente debido al daño que provocan en el ambiente y la salud de las personas y los ecosistemas. Estos son: alquifénol, asbesto, bisfenol A, cadmio, polietileno clorado, polietileno clorosulfonado, clorofluorocarbonos, clorobenceno, cloropreno (neopreno), cromo VI, cloruro de polivinilo clorado, formaldehído, retardantes de llama halogenados, hidroc fluorocarbonos, plomo, mercurio, bifenilos policlorados, compuestos perfluorados, ftalatos, cloruro de polivinilo, cloruro de polivinilideno, parafinas cloradas de cadena corta, maderas tratadas que contienen creosota, arsénico o pentaclorofenol, compuestos orgánicos volátiles.

Existe gran variedad de aditivos que se incorporan en la mezcla para revoque fino con el objetivo de estabilizar y colorear, algunos de estos son: albuminato de calcio, mucílago de cactáceas, cal, clara de huevo, leche, emulsión asfáltica, engrudo (harina cocida en agua), aceite de lino, aceite de girasol, cera de abejas, cenizas, estiércol y óxidos (ferrites), entre otros.



Aplicación de revoque con cuchara.



El **revoque final** que se propone para el SUME es un revestimiento de acabado fino para pared a base de arcilla. Se trata de una premezcla seca de materiales disponibles de manera abundante en la naturaleza: arcilla molida, arena fina y microfibra de estiércol de caballo. Como se menciona en el artículo sobre ACV, la produce y comercializa el biocorralón "Hombre de Barro". Es de fácil aplicación en paredes, en espesores de entre 2 y 4 mm para uso interior y exterior. Puede ser aplicado sobre muros de tierra, ladrillos cocidos y huecos cerámicos. La premezcla debe hidratarse 48 horas antes de su utilización y se aplica a la pared con llana.



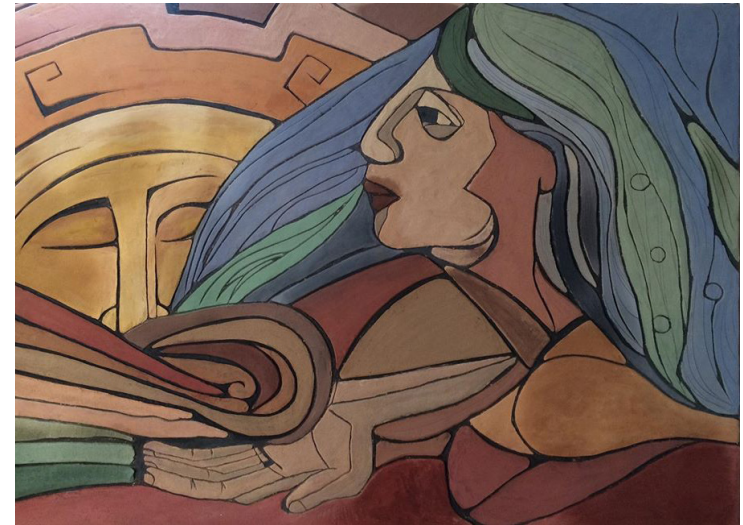
Detalle de revoque fino exterior. Umepay, Córdoba.



Aplicación de revoque fino con llana metálica.

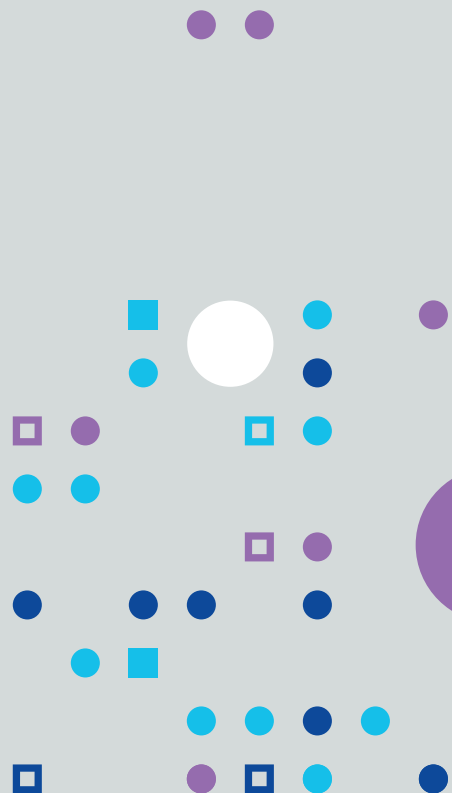


Revoques grueso y fino.



*Mural hecho con tierra y pigmentos naturales.
Fuente: Natacha Hugon*





4

CUBIERTAS

MENÚ DE NAVEGACIÓN

ÍNDICE ■ MARCO LEGAL Y REGLAMENTARIO ■ ARQUITECTURA ■ MATERIALIDAD ■ **CUBIERTAS** ■ ESTRATEGIAS BIOCLIMÁTICAS
ESTRUCTURAS ■ AGUA, SANEAMIENTO Y RESIDUOS SÓLIDOS ■ ENERGÍAS RENOVABLES ■ REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS



La cubierta, techo o techumbre es parte de la envolvente de un edificio, es considerada la **quinta pared** y representa la barrera horizontal que lo protege de los fenómenos meteorológicos: lluvia, nieve, vientos, variaciones de temperatura, etc.

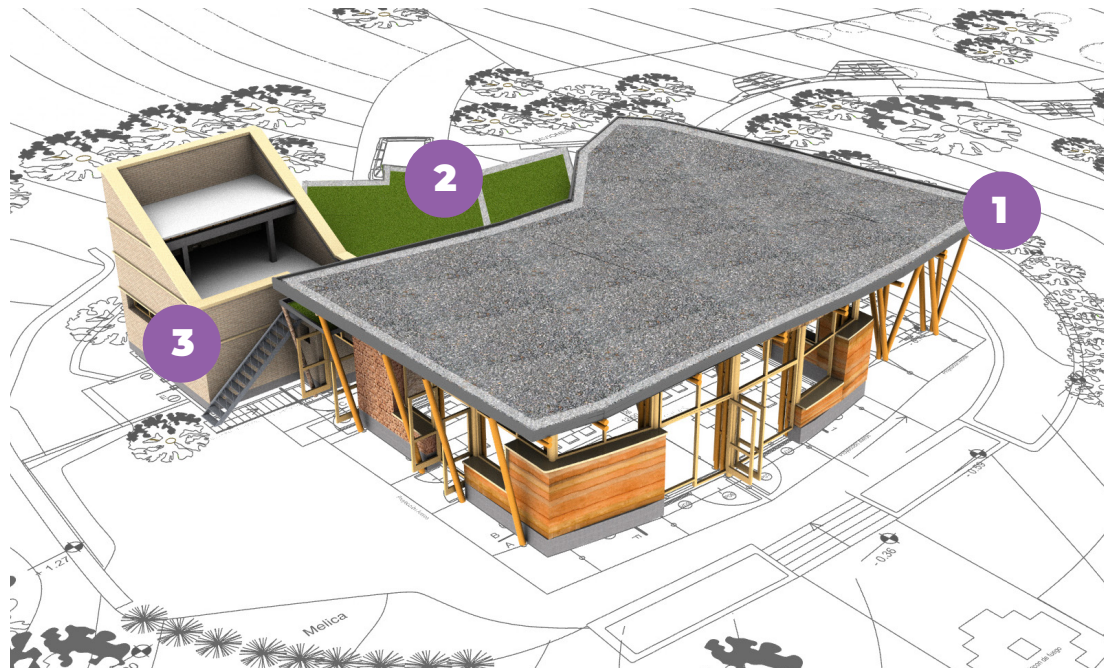
La gran diversidad de combinaciones entre formas, composición y materialidades responde a la necesidad de resolver prestaciones diversas en cuanto a aislación térmica, hidrófuga, acústica, transitabilidad, estética, entre otras.

En el caso del Proyecto SUME se proponen tres tipos de cubiertas que cubren 485 m² y sirven a su vez como superficie de captación de agua de lluvia, de especial relevancia en una región con largas épocas de sequía.

SECTOR 1 Cubierta invertida

SECTOR 2 Techos vivos

SECTOR 3 Losa de hormigón alivianado con fibra vegetal



COSECHA DE AGUA DE LLUVIA

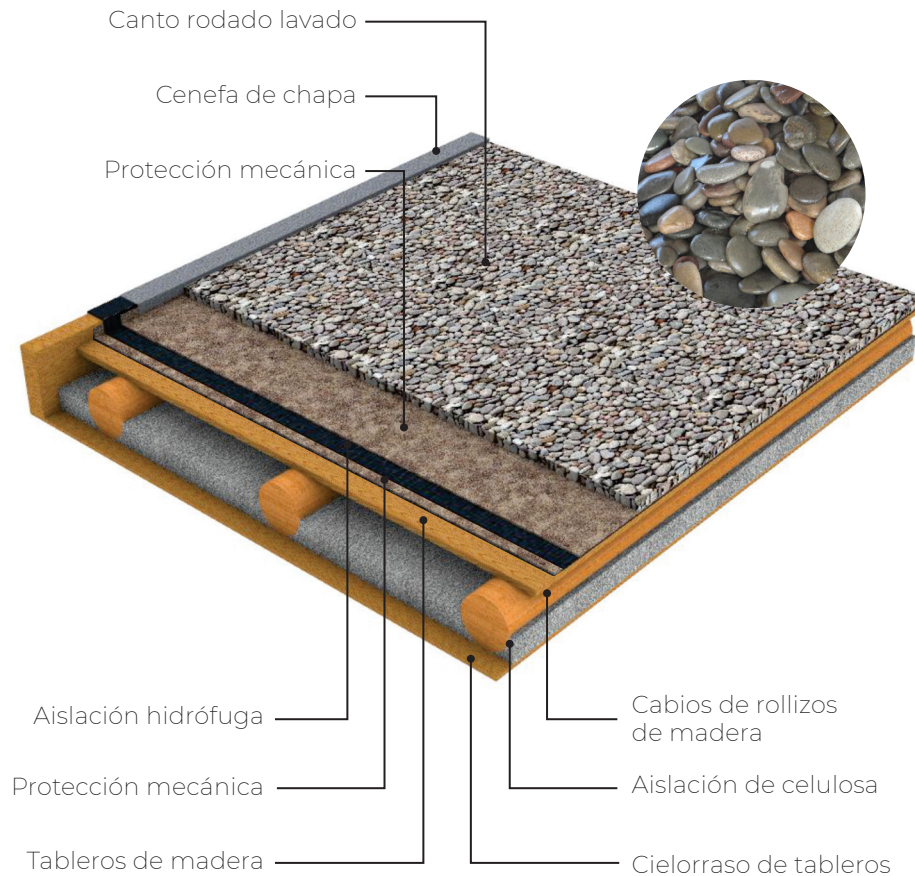
Considerando precipitaciones anuales para la ciudad de Córdoba de 869 mm, es decir 869 litros por m², se estima una cosecha potencial de 421 m³ al año. Dado que el 60 % de las lluvias están concentradas en 5 meses, es preciso almacenar 253 m³ durante ese período. Las aguas serán dirigidas hacia dos cisternas enterradas de 2800 litros cada una, las cuales alimentarán por bombeo a uno de los tanques elevados de 1100 litros ubicado en la cubierta superior del sector de baños.

Se estima que las superficies de losa de hormigón y la cubierta invertida recaudan la totalidad del agua, a diferencia de los techos vivos que la retienen en parte como consecuencia de la porosidad del sustrato, la actividad biológica y el grado de humedad previo al evento pluvial.



CUBIERTA INVERTIDA

Se denomina así a la cubierta en la que la aislación térmica protege a la capa impermeabilizante. Su nombre proviene de la disposición de capas opuesta a la tradicional, en la que el impermeabilizante protege al aislante térmico.



En el Proyecto SUME la utilización de piedra como material aislante será del tipo canto rodado para evitar el punzamiento de las geomembranas impermeabilizantes y mejorar la circulación de agua entre sus cavidades. Es una alternativa económica de bajo mantenimiento y uso frecuente en la región; de hecho, el edificio vecino del Laboratorio de Metrología utiliza piedra en su cubierta. La propuesta se detalla a continuación en capas de abajo hacia arriba:

- Cielorraso a la vista de tableros contrachapados de 12 mm de espesor, compuestos por láminas de madera unidas por adhesivo fenólico.
- Cabios de rollizos de madera de eucalipto de 16 cm de diámetro.
- Celulosa proyectada de 7 cm de espesor, entre rollizos, a modo de aislante térmico y acústico.
- Cierre con tableros contrachapados de 18 mm (clavados a los cabios, al igual que el cielorraso).
- Barrera de protección mecánica de 5 mm de espuma de polietileno. Protege a la geomembrana de perforaciones accidentales inferiores de clavos o astillas.
- Geomembrana de polietileno de alta densidad de 600 μm a modo de aislación hidrófuga que asegura la estanquidad.
- Barrera de protección mecánica de 10 mm de espuma de polietileno actúa como protección superior de la geomembrana por posibles roturas producto del tránsito de personas o de piedras con aristas punzantes.
- Canto rodado lavado 1:3 (conocido también como “ripio lavado” o “grancilla” según la zona del país). En la proximidad de los desagües se coloca canto rodado de mayor tamaño 1:5.

Todo el perímetro del techo se enmarca con un cajón construido con madera aserrada de 3" x 6" dispuesta verticalmente y se cubre con una cenefa de chapa galvanizada plegada n° 25.

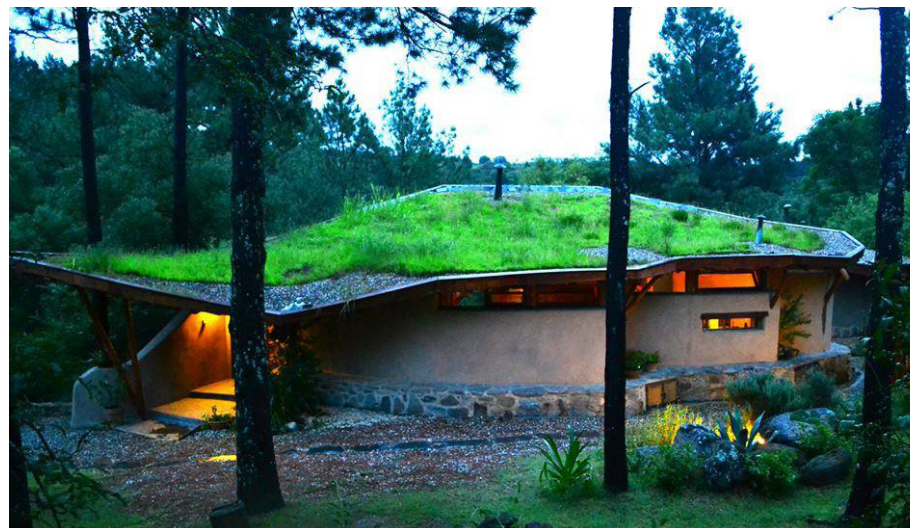
TECHOS VIVOS

Un techo vivo o cubierta verde es aquel que está preparado con diversas capas de impermeabilización, drenaje y sustrato, que permiten el crecimiento de vegetación. Entre sus características y beneficios se destacan:

- Mejora el aislamiento térmico y acústico de los edificios.
- Puede funcionar como hábitat y corredor biológico junto a diferentes espacios verdes de la ciudad y mitiga en parte los impactos de la urbanización.
- Amortigua naturalmente temperatura y humedad lo que permite el ahorro energético en aclimatación.
- Fija carbono y aporta oxígeno a la atmósfera.
- Colabora en el embellecimiento del paisaje, aumentando la calidad de vida de la población.
- Mitiga el efecto "isla de calor", que consiste en la evidencia de temperaturas más elevadas producto de la acumulación de calor por los materiales pétreos que conforman el espacio urbano, y por aumento de la reflectancia que producen las superficies lisas y claras.
- Retarda y filtra parte del escurrimiento de aguas pluviales aliviando los caudales de drenaje y reduciendo la probabilidad de inundaciones.
- Protege a la membrana hidrófuga de los rayos UV, prolongando su vida útil.



Facultad de Derecho de la Universidad de Buenos Aires.
Fuente: Agencia de Protección Ambiental de la Ciudad de Buenos Aires.



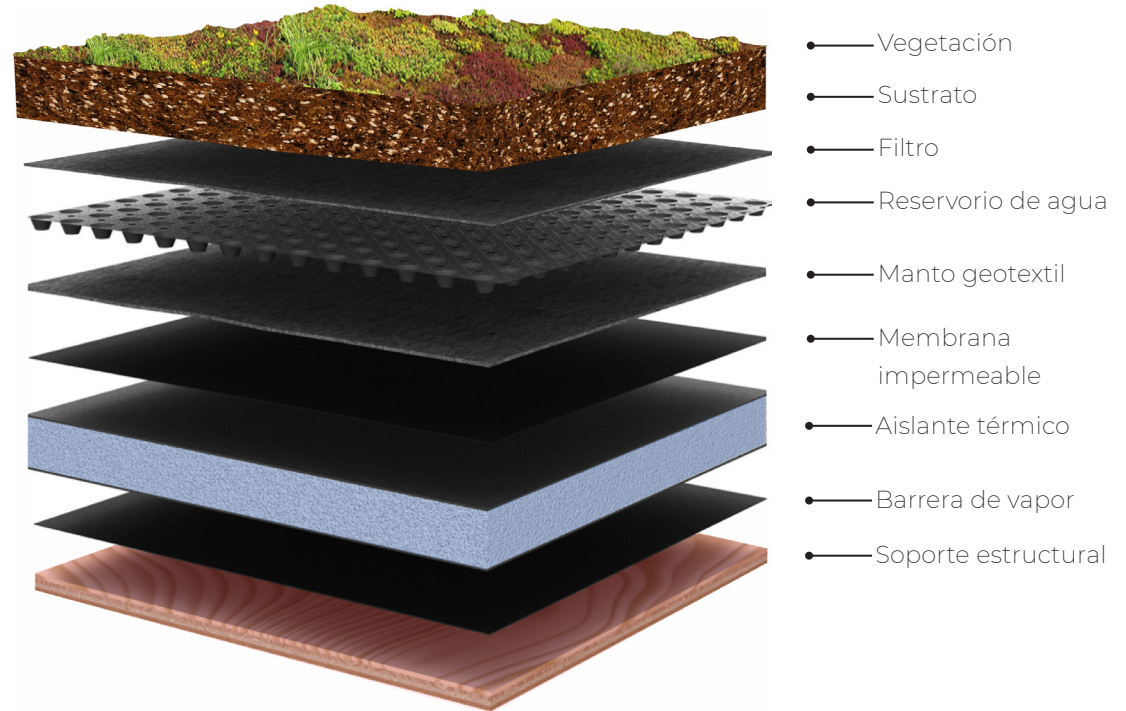
Techo vivo en una bioconstrucción del complejo "La Anita" en Intiyaco, Córdoba.



● Cubiertas - Bioarquitectura INTI

Un techo vivo idealmente está compuesto de las siguientes capas, de abajo hacia arriba:

- Soporte estructural calculado de acuerdo a la carga, es decir, el peso del techo.
- Barrera de vapor que evita el paso de la humedad.
- Aislante térmico, dependiendo de la zona bioclimática de implantación.
- Membrana impermeable que en Argentina suelen ser de PVC, de polietileno de alta densidad (HDPE), o membrana asfáltica geotextil.
- Barrera mecánica contra raíces para proteger la capa hidrófuga de daños causados por las plantas.
- Sistema de drenaje para permitir el escurrimiento del agua.
- Capa de retención o filtro que evita el arrastre del sustrato hacia el drenaje.
- Sustrato, medio o soporte de crecimiento que servirá al anclaje de las plantas.
- Vegetación.



Soldadura de membrana impermeable de PVC.



Membrana asfáltica geotextil y pintura elastomérica poliuretánica.



Manto geotextil y polietileno de alta densidad, 800 µm.

Existen al menos dos tipos de techo vivo, según el tipo y espesor del sustrato y el mantenimiento requerido:

SISTEMAS EXTENSIVOS

Poseen una capa de sustrato con poca carga orgánica de entre 5 cm y 15 cm de espesor, son livianos, no transitables y poblados por especies vegetales que demandan poca humedad y nutrientes. La suma de estas características logra una cubierta de bajo mantenimiento.

SISTEMAS INTENSIVOS

Con sustratos orgánicos abundantes y especies diversas, precisan un soporte reforzado, mantenimiento y riego, pueden ser transitables y brindan las cualidades ambientales propias de un jardín.

Con el objetivo de experimentar los diversos tipos de cubiertas, favorecer la toma de datos, el análisis y la elaboración de estudios científicos, en el Proyecto SUME se proponen tres variantes locales de techos vivos extensivos. Dos, desarrolladas por el Laboratorio de Recursos Genéticos y Sustentabilidad Bioclimática y el Instituto de Recursos Naturales y Sustentabilidad (IRNASUS), en convenio entre el CONICET y la Universidad Católica de Córdoba (UCC), y otra desarrollada por el Estudio Van-Gross y propuesta por el Taller de Bioconstrucción (TABI) de la Universidad Nacional de Córdoba.

Techo vivo extensivo IRNaSus

Se presentará en un tercio de la superficie del sector 2 siguiendo la secuencia de capas que se mencionó de manera genérica en el apartado anterior. Otro tercio será en formato modular con 25 m² de bateas plásticas de 100 cm x 50 cm, dotadas de reservorios de humedad, sustrato alivianado, plantas de variedades inscriptas en

el Instituto Nacional de Semillas y otras especies que se encuentran en proceso de mejoramiento genético. El conjunto representa una carga estimada de 120 kg/m² saturado de agua. Incluye sistema de riego y se prevén monitoreos de lixiviados para analizar la pérdida de sustratos y nutrientes disponibles, retención de escorrentías y ensayos.

Dado que Córdoba se encuentra en una zona semiárida con una marcada estacionalidad de lluvias, el IRNASUS trabaja con plantas nativas de la región que suelen soportar 90 días sin precipitaciones, de modo que se sustenten con la mínima irrigación posible. La intención del equipo de investigación es ampliar la variedad disponible de germoplasma nativo de bajo mantenimiento, incorporando plantas glandularias al género *Sedum*, que por su tolerancia al estrés hídrico y a la elevada radiación solar ya tienen un mercado local.

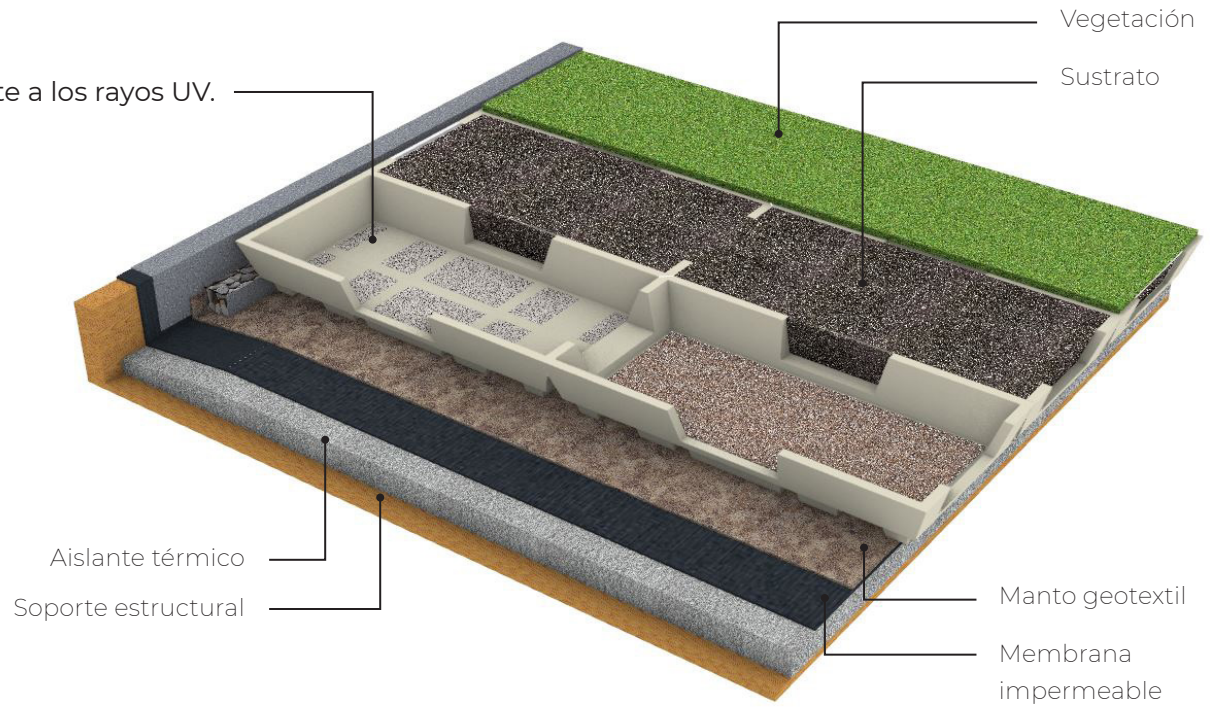


En el país existen numerosos equipos de investigación y agencias de promoción de techos vivos. En particular, el Instituto de Floricultura del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) publicó diversos documentos entre los que se destacan el [“Catálogo de plantas para techos verdes”](#) y [“Sustratos para techos verdes sustentables \(extensivos\)”](#). Por su parte, la Agencia de Protección Ambiental de la Ciudad de Buenos Aires publicó el documento [“Cubiertas verdes en edificios públicos. Experiencia y recomendaciones para su instalación en la Ciudad de Buenos Aires”](#).

SISTEMA MODULAR PARA TECHOS VERDES DE BAJO MANTENIMIENTO

- Bandeja de polietileno de alta densidad resistente a los rayos UV.
- Reservorio de agua de 0,013 m³.
- Reservorio de sustrato de 0,12 m³.
- Profundidad del sustrato: 11 cm.
- Peso del sustrato: 80 kg/m².
- Peso del sustrato saturado de agua: 110 kg/m².
- Drenaje a través de orificios de 8 mm.

Patente de invención del Instituto Nacional de Propiedad Industrial (INPI). Expediente 89368. Trámite 15231730.



SECUENCIA CONSTRUCTIVA



Bateas plásticas con material de drenaje.



Velo y sustrato alivianado.



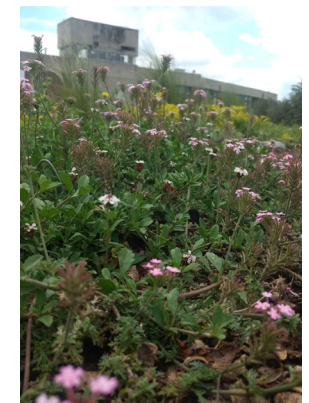
Mangueras de riego por goteo.



Vista general del sistema instalado en la UCC.



Sustrato alivianado con cáscara de maní.



Plantas nativas de la región.

Techo vivo extensivo TABI

La cubierta viva extensiva transitable propuesta por el TABI ocupará el tercio restante de la cubierta del sector 2. Pesa entre 180 kg/m² y 230 kg/m² saturada de agua, es adaptable a distintos soportes -hormigón, madera o chapa- siempre que se realice el cálculo de verificación de carga según el reglamento CIRSOC correspondiente.

Techo vivo sobre chapa acanalada construido por alumnos del TABI en la municipalidad de Alta Gracia, Córdoba.



Techo vivo transitable con césped, malla plástica y piedras de diferentes tamaños para el drenaje.



Detalle de drenaje con malla plástica y filtro de piedras. Fuente: Estudio Van-Gross.

Techo vivo sobre estructura de postes de eucalipto.



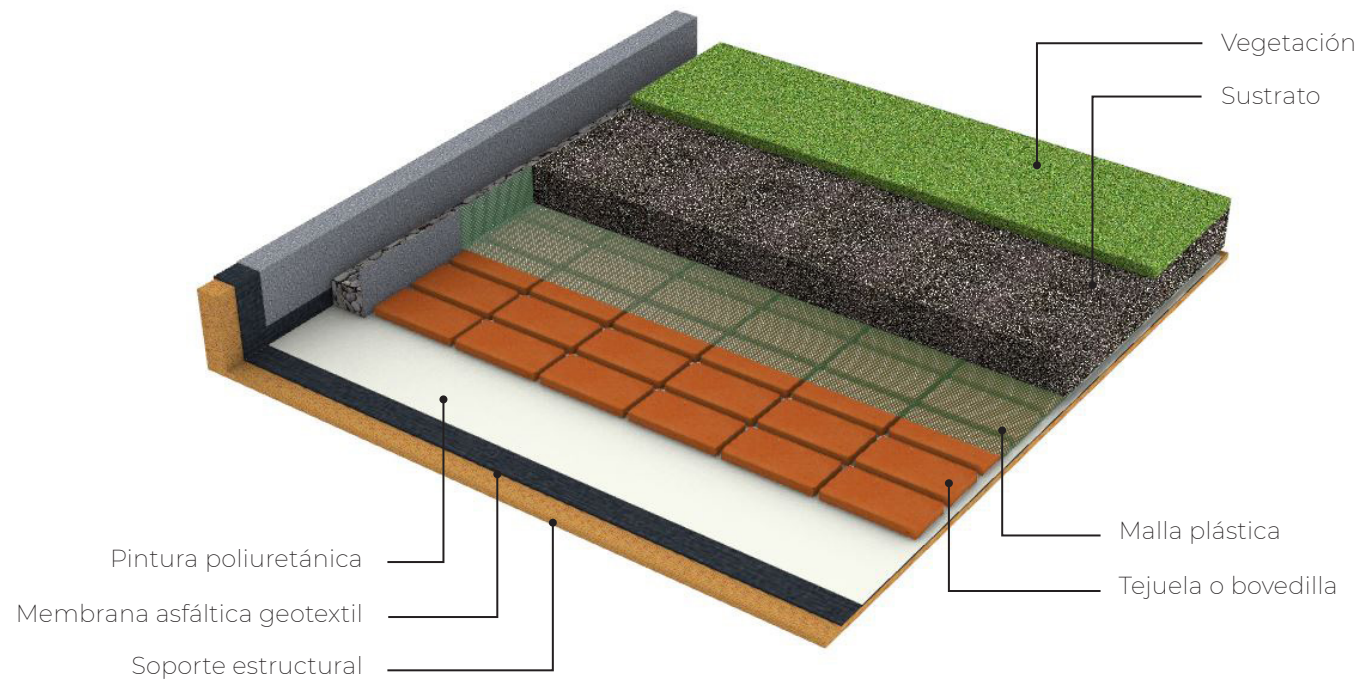
● Cubiertas - Bioarquitectura INTI

La aislación hidrófuga recomendada es una membrana asfáltica geotextil, pegada con calor solo en el perímetro y los parapetos. Hecho esto, se coloca una pintura elastomérica poliuretánica en toda la superficie, con énfasis en las uniones de la membrana. Esta pintura funciona como barrera mecánica y química para evitar la degradación microbiana.

La capa drenante puede ser de bovedillas o tejas que absorberán y acumularán agua, manteniendo la humedad. La elección del material se fundamenta en el cálculo de sobrecarga admisible de la estructura.

Sobre el drenaje se coloca un filtro que, a diferencia del manto geotextil habitual, es una malla plástica del tipo media sombra, que aporta resistencia a la tracción y permite que las raíces de las gramíneas se entrelacen estructurando el suelo.

El sustrato está conformado por una fina capa de arena, tierra fértil, turba, viruta, pequeños trozos de madera, perlita y carbón pirolítico sobre el que se colocan panes de pasto (champas) preferentemente autóctonos.

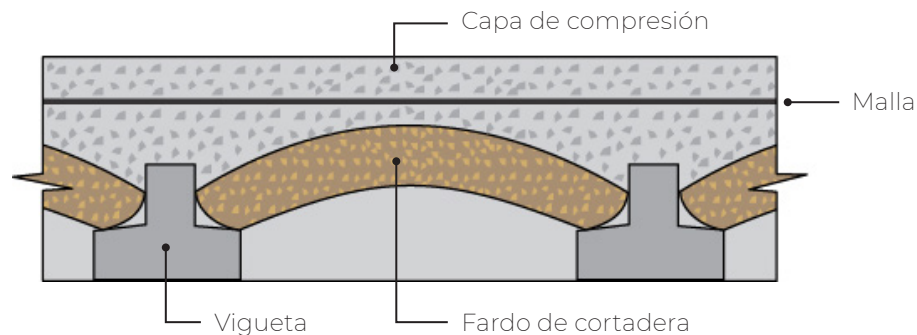


Losa alivianada de hormigón

El sector 3, correspondiente al área de servicios, prevé la utilización de losas de viguetas con una innovación que ha sido utilizada en Córdoba con buenos resultados en acondicionamiento térmico y acústico. Consiste en reemplazar los ladrillos cerámicos y/o bloques de poliestireno expandido (telgopor) por fardos de cortadera (*Cortaderia selloana*). Para ello, las viguetas se colocan a 40 cm para poder colocar el fardo con cierta curvatura, a modo de arco, de forma tal que resista mejor el colado del hormigón fresco durante la etapa constructiva.



Construcción de una losa con viguetas pretensadas y fardos de cortadera.
Desarrollo: Estudio Van-Gross.

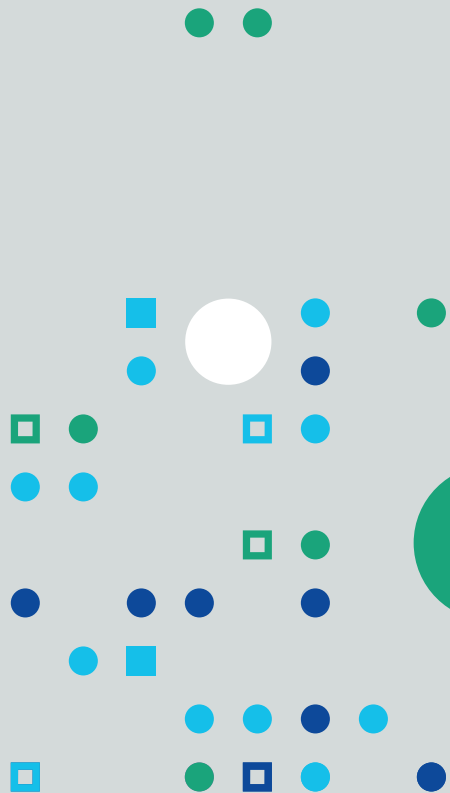


■ ● □ **NORMAS**

El Concejo Deliberante de la Ciudad de Córdoba aprobó en el 2016 la ordenanza 12548 que establece la obligatoriedad de instalar cubiertas verdes en terrazas de más de 400 m² y edificios industriales e instituciones de más de 600 m² cubiertos. La ordenanza prevé un plazo de adecuación de tres años, la incorporación de especies vegetales de tipo alimenticio y beneficios impositivos para quienes se sumen de manera voluntaria.

Otra normativa de interés es el nuevo Código de Edificación de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires (CABA) que incluye aspectos vinculados con el diseño sustentable en general y techos verdes en particular. Esta implementación se fundamenta en la capacidad de estos sistemas para reducir el riesgo de inundaciones, mitigar el efecto “isla de calor” y aportar a la biodiversidad urbana.

Especifica que la cobertura vegetal debe poseer tres especies como mínimo, bajos requerimientos hídricos y no necesitar podas ni cortes. Además, deberá adaptarse a las condiciones microclimáticas del lugar. En cuanto al sustrato, establece una profundidad máxima de 15 cm y buena capacidad drenante. En complemento, la Ley 4428 de CABA aplica reducciones en el pago de los derechos de construcción en el caso de obra nueva y en el importe de la tasa de ABL cuando en un edificio se construya y mantenga una cubierta verde.



5

ESTRATEGIAS BIOCLIMÁTICAS

MENÚ DE NAVEGACIÓN

ÍNDICE ■ MARCO LEGAL Y REGLAMENTARIO ■ ARQUITECTURA ■ MATERIALIDAD ■ CUBIERTAS ■ **ESTRATEGIAS BIOCLIMÁTICAS**
ESTRUCTURAS ■ AGUA, SANEAMIENTO Y RESIDUOS SÓLIDOS ■ ENERGÍAS RENOVABLES ■ REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

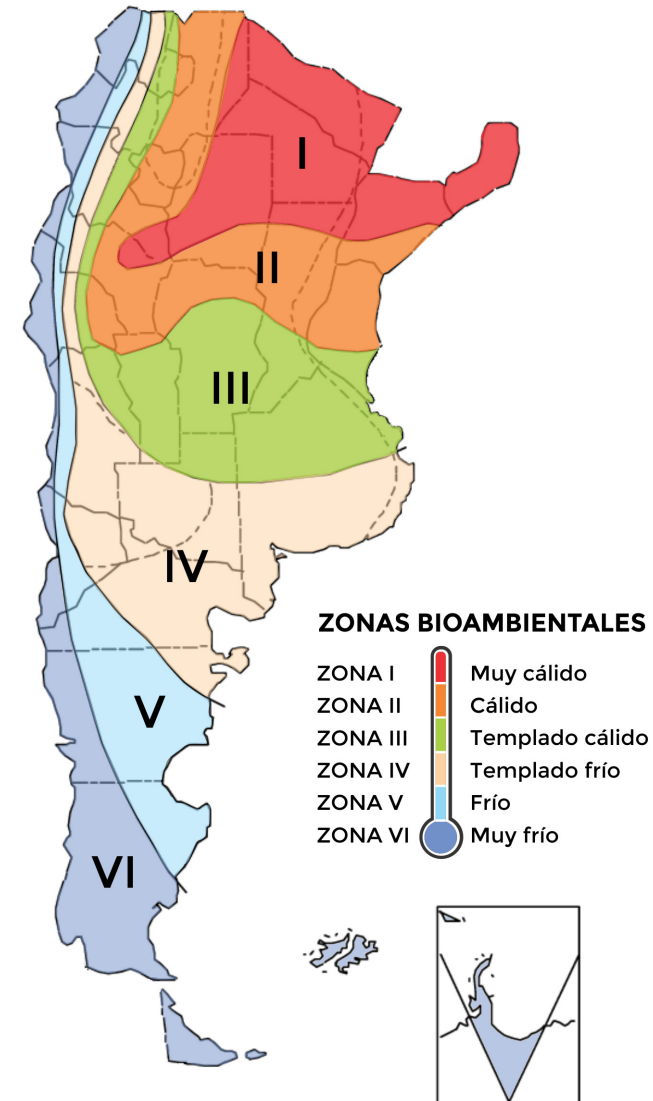


Las condiciones térmicas de un edificio son las que definen en gran parte el confort de sus habitantes que depende, en términos generales, del balance entre las ganancias y pérdidas de calor. Si las ganancias son mayores que las pérdidas, el edificio tenderá a calentarse y, a la inversa, el edificio tenderá a enfriarse. Los sistemas de climatización artificial se incorporan para contrarrestar la falta de confort interior.

La arquitectura bioclimática se basa en el diseño de espacios que favorecen el confort higrotérmico de sus habitantes a través del uso de estrategias de diseño espacial, material y tecnológico pasivo. Es decir, que aprovechan las características del clima, del entorno geográfico y de los recursos naturales disponibles en el sitio para minimizar el uso de energía en climatización e iluminación, principalmente.

Según la zonificación bioambiental que plantea la norma IRAM 11603, el Proyecto SUME se encuentra en la zona bioclimática IIIa, caracterizada por grandes amplitudes térmicas, por lo que se aconseja el uso de los elementos y/o recursos que tiendan al mejoramiento de la inercia térmica. Por tratarse de una zona templada, las exigencias pueden ser menores en lo que refiere a orientación y necesidades de ventilación.

LOCALIDAD	Córdoba	PROVINCIA	Córdoba
LATITUD	-31° 24	LONGITUD	-64° 10
ZONA BIOCLIMÁTICA	III Templado cálido	ALTURA SNM	474 m

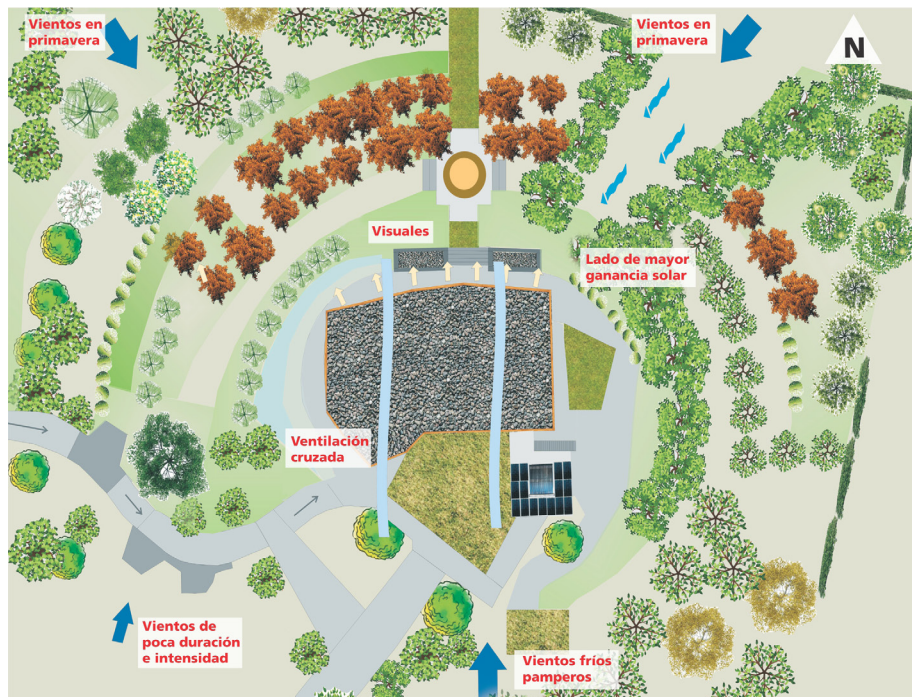


Zonas bioambientales de la República Argentina. Basado en norma IRAM 11603.

ESTRATEGIAS BIOCLIMÁTICAS

Los sistemas incorporados en el Proyecto SUME, tanto de refrigeración como calefacción, tienen como objetivo mostrar diferentes opciones de estrategias bioclimáticas.

Observar el espacio de implantación, la proyección de las sombras de edificios y vegetación, identificar los vientos predominantes, son tareas que permiten recopilar información necesaria para definir la disposición de los ambientes. La ubicación y dimensiones de ventanas, los aleros, las superficies opacas y transparentes favorecen la calefacción, iluminación y refrigeración de los ambientes según corresponda.



Planta de techos y entorno paisajístico.



¿SABÍAS QUÉ?

El confort higrotérmico se define como la sensación de comodidad que sienten las personas dentro de un ambiente y está directamente relacionado con la temperatura, la humedad y la actividad que se está realizando (reposando, cocinando, entre otras). Existe una herramienta llamada **diagrama psicrométrico** que permite definir zonas de confort higrotérmico y las necesidades de climatización vinculando diversas temperaturas y grados de humedad.



NORMAS

Existe un cuerpo amplio de normas IRAM referidas al acondicionamiento térmico de las edificaciones. En la familia de normas Aislamiento térmico de edificios se destacan las siguientes:

- Norma IRAM 11549, sobre vocabulario.
- Norma IRAM 11601, sobre métodos de cálculo. Propiedades térmicas de los componentes y elementos de construcción en régimen estacionario. Se refiere a la mayoría de los materiales convencionales de construcción. Para el caso de materiales naturales existen algunos ensayos de centros de investigación, pero aún no han sido incorporados en las normas.

- Norma IRAM 11603, sobre clasificación bioambiental de la República Argentina. Plantea una zonificación del territorio argentino basada en un criterio bioambiental, indicando las características climáticas de cada zona y detallando las orientaciones óptimas y favorables para cada una.
- Norma IRAM 11604, sobre verificación de condiciones higrotérmicas. Ahorro de energía en calefacción, coeficiente volumétrico G de pérdidas de calor, cálculo y valores límites.
- Norma IRAM 11605, sobre las condiciones de habitabilidad en edificios. Valores máximos de transmitancia térmica en cerramientos opacos.

- Norma IRAM 11625, sobre verificación de las condiciones higrotérmicas. Verificación del riesgo de condensación del vapor de agua superficial e intersticial en los paños centrales de muros exteriores, pisos y techos de edificios en general.
- Norma IRAM 11630, sobre verificación de sus condiciones higrotérmicas. Verificación del riesgo de condensación de vapor de agua superficial e intersticial en puntos singulares de muros exteriores, pisos y techos de edificios en general.
- Norma IRAM 11658 (partes 1 y 2), sobre puentes térmicos.



El Instituto Argentino de Normalización y Certificación, el IRAM, desarrolla, estudia y publica normas técnicas con el fin de ordenar y mejorar la actividad económica y social. Contribuye así a mejorar la calidad de vida y el uso racional de los recursos.



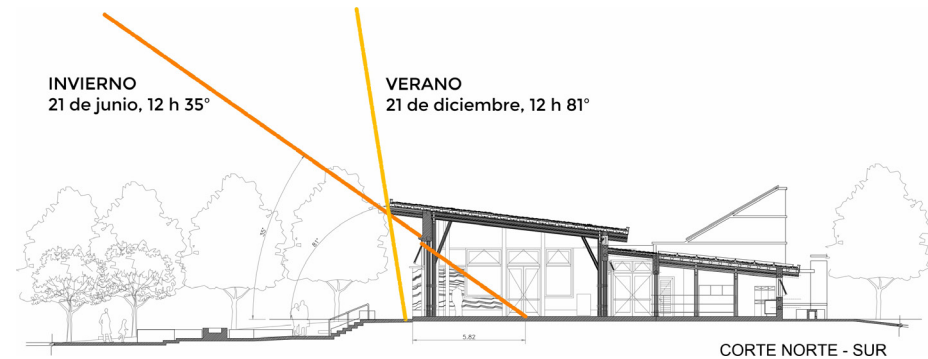
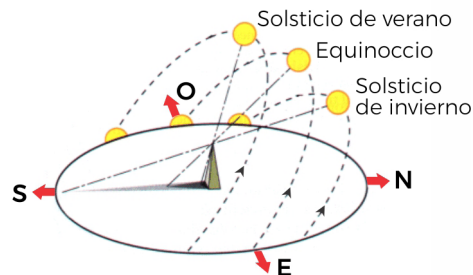
Orientación y asoleamiento

El sol es la principal fuente de energía térmica y lumínica del planeta. Para poder aprovecharla es preciso conocer su recorrido diario, estacional y su altitud máxima, mínima y media, correspondiente a los solsticios de verano, de invierno y los equinoccios.

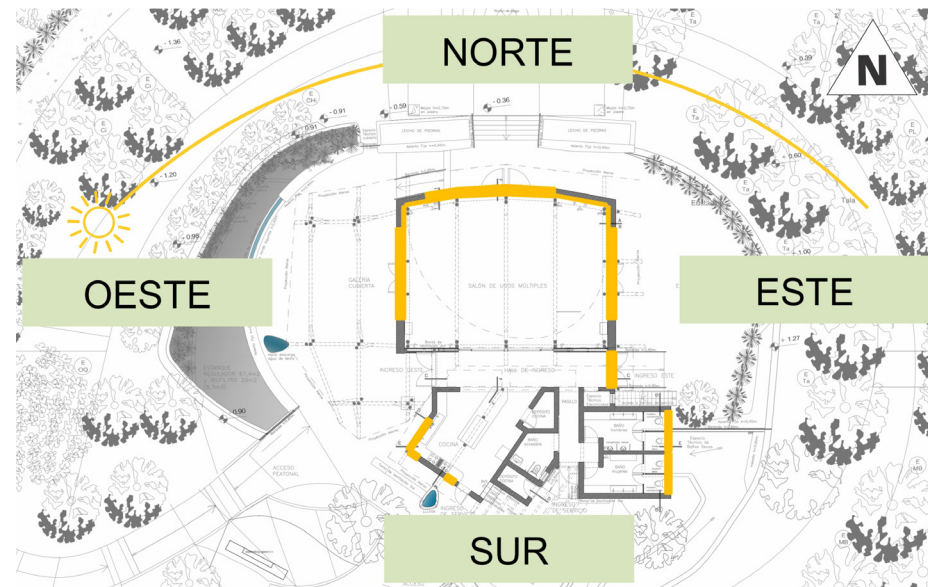
Puesto que la Argentina se ubica en el hemisferio sur, el movimiento relativo del sol es de Noreste a Noroeste, de modo que la orientación Norte es la que más radiación y calor recibe.

El salón comedor del Proyecto SUME está dispuesto con orientación Este-Norte-Oeste. La cara norte es un muro curvo que acompaña el recorrido del sol y el correcto dimensionamiento de aleros propicia la acumulación de calor en la masa térmica para calefaccionar el espacio durante los meses de invierno y proyecta sombra durante el verano.

El pasillo de circulación longitudinal se desarrolla de Este a Oeste, mientras que los servicios -cocina, baños y quincho- poseen orientación sur, haciendo de tapón y protegiendo de los vientos frescos del Suroeste. Una galería, ubicada hacia el Oeste, protege de la exposición solar de la tarde, y junto al agua de lluvia que se acumula en la lagunilla, contribuye a refrescar el entorno en épocas de verano.



Corte Norte - Sur con asoleamiento en invierno y verano.



Planta de entorno. Color amarillo indica el recorrido solar y asoleamiento en muros.

Cobertura vegetal

El entorno es parte esencial para la toma de decisiones de diseño bioclimático. En el Proyecto SUME se propone la implantación de árboles nativos tales como el horco-quebracho (*Schinopsis lorentzii*), tala (*Celtis tala*), espinillo (*Vachellia caven*), tusca (*V. aroma*), palo de leche (*Sebastiania commersoniana*), manzano de campo (*Ruprechtia apetala*), molle de beber (*Lithraea molleoides*), cina cina (*Parkinsonia aculeata*). Tales especies favorecen la biodiversidad al ofrecer alimento y refugio a aves e insectos, suman valor ornamental y aseguran funciones ambientales como la:

- Moderación de temperaturas y vientos.
- Oxigenación del aire.
- Fijación de carbono.
- Retención de polvo atmosférico.
- Reducción de la contaminación sonora y visual.
- Retardo en el escurrimiento superficial de las lluvias.

Los árboles se ubican siguiendo las líneas de curvas de nivel y respondiendo a un diseño de rectángulo áureo. Aquellos emplazados en la orientación Este ofrecerán sombra durante el verano cuando alcancen una altura de 10 metros aproximadamente. Son de hoja caduca, es decir, que cae durante el otoño, lo que permite el ingreso de sol en invierno.

Hacia el Noreste se genera una apertura en forma de embudo con vegetación que favorece el paso de aires frescos al salón. Asimismo, se prevén muros verdes con enredaderas que harán de filtro permeable, de refrigeración y humidificación.



Horco-quebracho (*Schinopsis lorentzii*)



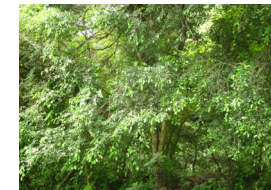
Tala (*Celtis tala*)



Espinillo (*Vachellia caven*)



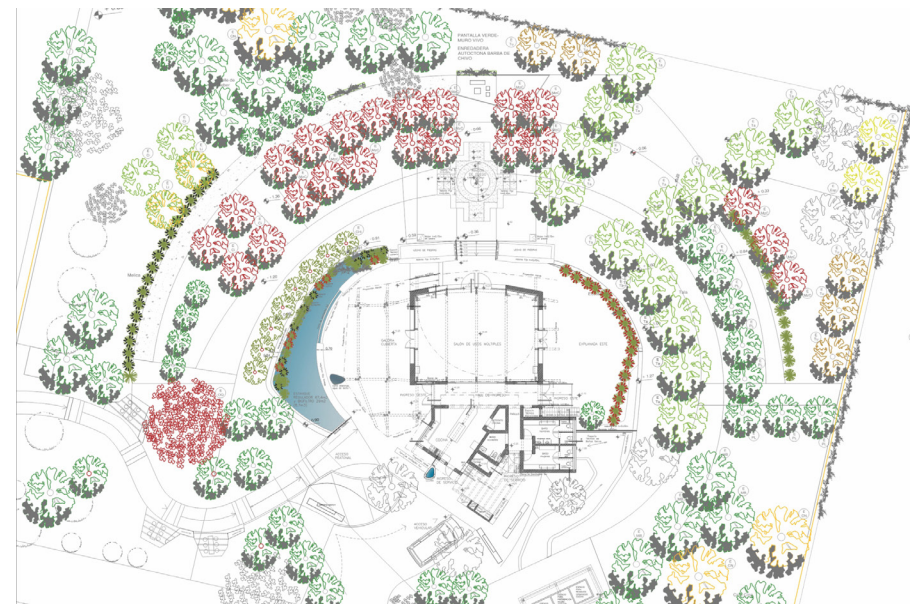
Tusca (*Vachellia aroma*)



Palo de leche (*Sebastiania commersoniana*)



Manzano de campo (*Ruprechtia apetala*)



Plano de planta de entorno.

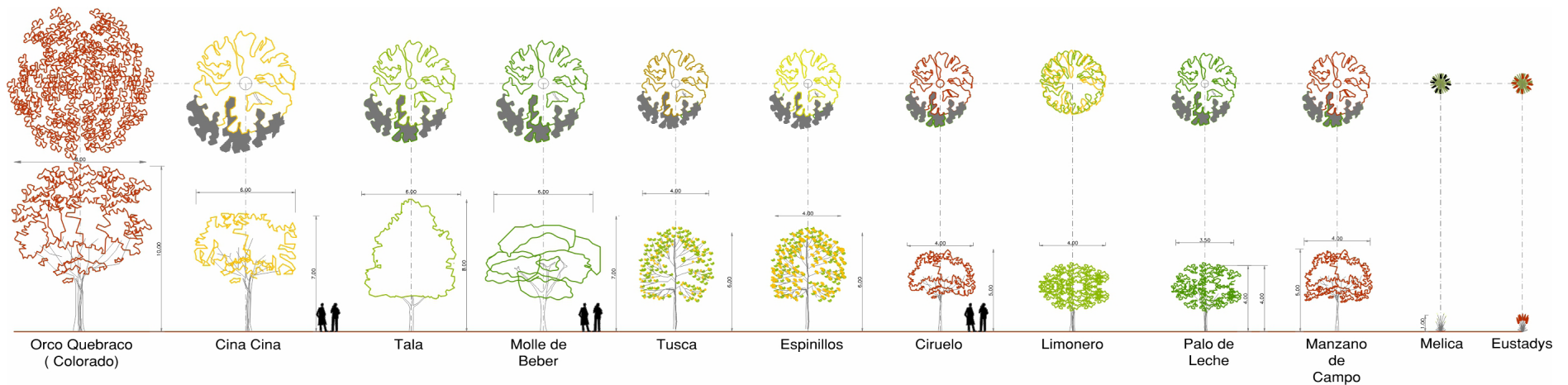
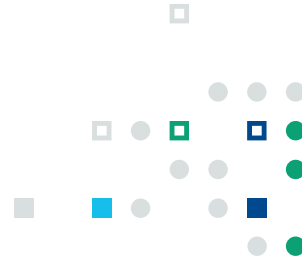
● Estrategias bioclimáticas - Bioarquitectura INTI

Hacia el Sur se ubican árboles perennes que bloquean los vientos junto con muros de gaviones que hacen a la vez de bancos. Hacia el Oeste se disponen árboles que ofrecen sombra a la lagunilla, también provista de vegetación nativa como arveja de agua, junquillo, entre otras.

Para la implantación de especies leñosas se detallaron recomendaciones que figuran en las características de los ejemplares, sustrato, agua de riego, marcos de plantación, traslado, acondicionamiento y hoyado.



Gaviones de piedra y malla metálica.



Aislación

La aislación de pisos, cubiertas, muros y aberturas en contacto con el exterior -que en conjunto componen la “envolvente” de un edificio- es necesaria para evitar las pérdidas o ganancias de calor, según la época del año. Aislar permite que la energía interior se mantenga en el tiempo y por ende que se requiera menor consumo de energía para su climatización. Los aislantes industrializados más conocidos son la lana de vidrio, el poliestireno expandido (telgopor), el poliuretano y la lana mineral. Las opciones naturales incluyen celulosa, lana animal, viruta, corcho y fibras vegetales como paja, fibra de cáñamo y de lino.

Los distintos aislantes naturales presentes en el SUME se desarrollan en el capítulo Materialidad de esta publicación.

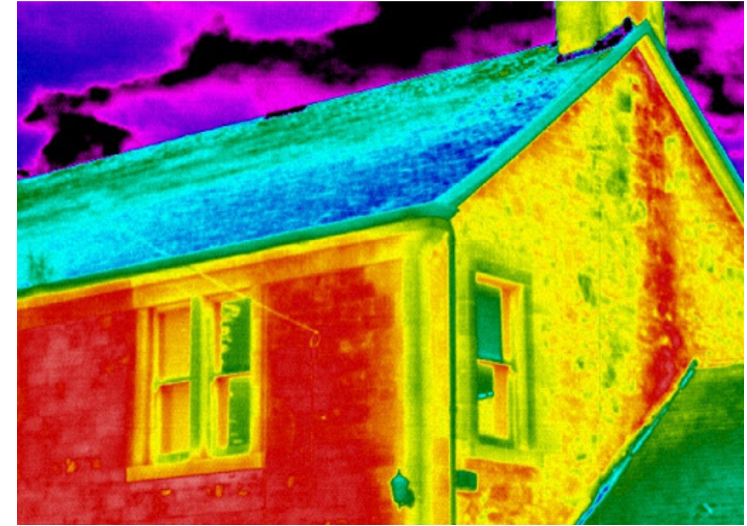
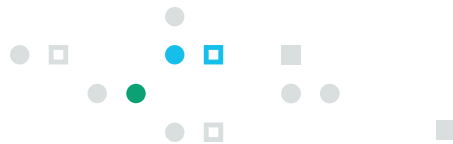


Imagen termográfica que muestra las pérdidas de calor en una vivienda. Los colores cálidos evidencian los puentes térmicos y los colores fríos muestran una correcta aislación.

Fuente: cambridgecarbonfootprint.org



¿SABÍAS QUÉ?

La eficiencia térmica de la envolvente está directamente relacionada con la transmitancia térmica de los materiales que la conforman. Esta se calcula a partir de la conductividad térmica, propiedad física de los materiales que mide la capacidad de conducción de calor.

Calefacción

Para calefaccionar, los sistemas directos son los de mayor rendimiento y menor retardo. Se basan en la ganancia solar a través de las aberturas y superficies vidriadas. El ingreso de radiación varía en función de las características, tipo y disposición de los vidrios, que pueden ser incoloros o coloreados, simples o dobles, de mayor o menor espesor. Esto está tabulado en la parte 1 de la norma IRAM 11659, en la tabla de factor de exposición solar.

MASA TÉRMICA

Emplear materiales con masa térmica en las zonas de incidencia solar permite almacenar calor, conservarlo y liberarlo de una manera paulatina, gracias a la propiedad conocida como inercia térmica. Su aplicación está indicada para zonas de gran amplitud térmica, que registran grandes variaciones de temperatura entre el día y la noche. Durante las horas de sol la masa térmica acumula calor y llegadas las horas frías de la noche actúa como batería que libera la energía progresivamente, amortiguando la variación de temperatura. En el caso del Proyecto SUME la masa térmica se encuentra en los muros de tapial y el piso.



Ganancia solar directa en el piso del salón principal del SUME.



LECHOS DE PIEDRAS

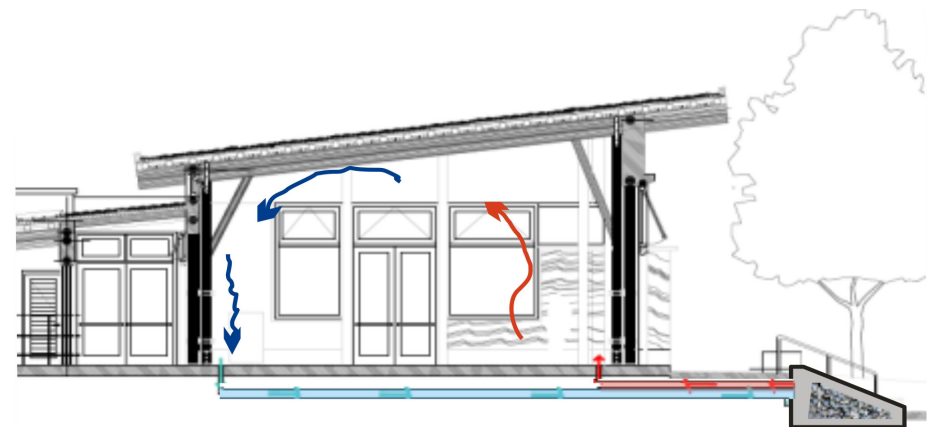
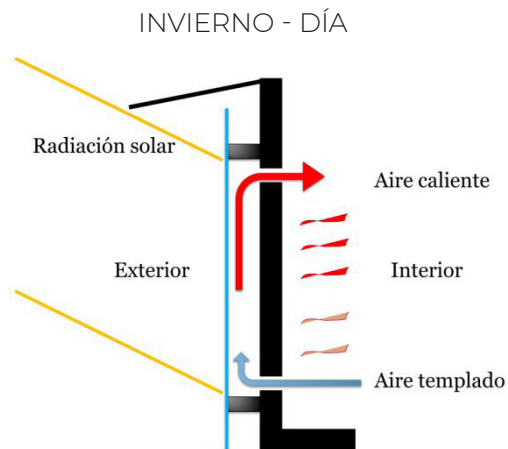
Se prevén dos lechos de piedras ubicados hacia el Norte, a ambos lados del ingreso al edificio. Se trata de dos contenedores con una superficie superior vidriada, rellenos de piedras oscuras que reciben los rayos solares y acumulan calor para distribuirlo hacia el interior a través de conductos. Para evitar su funcionamiento en verano, poseen tapas de chapa plegadiza y la implantación de enredaderas de hoja caducas cubren el dispositivo.

MURO TROMBE

Este sistema no está previsto en el SUME, pero por su popularidad y sencillez se lo describe brevemente. Se basa en aprovechar la energía del sol para calefaccionar utilizando la acumulación del calor en la masa térmica de un muro. Se coloca un vidrio delante del muro para generar efecto invernadero y favorecer la convección del aire que ingresa templado por las rejillas inferiores al interior del dispositivo y egresa caliente por las rejillas superiores que conectan al interior del edificio.



Render de lechos de piedras a ambos lados de las escaleras que comunican el acceso Norte del salón principal con la zona de fogón.



Corte de esquema de funcionamiento de los lechos de piedras.

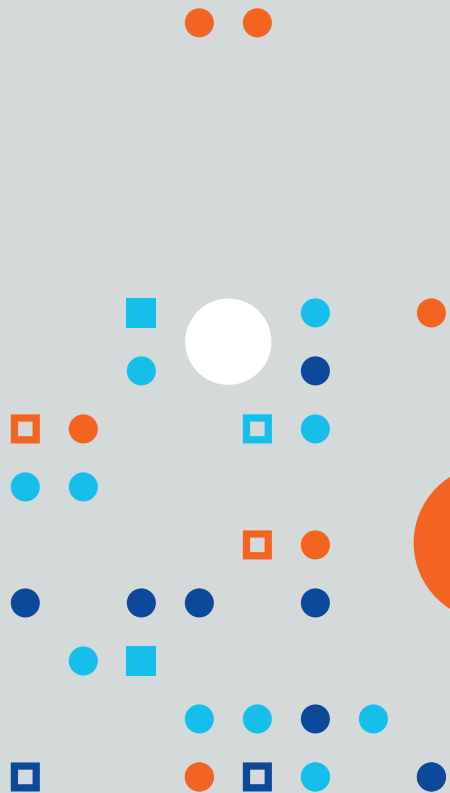
Esquema de muro Trombe. Calefacción mediante convección más radiación.

¿SABÍAS QUÉ?

La refrigeración evaporativa se basa en el enfriamiento del aire que se produce cuando éste entra en contacto con alguna masa de agua. El agua, al evaporarse, absorbe calor del ambiente circundante enfriándolo e incorporando a su vez humedad al mismo. Esta estrategia sirve para zonas climáticas secas y de bajo promedio de humedad relativa en el ambiente.



Render de lagunilla para la refrigeración ubicada al Oeste, frente a los vientos dominantes. Aporta humedad al aire que se inyecta en el salón-comedor para refrescarlo.



6

ESTRUCTURAS

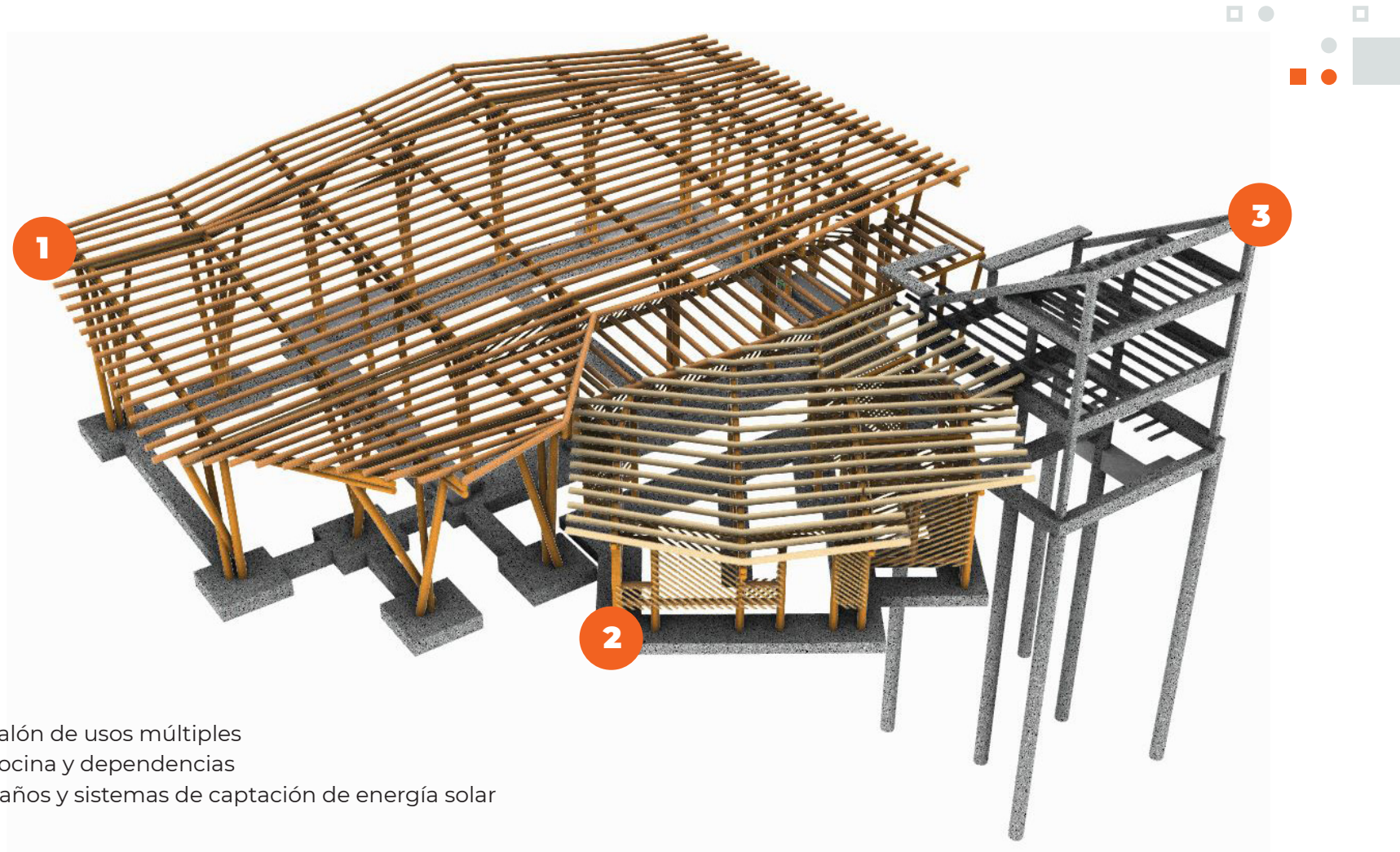
MENÚ DE NAVEGACIÓN

ÍNDICE ■ MARCO LEGAL Y REGLAMENTARIO ■ ARQUITECTURA ■ MATERIALIDAD ■ CUBIERTAS ■ ESTRATEGIAS BIOCLIMÁTICAS
ESTRUCTURAS ■ AGUA, SANEAMIENTO Y RESIDUOS SÓLIDOS ■ ENERGÍAS RENOVABLES ■ REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS



Uno de los objetivos del Proyecto SUME es divulgar normas e investigaciones que aporten información técnica confiable para la resolución de situaciones a las que los proyectistas se enfrentan cotidianamente. En este sentido, la propuesta arquitectónica contempla tres sectores: dos con estructuras de madera y uno

con hormigón armado. En los siguientes apartados se desarrollan los principales aspectos de la construcción con madera, el cumplimiento normativo, los detalles constructivos y los estudios de suelo necesarios para determinar las fundaciones.



Sector 1 Salón de usos múltiples

Sector 2 Cocina y dependencias

Sector 3 Baños y sistemas de captación de energía solar

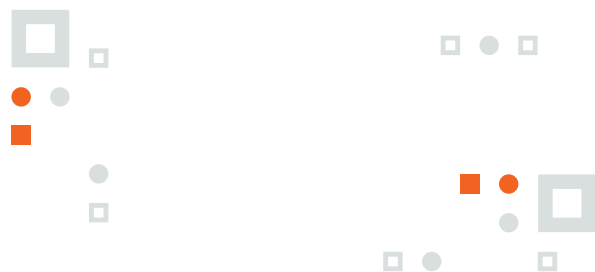
CONSTRUCCIÓN CON MADERA

En Argentina la superficie de bosques nativos decreció de un total de 114 millones de hectáreas en 1914 a 26,96 millones de hectáreas 2018 ([Informe del estado del ambiente](#)). En cuanto a los bosques implantados (principalmente coníferas y eucaliptos) su superficie está por encima de los 1,25 millones de hectáreas.

En 2018 el mercado nacional de productos forestales se componía de un 15 % de madera proveniente de bosques nativos y de un 85 % de bosques implantados.

Si bien la madera es uno de los materiales más antiguos que la humanidad ha utilizado para la construcción, en el territorio argentino su uso es relativamente reducido. La explicación está vinculada a aspectos culturales más que a cuestiones técnicas o económicas. Por ello es importante dar a conocer los beneficios de construir con madera y desarrollar herramientas para que los profesionales incorporen este material a sus diseños. Entre ellos se destacan:

- **Constructivos.** De montaje ligero y resistente, permite trabajar con rapidez, es compatible con otros materiales, posee buen comportamiento térmico y acústico, resistencia a la flexión, elimina puentes térmicos, suma valor estético, calidez y funcionalidad. Se emplea en cerramientos, cubiertas, carpinterías, muros y entresijos.
- **Ambientales.** Es un recurso natural renovable, biodegradable, reutilizable, reciclable y captura dióxido de carbono atmosférico durante su crecimiento.
- **Económicos y sociales.** Genera empleo en su cadena de valor, relacionada mayoritariamente con pymes y empresas familiares.



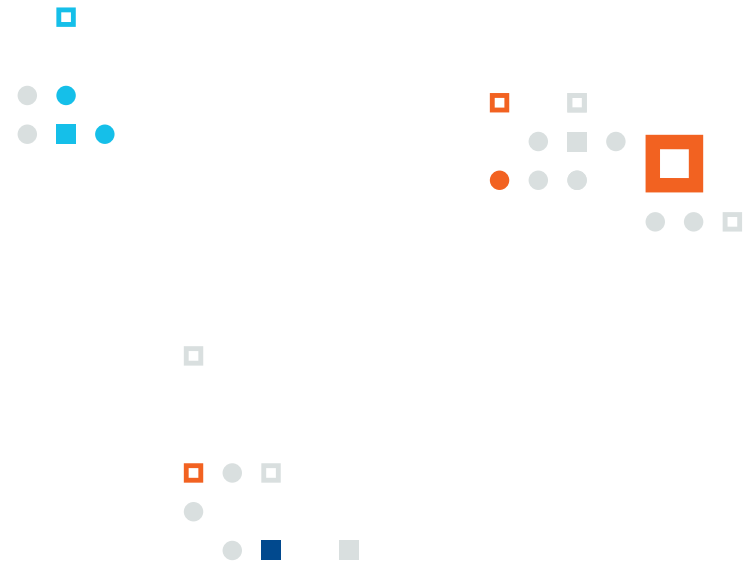
Durabilidad de la madera empleada en la construcción

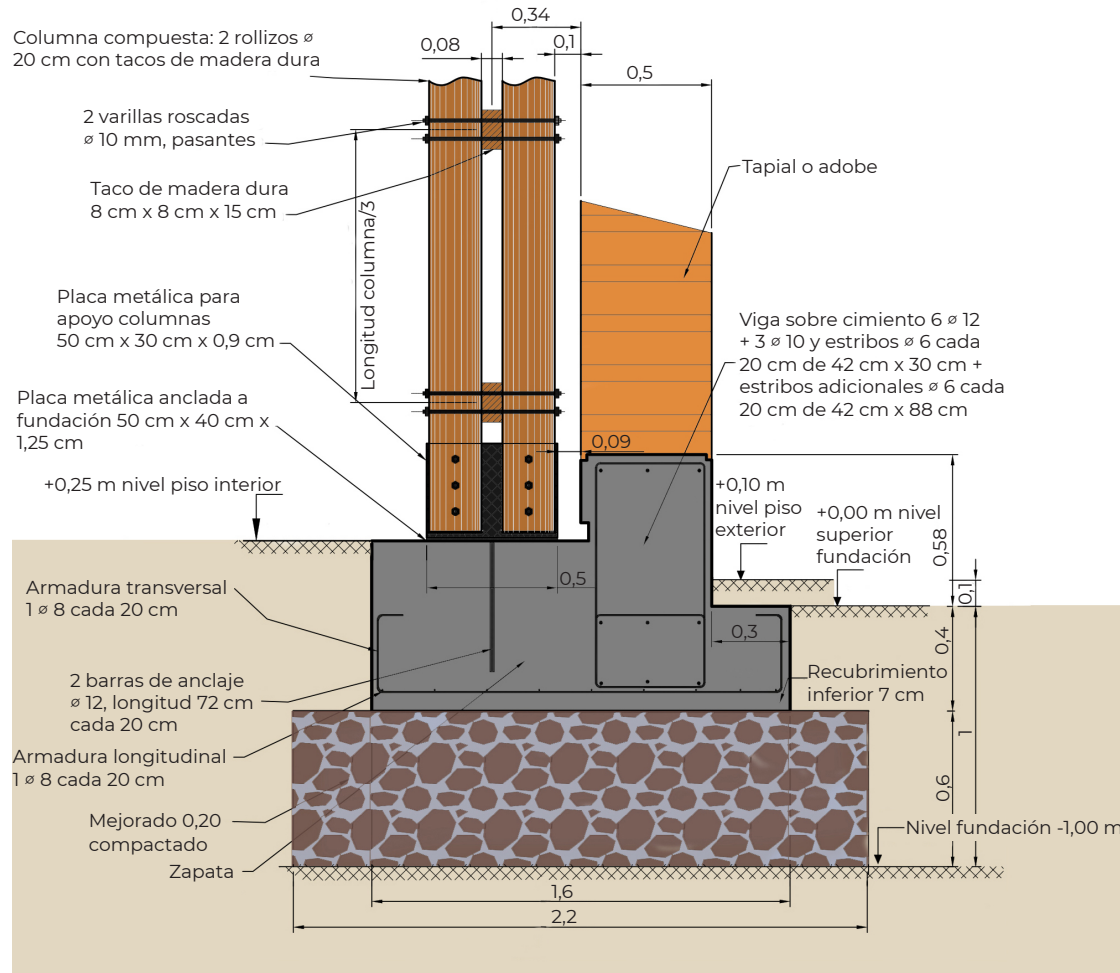
La madera, constituida principalmente por celulosa y lignina, puede ser degradada por microorganismos e insectos xilófagos en determinadas condiciones de humedad y temperatura. En consecuencia, se alteran las propiedades físico mecánicas y químicas y, consecuentemente, se reduce o anula su resistencia.

La durabilidad natural de la madera está dada por su resistencia al ataque de insectos u otros agentes destructores y puede aumentarse mediante el tratamiento con preservadores. Ciertas maderas se destacan por su durabilidad, su empleo es recomendable para las situaciones más extremas (Anexo D IRAM 9600).

La especie maderera seleccionada para el Proyecto SUME fue motivo de investigación en el estudio [“Durabilidad natural del *Eucalyptus grandis* de la Mesopotamia de Argentina y su relación con el riesgo de ataque en la localización de la obra”](#) realizado en campos de ensayo europeos y argentinos. Se introdujeron estacas en el terreno a la mitad de su longitud para determinar el grado de ataque biológico de cada cuerpo de prueba. Tal estudio determina que esta madera posee una durabilidad de clase 3 (medianamente durable) y 4 (poco durable), dependiendo de la parte del tronco de donde provenga, ya que la albura (porción externa) es más susceptible al ataque que el duramen (parte central). Su conclusión es que al emplear esta madera deberán tomarse medidas de protección ya sea por diseño y/o por tratamiento protector.

En el Proyecto SUME se propone utilizar vinculaciones metálicas entre la madera y las fundaciones con el fin de aportar durabilidad y seguridad estructural en los apoyos. La decisión está basada en el análisis de patologías halladas por los bioconstructores locales y el citado estudio académico.





Vinculaciones metálicas propuestas en el SUME para que los postes de madera no estén en contacto con la humedad del suelo y alargar así su durabilidad.

La **Guía para el proyecto de estructuras de madera con bajo compromiso estructural** según CIRSOC 601 menciona bajo el título **Condición de servicio** que la madera debe colocarse en todos los casos en estado seco, logrado por un proceso de secado técnico o por exposición al aire. A su vez, todos los componentes estructurales deben transcurrir su vida útil en ambientes secos, adecuadamente ventilados y sin establecer contacto con el agua o el suelo. Este estado queda caracterizado por un contenido de humedad menor al 19 % para la madera aserrada y de sección circular, y menor al 16 % para la madera laminada encolada estructural.



ESTUDIO DE SUELO

El estudio de suelo o geotécnico es un conjunto de actividades orientadas a obtener información del terreno sobre el que se desea emplazar una construcción. Consta de trabajos en campo y en laboratorio.

En terreno se toman muestras a partir de diferentes calicatas, excavaciones de poca profundidad en varios puntos del área de estudio. Se realizan ensayos de penetración que permiten conocer la resistencia del suelo a distintas profundidades, y sondeos que permiten determinar los tipos presentes para elaborar un perfil. En laboratorio se realizan análisis químicos y físicos para detectar la presencia de elementos que puedan condicionar el tipo de material que se empleará en los cimientos, mediciones granulométricas (tamaños de partículas), ensayos de plasticidad y densidad, entre otros.

El resultado del estudio es un informe que detalla las características físicas, químicas y mecánicas del suelo, su composición en las distintas profundidades y la existencia y ubicación de cuerpos de agua (napas freáticas). Además, incluye un diagnóstico acerca del comportamiento del terreno y recomendaciones del tipo de cimiento más adecuado.

Para el Proyecto SUME se realizó un estudio geotécnico cuyos resultados se traducen en la propuesta de fundaciones que se detalla en el apartado correspondiente de cada sector.



Ensayo de penetración en el predio de INTI donde se implantará el SUME.



Muestras del terreno.

LA PROPUESTA ESTRUCTURAL DEL PROYECTO SUME

Cumplimiento normativo

El cálculo estructural del Proyecto SUME se realizó a partir de información generada por el INTI y el INPRES sobre la acción del viento, la zonificación sísmica, la acción del hielo y de la nieve.

Cumple con las [siguientes normativas](#):

- CIRSOC 102 Reglamento argentino de acción del viento sobre las construcciones.
- CIRSOC 201 Reglamento argentino de estructuras de hormigón.
- CIRSOC 301 Reglamento argentino de estructuras de acero para edificios.
- CIRSOC 601 Reglamento argentino de estructuras de madera.
- INPRES-CIRSOC 103 - Reglamento argentino para construcciones sismorresistentes, Parte II Construcciones de hormigón armado y Parte IV Construcciones de acero.

SECUENCIA CONSTRUCTIVA



1 Relleno y compactación.
Excavación fundaciones.



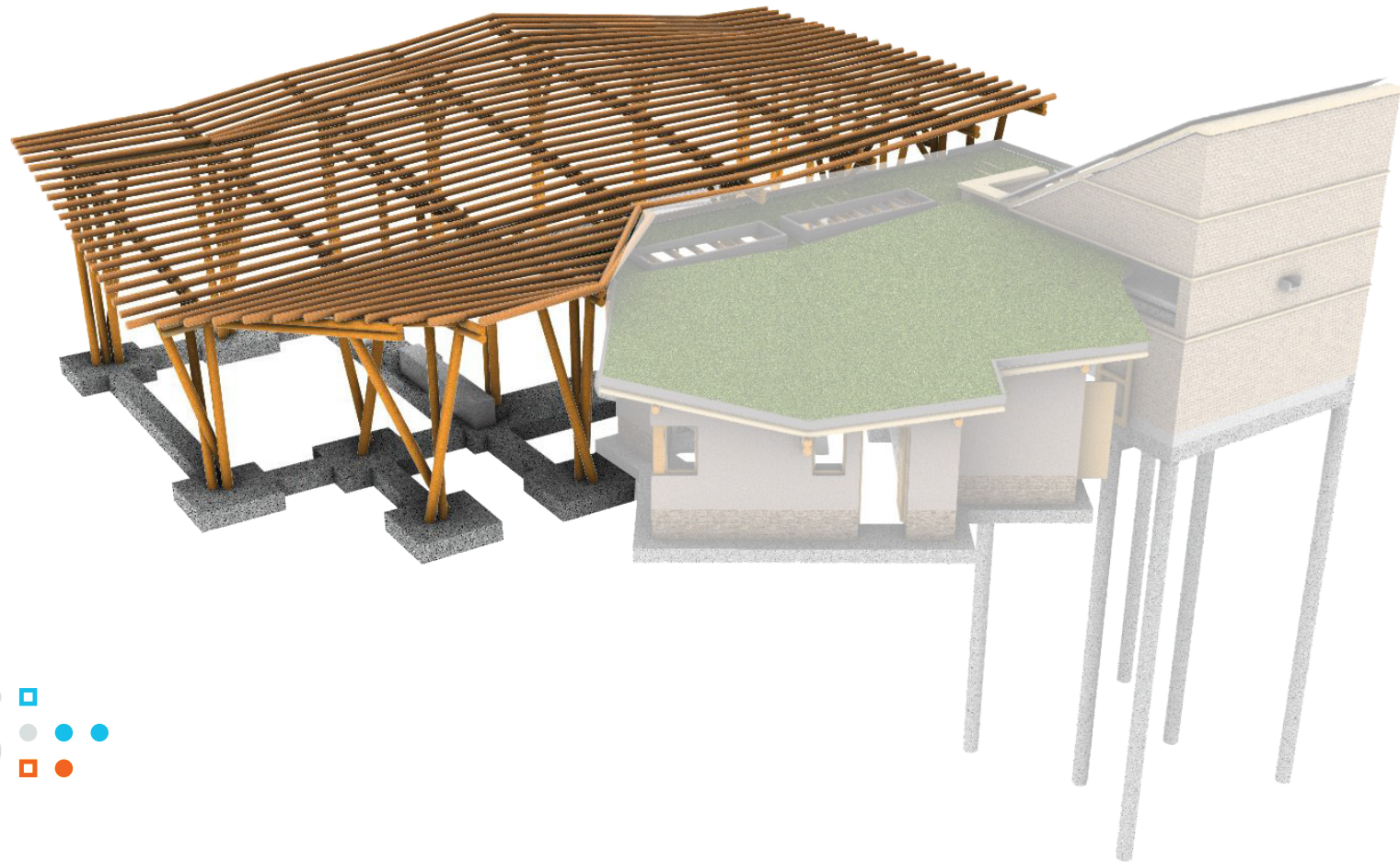
2 Estanque, lechos de piedra, fundaciones y anclajes de columnas.



3 Pórticos de dos sectores, solados interiores y exteriores y rampas.

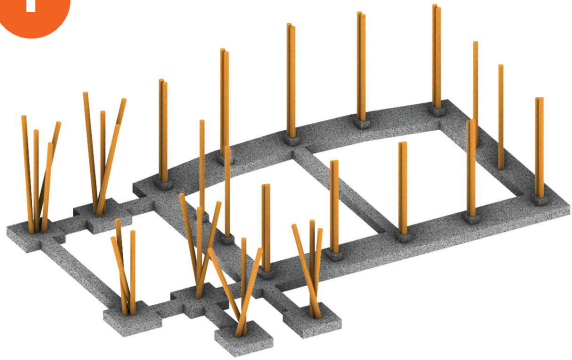
Sector 1: Salón de usos múltiples

La estructura del Sector 1 se plantea como un gran salón con expansión hacia el exterior (galería) realizada con rollizos de madera de *Eucalyptus grandis*.



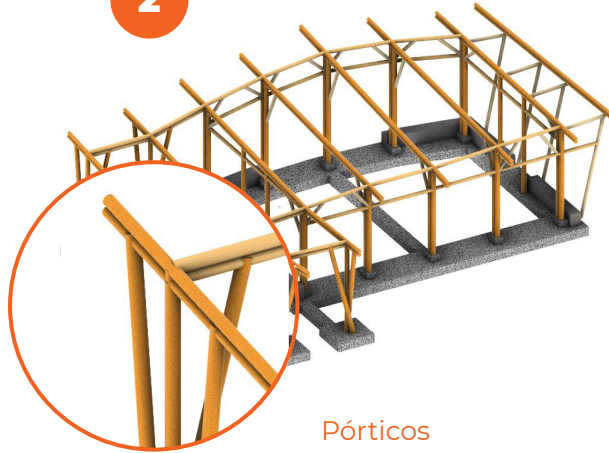
SECUENCIA CONSTRUCTIVA

1



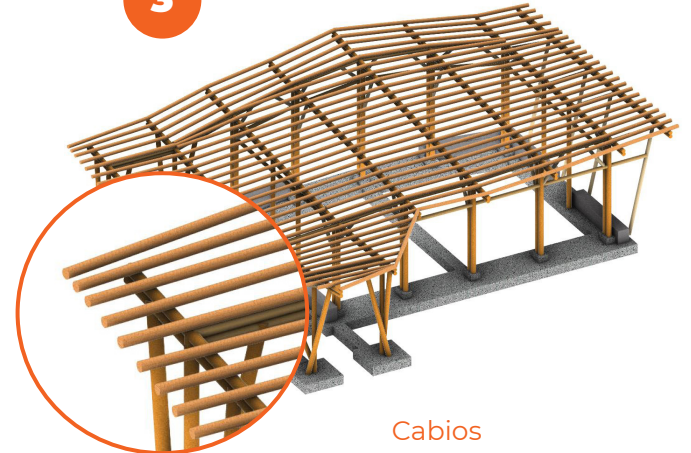
Columnas

2



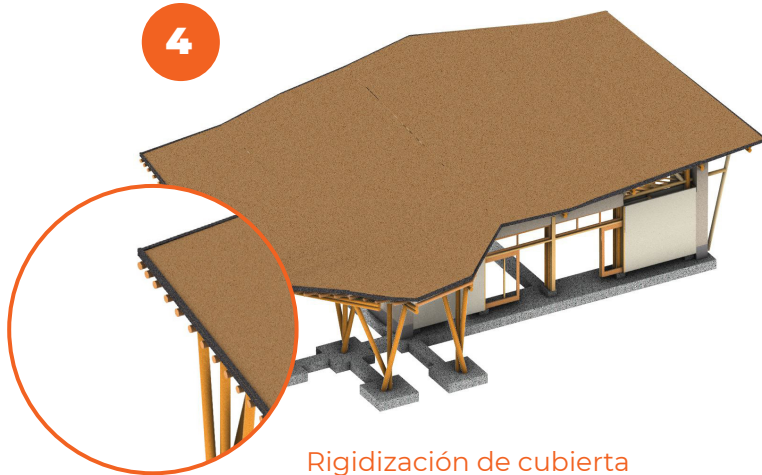
Pórticos

3



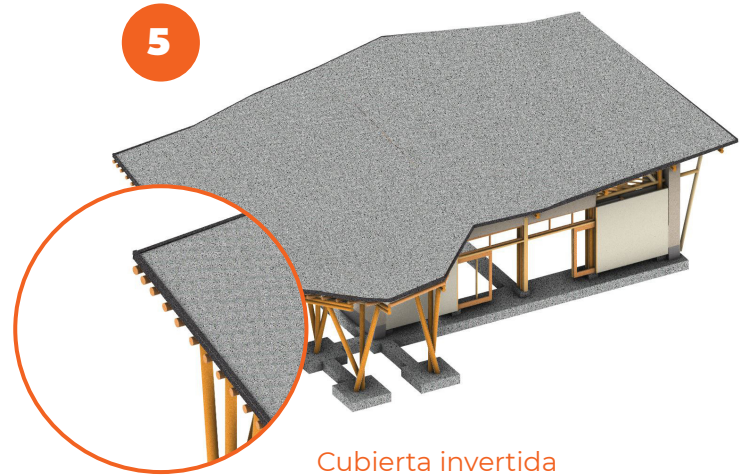
Cabios

4



Rigidización de cubierta

5



Cubierta invertida

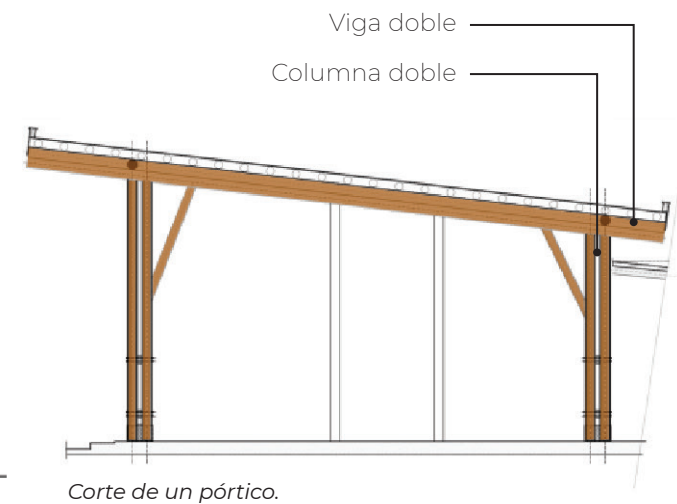
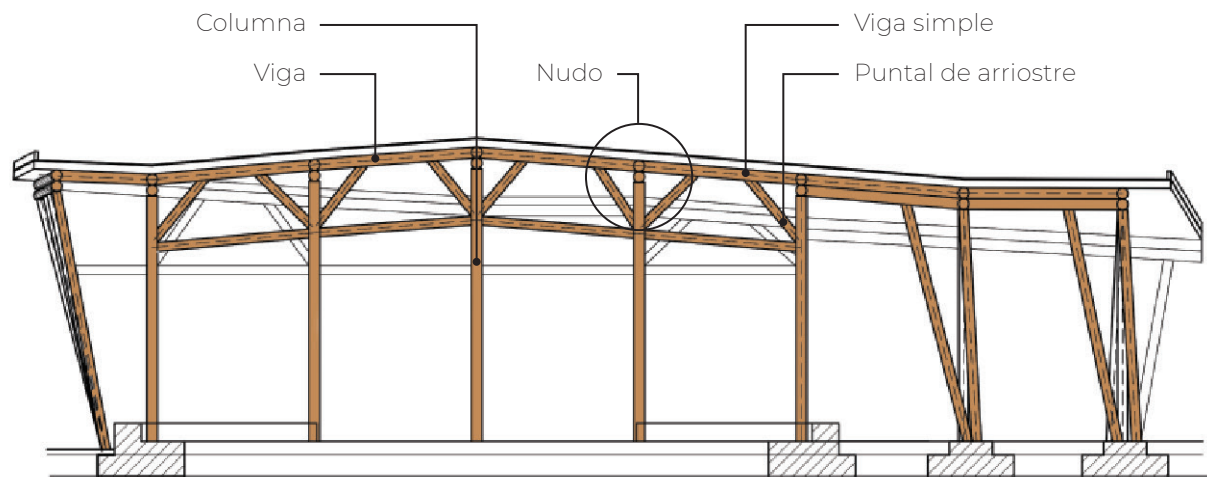
PÓRTICOS

Uno de los desafíos del diseño estuvo vinculado a plantear un espacio amplio sin columnas intermedias. La estructura se plantea como un sistema de pórticos consistente en un entramado de columnas (elementos verticales) y vigas (horizontales) conectados por nudos que le otorgan resistencia. Dichos nudos están conformados por elementos vinculantes (varillas, clavos, planchuelas, entre otros) y de arriostre (puntales).

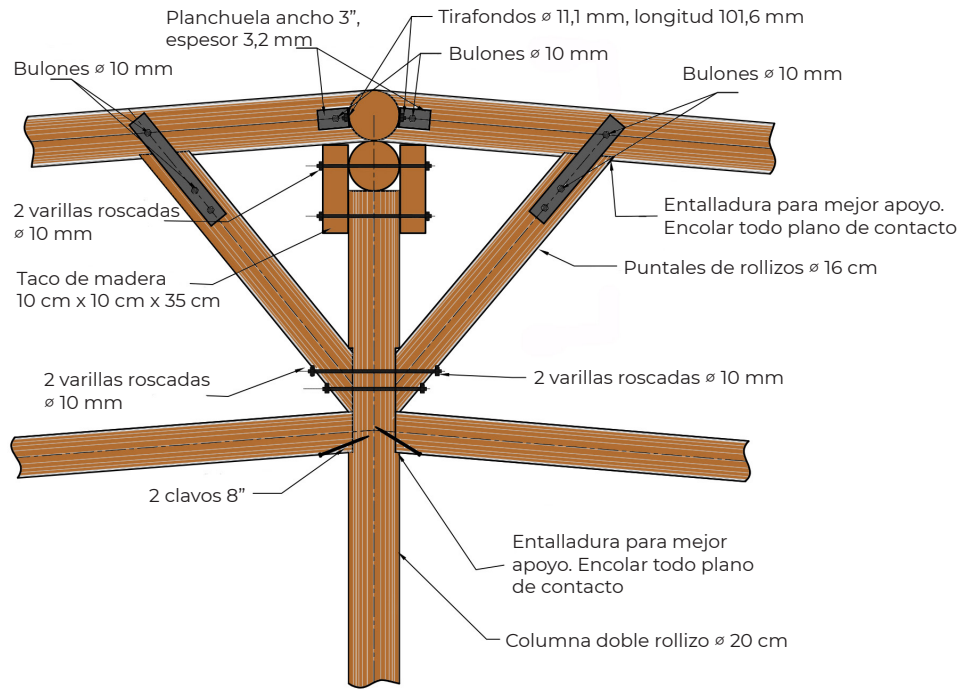
Las columnas se diferencian, por sus secciones y configuraciones, entre principales y secundarias. Las principales son dobles, con sección de 20 cm de diámetro y las secundarias, simples, con secciones de 18 cm de diámetro. En las vigas se propone una sección doble, colocando dos rollizos unidos por varillas roscadas, uno sobre otro, mejorando así el trabajo a la flexión.

En el salón los pórticos se modulan a 3 m de eje a eje y quedan conformados por columnas principales con una luz (separación) de 8 m, vigas dobles y puntales diagonales en dos direcciones. Así se conforman nudos rígidos que garantizan la estabilidad a fuerzas laterales y gravitatorias. Los puntales también permiten acortar las luces de las vigas en el tramo y la existencia de aleros mejora el funcionamiento estructural de los pórticos, aliviando la deformación al centro del tramo.

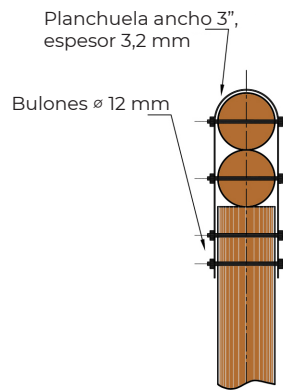
En la galería cada apoyo es un sistema de columnas en forma de árbol, conformado por una columna principal y 2 o 3 columnas secundarias. Esto mejora el apoyo y la estabilidad lateral de este sector, definiendo una imagen alegórica que funciona a nivel estético y brinda resistencia.



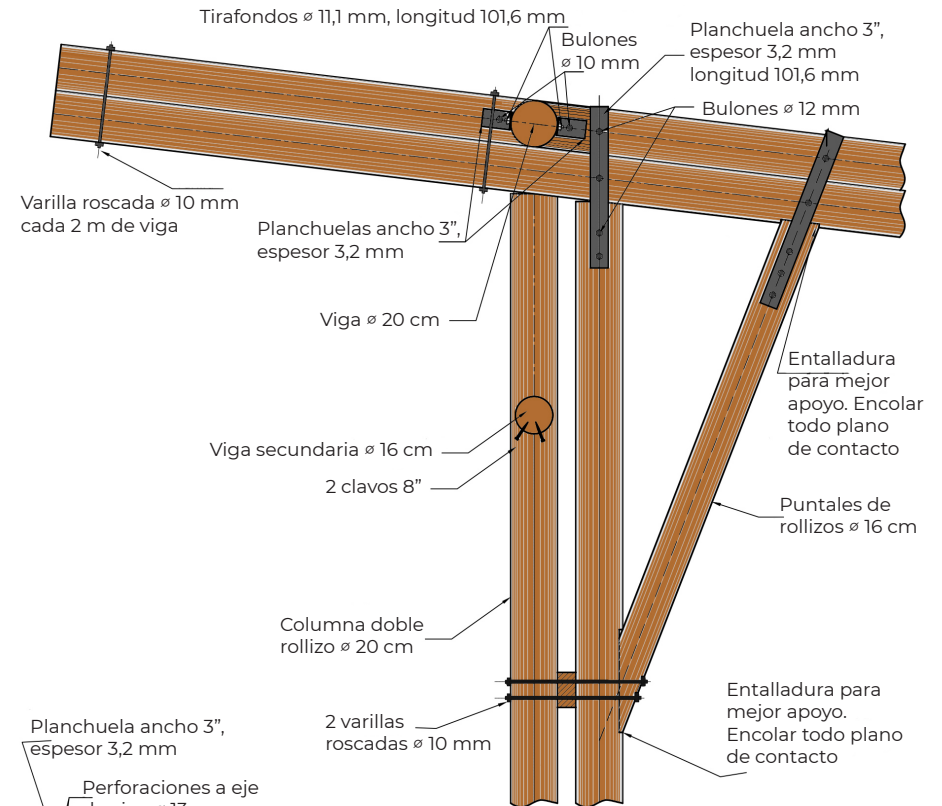
DETALLES DE NUDOS DE PÓRTICOS



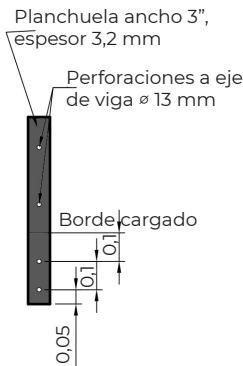
Unión de pórtico longitudinal con sus medios de unión reforzados con la utilización de cola adhesiva en los planos de contacto.



Unión de vigas y columnas dobles. Se utilizan bulones y planchuelas metálicas para garantizar la transferencia de esfuerzos.



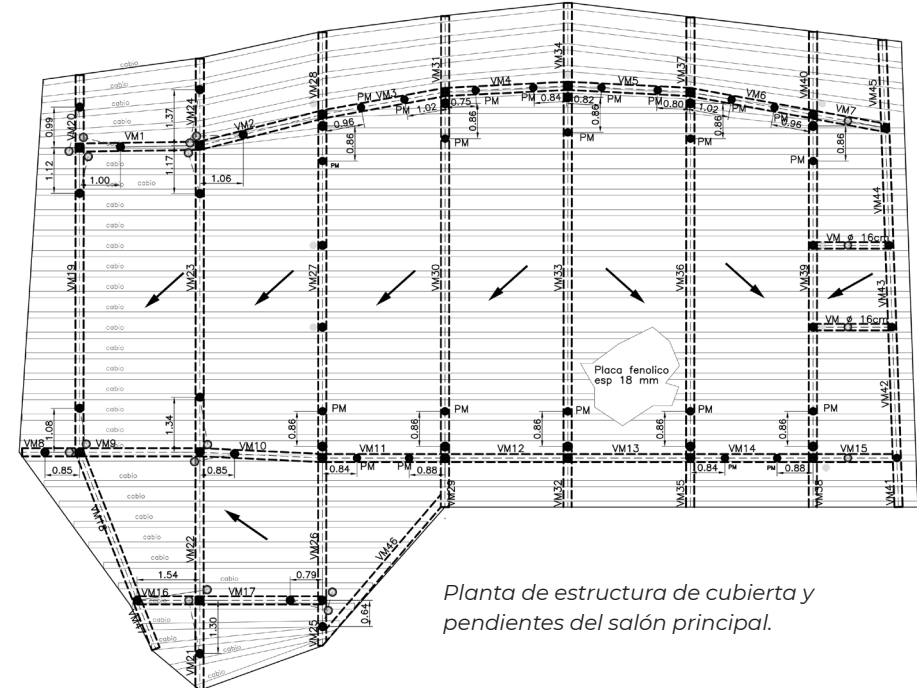
Unión de vigas dobles y columnas dobles con puntales de los pórticos transversales. Se utilizan planchuelas, bulones, varillas roscadas y clavos espiralados.



El techo es soportado por un conjunto de cables de 16 cm de diámetro y placas de fenólico de 18 mm de espesor que funcionan simultáneamente como cielorraso y elementos de rigidización. Debido al peso de la cubierta, se evaluó que la fuerza sísmica es la acción lateral predominante frente a la del viento. Sus planos resistentes son los encargados de soportar esta acción, además de las cargas gravitatorias.



Render del corte de la estructura de la cubierta del salón principal.



Planta de estructura de cubierta y pendientes del salón principal.

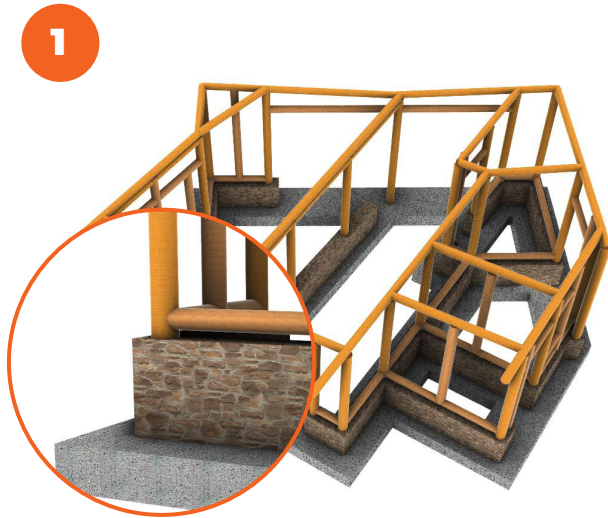


Sector 2: Cocina y dependencias

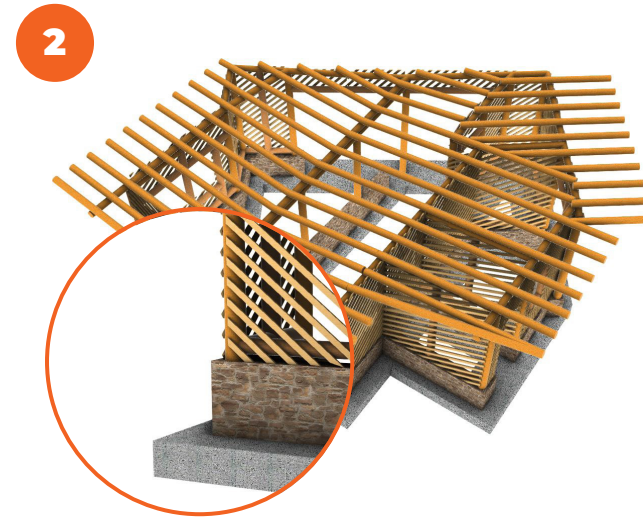
La propuesta del sector 2 consiste en un sistema aporricado de vigas y columnas de rollizos. Los muros son parte de la estructura y, al no requerir aberturas importantes, se conforman con entramados de madera. Los marcos de rollizos y fajas, clavadas a 45° en cada cara en forma perpendicular, se utilizan luego para colocar la paja con tierra que da sustento a la quincha húmeda.



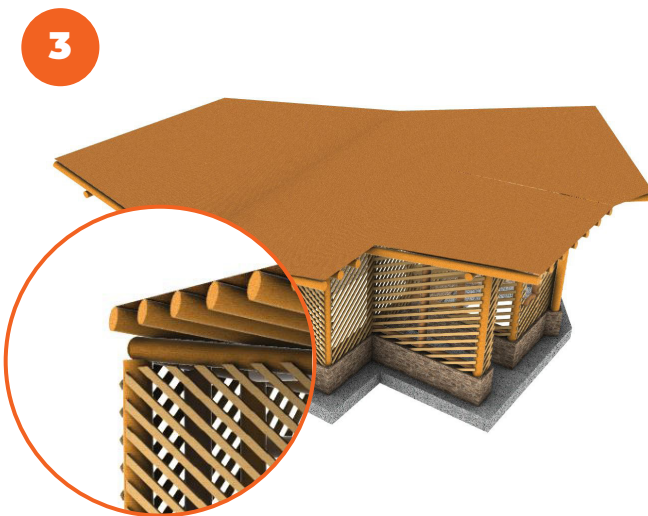
SECUENCIA CONSTRUCTIVA



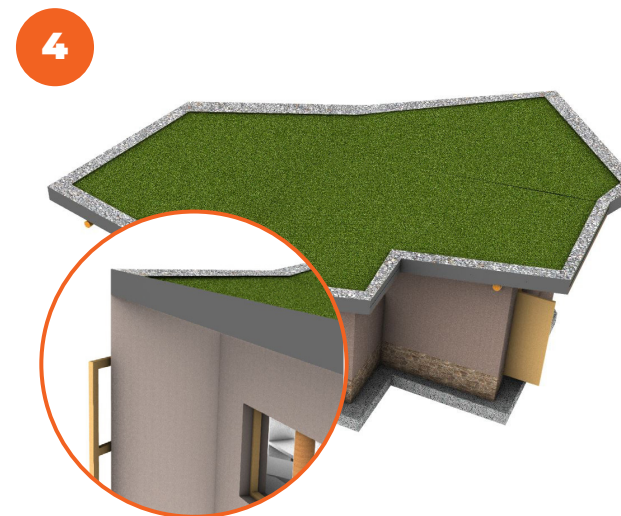
Sobrecimientos y pórticos.



Entramado de madera en muros y estructura de cubierta.



Rigidización de cubierta.

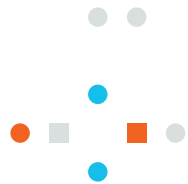
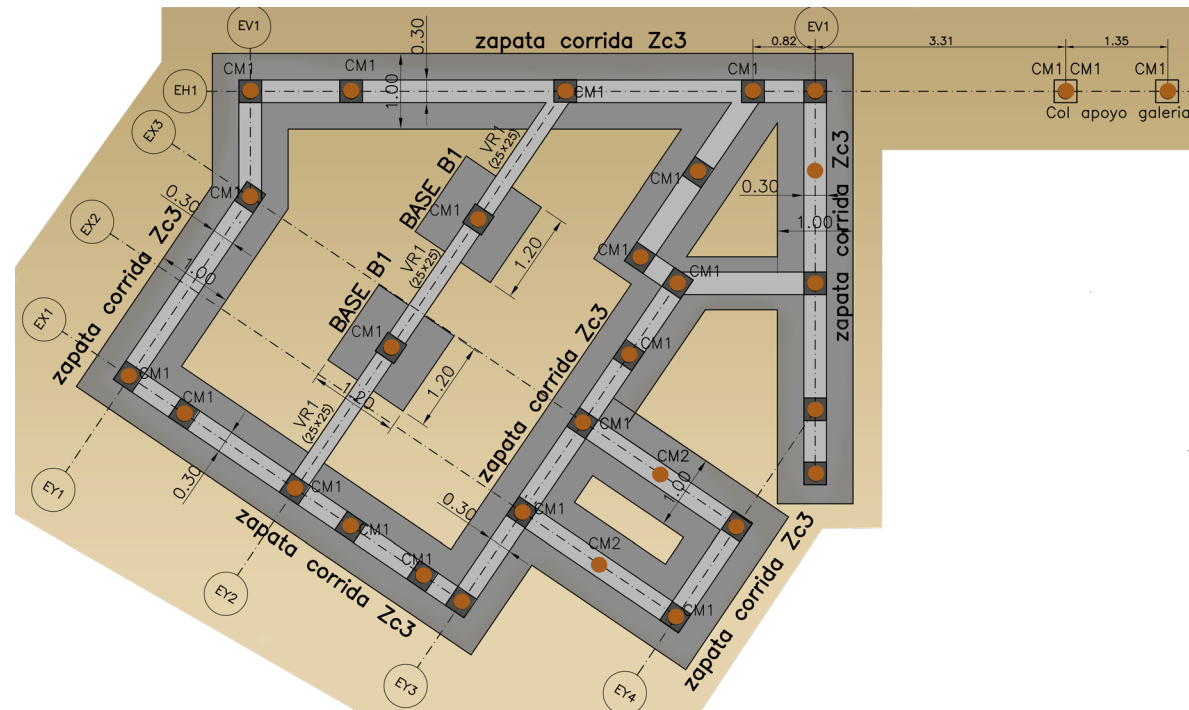


Revestimiento de tierra y techo vivo.

FUNDACIONES

Al igual que en el sector 1, las fundaciones del área de cocina y dependencias adoptan una zapata corrida en la cual se apoyan los muros de quincha y algunas columnas aisladas. Por la proximidad de elementos verticales no es conveniente utilizar bases aisladas. En su lugar se desarrolla una zapata por debajo de toda la construcción del sector y solo dos bases aisladas en las columnas centrales.

La particularidad de este sistema constructivo es la necesidad de aislar la madera del suelo para evitar las zonas de cambios de humedad que perjudican su durabilidad. Para lograrlo se hace un sobrecimiento de mampostería y se vinculan las columnas o marcos mediante una planchuela metálica anclada a la base con barras de anclaje y a los rollizos con bulones de acero. No se considera ningún tipo de empotramiento entre columna y apoyo.



Fundaciones consistentes en una zapata corrida en la cual se apoyan los muros de quincha y algunas columnas aisladas.



COLUMNAS Y VIGAS

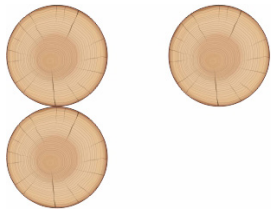
Los detalles constructivos son similares a los descritos para el sector de salón de usos múltiples. El “esqueleto” está conformado por rollizos de madera de diferentes diámetros, donde las columnas están protegidas en sus primeros centímetros por un sobrecimiento de ladrillos revestidos de piedra. Las vigas principales son dobles para mejorar el comportamiento frente a las deformaciones.

La estructura de los muros de quincha se divide en columnas, vigas y elementos secundarios que dividen a las envolventes de manera modular y enmarcan los vanos (espacios entre columnas).

En el esquema de planta se detalla la distribución de vigas principales que reciben la carga de la cubierta a través de los cabios, vigas secundarias y columnas.

COLUMNAS PRINCIPALES

Diámetro: 18 cm



COLUMNAS SECUNDARIAS

Diámetro: 16 cm



PUNTALES

Diámetro: 12 cm



VIGAS PRINCIPALES

Diámetro: 18 cm
dobles y simples



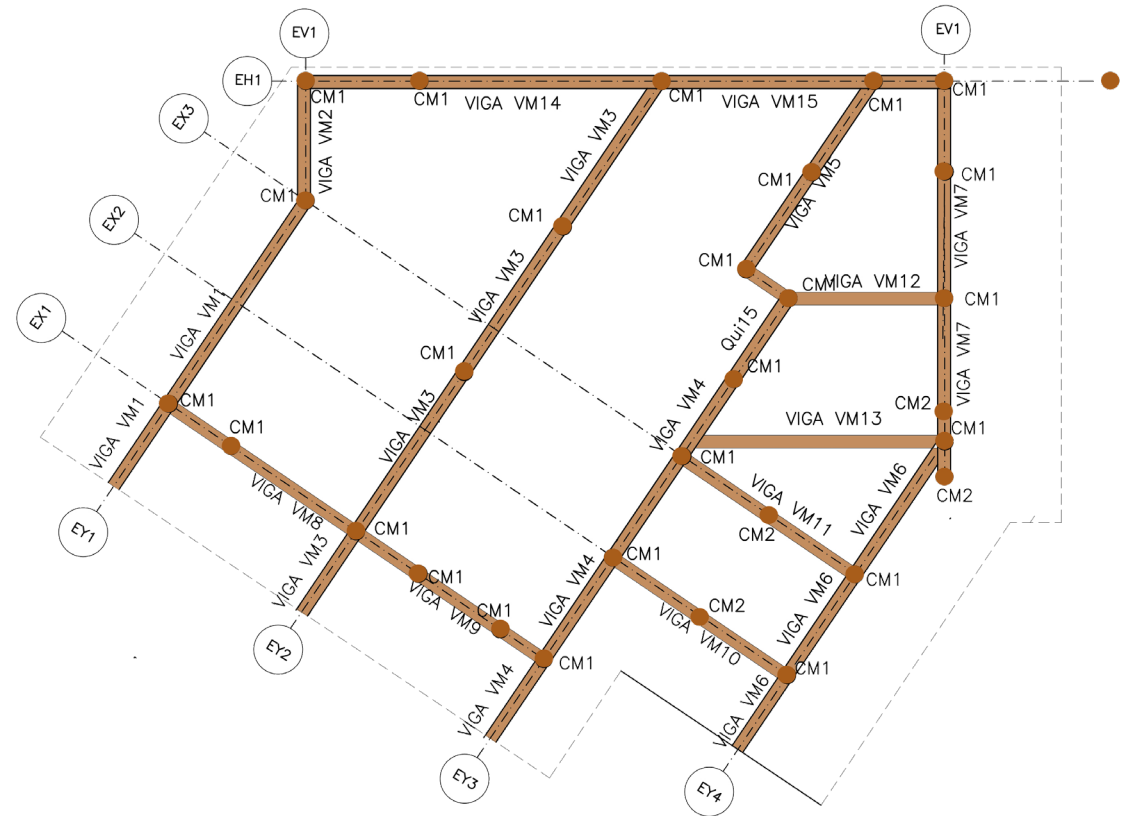
VIGAS SECUNDARIAS

Diámetro: 18 cm



CABIOS

Diámetro: 16 cm



Esquema de planta con columnas y vigas.

CABIOS Y ENTRAMADO DE MADERA (QUINCHA)

Para la conformación de las envolventes verticales se utiliza una estructura conformada por un marco de rollizos que se vinculan con un entramado de tablas de 1" x 2" en diagonal a 45° en cada cara. La colaboración como plano rigidizador se estudió y modeló para aportar resistencia a fuerzas horizontales, para lo cual se verificaron los elementos componentes (tanto el marco como las fajas inclinadas) a esfuerzos de tracción y compresión.

El requisito ineludible es la adopción de fajas, de 1" x 2" como mínimo, las cuales fueron verificadas a compresión ya que si fallan por pandeo no podrán trabajar cuando se invierta el esfuerzo a tracción. Con este esfuerzo se verifica la unión para garantizar que no sea allí la falla y se indica colocar un mínimo de 2 clavos espiralados de 3" de longitud preagujereando las fajas con taladro.



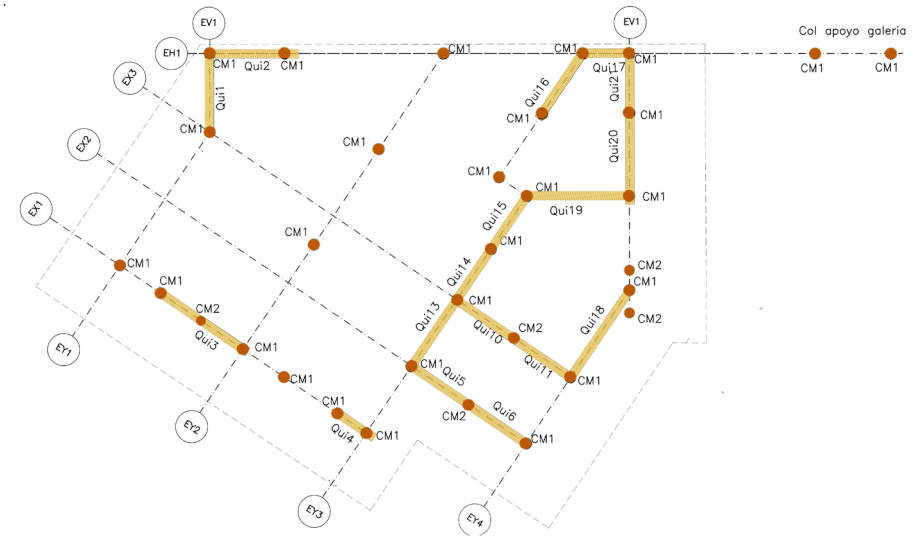
Estructura principal de madera y estructura secundaria.

Los planos se vinculan mediante la cubierta rigidizada por un cielorraso de placa fenólica de 18 mm de espesor. Se suman otros planos interiores que tienen aberturas aporticadas, mediante diagonales a 45° en esquina de planos y constituyen un sistema de planos resistentes a fuerzas laterales y portante a fuerzas verticales, suficientes para la zona sísmica 1 que corresponde a la obra.

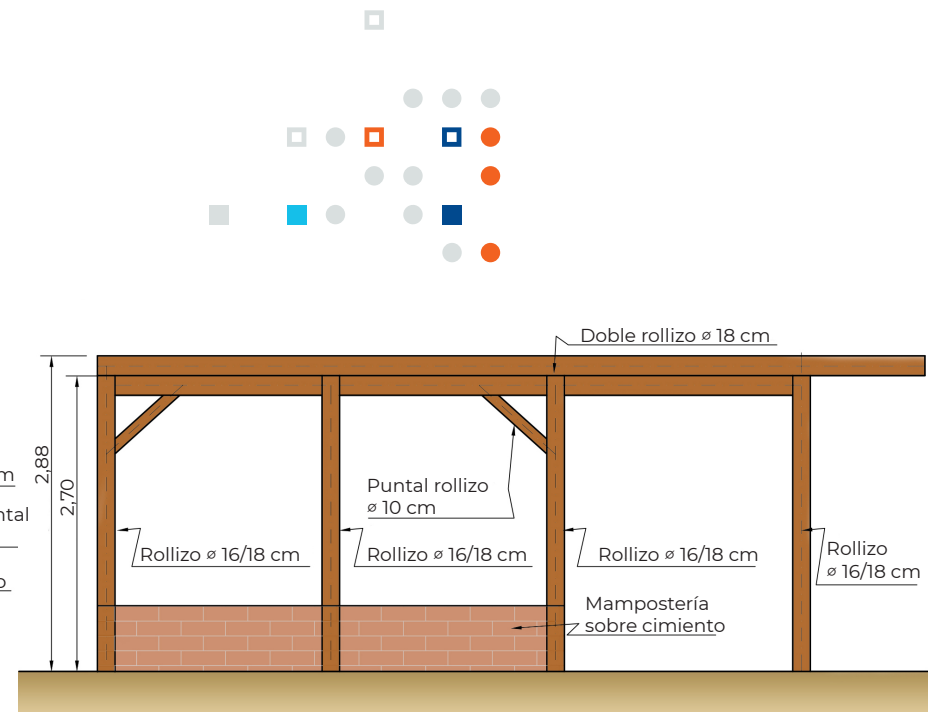
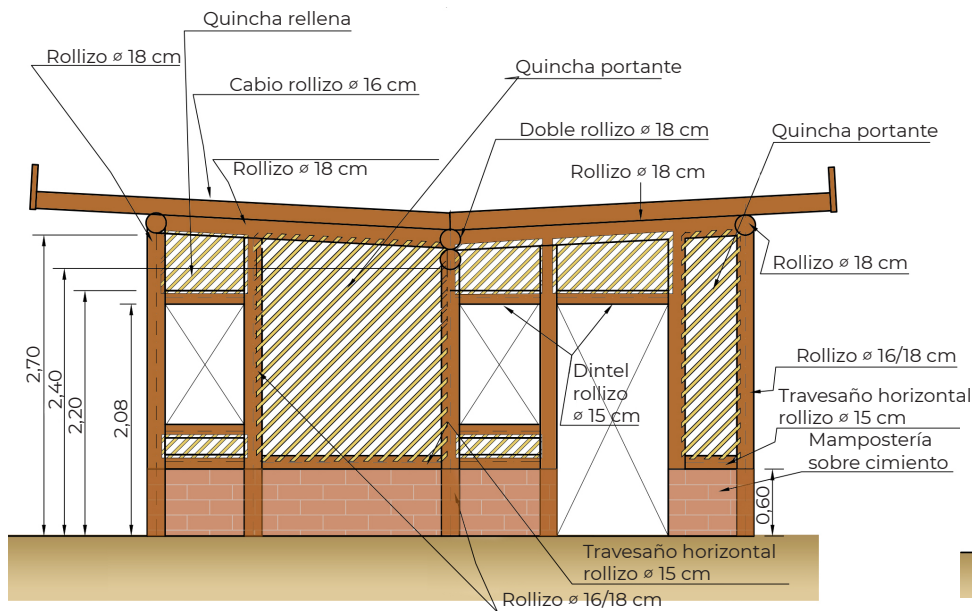
ESTRUCTURA DE PLANOS RESISTENTES

Los dos tipos de planos resistentes utilizados en este sector son pórticos con diagonales en paños con aberturas y marcos de quincha cruzada en paños ciegos.

En los planos aporticados las diagonales funcionan a compresión y tracción rigidizando el nudo y están constituidas por rollizos de menor diámetro clavados a la viga y la columna generando un triángulo.



Distribución de planos de quincha cruzada que se consideran estructurales.

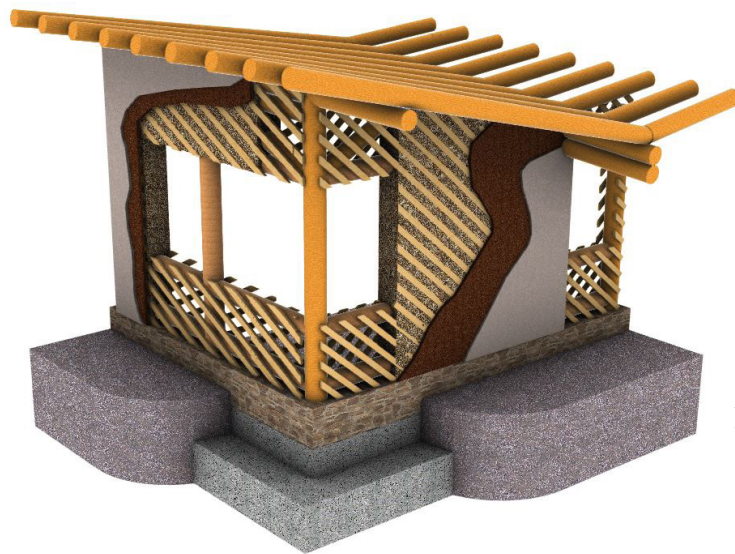


SISTEMA DE QUINCHA

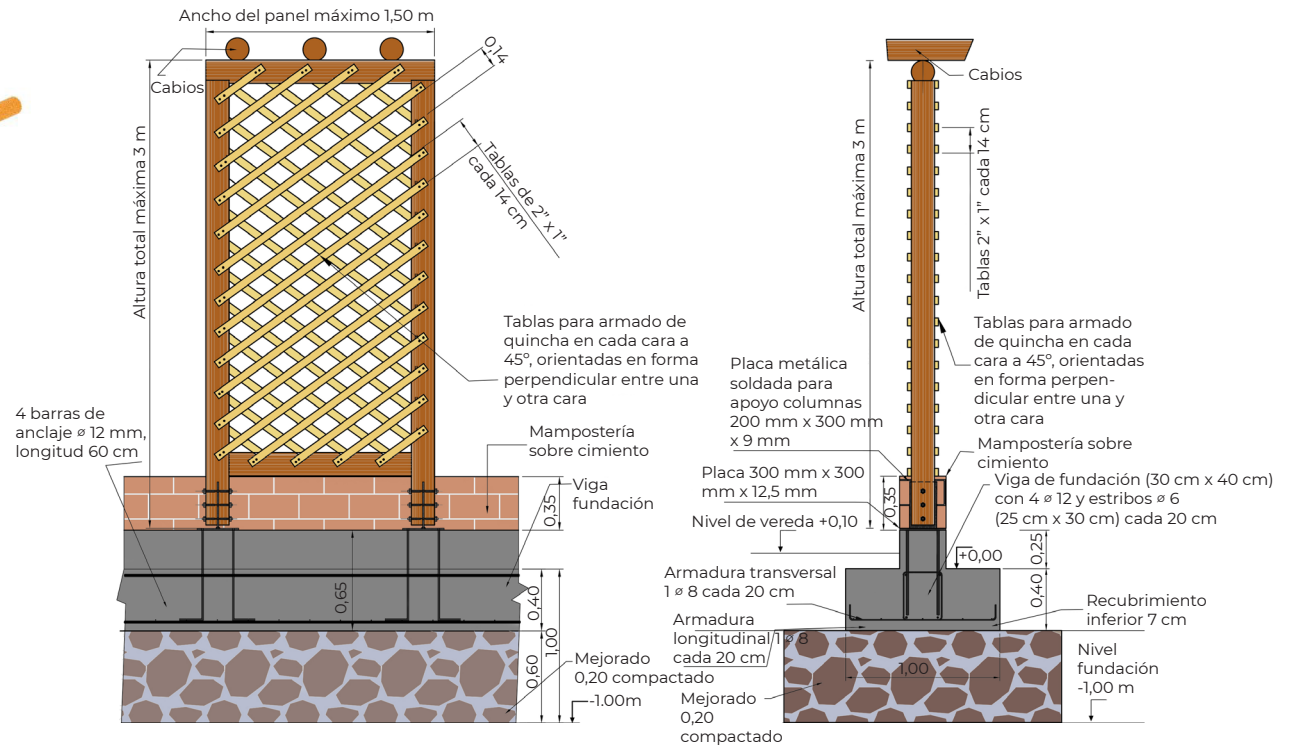
Para analizar los planos de quincha se hicieron modelos de funcionamiento a fuerzas horizontales y verticales donde se observó que los esfuerzos más importantes se encontraban en las esquinas, ya que allí las tablas trabajan manteniendo el nudo del marco a 90°. Se adoptó como criterio que las fajas inclinadas se debían colocar en las dos caras, en dirección perpendicular una respecto de la otra, lo cual permite asemejar al funcionamiento de Cruz de San Andrés (par de riostras cruzadas). En este caso se verificaron a compresión

para que no fallen por pandeo, ya que la madera no cumple su función al invertirse el esfuerzo y trabajar a tracción. Las máximas solicitaciones se registran en las esquinas, donde las fajas son más cortas y no se presenta el efecto de pandeo.

Los esfuerzos de tracción se utilizaron para diseñar la unión clavada de las fajas con el marco. Si bien los cálculos verifican correctamente con un solo clavo espiralado, se utilizan dos para mayor seguridad.



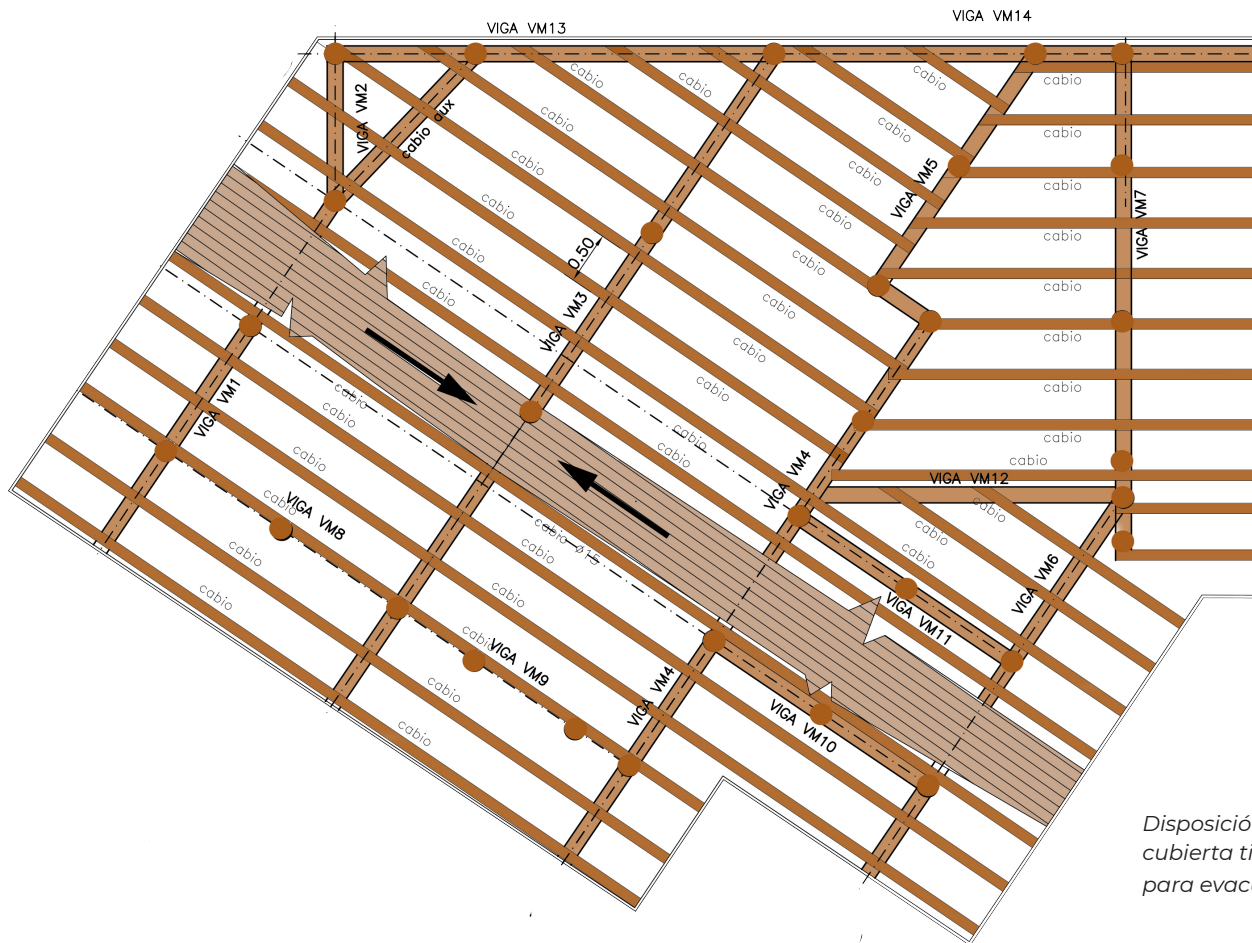
Estructura principal y secundaria de madera y detalles de cimientos, sobrecimientos, aislación térmica de la quincha y revoques.



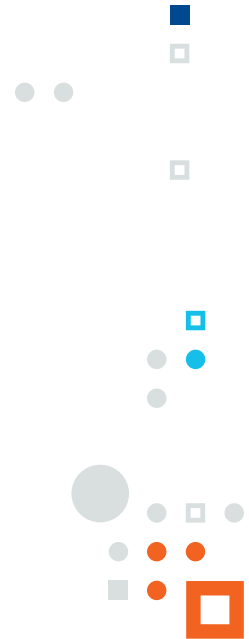
CIELORRASO DE ENTABLONADO PARA RIGIDIZACIÓN

Los cabios apoyados sobre las vigas conforman la estructura soporte de la cubierta viva, rigidizada por un cielorraso de placa fenólica. Al plantear una cubierta viva se introduce un peso importante, con lo cual la acción sísmica resulta predominante como fuerza lateral frente a la acción del viento.

La disposición de los cabios de cubierta y la forma en que se apoyan en los planos verticales. También la pendiente suave que debe tener para que el agua excesiva pueda ser evacuada por una canaleta central.



Disposición de los cabios y apoyo en los planos verticales. La cubierta tiene una pendiente suave hacia una canaleta central para evacuar el agua excesiva.



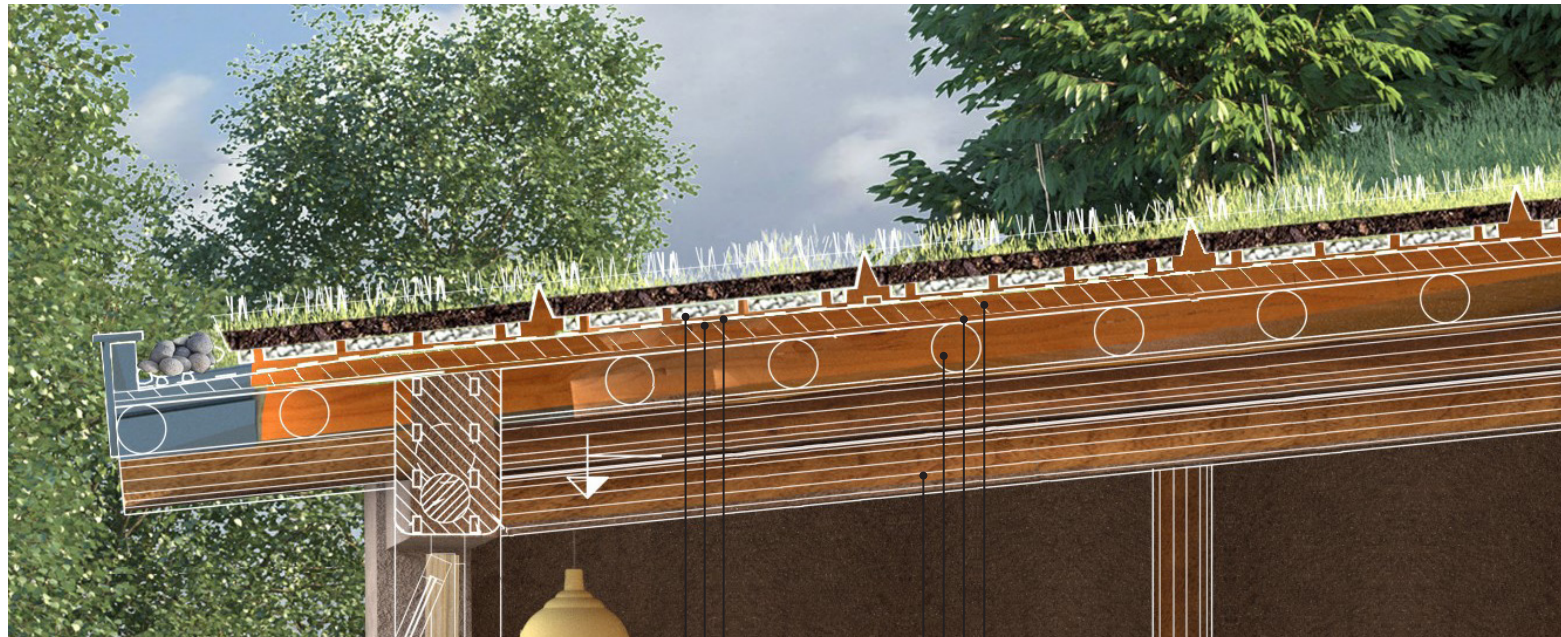
CUBIERTA VEGETAL

El esquema de funcionamiento espacial se completa con la cubierta que conforma un plano rígido superior vinculado a los planos verticales.

En el render de corte de la estructura del techo se detallan las capas que lo componen. El sustrato y la vegetación le otorgan un peso importante que obliga a colocar los cabios lo suficientemente

cerca unos de otros para permitir que las placas fenólicas de 18 mm no se deformen excesivamente. En este caso se utilizan bandejas prearmadas con sustrato y vegetación colocadas sobre la cubierta impermeabilizada.

Los detalles de las distintas cubiertas del SUME se desarrollan en el capítulo Cubiertas de esta publicación.



Bandejas plásticas con sustrato y vegetación

Geomembrana de polietileno de alta densidad 600 μ m

Protección mecánica de 5 mm

Mezcla aislante de 7 cm de espesor de viruta de madera y arcilla

Placa de fenólico de 18 mm

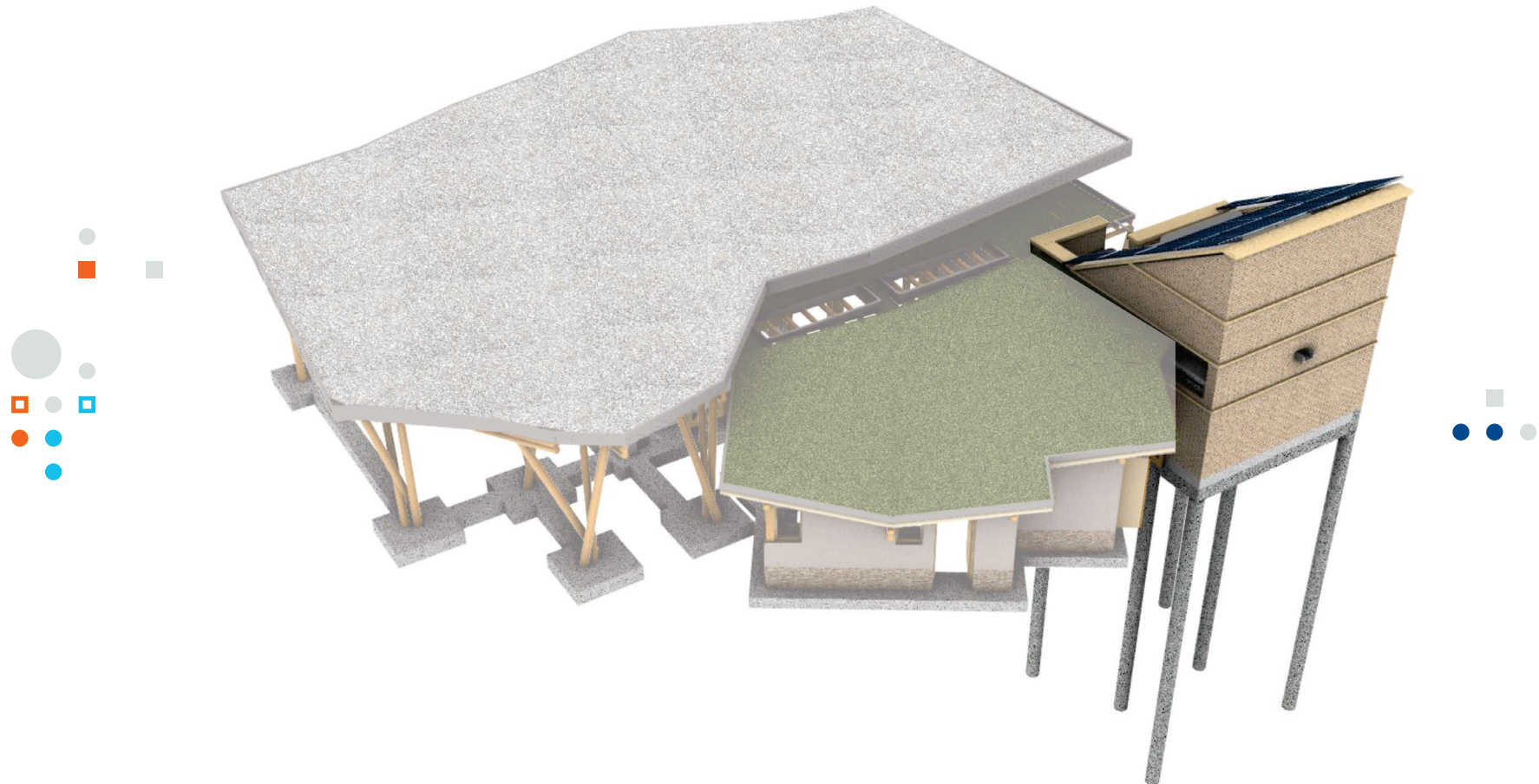
Cabios de rollizos de 15 cm de diámetro

Viga doble de rollizos de 18 cm de diámetro

Sector 3: Baños y sistemas de captación de energía solar

En este sector del SUME se tienen condicionantes especiales de diseño: la necesidad de generar espacios técnicos para los tanques de agua, termotanques solares y paneles fotovoltaicos. Por su parte los baños requieren espacios cerrados e instalaciones sanitarias comunes para la manipulación de los desechos de los baños secos.

Los criterios de diseño y la materialidad de este sector son muy diferentes al resto. El sector constará de una estructura independiente de hormigón armado con fundaciones a 11 m y cerramientos de BTC.

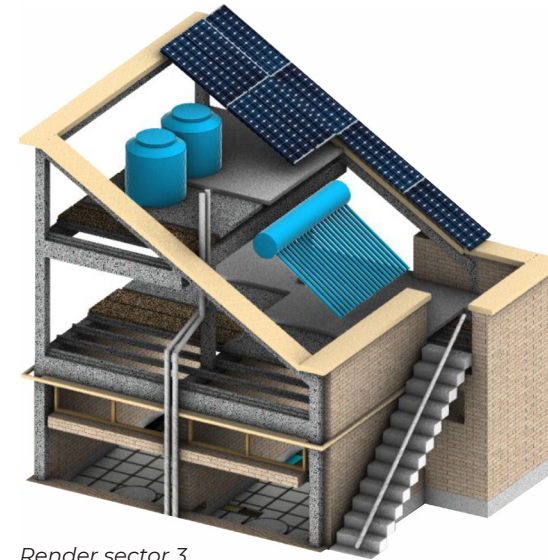


BAÑOS

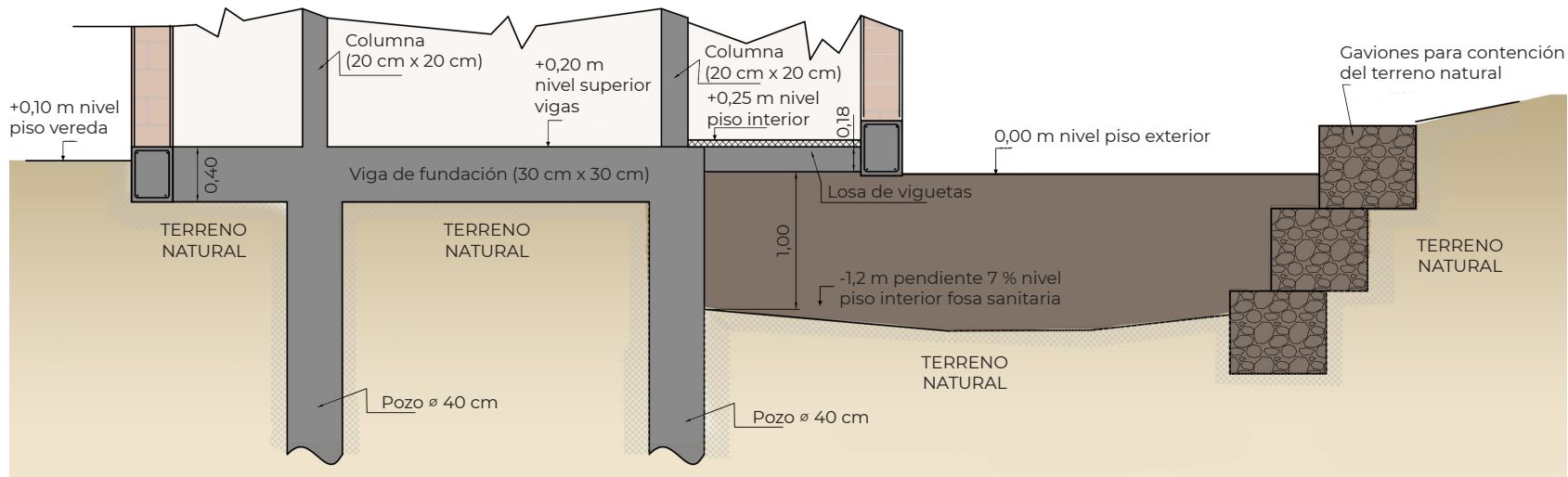
La instalación de inodoros secos requiere de un espacio técnico, por debajo del nivel de piso, con acceso desde el exterior que permita extraer el material que se deposita. Se procura en el diseño que el uso de estos espacios sea similar al de los baños húmedos y por ello los inodoros secos se colocan al mismo nivel. Se aprovechó el desnivel exterior del terreno y con un muro de sostenimiento se diseñó una rampa de salida, otros dos muros de sostenimiento y una losa que cierran el espacio. La salida se establece a través de un sistema de puertas de escape que abren desde afuera.

CUBIERTA

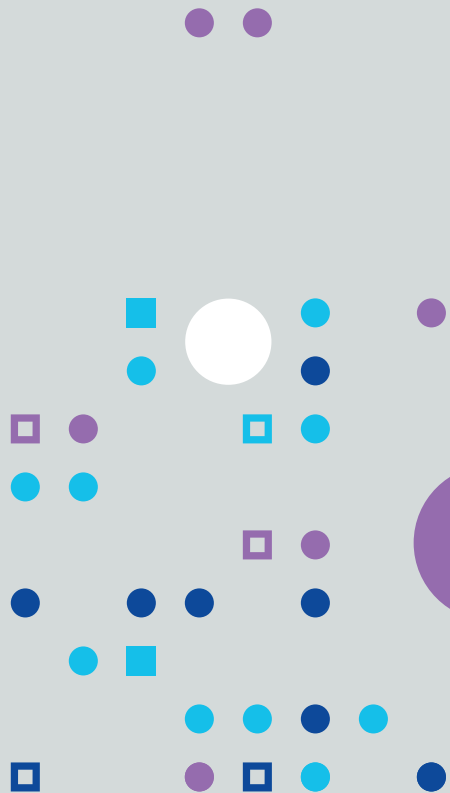
En este sector se utiliza losa alivianada de hormigón, su implementación está detallada en el capítulo Cubiertas.



Render sector 3.



Corte fundación baño.



7

AGUA, SANEAMIENTO Y RESIDUOS SÓLIDOS

MENÚ DE NAVEGACIÓN

ÍNDICE ■ MARCO LEGAL Y REGLAMENTARIO ■ ARQUITECTURA ■ MATERIALIDAD ■ CUBIERTAS ■ ESTRATEGIAS BIOCLIMÁTICAS
ESTRUCTURAS ■ **AGUA, SANEAMIENTO Y RESIDUOS SÓLIDOS** ■ ENERGÍAS RENOVABLES ■ REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS



La Asamblea General de las Naciones Unidas, a través de su Resolución N° 64/292 del año 2010, reconoce que disponer de agua potable y saneamiento es un derecho humano esencial para el pleno disfrute de la vida y de todos los derechos humanos.

Asegurar agua potable, segura y asequible, y una gestión adecuada del recurso para garantizar su disponibilidad son metas expresadas en el Objetivo de Desarrollo Sostenible N° 6 del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo.

En Argentina se estima que, de las 39,8 millones de personas que residen en áreas urbanas, el 87 % tienen acceso a agua de red pública y solo el 58 % a cloacas. No hay estadísticas confiables respecto del nivel de tratamiento de aguas residuales, sin embargo, el Plan Nacional de Agua Potable y Saneamiento calcula que se trata entre el 15 y el 20 % de las aguas recolectadas.

El abordaje de la problemática del saneamiento es complejo y de múltiples aristas, entre las que se destacan el acceso al agua segura, la gestión integral de residuos, la higiene y la gestión de líquidos residuales o efluentes. En un planeta con una población humana en aumento y recursos escasos es menester elaborar alternativas integrales con enfoque sistémico. El Proyecto SUME se concibe como un laboratorio viviente que permita la experimentación y convivencia de distintas tecnologías.



AGUA SANITARIA

El diseño de las instalaciones se inspiró en el concepto de “crianza del agua” que considera la masa acuífera planetaria como un organismo vivo y al ciclo hidrológico como su metabolismo.

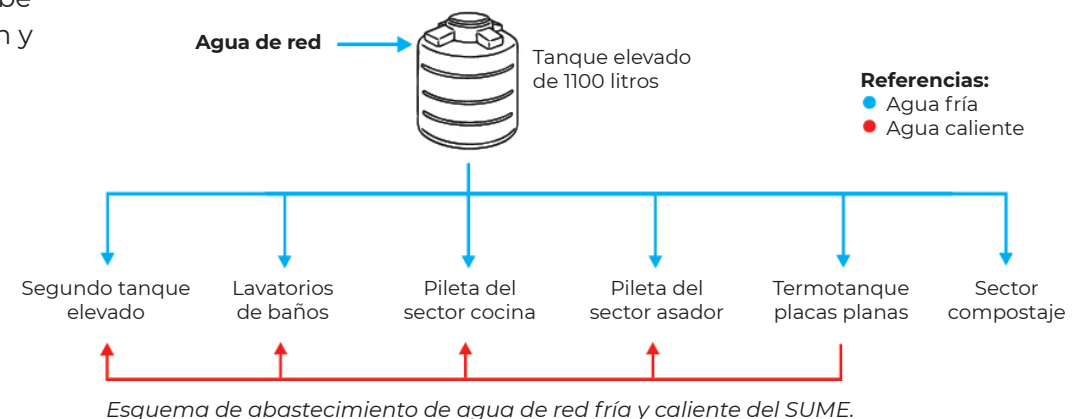
Abastecimiento de agua

El edificio será alimentado por dos fuentes de agua: agua de red y agua de lluvia.

AGUA DE RED

Se almacenará en uno de los tanques elevados de 1100 litros, el cual poseerá cinco bajadas:

- Segundo tanque elevado.
- Lavatorios de los baños.
- Piletas de cocina, baño accesible y pileta del asador.
- Alimentación de termotanques solares.
- Grifo exterior en el sector de compostaje.

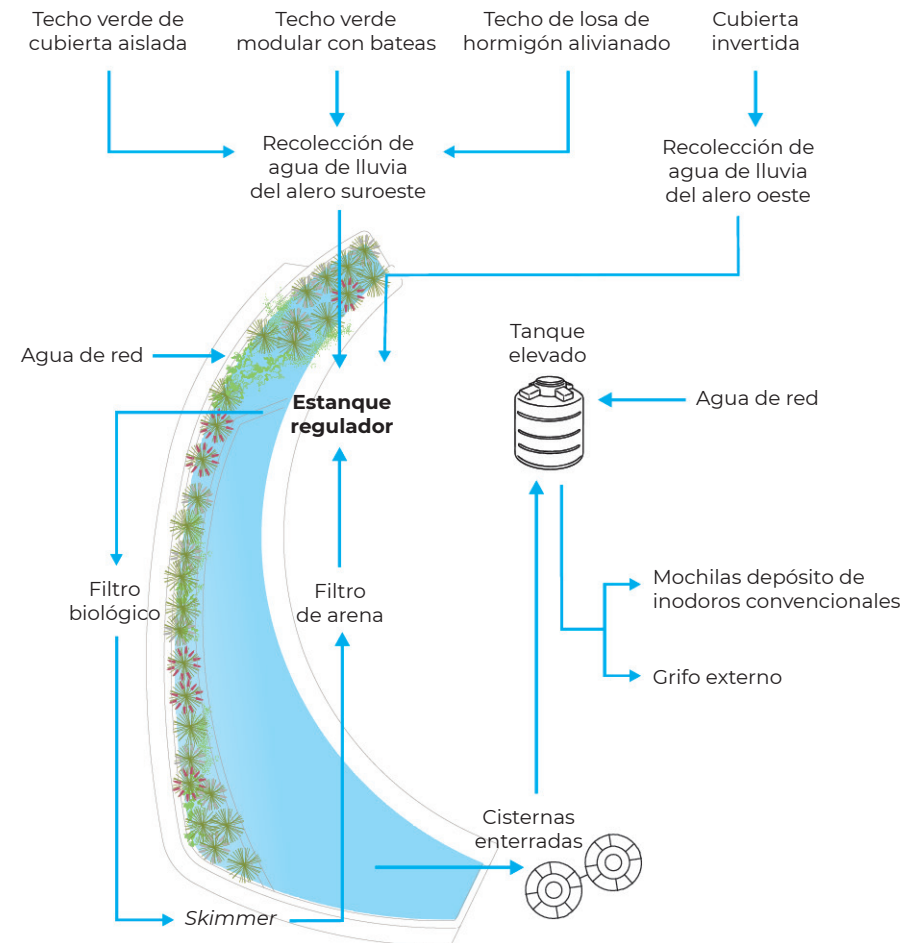


AGUA DE LLUVIA

Será captada por cuatro tipos de cubiertas y conducida a una biopiscina que, por rebalse, alimentará dos cisternas enterradas de 2800 litros. De allí se bombeará a uno de los tanques elevados de 1100 litros que aprovisiona:

- Las mochilas de depósito de los inodoros convencionales.
- El grifo externo para riego y limpieza del área de las cámaras colectoras de los inodoros secos.

En caso de que se acabara la reserva, será alimentado por el otro tanque con agua de red. Ambos se instalarán sobre una estructura de hormigón armado, al este del edificio, con un cerramiento de bloques de tierra comprimida.



Esquema del circuito del sistema de recolección de agua de lluvia y biopiscina.

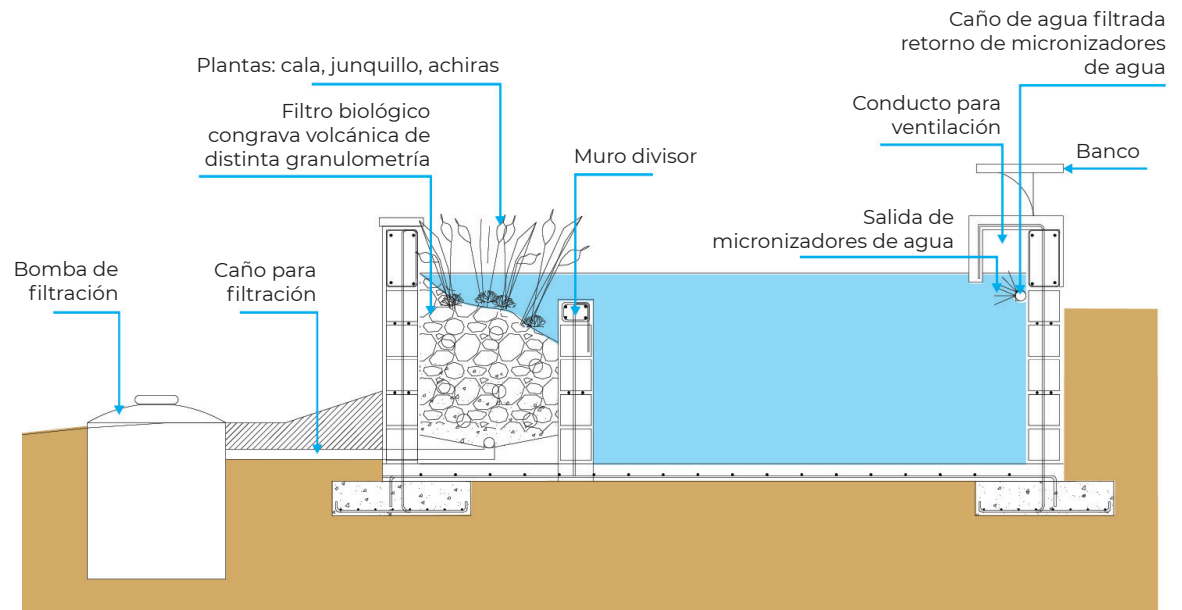
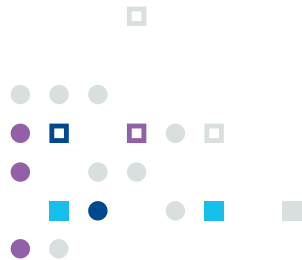
Biopiscina

La biopiscina servirá para almacenar las aguas recolectadas por los techos que suelen arrastrar sedimentos minerales como polvillo, y orgánicos como hojarasca, además de material particulado contaminante de fuentes urbanas. Estas sustancias deben ser removidas antes de ingresar al circuito de abastecimiento del edificio. Para ello, contará con un sistema de filtro físico de rejillas en los desagües y un posterior biofiltro basado en la presencia de plantas hidrófitas (adaptadas al medio acuático) que oxigenan el agua, evitando así problemas asociados a la descomposición de la materia orgánica presente y la consecuente generación de malos olores (agua estancada). En la biopiscina se diferencian tres sectores: estanque regulador, biofiltro y espacio técnico.

ESTANQUE REGULADOR

Tiene una superficie de 67,4 m² que junto al biofiltro permitirán una acumulación de 43 m³ de agua. Para hacer frente a las oscilaciones anuales de volúmenes se prevén las siguientes medidas:

- Instalación de un desborde que permita orientar el exceso de agua del período estival hacia las dos cisternas enterradas.
- Alimentación de la biopiscina con una válvula flotante para evitar el descenso excesivo del nivel de agua durante épocas de sequía. La válvula abrirá paso al agua de red si la altura de la biopiscina disminuye 3 cm por debajo del nivel proyectado. De esta forma se podrán mantener niveles máximos y mínimos de 1,20 m ± 0,03 m, permitiendo el normal crecimiento y desarrollo de las plantas del biofiltro.



Corte transversal de la biopiscina.

BIOFILTRO

Está conformado por dos partes activas:-

- La primera corresponde al sustrato de grava volcánica, dispuesta con una granulometría mayor en superficie que se va reduciendo en profundidad. Este sustrato funciona como filtro físico y ofrece una estructura de sostén a los tallos subterráneos (rizomas) y raíces de las especies vegetales implantadas. Asimismo, representa una superficie ideal para el desarrollo del biofilm, un tapiz de bacterias que se alimentan de la materia orgánica presente en el agua, depurándola y asegurando su tratamiento químico y biológico.
- La segunda parte activa son las especies vegetales: junquillos (*Narcissus jonquilla*), calas (*Zantedeschia aethiopica*) y achiras (*Canna indica*), cuyos rizomas permiten procesos de nitrificación/desnitrificación de las aguas.



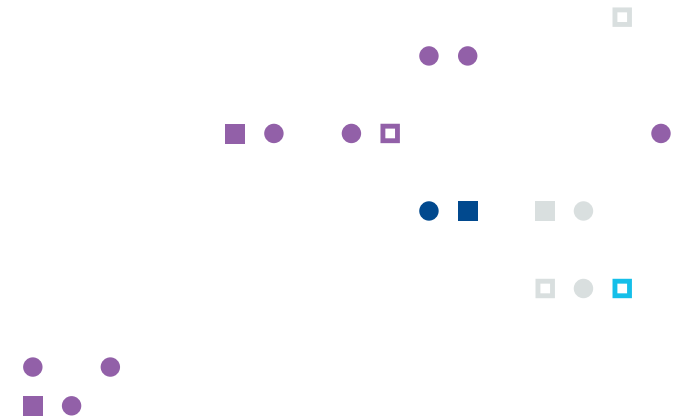
Junquillos (*Narcissus jonquilla*)



Achiras (*Canna indica*)



Calas (*Zantedeschia aethiopica*)

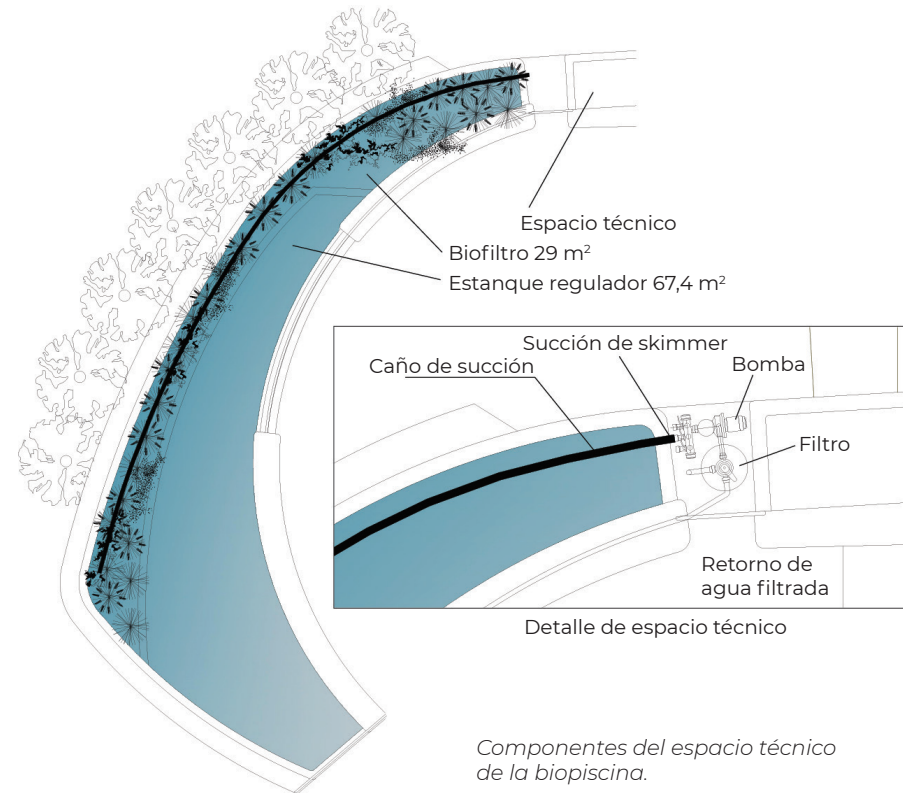


ESPACIO TÉCNICO

Contiene el sistema electromecánico de recirculación y filtrado constituido por un *skimmer* (toma de agua superficial), bomba, filtro, retorno a la biopiscina y micronizador (aspersor). La base del biofiltro tendrá una depresión central en toda su longitud que permitirá descansar un caño de succión, conectado a la toma de agua del espacio técnico, para forzar la recirculación. De esta forma, la bomba instalada obligará a pasar esas aguas por un filtro de arenas de cuarzo antes de ser recirculadas al seno de la biopiscina a través de micronizadores que las retornarán por debajo del nivel proyectado en la biopiscina.



Render de biopiscina, rampa de acceso peatonal y galería.



Componentes del espacio técnico de la biopiscina.

¿SABÍAS QUÉ?

Los contaminantes presentes en las aguas pueden ser físicos (sedimentos minerales, sustancias radiactivas, alta temperatura), químicos (pesticidas, fertilizantes, detergentes, derivados del petróleo, material particulado, metales pesados) y biológicos (bacterias, hongos, heces, materia orgánica en general). Los diferentes tipos de tratamientos a los que se somete un efluente se seleccionan y aplican en función de la contaminación presente.

SANEAMIENTO

El objetivo principal de un sistema de saneamiento es tratar y disponer apropiadamente los efluentes para evitar la contaminación del ambiente, proteger y promover la salud humana y de los ecosistemas. Según la Organización de Naciones Unidas (ONU), 1800 millones de personas utilizan fuentes de agua contaminadas por restos fecales debido a sistemas de saneamiento deficientes o ausentes. También advierte que más del 80 % de las aguas residuales resultantes de la actividad humana se vierten en ríos o al mar sin el tratamiento adecuado relacionándose con la muerte de 1,5 millones de niños por año debido a las enfermedades que se propagan por el agua.

Según el censo 2010, la provincia de Córdoba cuenta con una cobertura de la red cloacal que no alcanza al 40 % de la población y cerca del 48 % posee cámaras sépticas y pozos ciegos que, si no están adecuadamente construidos y mantenidos, causan la contaminación de las napas freáticas (cuerpos de agua subterráneos). Desde la perspectiva del saneamiento sustentable se debe contemplar el ciclo completo, desde el usuario hasta la disposición final o la reutilización de las excretas, estableciendo un sistema funcional que apunte al uso responsable de los recursos naturales. Probablemente no exista un sistema absolutamente sustentable, el concepto es más una dirección que un grado a alcanzar. No obstante, es importante que sea evaluado en sus dimensiones ambientales, sociales y económicas. Se buscan sistemas de tratamiento que se desarrollen específicamente para cada contexto al combinar distintas tecnologías para cerrar el ciclo del saneamiento como parte integral de un ecosistema colaborativo, a través de la separación, tratamiento y reutilización de los residuos sólidos y los efluentes líquidos.

Sistemas de saneamiento centralizados y descentralizados

Los sistemas de saneamiento consisten en un conjunto de dispositivos y tecnologías combinadas cuyo objetivo es el tratamiento de aguas residuales, desde una escala domiciliar hasta una industrial. El procedimiento suele constar de tres etapas:

- Tratamiento primario. Separación y remoción de grasas, aceites, arenas y sólidos gruesos.
- Tratamiento secundario. Reducción de carga orgánica.
- Tratamiento terciario. Verificación de la calidad final del efluente tratado.

El sistema cloacal, una de las tecnologías de saneamiento más difundidas, consiste en centralizar en una planta el tratamiento de los efluentes provenientes de viviendas, edificios públicos, oficinas, etc. Los sistemas descentralizados proponen un tratamiento cercano a la fuente de generación del agua residual, admitiendo un tratamiento diferenciado según su calidad (con o sin materia fecal, con o sin predominancia de jabones, etc.) y permitiendo la recuperación de los nutrientes y el agua contenidos en el efluente. Los sistemas de saneamiento descentralizados pueden ser secos (sin utilización de agua) o húmedos.



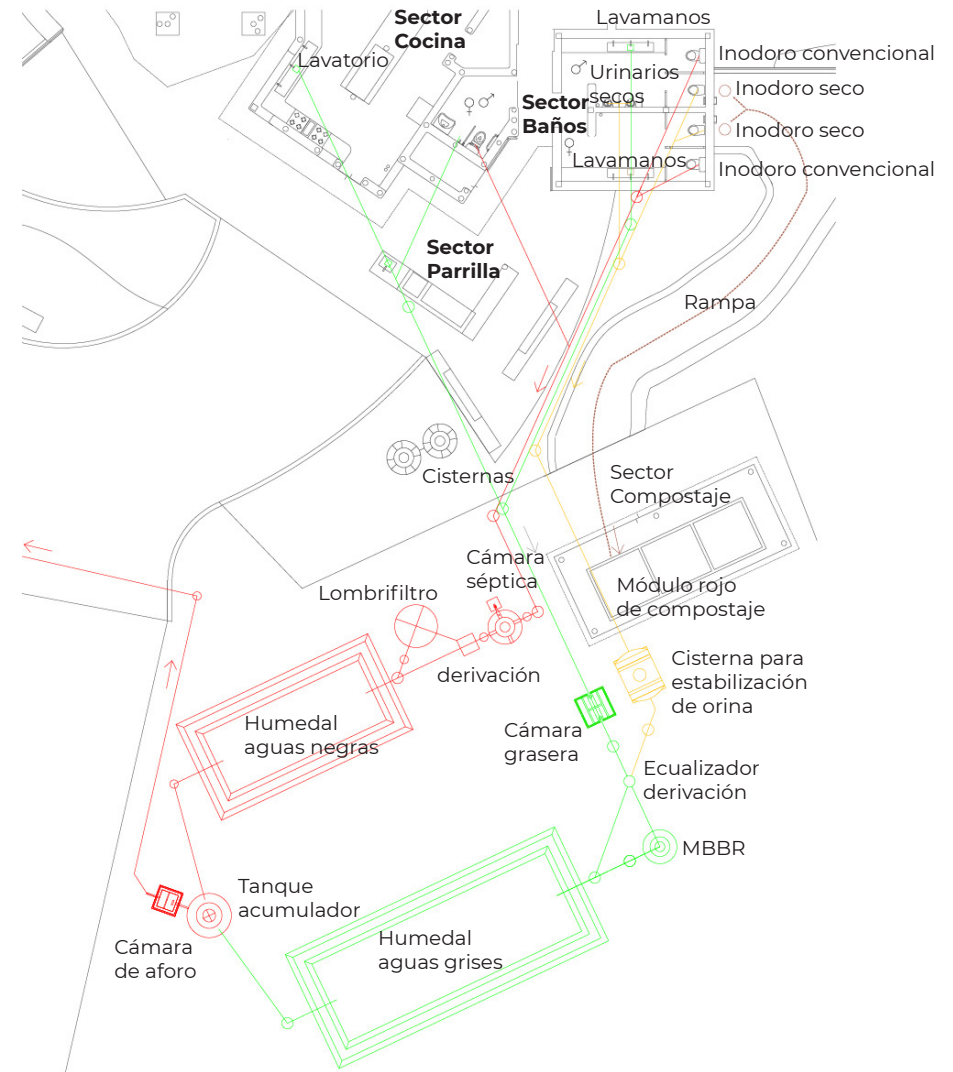
Saneamiento en el SUME

El sistema de saneamiento diseñado para el Proyecto SUME cuenta con distintas alternativas y contempla su monitoreo y ensayo permanente. La propuesta está sobredimensionada en complejidad con el objetivo de poder abarcar diversidad de tecnologías de saneamiento descentralizadas conectadas entre sí, a la vez que permite evaluarlas independientemente. Se prevé la posibilidad de recambio y uso de distintos dispositivos a lo largo de su vida útil. A continuación, se describen los dos sistemas de saneamiento planteados:

- **Sistemas de saneamiento húmedos**, constituidos por instalaciones de desagües separadas y tratamiento diferencial de aguas grises y negras –circuitos con y sin materia fecal.
- **Sistemas de saneamiento seco**, que implican la higienización y valorización de orina y heces.



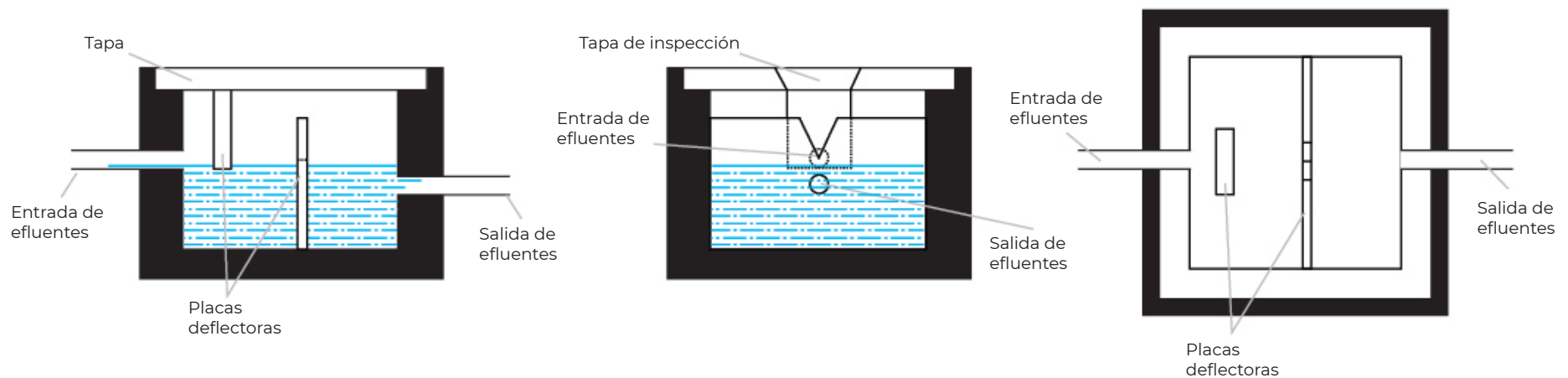
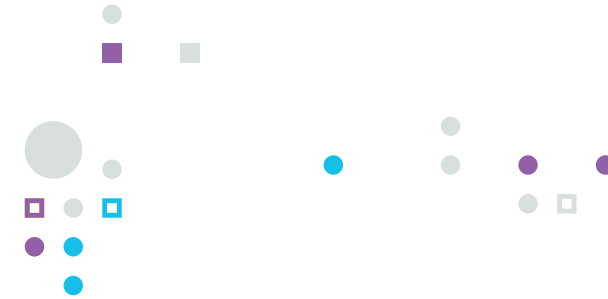
- Referencias:**
- Sistema de saneamiento húmedo
- Aguas grises
 - Aguas negras
- Sistema de saneamiento seco
- Orina
 - Heces



Disposición espacial de los sistemas de saneamiento húmedo y seco del SUME.

SISTEMAS DE SANEAMIENTO HÚMEDOS

Las aguas residuales generadas en el SUME serán separadas en grises y negras para su tratamiento diferencial. En ambos casos el destino final del efluente será la cloaca, por disposición del Decreto Reglamentario 847/16 de la provincia de Córdoba. A fin de que tales circuitos funcionen como plataformas experimentales para la investigación de calidad de aguas, se prevé la instalación de cámaras de aforo e inspección (CAI) al finalizar cada una de las operaciones unitarias. Estas CAI permitirán la toma de muestras para llevar un seguimiento y realizar el monitoreo de las características fisicoquímicas y microbiológicas de los efluentes. Las dimensiones de las CAI serán de 0,40 m x 0,40 m, con una profundidad aproximada de 0,50 m (cada cámara será diseñada según el caudal de generación de cada sistema).

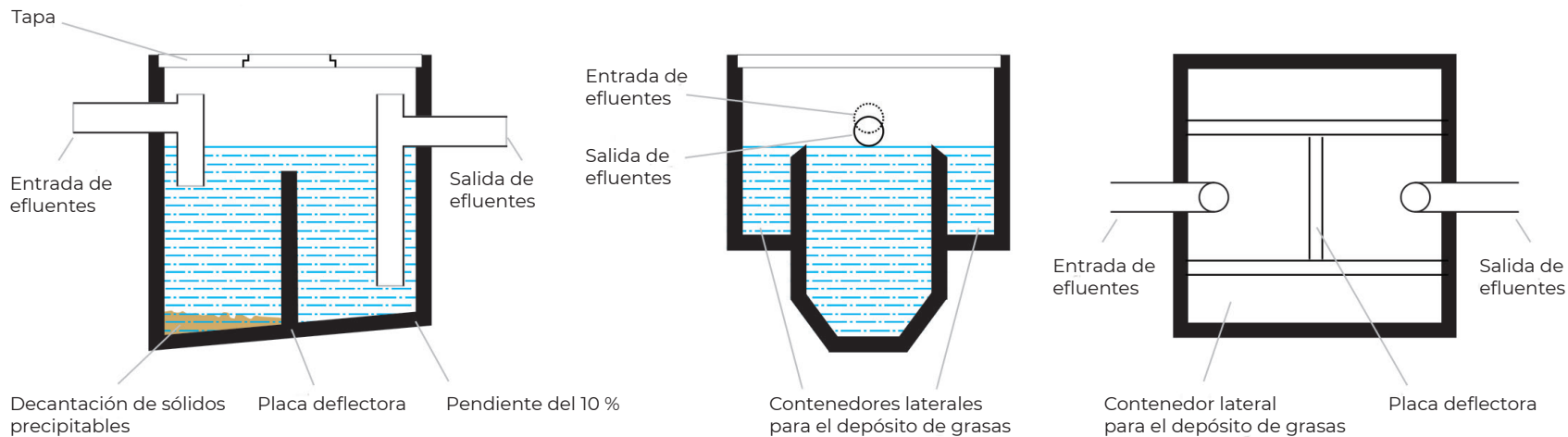


Esquema de la cámara de aforo e inspección. De izquierda a derecha: vista lateral, vista frontal, vista superior.

TRATAMIENTO DE AGUAS GRISES

Las aguas grises del SUME provienen de los lavamanos de los baños y lavaderos de la cocina. Para retener la mayor cantidad de sólidos en origen se colocarán canastillas recolectoras en los sumideros de la bachas que deberán limpiarse periódicamente.

Las aguas grises se dirigirán a una cámara grasera decantadora que funciona como trampa de jabones, grasas y aceites, los principales causantes del deterioro y avería en los tratamientos posteriores. Su diseño sigue las recomendaciones técnicas de la Organización Mundial de la Salud y de la Organización Panamericana de la Salud e incluye una división en dos partes por una placa deflectora y una pendiente positiva del 10 % que favorece la decantación de sólidos precipitables. La eficiencia de la cámara se favorecerá reduciendo la velocidad del flujo, de modo tal que las grasas tengan tiempo de enfriarse, coagular y flotar para depositarse, por rebalse, sobre dos colectores laterales. Tendrá un volumen de 480 litros y una relación largo-ancho de 2:1. Considerando un caudal máximo de aguas grises de 153 L/h, permitirá un tiempo de residencia de 3 horas.



Esquema de la cámara grasera decantadora. De izquierda a derecha: vista lateral, vista frontal, vista superior.

¿SABÍAS QUÉ?

La demanda biológica de oxígeno (DBO) es la cantidad de oxígeno que necesitan los microorganismos para degradar la materia orgánica presente en el agua residual. Representa la masa de materia orgánica biodegradable presente en un líquido y es uno de los parámetros para determinar el grado de contaminación del agua y poder definir si los efluentes pueden volcarse al medio natural.

Tras su paso por la cámara grasera, las aguas serán conducidas hacia el humedal de flujo subsuperficial de tiro horizontal para su fitodepuración. Al igual que la biopiscina, el humedal estará basado en el uso de especies vegetales y bacterias asociadas que se implantarán al comienzo de la obra para favorecer su adaptación inicial con aguas limpias. Cuando el edificio esté concluido, los sistemas estarán preparados y en régimen para hacer el tratamiento de efluentes. El humedal poseerá una superficie de 27 m² (3 m x 9 m), una profundidad efectiva inundada de 0,7 m y una pendiente de 1,5 %. Diseñado para un caudal de 1506 L/h, una demanda biológica de oxígeno (DBO) de entrada de 240 mg/L permite una DBO de salida de 30 mg/L, acorde a las exigencias del Decreto Reglamentario 847/16 de la Secretaría de Recursos Hídricos de la provincia de Córdoba, en edificios públicos sin conexión a red cloacal.

Las aguas tratadas por el humedal serán acumuladas en una cisterna junto a las aguas tratadas por el humedal de aguas negras. Posteriormente, por rebalse pasarán a una CAI antes de ser vertidas a la red cloacal, según disposiciones reglamentarias de la provincia de Córdoba.

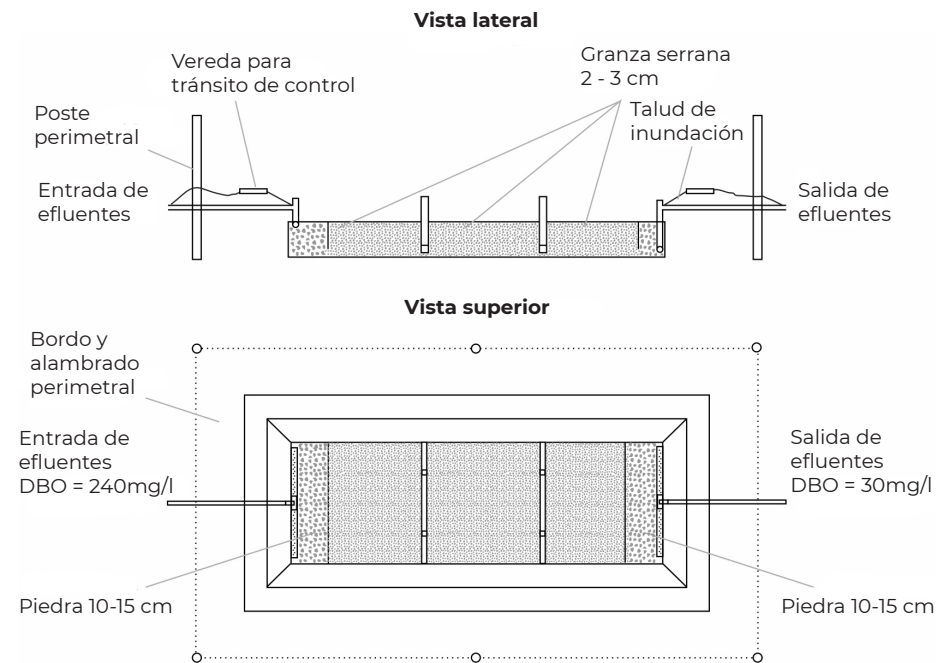


Sistema MBBR funcionando en el interior de un tanque.



Unidades activas del sistema MBBR.

A los fines experimentales se contempla la instalación de un **reactor biológico de lecho móvil** (*moving bed biofilm reactor, MBBR*) entre el tanque acumulador de orina y el humedal de aguas grises. Estará constituido por una cisterna que contiene el efluente a tratar y una gran cantidad de pequeños soportes plásticos forzados al movimiento a través de un sistema de aireación. Los soportes permiten aumentar la superficie de contacto y, consecuentemente, el biofilm, principal responsable del proceso depurador.



Esquema del humedal de flujo subsuperficial de tiro horizontal.

TRATAMIENTO DE AGUAS NEGRAS

Las aguas negras son aquellas provenientes de los inodoros convencionales, caracterizadas por su alta carga orgánica y patógena (potencial causante de enfermedades), vinculada a los microorganismos presentes en las heces. En el SUME las aguas negras iniciarán su tratamiento en una cámara séptica, tras lo cual serán dirigidas a un humedal subsuperficial diseñado para acoger un caudal de 780 L/h. Este tendrá una superficie de 16,25 m² (2,5 m x 6,5 m), una profundidad efectiva inundada de 0,7 m a la entrada y una pendiente de 1,5 %. Se estima también una DBO de entrada de 240 mg/L que deberá reducirse a 30 mg/L a la salida para responder a las exigencias legales de la provincia de Córdoba.

Las aguas tratadas serán almacenadas junto a las aguas provenientes del humedal de aguas grises en un tanque de almacenamiento de aguas tratadas, como se mencionó anteriormente.



Lombriz roja californiana
(*Eisenia foetida*)



Lombrifiltro



Aspersión de agua residual en el sustrato biológico de lombrices

De modo alternativo, se derivará el efluente de la cámara séptica hacia un lombrifiltro semienterrado. Este sistema se basa en un filtro biológico percolador vertical: el líquido a tratar es asperjado en la superficie atravesando diferentes capas de viruta y grava. La materia orgánica queda retenida para ser consumida por lombrices rojas californianas (*Eisenia foetida*) que la transformarán en su propia masa corporal, deyecciones que constituyen el preciado humus de lombriz y otras sustancias simples como dióxido de carbono y agua. Considerando que, en su máxima demanda, solo pasarán alrededor de 750 L/día de aguas negras por el lombrifiltro, la superficie de trabajo será de 5 m² y su altura útil de 1,2 m. El efluente pasa al humedal para su tratamiento final.

¿SABÍAS QUÉ?

Los sistemas de saneamiento descentralizados permiten la reutilización del líquido tratado para actividades que no requieren agua potable, como el riego de espacios verdes, lavado de automóviles, inodoros, combate de incendios, refrigeración de maquinarias industriales, entre otros.

SISTEMAS DE SANEAMIENTO SECO

Como su nombre lo indica, los sistemas de saneamiento seco no utilizan agua más que para la limpieza del artefacto, pero no así para su funcionamiento. Representan una alternativa en lugares y zonas sin acceso a cloacas o en regiones con escasez de agua.

El baño seco con separación de orina es uno de estos sistemas. Consiste en un inodoro especial que permite que la orina sea recolectada y drenada a través de un embudo ubicado en el área frontal, mientras que las heces caen por un agujero de la parte trasera. Dependiendo de la tecnología de recolección y de almacenamiento/tratamiento que se implemente, se agrega a las heces material secante como cal, aserrín, cenizas o tierra, para lograr un incremento en el pH y/o una disminución en el contenido de humedad.

Por su parte, los urinarios secos para hombres son de fácil adopción, y más convenientes en lugares públicos o de gran concurrencia.



Urinarios secos públicos instalados en una estación de servicios de Buenos Aires.



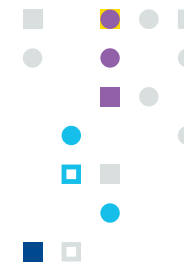
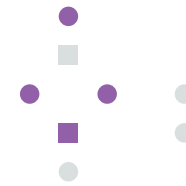
Taza separadora de inodoro seco. Nótese el embudo frontal que colecta la orina.



Inodoro seco integrado en una vivienda.



En cada descarga de inodoro convencional se utilizan entre 6 y 12 litros de agua.



TRATAMIENTO DE ORINA

La orina proveniente de inodoros y urinarios secos puede ser almacenada o bien drenada hacia el sistema de tratamiento de aguas grises en caso que no se opte por su reutilización.

En el caso del SUME, la orina será recogida y conducida para su estabilización en una cisterna de 2000 litros de capacidad. En el caso de los inodoros secos se instalará una trampa de olor a la salida del sumidero de orina.

Una vez construido y en uso se estima en el SUME un caudal de orina de 195 L/día que permitirá un tiempo de residencia en la cisterna estabilizadora de, al menos, 20 días. Este tiempo permite eliminar

la eventual presencia de patógenos motivada por el aumento del valor pH ($\text{pH} > 9$) dado por la descomposición de la orina en amonio y amoníaco, facilitada por la enzima natural ureasa. Un ambiente de altas temperaturas intensifica el efecto.

La orina de una persona sana es prácticamente estéril y contiene nitrógeno, fósforo y potasio, nutrientes esenciales para el crecimiento de las plantas. Por tal motivo la recolección de orina será la base para la investigación experimental de su valoración como fertilizante. Si llegara a sobrepasarse la capacidad de almacenamiento prevista en este nivel se derivará el excedente hacia el sistema de tratamiento de aguas grises, ingresando al nivel del equalizador.



Un ser humano promedio elimina de 0,8 a 1,5 L de orina y 0,12 a 0,4 kg de materia fecal por día.



El INTI publicó en el 2016 un **manual técnico de baños secos** que, junto con la publicación de la Resolución E 378/2017 por parte del Ministerio de Salud de la Nación, constituye un importante hito en cuanto al reconocimiento, validación y difusión del saneamiento seco en Argentina, donde el 70 % del territorio posee algún grado de aridez.

TRATAMIENTO DE HECES

La materia fecal también contiene nutrientes, pero el contenido de patógenos es muy alto. Para garantizar la reducción de la carga microbiana potencialmente riesgosa las heces deben ser tratadas o almacenadas en condiciones controladas.

Los factores más importantes para el tratamiento de las excretas sólidas son: contenido de humedad, duración del almacenaje, temperatura y pH. El tratamiento de las heces dura de 12 a 24 meses y consiste en un almacenaje cerrado. Eventualmente, puede posteriormente compostarse.

Las heces serán recogidas por los inodoros con separación de excretas y caerán por gravedad en cámaras colectoras móviles ubicadas por debajo de la planta del baño. Estas cámaras serán recipientes de plástico negro de 0,8 m de altura con una capacidad de 150 L y ruedas que faciliten su traslado. Se ubicarán dentro de cámaras fijas de recepción, una para cada inodoro, separadas por un tabique. Cada cámara fija tendrá una superficie de 2,4 m x 1,4 m y una altura de 1 m, se construirán de hormigón armado y bloques de tierra compactada, y contarán con un caño de ventilación. El acceso para la extracción, control y limpieza de las cámaras móviles se ubicará por detrás del edificio.

El material secante, almacenado en depósitos adaptados para una descarga mecánica que imita el funcionamiento de las mochilas convencionales, estará compuesto por tres partes iguales de ceniza, viruta de madera (o residuo de poda chipeado) y tierra del lugar.

Una vez que las cámaras móviles completen $\frac{3}{4}$ de su volumen total, se dispondrán cerradas en una playa de asoleamiento durante al menos un año. Las heces se componen en más de un 80 % de agua por lo que se estima la reducción a un 25 % de su volumen original. Transcurrido el tiempo establecido su contenido será sometido a procesos de compostaje en el módulo rojo del predio de compostaje para su posterior aprovechamiento como enmienda forestal. La playa de asoleamiento se constituirá como zona de almacenamiento temporal y no tendrá ningún suelo ni cerramiento constructivo, pero deberá asegurarse la mayor incidencia solar.



GESTIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS

Los residuos domiciliarios se definen en la Ley N° 25916 como aquellos elementos, objetos o sustancias que, como consecuencia de los procesos de consumo y desarrollo de las actividades humanas, son desechados y/o abandonados. En la ciudad de Córdoba la gestión integral de los residuos sólidos urbanos está regulada por la Ordenanza N° 12648 que estipula la separación en origen de las fracciones húmedas y secas.

GESTIÓN DE RESIDUOS EN INTI CÓRDOBA

Los residuos generados en el INTI Córdoba se dividen en dos categorías:

- **Residuos peligrosos:** son generados en los laboratorios y se encuentran identificados con las categorías según la ley N° 24051 de residuos peligrosos. Se disponen en recipientes grises, bidones, cajas u otro envase apropiado, debidamente etiquetado, hasta que son retirados por personal autorizado para su tratamiento.
- **Residuos asimilables a urbanos:** se generan en el ámbito institucional pero pueden ser equiparados con residuos domiciliarios.

En el marco del programa INTI Verde, el INTI Córdoba desarrolla una serie de acciones de gestión de residuos orientadas a favorecer la reducción, la separación en origen y el reciclaje, con el objetivo de disminuir la fracción destinada a disposición final. El sistema de gestión ambiental se compone de recipientes para la disposición selectiva de residuos, cartelería informativa, un sector para el acopio transitorio de reciclables secos y una zona de compostaje. También existen instrucciones escritas y acciones de capacitación para todos los trabajadores del edificio y para el personal de limpieza.

En diversos puntos del edificio y del predio se encuentran los siguientes recipientes:



*Plásticos
limpios*

*Residuos
orgánicos
compostables*

*Todos los
demás
residuos*

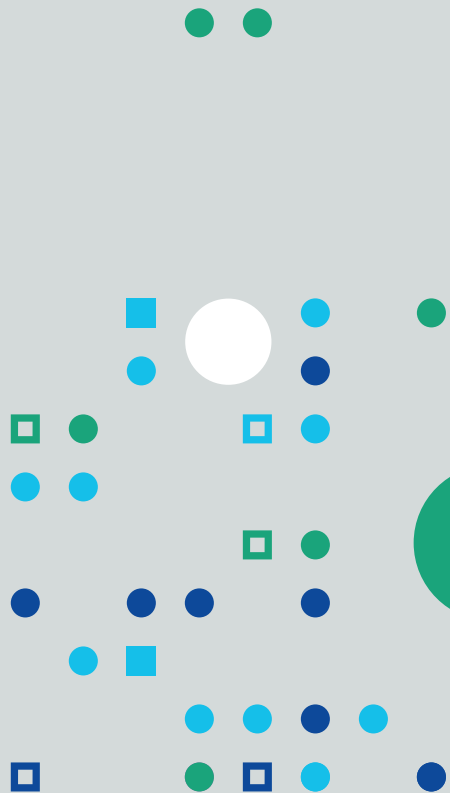
*Tapitas
plásticas*

*Papeles y
cartones
limpios*

Compostera

Periódicamente los plásticos y papeles se depositan en el “punto verde” para acopio transitorio hasta que son retirados por una cooperativa de recicladores. Los residuos compostables se trasladan a diario al sector de compostaje (en el exterior del edificio), donde se combinan con restos poda, hojas, pasto para producir compost. Las tapitas de plástico se destinan a la campaña solidaria “Maratón de tapitas” del Hospital Infantil Municipal de Córdoba. Y finalmente los residuos del recipiente negro se depositan en bolsas que son retiradas diariamente por el servicio de recolección municipal de residuos urbanos.

Durante todo el año 2017 el INTI Córdoba produjo un total de 7400 kg de residuos asimilables a urbanos, más de un tercio de los cuales fueron compostados o reciclados.



8

ENERGÍAS RENOVABLES

MENÚ DE NAVEGACIÓN

ÍNDICE ■ MARCO LEGAL Y REGLAMENTARIO ■ ARQUITECTURA ■ MATERIALIDAD ■ CUBIERTAS ■ ESTRATEGIAS BIOCLIMÁTICAS
ESTRUCTURAS ■ AGUA, SANEAMIENTO Y RESIDUOS SÓLIDOS ■ **ENERGÍAS RENOVABLES** ■ REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS



El uso de energías renovables implica beneficios energéticos, económicos y ambientales. En el Proyecto SUME se prevé la instalación de dos de los sistemas de captación de energía solar más usados a nivel mundial: paneles fotovoltaicos y colectores solares térmicos.

La superficie prevista para la cosecha de radiación solar en el sector 3 corresponde al techo de la torre técnica con una cubierta orientada hacia el Norte, área donde debe asegurarse la ausencia de conos de sombra. El sector está diseñado bajo un concepto de integración arquitectónica entre los equipos de energía solar térmica (ST) y fotovoltaica (FV). La instalación servirá también como dispositivo didáctico-demostrativo para la sensibilización y formación en torno a fuentes renovables de energía.



Render de la torre técnica donde con dispositivos ST y FV.

ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA

La utilización de módulos fotovoltaicos para producir energía eléctrica a partir de la radiación solar permite aprovechar la energía generada para abastecer los consumos estimados. Si bien la intención es minimizar el consumo de energía mediante la implementación de los materiales, sistemas y estrategias que se describieron a lo largo de esta publicación, para eventos puntuales se prevé un equipo de acondicionamiento de aire de 18 kW, con alimentación trifásica desde el actual tablero eléctrico principal. Por esta razón no se ha considerado como carga o requerimiento para los futuros paneles fotovoltaicos.

Las restantes cargas monofásicas del SUME serán repartidas en fases para que el equilibrio del actual suministro se mantenga dentro del banco de capacitores de compensación del factor de potencia.



Paneles fotovoltaicos.

GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA DISTRIBUIDA

La [ley nacional N° 27424](#) “Régimen de fomento a la generación distribuida de energía renovable integrada a la red eléctrica pública” permite que cualquier consumidor pueda convertirse en usuario-generador al instalar el equipamiento necesario para producir energía e inyectar el excedente a la red eléctrica para que sea utilizado por otros consumidores. La provincia de Córdoba adhirió a esta ley a través de su [ley provincial N° 10604](#), para todos los usuarios conectados a la red de la Empresa Provincial de Energía Eléctrica (EPEC).

Al considerar las experiencias de usuarios-generadores ya conectados y habilitados en la ciudad de Córdoba se propone para el SUME un sistema FV de alto rendimiento con inversor trifásico de acuerdo a las siguientes especificaciones:

Paneles fotovoltaicos

- Potencia del panel: 265 Wp
- Eficiencia del panel: 16,3 %
- Dimensiones: 1640 mm x 992 mm x 35 mm
- Superficie del panel: 1,62 m²
- Total de paneles: 36, considerando 3 arreglos de 12 paneles por fase
- Potencia total por arreglo: 3180 Wp
- Potencia total 36 paneles: 9540 Wp
- Ángulo de inclinación: 30°

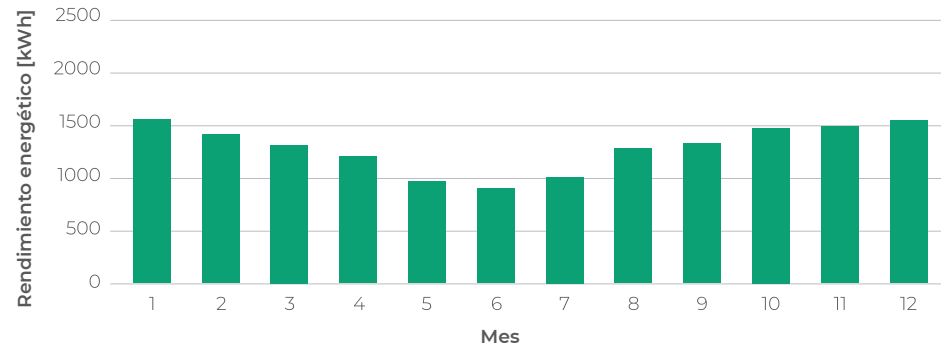
Inversor (especificaciones del SMA Sunny Tripower 10000TL, modelo habilitado por EPEC)

- Rendimiento máximo: 98 %
- Inyección trifásica

Configuración (3/N/PE; 220/380 V)

- Rendimiento máximo: 98 %
- Fases de inyección/conexión: 3/3
- Potencia máxima del generador fotovoltaico a la entrada: 13500 Wp

Con estas aproximaciones, es decir con 9,5 kWp de paneles fotovoltaicos instalados, para la latitud de Córdoba se estima un promedio mensual de generación de 1250 kWh, aproximadamente 15000 kWh por año.



Rendimiento energético mensual. Caso práctico de un sistema de 9,5 kWp instalado y en funcionamiento en la ciudad de Córdoba.

Se incorporarán equipos de medición en el tablero secundario del SUME que mostrarán en pantalla el consumo del edificio y lo inyectado por los paneles FV.



ESTIMACIÓN DE CONSUMOS TOTALES DEL SUME

Las características de la actual acometida de energía eléctrica del INTI Córdoba son las siguientes:

- Tarifa 3: grandes consumos en media tensión, con transformación a baja tensión dentro del predio.
- Gran demanda con fuera de punta DF = 174 kW y con demanda de punta DP = 84 kW
- Consumo diario promedio de 600 kWh y consumo diario permanente de 60 kWh, consumo de base debido a los equipos de aire acondicionado de los laboratorios.

Se estima que la potencia total instalada en el SUME será de 26 kW (máxima), aunque no se trate de un consumo simultáneo y no está considerado el aporte para el equipo solar térmico, el cual podría ser a gas natural y así evitar requerir de resistencias eléctricas.



EQUIPO	Cantidad	Potencia (W)	Pot. máxima (kW)	Tiempo (h/día)	Factor de carga	Energía (Wh)
Aire acondicionado	1	18000	18	10	0,5	90000
Heladera dos puertas (comedor)	1	300	0,3	24	0,4	2880
Microondas (comedor)	3	800	2,4	1	0,5	1200
Iluminación interior (estimado)	1	600	0,6	12	0,7	5040
Iluminación exterior (estimado)	1	200	0,2	10	1	2000
Extractores (baño/vestuario c/sensor presencia)	2	30	0,06	24	0,2	288
Bomba de agua (1/2)	1	380	0,38	24	0,2	1824
Pantalla LED (visualización consumo e inyección a la red)	1	50	0,05	24	0,2	240
Proyector (capacitaciones)	1	100	0,1	4	1	400
Notebook (capacitaciones)	1	60	0,06	4	1	240
Equipo de sonido (capacitaciones)	1	100	0,1	4	1	400
Conexión de nootebook para cursos	60	60	3,6	4	1	14400
Alarma y CCTV	1	50	0,05	24	0,5	600
Consumos totales			25,9			119512

Tabla de consumos eléctricos estimados del SUME.

ENERGÍA SOLAR TÉRMICA

El Proyecto SUME proveerá agua caliente sanitaria para el lavado de vajilla y los lavabos a partir de dos termotanques solares de placa plana de 2 m² cada uno, con sistema de intercambio de calor indirecto y una presión de trabajo de 1,5 bar (denominados de “alta presión” o “aptos para presurizar”). Los colectores a instalar se seleccionarán basándose en el criterio de que sean de fabricación nacional, que estén certificados y figuren en la plataforma del INTI. También habrá un equipo de respaldo consistente en un calefón a gas convencional.

Se estima que el sistema debe cubrir un consumo de 300 litros diarios que fueron calculados al considerar tablas de referencia, cinco lavatorios, sesenta usuarios estables que almuerzan de lunes a viernes y otros tantos eventuales que asisten a cursos.

El sistema de mediciones se basará en el [Manual técnico de energía solar para procesos industriales de la Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid](#), España.

¿SABÍAS QUÉ?

Los sistemas de energía solar térmica para el calentamiento de agua sanitaria ofrecen ventajas ambientales significativas. Los equipos de uso doméstico permiten reducir hasta un 80 % los GEI en comparación con sistemas convencionales, aún cuando incluyan un sistema de respaldo a base de gas o electricidad.

Clasificación

Según el tipo de colector solar:

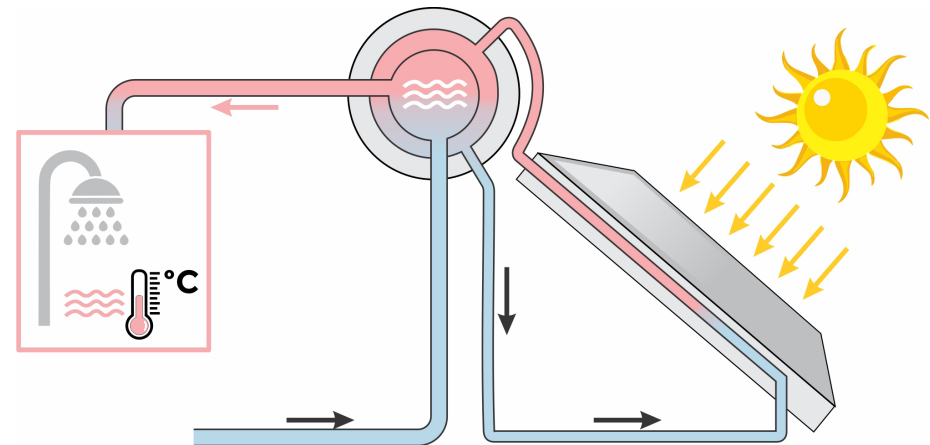
- Placa plana: parrilla, serpentina o sándwich.
- Tubo al vacío: directo, tubo en U, tubo de calor.
- Integrado: sistema de captación y almacenamiento en el mismo lugar.

Según posea intercambiador de calor:

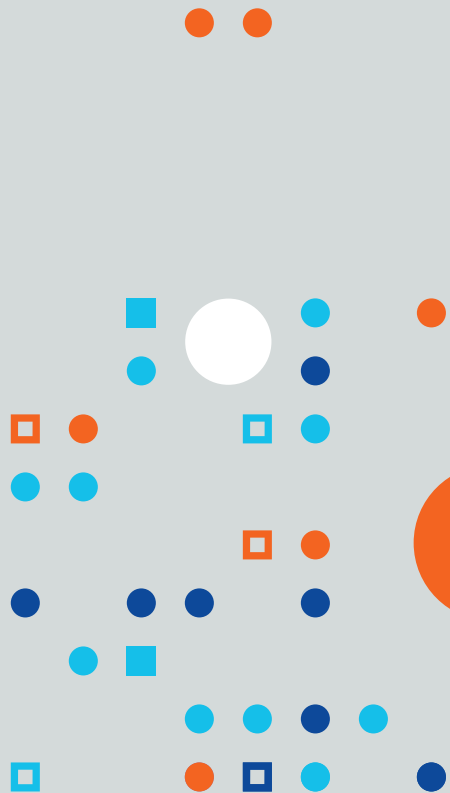
- Sin intercambiador: directo o abierto.
- Con intercambiador: indirecto o cerrado.

Según el tipo de circulación entre el sistema de captación y almacenamiento:

- Natural o termosifónica.
- Forzada.



Esquema de funcionamiento de un colector solar térmico.



9

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

MENÚ DE NAVEGACIÓN

ÍNDICE ■ MARCO LEGAL Y REGLAMENTARIO ■ ARQUITECTURA ■ MATERIALIDAD ■ CUBIERTAS ■ ESTRATEGIAS BIOCLIMÁTICAS
ESTRUCTURAS ■ AGUA, SANEAMIENTO Y RESIDUOS SÓLIDOS ■ ENERGÍAS RENOVABLES ■ **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**



BIBLIOGRAFÍA CITADA

- ABNT NBR 10836. (2013). **Bloco de solo-cimento sem função estrutural. Análise dimensional, determinação da resistência à compressão e da absorção de água. Método de ensaio.**
- Bárbaro, L., Soto, M. S., Sisaro, D., Karlanian, M. y Stancanelli, S. (2017). **Sustratos para techos verdes sustentables (extensivos)** [Archivo PDF]. Instituto de Floricultura INTA. Buenos Aires, Argentina. https://inta.gob.ar/sites/default/files/sustrato_para_techos_verdes_sustentables_extensivos.pdf
- Cuitiño Rosales, M. G., Esteves Miramont, A., Maldonado, G. y Rotondaro, R. (2015). **Análisis de la transmitancia térmica y resistencia al impacto de los muros de quincha.** Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja. Informes de la Construcción, 67(537), 1-11. <https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/40289>
- Decreto Reglamentario 847 de 2016 [provincia de Córdoba, Argentina]. **Aprobación de reglamentación para la preservación del recurso hídrico de la provincia.** <http://web2.cba.gov.ar/Web/Leyes.nsf/0/37756FF5E7ED18BE032580910054765A?OpenDocument>
- Fernández Curutchet, M.; Hock, D.; Dabbah, F y Escudero, H. (2015). **Sistemas de saneamiento seco con separación de orina (baño seco).** Instituto Nacional de Tecnología Industrial. <https://www.inti.gob.ar/publicaciones/descargac/505>
- Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires Buenos Aires. (2012). **Cubiertas verdes en edificios públicos.** Informe técnico. https://www.buenosaires.gob.ar/areas/med_ambiente/apra/des_sust/archivos/cubiertas/inf_tecnico_cubierta_verde.pdf
- INPRES. **Disposición N° 2 de 2019 de Sistema de construcción de entramado de madera.** <https://www.inti.gob.ar/areas/servicios-industriales/servicios-sectoriales/madera-y-muebles/cem#>
- INTI. (2009). **Estufas de masa térmica y eficiencia energética.** <https://gaia.org.ar/estufas-de-masa-termica-y-eficiencia-energetica/>
- INTI. (2017). **Guía didáctica ilustrada. Clasificación visual de la madera aserrada estructural.** <https://www.inti.gob.ar/areas/servicios-industriales/servicios-sectoriales/madera-y-muebles/cem>
- INTI. (2017). **Tabla voluntaria de medidas para madera aserrada comercial destinada al uso estructural en viviendas.** <https://www.inti.gob.ar/areas/servicios-industriales/servicios-sectoriales/madera-y-muebles/cem>
- INTI y Colegio de Arquitectos de la Provincia de Córdoba. (2018). **Bioarquitectura.** <https://www.inti.gob.ar/publicaciones/descargac/503>
- IRAM 9600. (1998). **Preservación de maderas. Maderas preservadas mediante procesos con presión en autoclave.**
- IRAM 11549. (2002). **Aislamiento térmico de edificios. Vocabulario.**
- IRAM 11601. (2002). **Aislamiento térmico de edificios. Métodos de cálculo. Propiedades térmicas de los componentes y elementos de construcción en régimen estacionario.**
- IRAM 11603. (2012). **Acondicionamiento térmico de edificios. Clasificación bioambiental de la República Argentina.**

- IRAM 11604. (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 11605. (1996). **Acondicionamiento térmico de edificios. Condiciones de habitabilidad en edificios. Valores máximos de transmitancia térmica en cerramientos opacos.**
- IRAM 11659-1. (2004). **Aislamiento térmico de edificios. Verificación de sus condiciones higrotérmicas. Ahorro de energía en refrigeración.** Parte 1: Vocabulario, definiciones, tablas y datos para determinar la carga térmica de refrigeración.
- Ley 4428 de 2013 [Ciudad Autónoma de Buenos Aires]. **De techos o terrazas verdes.** <http://www2.cedom.gob.ar/es/legislacion/normas/leyes/ley4428.html>
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2018). **Informe del estado del ambiente.** <https://informe.ambiente.gob.ar/>
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento [Perú]. **Norma E. 080 de 2017 de diseño y construcción con tierra reforzada.**
- Piter, J. C. **La durabilidad natural del Eucalyptus grandis de la Mesopotamia de Argentina.** <http://woodsrl.com.ar/la-durabilidad-natural-de-la-madera-de-eucalyptus-grandis-cultivado-en-la-mesopotamia-de-argentina/>
- Piter, J. C., Ramos, M. R., Demkoff, M., Gómez, R., Torrán, E. A. y Sosa Zitto, M. A. (2016). **Manual de aplicación de los criterios de diseño adoptados en el reglamento argentino de estructuras de madera CIRSOC 601.** <https://www.inti.gob.ar/areas/servicios-industriales/construcciones-e-infraestructura/cirsoc/reglamentos#>
- Piter, J. C., Ramos, M. R., Marcó, M., Marcó, J. S., Torrán, E. A., Sosa Zitto, M. A. y Fank, P. Y. (2018). **Guía para el proyecto de estructuras de madera con bajo compromiso estructural en base al reglamento CIRSOC 601 (2016). Primera parte: viviendas de madera de una planta.**
- Reglamento CIRSOC 102. (2005). **Reglamento argentino de estructuras de acción del viento sobre las construcciones.** <https://www.inti.gob.ar/areas/servicios-industriales/construcciones-e-infraestructura/cirsoc/reglamentos#>
- Reglamento CIRSOC 201. (2005). **Reglamento argentino de estructuras de hormigón.** <https://www.inti.gob.ar/areas/servicios-industriales/construcciones-e-infraestructura/cirsoc/reglamentos#>
- Reglamento CIRSOC 301. (2005). **Reglamento argentino de estructuras de acero para edificios.** <https://www.inti.gob.ar/areas/servicios-industriales/construcciones-e-infraestructura/cirsoc/reglamentos#>
- Reglamento CIRSOC 501. (2007). **Reglamento argentino de estructuras de mampostería.** <https://www.inti.gob.ar/areas/servicios-industriales/construcciones-e-infraestructura/cirsoc/reglamentos#>
- Reglamento CIRSOC 601. (2016). **Reglamento argentino de estructuras de madera.** <https://www.inti.gob.ar/areas/servicios-industriales/construcciones-e-infraestructura/cirsoc/reglamentos>
- Reglamento INPRES-CIRSOC 103 parte III. (2018). **Reglamento argentino para construcciones sismorresistentes. Parte III Construcciones de mampostería.** <https://www.inti.gob.ar/areas/servicios-industriales/construcciones-e-infraestructura/cirsoc/reglamentos#>

● Referencias bibliográficas - Bioarquitectura INTI

- Reglamento INPRES-CIRSOC 103-II. (2005). **Reglamento argentino para construcciones sismorresistentes. Parte II Construcciones de hormigón armado y Parte IV Construcciones de acero.** <https://www.inti.gov.ar/areas/servicios-industriales/construcciones-e-infraestructura/cirsoc/reglamentos>
 - Resolución 3-E de 2018 [Secretaría de Vivienda y Hábitat, Argentina]. **Entramado de madera para uso de estructuras portantes de edificios, como sistema constructivo “tradicional”.** <https://www.argentina.gob.ar/normativa/nacional/resoluci%C3%B3n-3-2018-305849/actualizacion>
 - Secretaría de Agroindustria (Argentina). **Manual de construcción con madera.** https://www.magyp.gob.ar/sitio/areas/ss_desarrollo_foresto_industrial/madera_y_construccion/ (material complementario)
 - Secretaría de Agroindustria (Argentina). (2018). **Pliego de especificaciones técnicas general para el sistema de trama cerrada liviana (sistema de bastidores).** https://www.magyp.gob.ar/sitio/areas/ss_desarrollo_foresto_industrial/madera_y_construccion/
 - Secretaría de Agroindustria (Argentina). (2018). **Guía introductoria para la construcción de viviendas bajo el sistema de entramado de madera.** https://www.magyp.gob.ar/sitio/areas/ss_desarrollo_foresto_industrial/madera_y_construccion/
 - Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación. (2019). **Manual de métricas e indicadores para emprendimientos sustentables. Versión 1.0.** https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/manual_metricas_e_indicadores_para_emprendimientos_sustentables_proesus_v1.0.pdf
 - Soto, M. S., Bárbaro, L., Coviella, M. A. y Stancanelli, S. (2014). **Catálogo de plantas para techos verdes** [Archivo PDF]. Instituto de Floricultura INTA. Buenos Aires, Argentina. https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_-_catlogo_de_plantas_para_techos_verdes.pdf
- ### MATERIAL DE CONSULTA
- Área Tecnologías Sustentables. (s.f.). Instituto Nacional de Tecnología Industrial. <https://www.inti.gov.ar/areas/desarrollo-tecnologico-e-innovacion/industrias-y-servicios/tecnologias-sustentables>
 - Capra, F. (1998). **La trama de la vida: una nueva perspectiva de los sistemas vivos.** Traducido del inglés por David Sempau. Editorial Anagrama.
 - Cuitiño Rosales, M. G., Esteves, A., Maldonado, N. G. y Rotondaro, R. **Comportamiento mecánico de muros prefabricados de quincha.** (s.f). INCIHUSA, CONICET, Mendoza, Argentina.
 - Díaz Gutiérrez, A. (1986). **Quincha prefabricada (No. N10 D5).** Instituto Nacional de Investigación y Normalización de la Vivienda, Lima (Perú).
 - Dirección General de Industria, Energía y Minas [Comunidad de Madrid, España]. (2010). Manual técnico de energía solar para procesos industriales. <https://www.fenercom.com/wp-content/uploads/2010/11/Manual-Tecnico-de-Energia-Solar-para-Procesos-Industriales-fenercom-2010.pdf>

- Dirección General de Industria, Energía y Minas [Comunidad de Madrid, España]. (2016). **Guía sobre energía solar térmica.** <http://www.madrid.org/bvirtual/BVCM015599.pdf>
- Falceto, J. J. C. (2012). **Durabilidad de los bloques de tierra comprimida: Evaluación y recomendaciones para la normalización de los ensayos de erosión y absorción.** [Tesis de doctorado, Universidad Politécnica de Madrid]. http://oa.upm.es/14647/2/JAIME_JESUS_CID_FALCETO.pdf
- Gutiérrez, L., Manco, T., Loaiza, C. y Blondet, M. (2003). **Características sísmicas de las construcciones de tierra en el Perú: contribución a la enciclopedia mundial de construcción de vivienda.** XIV Congreso Nacional de Ingeniería Civil, Iquitos, Perú.
- Hays, A. y Matuk, S. (2003). **Recomendaciones para la elaboración de normas técnicas de edificación con técnicas mixtas de construcción con tierra.** Técnicas Mixtas de Construcción con Tierra, 121-350.
- IRAM 1735. (2001). **Materiales de construcción. Método de ensayo de la permeabilidad al vapor de agua.**
- IRAM 10500. (1968). **Mecánica de suelos. Preparación de muestras.**
- IRAM 10501. (2007). **Geotecnia. Método de determinación del límite líquido y del límite plástico de una muestra de suelo. Índice de fluidez e índice de plasticidad.**
- IRAM 10503. (2007). **Geotecnia. Método de determinación de la densidad relativa de los sólidos y de la densidad de los sólidos de un suelo.**
- IRAM 10504. (1976). **Suelos disturbados. Método de determinación de la contracción.**
- IRAM 10505. (1972). **Mecánica de suelos. Método de ensayo de consolidación unidimensional.**
- IRAM 10506. (1983). **Mecánica de suelos. Métodos de determinación de la humedad de absorción y de la densidad aparente de suelos granulares.**
- IRAM 10507. (1986). **Mecánica de suelos. Método de determinación de la granulometría mediante tamizado por vía húmeda.**
- IRAM 10509. (1982). **Mecánica de suelos. Clasificación de suelos, con recursos ingenieriles.**
- IRAM 10511. (1972). **Mecánica de suelos. Método de ensayo de compactación en laboratorio.**
- IRAM 10517. (2015). **Geotecnia. Ensayo normalizado de penetración (SPT).**
- IRAM 10518. (1969). **Mecánica de suelos. Método de determinación de resistencia a la compresión no confinada en suelos cohesivos.**
- IRAM 10521. (1971). **Suelos. Clasificación por el sistema del índice de grupo.**
- IRAM 10522. (1972). **Mecánica de suelos. Método de ensayo de compactación en mezclas de suelo-cemento.**
- IRAM 10534. (1986). **Mecánica de suelos. Método de ensayo de corte directo de suelos tipo consolidado drenado.**

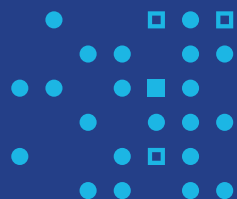
- IRAM 11559. (1995). **Acondicionamiento térmico. Determinación de la resistencia térmica y propiedades conexas en régimen estacionario. Método de la placa caliente con guarda.**
- IRAM 11585. (1991). **Paneles para muros y tabiques de edificios.**
- IRAM 11596. (2007). **Muros de edificios. Método de ensayo de impacto blando en probetas verticales. Criterio de aceptación.**
- IRAM 11598. (1997). **Estructuras. Elementos prefabricados lineales. Ensayo de flexión.**
- IRAM 11625. (2000). **Aislamiento térmico de edificios. Verificación de sus condiciones higrotérmicas. Verificación del riesgo de condensación de vapor de agua superficial e intersticial en los paños centrales de muros exteriores, pisos y techos de edificios en general.**
- IRAM 11630. (2000). **Aislamiento térmico de edificios. Verificación de sus condiciones higrotérmicas. Verificación del riesgo de condensación de vapor de agua superficial e intersticial en puntos singulares de muros exteriores, pisos y techos de edificios en general.**
- IRAM 11658-1. (2003). **Aislamiento térmico de edificios. Puentes térmicos. Parte 1: Cálculo de flujos de calor en edificios. Método para el desarrollo de modelos.**
- IRAM 11658-2. (2003). **Aislamiento térmico de edificios. Puentes térmicos. Parte 2: Procedimiento para la validación de los métodos de cálculo de gran exactitud.**
- IRAM 11910-3. (1994). **Materiales de construcción. Reacción al fuego. Determinación del índice de propagación superficial de llama. Método del panel radiante.**
- IRAM 11912. (1995). **Materiales de construcción. Reacción al fuego. Determinación de la densidad óptica del humo generado por combustión o pirodescomposición de materiales sólidos.**
- ISO 8302. (1991). **Thermal insulation. Determination of steady-state thermal resistance and related properties. Guarded hot plate apparatus.**
- Ley 10604 de 2018 [Córdoba, Argentina]. **Adhesión provincial a la Ley Nacional 27424 de energías renovables.** <http://argentinambiental.com/legislacion/cordoba/ley-10604-adhesion-provincial-la-ley-nacional-27424-energias-renovables/>
- Ley 24051 de 1991 [Argentina]. **Residuos peligrosos.** <http://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/0-4999/450/textact.htm>
- Ley 25916 de 2004 [Argentina]. **Gestión de residuos domiciliarios.** <http://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/95000-99999/98327/norma.htm>
- Ley 27424 de 2017 [Argentina]. **Régimen de fomento a la generación distribuida de energía renovable integrada a la red eléctrica pública.** <http://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/305000-309999/305179/norma.htm>
- Max-Neef, M. A., Elizalde, A. y Hopenhayn, M. (2006). **Desarrollo a escala humana: conceptos, aplicaciones y algunas reflexiones (Vol. 66).** Icaria Editorial.

- Ministerio de Fomento [España]. (2019). **Documento Básico HE. Ahorro de energía.**
- Ministerio de Salud y Ambiente de la Nación [Argentina]. (2005). **Primer inventario nacional de bosques nativos.** https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/primer_inventario_nacional_-_informe_nacional_1.pdf
- Minke, G. (2013). **Manual de construcción con tierra.** BRC ediciones.
- Minke, G. (2013). **Revoques de barro. Mezclas, aplicaciones y tratamientos.** BRC ediciones.
- Minke, G. (2016). **Techos verdes: planificación, ejecución, consejos prácticos.** Merlín Productos y servicios editoriales.
- Navntoft, C., Garreta, F., Bertinat, P. y Chemes, J. (2016). **Energía solar térmica. Aporte para la implementación y desarrollo en Santa Fe.** Observatorio de Energía y Sustentabilidad. UTN/Facultad Regional Rosario.
- NBR 8491. (2012). **Tijolo de solo-cemento. Requisitos.**
- Neves, C. (21-23 de septiembre de 2004). **Proyecto 6 Proterra/CYTED.** [Memorias en cd-rom]. Seminario Internacional de Construcción con Tierra, San Salvador, El Salvador.
- Neves, C. y Faria, O. B. (2009). **Programa interlaboratorial PROTERRA. Ensaíos de adobe.** Boletín PROTERRA, 21(jul-set). <https://redproterra.org/wp-content/uploads/2019/06/Boletim21.pdf>
- Neves, C., Gutiérrez, Z. S. y Faria, O. B. (22-25 de octubre de 2018). **18° SIACOT [Memorias].** La Antigua Guatemala, Guatemala. <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/31796/1/documento.pdf>
- Ordenanza 12648 de 2017 [ciudad de Córdoba, Córdoba, Argentina]. **Marco regulatorio para la gestión integral de residuos sólidos urbanos.** https://static.cordoba.gov.ar/DigestoWeb/pdf/ec2ae67c-1adc-4926-beba-4070f565a995/TEX_12648.pdf
- Pesci, R. O., Pérez, J. H. y Pesci, L. (2007). **Proyectar la sustentabilidad. Enfoque y metodología de FLACAM para proyectos de sustentabilidad.** Editorial CEPA.
- Poggiese, H. A., Natenzon, C., de Rosas, F. y Francioni, M. D. C. (1994). **Metodología FLACSO de planificación-gestión.** Serie de Documentos e Informes de investigación, (163).
- Resolución E 378 de 2017 [Ministerio de Salud, Argentina]. **Directrices sanitarias. Autorización.** <https://www.argentina.gob.ar/normativa/nacional/resoluci%C3%B3n-378-2017-273418>
- Ribeiro, A. C. T. (2000). **Repensando a experiência urbana da América Latina: questões, conceitos e valores.** Consejo Latinoamericano de Ciencias Sociales.
- Rolón, G., Olivarez, J., Dorado, P. y Varela Freire, G. (2016). **Las construcciones del espacio domiciliar y peridomiciliar rural como factores de riesgo de la enfermedad de Chagas.** Construcción con tierra CT7, 57-68.

- Rotondaro, R. y Mandrini, M. R. (2018). **Bloques de tierra comprimida y tapia: dos técnicas con capacidad portante.** Estructuras, 1(2). <https://revistas.unc.edu.ar/index.php/estructuras/article/view/24739>
- Scialpi, G., Hugón, N. y Rotondaro, R. (2015). **Investigación teórico-práctica sobre la cultura constructiva regional en las terminaciones de muros de tierra cruda en dos climas de Argentina. Tierra, sociedad, comunidad.** 15° Seminario Iberoamericano de Arquitectura y Construcción con Tierra (pp. 141-153). Cuenca, Ecuador.
- Tomasi, J. y Bellmann, L. (2018). **La quincha y los sistemas de entramados.** Estructuras, 1(2). <https://revistas.unc.edu.ar/index.php/estructuras/article/view/24741>
- UNE 41410. (2008). **Bloques de tierra comprimida para muros y tabiques. Definiciones, especificaciones y métodos de ensayo.**
- Yapa, K. A. (2013). **Prácticas ancestrales de crianza de agua: una guía de campo: Estrategias para adaptarnos a la escasez de agua.**
- Zarr, R. R. (2010). **Uncertainty analysis of thermal transmission properties determined by ASTM C177-04.** Journal of testing and evaluation, 38(2), 151-160.



Área Tecnologías Sustentables
tecnosustentables@inti.gov.ar



 INTIArg

 @intiargentina

 @INTIargentina

 canalinti

 INTI

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

