

BOLETÍN N°8

VIGILANCIA TECNOLOGICA

Programa Tecnológico *Construye Zero*

P0

NEGOCIOS CIRCULARES DE PRODUCTOS DE CONSTRUCCIÓN

Los negocios circulares del sector construcción están enfocados en maximizar la reutilización y el reciclaje de los materiales, reducir residuos y lograr de esta forma minimizar el impacto ambiental. En nuestro país los Residuos Construcción y Demolición (RCD), representan cerca del 34% de acuerdo al estudio realizado por Conama (Conama, 2010). Desde esa fecha se viene trabajando en lograr disminuir y gestionar los residuos que genera la industria, buscando nuevas metodologías y herramientas que vayan en apoyo de realizar una mejor gestión.

Actualmente muchas empresas están comenzando a introducir al mercado productos circulares que buscan reducir el impacto ambiental y promover la sostenibilidad mediante el ciclo de vida completo del producto, generando valor a largo plazo, ya que al utilizar materia prima de un RCD y transformarlo en un nuevo producto, impacta directamente en la disminución del volumen de residuos en los botaderos (Construye 2025).

¿CONOCES EL PORTAL VERDE?

Es una plataforma que permite a los profesionales de la industria de la construcción acceder a información técnica y comercial de productos y servicios con atributos de sostenibilidad.

(Portalverde, 2024).

¿QUÉ EJEMPLOS EXISTEN DE NEGOCIOS CIRCULARES EN CHILE?

Poliestirec: Pintura hecha en Puerto Varas en base a plumavit reciclado, obtenido de la construcción e industria del Salmón. Se caracteriza por su homologación técnica con líneas de pintura premium en Chile. Logra cubrir el doble en una sola aplicación, disminuyendo la necesidad de utilizar aparejo previo. Este producto nace del Programa de Innovación Multisectorial para el Desarrollo de Soluciones a partir de RCD con fondos para prototipos de innovación en economía circular de Corfo. Actual-

mente se producen 40.000 litros / mes, que equivalen a 225 m3 de EPS lo que se traduce en 14.175 toneladas de CO2 /mes. Además, se gestionan mensualmente 280 m3 de EPS al mes evitando que lleguen a vertederos no autorizados 480 camiones al año. Dentro de los productos desarrollados hay: esmalte al agua, impermeabilizantes, anticorrosivos, entre otros (Ramírez, 2024).

Imagen N°1: Ciclo de vida Plumavit - Pintura. Fuente: Poliestirec (2024).



Imagen N°2: Aislación de celulosa proyectada en vivienda. Fuente: Thermikhaus (2024).

Thermikhaus: Aislación termoacústica con celulosa 100% reciclada generada en Puerto Varas. Es un producto aislante para viviendas y edificios que evita los puentes térmicos, resistente al fuego, disminuye la aparición de plagas, gracias al bórax incorporado y tiene una capacidad de instalación de 200 m2 al día/equipo. Debido a que es aislación proyectada, se requiere aplicar con un equipo especial que se arrienda desde 3 días en adelante. El costo aproximado de suministro e instalación va desde los \$8.000 el m2, que dependerá del proyecto, ubicación y espesor principalmente. Este producto está evitando que lleguen a vertederos alrededor de 500 toneladas anuales de papel y cartón que son reutilizados y convertidos en aislante para ser instalados en nuevas viviendas de la zona (Thermikhaus, 2024).

Reviste: Revestimiento de madera recuperada de la industria que se fabrica en re inserción laboral y social. De esta forma, se busca generar no solo un impacto ambiental con la reutilización de un residuo como la madera, sino que además ofrecer una alternativa sostenible sin renunciar a la calidad, diseño y precio. Por cada 1,6 toneladas de madera recuperada se obtienen 100 m² de revestimiento (*Reviste, 2024*).



Imagen N°3: Revestimiento Patagonia tablilla relieve - Portal de Montemar. Fuente: Reviste (2024).

Río Claro: Especializado en el reciclaje industrial promoviendo la economía circular, generando nuevos productos como eco áridos de escorias de acero y árido reciclado de hormigón y reciclaje de chatarra.

Otros negocios circulares en boletines anteriores son: Ideatec Pinturas y Eco Aza recuperando metales y generando nuevos productos como ERHA y ERH Ablaz. Puedes ver estos desarrollos en el [Boletín N°6](#) de las Vigilancias Tecnológicas de Construye Zero.

¿QUÉ ES PLATAFORMA INDUSTRIA CIRCULAR ?

Herramienta digital gratuita que busca conectar diferentes empresas de la cadena de valor de los residuos como gestores, transportistas, generadores y receptores mediante un marketplace. La plataforma logra conectar cuántos residuos son generados y cuántos son gestionados, logrando obtener indicadores de impacto ambiental y social ayudando a la toma de decisiones (*Bracho, 2024*).

¿QUIERES SABER MÁS?



- » Poliestirec.
- » Plataforma de industria Circular.
- » Thermikhaus.
- » Reviste.
- » No es residuo es recurso.
- » Modelo de negocio circular.
- » Desafío Santiago circular
- » Portal Verde.
- » Economía Circular en Construcción Recuperación de residuos como recursos para obras viales.
- » Erhablaz.
- » Idea-Tec.
- » Rioclaro.

En el próximo boletín

Ley Marco de Cambio Climático.

**Construye
Zero**

TACC01 Plataforma Pasaporte de Materiales

INDICADORES AMBIENTALES EN LA CONSTRUCCIÓN EXIGIDOS A NIVEL INTERNACIONAL

La construcción es uno de los sectores más importantes y al mismo tiempo, uno de los más desafiantes en términos de sostenibilidad ambiental. A nivel internacional, se han establecido diversos indicadores ambientales para evaluar y mejorar el impacto de las actividades del sector. Estos

indicadores no solo ayudan a cumplir con los objetivos del Acuerdo de París, sino que también promueven prácticas más sostenibles y eficientes en el uso de recursos (*Informe sobre la situación mundial de los edificios y la construcción, 2022*).



Imagen N°1: Principales tendencias mundiales de los edificios y la construcción entre 2015 y 2021. Fuente: Informe sobre la situación mundial de los edificios y la construcción en (2022).

¿CUÁL ES LA DIFERENCIA ENTRE UN ASPECTO AMBIENTAL Y UN IMPACTO AMBIENTAL?

Un aspecto ambiental es el elemento de las actividades, productos o servicios de una organización que puede interactuar con el medio ambiente, mientras que el impacto ambiental es cualquier cambio en el medio ambiente, ya sea adverso o beneficioso, como resultado total o parcial de los aspectos ambientales de una organización (*Yepes, 2018*).

IMPORTANCIA DE LOS INDICADORES AMBIENTALES

Los indicadores ambientales son fundamentales por (*The Circular Campus, 2014*):

- **Miden y monitorean:** Permitiendo comprender tendencias, identificar problemas emergentes y medir y comparar progresos realizados.
- **Buenas herramientas de comunicación:** Permiten comprender y visibilizar problemas ambientales complejos.
- **Miden los impactos:** Sirven para cuantificar el impacto del sector sobre el medio ambiente, lo que resulta esencial para priorizar acciones.
- **Facilitan la toma de decisiones:** Aportan datos e información para la generación de medidas y propuestas.
- **Hacen seguimiento:** Valoran la eficacia y resultados de medidas, políticas y propuestas.

ALGUNOS INDICADORES AMBIENTALES

Para evaluar el comportamiento ambiental de un edificio no resulta sencillo seleccionar qué indicadores son los más adecuados, ya que estos indicadores deberían cuantificar los impactos y aspectos ambientales durante el ciclo de vida completo. Existen indicadores para los que se cuenta con métodos de cálculo aceptados en el contexto del Análisis del Ciclo de Vida (ACV). La Norma europea **EN 15978 "Sustainability of construction works. Assessment of environmental performance of buildings. Calculation method"** proporciona unas tablas con aquellos indicadores de los que existen métodos de cálculo aceptados. Estos indicadores describen impactos ambientales, uso de recursos e información ambiental adicional (*Yepes, 2018*).

INDICADORES QUE DESCRIBEN IMPACTOS AMBIENTALES (YEPES, 2018):

- Potencial de calentamiento global, GWP (*Global warming potential*).
- Potencial de agotamiento de la capa de ozono estratosférica, ODP (*Depletion potential of the stratospheric ozone layer*).
- Potencial de acidificación de tierra y agua, AP (*Acidification potential of land and water*).
- Potencial de eutrofización, EP (*Eutrophication potential*).
- Potencial de formación de oxidantes fotoquímicos del ozono troposférico, POCP (*Formation potential of tropospheric ozone photochemical oxidants*).
- Potencial de agotamiento de recursos abióticos para elementos, ADP_elementos (*Abiotic Resource Depletion Potential for elements*).
- Potencial de agotamiento de recursos abióticos para combustibles fósiles, ADP_combustibles fósiles (*Abiotic Resource Depletion Potential of fossil fuels*).

UNE-EN 15643: SOSTENIBILIDAD EN LA CONSTRUCCIÓN. MARCO PARA LA EVALUACIÓN DE LOS EDIFICIOS Y LAS OBRAS DE INGENIERÍA CIVIL

Los objetivos de esta evaluación son determinar los aspectos e impactos relacionados a la sostenibilidad respecto a la zona de influencia, proporcionar la base para demostrar o comunicar a terceras partes el comportamiento ambiental, social y económico de la obra de construcción, proporcionar principios y requisitos para

la evaluación ambiental de los edificios y obras de ingeniería. La Norma UNE-EN 15643 se aplica a todo tipo de obras de construcción y es pertinente, tanto cuando son nuevas considerando su ciclo de vida completo, como cuando ya están construidas, considerando su vida de servicio restante y la etapa de fin (UNE, 2021).



Imagen N°2: Predecir el impacto ambiental de la construcción. Fuente: EcoHabitar (2020)

¿QUIERES SABER MÁS?



- » Informe sobre la situación mundial de los edificios y la construcción en 2022.
- » Marketplace para la reutilización de productos de la construcción.
- » Indicadores ambientales.
- » Evaluación de impacto ambiental mediante la introducción de indicadores a un modelo bim de vivienda social.
- » Predecir el impacto ambiental de la construcción de edificios.
- » UNE-EN 15643.
- » Qué indicadores se usan en la evaluación del comportamiento ambiental de los edificios?

En el próximo boletín

¿Cuáles son los métodos de validación de la información en los pasaportes de materiales a nivel internacional?

TACC02 Laboratorio para la Resiliencia y Durabilidad de los Materiales

¿CÓMO IMPACTA LA NUEVA REGLAMENTACIÓN TÉRMICA EN LOS MATERIALES Y SUS EXIGENCIAS?

Con el propósito de alcanzar una reducción promedio del 30% de la demanda de energía en calefacción en Chile, el Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU) ha instruido un aumento de las exigencias y estándares vigentes para vivienda, incorporando exigencias para otros destinos y abordando de manera integral los elementos de la envolvente térmica de las edificaciones (CDT, 2024).

El 27 de mayo del presente año se publicó en el Diario Oficial la actualización del artículo 4.1.10. de la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones (OGUC), que se enmarca en los parámetros actuales de la reglamentación térmica vigente aplica-

ble en las áreas en las que se utilizan las normas de Planes de Descontaminación Atmosférico (PDA) (Madera 21, 2024).



Imagen N°1: Normativa de aislación térmica, gran aliada para mejorar la calidad de vida de las personas. Instituto de la Construcción (2024).

¿CUÁNDO ENTRA EN VIGENCIA LA NUEVA REGLAMENTACIÓN TÉRMICA?

Se trata de una reglamentación que entrará en vigencia en noviembre del 2025, y que no solo considera lo térmico, sino que también lo higrotérmico. Implica un desafío para las distintas áreas de la industria de la construcción. (CChC, 2024).

¿CUÁLES SON LAS PRINCIPALES MODIFICACIONES DE LA NUEVA REGLAMENTACIÓN TÉRMICA?

La modificación del artículo 4.1.10. de la OGUC, actualiza sus estándares y normas técnicas referidas al acondicionamiento térmico, estableciendo requisitos y mecanismos de acreditación para las edificaciones, tales como (Madera 21, 2024):

· Cambios en zonificaciones térmicas:

La nueva reglamentación toma en cuenta con mayor precisión la diversidad térmica del país, aumentando de 7 a 9 zonas, permitiendo una mejor adaptación de las edificación a las condiciones climáticas de cada región.

· Aumento de las exigencias de aislación térmica:

Se incrementan las exigencias de aislación térmica, incluyendo las puertas, aumentando significativamente los requerimientos para muros, especialmente aquellas materialidades que requieren mayor aislación como los ladrillos.

· Porcentaje máximo de ventanas según fachada:

Las fachadas Norte permiten un mayor porcentaje de acristalamiento, seguidas por las fachadas Poniente y Oriente, y finalmente las fachadas Sur, que permiten el menor porcentaje de ventanas. Cuando la edificación posea menos del 60% de la superficie de los muros perimetrales

expuesta al ambiente exterior, a espacios contiguos, abiertos o a recintos no acondicionados, será aplicable el porcentaje indicado para la orientación global teórica (OGT). Además, se puede optar por vidrios de menores prestaciones térmicas si los muros tienen mejor aislación, ponderando la transmitancia térmica de los muros con la de los vidrios para un cumplimiento alternativo.

· **Aislación en sobrecimientos:** Se exigirá aislar los sobrecimientos, mientras que el radier o losa sobre terreno no requerirá la colocación de material aislante debajo de éste.

· **Análisis de condensaciones superficial e intersticial:** En los complejos de muros perimetrales, techumbre y piso ventilado, se deberá verificar que no exista riesgo de condensación superficial o intersticial. El análisis deberá incluir los puentes térmicos de la solución constructiva.

· **Exigencias para infiltraciones de aire:** Las viviendas deberán cumplir con exigencias de infiltración de aire según la provincia. Se requerirá realizar un ensayo en terreno con la vivienda ya construida para validar que se cumplen estas exigencias.

· Estándares mínimos de ventilación:

Se deberán cumplir con las normas de ventilación según NCh 3308 (Ventilación - Calidad aceptable de aire interior - Requisitos) y NCh 3309 (Ventilación - Calidad aceptable de aire interior en edificios residenciales de bajo altura - Requisitos). La tasa mínima de ventilación dependerá de cada proyecto, considerando factores como el número de dormitorios, baños y el tamaño de la cocina. El cumplimiento de estas normas se acreditará mediante un informe técnico.



Imagen N°2: Seminario sobre la Actualización de Reglamentación Térmica: Miradas para avanzar en la nueva normativa. Fuente: Cámara Chilena de Construcción CChC (2024).

¿CÓMO APORTAN LOS MATERIALES Y SOLUCIONES CONSTRUCTIVAS EN EL CUMPLIMIENTO DE LOS NUEVOS ESTÁNDARES?

El principal desafío de la nueva normativa térmica es su implementación, donde los proveedores de materiales y las soluciones constructivas tienen un rol protagónico. Si bien, la normativa establece requerimientos mínimos, es la industria de la construcción, a través de la innovación, la que permitirá a proyectistas y desarrolladores aplicar estos nuevos estándares (Lanata, 2024).

El cumplimiento de los nuevos requerimientos y estándares se traduce en alcanzar temperaturas de confort y mejorar la calidad del aire del ambiente interior en las edificaciones, evitar patologías constructivas por condensación, reducir el consumo de leña utilizada para calefacción, disminuir las emisiones de material particulado en el ambiente y contribuir al ahorro en calefacción, entre otros (MINVU, 2024).

¿QUIERES SABER MÁS?



- » Nueva reglamentación de aislación térmica - MADERA 21.
- » Nueva Reglamentación Térmica del Minvu: Avances hacia Viviendas Más Eficientes y Sostenibles - EDIFICA 2024.
- » Nueva reglamentación de aislación térmica - CDT.
- » Seminario sobre la Actualización de Reglamentación Térmica: miradas para avanzar en la nueva normativa - CChC.
- » Normativa de aislación térmica: gran aliada para mejorar la calidad de vida de las personas - Instituto de la Construcción.
- » Modificación a la OGUC: Nueva reglamentación térmica - MINVU.

En el próximo boletín

Evitando residuos al utilizar los edificios como banco de materiales. Impacto de la durabilidad y resiliencia de los materiales para ese objetivo.

TACC03 Gemelo Digital

ESPECIAL DIGITAL CONSTRUCTION WEEK

La Digital Construction Week (DCW) es el principal evento del Reino Unido para la innovación y la tecnología en la construcción. Se realizó del 5 al 6 de junio en el ExCeL de Londres y contó con la participación de más de 6.400 profesionales de la industria y más de 300 speakers, quienes abordaron temas como gemelos digitales, datos de productos, interoperabilidad y descarbonización. Además, participaron más de 150 marcas disruptivas que demostraron en vivo sus últimas soluciones tecnológicas para la construcción digital, explorando aplicaciones de IA, robótica y tecnologías sostenibles para mejorar proyectos, equipos, negocios y el entorno construido.

Bajo ese contexto, la *Cámara Chilena de la Construcción* realizó una misión internacional participando del evento, por lo que en este boletín se compartirán las principales experiencias y aprendizajes relacionados a uno de los principales temas abordados: Gemelos Digitales.

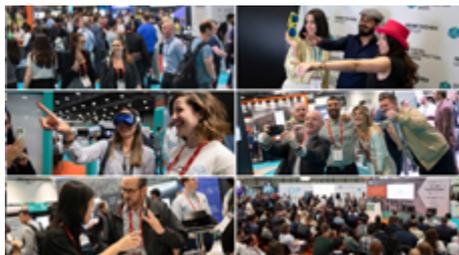


Imagen N°1: Feria Digital Construction Week. Fuente: Digital Construction Week (2024).

AVANCES Y NOVEDADES PRESENTADAS

Durante la DCW, se presentaron varios avances y aplicaciones de los gemelos digitales en la industria de la construcción: **integración con ciudades inteligentes**, ya que son componentes clave de iniciativas de ciudades, influyendo en el desarrollo urbano a gran escala; **mejoras en interoperabilidad** entre diferentes plataformas y soluciones de software, que garantiza la colaboración fluida entre arquitectos, ingenieros, contratistas y gestores de proyectos, resultando en un enfoque más integrado y eficiente durante todo el ciclo de vida y **predicciones basadas en IA y expansión del IoT**. Estos avances buscan mejorar la gestión de los proyectos (Jiménez, 2024).

A continuación se presentan algunas iniciativas que integran gemelos digitales:

Invicara-Digital Twin Factory: iniciativa de software de código abierto que busca facilitar el desarrollo y la adopción de la tecnología de gemelos digitales en diversas industrias. La plataforma proporciona un entorno impulsado por la comunidad, donde los equipos de innovación empresarial y los proveedores de soluciones de software pueden acceder a bloques de construcción gratuitos para crear sus propias aplicaciones (Digital Construction Today, 2023).

Visual360 AS: integran tecnologías de gemelos digitales con recorridos virtuales para ofrecer experiencias más inmersivas y datos más valiosos a sus clientes. Utiliza tecnologías de escaneo 3D avanzadas para capturar datos precisos y crear modelos virtuales detallados de espacios físicos, que son la base para construir gemelos digitales interactivos, que se conectan con sensores IoT instalados en los espacios escaneados. Esto permite recopilar datos en tiempo real sobre factores como ocupación, condiciones ambientales, consumo de energía y más (Digital Construction Week, 2024).

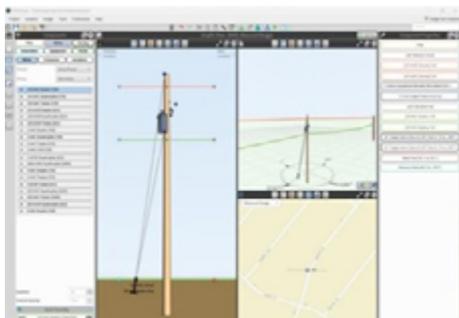


Imagen N°2: gemelos digitales de activos de líneas eléctricas. Fuente: Spatial Data AI (2024).

¿SABÍAS QUÉ?

Para las empresas que utilizan la Metodología BIM en Chile, el uso de gemelos digitales no debiera estar tan distante ni se observa compleja su aplicación. (José Luis Jiménez, Líder Productividad CDT).

iTwin Activate: ayuda a las empresas emergentes a definir y crear soluciones relevantes para la industria. Por ejemplo, Spatial Data AI creó una herramienta de exportación que genera gemelos digitales de activos de líneas eléctricas para acelerar el análisis de la infraestructura eléctrica (Bentley, 2024).

WSB-SYNCHRO: ayuda al mercado de infraestructura civil a superar los desafíos de adoptar flujos de trabajo digitales basados en modelos y aprovechar el poder de los gemelos digitales de construcción. Permite a los equipos de proyecto simular y optimizar procesos antes de la construcción física, mejorando la planificación y reduciendo costos (Digital Construction Week, 2024).

Twin Infra: plataforma para la gestión del diseño de la construcción. Esta plataforma busca optimizar la planificación, la ejecución y el mantenimiento de proyectos de construcción al ofrecer una representación digital precisa y en tiempo real de infraestructuras y activos (Digital Construction Week, 2024).

CASOS DE ÉXITO EN UK Y EL MUNDO

Los gemelos digitales están demostrando su poder, desde las fases de planificación y diseño hasta las operaciones y el mantenimiento. Los ejemplos de gemelos digitales de AEC son escasos, se requiere una amplia gama de habilidades, conocimientos y experiencia para conectar una serie de tecnologías emergentes. Sin embargo, en DCW se presentaron casos de éxito interesantes de conocer:

Implementación de gemelos digitales

Hinkley Point C: mayor proyecto de construcción de Europa, aplica capacidades líderes en la industria para ofrecer un gemelo digital integrado y único de la planta eléctrica. Esta aplicación de tecnología está redefiniendo la gestión integral de las etapas del ciclo de vida de la planta (*Digital Construction Awards, 2024*).

Terminal 5 de Aeropuerto Heathrow: la construcción de la terminal planteó muchos retos, dado la multitud de partes interesadas, diseños complejos y un calendario muy apretado. El uso de gemelos digitales fue decisivo para el equipo del proyecto, ya que proporcionó una visión global del avance de las obras (*Digital Construction Awards, 2024*).

El Astillero Shard Londres: durante la fase de diseño, los complejos diseños arquitectónicos y las exhaustivas simulaciones estructurales se fusionaron a la perfección en el gemelo digital del edificio. Más allá de la fase de construcción, este gemelo digital siguió siendo un activo clave, desempeñando un papel vital en la supervisión del rendimiento continuo del edificio, con un enfoque específico en la eficiencia energética y la integridad estructural (*Digital Construction Awards, 2024*).

José Luis Jiménez, Líder de Productividad de la CDT y coordinador de la Comisión de Productividad de la CChC, participó de la misión y analizó los principales desafíos de aplicar esta tecnología en Chile. Para Jiménez, el gran desafío para que esta tecnología avance, es trabajar fuertemente en la aplicación del BIM en la obra, basado en un entorno común de datos que incluya diseño, ingeniería, especialidades y construcción; y así aprovechar toda su potencialidad para hacer gestión en la etapa de ejecución del proyecto con y desde los modelos. Además, es importante asegurar liderazgo para vincular la tecnología y sostenibilidad en las estrategias de crecimiento de la organización y la toma de decisiones, capacitando al personal en las nuevas tecnologías y las posibilidades de aplicación dentro de la empresa.

¿QUIERES SABER MÁS?



- » *Visual360 AS y DCMS NETWORK USA INC forjan una alianza estratégica para expandir la tecnología de gemelos digitales a nivel mundial.*
- » *WSB y Bentley Systems ofrecen un nuevo servicio de gestión de construcción digital basado en SYNCHRO.*
- » *Bentley Systems anuncia iTwin Activate: infraestructura de Internet de las cosas.*
- » *KKMSOFT presentará en DCW una vista previa de la plataforma Twin Infra Digital Twin para la gestión del diseño de la construcción.*
- » *Desmitificando los gemelos digitales.*
- » *DCW: El gran valor de los gemelos digitales de infraestructura finalmente está aquí.*
- » *Gemelo digital con aprendizaje automático para el seguimiento predictivo del CO2 equivalente de edificios existentes.*
- » *Lista de finalistas de los premios Digital Construction Awards 2024: Mejor aplicación de tecnología.*
- » *5 Ways Heavy Civil Teams Benefit from 4D Digital Twins.*
- » *Gemelo digital en la construcción: ventajas, retos y ejemplos reales.*
- » *Desafíos y oportunidades de ciberseguridad de los gemelos digitales.*
- » *Invicara launches open-source digital twin factory. Digital Construction Today.*
- » *Construyendo el futuro de la tecnología de gemelos digitales.*

En el próximo boletín

Especial Edifica: Resultados del gemelo digital en un contexto público y real

TACC04 Plataforma de Optimización y Eficiencia Energética

PDA'S ¿CÓMO SE PUEDE VERIFICAR DIGITALMENTE QUE LAS SOLUCIONES PLANTEADAS CUMPLEN CON LO REQUERIDO?

La Superintendencia de Medio Ambiente (SMA) tiene como objetivo ejecutar, organizar y coordinar el seguimiento y fiscalización de las medidas establecidas en los Planes de Prevención y/o Descontaminación Ambiental (PDA's), los cuales contemplan una serie de medidas de control, con el fin de recuperar los niveles establecidos para resguardar la salud de la población en las Normas de Calidad Ambiental (SMA, 2024).

De lo anterior, la SMA tiene facultades para:

- Generar directrices e instrucciones en el ejercicio de su función reguladora.
- Ejecutar anualmente la fiscalización ambiental asociada a instrumentos normativos de su competencia, mediante cualquiera de estas modalidades de fiscalización: (i) en forma directa, (ii) en coordinación con otros organismos del estado o (iii) mediante la contratación de terceros acreditados.
- Atender las denuncias originadas en el incumplimiento de la normativa aplicable.



Imagen N°1: Nuevos Planes de Descontaminación Atmosférica para distintas comunas de la región de Los Lagos. Fuente: MMA, 2024.

Las principales temáticas reguladas y fiscalizadas de competencia de la SMA en el marco de los PDA's corresponden al uso de artefactos a leña, comercialización de leña seca, límite de emisión de fuentes estacionarias y prohibición de funcionamiento de fuentes estacionarias en preemergencia y emergencia ambiental. El reporte de los compromisos establecidos en los planes de prevención y descontaminación listados a continuación debe realizarse a través del Sistema de Seguimiento Atmosférico (SISAT) (SMA, 2024).

¿SABES QUÉ SON LOS PDA'S?

Los Planes de Prevención y/o Descontaminación Atmosférica (PPDA), son instrumentos de gestión ambiental, que a través de la definición e implementación de medidas y acciones específicas, tiene por finalidad reducir los niveles de contaminación del aire, con el objeto de resguardar la salud de la población.

Los Plan de Descontaminación Atmosférica (PDA), tienen por finalidad recuperar los niveles señalados en las normas ambientales de calidad de una zona saturada.

¿CÓMO SE EVALÚA EL ESTADO DE AVANCE DE LOS PDA'S?

Con el objeto de cumplir con la función de verificación del estado de avance de los PDA's y así velar por su cumplimiento, se establecen indicadores y medios de verificación para las medidas a ejecutar por organismos sectoriales con responsabilidad en la implementación del Plan, los cuales deben registrar y reportar el progreso de éstas, con el propósito de dar cuenta sobre su estado de avance. Para lo anterior se debe (SMA, 2023):

- Evaluar las condiciones o hitos necesarios que se requieren para ejecutar la medida.
- Disponer del reporte anual de las medidas asignadas por los servicios.

Para la elaboración del informe cada medida se categoriza bajo los siguientes criterios (SMA, 2023):

- **Medida sin avance no reportada (No):** Cuando los antecedentes proporcionados por el servicio no dan cuenta de la implementación y/o avance de la medida, o bien el servicio a cargo de la medida no reportó estado para el periodo.

- **Medida con avance (Sí):** Cuando los antecedentes proporcionados por el servicio responsable dan cuenta de la implementación y/o avance en la medida comprometida.

- **Medida que cumple con el supuesto de implementación:** Corresponde a aquella medida que reúne todas las condiciones para su implementación, por lo tanto, es posible evaluar el indicador para el año en evaluación.

- **Medida que no cumple supuesto de implementación (No Aplica):** Cuando no corresponde la exigencia de la medida, dado que no se cumplen los supuestos establecidos en el Plan para su implementación. En estas medidas no se puede verificar estado de avance, por lo que son descontadas del denominador global para el periodo en evaluación.

SEGUIMIENTO DE PLANES DE PREVENCIÓN Y/O DESCONTAMINACIÓN

El seguimiento de los Planes de Prevención y/o Descontaminación permite el acceso a información relacionada con el seguimiento de fuentes o procesos efectos de los mismos. Para lo anterior, se ha dispuesto de una plataforma digital desarrollada por la Superintendencia de Medio Ambiente llamada “Sistema de Información de Fiscalización Ambiental” (SNIFA).



Imagen N°2: Plataforma del Sistema de Información de Fiscalización Ambiental (SNIFA). Fuente: SMA, 2024.

¿QUÉ ES SNIFA?

El Sistema de Información de Fiscalización Ambiental (SNIFA) es un sitio web de acceso público, que proporciona información sobre los procesos de fiscalización y sancionatorios realizados por la SMA, bajo un enfoque territorial. Además, incluye acceso a los registros públicos de instrumentos de carácter ambiental (SMA, 2024).

¿QUÉ INFORMACIÓN CONTIENE SNIFA?

Este sistema se conforma de distintos antecedentes e información de carácter ambiental. En cuanto a los PDA's, se encuentra disponible la totalidad de sus antecedentes; las acciones de fiscalización desarrolladas al respecto y sus resultados, y las mediciones, análisis y demás datos que conforme a las medidas de cada Plan, deban proporcionarse por los sujetos fiscalizados o por los organismos sectoriales competentes (SMA, 2024).

¿QUIERES SABER MÁS?



- » Planes de Prevención y Descontaminación Ambiental - SMA.
- » Informe del estado de avance de las medidas e instrumentos del plan año 2022, ejecutados por los organismos sectoriales, Coyhaique - SMA.
- » Sistema Nacional de Fiscalización Ambiental (SNIFA) - SMA.
- » Estado de avance de Planes de prevención y/o descontaminación atmosférica SNIFA.
- » Planes de Prevención y/o Descontaminación Atmosférica (PPDA) - MMA.
- » Ministerio del Medio Ambiente publica anteproyecto de plan de descontaminación atmosférica para nueve comunas de la región de Los Lagos - MMA.

En el próximo boletín

Upgrade en soluciones modulares: Accesorios que pueden mejorar su comportamiento e impacto

TACC05 Módulo Multipropósito “Net Zero”

CONSTRUCCIÓN VOLUMÉTRICA: CONCEPTO, VENTAJAS, DESVENTAJAS Y DESAFÍOS

La construcción volumétrica, también conocida como construcción modular 3D, es una metodología dentro de los Métodos Modernos de Construcción (MMC) que ha ganado popularidad en las últimas décadas, debido a sus potenciales ventajas en términos de eficiencia, sostenibilidad y calidad. La construcción volumétrica se refiere a la fabricación y ensamblaje de unidades volumétricas tridimensionales

en un entorno controlado, para luego ser transportadas al sitio de construcción donde se ensamblan en la estructura final. Estas unidades pueden estar en obra gruesa, semi o completamente terminadas, incluyendo acabados interiores y exteriores, instalaciones eléctricas, antes de ser entregadas al sitio, lo que minimiza el trabajo en obra (Yepes, 2020).

▶ “Al elegir entre construcción volumétrica y panelizada, es fundamental considerar varios factores que influyen en la decisión, ya que no existe una solución universalmente mejor; la elección depende de las necesidades específicas del proyecto”. (Rodrigo Araya, gerente Prefabricadas Premium).

¿VENTAJAS Y DESVENTAJAS?

Entre las principales ventajas asociadas a los MMC1, se encuentran:

Reducción de tiempos: la construcción volumétrica puede reducir el tiempo de edificación hasta un 50%, ya que, aproximadamente, el 80% del trabajo se realiza en fábricas, lo que minimiza el impacto de condiciones climáticas adversas en el sitio de construcción (Dowsett, 2019).

Sostenibilidad: este método facilita el uso de materiales sostenibles y diseños energéticamente eficientes, además de generar menos residuos (CTEC, 2024).

Calidad y precisión: la fabricación en un entorno controlado permite mantener estrictas tolerancias, lo que reduce errores y mejora la seguridad (López, 2017).

Versatilidad en diseño: los módulos pueden ser diseñados para satisfacer necesidades específicas, lo que permite un enfoque más personalizado en la construcción de edificaciones (Yepes, 2020).

Por otro lado, existen desafíos que podrían generar resistencias o ser consideradas como desventajas en ciertas condiciones:

Costos iniciales: aunque los costos de construcción pueden ser menores a largo plazo, la inversión inicial en tecnología y maquinaria para la prefabricación puede ser alta (Motiar, 2014).

Dependencia de proveedores: la calidad de la construcción volumétrica depende de la capacidad y experiencia de los proveedores de módulos, lo que puede ser

un riesgo si no se eligen adecuadamente (Dowsett, 2019).

Limitaciones de diseño: aunque hay flexibilidad, los diseños volumétricos pueden estar limitados a dimensiones y características de los módulos, lo que podría restringir la creatividad arquitectónica (Motiar, 2014).

¿CUÁNDO CONVIENE USAR UN MMC1?

Un debate interesante en torno a los Métodos Modernos de Construcción y, en específico, a las soluciones volumétricas y panelizadas, es si uno es mejor que otro. La gran respuesta que viene a desmitificar lo anterior, es que no hay un Método Moderno de Construcción mejor que otro, sino que existen distintos factores que afectan la decisión o la factibilidad de incorporar estas metodologías en proyectos (López, 2017). Los aspectos clave a tener en cuenta al momento de evaluar el uso del MMC1 son:

Diseño para el transporte: es un aspecto que impacta la eficiencia y el éxito del proyecto. Se debe tener en cuenta las dimensiones y peso de los módulos, ya que hay que considerar las dimensiones máximas que pueden ser transportadas en camiones o vehículos de carga, así

como el peso total para garantizar que se cumplan las regulaciones de transporte y se utilicen los equipos adecuados para su manipulación. Es fundamental tener en cuenta la cantidad de viajes que se deben hacer y las distancias a cubrir, así como también, la accesibilidad al lugar de construcción (Goodier, 2019).

Planificación logística: es fundamental para asegurar que los módulos lleguen a tiempo y en condiciones óptimas. Esto incluye seleccionar rutas que minimicen el riesgo de daños durante el transporte y que sean accesibles para los vehículos de carga, sincronizar la llegada de los módulos con el cronograma de construcción para evitar retrasos en el ensamblaje y considerar espacios adecuados para el almacenamiento de módulos en el sitio de construcción (Goodier, 2019).



Imagen N°1: Transporte vivienda modular v/s panelizada. Fuente: Prefabricadas Premium (2024).

Protección durante el transporte: los módulos deben estar protegidos contra condiciones climáticas y posibles daños. Esto puede incluir el uso de cubiertas, almohadillas y otros materiales de protección para asegurar que los módulos lleguen en perfectas condiciones (Sánchez, 2020).

Diseño: debe facilitar un montaje eficiente en el sitio de construcción. Esto implica que los módulos deben ser fácilmente acoplables y que el proceso de elevación y ensamblaje esté bien planificado, utilizando grúas y equipos adecuados para minimizar el tiempo de instalación y los

riesgos de seguridad, teniendo en cuenta el tonelaje de los módulos (Dowsett, 2019).

Finalmente, es fundamental evaluar los costos asociados al transporte de los módulos. Esto incluye no solo el costo del transporte en sí, sino también costos de manipulación, almacenamiento y cualquier equipo adicional que pueda ser necesario. La elección de materiales y métodos de construcción que optimicen estos costos puede influir significativamente en el presupuesto total del proyecto (Sánchez, 2020).

¿QUÉ DESAFÍOS EXISTEN EN CHILE?

Integración de métodos: la implementación exitosa de los MMC requiere de una transformación en la metodología de trabajo, incluyendo la integración de BIM, LEAN Construction y DFMA para maximizar la eficiencia de estos proyectos (GRAITEC, 2024).

Capacitación y adaptación: es necesario capacitar a los trabajadores y adaptarse a las nuevas formas de trabajo, lo que puede ser un desafío en sectores con tradiciones arraigadas en métodos de construcción más convencionales (CDT, 2023).

Aceptación del mercado: a pesar de sus ventajas, la aceptación de los MMC en el mercado puede ser lenta, debido a la resistencia al cambio y la falta de familiaridad con estas técnicas (PROMET, 2023).



Figura 2. Módulos volumétricos 3D (3D volumetric modules). Universidad del País Vasco.

¿QUIERES SABER MÁS?



- » Métodos Modernos de Construcción (MMC): fabricación modular.
- » Barreras para la implementación de Métodos Modernos de Construcción (MMC).
- » Modularización y construcción fuera de sitio en ingeniería en construcción: una herramienta de apoyo a la toma de decisiones tempranas.
- » MMC supply chain integration roadmap for small housebuilders.
- » Guía Introductoria Métodos Modernos de Construcción (MMC).
- » Evaluación multicriterio de alternativas de estructuras sostenibles para una vivienda unifamiliar autopromocionada.
- » Construcción modular en hormigón: una tendencia al alza.
- » Beneficios y desafíos de la construcción modular.
- » Construcción modular: Cómo proporcionar soluciones eficientes para viviendas asequibles y de transición.
- » La construcción modular en el contexto latinoamericano: retos y oportunidades.
- » Impacto y desafíos de la automatización en el empleo del sector construcción.
- » ¿Cómo funciona la Construcción Modular?
- » Integrando DfMA, BIM y Sostenibilidad en la era digital de la construcción.

En el próximo boletín

Estudio de caso: Módulo y energía off grid. ¿Cuáles son sus resultados?.

**Construye
Zero**

TACC06 Torre Híbrida Solar Eólica

SOLUCIONES DE ENERGÍA RENOVABLE COMBINADAS: ¿QUÉ PASA SI UTILIZAMOS EL SOL, VIENTO, AGUA Y TIERRA DE MANERA COMBINADA?

El problema del cambio climático se basa en la energía, debido a la gran cantidad de Gases de Efecto Invernadero (GEI) que cubren la tierra y atrapan el calor del sol, debido a la quema de combustibles fósiles. El petróleo, carbón y gas son los mayores causantes del cambio climático a nivel global con un 75% de las emisiones de GEI y el 90% de las emisiones de dióxido de carbono. Para mitigar estos efectos se debe disminuir y llegar a cero el consumo de combustibles fósiles, los que deben ser reemplazados por energías renovables que sean limpias, asequibles, sostenibles y fiables. En la actualidad el 29% de la electricidad proviene de fuentes de energía renovable (Naciones Unidas, 2024).

El 80% de la población mundial vive en países que importan combustibles fósiles, versus las fuentes de energía renovable

existentes en cada país que todavía no se han aprovechado completamente. La Agencia Internacional de Energías Renovables (o IRENA, por sus siglas en inglés) calcula que el 90 % de la electricidad mundial puede, y debe, tener su origen en las energías renovables para el año 2050 (Naciones Unidas, 2024).



Imagen N°1: Energías renovables para un futuro más seguro. Fuente: Naciones Unidas- Acción por el clima (2024).

¿SABÍAS QUÉ?

Para el 2025 debe estar implementado en Chile la reforma que permite materializar la trayectoria futura para el aumento del precio al carbono hacia el 2050, el que debe estar en un rango de 50 y 80 dólares por tonelada de CO2 equivalente al 2040 (Ministerio de Energía, 2022).

¿LAS ENERGÍAS RENOVABLES SON MÁS SANAS?

La OMS indicó que cerca del 99% de las personas del planeta respira un aire que no llega a los límites de calidad adecuados y esto está provocando un peligro en la salud. Cada año se registran alrededor de 13 millones de muertes en todo el mundo provocadas por entornos ambientales

contaminados, ya que a partir de la quema de combustible se originan materiales en forma de pequeñas partículas y dióxido de nitrógeno. El cambio a energías renovables evitará la contaminación del aire ayudando a mejorar la salud y el cambio climático (Naciones Unidas, 2024).

¿QUÉ BENEFICIOS PERCIBIMOS DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES COMBINADAS?

Al utilizar una combinación de fuentes de energía se pueden obtener beneficios como:

Estabilidad y fiabilidad: Al combinar diferentes fuentes, se puede compensar la intermitencia (solar-eólica) con la constancia de otras como hidroeléctrica - geotérmica (Vivanco, 2020).

Reducción de emisiones: Al tener la totalidad de fuentes de energía renovables reducirán la generación de emisiones de Gases de Efecto Invernadero (Vivanco, 2020).

Optimización de recursos: Se maximiza el uso de recursos naturales disponibles en una región específica (Vivanco, 2020).

Resiliencia energética: Un sistema diversificado es menos vulnerable a fallos y puede adaptarse mejor a cambios en las condiciones climáticas o de demanda (Vivanco, 2020).

Para llevarlo a un ejemplo práctico, una comunidad podría utilizar paneles solares durante el día, aerogeneradores en áreas ventosas, una pequeña planta hidroeléctrica en un río cercano y sistemas geotérmicos para calefacción. Esta combinación proporciona una fuente de energía constante y sostenible (Medina, 2024).

¿QUÉ PAÍSES PRODUCEN EL 100% DE SU ENERGÍA CON FUENTES RENOVABLES?

De acuerdo a la Agencia Internacional de Energía (AIE) algunas naciones ya abastecen la totalidad de su demanda eléctrica a partir de fuentes renovables como: Albania, Bután, Etiopía, Islandia, Nepal, Paraguay y República Democrática del Congo, que combinan energía geotérmica, hidráulica, solar y eólica. Además de Alemania, Portugal y Costa Rica pueden abastecer el 100% pero solo en breves períodos. De esta forma las energías renovables pasaron a representar el 43% de la capacidad global instalada, logrando un aumento de 473 gigavatios (GW) de nueva capacidad agregada a nivel mundial (Zapata, 2024).

¿CUÁL ES LA SITUACIÓN ACTUAL EN CHILE ?

En los últimos cinco años se han experimentado grandes cambios respecto a la participación de las energías renovables en el sistema eléctrico nacional, pasando de un 42% a un 55% en el 2020. Desde el 2015 se está evolucionando en la generación a nivel nacional, principalmente por el despliegue de las instalaciones fotovoltaicas. Es necesario seguir avanzando hacia una matriz energética 100% cero emisiones (Ministerio de Energía, 2022).

La generación eléctrica será renovable

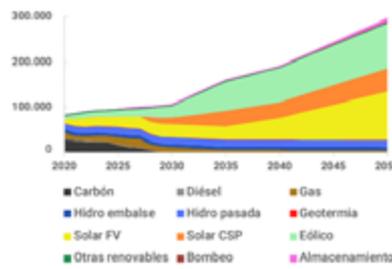


Imagen N°2: Proyección de generación eléctrica por tipo de fuente (GWh). Fuente: Informe preliminar de la Planificación Energética de Largo Plazo (PELP), resultados escenarios Acelerando la Transición Energética.

CASO: TORRE DE ENERGÍA MÓVIL EN CHILE

Sistema móvil autónomo de energía, que cuenta con energía eólica y fotovoltaica mediante paneles solares para cargar las baterías de gel que componen el equipo, entregando 36 horas de autonomía a 200 w. El sistema está diseñado sobre un carro móvil para poder ser traslado a cualquier lugar, posicionado en minería. En la actualidad cuenta con 2 paneles solares de 190w, 1 generador eólico de 400w, 7,2 Kwh de baterías de gel, un mástil telescópico manual o eléctrico de 6 metros que soporta 200 kg y se puede utilizar para cctv e iluminación. Es fabricado en Chile por DBP Mining Group y tiene un costo aproximado de \$12.000.000 para el modelo CRP-200 (Barrera, 2024).



Imagen N°3: Carro CRP-200. Fuente: DBP MINING GROUP (2024).

Las dimensiones generales son de 2,7 m de largo, 1,3 metros de ancho, 2,4 metros de alto y pesa 350 kg. Tiene un giro de 360°, soporta una velocidad de 100 km/h, posee refuerzos de protección contra golpes y cortes, soporta temperaturas de -30° a 60° y tiene cuatro patas estabilizadoras (Barrera, 2024).

¿QUIERES SABER MÁS?



- » Energías Renovables.
- » Enfoque técnico para la implantación de sistemas híbridos de energías renovables: retos, posibilidades e implicaciones.
- » Siete países ya producen el 100% de su energía con fuentes renovables, ¿cuáles son?
- » Energía sin emisiones.
- » DBP MINING GROUP.
- » Energía renovable y no renovable, ventajas.
- » OMS.
- » Causas y efectos del cambio climático.

En el próximo boletín

Especial Edifica: Traslado de la torre híbrida a montaje y resultados de la expo.



TACC07 Fachadas Adaptables Industrializadas

MMC 5: SOLUCIONES PREFABRICADAS NO ESTRUCTURALES

Los Métodos Modernos de Construcción (MMC) abarcan una amplia gama de técnicas y soluciones constructivas innovadoras que se utilizan para mejorar la eficiencia, reducir tiempos y aumentar la sostenibilidad en la industria de la construcción. El MMC5 se refiere específicamente a las soluciones prefabricadas no estructurales (CTEC, 2024).

Estas soluciones incluyen componentes prefabricados (unidades volumétricas, panelizados o elementos aislados) que no aportan resistencia estructural, pero que aportan funcionalidad y valor añadido al proyecto (CTEC, 2024). Las variantes de soluciones prefabricadas no estructurales podrían incluir:

Módulos: de baños, cocinas o combinación de ambos, incluyendo estructuras de cerramiento/soporte, así como también armarios de servicios con equipos

de centrales de ventilación, electricidad, climatización, etc. (CTEC, 2024).

Componentes: de fachada no estructurales, de techo, de piso, infraestructura de ventilación/electricidad o subdivisiones con instalaciones y terminaciones añadidas. Además se incluyen las puertas precolgadas, terminados con herrajes, etc. (CTEC, 2024).

Estas soluciones prefabricadas no estructurales aportan importantes beneficios a los proyectos de construcción, como reducción significativa de tiempos de ejecución, mejora de la calidad y precisión de los acabados, minimización de residuos y desperdicio de materiales, condiciones de trabajo más seguras al reducir trabajos en altura y posibilidad de incorporar tecnologías avanzadas de forma más sencilla (Wang, 2024).

¿SABÍAS QUÉ?

Los Métodos Modernos de Construcción o MMC buscan hacer más eficiente el uso de recursos para mejorar la productividad y sustentabilidad de los proyectos de edificación e infraestructura de todo el ciclo de vida. Contemplan 7 categorías que pueden ejecutarse en obra o fuera de ella. Las fachadas industrializadas corresponden al MMC5 (CTEC, 2024).

INNOVACIONES Y NUEVAS TENDENCIAS MMC5

La evolución de las soluciones prefabricadas no estructurales ha sido significativa en las últimas décadas. Inicialmente, estas soluciones se limitaban a paneles sencillos y elementos de cerramiento básico. Sin embargo, con el avance de la tecnología y la creciente demanda de construcciones más rápidas y sostenibles, se han desarrollado sistemas más complejos que integran tecnologías avanzadas como aislamiento térmico, resistencia al fuego y acabados estéticos de alta calidad (Broderick, 2024).

Materiales avanzados: las innovaciones en materiales utilizados en soluciones prefabricadas no estructurales han permitido la creación de productos más ligeros, duraderos y eficientes. Por ejemplo, el uso de materiales compuestos, que combinan diferentes tipos de materiales para mejorar propiedades específicas como la resistencia térmica o acústica, está ganando popularidad. Además, se están desarrollando materiales sustentables o de baja huella de carbono, alineados con las tendencias globales hacia la sostenibilidad (CDT, 2024).

Tecnologías de fabricación y montaje: las tecnologías de fabricación y montaje han avanzado significativamente, permitiendo la producción en masa de soluciones prefabricadas con una calidad sin errores humanos, lo que ha permitido la personalización en masa, adaptando los módulos a las necesidades específicas de cada proyecto (Madera21, 2023).

Eficiencia energética y sostenibilidad: se están integrando sistemas de aislamiento térmico avanzados que mejoran la eficiencia energética de los edificios, reduciendo la demanda de energía para calefacción y refrigeración. Algunos fabricantes están incorporando elementos fotovoltaicos en los paneles de fachada, lo que permite a los edificios generar parte de su propia energía (AEDAS, 2023).

IMPACTO EN LA OFERTA NACIONAL

En Chile, la adopción de estas soluciones ha sido gradual, con un aumento notable en proyectos de edificación residencial y comercial. Sin embargo, también ha habido casos donde la incorporación de la oferta de soluciones ha sido compleja y con muchos desafíos. Por ejemplo, las soluciones de pods de baños no han logrado penetrar de forma efectiva como en otros países. Una de las principales causas radica en la especialización exclusiva en la fabricación de pods, por lo que, al finalizar los proyectos, los proveedores se encuentran sin demanda adicional y, por ende, sin trabajo que realizar. Esto se debe a que la demanda de pods de baños en el mercado chileno ha sido históricamente baja y esporádica, lo que no permite a estos proveedores man-

tener una producción continua, ni amortizar las inversiones realizadas (Wang, 2024).

Una oferta diversificada permitiría a los proveedores establecer relaciones más sólidas y de largo plazo con las constructoras, quienes valorarían la capacidad de adquirir múltiples productos de un solo proveedor, reduciendo costos logísticos y mejorando la eficiencia del proyecto. Esta sinergia podría ser un factor clave para revitalizar y fortalecer el sector de los MMC5 de soluciones prefabricadas no estructurales en Chile (CDT, 2023).

No obstante, las principales soluciones MMC5 que han estado tomando fuerza son, entre otras:

Salas de calderas modulares



Imagen N°1: Montaje sala de caldera modular. Fuente: BOETEK (2023).

Fachadas prefabricadas



Imagen N°2: Fabricación fachada industrializada. Fuente: CINTAC (2024).

Tabiques prefabricados



Imagen N°3: Montaje tabique prearmado. Fuente: Romeral (2024).

¿QUIERES SABER MÁS?



- » Ventajas de las fachadas y baños Industrializados en las viviendas de obra nueva.
- » Guía de Métodos Modernos de Construcción (MMC).
- » Soluciones industrializadas: el camino hacia la reducción de residuos y la mejora de la productividad en la construcción.
- » Fachadas Adaptables Industrializadas.
- » Métodos Modernos de Construcción (MMC): transformando desafíos en oportunidades.
- » Sistemas industrializados y prefabricación: Productividad y eficiencia constructiva.
- » Transformación del sector: los Métodos Modernos de Construcción.
- » Behavioural attitudes to modern methods of construction.
- » Design for Manufacture and Assembly with Design for Reuse.

En el próximo boletín

Especial Edifica: ¿cómo ve la industria soluciones de fachada industrializada y su aplicación nacional?

TACC08 Edificio Industrializado ProZero

CASO DE ESTUDIO: TECNO FAST

Tecno Fast, empresa dedicada a vender, arrendar y fabricar espacios modulares de alta tecnología y diseño, ofreciendo un proceso integrado para entregar soluciones eficientes, veloces, económicas, sustentables, flexibles, resistentes y que mejoren la calidad de vida de las personas, comenzó a desarrollar en Chile proyectos modulares principalmente para instalaciones mineras como los hoteles village, orientados a empresas que buscaban soluciones a largo plazo para sus equipos de trabajo. Hoy está posicionada como una de las fábricas de módulos más modernas del país con una capacidad de producción de 100.000 m² al año y con tres plantas industrializadas y una próxima que se instalará en Puerto Varas (Tecno Fast, 2024).

En 2023, dos plantas se certificaron por la DITEC cumpliendo con todos los estándares según RES EX N52 DE 2023, ambas ubicadas en la Región Metropolitana (MINVU, 2024).

El Ministerio de Vivienda y Urbanismo aprobó el modelo diseñado de edificios de 4 pisos con departamentos entre 59,41 m² y 68,77 m², distribuidos en 3 dormitorios, baño, living comedor y cocina completamente equipada. Destaca el proyecto Lo Espejo en Renca con una superficie a construir de 3.783 m³, 145 módulos con un total de 60 departamentos, que comenzaron a desarrollar en 2021 para incorporar viviendas sociales (Tecno Fast, 2024).



Imagen N°1: Construcción módulos fábrica industrializada: Tecno Fast (2024).

¿CUÁL ES LA ALTURA MÁXIMA QUE PUEDE TENER UN EDIFICIO MODULAR DESARROLLADO POR TECNO FAST?

Los edificios sociales modulares que se están construyendo actualmente en Chile, son de 4 pisos, pudiendo llegar a 5 niveles, dependiendo exclusivamente de los costos requeridos por cambios asociados a la resistencia al fuego que debe tener la solución constructiva. El montaje del proyecto Lo Espejo duró 2,5 meses, con un costo aproximado entre 14 a 16 UF/m² según el grado de terminación, sin considerar el costo adicional de las actividades que se ejecutan de forma tradicional, como fundaciones y otras por parte de la constructora (Martínez, 2024).

El tiempo destinado al montaje de los módulos es menor en comparación con métodos de construcción tradicional, ya que se logran instalar 114 m²/día aproximadamente, situación que va en directo beneficio de las familias que esperan por una vivienda. Pabla Ortúzar, encargada del diseño del proyecto, indica que el tiempo de demora fue alrededor de 9 meses en la tramitación, considerando la subsanación de todas las observaciones emitidas por SERVIU (Ortúzar, 2024).

¿CONOCES LA NCH 3744:2023?

Es la normativa que establece términos y definiciones de diseño y construcción industrializada y prefabricada para obras de edificación, civiles e infraestructura (INN, 2024).

¿CUÁLES FUERON LOS PRINCIPALES DESAFÍOS QUE SE PRESENTARON AL DISEÑAR EL PROYECTO?

Según Ortúzar, en primer lugar, trabajar con todos los equipos, Entidad Patrocinante (EP), fabricante y constructora de forma integrada desde el principio, de manera que todos pudieran aportar su visión desde la disciplina que les corresponde. En segundo lugar y desde el diseño, lograr conjugar las condiciones de fabricación del industrializador, que en el caso modular implica manejar y contemplar desde el

diseño las restricciones de traslado y montaje, además de las condiciones propias del sistema constructivo de entramado ligero (Ortúzar, 2024).

Además, lo anterior debía coordinarse con el cuadro normativo de los proyectos DS49 y la normativa del PDA de la Región Metropolitana, que si bien no estaba vigente en el momento del concurso, era parte de las condiciones. En el caso particular del



Imagen N°2: Diseño edificio Lo Espejo: Tecno Fast (2024).

proyecto de Lo Espejo, el diseño debía ajustarse al tamaño del terreno y a la existencia de un grupo de palmeras a rescatar, lo que fue una variable fundamental en la manera de emplazar el edificio de forma que cumpliera con los requerimientos y respondiera al sistema constructivo modular de madera (Ortuzar, 2024).

El proyecto fue desarrollado utilizando la metodología BIM (*Revit y BIM 360*) desde sus inicios (*Ortúzar, 2024*). Este enfoque facilitó la integración temprana entre el diseño e industrialización, permitiendo una planificación y ejecución más eficiente del proyecto (*CCI, 2024*).

Respecto a la envolvente térmica, el concurso exige trabajar con la normativa del PDA de la Región Metropolitana, coincidiendo con la nueva normativa térmica (*Ortúzar, 2024*).



Imagen N°3: Montaje edificio Lo Espejo: Tecno Fast (2024).

¿QUIERES SABER MÁS?



» NCh3744:2023.

» Edifica 2024: Tecno Fast presenta solución modular que busca transformar el segmento de viviendas sociales.

» Hospitales modulares: una solución eficiente y sostenible para el sector de salud chileno.

» Primer edificio industrializado para viviendas sociales de Tecno Fast avanza a paso firme.

» CCI presentó la Guía Práctica de Integración Temprana en Construcción Industrializada.

» MINVU - Construcción Industrializada.

En el próximo boletín

Especial Edifica: Desafío de montar y desmontar la solución - impresiones del mercado a nivel nacional.

TACC09 Edificio Industrializado

CASO ESTUDIO: EDIFICIO TERRITORIA - MUT

La propuesta arquitectónica del edificio Territoria MUT (*Mercado Urbano Tobalaba*) busca combinar modernidad con funcionalidad, ofreciendo espacios eficientes y agradables. Cuenta con una estructura contemporánea y materiales innovadores, un enfoque en la sostenibilidad y la integración con el entorno urbano, lo que es una tendencia creciente en la arquitectura de Santiago de Chile, buscando ser funcional y atractivo con el medio ambiente (*Reporte de Sostenibilidad, 2023-2024*).

El proyecto abarca 187.000 m² de superficie construida, dividida en 78.900 m² de comercio, 54.300 m² de oficinas y 53.800 m² de estacionamientos en donde destaca el estacionamiento de bicicletas más grande de Latinoamérica, BiciHub, que busca descongestionar las calles y fomentar una vida más saludable, equipado con camarinos, duchas y lockers de uso personal para los ciclistas. De esta forma se entiende la sostenibilidad como un estilo de vida. (*Reporte de Sostenibilidad, 2023-2024*).



Imagen N°1: MUT - Mercado Urbano Tobalaba. Fuente: Archdaily, 2022.

nes, duchas y lockers de uso personal para los ciclistas. De esta forma se entiende la sostenibilidad como un estilo de vida. (*Reporte de Sostenibilidad, 2023-2024*).

INNOVACIÓN EN EL USO DE MATERIALES

Para la construcción del proyecto se utilizaron materiales de construcción con altos estándares de calidad y durabilidad, priorizando el uso de materiales reciclados o con un impacto ambiental reducido, por ejemplo:

- Uso de madera reciclada y laminada en puentes, escaleras y frente de locales.
- Acero estructural Gerdau Aza en el cual un 97% de su contenido proviene del reciclado post consumo.
- Pinturas con niveles reducidos de COV.

El proyecto está en proceso de certificación Leed Core&Shell Nivel Platino.

UNA ESCALERA SOSTENIBLE

Hilam Arauco fabricó las escaleras, donde la escalera del anfiteatro es la sexta y la más grande de 36 toneladas. La escalera está compuesta por 47 vigas laminadas de doble curvatura mecanizadas. Diseñada de dos tramos con descanso, es una estructura de 14 por 7 metros, que suman 73 m³ de madera laminada. Un producto realizado con madera 100% renovable, con certificación de manejo forestal sustentable FSC o PEFC. El desafío de la estructura, fue la resistencia al fuego de 120 minutos, el máximo que impone la ordenanza OGUC. Tomó ocho semanas de iteraciones obtener una estructura menos robusta y con un menor costo. La escalera del anfiteatro se dividió en módulos con el fin de transportar y montarla a diferencia de las primeras que se enviaron en un solo bloque (*Gerth Wandersleben, 2024*).

Para consolidar el diseño arquitectónico, los detalles de ingeniería, el levantamiento as-built en obra y la factibilidad de fabricación, se desarrolló un gemelo digital que replica con precisión las dimensiones exactas para la colocación de cada pieza. Este modelo permitió enviar las especificaciones directamente a fabricación (*Madera 21, 2024*).

¿ CONOCES CUIDAD MADERA?

Iniciativa apoyada por Corfo e impulsada por Inmobiliaria Territoria y el Centro Nacional de Excelencia para la Industria de la Madera CENAMAD. Buscan con este proyecto promover la construcción de madera en edificios, mediante el desarrollo de tecnología constructiva híbrida madera - hormigón (*Madera21, 2024*).



Imagen N°2: MUT - Escalera Madera Laminada. Fuente: Madera 21, 2024.

PUENTES DE MADERA INDUSTRIALIZADO

El puente que conecta las terrazas de los restaurantes entre las torre 2 y 3 mide 18 metros de largo por 3,5 metros de ancho y tiene una capacidad de carga de 30 toneladas. Construido de madera laminada, tiene un diseño reticulado tipo cercha, fabricado por la empresa Ingelam. Inicialmente se

evaluó la ejecución del puente en acero, pero al comparar plazos, la madera resultó ser más rápida y económica, además, de tener el plus de ser carbono negativo, que aporta en la cantidad de emisiones emitidas (CDT, 2023).

URBANISMO SOSTENIBLE

En MUT se tiene la convicción de que el uso responsable de los recursos naturales es clave para el crecimiento sostenible y el éxito de los negocios a largo plazo, desde la etapa de desarrollo y operación. Desde esta última, se busca tener un modelo de economía circular que se enfoque en gestión energética, gestión de agua, gestión de residuos y transporte limpio. En diciembre del 2025 cuando el proyecto esté plenamente en operación, se cuantificarán las emisiones directas e indirectas para desarrollar un plan de mitigación y disminución que sea compatible con los valores alcanzados en la operación total.

El diseño del edificio contribuye a disminuir la incidencia de radiación solar evitando su sobrecalentamiento y al mismo tiempo aprovechar la iluminación natural. Además, la orientación y forma de las torres favorece la circulación del aire que ayuda a tener una ventilación natural. Por otro lado, la climatización del proyecto utiliza energía geotérmica, una fuente renovable, presente en el terreno que permite la captura y rechazo de calor para el sistema, lo que es posible gracias al almacenamiento de agua de napas subterráneas en un estanque que actúa como batería térmica. Este depósito intercambia temperatura con un circuito de agua interior del MUT, sin mezclar las aguas ni consumir agua de la napa, por lo que el circuito interactúa con mecanismos de compensación de demanda de calor y frío que cuenta con un sistema de refrigeración variable, optimizando la temperatura y minimizando el consumo de energía en un 17% (Reporte de Sostenibilidad, 2023-2024).

La generación de energía renovable proviene del sistema de reducción de residuos, mediante la construcción de un biodigestor anaeróbico que se pondrá en marcha a finales del 2024. Un contenedor hermético transformará 3,5 toneladas de residuos orgánicos provenientes de las cocinas MUT en biogás y fertilizantes. Este biogás se utilizará para generar agua caliente y electricidad inyectando 1,1 GW/h/año para consumo interno, equivalente al consumo anual de 140 hogares en Chile.



- CONSUMO DE AGUA Y ENERGÍA REDUCIDA**
 - Eficiencia de energía reduciendo un 17% de consumo de energía
 - Reducción de consumo por generación
 - 100% reducción de consumo de agua potable sanitaria
 - Riego de áreas verdes con agua lluvia y agua gris.
- ENERGÍA LIMPIA**
 - 100% de suministro eléctrico proveniente de energías renovables.
- PROGRAMA DE CERO BASURA**
 - En las 13 toneladas de basura que se producen en día, 100% terminan en centros autorizados.
 - La biodigestión evita 1 tonelada de residuos orgánicos transformados en biogás para el consumo y fertilizantes para los cultivos.
 - 100% de los residuos se reciclan.

Imagen N°3: Operación sostenible MUT. Fuente: Reporte de Sostenibilidad, 2023-2024.

¿QUIERES SABER MÁS?

- » MUT es destacado como un ejemplo de urbanismo sostenible.
- » Escaleras Mercado Urbano Tobalaba MUT.
- » Mercado Urbano Tobalaba (MUT): Donde la visión ciudadana se concreta con el apoyo de Urbano Proyectos.
- » Escalera-anfiteatro MUT: La más grande construida en madera laminada.
- » Reporte de Sostenibilidad 2023-2024.
- » Hílam- Arauco.
- » Sostenibilidad como modo de vida: MUT, el nuevo mercado urbano en Santiago de Chile.
- » MUT, el nuevo mercado urbano en Santiago de Chile.
- » MUT: un puente de madera en el corazón de la metrópolis.
- » Ciudad Madera: Impulso para la construcción en madera en altura.

En el próximo boletín
Estudio de caso: Elementos de madera en edificio MUT.



TACC10 Impresión 3D y EcoHormigón

MMC 4 - MÉTODO MODERNO DE CONSTRUCCIÓN: IMPRESIÓN 3D

Los Métodos Modernos de Construcción (MMC) son un enfoque innovador en la construcción que se centra en la eficiencia, calidad y sostenibilidad. Dentro de este enfoque, la impresión 3D se ha convertido en una tecnología clave que está revolucionando el sector. La impresión 3D clasifica dentro del MMC 4 que corresponde a componentes aislados, ya sean estructurales o no estructurales, que forman parte de un sistema constructivo y se fabrican mediante procesos de impresión tridimensional y/o manufactura aditiva. La prefabricación debe ser realizada fuera o cerca del sitio final a instalar (CTEC, 2024).

El MMC 4 utiliza impresoras 3D o brazos robóticos para construir estructuras o elementos constructivos capa por capa, a partir de materiales específicos como las mezclas de hormigón.



Imagen N°1: Tanque de Agua impreso en 3D - Hormigón. Fuente: hyperionrobotics,2024.

¿CUÁLES SON LOS BENEFICIOS DE UTILIZAR EL MMC 4?

El diseño integrado que es fundamental en el uso de los MMC ha generado evidencia respecto a resultados favorables en la implementación de los procesos constructivos, destacando un ahorro en costos de construcción de un 20 a un 40%, mejorando la eficiencia en las obras (CTEC, 2024).

Reducción de costos: La impresión 3D puede reducir significativamente los costos de construcción al minimizar la necesidad de mano de obra intensiva y materiales desperdiciados (León, 2024).

Velocidad: Las impresoras 3D pueden construir estructuras mucho más rápido que los métodos tradicionales, acortando el tiempo total de construcción (Montecinos, 2024).

Diseño personalizado: Permite diseños arquitectónicos complejos y personalizados que serían difíciles o imposibles de lograr con métodos tradicionales (Medina, 2024).

Sostenibilidad: Reduce el desperdicio de materiales y puede utilizar materiales reciclados o sostenibles (CDT, 2024).

¿QUÉ APLICACIONES TIENE EL MMC 4?

Al aplicar los MMC es posible abordar diversas problemáticas inherentes del sector. Una buena elección determina la capacidad para abordar y obtener indicadores de costos, generación de RCD, productividad, seguridad y emisiones de CO₂ (Guía MMC- CTEC, 2024).

Viviendas: Existen proyectos que han construido casas completas mediante impresión 3D, utilizando mezclas de concreto especiales para crear paredes y estructuras (CDT, 2024).

Elementos constructivos: Se pueden fabricar elementos como paredes, columnas y fachadas, que luego se ensamblan en el sitio de construcción (Caamaño, 2024).

Infraestructura: Se están investigando aplicaciones para imprimir puentes y otras infraestructuras urbanas (Caamaño, 2024).

¿CONOCES HYPERION ROBOTICS?

En una startup finlandesa fundada en 2019, para crear escuelas impresas en 3D en Madagascar y hacer que la educación sea más accesible. Desde ese año comenzaron a desarrollar distintos elementos impresos en 3D desde pozos de extracción, cimientos bajos en emisiones de carbono, escaleras baja en carbono y zanjas, introduciendo al mercado nuevos productos con ahorros de hasta un 70%. (Hyperionrobotics, 2024).



Imagen N°2: Clasificación Métodos Modernos de Construcción. Fuente: CTEC (2024).

¿CUÁLES SON LOS DESAFÍOS DE LOS MMC 4?

Regulaciones: Las normativas y estándares para la construcción con impresión 3D aún están en desarrollo, lo que puede representar un desafío para su implementación generalizada. Mediante el programa Construye Zero se trabaja en certificar el método de construcción no tradicional, con la finalidad de construir viviendas en impresión 3D en Chile, potenciando la obtención de un reglamento que establezca los criterios mínimos para desarrollar proyectos impresos en hormigón 3D. Xu de Ric señala que las edificaciones impresas todavía siguen los estándares de los códigos de construcción internacionales (*Mampostería*), sin embargo, el Consejo Internacional de Códigos presentó un nuevo estándar de códigos de construcción para la impresión 3D conocido como AC509 - Tecnología de construcción automatizada en 3D para muros de hormigón en 3D (*Data Center Dunamics, 2024*).

Materiales: Aunque la tecnología avanza, los materiales adecuados para la impresión 3D en construcción aún están en desarrollo y pueden ser costosos. Melón, Acciona y CTEC, junto a los colaboradores de EcoAza, Ildiem, Rene Lagos Engineers, Yaku, Recylink y Facoro, están realizando los ensayos de la mezcla desarrollada para la TACC 10 del proyecto Construye Zero. Otros avances son los de Mapei Corporation que desarrolló el mortero para construcción Planitop 3D, que recibió la certificación oficial AC509 del servicio de Evaluación



Imagen N°3: Impresión muros altura máx 2,50 metros. Fuente: CTEC (2024).

del Consejo de Códigos Internacionales y que se comercializa en Norteamérica (*Mapei, 2022*).

Escalabilidad: Aunque la impresión 3D es prometedora, aún se enfrenta a desafíos para escalar la tecnología a proyectos de gran tamaño y complejidad, además de tener la aprobación social para implementar a gran escala este tipo de construcciones (*Harrouk, 2022*).

¿CUÁL ES EL FUTURO DE LA IMPRESIÓN 3D EN LA CONSTRUCCIÓN?

La impresión 3D tiene el potencial de transformar la industria de la construcción en los próximos años. A medida que la tecnología avanza y se reducen los costos, es probable que exista una adopción más profunda del MMC 4 en la industria ofreciendo soluciones innovadoras y sostenibles que podrían cambiar radicalmente la forma en la que se construye. La industria comenzará a

necesitar profesionales más capacitados para manejar este tipo de tecnologías detrás de cada proceso de impresión y se crearán nuevos empleos específicos para el mantenimiento de las impresoras. Se espera que para el 2027 los alcances y evolución de la impresión 3D supere los 40 mil millones de dólares a nivel global (*Ramírez, 2021*).

¿QUIERES SABER MÁS?



- » *Impresión 3D en la Construcción: la innovadora tecnología que posicionará Edifica 2024.*
- » *Guía MMC- Introducción a los Métodos Modernos de Construcción.*
- » *Transformación del sector: los Métodos Modernos de Construcción.*
- » *NCh 3744: Ya podemos hablar de construcción industrializada en Chile (no confundir con prefabricada).*
- » *Con un Focus Group se presentó OptimizIA: la herramienta digital de CDT que busca diagnosticar, predecir y recomendar el uso de soluciones de Métodos Modernos de Construcción (MMC).*
- » *Optimizia.*
- » *Batiprint3D transforma la construcción gracias a la impresión 3D.*
- » *hyperionrobotics.*
- » *Primer informe ICC-ES para AC509 sobre muros de hormigón 3D emitido a Black Buffalo 3D Corporation.*
- » *Impresión 3D: ¿una revolución en la construcción?*
- » *Innovación de MAPEI en la industria 3D: La única tinta o el único mortero de construcción será codificado internacionalmente.*
- » *Black Buffalo 3D Impresión.*
- » *ICON: "La misma tecnología que abordará los desafíos de la vivienda en la Tierra, nos permitirá aventurarnos en el espacio".*
- » *La importancia y el futuro de la impresión 3D en el sector de la construcción.*

En el próximo boletín

Especial Edifica: Procesos de traslado y montaje de las piezas 3D. ¿Qué cuidados hay que tener? ¿Qué tan frágiles pueden ser?

REFERENCIAS

- A** AEDAS (2023). Ventajas de las fachadas y baños industrializados en las viviendas de obra nueva. www.aedashomes.com
- B** Barrera (2024). DBP MINING GROUP. www.youtube.com
- Broderick (2024). Design for Manufacture and Assembly with Design for Reuse. k97f66.n3cdn1.secureserver.net
- Bracho (2024). Plataforma de industria circular. plataforma-industria-circular.cl
- Bentley (2024). 4D Digital Twins. www.bentley.com
- C** Cámara Chilena de la Construcción, CChC (2024). Seminario sobre la Actualización de la Reglamentación Térmica. cchc.cl
- CDT (2023). Beneficios y desafíos de la construcción modular. www.cdt.cl
- Construye 2025 (2022). Economía Circular en Construcción Recuperación de residuos como recursos para obras viales. construye2025.cl
- CDT (2020). Sistemas industrializados y prefabricación: Productividad y eficiencia constructiva. www.cdt.cl
- CDT (2022). Sostenibilidad como modo de vida: MUT, el nuevo mercado urbano en Santiago de Chile. www.cdt.cl
- CDT (2024). Métodos Modernos de Construcción (MMC): transformando desafíos en oportunidades. www.cdt.cl
- CDT (2024). Nueva reglamentación de aislación térmica. www.cdt.cl
- Consejo Construcción Industrializada, CCI (2024). CCI presentó la Guía Práctica de Integración Temprana en Construcción Industrializada. construccionindustrializada.cl
- CTEC (2024). Guía Introductoria Métodos Modernos de Construcción (MMC). ctecinnovacion.cl
- CTEC (2024). Fachadas Adaptables Industrializadas. ctecinnovacion.cl
- D** Data Center Dynamics (2024). Impresión 3D: ¿una revolución en la construcción?. www.cdt.cl
- Digital Construction Week (2024). Explora el futuro del entorno construido. www.digitalconstructionweek.com
- Dowsett (2019). Projecting at the project-level: MMC supply chain integration roadmap for small housebuilders. centaur.reading.ac.uk
- E** Ecoembesthecircular (2024). Indicadores Ambientales. www.ecoembesthecircularcampus.com
- Ecohabitar (2020). Predecir el impacto ambiental de la construcción de edificios. ecohabitar.org
- Edifica (2024). Nueva Reglamentación Térmica del Minvu: Avances hacia viviendas más eficientes y sostenibles. www.edifica.cl
- G** GRAITEC (2024). Integrando DfMA, BIM y Sostenibilidad en la era digital de la construcción. graitec.com
- Goodier (2019). Modularización y offsite en la construcción de ingeniería: una herramienta de apoyo a la toma de decisiones tempranas. www.researchgate.net
- H** Harrouk (2022). Jason Ballard de ICON: “La misma tecnología que abordará los desafíos de la vivienda en la Tierra, nos permitirá aventurarnos en el espacio”. www.archdaily.cl
- I** Instituto de la Construcción, ICC (2021). Normativa de aislación térmica: gran aliada para mejorar la calidad de vida de las personas. www.iconstruccion.cl
- Instituto Nacional de Normalización, INN (2023). NCh3744:2023: Construcción industrializada y prefabricada - Términos y definiciones. ecommerce.inn.cl
- INN (2024). NCh3744:2023. ecommerce.inn.cl
- J** J.Marrot Ticó & A. Martín Martínez (2024). Marketplace para la reutilización de productos de la construcción. www.riarte.es
- L** López (2017). Construcción modular en hormigón: una tendencia al alza. www.andece.org
- M** Madera21 (2023). Transformación del sector: los Métodos Modernos de Construcción. www.madera21.cl
- Madera 21 (2024). Escalera-anfiteatro MUT: La más grande construida en madera laminada. www.madera21.cl
- Madera 21 (2024). Nueva reglamentación de aislación térmica. www.madera21.cl
- Mapei (2022). Innovación de MAPEI en la industria 3D: La única tinta o el único mortero de construcción será codificado internacionalmente. www.mapei.com
- Mercader, M. et. al. (2019). Evaluación de impacto ambiental mediante la introducción de indicadores a un modelo BIM de vivienda social. www.scielo.cl
- Ministerio de Vivienda y Urbanismo, Minvu (2024). Construcción Industrializada: Viviendas industrializadas. www.minvu.gob.cl
- Ministerio de Vivienda y Urbanismo, MINVU (2024). Modificación a la OGUC: Actualización de la reglamentación térmica. www.minvu.gob.cl
- Ministerio de Energía (2022). Energía sin Emisiones. energia.gob.cl
- Ministerio del Medio Ambiente, MMA (2024). Planes de descontaminación atmosférica. ppda.mma.gob.cl
- Ministerio del Medio Ambiente, MMA (2024). Ministerio del Medio Ambiente publica anteproyecto de plan de descontaminación atmosférica para nueve comunas de la región de Los Lagos. mma.gob.cl
- Motiar (2014). Barreras para la implementación de Métodos Modernos de Construcción. www.researchgate.net

- N** Naciones Unidas- Acción por el clima (2024). Causas y efectos del cambio climático. www.un.org
- Naciones Unidas- Acción por el clima (2024). Energías renovables: energías para un futuro más seguro. www.un.org
- O** OptimizIA(2024). Proyecto OptimizIA. sites.google.com/cdt.cl
- P** Portalverde (2024). Acerca del Portal Verde. Portal Verde Chile GBC.
- Poliestirec (2024). Única pintura que purifica el aire de tu hogar y recicla plumavit. www.poliestirec.cl
- Prefabricadas Premium (2024). www.prefabricadaspremium.cl
- PROMET (2023). Proyectos de Construcción Modular. www.promet.cl
- Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (2022). Informe sobre la situación mundial de los edificios y la construcción en 2022: Hacia un sector de los edificios y la construcción con cero emisiones, eficiente y resistente. globalabc.org
- R** Ramírez (2021). La importancia y el futuro de la impresión 3D en el sector de la construcción. www.3dnatives.com
- Reviste (2024). Manual de instalación revestimiento. reviste.cl
- Reporte de sostenibilidad (2023-2024). Reporte MUT. mut.cl
- S** Sánchez (2020). Evaluación multicriterio de alternativas de estructuras sostenibles para una vivienda unifamiliar autopromocionada. www.researchgate.net
- Spatial Data AI (2024). Alterando la forma en que se procesan los datos. spatialdata.ai
- Sinead Morgan (2024). Bentley Systems, Incorporated (Nasdaq: BSY), la empresa de software de ingeniería de infraestructura, anuncia una iniciativa de colaboración con WSB para guiar a los propietarios y contratistas de infraestructura civil a adoptar y utilizar gemelos digitales de infraestructura. exhibitormanual.digitalconstructionweek.com
- Superintendencia del Medio Ambiente, SMA (2024). Planes de Prevención y Descontaminación Ambiental. portal.sma.gob.cl
- Superintendencia del Medio Ambiente, SMA (2023). Informe del estado de avance de las medidas e instrumentos del plan año 2022, ejecutados por los organismos sectoriales. ppda.mma.gob.cl
- Superintendencia del Medio Ambiente, SMA (2024). Sistema Nacional de Fiscalización Ambiental (SNIFA). snifa.sma.gob.cl
- Superintendencia del Medio Ambiente, SMA (2024). Estado de avance de Planes de prevención y/o descontaminación atmosférica. Sistema Nacional de Fiscalización Ambiental (SNIFA). snifa.sma.gob.cl
- T** Tecno Fast (2024). Edifica 2024: Tecno Fast presenta solución modular que busca transformar el segmento de viviendas sociales. tecnofast.cl
- Tecno fast (2024). Edifica 2024: Tecno Fast presenta solución modular que busca transformar el segmento de viviendas sociales. tecnofast.cl
- Tecnofast (2024). Primer edificio industrializado para viviendas sociales de Tecno Fast avanza a paso firme. tecnofast.cl
- The Circular Camps (2024). Indicadores Ambientales. www.ecoembesthecircularcampus.com
- Thermikhaus (2024). Aislación termoacústica con celulosa 100% reciclada. thermikhaus.cl
- U** UNE (2021). Nueva Normas, Sostenibilidad en la construcción. Marco para la evaluación de los edificios y las obras de ingeniería civil. revista.une.org
- UNO environment programme (2022). Informe sobre la situación mundial de los edificios y la construcción en 2022. globalabc.org
- UNE Revista de la Normalización Española (2021). UNE-EN 15643: Sostenibilidad en la construcción. Marco para la evaluación de los edificios y las obras de ingeniería civil. revista.une.org
- V** Vivanco (2020). Energías renovables y no renovables. Ventajas y desventajas de ambos tipos de energía. obtienearchivo.bcn.cl
- Y** Yepes (2018). ¿Qué indicadores se usan en la evaluación del comportamiento ambiental de los edificios? victoryepes.blogs.upv.es
- Yepes, V. (2018). ¿Qué indicadores se usan en la evaluación del comportamiento ambiental de los edificios?. Universitat Politècnica de Valencia. revista.une.org
- Yepes (2020). Métodos Modernos de Construcción (MMC): fabricación modular. victoryepes.blogs.upv.es
- Z** Zapata (2024). Siete países ya producen el 100% de su energía con fuentes renovables ¿cuáles son?. www.elcolombiano.com

