Boletín N°4

VIGILANCIA TECNOLÓGICA

Programa Tecnológico *Construye Zero*

CTEC
INNOVACIÓN EN LA CONSTRUCCIÓN

Construye Zero

CDT

Construye Zero

¿CUÁNTA AGUA CONSUME LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN?

Según CSIS (2023), el sector de la construcción es responsable del 16% del total del agua que se consume en el mundo.

P0

Eficiencia hídrica en la construcción

Imagen 1: Equipos demolición con pulverizadores de agua. Fuente: Alamy, 2017.

Imagen 2: Sistema de tratamiento y reutilización de aguas grises en instalación de faenas. Fuente: CDT,2023.

¿QUÉ ES LA EFICIENCIA HÍDRICA EN CONSTRUCCIÓN?

La eficiencia hídrica en la construcción es la práctica de diseñar, construir y operar edificios y proyectos en que se utilice agua de manera sostenible y responsable. Implica minimizar el desperdicio de agua, reduciendo la demanda de agua potable en la utilización de las actividades de construcción, preservando la calidad del agua, contribuyendo a la conservación de los recursos hídricos y protegiendo el medio ambiente (*Souza, 2023).*

¿QUÉ ESTRATEGIAS DE EFICIENCIA HÍDRICA PODEMOS APLICAR EN LA CONSTRUCCIÓN?

Diseño de paisajes y jardines sostenibles: Utilizar plantas nativas y adaptadas al clima local que requieren menos riego, instalar sistemas de riego eficientes y utilizar mantillo para reducir la evaporación del agua *(GBC, 2021).*

Tecnologías de gasfiterías eficientes: Instalar artefactos sanitarios eficientes se hace indispensable para el ahorro en el consumo de agua y el ahorro en la cuenta mensual. Actualmente existe una variada gama de duchas, griferías, inodoros y electrodomésticos de bajo consumo de agua, como: inodoros de doble descarga, grifería de flujo reducido y sistemas de recirculación de agua caliente *(López, 2015).*

Captación y reutilización de agua de lluvia: Recoger el agua de lluvia y utilizarla para riego, descarga de inodoros y otros usos no potables. Los depósitos de captación son sistemas de drenaje de aguas lluvias, que recolectan agua, la almacenan y la incorporan a la red de la edificación para ser utilizada *(Pomales, 2021).*

Sistemas de tratamiento de aguas grises: Recolectar y tratar el agua residual generada en el edificio (por ejemplo, aguas de lavamanos y duchas) para su reutilización en inodoros y riego. Para implementar sistemas de tratamiento es indispensable desde el diseño contemplar redes separadas para aguas grises (las que se dirigen hacia la estación de reciclaje), las aguas residuales (se canalizan hacia la red de alcantarillado), las aguas recicladas (que se conducirán desde la estación hasta los puntos de uso) y las aguas de consumo humano *(Stevens, 2021*

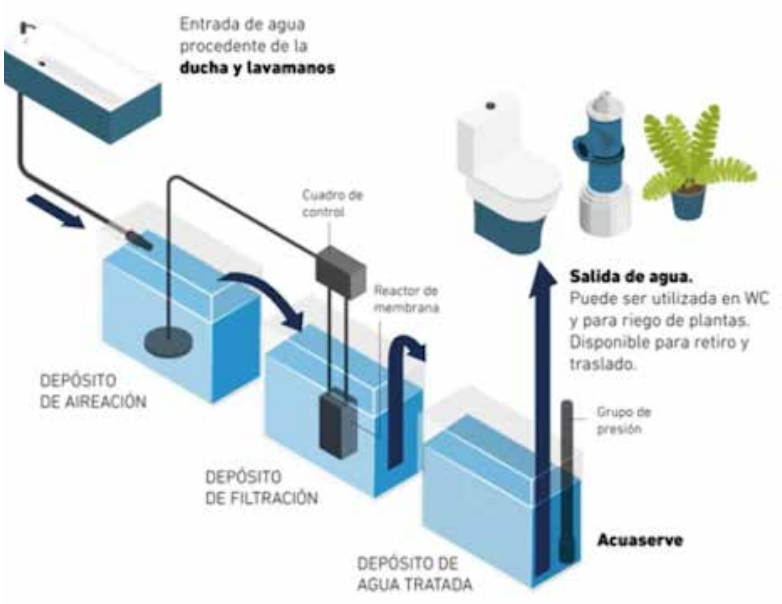


Imagen 3: Incorporación de sistemas de tratamiento de aguas grises en proyectos nuevos. Fuente: G. Santolaya, 2022.

Medidores y sistemas de gestión: Instalar medidores de agua y sistemas de control para realizar un seguimiento del consumo de agua y detectar fugas o desperdicios de manera oportuna. Digital Senses lleva aplicando esta metodología en varios proyectos en Chile, lo que significa para algunos clientes un ahorro de un 30%, al saber cuando realizar la mantención *(Digital senses, 2023).*

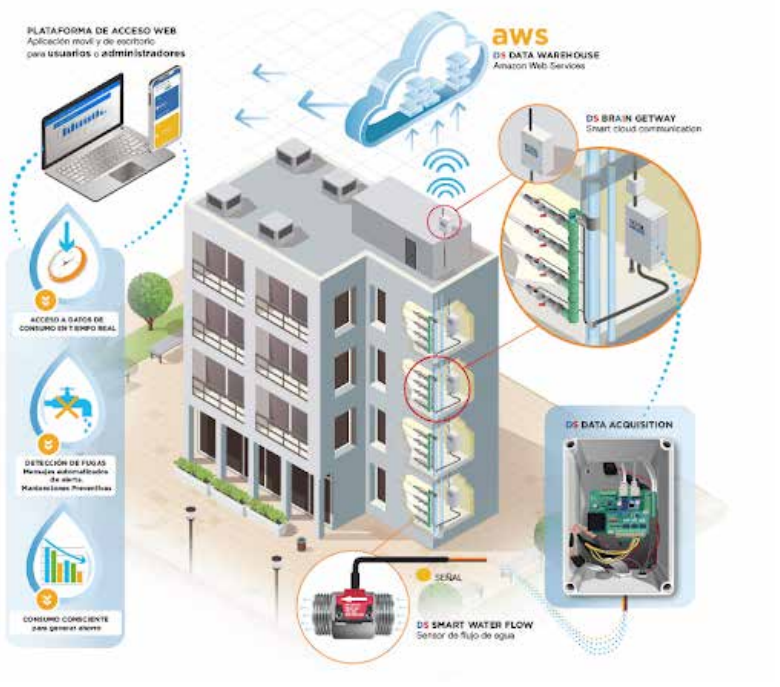


Imagen 4: Medidores digitales en edificios, para detectar fugas de manera automática. Fuente: Digital senses,2023.

Aislamiento y conservación de tuberías: Asegurarse de que las tuberías estén bien aisladas para evitar pérdidas de calor y frío, lo que reduce la necesidad de calentar o enfriar el agua. Un ejemplo de aislación para tuberías es U Protect Pipe Section Alu2 de (Isover, 2017) que busca aumentar la eficiencia energética de la edificación.

¿EXISTE UNA LEY QUE REGULE LA UTILIZACIÓN DE LAS AGUAS GRISES?

La Ley **21.075** *tiene por objetivo regular la recolección, reutilización y disposición de aguas servidas y grises. Fue publicada en el año 2018 y actualmente se trabaja en el borrador del reglamento, donde en algunos puntos indica:*

Art. 6°: *Considerar la reutilización sólo de las aguas grises generadas en lavamanos, duchas, tinas y lavadoras de ropa, excluyendo las aguas grises generadas en lavaplatos y máquinas lavavajillas.*

Art.15°: *Las tuberías de aguas grises crudas y tratadas deberán ser de color morado, para diferenciarlas de las tuberias de agua potable, de aguas negras y de los demás sistemas de tuberías.*

Art 31°: *Los efluentes provenientes de los sistemas de reutilización de aguas grises se pueden utilizar sólo en: urbanos, riego de áreas recreativas, servicios y riego ornamental.*

¿CÓMO SE PUEDE APORTAR A LA EFICIENCIA DEL AGUA DESDE EL INICIO DE LA CONSTRUCCIÓN?

Chile se encuentra en una situación de escasez hídrica. De acuerdo a la Fundación Chile, el 76% del país está afectado por sequía, por lo que se hace urgente fomentar prácticas que involucren al inicio del ciclo de vida de la edificación. El consumo de agua en el proceso de construcción se encuentra entre un 0,5 m3/m2 y 1,0 m3/m2 construido en edificación (CDT, 2023). El desarrollo de planes de gestión en la optimización del consumo de agua para las distintas partidas del proceso constructivo, es fundamental para definir metas y objetivos a cumplir. **Algunas estrategias que se pueden abordar son**:

1.- Riego por goteo
2.- Pruebas con aire
3.- Válvulas de corte programado
4.- Almacenamiento de aguas lluvias
5.-Artefactos sanitarios de alta eficiencia

¿QUIERES SABER MÁS?

Revisa las publicaciones que han sido referencias para este artículo:

- El sector de la construcción es responsable del 16% del total de consumo de agua en el mundo
- Consejos para ahorrar agua en la construcción de una casa
- Guía Eficiencia Hídrica en Áreas Verdes
- USO EFICIENTE DEL AGUA EN ETAPA DE CONSTRUCCIÓN DE EDIFICACIONES
- Guía para un a gestión responsable de RILES en obra s de construcción
- Guía para un uso eficiente del agua en obra de construcción
- Promueven uso eficiente del agua en obras de construcción
- Recursos hídricos subterráneos y el uso de las Aguas Grises en proyectos habitacionales
- La importancia del agua en la construcción
- Aplicaciones del agua en la construcción.
- Guía de diseño para la eficiencia energética de la vivienda social
- Determinación del consumo de agua potable durante la construcción de viviendas en una zona semi desértica de Chile
- Demolición con excavadora de alto alcance en el trabajo
- ¿Cuál es la huella hídrica de tu proyecto arquitectónico?
- Uso eficiente del agua en la industria de la construcción
- Medidores digitales de agua edificios residenciales
- Manual de Aislamiento de Tuberías
- Inmobiliaria Deisa eleva su compromiso sostenible al alcanzar la Certificación de Empresa B
- LEY 21075
- Ciudades sensibles al agua

Desarrollo de Contenidos: CDT
Diseño y Edición: CTEC

Construye Zero

¿QUÉ SIGNIFICA EPD o DAP?

Corresponde a una declaración ambiental del producto. Es un documento que comunica de manera transparente el desempeño ambiental de cualquier producto o material a lo largo de la vida útil. Suele tener una validez de 5 años y se genera de acuerdo a las normativas pertinentes. ISO 14040/14044- ISO 21930 (Garcia, 2020).

Plataformas ACV complementarias a los pasaportes de materiales

Imagen 1: Impacto ambiental en edificación, calculado por software OneClick. Fuente: https://www.oneclickIca.com(2023).

La Evaluación del Ciclo de Vida (ACV) es una herramienta que se utiliza para evaluar los impactos ambientales asociados con un producto o proceso a lo largo de su ciclo de vida, desde la extracción de materias primas, hasta su disposición final. Los pasaportes de materiales son una forma de gestionar la información sobre los materiales utilizados en productos y su impacto ambiental. Al combinar la información detallada de los pasaportes de materiales con los datos de la ACV, las organizaciones pueden obtener una visión más completa de los impactos ambientales y sociales de sus productos a lo largo de su vida útil.

¿QUÉ PLATAFORMAS SON COMPLEMENTARIAS AL PASAPORTE DE MATERIALES P+?

OneClick LCA
En el boletín N°2 fue abordado el Análisis del Ciclo de Vida, donde se destacó a OneClick como software. En esta oportunidad, se comentará el complemento que tiene con la plataforma de materiales, pues ayuda a calcular y reducir los impactos ambientales de los proyectos, productos y cartera de edificios e infraestructuras. Tiene un módulo Building Circularity que permite rastrear, cuantificar y optimizar la circularidad de los materiales obtenidos y utilizados. Dentro de sus distintos módulos, destaca Product Carbon Tool, que permite calcular la huella de carbono a lo largo del ciclo de vida de un producto. Es de utilidad para el fabricante, pues le permite conocer más el producto y saber dónde se producen las emisiones para enfocarlos en la creación de declaraciones ambientales. El software cuenta con un generador de EPDs que puede ser pre-verified especialmente adaptado a estudios en donde se desea verificar con un operador de programa concreto. Este generador funciona cuando se quiere emplear EPD hub o International EPD System *(Green Building Council, 2023).*

Embodied Carbon in Construction Circular (EC3)
Esta calculadora de carbono incorporado es una herramienta gratuita y de fácil acceso, que permite realizar evaluaciones comparativas de reducciones del carbono incorporado de los proyectos, centrándose en las emisiones iniciales de la cadena de suministro del material de construcción. Se utilizan cantidades de materiales a partir de estimaciones de construcción o modelos BIM y una base de datos de Declaraciones Ambientales de Productos (EDP). Esta herramienta se puede utilizar, tanto en la fase preliminar de diseño, como en la ejecución de un proyecto. Los propietarios de certificaciones de edificios sostenibles podrán analizar la base de datos de la cadena de suministros para crear requisitos de DAP y establecer límites y reducciones de carbono incorporados a escala del material de construcción y del proyecto. EC3 está incentivando a fabricantes y productores de materiales a potenciar e innovar para reducir las emisiones de sus productos. EC3 extrae datos de archivos PDF y conforma la base de datos EPD digital que requiere *(Carbon Leadership Forum, 2023).*

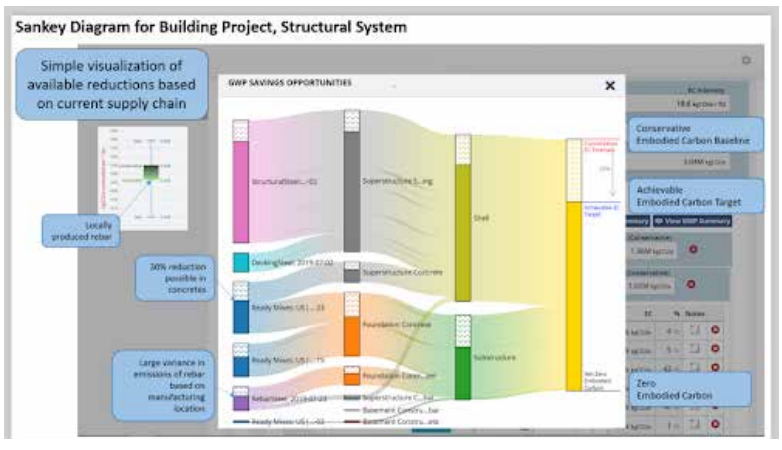


Imagen 2: Diagrama Sankey, representación gráfica del carbono incorporado del proyecto evaluado, estimación de referencia y objetivo de reducción con resultados EC3 (EC3, 2023).

PLATAFORMA INDUSTRIAL CIRCULAR

Plataforma creada para conocer el potencial, valor y uso de los materiales y residuos generados en un proyecto, permitiendo a las empresas que quieran ofrecer o adquirir materiales, conectar con otras que necesiten o compran sus insumos para nuevos proyectos, conectando a las empresas con transportistas, asesores y gestores dentro de la región Metropolitana y Valparaíso. Han creado un marketplace de materiales de construcción y ya cuentan con 101 usuarios registrados y 223 transacciones a la fecha. La plataforma es de acceso gratuito e invita a las empresas a colaborar *(https://residuo-recurso.cl, 2023).*

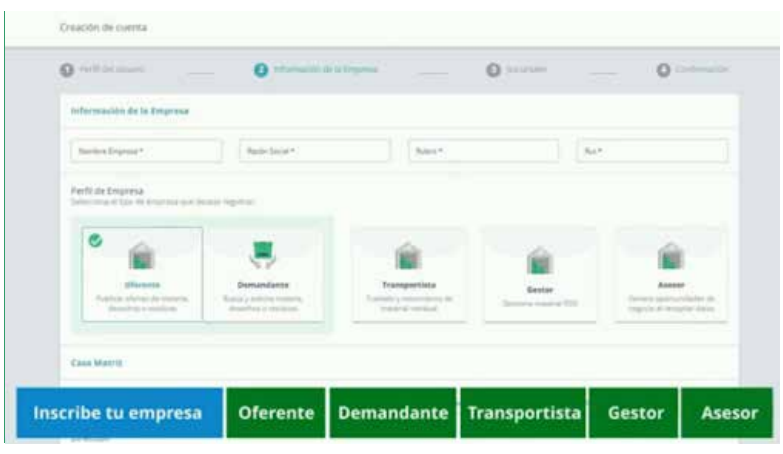


Imagen 3: Diagrama Sankey, representación gráfica del carbono incorporado del proyecto evaluado, estimación de referencia, objetivo de reducción con resultados (EC3, 2023).

CATÁLOGO ARQUITECTURA

Ecosistema para profesionales de arquitectura y construcción que proporciona información técnica de productos, materiales, sistemas constructivos, guía de especificaciones técnicas y un extenso catálogo BIM, con descarga de elementos (entidades) para los diseños con soluciones innovadoras que están entrando al mercado. *(Catalogo Arquitectura, 2023).*

¿QUIERES SABER MÁS?

Revisa las publicaciones que han sido referencias para este artículo:

- Estrategias de medición
- One Click
- Pre-verified-epd-generator
- Embodied Carbon in Construction Calculator (EC3) Tool
- EC3 Tool Data Methodology
- Estamos fomentando un mejor futuro de construcción al abordar el papel del carbono incorporado en el cambio climático.
- Embodied Carbon in Buildings Facts and Figures
- Embodied-carbon-in-construction
- Un manual para ayudar a las ciudades a reducir el carbono incorporado en la construcción
- Catálogo bim
- Empresas/Volcán
- Concrete Uncertainty Methodology

Desarrollo de Contenidos: CDT
Diseño y Edición: CTEC

Construye Zero

¿CUÁL ES EL OBJETIVO DEL GOBIERNO VASCO?
El objetivo del Gobierno para implementar un laboratorio fue mejorar la calidad de la edificación, para satisfacer las necesidades de los usuarios de manera duradera, sostenible y cumplir con los requisitos básicos establecidos (González, 2017).

TACC02: Laboratorio de materiales

Laboratorio de Control de la Calidad de la Edificación del País Vasco

Imagen 1: Laboratorio de Control de Calidad en Edificación, Área Térmica. Cámaras exteriores para pruebas de fachada y cubierta. Fuente: Euskadi, 2023.

LCCE es el laboratorio de Control de la Calidad de la Edificación del País Vasco, entidad que se encarga de controlar y supervisar la calidad en la construcción. Tiene como objetivo garantizar que las obras de construcción cumplan con los estándares de calidad y seguridad establecidos por las normativas vigentes.

¿CUÁLES SON LAS PRINCIPALES FUNCIONES DEL LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD DE LA EDIFICACIÓN?

Inspección y control de obras: Revisión de proyectos, inspección de materiales y acompañamiento en la ejecución de la obra para asegurar el cumplimiento de los requisitos técnicos, calidad y seguridad.

Emisión de informes técnicos: Entrega de informes técnicos evidenciando el estado actual de la construcción, junto con deficiencias y soluciones post visita de inspección.

Asesoramiento técnico: Revisión de proyectos con asesoría de profesionales de la construcción, que colaboran en evaluar que el desarrollo cumpla con los estándares de calidad y seguridad requerida.

Control de calidad de materiales: Evaluación de los materiales de construcción utilizados en las obras, para que cumplan con los requisitos normativos exigidos.
Formación y divulgación: Promover las buenas prácticas en el sector, aumentando la conciencia sobre la importancia de la calidad en la construcción.

¿QUÉ ENSAYOS SE REALIZAN?

Materiales:
Conductividad térmica (y)
Propiedades higrotérmicas
Cerramientos y huecos:
Transmitancia de fachadas (Uf)
Transmitancia de ventanas (Uw)
Comportamiento dinámico de fachadas
y cubiertas en clima real (Celdas Paslink)

Obra y edificios existentes:
Inspección con termografía IR
Resistencia térmica de cerramientos
Verificación de caudales de ventilación y calidad de aire (GAS,CO2)
Monitoreo de edificios, energía y confort térmico
Puerta ventilador (Blowerdoor)

Instalaciones:
Optimización de equipos convencionales y renovables con plataforma de escalado TRNSYS
Eficiencia Energética:
Auditorías energéticas de edificios
Simulaciones (DB,E+,TRNSYS)

Eficiencia Energética:
Auditorías energéticas de edificios
Simulaciones (DB,E+,TRNSYS)

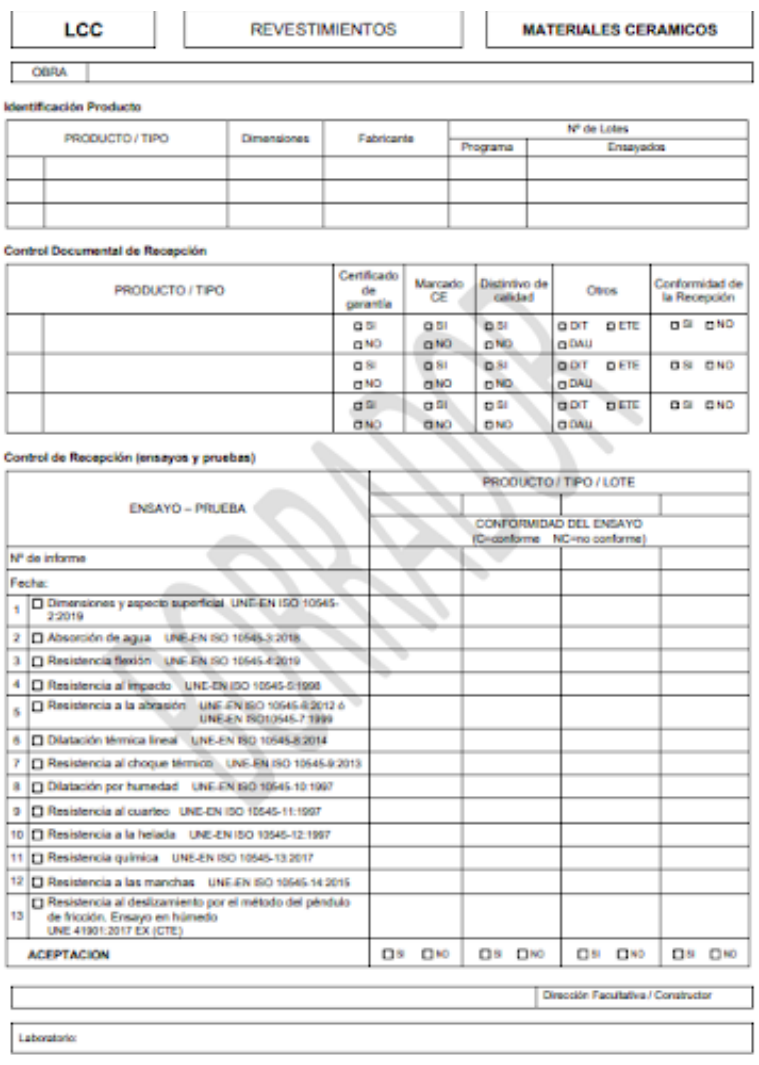
Imagen 2: Orden 17 de marzo de control térmico y calidad de aire de un edificio, Deficiencias que quedan ocultas en las fachadas. Fuente: LCCE, 2023.

El laboratorio realiza una gran cantidad de ensayos y fichas para distintas actividades a evaluar en la etapa de construcción, complementado con las guías de control térmico, de control acústico en la edificación y de control de calidad para la recepción de obras de edificación *(Euskadi, 2023).*

¿QUÉ SON LAS CELDAS PASLINK?

Es una zona de ensayo donde se estudia y comprueba cómo maximizar las ganancias solares en períodos fríos y minimizarlas en períodos calurosos entre el ambiente interior controlado y el exterior *(Irekia, 2010).*

Principalmente mide los flujos de calor con gran precisión, además de la evolución de las temperaturas superficiales. En el LCCE se habilitaron dos células Paslink, denominadas célula EGUZKI y célula ILARGI. Eguzki puede ensayar elementos de fachada verticales de 2,7 x 2,7 m, mientras que la célula Ilargi puede ensayar, tanto elementos verticales de 2,7 x 2,7 m, como elementos de cubierta plana horizontal de 3,7 x 2,1 m *(Construible, 2014).*



LCC | REVESTIMIENTOS | MATERIALES CERAMICOS

OBRA

Identificación Producto

PRODUCTO / TIPO	Dimensiones	Fabricante	Nº de Lotes: Programa	Nº de Lotes: Ensayados

Control Documental de Recepción

PRODUCTO / TIPO	Certificado de garantía	Marcado CE	Distintivo de calidad	Otros	Conformidad de la Recepción
	☐ SI ☐ NO	☐ SI ☐ NO	☐ SI ☐ NO	☐ DIT ☐ ETE ☐ DAU	☐ SI ☐ NO
	☐ SI ☐ NO	☐ SI ☐ NO	☐ SI ☐ NO	☐ DIT ☐ ETE ☐ DAU	☐ SI ☐ NO
	☐ SI ☐ NO	☐ SI ☐ NO	☐ SI ☐ NO	☐ DIT ☐ ETE ☐ DAU	☐ SI ☐ NO

Control de Recepción (ensayos y pruebas)

	ENSAYO – PRUEBA	PRODUCTO / TIPO / LOTE			
		CONFORMIDAD DEL ENSAYO (C=conforme NC=no conforme)			
	Nº de informe				
	Fecha:				
1	☐ Dimensiones y aspecto superficial UNE-EN ISO 10545-2:2019				
2	☐ Absorción de agua UNE-EN ISO 10545-3:2018				
3	☐ Resistencia flexión UNE-EN ISO 10545-4:2019				
4	☐ Resistencia al impacto UNE-EN ISO 10545-5:1998				
5	☐ Resistencia a la abrasión UNE-EN ISO 10545-6:2012 ó UNE-EN ISO10545-7:1999				
6	☐ Dilatación térmica lineal UNE-EN ISO 10545-8:2014				
7	☐ Resistencia al choque térmico UNE-EN ISO 10545-9:2013				
8	☐ Dilatación por humedad UNE-EN ISO 10545-10:1997				
9	☐ Resistencia al cuarteo UNE-EN ISO 10545-11:1997				
10	☐ Resistencia a la helada UNE-EN ISO 10545-12:1997				
11	☐ Resistencia química UNE-EN ISO 10545-13:2017				
12	☐ Resistencia a las manchas UNE-EN ISO 10545-14:2015				
13	☐ Resistencia al deslizamiento por el método del péndulo de fricción. Ensayo en húmedo UNE 41901:2017 EX (CTE)				
	ACEPTACION	☐ SI ☐ NO	☐ SI ☐ NO	☐ SI ☐ NO	☐ SI ☐ NO

Dirección Facultativa / Constructor

Laboratorio:

Imagen 3: Ficha de control de calidad laboratorio Revestimientos. Fuente: LCCE, 2023.

¿QUIERES SABER MÁS?

Revisa las publicaciones que han sido referencias para este artículo:

- Laboratorio de Control de la Calidad en la Edificación Departamento de Planificación Territorial, Vivienda y Transportes
- Área Térmica
- Laboratorio Control Calidad Edificación - GV
- Descripción Área Térmica
- Descripción Área de Materiales
- Gobierno Vasco realiza más de un millar de ensayos anuales para mejorar calidad y eficiencia energética de edificaciones
- Construcción y monitorización del Laboratorio REVen para el estudio del impacto de las ventanas integrando eficiencia energética y calidad ambiental interior
- Caracterización térmica de fachadas ventiladas
- Guía básica para el control térmico en Edificación
- Control del proyecto de edificación: protección frente al ruido (DB-HR del CTE)
- Acoubat-dBMat
- Guía básica para el control acústico en Edificación:
- Orden de 17 de marzo de 2023
- Decreto 80/2014

Desarrollo de Contenidos: CDT
Diseño y Edición: CTEC

BIG DATA V/S SMALL DATA
La gestión de Big Data se presenta como un desafío complejo, mientras que el tratamiento de Small Data resulta considerablemente más simple al buscar comprender percepciones. La distinción principal radica en que el Big Data está vinculado a grandes volúmenes de información, con datos aparentemente infinitos y desorganizados. La diversidad de cuestiones es más amplia, sin importar su origen; lo crucial es su existencia, y todo es analizado y renovado constantemente.

TACC03: Plataforma Pasaporte de Materiales

Soluciones para manejos de data a escala intermedia: ¿Qué pasa antes de llegar a la BIG DATA con la gestión de la información?

Imagen 1: Laboratorio de Control de Calidad en Edificación, Área Térmica. Cámaras exteriores para pruebas de fachada y cubierta. Fuente: Euskadi, 2023.

Las organizaciones deben lidiar con datos a escala intermedia, etapa que a menudo se pasa por alto, pero es crítica para la toma de decisiones eficientes e informadas. El manejo de datos a escala intermedia, implica gestionar volúmenes significativos de información desde la captura de datos, el procesamiento, análisis, gestión, integración, finalizando con un informe y panel de control; sin embargo, la gran diferencia que existe con el Big Data, son las dimensiones de información y la complejidad de ésta debido a que -a menudo- están en tiempo real. Para que sea Big Data se debe poseer un conjunto de datos que van desde los 30-50 Terabytes *(Powerdata, 2020)* y pueden tener estructura o no. Bajo ese tamaño estaremos hablando de datos intermedios y/o small data, que son datos de menor volúmen y que cuentan con estructura para su análisis *(U. Complutense de Madrid, s/f).*

Algunas plataformas para manejo de escala intermedia de datos:

Bases de Datos Relacionales: Las bases de datos relacionales, como MySQL, PostgreSQL, Microsoft SQL Server y Oracle, son adecuadas para datos estructurados. Son confiables y eficientes para aplicaciones que requieren transacciones y relaciones entre datos *(Vallvé, 2023).*

Almacenamiento en la Nube: Utilizar servicios de almacenamiento en la nube, como Amazon S3, Google Cloud Storage o Azure Blob Storage, permite almacenar grandes volúmenes de datos de forma escalable y rentable *(Sanchez, 2017).*

Almacenes de Datos: Considera la posibilidad de implementar almacenes de datos como Amazon Redshift, Google BigQuery o Snowflake para realizar consultas analíticas de alto rendimiento. *(Howson, Richardson, Sallam, Kronz, 2019).*

Visualización de Datos: Utiliza herramientas de visualización de datos, como Tableau, Power BI o QlikView, para generar informes y paneles que faciliten la toma de decisiones *(Power BI, 2023).*

Automatización: Automatizar tareas repetitivas, como la carga de datos y la generación de informes, para ahorrar tiempo y reducir errores *(Pyvota, 2023).*

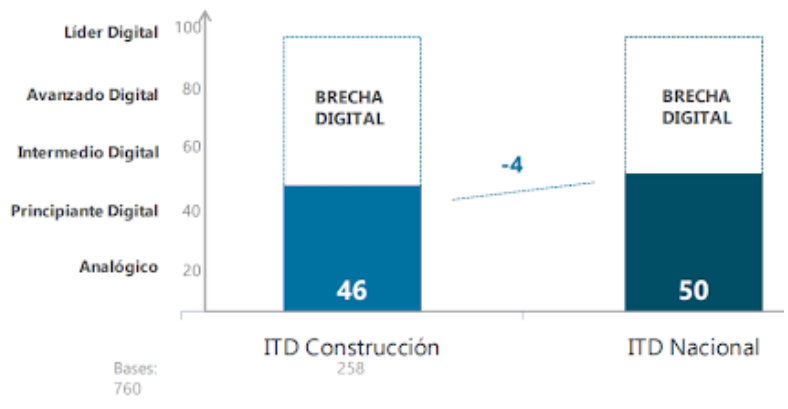


Imagen 2: Índice de Transformación Digital de empresas de la construcción, promedia 46 puntos en escala de 0 a 100, ubicando a la construcción en un nivel intermedio. Fuente: Índice de transformación digital, 2021.

¿QUÉ PASA EN CONSTRUCCIÓN?

El sector continúa enfrentando el desafío de disminuir las brechas de productividad, para esto se debe avanzar, entre otros aspectos, en la digitalización. El estudio de índice de transformación digital desarrollado por CDT y PMG Business Improvement en 2021, concluyó que el sector se ubica en un nivel de madurez "Intermedio" digitalmente, 4 puntos por debajo del indicador nacional. Para seguir avanzado en la adopción de tecnología se hace necesario un cambio cultural en las organizaciones, tomando como iniciativa la digitalización de sus procesos, generando bases de datos.

Algunas actividades en obra donde se deben recopilar datos para su posterior análisis son:

Realizar control de avances y calidad: utilizar herramientas tecnológicas para controlar avance y calidad de los trabajos realizados. De acuerdo al ITD 2021, solo un cuarto de las empresas encuestadas utiliza alguna herramienta para almacenar esta información *(CDT - PMG, 2021).*

Datos para la toma de decisiones: reportar datos confiables y en línea para la toma de decisiones en la industria permite a las empresas compararse con sus pares frente a diversos indicadores, por ejemplo, el indicador de gestión de RCD *(IConstruye, 2023)*

Trabajo colaborativo con los proveedores: generar una comunicación constante con las constructoras y sus proveedores, colaborar en la gestión día a día, aumenta las probabilidades de estar informados y tomar mejores decisiones. *(IConstruye, 2023).*

Una buena gestión de datos a nivel intermedio es fundamental para la toma de decisiones por su facilidad de uso, su accesibilidad y lo fácil que es para cualquier persona entenderlo sin recurrir a algoritmos complejos que se deban aplicar por el usuario *(U. Complutense de Madrid, s/f).*

¿QUÉ HERRAMIENTAS SE UTILIZAN PARA EL MANEJO DE DATA ?

En la industria de la construcción cada vez está tomando mayor relevancia las herramientas que gestionan data, esto en la medida que las empresas buscan nuevas formas de optimizar los procesos, reducir costos y aumentar la eficiencia en sus procesos. Según ITD 2021, el uso de la nube lidera en las constructoras en Chile; sin embargo, en todas, la utilización de herramientas tecnológicas está por debajo del promedio nacional, a excepción de BIM.

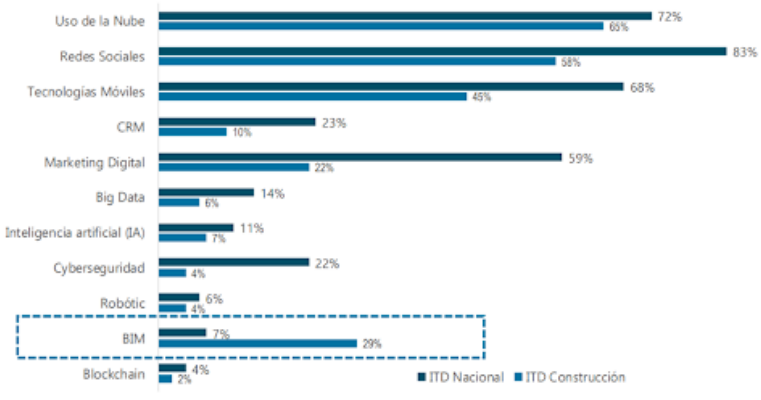


Imagen 3: Herramientas tecnológicas utilizadas en construcción v/s utilización nacional. Fuente: Índice de transformación digital, CDT y PMG, 2021.

Para que una organización cumpla con niveles de data en manejo intermedio, debe poseer avances en todas las dimensiones de la transformación digital, liderando una visión y estrategia en las formas de trabajo que permitan digitalizar procesos y tomar decisiones mediante tecnología de manejo de datos y herramientas digitales.

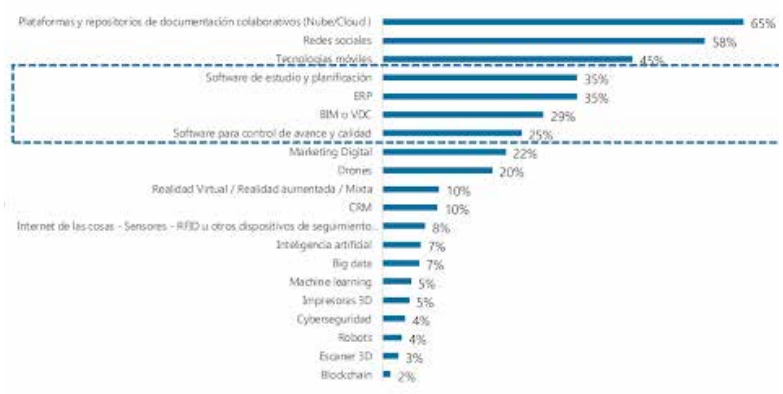


Imagen 4: Imagen N°4: Tipo de herramientas utilizadas en construcción . Fuente: Índice de transformación digital, CDT y PMG, 2021.

¿QUIERES SABER MÁS?

Revisa las publicaciones que han sido referencias para este artículo:

- Índice de transformación digital
- Mantenimiento predictivo: la técnica basada en datos clave para anticipar errores
- Big Data y BIM
- La revolución del Big Data en la construcción
- Gestión de costos de construcción: éxito y eficiencia en un proyecto
- El sector construcción, lejos de la media de uso de IA y Big Data en pleno desarrollo del urbanismo
- Organización de los sistemas informativos para potenciar el control de gestión empresarial
- Gestión de datos
- Intermedia Latam
- Transformación Digital
- Digitalización en la construcción
- Tendencias Tecnológicas en construcción
- Herramienta Tecnológicas que potencian la construcción
- Arquitectura basada en datos
- Análisis de datos
- ¿Qué es Smalldata?

Desarrollo de Contenidos: CDT
Diseño y Edición: CTEC

Construye Zero

¿QUÉ ES EL GRASSHOPPER?

Es un software para el diseño algorítmico, que contiene un conjunto de herramientas las que permiten diseñar flujos de trabajo para la organización o para un proyecto específico.

Diseño paramétrico orientado a la eficiencia energética

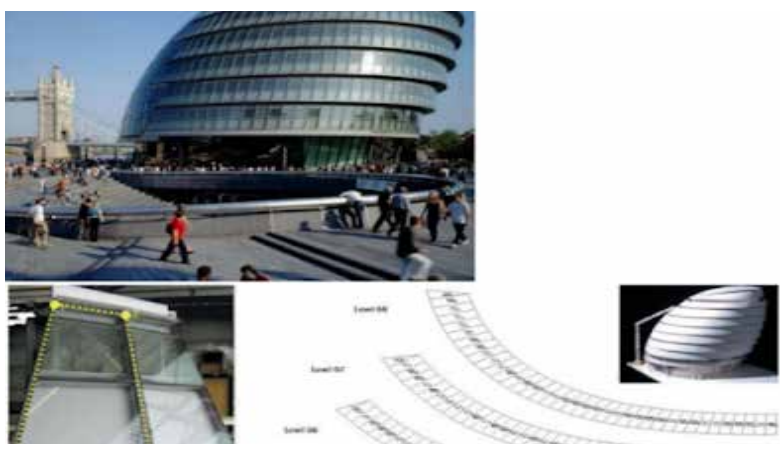


Imagen 1: Foster + Partners, City Hall, Londres, UK. Plano de la solución del acristalamiento de la envolvente. Fuente: INSIDE SMARTGEOMETRY, 2002.

Las herramientas digitales han generado beneficios significativos en las mejoras del diario vivir. Desde aplicaciones para la salud, hasta el uso diario de aplicaciones en los teléfonos inteligentes para realizar tareas cotidianas.

En el mundo del desarrollo de proyectos, estas herramientas han aportado principalmente en el diseño mediante softwares que han ampliado el campo de investigación, optimizando los procesos de diseño, por ejemplo el arquitectónico. En este contexto los software para diseños paramétricos y algorítmicos *(Figueroa, Serna, 2022).*

En el área de la construcción el diseño paramétrico aún no es tan popular, debido al elevado costo, por lo que no se ha logrado evidenciar la eficiencia que le garantiza al diseño y al proceso constructivo optimizando el resultado; sin embargo, en los últimos año, se se han visto avances relacionados con la fabricación inteligente y la automatización de los proyectos *(Checa, 2022).*

¿QUÉ ES EL DISEÑO PARAMÉTRICO?

El diseño paramétrico es un proceso que se basa en algoritmos que ayudan a la expresión de reglas y parámetros que definen la relación entre la intención del diseño y los resultados. Es un referente del diseño en el que la relación de elementos se utiliza para manipular y formar estructuras complejas de diferentes geometrías *(Mengod, 2021).*

Se basa en formular una serie de condiciones y restricciones que actúan como parámetros, permitiendo generar una mayor cantidad de alternativas en tiempo real de un modelo, permitiendo al diseñador observar y analizar el comportamiento con cada una de las variables antes de definir la forma final del proyecto *(Llópiz, 2018).* Principalmente, juega un rol fundamental al momento de elegir la envolvente de las edificaciones y la eficiencia energética de éstas.

¿QUÉ SOFTWARES SE PUEDEN UTILIZAR?

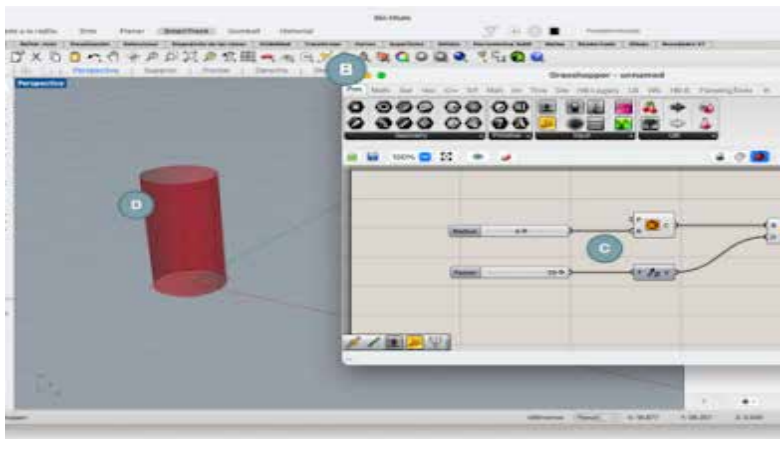


Imagen 2: Pestañas de Rhinoceros y Grasshopper. Fuente: Mengod, 2021.

Rhinoceros 3D Rhinoceros®: Software de diseño 3D basado en superficies NURBS, sólidos y mallas poligonales, que facilita la creación de formas orgánicas complejas. Posee una amplia gama de herramientas de modelado para abarcar diferentes áreas del diseño como el de joyerías, aeronáutica, automotriz y arquitectura, solo por dar algunos ejemplos. El programa, desarrollado por Robert McNeel & Associates, inicialmente como un extra para AutoCAD *(Mengod,2021)*, cuenta, en su versión 6.0, con un plugin incorporado que permite el desarrollo del diseño paramétrico, tanto para la ingeniería como la arquitectura y la fabricación digital.

Grasshopper: Componente creado por David Rutten en 2007 para Robert McNeel & Associates bajo el nombre de Explicit History, siendo renombrada en 2008. Esta herramienta es un complemento fácil de usar, permitiendo explorar el diseño sin la necesidad de saber programar *(Mengod,2021).*

Los plugins son partes "extra", complementos de aplicaciones, desarrolladas por usuarios, que cumplen funciones adicionales y específicas al software.

GRASSHOPPER PLUG - INS

LADYBUG Ladybug: Importa archivos de EnergyPlus Weather (.EPW) a Grasshopper. Suministra una variedad de gráficos climáticos interactivos en 2D y 3D que facilitan la toma de decisiones durante las primeras etapas del diseño. Permite evaluar opciones de diseño inicial mediante estudios de radiación solar, modelado de horas de luz solar, análisis de vistas, permitiendo un alto grado de personalización, y una respuesta instantánea a las modificaciones del diseño (Mengod, 2021).

HONEYBEE: Admite el modelado detallado de la iluminación natural y la termodinámica. Crea, ejecuta y visualiza los resultados de las simulaciones de luz natural y radiación con radiance y modelos energéticos con EnergyPlus/ OpenStudio. Enlazando el entorno CAD Grasshopper/Rhino con estos motores (Mengod, 2021).

DRAGONFLY: Permite la creación de modelos energéticos a escala de distrito mediante el uso de un esquema geométrico abstracto de edificios. Los resultados de las simulaciones energéticas se utilizan para simular cargas de las infraestructuras eléctricas con OpenDSS, y también pueden incorporar la optimización de los costos de energías renovables con REopt (Mengod, 2021).

BUTTERFLY: Es capaz de ejecutar simulaciones avanzadas y modelos de turbulencia desde el simple RAS hasta el intensivo LES. Se diseñó para exportar rápidamente la geometría a OpenFOAM y ejecutar varios tipos comunes de simulaciones de flujo de aire que son útiles para el diseño de edificios, modelando patrones de viento urbano, simulaciones interiores basadas en la flotabilidad para modelar eficiencia de la ventilación y el confort térmico *(Mengod, 2021).*

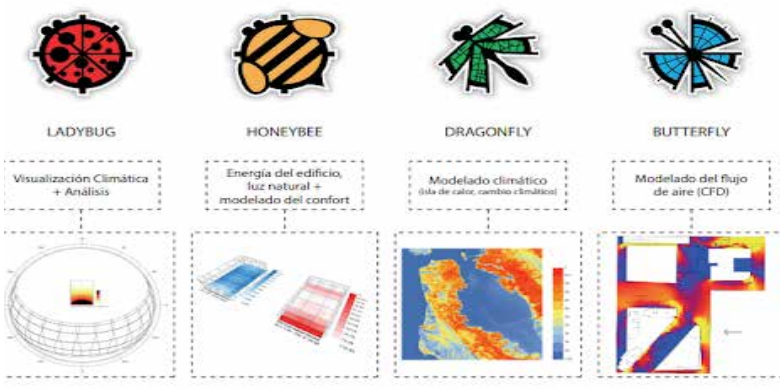


Imagen 3: Esquema de las funciones principales de cada programa de Ladybug Tools. Fuente: Mengod, 2021

¿QUIERES SABER MÁS?

Revisa las publicaciones que han sido referencias para este artículo:

- Procesos Paramétricos para Anteproyectos Eficientes Grimshaw
- Optimización de Consumo Energético de un Modelo de Diseño Paramétrico
- Sistema de cubiertas para espacio público un acercamiento a procesos y herramientas de diseño paramétrico
- Estudio de la influencia del uso de colillas como aislante térmico en el confort interior de edificios.
- Optimización de Consumo Energético de un Mode lo de Diseño Paramétrico

Desarrollo de Contenidos: CDT
Diseño y Edición: CTEC

Construye Zero

¿QUÉ SON LOS EDIFICIOS ENERGÍA CERO?
Los Edificios de Energía Cero (ZEB) representan el futuro de la construcción sostenible. Como sugiere el nombre, estos edificios están diseñados para producir tanta energía como consumen, operando efectivamente con un consumo de energía neto cero al emplear sis-

TACC05: Módulo multipropósito "Net Zero"

BIM en la eficiencia energética y emisiones cero

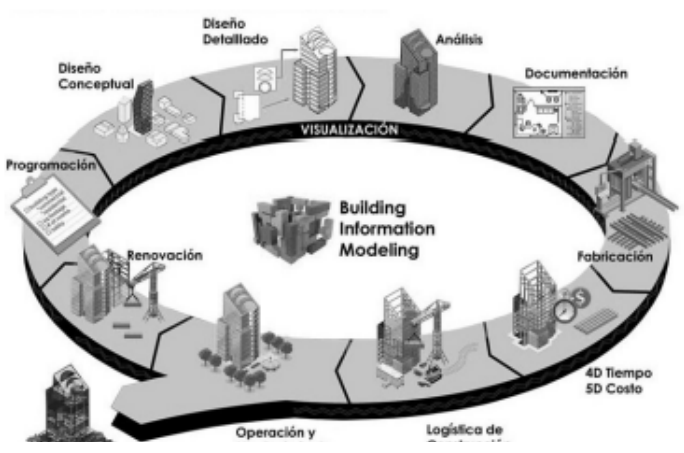


Imagen 1: Ciclo de vida de la edificación. Fuente: EspacioBIM, 2020.

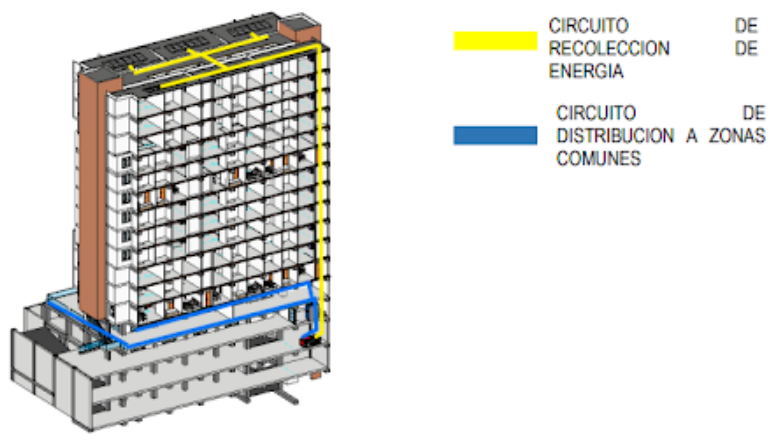


Imagen 3: Circuito de paneles solares. Fuente: Castañeda, 2023.

Según la Agencia Internacional de Energía, los Zero Emissions Building (ZEB) tienen el potencial de reducir las emisiones globales de CO_2 en alrededor de 2 gigatoneladas al año para 2050.

¿CÓMO BIM PUEDE APORTAR EN LOS PROCESOS DE ANÁLISIS ENERGÉTICOS?

BIM (Building Information Modeling) es una metodología de trabajo colaborativo para la creación y gestión de un proyecto de construcción en todas sus fases. Tiene como objetivo centralizar la información en un modelo de información digital creado por todos sus agentes *(buildingSMART, 2023)*. Junto con ello, facilita el intercambio de información de la edificación, más allá de la fase de diseño inicial, extendiéndose a todo el ciclo de vida de la edificación, beneficiando en la gestión del mismo y reduciendo los costos de operación final *(Alicia, Lucas, 2023).*

La metodología se desarrolla en distintos niveles de aplicación, los cuales se deben ir alcanzando dependiendo del objetivo del proyecto y los niveles de información requeridos. La tercera dimensión es el modelado tridimensional, la cuarta corresponde al análisis de tiempo, la quinta a la cuantificación y análisis de costos, la sexta introduce aspectos de sostenibilidad (ambiental, social y económica) y eficiencia energética. Es en esta fase donde se realizan simulaciones, cálculos y análisis para mejorar la calidad del proyecto respecto a su eficiencia. *(Alicia, Lucas , 2023).*

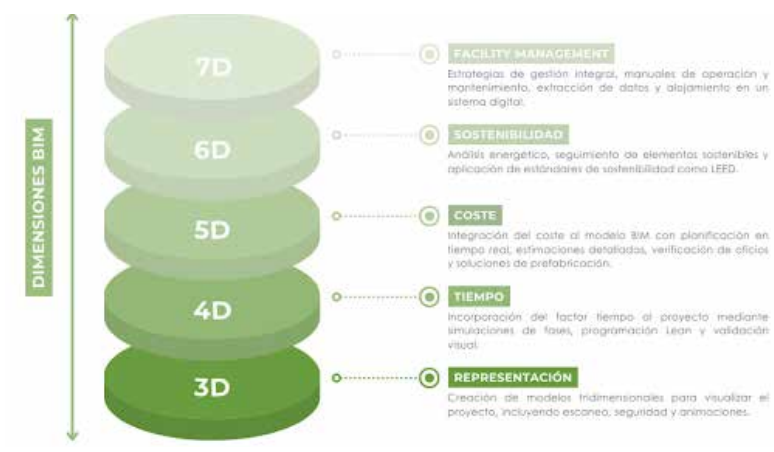


Imagen 2: :Dimensiones BIM. Fuente: Zeroconsulting, 2022

La dimensión BIM 6D aplicado a la arquitectura y construcción, permite abordar simulaciones energéticas, análisis de ciclo de vida del edificio, huella de carbono y reciclaje de materiales (Arboccó, 2022). Las ventajas de su implementación a este nivel, parten de obtener soluciones rápidas y precisas, realizar un análisis detallado de aspectos económicos y operativos de todo el proyecto y tener un flujo de inversión con una gestión planificada y consciente.

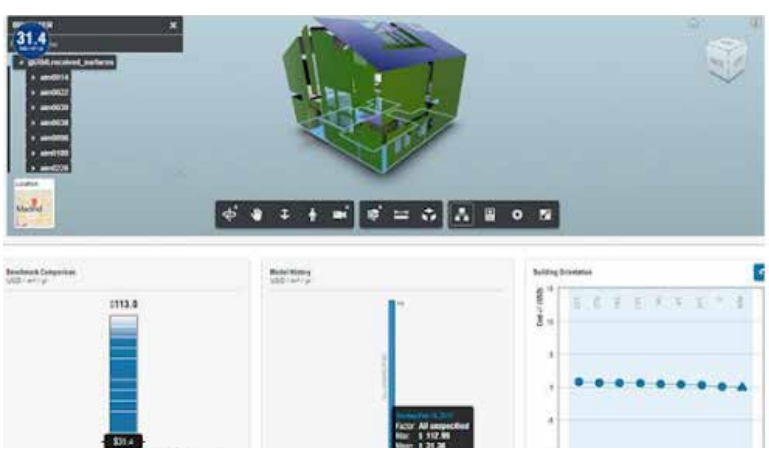


Imagen 2: : Modelado de materiales para el análisis energético. Fuente: Kamel y Memari, 2019.

El modelado de materiales para el análisis energético, tiene por objetivo mejorar el rendimiento de la edificación a lo largo del ciclo de vida, reduciendo los costos energéticos y obtener un mejor confort térmico, visual y acústico de los ocupantes *(Montiel, 2020).*

El análisis energético de la construcción de edificios urbanos, se debe realizar antes de la construcción, asignando propiedades a los materiales en cuanto a su comportamiento en temperaturas como el efecto del sol sobre la estructura, los circuitos de recolección de energía y reutilización de aguas. Es así, como la aplicación de BIM ha generado la reducción de costos energéticos anuales en los proyectos de casi un 22%, demostrando la importancia de su uso *(Barreto, 2023).*

¿CUÁL ES LA SINERGIA DE LOS EDIFICIOS DE ENERGÍA CERO Y LA METODOLOGÍA BIM?

El potencial que ofrece la integración de la metodología BIM y el desarrollo de edificaciones de energía y emisiones cero, es poder crear estructuras energéticamente eficientes y funcionales que sean respetuosas con el medioambiente. Algunas formas que potencian su utilización son:

Análisis energético: BIM permite simular y analizar el rendimiento energético de un edificio antes de su construcción, optimizando el diseño para la eficiencia energética y determinando el potencial de generación de energía renovable *(Energy5, 2023).*

Integración de Sistemas: BIM permite la integración de varios sistemas de construcción, como HVAC, iluminación y sistemas de energía renovable, en un todo cohesivo y eficiente. Esto garantiza un rendimiento y un ahorro de energía *(Energy5, 2023).*

Colaboración y Coordinación: BIM facilita la colaboración entre diferentes partes interesadas en el proceso de construcción, lo que lleva a una mejor coordinación y reducción de errores *(Energy5, 2023).*

¿QUIERES SABER MÁS?

Revisa las publicaciones que han sido referencias para este artículo:

- Edificios de energía cero y el papel del modelado de información de construcción BIM
- Net zero building: estudio de implantación de me didas de ahorro de energía en una vivienda existen te mediante la tecnología BIM
- Metodología BIM aplicada a la eficiencia energética arquitectónica
- Uso de la metodología Building Information Mode ling para el análisis energético de edificios
- Implementación de sistemas sostenibles para el desarrollo de vivienda mediante la tecnología BIM
- Implementación BIM para el análisis de eficiencia energética en espacios educativos
- Construcción sostenible con la metodología BIM
- Eu Buildings Climate Tracker: urgency to close the buildings decarbonisation gap
- Arquitectura BIM 6D, la dimensión de la sostenibilidad
- El rol del modelo BIM en la construcción sustentable

Desarrollo de Contenidos: CDT
Diseño y Edición: CTEC

¿PARA QUIÉNES ESTÁ ORIENTADO EL SISTEMA OFF -GRID?

Los sistemas solares off-grid están orientados para quienes deseen obtener electricidad en zonas que no tengan acceso a red o quieran abastecer su consumo eléctrico en al menos un 70% de energía proveniente de sus paneles solares (Solarstore.cl, 2022).

Empresas chilenas que ofrecen soluciones de energía fotovoltaica off-grid domiciliaria

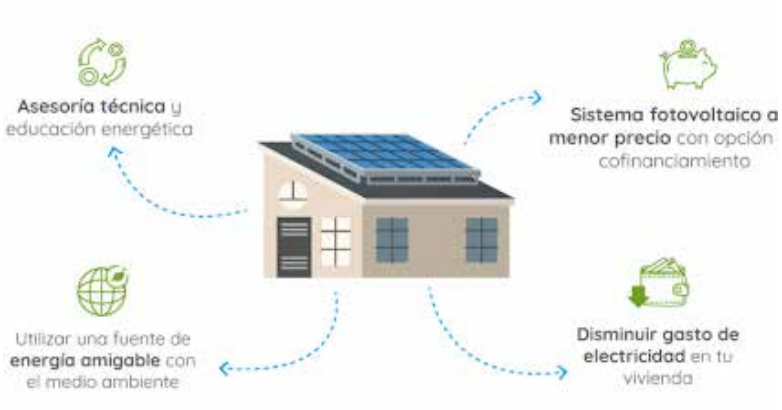


Imagen 1: Ciclo de vida de la edificación. Fuente: EspacioBIM, 2020.

En Chile son varias las empresas que ofrecen soluciones de energía fotovoltaica off-grid domiciliaria, que consisten en sistemas de generación de energía solar independientes de la red eléctrica. Estas soluciones son ideales para zonas remotas o para aquellas personas que desean desconectarse de la red eléctrica convencional. Algunas de las empresas chilenas que ofrecen este tipo de soluciones son:

SunEnergy: Es una empresa que ofrece soluciones de energía solar fotovoltaica para sistemas aislados de la red eléctrica en Chile. Proporcionan sistemas off-grid e híbridos. Los valores por kit de equipos van desde los $2.000.000 hasta los $5.000.000, sin considerar instalación *(https://sunenergy.cl, 2023).*

Enerlife: Empresa que entrega asesoría y cálculo de instalación gratis para desarrollar el proyecto que se requiera. Tiene sedes en Temuco y Santiago. Cuenta con sistemas off-grid para instalaciones domiciliarias y está asociado al programa Casa Solar (https://enerlife.cl, 2023).

Solarstore Spa: Empresa de energía solar. Proveedores de kits solares, inversores off-grid, on-grid, baterías, paneles fotovoltaicos, placas solares, aerogeneradores y termos solares. Ofrece un kit desde los $380.000 hasta los $12.000.000, dependiendo los requisitos del cliente (https://www.solarstore.cl/, 2023).

Naturaenergy: Especialista en paneles solares e importador de Victron Energy, Growatt, Pylontech, Ultracell, Voltronic, entre otros. Cuenta con una variedad de kit solares para los diferentes tipos de necesidades. Implementó un sistema off-grid en Purranque, Puerto Montt, con un inversor de 6.2 KW que se combina con una batería de litio de alta calidad, lo acompañan 6 paneles solares de 450 WP. La instalación tardó dos días en una cabaña de dos dormitorios *(https://www.naturaenergy.cl, 2023).*

Evolusum: Diseño de proyectos de energía solar off-grid a la medida del cliente, además cuenta con sistemas fotovoltaicos off-grid "plug and play" móviles, modulares y de rápida conexión (https://www.evolusun.cl, 2023). Nahuen Solar: Nace el año 2012, con el propósito de diseñar y construir proyectos eléctricos basados en eficiencia energética. Incluye dentro de sus servicios la instalación de paneles, además de asesorar proyectos en etapa de diseño y ejecución. *(https://www.nahuensolar.cl, 2023).*

Solarnit: Ofrece una amplia gama de productos basados en energía solar, desde paneles solares hasta estructuras, inversores, baterías y accesorios para una instalación fotovoltaica. Ofrece kits off-grid que van desde los $4.081.000 hasta los $9.283.161 (https://solarnit.cl, 2023).

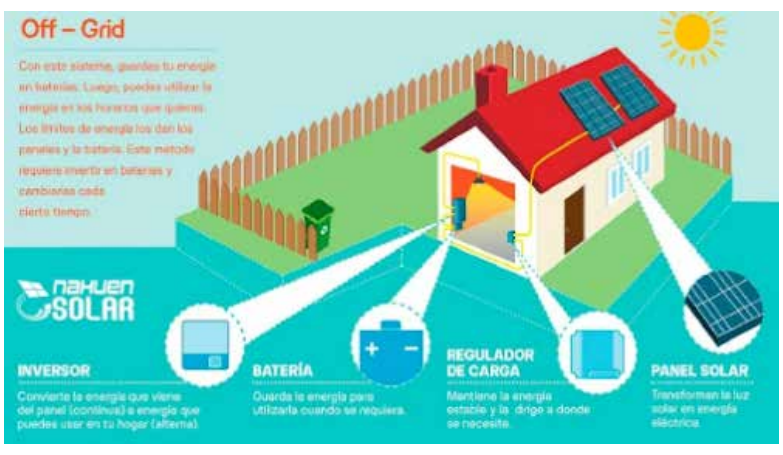


Imagen 2: Sistema off-grid. Fuente: Nahuen Solar, 2023.

¿QUÉ CONTIENE UN KIT OFF-GRID?

A modo de ejemplificar la cantidad de piezas y partes que considera un kit, se tomará de referencia uno que genera 5,52 kWp *(Solarnit, 2023):*

Canalización:
-12 metros de canalización EMT de 25 mm para el lado AC y 15 metros de canalización EMT de 25 mm para el lado DC.
-Nueve (9) tubos metálicos de canalización EMT certificado de 25 mm.
-4 metros de tubería metálica flexible Heavy Duty certificada de 25 mm.
Cuatro (4) conectores rectos 25 mm (para entrar con flexible a cajas/tableros).
Cuatro (4) conectores flexibles/EMT 25 mm.
Cuatro (4) terminal EMT/caja o tableros.
Siete (7) Copla EMT (para unir tubos EMT consecutivos).
Cuatro (4) curva EMT 25 mm.
Veintisiete (27) abrazaderas Caddy (para fijar la canalización al muro).
Cinco (5) cajas galvanizadas de 100x100x75 mm.
Cinco (5) pernos partido con espiga 6-8AWG.
Siete (7) prensas estopa PG9.
Una (1) prensa estopa PG16.

Puesta a tierra:
Una (1) barra Cooper de 1/2" de 1m de largo.
Una (1) camarilla de registro.
Prensa de tierra para 1/2".
Cableado:
60 metros RV-K 4 mm2 (42 m para el lado AC + 2m para la puesta a tierra + 16 m puesta a tierra paneles).
2 metros RV-K multipolar 4 mm2.
18 metros de Cable Solar 4 mm2 Rojo.
18 metros de Cable Solar 4 mm2 Negro.
3 metros de RV-K monopolar 25 mm2.

Tablero:
Un (1) tablero CA sobrepuesto IP65.
Un (1) tablero CC sobrepuesto IP65.
Un (1) interruptor termomagnético Bipolar 16A curva C.
Un (1) interruptor CC según potencia de batería seleccionada.
Un (1) interruptor diferencial Tipo A 25A, 30 mA.
Un (1) interruptor termomagnético Bipolar Curva C, amperaje según tus necesidades.
Un (1) interruptor diferencial Tipo AC de 30 mA, amperaje según tus necesidades.
Un (1) repartidor bipolar 125A.
Una (1) barra tierra.
Borneras necesarias.

Imagen 3: Kit Solar Off Grid, 5,52 kWp Fuente:Solarnit, 2023

¿QUIERES SABER MÁS?

Revisa las publicaciones que han sido referencias para este artículo:

- SolcorChile
- Enerlife
- Casa solar
- Sunenergy
- Enerlife
- Solarstore
- Naturaenergy
- Evolusun
- Solarnit

Desarrollo de Contenidos: CDT
Diseño y Edición: CTEC

FACHADAS LIGERAS:
Esta norma europea especifica las características técnicas de las fachadas ligeras e incluye un marco sistemático de requisitos, métodos de ensayo y criterios de cumplimiento. Una fachada ligera puede que no quede finalizada completamente en fábrica y algunos de sus componentes se pueden entregar por separado en la obra. La fachada ligera se puede, asimismo, premontar en una o varias fábricas a partir de unidades prefabricadas (UNE-EN 13830:2016).

Requerimientos térmicos para fachadas industrializada

Imagen 1: Ciclo de vida de la edificación. Fuente: EspacioBIM, 2020.

Las fachadas industrializadas están ganando cada vez más posicionamiento en el mercado de la edificación, gracias a la reducción del tiempo en su ejecución y, particularmente, por la eficiencia energética que poseen. Las envolventes sin aislamiento térmico son las que afectan al confort y el equilibrio energético del edificio; sin embargo, cada año se diseñan envolventes considerando aspectos de eficiencia energética de acuerdo a los reglamentos, procesos constructivos de menor impacto ambiental y estándares de envolvente considerando los límites de consumo, certificaciones energéticas y la inclusión de tecnologías pasivas que colaboran en la obtención de edificios eficientes *(Aldez Cano, 2023).*

Se estima que los edificios consumen hasta un 40% de la energía mundial y que esto se incrementará hasta un 50% en el 2050, es por ello que hoy se pretende construir con materiales de alta eficiencia térmica, que brinden una mayor protección y permitan reducir la demanda energética por refrigeración y calefacción de los espacios, ahorrando hasta un 15% de electricidad en verano y un 47% de enfriamiento *(Aldez Cano, 2023).*

¿QUÉ MEDIDAS CONSIDERAR PARA DAR RESPUESTA A LOS REQUERIMIENTOS TÉRMICOS?

Los requerimientos térmicos para fachadas dependen de varios factores como: clima local, uso del edificio o estándares de eficiencia energética establecidos en el diseño; no obstante, existen algunos criterios fundamentales para el diseño de fachadas con buen rendimiento térmico:

Aislamiento térmico continuo: clave para alcanzar la máxima eficiencia energética. Es lo que se conoce como regla del rotulador y la que permite resolver los puentes térmicos y reducir su valor casi al cero *(Serrano, 2023).*

Estanqueidad al aire: Una condición relevante para el control de la demanda energética y la reducción del riesgo de condensaciones intersticiales y superficiales. Las infiltraciones y las exfiltraciones de aire no controladas aumentan la demanda energética del edificio y afectan a la calidad constructiva de la envolvente (Serrano,2023). Barrera contra la humedad: La composición constructiva de la envolvente y su resistencia a la difusión del vapor. Incluyendo el control de la temperatura operativa y la humedad relativa interior *(Serrano, 2023).*

Protección frente al ruido: Anular el aislamiento acústico y correcto diseño y ejecución de uniones entre elementos constructivos. Todo ello para reducir la transmisión del ruido aéreo y por vibraciones *(Serrano, 2023).*

Imagen 2: Fachada muro cortina industrializada con mayor comportamiento energético, tansmitancia de 0,223W/m2K, , Fuente: Lignum Tech, 2023.

EJEMPLO DE FACHADA INDUSTRIALIZADA CON CONSIDERACIONES TÉRMICAS

Wallex, sistema constructivo industrializado, desarrolló un esquema de fachada de un solo elemento, cuya composición les permite alcanzar una transmitancia térmica inferior a 0.28 W/m2, permitiendo optimizar la eficiencia energética del edificio y ofreciendo un producto respetuoso con el medio ambiente. En la composición de panel destaca la capa interior compuesta por Cemex Resilia, hormigón que refuerza la estructura con fibras de alto rendimiento y que ofrece un diseño estructural eficiente en materiales.

Posee un aislamiento continuo, con el objetivo de evitar puentes térmicos y en su capa exterior hormigón autocompactante de última generación para estructuras sostenibles, la cual aporta excelentes resultados de consolidación, durabilidad, sostenibilidad y estética. Además, cuenta con un aislamiento de lana de roca y placa de yeso cartón que contribuyen a la transmitancia térmica de la estructura (Zimmermann, 2021).

Imagen 3: Edificio con fachada Wallex. Fuente: https://wallexhome.com, 2023.

¿QUIERES SABER MÁS?

Revisa las publicaciones que han sido referencias para este artículo:

- Factibilidad de fachadas verdes en edificios
- Vivienda y Eficiencia Energética
- Aislamiento Térmico para Construcción Industrializada
- ¿Cómo se instala la fachada industrializada de Lignum Tech?
- Fachada muro cortina con cámara de aire Lignum Tech
- La Fachada Industrializada integra cuatro láminas diferentes en un único elemento, con tecnologías de hormigón avanzado
- Manual de Diseño Pasivo y Eficiencia Energética en Edificios Públicos
- Fachadas de hormigón energéticamente eficientes
- Fachadas de hormigón: industrialización, eficiencia energética y estética
- Conoce las Fachadas SMART para Construcción Industrializada
- Grosor SATE: ¿qué espesor necesita una fachada para garantizar su aislamiento?

Desarrollo de Contenidos: CDT
Diseño y Edición: CTEC

Construye Zero

¿CUÁL ES EL GRADO MÍNIMO QUE DEBE TENER EL HORMIGÓN PARA DESARROLLAR ELEMENTO PREFABRICADOS?

Según lo indicado en la NCh 170, se establece que los elementos estructurales de hormigón prefabricados no pueden ser de grado menor a G17.

TACC08: Prolab - Hormigón armado

Innovaciones en las mezclas de los hormigones prefabricados

Imagen 1: Ciclo de vida de la edificación. Fuente: EspacioBIM, 2020.

Los prefabricados de hormigón están ganando cada vez mayor relevancia en la construcción chilena, particularmente por la eficiencia en su instalación. Actualmente es común ver elementos como vigas, módulos, cámaras, escaleras; sin embargo, se han introducido al mercado nacional otros elementos como muros interiores, fachadas o, incluso, edificios completos construidos sólo con prefabricados que se montan directamente en obra. Pero en la práctica, ¿qué es un prefabricado? En términos generales, es un elemento de hormigón producido en serie, con un alto estándar de calidad *(Optimiza,2021).*

De acuerdo a Calmet 2021, la utilización de prefabricados permite reducir tiempos, minimizar horas hombre/m2 en obra, acortar la utilización de espacios de almacenamiento y disminuir el movimiento de materiales dentro de la obra, además permite mejorar la calidad del producto.

¿CÓMO SE FABRICAN?

Una vez definido el proyecto y las especificaciones (qué tipo de mezcla se va utilizar), se preparan los moldes a medida para que, una vez recepcionados, se aplique la mezcla a los moldes y pase al proceso de fraguado. Estas piezas, al salir del molde, deben someterse a estrictos controles de calidad para garantizar las expectativas del proyecto. Posterior a ello, son instalados, almacenados o trasladados al lugar de destino. Su composición básica se basa en mezclar tres materiales como agua, cemento y arena, además de aditivos que permitan entregar una propiedad distinta a la mezcla (Grupoland, 2023).

¿QUÉ TIPOS DE MEZCLAS CONSIDERAN?

Los métodos de construcción con elementos prefabricados calculan sus costos globales, el ahorro de material y costos en la reducción de equipamiento en obra, por la reducción del tiempo de ejecución. Por lo anterior, se deben desarrollar mezclas que contribuyan a que el producto terminado se demore menos tiempo en ejecutarse. Un ejemplo de ello es el estudio desarrollado por Lomas Franco (2022) sobre hormigones con áridos gruesos reciclados más poliestireno expandido para paneles prefabricados utilizados en viviendas de interés social. Los resultados demuestran que son opciones viables para implementar.

Ruiz (2023) en su trabajo moldeando el hormigón prefabricado, explica la importancia de las características que deben poseer los moldes prefabricados para que la mezcla pueda absorber todos los detalles y que la solución tenga mayor versatilidad

Imagen 2: Culvert Guest house de Nendo Arquitectos. Casa construida con túneles de hormigón prefabricado.Fuente: Arquitectura viva, 2022.

¿QUÉ CASOS NACIONALES HAY PARA LOS PREFABRICADOS DE HORMIGÓN?

La norma chilena NCh3619 detalla las reglas comunes para productos prefabricados de hormigón, como también, existen normas específicas de losas, pilares, vigas y escaleras, estableciendo estándares y tolerancias para el buen desarrollo de elementos prefabricados. En lo que respecta a los grados de hormigón para prefabricados se apoya en la NCh 170 Hormigones requisitos generales.

Posee un aislamiento continuo, con el objetivo de evitar puentes térmicos y en su capa exterior hormigón autocompactante de última generación para estructuras sostenibles, la cual aporta excelentes resultados de consolidación, durabilidad, sostenibilidad y estética. Además, cuenta con un aislamiento de lana de roca y placa de yeso cartón que contribuyen a la transmitancia térmica de la estructura (Zimmermann, 2021).

Imagen 3: Edificio con fachada Wallex. Fuente: https://wallexhome.com, 2023.

¿QUIERES SABER MÁS?

Revisa las publicaciones que han sido referencias para este artículo:

- Sistemas y productos de construcción con prefabricados
- Estructuras prefabricadas de hormigón
- Tendencias - Innovación Cemento - Hormigón Hormiglass
- Nuevas normas para prefabricados de hormigón: Norma general y para elementos específicos
- Guía 2023 sobre prefabricados de hormigón: tipos, usos y ventajas
- Implementación de metodología para el diseño de mezclas secas en elementos prefabricados vibro-compactados.
- Diseño de Mezclas de Concreto de Alta Resistencia para Elementos Prefabricados y/o Pretensados Utilizando Adiciones Minerales y Aditivos en Edades Tempranas
- Estudio de las características del hormigón para su uso en una máquina de impresión
- La microestructura Rala de los prefabricados de concreto
- Sistemas Constructivos prefabricados
- Ventajas e Innovaciones de los Prefabricados
- Hormigones con áridos gruesos reciclados (RCA) más poliestireno expandido para paneles prefabrica dos en viviendas de interés social

Desarrollo de Contenidos: CDT
Diseño y Edición: CTEC

Construye Zero

MADERA Y CO2
La madera es el único material de construcción cuyo uso ayuda a reducir el CO2 de la atmósfera, contribuyendo a mitigar el cambio climático. Esto, la convierte en la alternativa constructiva con la más baja huella de carbono (Madera21, 2018)

TACC09: Prolab - Híbrido madera y hormigón prefabricado

Circularidad en edificios de madera y mixtos

Imagen 1: Sumitomo Forestry pretende conmemorar sus 350 años con una torre de 350 metros de altura que espera tener acabada en 2041. Fuente: Cmpcmaderas.com,2023.

Imagen 4: Ciudad Autosuficiente de Vicente Guallart. Fuente: Plataforma de Arquitectura,2020.

El sector de la construcción es responsable del 40% del consumo global de los recursos y del 33% de las emisiones de dióxido de carbono (CO2) causadas por la actividad humana (van Stijn et al., 2022). Esto, ha provocado una búsqueda de soluciones que encaren desafíos sociales y medioambientales y es allí, donde el diseño circular emerge como una solución viable que transforma la industria buscando eficiencia, reducción de residuos y una extensión de la vida útil de la edificación.

¿QUÉ CONSIDERA LA CIRCULARIDAD?

Para que exista circularidad en su totalidad, lo que se busca es cambiar el concepto de "demolición" por el de "deconstrucción". En términos generales, esto significa utilizar la edificación como material para un nuevo proyecto, reutilizando y reciclando elementos. La madera, en este caso, permite realizar de buen modo un proceso de deconstrucción, ofreciendo múltiples posibilidades de valorización. El diseño circular de edificios en madera o mixtos, genera que en el futuro la vida útil del proyecto se extienda. El sistema constructivo busca la circularidad de la edificación constantemente hasta cubrir las necesidades de sostenibilidad y convivencia con el entorno *(Arquitectura sostenible, 2020)*

El diseño de ciudades autosuficientes como la desarrollada por Guallart *(La Ciudad Autosuficiente, 2012)* sostiene que estos distritos o barrios deben ser capaces de adaptarse a los cambios y características utilizando recursos locales.

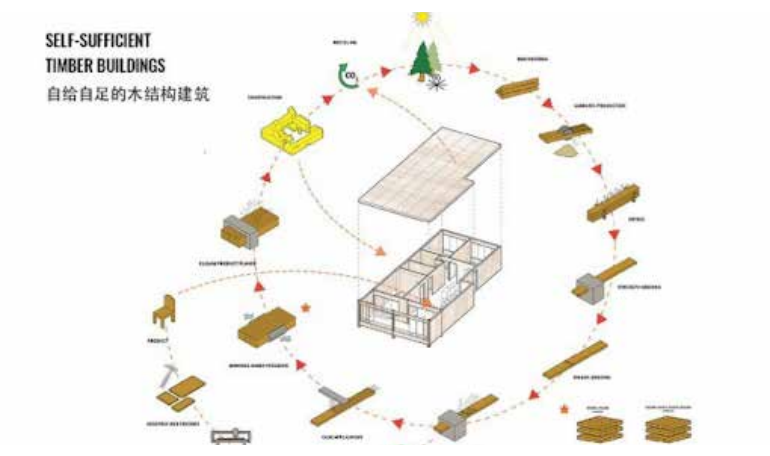


Imagen 2: Sistema constructivo de la Ciudad Autosuficiente. Fuente: Plataforma Arquitectura, 2020.

¿QUÉ ES EL ÍNDICE DE CIRCULARIDAD?

El Índice de Circularidad, expresa el nivel de circularidad de un sistema o edificio que pretende alcanzar un sistema de producción regenerativo en el que los materiales que componen un producto sean reciclables o reutilizados indefinidamente y de forma segura por las personas y el medio ambiente. Para calcular el índice de circularidad, se aplica la siguiente fórmula *(Carvajal, 2022):*

$$\textit{Índice de circularidad} = \begin{pmatrix} \Sigma \text{ Valoraciones} \\ \text{cuatro categorías} \\ \text{de Indicadores} \\ \text{de Circularidad} \end{pmatrix} * \begin{pmatrix} \text{\% de Incidencia} \\ \text{de cada categoría} \end{pmatrix}$$

Imagen 3: Índice de circularidad . Fuente: Carvajal, 2022.

¿ALGUNOS ASPECTOS CLAVES PARA LA CIRCULARIDAD?

Favorecer la arquitectura modular y prefabricada: Sistemas constructivos basados en productos de madera o madera con un núcleo de hormigón, favorecen la prefabricación, privilegiando elementos que vienen pre-construidos de fábrica, listos para ensamblar en obra reduciendo tiempos, riesgos y generación de residuos *(Madera y construcción, 2023).*

Una arquitectura ensamblable, presenta una mayor capacidad de adaptación en la vida útil del edificio y es aquí, donde la inteligencia del diseño reduce el costo de mantenimiento.

¿EXISTEN HERRAMIENTAS NACIONALES PARA APOYAR EL DISEÑO EN MADERA?

Diseña Madera es una plataforma web que recopila una base de datos con soluciones constructivas nacionales en madera para edificaciones de 1 a 6 pisos (estándar Minvu), incluyendo las normativas vigentes de desempeño térmico, acústico, reglas estructurales y resistencia al fuego. Junto con ello, lo más destacable de esta web, es que entrega la oferta que existe en el mercado de este tipo de producto. Esta plataforma brinda información mediante informes de desempeño, componentes de diseño CAD y BIM, fichas técnicas, integrado con los principales proveedores de materiales *(www.diseñamadera.cl, 2023).*

¿QUIERES SABER MÁS?

Revisa las publicaciones que han sido referencias para este artículo:

- Diseño y economía circular: su aplicación en la industria y en la sociedad
- Rascacielos de madera más alto del mundo que quiere construir Japón
- Módulos integrativos en madera: gestión e integra ción temprana de instalaciones y sistemas eficientes en el diseño de un edificio de programa mixto y mediana altura en Talca
- El futuro edificio más alto del mundo
- Incentivos para impulsar la construcción en madera en Chile
- Diseño circular y madera en arquitectura, una alianza con futuro
- La construcción en madera tiene un rol esencial en la economía circular
- Diseña Madera
- La industria comienza a avanzar hacia la gestión circular de la demolición
- Indicadores para medir la circularidad en el sector de la edificación

Desarrollo de Contenidos: CDT
Diseño y Edición: CTEC

Construye Zero

¿SABÍAS QUE EXISTE UN COMITÉ DE ECONOMÍA CIRCULAR PARA LA MINERÍA?

El comité fue creado por SOFOFA Hub y CESCO (Centro de Estudios del Cobre y Minería), con la finalidad de generar espacios de articulación entre compañías interesadas en impulsar la economía circular en el sector minero. (https://sofofahub.cl/2023)

TACC10: Impresión 3D y EcoHormigón

Mezclas de hormigón con residuos de la industria minera

Imagen 1: Zonas muestreadas de relaves mineros

Imagen 2: Suelos mineros degradados Fuente: Revista EIA, 2021.

La minería es, probablemente, una de las actividades que mayor volúmen de residuos genera a nivel mundial. Estos residuos, conocidos como colas o relaves, son almacenados durante tiempo indefinido por las extracciones mineras a través de diversas formas como retrollenado, realce, filtrado y disposición submarina *(Beltrán-Rodríguez et al., 2018)*, siendo, en muchas ocasiones, perjudicial para el medioambiente. Se trata de acciones que no poseen ningún beneficio adicional que genere valor agregado al proceso, solo un gran costo económico *(Arias Torres, S. M.; Córdova Castro,J. D.; Gómez Botero, M. A, 2021).*

Los residuos mineros sólidos que resultan del proceso de flotación de minerales en las plantas concentradoras de las minas, son conocidos como relaves mineros, y se dividen en dos modalidades *(In data - Vol 3, 2010):*

Pasivos mineros: corresponden a socavones de labores mineras, como los botaderos (escombreras) y los relaves de minas que dejaron de operar o que se encuentran en abandono, siendo los que generan alteraciones al medioambiente como:

1. Contaminación de aguas superficiales y subterráneas.
2. Impacto visual negativo.
3. Riesgo continuo al ecosistema frente a desastres naturales.

Activos mineros: corresponden a los relaves que se encuentran en yacimientos mineros activos o en operación. Por ejemplo, una mina puede generar 9 millones de toneladas de relave al año.

Por este motivo es que se buscan diversas alternativas para entregarle un segundo uso a este tipo de residuos. Una de ellas, es la aplicación en mezclas de hormigón como materia prima para generar nuevos productos como ladrillos, baldosas y hormigones frescos que ofrezcan alternativas a la industria de la construcción *(Romero- L. Flores, 2010).*

TIPO DE MEZCLAS REALIZADAS

La utilización de estos relaves mineros en reemplazo de ciertos insumos de un hormigón tradicional (arena, cemento, agua, grava) puede afectar las propiedades del material constructivo. Estas propiedades pueden ser la resistencia, así como también los porcentajes de cada material requerido, por ejemplo: el uso de mayor cantidad de agua.

A modo de ejemplo, existe un tipo de diseño de mezclas de hormigón realizada con una fracción de suelos degradados finos y gruesos (provenientes de los relaves) que además considera cemento Portland tipo I (de fraguado normal) de acuerdo a la metodología ACI 211.18 para una resistencia final de 210 kg/cm2 (American Concrete Institute - ACI Committee, 2002).

Esta mezcla cuenta con un cálculo de agua por metro cúbico de hormigón, determinado por el tamaño máximo del agregado utilizado para un asentamiento de 15 mm con el cono de Abrams y un contenido de aire atrapado de 2,5%. La relación agua/cemento de la mezcla se establece de 0,53 para una resistencia media de 237 Kg/cm2 a los 28 días de curado, de acuerdo al control establecido de 0,14 según la expresión de la ecuación 1. (A. M. Neville).

$$f'c = fm\,(1 - 1{,}65 * \sigma)$$

Donde:

f´c: Resistencia a la compresión de diseño

fm: Resistencia de diseño a compresión de la mampostería

σ: Desviación estándar seleccionada de acuerdo al tipo de control

Imagen 3: Fórmula de resistencia a la compresión del diseño de mezclas: Revista EIA,202.

Otro diseño de mezcla que se ha realizado a partir de relaves mineros, es una pensada para mortero (mezcla más ligera y menos resistente) de revoque de acuerdo a las aplicaciones y características previstas por Asocreto (Asocreto, 2011), y una resistencia esperada de aproximadamente 60 kg/cm2. En ésta se establece una relación agua/cemento de 1 y un volumen de aire de un 3,5%. La cantidad de arena de relave y cemento fue de 2,65 kg/m3 y el cemento de 3100 kg/m3 *(Revista EIA, 2021).*

¿QUÉ SE PUEDE HACER CON LOS RESIDUOS MINEROS?

Remoción: habilitación de terrenos para otros usos.
Recuperación de elementos de valor: Cu, Mo, Au, Ag, Fe, Sílice, TTRR, otros *(Arce Jaramillo, 2023).*

Producción de cemento con relaves de cobre: añadiendo porcentajes adecuados o si son tratados térmicamente se puede producir un cemento sólo a partir de relaves *(Arce Jaramillo, 2023).*

Reemplazo de arena y grava como áridos gruesos y medios: para la producción de morteros y hormigones.
Reemplazo de áridos finos del concreto (hormigón): la superficie de las partículas de relave es áspera y mejora la dureza o resistencia del concreto (Arce Jaramillo, 2023).
Materia prima correctiva para la producción de clinker: en reemplazo de materiales correctivos de hierro y sílice *(Arce Jaramillo, 2023).*

Reemplazo de arena para producción de hormigón proyectado (shotcrete): para fortificación de túneles mineros *(Arce Jaramillo, 2023).*

Materia prima para la producción de ladrillos y baldosas: se someten a tratamiento que incluye eliminación de impurezas y ajuste de las propiedades físicas y químicas necesarias para la fabricación de ladrillos. Se les pueden agregar arcilla o cal para mejorar la calidad del ladrillo y su resistencia *(Arce Jaramillo, 2023).*

Imagen 4: Baldosa artesanal fabricado a partir de relave empleado como agregado de construcción, Fuente: In data Vol. 13, 2010.

¿QUIERES SABER MÁS?

Revisa las publicaciones que han sido referencias para este artículo:

- Potencial de uso de relaves mineros en el caso de Chile: Un aporte para una minería más sostenible
- Alternativas de aprovechamiento de residuos de la industria minera
- Concreto (hormigón) con cemento pórtland puzo lánico tipo ip atlas de resistencias tempranas con la tecnología
- Reuso de relaves mineros como insumo para la elaboración de agregados de construcción para fabricar ladrillos y baldosas
- Comité de economía circular para la minería

Desarrollo de Contenidos: CDT
Diseño y Edición: CTEC

Referencias

Alicia, M. y Tomás, L. (2023). Metodología BIM Aplicada a la Eficiencia Energética Arquitectónica.
https://repositorio.upct.es/handle/10317/12671

Arce Jaramill.(,2023).Potencial de uso de relaves mineros en el caso de Chile:
Un aporte para una minería más sostenible.
https://www.cepal.org/sites/default/files/news/files/06._grecia_perez_de_arce_1.pdf

Arboccó, M. (2022). Arquitectura BIM 6D.
https://blog.zeroconsulting.com/que-es-la-arquitectura-bim-6d

Área Térmica del Laboratorio de Control de Calidad en la Edificación del Gobierno Vasco. (2013).

Caracterización térmica de fachadas ventiladas.
https://www.euskadi.eus/contenidos/informacion/area_termica_public/es_def/adjuntos/ensayo_paslink.pdf

Ateliers Jean Nouvel. (2014). One Central Park.
https://www.scielo.cl/pdf/arq/n102/0717-6996-arq-102-00134.pdf

Barreto, J. (2023) Uso de la Metodología Building Information Modeling para el análisis energético de edificios.
https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/33694/Barreto%20Requejo%20Jhonatan%20David.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Barry A. Wills, J. F. (2015). Wills' Mineral Processing Technology, 8th Edition [Book]. Retrie-ved December 22, 2020, from
https://www.oreilly.com/library/view/wills-mineral-processing/9780080970547

BIMCommunity. (2018). Building smart cities with BIM.
https://www.bimcommunity.com/news/load/757/construyendo-ciudades-inteligentes-con-bim

C.Howson, J. Richardson, R.Sallam, A.Kronz.(2019).Cuadrante mágico para plataformas de análisis e inteligencia empresarial.
https://intermedialatam.com/wp-content/uploads/2020/01/Reimpresi%C3%B3n-de-Gartner.pdf

Calderón, M. (2021). Sistemas industrializados de fachada.
https://oa.upm.es/68311/1/TFG_Jun21_Aquila_Calderon_Mariano.pdf

Castañeda, J. (2023). Implementación de sistemas sostenibles para el desarrollo de vivienda mediante la metodología BIM.
https://repositorio.ucp.edu.co/handle/10785/15568

CChC. (2022). Uso eficiente del agua en la industria de la construcción.
https://www.youtube.com/watch?v=Ps3aUSt0KAY

CDT. (2015). Manual de Acondicionamiento Térmico.
https://cchc.cl/uploads/archivos/archivos/Manual_WEB.PDF

CDT. (2021). Indice de transformación digital.
https://www.cdt.cl/wp-content/uploads/2021/05/Lanzamiento-Primer-%C3%8Dndice-de-Transformaci%C3%B3n-Digital-en-la-Construcci%C3%B3n-Claudio-Parraguez-ITDC-18-Mayo-2021.pdf

De la Fuente Ruíz de Temiño, G. (2023). Moldeando el hormigón prefabricado.
https://oa.upm.es/74966/1/TFG_Jun23_Fuente_RuizDeTemino_Gonzalo_DeLa.pdf

Dominguez, P. (2016). Tecnología en fachadas como estrategia de diseño sostenible.
https://oa.upm.es/39282/1/TFG_Patricia_Dominguez_Perez_a.pdf

Esade. (2018). Adopción e impacto del Big Data y Advanced Analytics en España.
https://itemsweb.esade.edu/wi/Prensa/InformeESADE_AdopcionImpactoBigDataAdvancedAnalytics.pdf

Euskadi (2023).Laboratorio de Control de la Calidad en la Edificación
https://www.euskadi.eus/gobierno-vasco/laboratorio-control-calidad-vivienda/

Facultad de Arquitectura y Urbanismo. Universidad Central de Venezuela. Vol. 26 Núm. 2 (2010): Tecnología y Construcción.
http://saber.ucv.ve/ojs/index.php/rev_tc/issue/view/383

Referencias

Figueroa, A. y Serna, D. (2022). Sistema de cubiertas para espacio público un acercamiento a procesos y herramientas de diseño paramétrico.
https://bibliotecadigital.univalle.edu.co/entities/publication/e3b6780a-301c-4643-a6c9-cf0ad8db0da6

Garófalo, F. (2020). Big Data y modelos urbanos inteligentes.
https://www.linkedin.com/pulse/big-data-y-modelos-urbanos-inteligentes-fabi%C3%A1n-alejandro-gar%C3%B3falo/?originalSubdomain=es

GBC. (2021). Manual de paisajismo sustentable.
https://www.chilegbc.cl/assets/images/documentos/Manual_Paisajismo_ChileGBC_final_2021%20(I teractivo%20Web).pdf

Grupo Iberdrola.(2023). Mantenimiento predictivo: la técnica basada en datos clave para anticipar errores.
https://www.iberdrola.com/innovacion/mantenimiento-predictivo

Harrison, G. (2015). Next Generation Databases NoSQL, NewSQL, and Big Data.
https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=q6pPCwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR6&dq=G.+Harrison,+Next+Generation+Databases+NoSQL,+NewSQL,+and+Big+Data&ots=e8KuCNvxkk&sig=EZ9Kya3nWiwWi-hO0k7M5ORy5po#v=onepage&q&f=false

https://itemsweb.esade.edu/wi/Prensa/InformeESADE_AdopcionImpactoBigDataAdvancedAnalytics.pdf

ITeC. (2022). Sistema Fachada ligera Lignum Tech.
https://itec.es/certificacion/files/dau_22_132_a0e.pdf

In data - Vol 3. (2010). Reuso de relaves mineros como insumo para la elaboración de agregados de construcción para fabricar ladrillos y baldosas.
https://www.redalyc.org/pdf/816/81619984010.pdf

Jiménez, E. (2017). Las Ciudades Inteligentes y los Big Data.
http://saber.ucv.ve/bitstream/10872/15928/1/Ponencia%20Ciudades%20intel-big%20data%20%20%20Elsi%20Jim%-c3%a9nez%20-AVEGID.pdf

Lignum Tech. (2023). ¿Cómo se instala la fachada industrializada de Lignum Tech?.
https://www.youtube.com/watch?v=eOcKey-N9Ls

Lomas, F. y Mirina, E. (2022). Hormigones con áridos gruesos reciclados (RCA) más poliestireno expandido para paneles prefabricados en viviendas de interés social.
https://oa.upm.es/73629/

López,G. (2015). Análisis y caracterización de las instalaciones interiores de suministro de agua desde el punto de vista del ahorro. https://riunet.upv.es/bitstream/id/287240/L%C3%B3pez%20-%20An%C3%A1lisis%20y%20caracterizaci%-C3%B3n%20de%20las%20instalaciones%20interiores%20de%20suministro%20de%20agua%20desde%20el....pdf

Mengod, A. (2021). Estudio de la influencia del uso de colillas como aislante térmico en el confort interior de edificios. Apl icación de herramientas de diseño paramétrico. Análisis mediante herramientas paramétricas. https://idus.us.es/handle/11441/143109

Moreno, O. (2017). Diseño y despliegue de una arquitectura IoT para el análisis de datos en tiempo real.
https://oa.upm.es/48108/9/TFM_OSCAR_MORENO_SANCHEZ.pdf

Pineda, J. Bejarano, O. Roda, P. Perdomo, F. (2022). Hacia el desarrollo de infraestructuras eficientes y sostenibles en América Latina.
https://scioteca.caf.com/bitstream/handle/123456789/1894/Hacia%20el%20desarrollo%20de%20infraestructutas%20eficientes%20y%20sostenibles%20en%20Am%C3%A9rica%20Latina.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Power BI.(2023). ¿Qué es la visualización de datos?.
https://powerbi.microsoft.com/es-es/data-visualization/

Power Data. (2023). Big Data: ¿en qué consiste? Su importancia, desafíos y gobernabilidad.
https://www.powerdata.es/big-data

Referencias

Pyvotal. (2023). Maximizando Productividad.
https://www.pyvotal.com/automatizaci%C3%B3n-de-flujos-de-trabajo-empresariales-la-clave-para-ahorrar-tiempo-y-costos

Universidad Complutense de Madrid. (s.f). ¿Qué es Small Data?
https://www.masterdatascienceucm.com/

Revista EIA. (2021). Alternativas de aprovechamiento de residuos de la industria minera.
https://revistas.eia.edu.co/index.php/reveia/article/view/1496/1428

Serrano, P. (2023). ¿Qué es la envolvente térmica del edificio? Cómo mejorar su aislamiento.
https://www.caloryfrio.com/construccion-sostenible/aislamiento-y-humedad/que-es-la-envolvente-termica-del-edificio-mejorar-aislamiento.html

Souza, E. (2023). ¿Cuál es la huella hídrica de tu proyecto arquitectónico?
https://www.archdaily.cl/cl/1002236/cual-es-la-huella-hidrica-de-tu-proyecto-arquitectonico

Stevens, E. (2021).Implementación del reglamento sobre condiciones sanitarias para la reutilización de aguas grises.
https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/183863/Aguas_grises.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Torre Llera, F. (2018). Aplicaciones del Big Data a la logística.
https://uvadoc.uva.es/bitstream/handle/10324/30933/TFM-P-806.pdf?sequence=1

Valdez Cano. (2023).Aislamiento Térmico con aerogel de sílice modificado en un mortero alternativo para envolventes de la edificación.
https://eprints.uanl.mx/25870/1/1080312479b.pdf

Vallvé, A. (2023). Integración de datos de procesos de negocio y organizacionales de bases de datos NoSQL.
https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/bitstream/20.500.12008/37989/1/Val23.pdf

Zimmermann. (2021). Wallex presenta su sistema constructivo de fachada industrializada.
https://www.interempresas.net/construccion-industrializada/Articulos/371972-Wallex-presenta-su-sistema-constructivo-de-fachada-industrializada.html

Zorrilla, D. y Rivera, I. (2021). Análisis de datos en el consumo energético como parte de una metodología de gestión energética.
https://repository.urosario.edu.co/server/api/core/bitstreams/25fec385-5cc5-4967-bb40-84bd6351aa36/content

Desarrollo de contenidos: CDT
Edición: CTEC
Diseño: CTEC

CTEC
INNOVACIÓN EN LA CONSTRUCCIÓN

Construye Zero

CDT