

INVENTARIO DE CICLO DE VIDA PARA MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN EN CHILE:

Metodología y resultados

**SÍNTESIS DE
INVESTIGACIÓN**

Junio 2020
Nº 08



CEDEUS

Centro de Desarrollo
Urbano Sustentable

INVENTARIO DE CICLO DE VIDA PARA MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN EN CHILE:

Metodología y resultados

© Centro de Desarrollo
Urbano Sustentable
CEDEUS

Autores

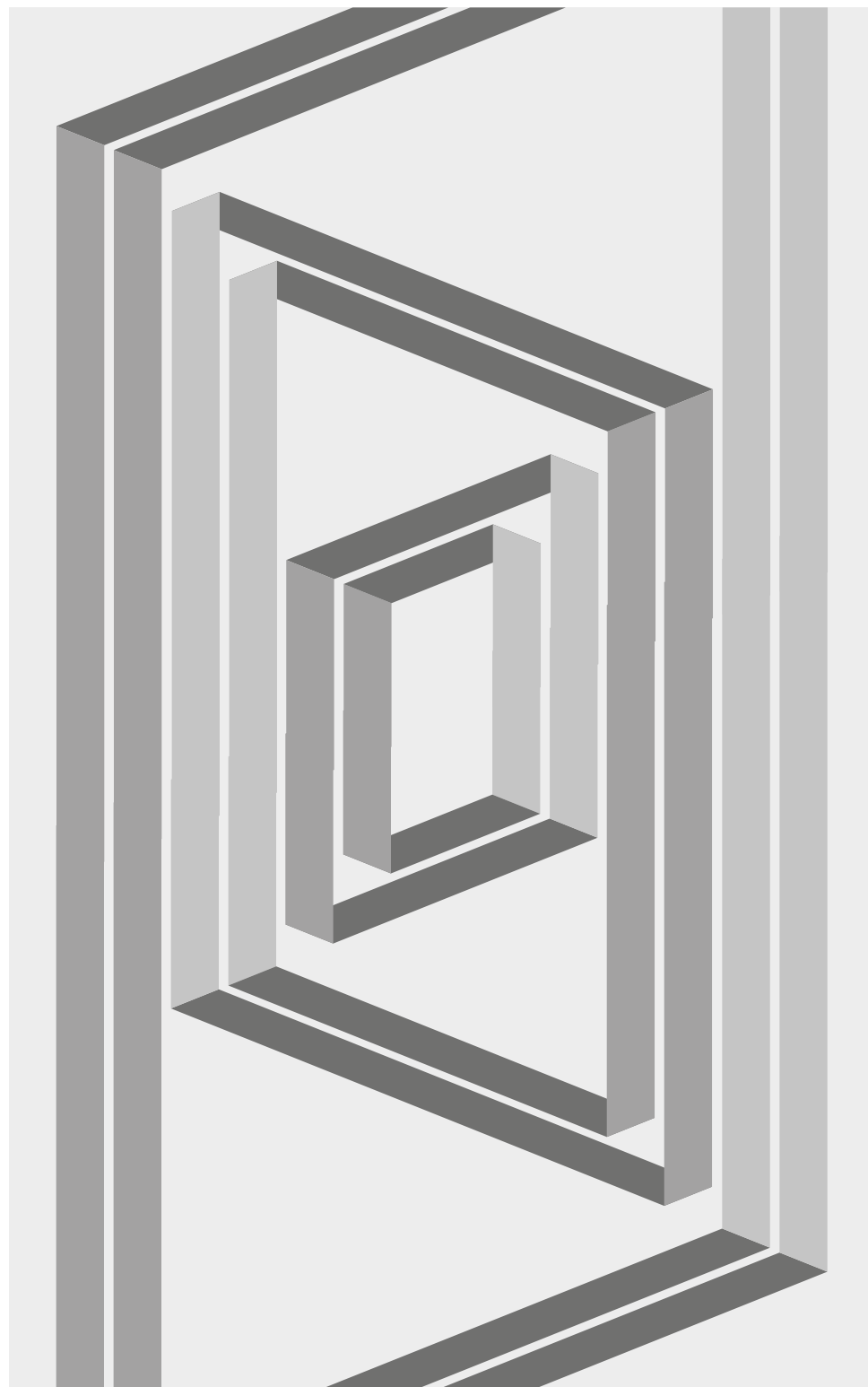
Victor Bunster
Waldo Bustamante

Cómo citar este documento:

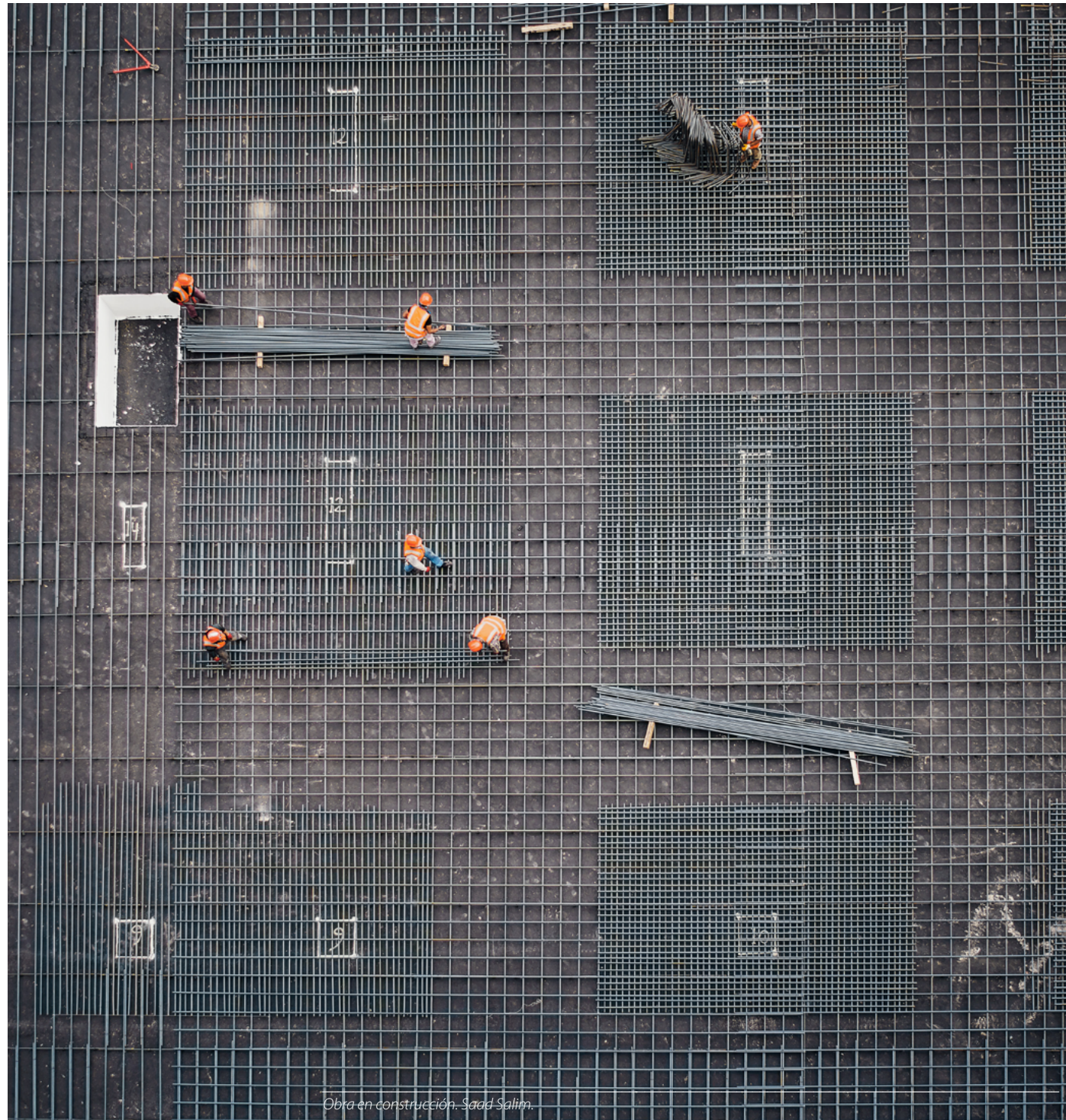
**Bunster, V., Bustamante, W.,
(2020). *Inventario de materiales de
construcción en Chile: Metodología y
resultados*. Síntesis de Investigación
N°08. Centro de Desarrollo Urbano
Sustentable, Santiago. [https://doi.
org/10.7764/cedeus.si.08](https://doi.org/10.7764/cedeus.si.08)**



Atribución-NoComercial 4.0
Internacional (CC BY-NC 4.0)
Primera edición corregida
Junio 2020 / N°08



- Se presenta una metodología para el desarrollo de inventarios de ciclo de vida para materiales de construcción en Chile.
- La metodología propuesta combina información estadística existente para generar coeficientes híbridos de energía incorporada.
- Los resultados demuestran que los coeficientes desarrollados únicamente en base a información sobre procesos productivos tienden a subestimar significativamente los impactos ambientales de los materiales de construcción producidos en el país.
- Se entregan coeficientes de energía incorporada de 26 materiales de construcción chilenos.





Obras en acerradero, Concepción. Victor Bunster.

CONTEXTUALIZACIÓN DEL TEMA Y PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

En las últimas décadas, la economía chilena ha sido una de las de más rápido crecimiento en América Latina, convirtiéndose en el primer país de la región en unirse a la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) el 2010 y siendo reconocido oficialmente como nación de altos ingresos por el Banco Mundial en 2013. Una consecuencia de este crecimiento ha sido un aumento sustancial en la demanda interna de energía y recursos. En los últimos 20 años, Chile ha cuadruplicado sus requerimientos eléctricos y duplicado su demanda bruta de energía primaria, ubicando al país en una situación de alta vulnerabilidad debido a su fuerte dependencia de combustibles fósiles importados.

En este contexto, el sector construcción se ha convertido en un objetivo clave para la política medioambiental. Según estadísticas oficiales, en 2013, la industria de la construcción fue responsable de cerca de un 26% del uso total de energía y materiales, 6% del consumo de agua, 34% de los materiales de desecho y 33% de los gases de efecto invernadero emitidos en Chile. Esto generó que la Política Nacional de Energía exigiera que todos los edificios nuevos cumplan con los estándares de la OCDE para el año 2050. Sin embargo, la falta de

información y conciencia sobre el desempeño ambiental de los distintos materiales de construcción amenaza con limitar los potenciales beneficios de esta iniciativa a la fase operacional de los edificios.

El **análisis de ciclo de vida** (ACV) es una metodología comúnmente utilizada para evaluar los impactos de actividades productivas en el medio ambiente, desde la extracción de las materias primas hasta su eliminación y/o reciclaje. Esta metodología comprende de cuatro fases principales: 1) definición del objetivo y alcance de la evaluación, 2) análisis del inventario del ciclo de vida (ICV), 3) evaluación de impactos de ciclo de vida, 4) interpretación de los resultados.

En este contexto, el **análisis de inventario del ciclo de vida** se centra en recopilar información sobre los flujos de un sistema para permitir cuantificar sus impactos ambientales. Actualmente existen tres formas de generar dichos inventarios: análisis de procesos, análisis económico de insumo-producto (EI-P) y análisis híbrido. Mientras el **análisis de procesos** se enfoca en información primaria sobre los distintos procesos involucrados en la manufactura de un material, generalmente con datos adquiridos en terreno, el **análisis EI-P** utiliza datos macroeconómicos entregados por agencias estatales para cuantificar estos flujos a nivel

país. Ambos enfoques tienen sus ventajas y limitaciones en términos de precisión e integridad.

El análisis de procesos permite recopilar información con un nivel de detalle que no se puede lograr utilizando datos macroeconómicos, sin embargo, sus resultados son inherentemente incompletos debido al alcance de la información que puede ser recopilada en terreno. El análisis EI-P, por otro lado, proporciona información completa a nivel regional, pero está limitado por la agregación de datos en sectores industriales. En este contexto, el análisis híbrido busca superar estas limitaciones combinando la especificidad del análisis de procesos con la integridad del análisis EI-P.

Existen estudios que han utilizado métodos de análisis del ciclo de vida para cuantificar los impactos de diferentes actividades de la industria de la construcción chilena en el medio ambiente. Sin embargo, estos se han visto limitados por la falta de ICV desarrollados específicamente para Chile y, por lo tanto, han recurrido a bases de datos internacionales que no reflejan el contexto local con precisión. Este estudio aborda este problema con una metodología para el desarrollo de ICV híbridos para materiales de construcción fabricados localmente en busca de facilitar el uso de métodos de ACV para el sector construcción en Chile.



Obras de tabiquería. Charles Deluvio.

METODOLOGIA PROPUESTA

La metodología propuesta consta de tres fases: recopilación de información, preprocesamiento de la información recopilada, y procesado e hibridación de la información resultante.

Fase 1: Recopilación de información

Se recoge información disponible sobre los procesos productivos involucrados en la manufactura de materiales de construcción locales, sus cargas medioambientales, costos en el comercio y estadísticas macroeconómicas. En este caso, la información EI-P se recopiló mediante matrices de insumo-producto generadas por el Banco Central de Chile para el año 2013, las cuales contienen información macroeconómica de 111 actividades económicas y 181 productos. En paralelo, se recopilaron declaraciones ambientales de producto (DPAs) de 25 materiales de construcción locales para reflejar las cargas ambientales asociadas a su manufactura. La información de costos fue recogida mediante precios en el comercio local llevados al 2013 con ajustes de inflación, y las cargas energéticas de los distintos sectores industriales fueron adquiridas mediante el balance nacional de energía de 2013, que contiene información sobre 26 combustibles y 26 sectores económicos.

Fase 2: Preprocesamiento de información

La segunda fase consiste en preprocesar la información recopilada para permitir el análisis macroeconómico de insumo-producto y su hibridación en etapas posteriores. Esto requirió llevar toda la información a un mismo formato (csv), para en segundo lugar transformar las cargas energéticas a una misma unidad funcional (MJ/kg). Posteriormente, se definieron tablas de concordancia

entre información macroeconómica, de procesos y de cargas energéticas a nivel país. Este proceso fue realizado manualmente con información entregada por el Banco Central de Chile y documentación del Ministerio de Energía, en base a la Clasificación Industrial Internacional Uniforme de todas las actividades económicas (CIIU) de las Naciones Unidas.

Fase 3: Procesado e hibridación

En la tercera fase, se genera información sobre cargas medioambientales asociadas a los distintos materiales de construcción mediante la hibridación de información sobre procesos productivos con las matrices de insumo-producto, para así definir coeficientes de energía incorporada. En primer lugar, fue necesario construir una **cuenta satélite de energía**¹ (i.e., energy satellite) para el análisis medioambiental de insumo-producto. Para ello las transacciones económicas relacionadas a la elaboración de combustibles, electricidad y gas fueron asociadas al uso total de energía definido en los balances nacionales mediante las tablas de concordancia descritas anteriormente. Esta cuenta satélite fue utilizada para ejecutar un análisis estadístico de pautas (i.e., structural path analysis) sobre las matrices de insumo-producto, para así cuantificar la carga energética asociada a distintas actividades económicas. Una vez concluido este análisis, se generaron los coeficientes híbridos utilizando el método estadístico de intercambio de ruta (i.e., path exchange method).

¹Una cuenta satélite es una herramienta estadística que permite estudiar en detalle los requerimientos y contribuciones de un sector económico en particular a nivel país.

PRINCIPALES RESULTADOS

La Tabla 1 resume los coeficientes híbridos de energía incorporada resultantes para los materiales analizados en este estudio. Mientras la contribución media de los datos de El-P a la energía incorporada de los materiales fue de un 51.79%, la mayor fue para membranas de polietileno con el 87.22% del total (sin considerar arena, donde no existe información sobre procesos), y la menor para barras de acero de refuerzo con un 10.05% del total. Estos resultados demuestran lo incompletos que pueden ser los coeficientes de energía incorporada desarrollados en base solo a información de procesos, y por lo tanto la importancia de usar datos El-P para mejorar su precisión en ACV.

Estudios previos han concluido que la energía utilizada durante la etapa operativa de los edificios chilenos es significativamente más alta que la incorporada en otras etapas de su ciclo de vida. Aunque esto puede ser una consecuencia del bajo rendimiento del stock existente y la falta de una regulación térmica exhaustiva, la energía incorporada en otras etapas del ciclo de vida de los edificios no puede ser cuantificada de forma completa en ausencia de un ICV.

En este sentido, los resultados de la aplicación de esta metodología sugieren que la información actualmente disponible para realizar este tipo de evaluación no refleja el alcance total de la energía incorporada en la cadena de suministro de los materiales de construcción chilenos. Estas diferencias pueden parecer menores cuando se observa la demanda de energía operacional de un edificio. Sin embargo, en la medida en que la regulación sea capaz de reducir la demanda de energía por concepto

de calefacción y enfriamiento en edificios, el impacto de estas diferencias va a ir en aumento y la necesidad de coeficientes de flujo ambiental más confiables se vuelve aún más importante.

La exactitud de los ICV híbridos depende de la capacidad de los métodos utilizados de identificar y reemplazar flujos ausentes en las bases de datos de procesos de manufactura con información El-P de forma precisa, para evitar problemas de sobreestimación. Aunque los datos chilenos contienen altos niveles de incertidumbre, los resultados reflejan etapas de la cadena de suministro que de otra manera son ignorados y, por lo tanto, permiten capturar de manera más integral flujos ambientales incorporados en materiales de construcción producidos localmente. Por otra parte, esta aproximación permite superar limitaciones de coeficientes de flujo ambiental desarrollados utilizando información genérica y, por lo tanto, llenar vacíos que limitan la utilidad de los ACV en Chile.

PRODUCTO / MATERIAL	Procesos [MJ/kg]	El-P [MJ/kg]	Total [MJ/kg]
Alfombra de nylon	54.7	47.6	102.3
Arena*	-	1.1	1.1
Barras de acero de refuerzo	16.9	1.9	18.9
Cemento	2.6	2.7	5.3
Cerámica de piso	12.9	9.9	22.8
Estuco de yeso	1.7	3.0	4.7
Fieltro asfáltico	35.5	17.8	53.3
Hormigón elaborado H-35	1.7	2.0	3.7
Ladrillo cerámico	4.0	1.5	5.5
Lana de vidrio	8.2	36.7	44.8
Lana mineral	15.5	26.5	42.0
Membrana de aluminio	202.0	80.8	282.8
Membrana de polietileno	12.9	88.0	100.9
Perfilería de acero	18.1	18.7	36.7
Pino dimensionado seco	6.4	4.9	11.3
Pintura al aceite	43.1	16.5	59.6
Pintura al agua	31.9	11.2	43.0
Planchas de acero corrugado	30.8	13.5	44.3
Planchas de fibrocemento	1.7	10.0	11.7
Planchas de yeso cartón RF	9.2	16.9	26.1
Planchas de yeso cartón RH	9.2	20.4	29.6
Planchas de yeso cartón ST	9.2	5.5	14.7
Poliestireno expandido estándar	40.5	131.7	172.2
Tableros OSB estructural	9.9	10.1	20.0
Terciado estructural	26.0	14.8	40.8
Vidrio monolítico	14.7	20.2	34.9

Tabla 1. Coeficientes híbridos de energía incorporada de los 26 materiales analizados.

CONCLUSIONES

- Se presenta una metodología para desarrollar ICV híbridos para materiales de construcción utilizando matrices de insumo-producto, balances de energía y declaraciones ambientales de producto mediante análisis estadísticos de pauta e intercambio de ruta.
- Los resultados demuestran que los coeficientes desarrollados en base a información sobre procesos de manufactura subestiman de manera significativa la energía incorporada en materiales de construcción producidos en Chile, con un 99.1% de incremento promedio en los casos analizados.
- Se entregan coeficientes híbridos de energía incorporada para 26 materiales de construcción chilenos para ser utilizados como base para futuros ACV que reflejen con mayor precisión los flujos energéticos locales y su impacto en el medio ambiente.

REFERENCIAS

- Bunster, V., Crawford, R. H., Bontinck, P.-A., Stephan, A., & Bustamante, W. (2018, 28/11/2018 to 01/12/2018).** *Towards a comprehensive hybrid life cycle inventory for Chilean building materials*. Paper presented at the ASA 2018, Melbourne, Australia.
- Bunster, V., & Crawford, R. H. (2019).** *Hybrid LCI coefficients for Chilean building materials*. Base de datos. Recuperado de <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.6727190.v3>



Centro de Desarrollo
Urbano Sustentable

www.cedeus.cl
comunicaciones@cedeus.cl