

# ECOBASE

## CONSTRUCCIÓN

“Desarrollo de un Sistema de Manejo de Información ambiental para Análisis de Ciclo de Vida, a través de una Plataforma Tecnológica, para mejorar la sustentabilidad y competitividad de la Industria de la Construcción”

Proyecto 13BPC3-19204

**Fé de erratas documentos: Metodología de Evaluación de Impactos de Ciclo de Vida, Inventarios de Ciclo de Vida y Categorías de Impacto**

**Proyecto ECOBASE Construcción**

Versión 1.0  
15 Octubre 2015

**idíem**<sup>®</sup>

**FCH**  
FUNDACIÓN CHILE

**CDL**  
SOMOS CCNC

Proyecto apoyado por  
**CORFO**  
CORPORACIÓN FOMENTO CHILE



## Introducción

En el presente informe se adjuntan correcciones realizadas por el Equipo Técnico de Ecobase según las observaciones emitidas por el revisor internacional Edge Environment, tanto al documento “Metodología de Evaluación de Impactos de Ciclo de Vida- Proyecto ECOBASE Construcción- Versión 2.0 -30 Septiembre 2014” como a los Inventarios preliminares-LCI, ambos enviados a corrección internacional en Enero 2015 y, a los resultados de categorías de impactos “Final results-environmental impacts 02 Abril 15” enviados a revisión en Abril 2015. Cabe señalar que la información enviada a la consultora internacional, es primero revisada y corregida de acuerdo a las observaciones realizadas por el Grupo de Políticas de Control. Las revisiones realizadas por Edge Environment, se encuentran en los documentos “LCIA Methodology 30-09-2014 - Edge review 1 may 2015” y “Edge Environment Draft Summary Report of LCI Review - 27 August 2015” los que están disponibles según consulta.

# ECOBASE

## CONSTRUCCIÓN

“Desarrollo de un Sistema de Manejo de Información ambiental para Análisis de Ciclo de Vida, a través de una Plataforma Tecnológica, para mejorar la sustentabilidad y competitividad de la Industria de la Construcción”

Proyecto 13BPC3-19204

### Metodología de Evaluación de Impactos de Ciclo de Vida Proyecto ECOBASE Construcción

Versión 3.0  
14 Septiembre 2015



## ÍNDICE

|     |   |    |
|-----|---|----|
| 1.  | Introducción.....   | 5  |
| 2.  | Evaluación de Impacto de Ciclo de vida.....                 | 6  |
| 2.1 | De los flujos elementales a las categorías de impacto ..... | 6  |
| 2.2 | Categorías de Impacto .....                                 | 7  |
| 2.3 | Modelo de Caracterización .....                             | 10 |
| 3.  | Interpretación del ACV.....                                 | 11 |
| 4.  | Referencias.....  | 12 |

# Metodología para la Evaluación de impacto de ciclo de vida (EICV)

(Documento elaborado a partir de **ILCD Handbook** cáp. 8 y 9; el primer borrador de metodología de recolección de datos ECOBASE CONSTRUCCIÓN, y de la metodología ECOBASE ALIMENTOS).

## I. Introducción

El objetivo del proyecto ECOBASE CONSTRUCCIÓN es la elaboración de una base de datos nacional de materiales de construcción a partir del Análisis de Ciclo de Vida (ACV) que permita evaluar su desempeño ambiental para diferentes usos constructivos. El ACV se realiza a partir de información representativa, que permita elaborar promedios nacionales de la industria chilena. Esta base de datos será de uso público, y contempla poner a disposición de los usuarios no solo los perfiles desagregados de flujos (en procesos genéricos) de inventario de ciclo de vida, sino además los impactos ambientales de estos perfiles de acuerdo a una serie de categorías de impacto.

El presente documento presenta la metodología para la Evaluación de Impacto de Ciclo de Vida (EICV) del proyecto, como etapa siguiente al levantamiento y cálculo de inventarios de ciclo de vida de los 5 grupos de materiales que incluye el proyecto.

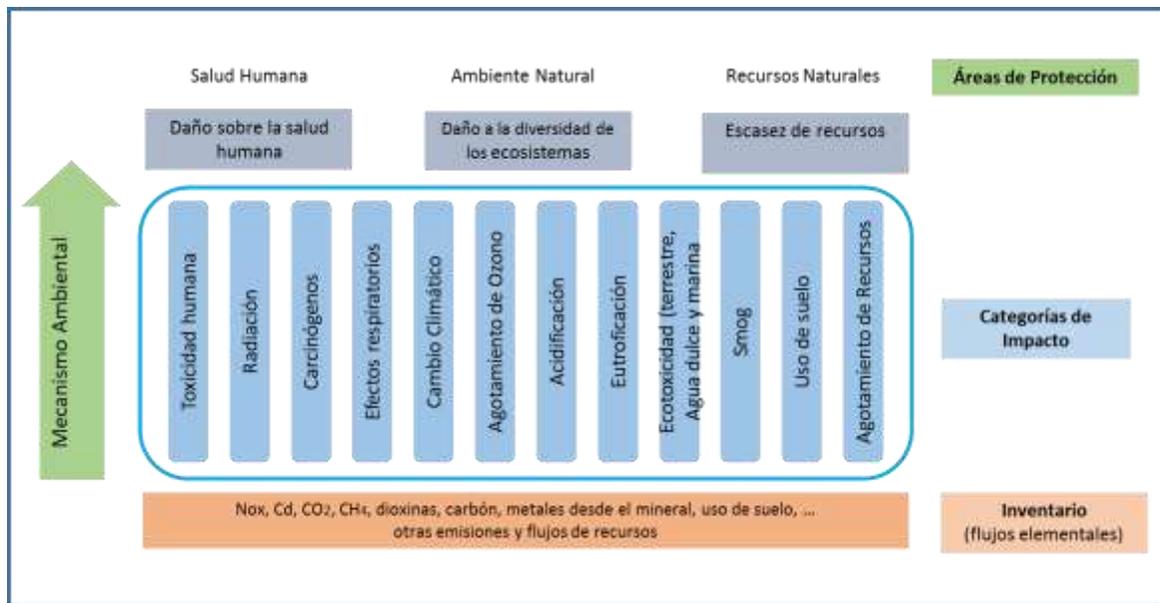
La EICV tiene como propósito evaluar cuán significativos son los impactos ambientales potenciales de cada material utilizando los resultados del ICV (sin comparar entre materiales distintos, ya que finalmente sus usos no son comparables por las características del rubro de la construcción en cuanto a la múltiple funcionalidad de un mismo material). El ICV es el resultado de la modelación en un software (SimaPro 8) de la información de los procesos e insumos entregada por las empresas productoras. Respecto a las emisiones, algunas son medidas, y se puede ingresar directamente como flujo elemental, que el programa transforma en impacto. Las que no son medidas se obtienen modelando el proceso que las genera, y el programa las incluye en las categorías de impacto respectivas.

Este proceso implica la asociación de los datos de inventario con categorías de impacto. Las categorías de impacto corresponden a clases que representan asuntos ambientales de interés tanto de empresas privadas y especialmente públicos (cambio climático, agotamiento de la capa de ozono y acidificación, entre otros) a los cuales se pueden asignar los resultados del análisis del inventario del ciclo de vida (ISO 14040).

El resultado del EICV son indicadores de impactos ambientales potenciales relevantes, y no predicciones de los efectos ambientales reales de un proceso productivo asociado a un material específico. Cada categoría de impacto tiene indicadores propios, denominados Factores de Caracterización, con unidades específicas. Por ejemplo, para la evaluación del potencial de cambio climático, puede ser calculado en la unidad de medida kg CO<sub>2</sub>-eq y el Potencial de acidificación kg SO<sub>2</sub>-eq. Para convertir el inventario de ciclo de vida a estos indicadores de impacto existen diferentes estrategias de cálculo, conocidas como Modelos de Caracterización, que convierten los flujos elementales del inventario (es decir, los recursos elementales que son extraídos de la tierra y sustancias que son liberadas al medio), en los factores de caracterización de cada categoría de impacto.

Finalmente, las categorías de impacto se pueden agrupar según Áreas de Protección (Salud humana, Daño sobre el medioambiente y Agotamiento de recursos) que se podrían ver afectadas, y que permitirían tomar decisiones a nivel de políticas públicas. El proyecto ECOBASE no contempla en sus alcances esta evaluación, denominada de punto final, sin embargo, a partir de los datos de inventario y categorías de impacto resultantes, el usuario podría realizar esta evaluación con la ponderación y normalización que estime adecuados.

La figura 1 resume la relación entre flujos elementales, categorías de impacto intermedias, y categorías de punto final. En esta se puede ver que los datos de inventario (en naranja), son utilizados para realizar el cálculo de impactos potenciales de cada categoría de impacto (en azul). Posteriormente estos pueden ser derivados en los cálculos de puntos finales (en gris).



**Figura 1.** Evaluación de ciclo de vida. Diagrama de los pasos desde el inventario hasta las categorías de punto final. No incluye normalización ni ponderación (European Commission, 2010).

De esta manera, el inventario de ciclo de vida, compuesto de entradas y salidas elementales se traduce en indicadores de impacto ambiental posibles de interpretar. El EICV permite además realizar una evaluación de sensibilidad de los datos recolectados a través de su contribución a los indicadores de impacto. Este procedimiento es propio de la naturaleza iterativa de los ACV, donde el nivel de precisión y completitud se valora en base a los resultados de EICV.

## II. Evaluación de Impacto de Ciclo de vida

### 2.1 De los flujos elementales a las categorías de impacto

La asignación de los flujos elementales individuales de inventario a una o más de las categorías de impacto relevantes se denomina "Clasificación", de acuerdo a la capacidad de estas sustancias de contribuir a distintos problemas ambientales. Luego, estos flujos elementales individuales son multiplicados linealmente por un factor que pondera la magnitud de este efecto. Este paso se denomina "Caracterización".

Por ejemplo, si la categoría de impacto es cambio climático, el modelo de caracterización identifica qué sustancias aportan a este impacto ambiental (clasificación): dióxido de carbono, metano, CFCs, entre otros. Luego, se define el indicador, que en este caso son kg CO<sub>2</sub>-eq, donde cada sustancia contribuye de distinta manera de acuerdo al factor de caracterización: un kilogramo de dióxido de carbono corresponde un kg CO<sub>2</sub>-eq; un kilogramo de metano corresponde a 25 kg CO<sub>2</sub>-eq; el kilogramo de CFC142 corresponde a 2310 kg CO<sub>2</sub>-eq. Además, puede darse el caso de que una emisión contribuya a varias categorías de impacto, por afectar a más de una categoría.

Para la caracterización ReCiPe, se utiliza la siguiente formula:

$$I_m = \sum Q_{mi} m_i$$

donde  $m_i$  es la magnitud de la intervención  $i$  (por ejemplo la masas de CO2 emitida al aire),  $Q_{mi}$  es factor de caracterización, que conecta la intervención  $i$  con la categoría  $m$ , e  $I_m$  es el indicador resultante de la categoría  $m$ .

El software de ACV utilizado (SimaPro 8) contiene dentro de sus librerías la metodología ReCiPe, con la clasificación y los factores de caracterización correspondientes. A partir de los resultados del inventario, el cálculo de las categorías de impacto se realiza de manera automática.

La clasificación y caracterización son pasos obligatorios de una evaluación de impactos de ciclo de vida, y existen varias metodologías de uso internacional. Como pasos opcionales, las Normas ISO 14040/44 incluye la **Normalización**, que compara todos los impactos caracterizados con una unidad de referencia común, entregando resultados de EICV adimensionales y agregados; y la **Ponderación**, donde los resultados del ICV son multiplicados por un conjunto de factores que indican la distinta relevancia que se pudiera asignar a las varias categorías de impacto o áreas de protección.

De acuerdo a la ISO 14040, no está permitida la ponderación si los resultados del ACV se utilizaran para comparar productos. De acuerdo a los objetivos y alcances del proyecto no se contempla realizar normalización ni ponderación.

De acuerdo a la ISO 14044 “una EICV no debe proporcionar la única base de la aseveración comparativa acerca de la superioridad o equivalencia ambiental global prevista para su divulgación al público ya que se necesitará información adicional para superar algunas de las limitaciones inherentes a la EICV. Algunos ejemplos de estas limitaciones son los juicios de valor, la exclusión de información espacial y temporal, los umbrales y la información de dosis-respuesta, el enfoque relativo y la variación en la precisión entre categorías de impacto.”

## 2.2 Categorías de Impacto

Las categorías de impacto más pertinentes para evaluar ambientalmente un sistema de productos se discuten regularmente. El proyecto ECOBASE ha seleccionado el método de caracterización de impactos **ReCiPe** (Goedkoop *et al*, 2008), que evalúa las categorías listadas en la tabla 1. Estas categorías están incluidas también en la Global Guidance Principles for Life Cycle Assessment Databases (UNEP-SETAC 2011), y el International Reference Life Cycle Data System (European Commission 2010). De esta manera, se cumple con las condiciones estipuladas por la ISO:

- Ser válidos científica y técnicamente, es decir utilizando un mecanismo ambiental diferenciado, identificable y/o una observación empírica reproducible,
- Ser ambientalmente relevante, es decir que tiene vínculos suficientemente claros en los puntos finales de categoría incluyendo pero no limitado a las características espaciales y temporales
- Que los indicadores de categoría que se van a utilizar en aseveraciones comparativas previstas para su divulgación al público estén aceptados internacionalmente.

En el caso de las categorías que evalúan el uso de recursos hídricos y toxicidad, se utilizarán las categoría propuesta por Riddout y Pfister (2012) y USEtox (Rosenbaum *et al*, 2008), respectivamente, que contemplan métodos específicos más adecuados para su evaluación.

Por defecto, todas las categorías de impacto relevantes deben ser cubiertas y chequeadas en la EICV antes de ser descartadas (European Commission, 2010). Según ISO 14044, no se pueden hacer afirmaciones comparativas solo en base a resultados de inventario, sino en base a las categorías de impacto. El listado de categorías escogidas se presenta en la Tabla 1.

Tabla 1. Categorías de Impacto incluidas en el Proyecto ECOBASE CONSTRUCCION.

|   | <b>Categoría de Impacto</b>  | <b>Factor de caracterización</b>          | <b>Unidad</b>                  | <b>Fuente</b> | <b>Descripción</b>  |
|---|------------------------------|---|--------------------------------|---------------|---|
| 1 | Cambio Climático             | Potencial de Calentamiento Global         | kg CO <sub>2</sub> -eq al aire | Recipe        | El calentamiento global es el incremento en la temperatura superficial terrestre. Como resultado, este aumento puede provocar desastres naturales vinculados al clima y un aumento en el nivel del mar. Según el IPCC, las emisiones humanas de gases de efecto invernadero (GEI) se incrementarán en el siglo 21. El factor de mayor contribución es el incremento en la concentración de GEI (ej.: dióxido de carbono, metano, óxido de nitrógeno, etc.) principalmente por la quema de combustibles fósiles.                                 |
| 2 | Reducción de Ozono           | Potencial de reducción de Ozono           | kg CFC-11-eq al aire           | ReCiPe        | La reducción del ozono es el agotamiento en el volumen total de este gas en la estratosfera de la Tierra. La reducción de la capa de ozono aumenta la cantidad de Rayos UV que alcanzan la superficie de la tierra. Los rayos UV son un factor contribuyente al cáncer de piel, cataratas, disminución en cosechas y rendimiento del plancton. La reducción se debe principalmente a la liberación de cloro al aire a través de los Clorofluorocarbonos (CFCs) y halones, usados en refrigerantes, extinguidores de fuego y otras aplicaciones. |
| 3 | Acidificación terrestre      | Potencial de acidificación terrestre      | kg SO <sub>2</sub> -eq al aire | ReCiPe        | La acidificación es el proceso donde distintos contaminantes son convertidos en sustancias ácidas que degradan el ambiente natural. Un resultado común son lagos y ríos envenenados, daños forestales y aceleración en la corrosión de metales, estructuras de concreto y piedra caliza. El factor de mayor contribución es el dióxido de azufre, óxido de nitrógeno, ácido clorhídrico y amoníaco.   |
| 4 | Eutrofización de agua fresca | Potencial de Eutrofización de agua fresca | kg P-eq en agua fresca         | ReCiPe        | La eutrofización es el incremento en los niveles de nutrientes, especialmente fosfatos, nitratos y clorados en el ambiente. Un resultado común de esto es un aumento en la productividad biológica, que puede conducir a una reducción del oxígeno disponible, como también a un impacto significativo en la calidad del agua, afectando todas las formas de vida acuáticas. El factor que más contribuye son los efluentes de alcantarillado y fertilizantes que   |
| 5 | Eutrofización marina.        | Potencial de Eutrofización marina.        | kg N-eq en agua fresca         | ReCiPe        |   |

|    |                                   |  |                                     |                         |  |
|----|-----------------------------------|--|-------------------------------------|-------------------------|--|
|    |                                   |  |                                     |                         | escurren a aguas naturales.  |
| 6  | Toxicidad humana, no-cancerígeno  | Potencial de Toxicidad humana, no cancerígeno  | CTU <sub>h</sub>                    | USEtox                  | Son las emisiones de sustancias tóxicas al ambiente que tienen el potencial de dañar la salud humana.  |
| 7  | Toxicidad humana, cancerígeno     | Potencial de Toxicidad humana, cancerígeno     | CTU <sub>h</sub>                    | USEtox                  | Son las emisiones de sustancias tóxicas al ambiente que tienen el potencial de dañar la salud humana debido a la posibilidad de un aumento de casos de cáncer.   |
| 8  | Eco toxicidad                     | Potencial de Ecotoxicidad                      | CTU <sub>e</sub>                    | USEtox                  | Es la liberación de sustancias tóxicas al ecosistema. Un resultado común es la acumulación de contaminantes en plantas de agua fresca y vida marina, y acumulación de sustancias tóxicas en la tierra. Los factores que más contribuyen son los pesticidas agrícolas y emisiones de fluoruro.  |
| 9  | Formación fotoquímica oxidante    | Potencial de formación fotoquímica oxidante.   | kg COVDM                            | ReCiPe                  | El smog fotoquímico es un tipo de contaminación del aire que es causado por una reacción entre la luz del sol, óxido de nitrógeno, y compuestos orgánicos volátiles (COVs). Esto es causa de problemas respiratorios y daños a la vegetación. Los factores que más contribuyen son la quema de combustibles fósiles en plantas de energía, automóviles y sitios de industria manufacturera.  |
| 10 | Formación de material particulado | Potencial de formación de material particulado | kg PM <sub>10</sub>                 | ReCiPe                  | El PM <sub>10</sub> es una mezcla de finas partículas orgánicas e inorgánicas con un diámetro menor a 10 µm. Este material causa diversos problemas de salud humana en las vías respiratorias y los a 10 µm. Este material causa diversos problemas de salud humana en las vías respiratorias y los pulmones al ser inhalados. Los factores que más contribuyen son pequeñas partículas (polvo), dióxido de sulfuro, amoníaco y óxidos de nitrógeno. |
| 11 | Ocupación de suelo agrícola       | Potencial de ocupación de suelo agrícola       | m <sup>2</sup> a                    | ReCiPe                  | Corresponde a la ocupación de suelo por un periodo de tiempo determinado, y en el caso agrícola cuando un productor cultiva un solo tipo vegetal en su suelo. Esto puede tener efectos sobre la biodiversidad, y de funciones de apoyo a los ecosistemas.  |
| 12 | Ocupación de suelo urbano         | Potencial de ocupación de suelo urbano         | m <sup>2</sup> a                    | ReCiPe                  |  |
| 13 | Transformación de suelo natural   | Potencial de transformación de suelo natural   | m <sup>2</sup> a                    | ReCiPe                  |  |
| 14 | Estrés hídrico                    | Potencial de estrés hídrico                    | m <sup>3</sup> H <sub>2</sub> O-eq. | Ridoutt y Pfister, 2012 | El estrés del agua es el consumo de agua fresca ajustado por el factor de escasez de agua de una región. Este indicador permite diferenciar el consumo de agua en diferentes áreas, destacando aquellas donde la escasez de agua es más alta.  |
| 15 | Agotamiento de minerales          | Potencial de agotamiento de                    | kg Fe-eq                            | ReCiPe                  | Corresponde al uso de recursos minerales. Estos recursos son esenciales en la vida diaria, y la mayoría de ellos están siendo explotados a tasas   |

|    |                                  |                                |            |        |   |
|----|----------------------------------|--------------------------------|------------|--------|---|
|    |                                  | minerales                      |            |        | insostenibles.  |
| 16 | Agotamiento combustibles fósiles | Potencial de agotamiento fósil | kg oil-eq. | ReCiPe | Es la pérdida de recursos fósiles como el petróleo, el carbón y el gas natural. Estos recursos son esenciales en nuestra vida cotidiana, y la mayoría de ellos están siendo explotados a tasas insostenibles. |

Cabe mencionar que el proyecto ECOBASE CONSTRUCCIÓN no contempla la recolección de datos directos sobre uso de suelo, por lo que este indicador es obtenido sólo a partir de los datos secundarios de la base de datos EcoInvent (Pie de página: Ecoinvent es una base de datos desarrollada por el Swiss Centre for Life Cycle Inventories (the Ecoinvent Centre) de información secundaria de ciclo de vida para todas las actividades económicas. [www.ecoinvent.org](http://www.ecoinvent.org).)

El proyecto ECOBASE CONSTRUCCIÓN ha definido algunas **Categorías Prioritarias** y corresponden a las siguientes:

1. Cambio Climático
2. Efectos respiratorios (material particulado)
3. Agotamiento de recursos hídricos
4. Agotamiento de recursos (mineral y fósil)
5. Smog fotoquímico

Estas categorías prioritarias fueron definidas en conjunto con los mandantes del proyecto, conformado por entidades de gobierno y actores relevantes de la industria de la construcción en Chile. Además la consultora Australiana Edge Environment, realizó un estudio donde se normalizó el aporte de todas las categorías de impacto de los materiales de construcción, donde se verificó que las categorías prioritarias eran las que más contribuían en la evaluación final del impacto de los materiales. Los flujos elementales que aportan a varias de estas categorías son además accesibles de primera fuente al ser parte del **Registro de Emisiones y Transferencias de Contaminantes RETC** (Ministerio de Medio Ambiente), que contiene información sobre las emisiones y transferencias de emisiones al aire y al agua y los residuos peligrosos transportados para su tratamiento o disposición final de un gran número de empresas nacionales.

### 2.3 Modelo de Caracterización

La determinación del mejor modelo de caracterización ha sido investigada con bastante detalle en varios estudios internacionales, sin llegar a consenso de cuál es el mejor método. Los estudios más completos han sido realizados por la EU-JRC (European Commission, 2010) y por Hauschild et al, (2012). El modelo de caracterización **ReCiPe** (Goedkoop et al. 2008, rev.2009), ha sido evaluado de forma positiva para la mayoría de las categorías de impacto, y ha sido escogido por el Proyecto ECOBASE, en base a los siguientes criterios:

- Incluye tanto las categorías de impacto definidas por el Proyecto como prioritarias, así como el resto de categorías de más amplio uso en EICVs.
- Incluye factores de caracterización y normalización globales (estándar), lo que favorece la aceptación por la audiencia objetivo.
- Se encuentra alineado con la selección de categorías de impacto de las mejores prácticas investigadas por el BP LCI (Howards & Sharp, 2010) e ILCD (European Commission, 2010).
- ReCiPe es evaluado y actualizado regularmente, por lo que es posible contar con los datos más recientes.

En el caso de agotamiento de agua (estrés hídrico), se utilizará el modelo de Ruidoutt y Pfister (2012).

Los cálculos de uso de consumo de agua se presentan en la siguiente fórmula como:

$$\text{Huella Hídrica (H}_2\text{Oeq.)} = \text{CWU(H}_2\text{Oeq.)} + \text{DWU (H}_2\text{Oeq.)}$$

donde:

H<sub>2</sub>O eq = 1 Litro de agua equivalente representa la carga a un sistema de agua de 1 litro de agua dulce de consumo usado en el índice promedio global de estrés de agua (*Water Stress Index* o WSI, por sus siglas en inglés).

CWU=Uso de agua de consumo (*Consumptive water use*)

DWU=Uso degradativo de agua (*Degradative water use*)

Para obtener CWU (H<sub>2</sub>O eq.):

$$\text{Resultado de los indicadores para CWU(H}_2\text{Oe)} = \sum_i \frac{\text{CWU}_i \times \text{Wsu}_i}{\text{WSI}_{\text{global}}}$$

donde:

CWU<sub>i</sub>= Uso consumido de agua (balance) en la región i

WSI<sub>i</sub>: El índice de estrés de agua para la región i ha sido calculado a nivel país. Para el caso de Chile, se utilizará  $7.36 \cdot 10^{-1}$  (m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>). Un listado del resto de los países se puede encontrar en el siguiente sitio web: <http://www.ifu.ethz.ch/ESD/downloads/EI99plus>.

WSI<sub>global</sub>: El índice global de estrés de agua está fijo en 0.602 H<sub>2</sub>Oeq.

Por otro lado, cabe destacar que la norma ISO 14046 (la cual se espera que esté terminada el 2014) sigue definiendo los principios y guías para la huella de agua y el grupo de trabajo WULCA está promoviendo la armonización de los métodos.

Por lo tanto, los esfuerzos se concentrarán sólo en el inventario de agua de consumo siguiendo la propuesta de Ridoutt y Pfister (CWU), ya que al incluir el agua degradativa, se dará lugar a una doble contabilidad de algunas categorías como eco toxicidad, eutrofización de agua dulce, etc.

Para la evaluación de toxicidad, la EICV usará los factores de caracterización USEtox recomendados por (Rosenbaum et al., 2008), adaptados a Chile, en vez del método de impacto de ReCiPe (potencial de eco toxicidad terrestre, potencial de eco toxicidad de agua dulce, eco toxicidad marina, potencial cancerígeno en toxicidad humana y potencial no cancerígeno en toxicidad humana).

El cálculo de los indicadores de estas categorías de impacto se realiza a través del software de ACV SimaPro, que aplica los modelos de caracterización mencionados anteriormente sobre los datos de inventario recopilados.

### III. Interpretación del ACV

De acuerdo a la ISO 14044, la EICV incluye una fase de Interpretación, que incorpora la identificación de aspectos significativos, revisión de completitud, sensibilidad y consistencia, conclusiones, limitaciones y recomendaciones. Sin embargo, el proyecto no contempla entregables de estos aspectos al no estar incluidos en los objetivos y alcances del estudio. La interpretación de resultados de la EICV se limitará a la revisión de completitud y consistencia sin llegar a calificar aspectos significativos en la base de datos. Sin embargo, los aspectos relevantes de la interpretación de ACV serán abordados en el Manual de Uso de la base de datos de ECOBASE CONSTRUCCIÓN de manera de orientar su aplicación por los usuarios.

## IV. Referencias

Goedkoop MJ, Heijungs R, Huijbregts M, De Schryver A, Struijs J, Van Zelm R. ReCiPe 2008—a life cycle impact assessment method which comprises harmonised category indicators at the midpoint and the endpoint level; First edition Report I: Characterisation, first edition, 6 January 2009, revised May 2013 <http://www.lcia-recipe.net>

Howards & Sharp (2010), *Methodology guidelines for the Materials and Building Products Life Cycle Inventory Database*”, BPIC Australia.

Hauschild et al, (2012). *Identifying best existing practice for characterization modeling in life cycle impact assessment*.

UNEP (2011), *Global Guidance Principles for Life Cycle Assessment Databases*.

European Commission - Joint Research Centre - Institute for Environment and Sustainability (2010): International Reference Life Cycle Data System (ILCD) Handbook - General guide for Life Cycle Assessment - Detailed guidance. First edition March 2010. EUR 24708 EN. Luxembourg. Publications Office of the European Union.

Howards & Sharp (2010), *Methodology guidelines for the Materials and Building Products Life Cycle Inventory Database*”, BPIC Australia.

ISO 14040:2006 Environmental management – Life cycle assessment – Principles and framework.

ISO 14044:2006 Environmental management – Life cycle assessment – Requirements and guidelines.

Ridoutt, B. G. and Pfister, S. (2012). A new water footprint calculation method integrating consumptive and degradative water use into a single stand-alone weighted indicator, *Int J Life Cycle Assess.*

Ministerio de Medio Ambiente. Registro de emisiones y Transferencia de Contaminantes. <http://www.mma.gob.cl/retc/1279/channel.html> Rosenbaum R K, Bachmann T M, Gold L S, Huijbregts M A, Jolliet O, Juraske R, ... & Hauschild M Z (2008). USEtox—the UNEP-SETAC toxicity model: recommended characterisation factors for human toxicity and freshwater ecotoxicity in life cycle impact assessment. *The International Journal of LifeCycleAssessment*, 13(7), 532-546.

# ECOBASE

## CONSTRUCCIÓN

“Desarrollo de un Sistema de Manejo de Información ambiental para Análisis de Ciclo de Vida, a través de una Plataforma Tecnológica, para mejorar la sustentabilidad y competitividad de la Industria de la Construcción”

Proyecto 13BPC3-19204

## Resultado de Inventarios de Ciclo de Vida y Categorías de Impacto Proyecto ECOBASE Construcción

Versión 2.0  
15 Octubre 2015



# Resultado de Inventarios de Ciclo de Vida y Categorías de Impacto

*(Documento elaborado a partir de **ILCD Handbook** cáp. 8 y 9; el documento precedente metodología de recolección de datos ECOBASE CONSTRUCCIÓN, y de la metodología Evaluación del ICV Ecobase Construcción.*

## I. Introducción

El siguiente documento contiene los resultados de Inventarios de Ciclo de Vida y Categorías de Impacto de los materiales evaluados para Ecobase Construcción, corregidos según las observaciones hechas por el revisor internacional Edge Environment en el documento “Edge Environment Draft Summary Report of LCI Review - 27 August 2015”. Dichas observaciones, en términos generales, hacen referencia a los balances de masa y energía de los inventarios, la solicitud de mayor justificación o contexto a los valores expuestos, comparando valores respecto a otras bases de datos internacionales y, corregir los datos que efectivamente requieran modificaciones.

Dentro de este contexto las modificaciones a los sets de inventarios y categorías de impacto fueron los siguientes:

## II. INVENTARIOS DE CICLO DE VIDA

### 2.1 ICV Yeso Cartón

Los procesos de Extracción y Calcinado o calcinación son previos para crear cualquiera de los tres productos: Yeso Cartón ST, Yeso Cartón RF, Yeso Cartón RH

#### Extracción-RH-RF-ST

- En la revisión se critica la completitud de los datos, en cuanto a la inclusión de emisiones, transformación e infraestructura. Los dos primeros ítems se completan con la información de Ecoinvent. El ítem de infraestructura se omite, ya que en la metodología de ECOBASE Construcción se menciona que esos puntos quedarán fuera del estudio.
- En cuanto a balances se critica la diferencia de energía con Ecoinvent. El porcentaje de diferencia del informe no coincide con lo que se calcula al contrastar estos set de datos con gypsum mineral row gypsum and quarry operation. Se toma este como set benchmark y se edita la energía, incluyendo consumo de energía eléctrica, tal como aparece en Ecoinvent. Con este cambio se cumple el rango pedido por Edge.
- Para los 3 productos se presentan el mismo análisis

#### Calcinado-RH-RF-ST

- En la revisión se critica el balance de masa, el cual, según Edge es del 22%. En el cálculo propio este es de 18%. En Ecoinvent este valor es de 14%. En la documentación del set de datos se explicita que se supone una pérdida de un 10% de materia prima. Esta se agrega como residuo genérico al set de datos. Con esto se logra una diferencia de masa del 8%, mejor que Ecoinvent.

#### PROCESO DE EXTRACCIÓN

##### 1 Kg Yeso Crudo promedio (Extracción) Producción

|  | Unidad | Promedio (empresas nacionales e ICV internacionales) |
|--|--------|--|
| <b>Entradas</b>  |        |  |
| Transformación, sitio de la extracción de minerales                              | m2     | 1,85E-05   |
| Ocupación, sitio de la extracción de minerales                                   | m2a    | 1,85E-04   |
| Transformación, desde desconocida  | m2     | 1,85E-05   |
| Yeso   | kg     | 1,00E+00   |
| <b>Material/combustible</b>  |        |  |
| Recultivo, mina de piedra caliza {GLO}   mercado para   Alloc Def, U             | m2     | 9,25E-07   |
| Detonación {GLO}   mercado para   Alloc Def, T V2                                | kg     | 4,28E-05   |
| Producción de agua potable (CI) Producción y Suministro Alloc Def, U             | kg     | 3,18E-05   |
| Diesel, encendieron en diesel-eléctrico {GLO}   transformación   Alloc Def, U V2 | MJ     | 1,44E-04   |
| <b>Electricidad/calor</b>  |        |  |
| Diesel {GLO}   transformación   Alloc Def, U V2                                  | MJ     | 1,41E-02   |
| Electricidad SIC (Alto a bajo voltaje)   | kWh    | 5,77E-04   |
| <b>Salidas</b>   |        |  |
| <b>Emisiones al aire</b>   |        |  |
| Partículas > 2.5 um, y < 10um  | kg     | 4,00E-04   |
| Partículas > 10 um   | kg     | 1,12E-03   |
| Partículas < 2.5 um  | kg     | 8,00E-05   |
| <b>Emisiones al agua</b>   |        |  |
| Aguas residuales/m3  | l      | 3,18E-05   |
| <b>Residuos finales</b>  |        |  |
| Residuos no especificados  | kg     | 2,49E-05   |

**PROCESO DE CALCINACIÓN**

**1 kg YESO CALCINADO**

Unidad Promedio (empresas nacionales e ICV internacionales)

| Entradas   |     |          |
|--|-----|----------|
| Material/combustible   |     |          |
| Yeso Crudo promedio (Extraccion) Producción  | kg  | 1,23E+00 |
| Natural gas {RoW} modificado CL   heat production, natural gas al horno industrial >100kW   Alloc Def, U | MJ  | 9,94E-01 |
| Electricidad/calor   |     |          |
| Electricidad SIC (altovoltaje a bajo voltaje)  | kWh | 3,59E-02 |
| Transporte, carga, camión 16-32 ton EURO5   Alloc Def, U V2  | tkm | 9,56E-02 |
| Calor que no sea el gas natural {Europe without Switzerland}   Alloc Def, U                              | MJ  | 8,75E-03 |
| Salidas  |     |          |
| Emisiones al aire  |     |          |
| Partículas, no especificadas   | kg  | 3,15E-05 |
| Óxido de Nitrógeno   | kg  | 5,87E-05 |
| Monóxido de Carbono, fósil   | kg  | 2,78E-06 |
| Agua   | kg  | 9,51E-02 |
| Dióxido de azufre  | kg  | 2,14E-07 |
| Residuos finales   |     |          |
| Desechos de aceite   | ton | 1,26E-05 |
| Residuos sólidos municipales {RoW}  tratamiento, relleno sanitario   Alloc Rec, Residuos Industriales    | kg  | 7,83E-02 |

- **Yeso Cartón ST**

Producción-ST (1 kg)

- Se agrega una salida de agua al aire tal como en EI suponiendo un gap de información. El agua de entrada es casi el doble de los otros sets. Esto genera la diferencia de masa. De tomarse el valor EI el balance de masa tiene un delta del 1%

**PROCESO DE PRODUCCIÓN**

**3.1 Yeso Carton ST 10mm (Proceso Dimensionado) Produccion**

Unidad Promedio (empresas nacionales e ICV internacionales)

| Entradas  |     |          |
|---|-----|----------|
| Material/combustible  |     |          |
| 2. Yeso Calcinado (Planta estuco)   | kg  | 8,12E-01 |
| Calor, gas natural {RoW} Modificado Yeso Cartón  calor de producción, natural gas, horno industrial >100kW   Alloc Def, U | MJ  | 1,60E+00 |
| Agua Potable CL  Producción y Suministro agua Alloc Def, U  | kg  | 9,02E-01 |
| Forro {RoW}  mercado para forro/recubrimiento   Alloc Def, U V2   | kg  | 5,15E-02 |
| Vermiculita expandida {RoW}  producción   Alloc Def, U  | kg  | 7,71E-03 |
| Fécula de papa {RoW}  producción   Alloc Def, U   | kg  | 7,34E-03 |
| Ácido sulfónico naftaleno {GLO}  mercado para   Alloc Def, U  | kg  | 5,30E-03 |
| Almidón de maíz {RoW}  producción   Alloc Def, U  | kg  | 1,37E-03 |
| El sulfato de potasio, como K2O {RoW}   esterificación del aceite de canola   Alloc Def, U                                | kg  | 5,18E-04 |
| Ácido bórico anhidro, polvo {RoW}   Producción   Alloc Def, U   | kg  | 7,40E-05 |
| Azúcar, de remolacha {RoW}  producción   Alloc Def, U   | kg  | 7,40E-05 |
| Fibra de vidrio {GLO}  mercado para   Alloc Def, U  | kg  | 8,05E-06 |
| Silicona {GLO}  mercado para   Alloc Def, U   | kg  | 6,45E-06 |
| Sulfonato de alquilbenceno, petroquímica {GLO}  mercado para   Alloc Def, U   | kg  | 4,84E-07 |
| Cartoncillo / aglomerado {GLO}  mercado para   Alloc Def, U V2  | kg  | 2,42E-03 |
| Electricidad/calor  |     |          |
| Electricidad SIC (Alto a bajo voltaje)  | kWh | 3,19E-02 |
| Salidas   |     |          |
| Emisiones al aire   |     |          |
| Partículas, no especificadas  | kg  | 2,24E-05 |
| Óxido de Nitrógeno  | kg  | 3,33E-05 |
| Agua  | kg  | 2,04E-01 |
| Monóxido de Carbono, fósil  | kg  | 9,25E-05 |
| Dióxido de azufre   | kg  | 3,70E-06 |
| Emisiones al agua   |     |          |
| Agua, RoW   | kg  | 3,41E-01 |
| Residuos finales  |     |          |
| Producción de desecho   | kg  | 9,16E-02 |
| Desecho de empaque  | kg  | 2,22E-04 |

- **Yeso Cartón RF**

Producción-RF (1 Kg)

- Se critica el balance de masa de este inventario. Se observa una salida de agua ausente, en comparación con la planilla benchmark deecoinvent (gypsum plasterboard RoW). Se agrega esta salida para mejorar la diferencia de masa, llegando a un valor incluso mejor que el deecoinvent (8%)

**PROCESO DE PRODUCCIÓN**

1 kg Yeso Carton RF (Proceso Dimensionado)

|   | Unidad | Promedio (empresas nacionales e ICV internacionales) |
|---|--------|--|
| <b>Entradas</b>   |        |  |
| <b>Material/combustible</b>   |        |  |
| 2. Yeso Calcinado (Planta estuco)   | kg     | 8,30E-01   |
| Calor, gas natural {RoW} Modificado Yeso Cartón  calor de producción, natural gas, horno industrial >100kW   Alloc Def, U | MJ     | 1,69E+00   |
| Agua Potable CL  Producción y Suministro agua Alloc Def, U  | kg     | 6,05E-01   |
| Forro {RoW} mercado para forro/recubrimiento   Alloc Def, U V2  | kg     | 3,06E-02   |
| Vermiculita expandida {RoW}  producción   Alloc Def, U  | kg     | 5,10E-03   |
| Fécula de papa {RoW}  producción   Alloc Def, U   | kg     | 3,97E-03   |
| Ácido sulfónico naftaleno {GLO}  mercado para   Alloc Def, U  | kg     | 3,19E-03   |
| Almidón de maíz {RoW}  producción   Alloc Def, U  | kg     | 5,96E-04   |
| Fibra de vidrio {GLO}  mercado para   Alloc Def, U  | kg     | 1,47E-03   |
| Silicona {GLO}  mercado para   Alloc Def, U   | kg     | 6,45E-06   |
| Sulfonato de alquilbenceno, petroquímica {GLO}  mercado para   Alloc Def, U   | kg     | 4,84E-07   |
| Cartoncillo / aglomerado {GLO}  mercado para   Alloc Def, U V2  | kg     | 2,42E-03   |
| <b>Electricidad/calor</b>   |        |  |
| Electricidad SIC (Alto a bajo voltaje)  | kWh    | 3,04E-02   |
| <b>Salidas</b>  |        |  |
| <b>Emisiones al aire</b>  |        |  |
| Partículas, no especificadas  | kg     | 1,30E-05   |
| Óxido de Nitrógeno  | kg     | 1,88E-05   |
| Agua  | kg     | 4,01E-01   |
| Monóxido de Carbono, fósil  | kg     | 7,29E-05   |
| Dióxido de azufre   | kg     | 2,01E-06   |
| <b>Emisiones al agua</b>  |        |  |
| Agua, RoW   | kg     | 1,51E-01   |
| <b>Residuos finales</b>   |        |  |
| Producción de desecho   | kg     | 5,16E-02   |
| Desecho de empaque  | kg     | 3,70E-04   |

- **Yeso Cartón RH**

Producción-RH (1 kg)

- Se critica el balance de masa de este inventario. Se observa una salida de agua ausente, en comparación con la planilla benchmark de ecoinvent (gypsum plasterboard RoW). Se agrega esta salida para mejorar la diferencia de masa, llegando a un valor incluso mejor que el de ecoinvent (8%)

**PROCESO DE PRODUCCIÓN**

**3.1 Yeso Carton RH (Proceso Dimensionado) Produccion**

Unidad Promedio (empresas nacionales e ICV internacionales)

| Entradas   |     |          |
|--|-----|----------|
| Material/combustible   |     |          |
| 2. Yeso Calcinado (Planta estuco)  | kg  | 8,24E-01 |
| Calor, gas natural {RoW} Modificado Yeso Cartón  calor de producción, natural gas, homo industrial >100kW Alloc Def, U | MJ  | 1,62E+00 |
| Agua Potable CL  Producción y Suministro agua Alloc Def, U   | kg  | 7,51E-01 |
| Forro {RoW} mercado para forro/recubrimiento   Alloc Def, U V2   | kg  | 3,32E-02 |
| Vermiculita expandida {RoW}  producción   Alloc Def, U   | kg  | 7,08E-03 |
| Fécula de papa {RoW}  producción   Alloc Def, U  | kg  | 6,00E-03 |
| Ácido sulfónico naftaleno {GLO}  mercado para   Alloc Def, U   | kg  | 4,71E-03 |
| Almidón de maíz {RoW}  producción   Alloc Def, U   | kg  | 9,95E-04 |
| Sulfato de potasio, como K2O {RoW}   esterificación del aceite de canola  Alloc Def, U                                 | kg  | 2,94E-04 |
| Ácido bórico anhidro, polvo {RoW}   Producción   Alloc Def, U  | kg  | 1,04E-04 |
| Fibra de vidrio {GLO}  mercado para   Alloc Def, U   | kg  | 8,05E-06 |
| Silicona {GLO}  mercado para   Alloc Def, U  | kg  | 2,25E-03 |
| Sulfonato de alquilbenceno, petroquímica {GLO}  mercado para   Alloc Def, U  | kg  | 4,84E-07 |
| Cartoncillo / aglomerado {GLO}  mercado para   Alloc Def, U V2   | kg  | 2,42E-03 |
| Electricidad/calor   |     |          |
| Electricidad SIC (Alto a bajo voltaje)   | kWh | 3,31E-02 |
| Salidas  |     |          |
| Emisiones al aire  |     |          |
| Partículas, no especificadas   | kg  | 1,39E-05 |
| Óxido de Nitrógeno   | kg  | 2,01E-05 |
| Agua   | kg  | 4,01E-01 |
| Monóxido de Carbono, fósil   | kg  | 7,07E-05 |
| Dióxido de azufre  | kg  | 1,96E-06 |
| Emisiones al agua  |     |          |
| Agua, RoW  | kg  | 1,49E-01 |
| Residuos finales   |     |          |
| Producción de desecho  | kg  | 5,68E-02 |
| Desecho de empaque   | kg  | 2,89E-04 |

## 2.2 ICV Hormigón

Los procesos de Áridos y Cemento son previos para crear cualquiera de los tres productos: Hormigón H30, Hormigón H40 y Mortero

### Áridos

- Todo árido se considera como promedio
- Hay una diferencia en el balance de agua del set nacional. El dato de emisiones de agua al agua es un dato real, así como el dato de entrada de agua de pozo. La diferencia puede ser explicada porque el material extraído viene con agua incorporada. Se quita entonces el dato de agua evaporada del set nacional entendiendo que la salida de agua es líquida.

#### 1 kg Árido {CL} promedio

|   | Unidad | Promedio (empresas nacionales e ICV internacionales) |
|---|--------|--|
| <b>Entradas</b>   |        |  |
| <b>Recursos</b>   |        |  |
| Ocupación, sitio de la extracción de minerales                                  | m2a    | 2,88E-04   |
| Transformación, sitio de la extracción de minerales                             | m2     | 2,88E-05   |
| Ocupación, agua, artificial   | m2a    | 6,27E-05   |
| Transformación, agua, artificial  | m2     | 6,27E-06   |
| Agua, desde el suelo, CL  | m3     | 6,40E-05   |
| Grava   | kg     | 1,38E+00   |
| <b>Material/combustible</b>   |        |  |
| Recultivo, mina de piedra caliza {GLO}   mercado para   Alloc Def, U            | m2     | 1,27E-06   |
| Residuos sólidos urbanos {GLO}   mercado para   Alloc Def, U                    | kg     | -2,12E-06  |
| Aceite lubricante {GLO}   mercado para   Alloc Def, U                           | kg     | 2,50E-06   |
| Máquina industrial, pesado, sin especificar {GLO}   mercado para   Alloc Def, U | kg     | 9,51E-05   |
| <b>Electricidad/calor</b>   |        |  |
| Diesel, encendido máquina construcción {GLO}   mercado para   Alloc Def, U      | MJ     | 5,15E-02   |
| Electricidad SIC (alto voltaje bajo voltaje)                                    | kWh    | 5,20E-03   |
| <b>Salidas</b>  |        |  |
| <b>Emisiones al aire</b>  |        |  |
| Partículas, > 10 um   | kg     | 5,60E-09   |
| Partículas, < 2.5 um  | kg     | 4,00E-10   |
| Partículas, > 2.5 um, and < 10um  | kg     | 2,00E-09   |
| Agua/m3   | m3     | 1,53E-05   |
| <b>Emisiones al agua</b>  |        |  |
| Agua residual   | m3     | 4,02E-04   |
| <b>Residuos finales</b>   |        |  |
| Residuos sólidos  | kg     | 4,75E-02   |

- **Cemento**

- Se registra entrada de agua, pero no de salida. Se asume que toda el agua sale y se incorpora como residuo líquido. Ecoinvent no registra agua de entrada ni salida.
- La energía de entrada es menor a la de ecoinvent, pero al hacer el promedio la diferencia se mantiene en márgenes razonables.

**1 kg Cemento promedio**

|   | Unidad | Promedio (empresas nacionales e ICV internacionales) |
|---|--------|--|
| <b>Entradas</b>   |        |  |
| <b>Recursos</b>   |        |  |
| Agua en tierra, CL  | l      | 5,37E-03   |
| <b>Material/combustible</b>   |        |  |
| Mineral de yeso mineral {GLO}  mercado para   Alloc Def, U  | kg     | 4,02E-02   |
| Clinker {TH}  Producción   Alloc Def, U V2  | kg     | 7,30E-01   |
| Calor, gas natural {RoW} Adaptado Chile  calor de producción, natural gas, horno industrial >100kW  Alloc D | MJ     | 2,01E-05   |
| Escoria de alto horno {GLO}  mercado para   Alloc Def, U  | kg     | 4,50E-03   |
| Acero de baja aleación {GLO}  mercado para   Alloc Def, U   | kg     | 9,35E-05   |
| Etilenglicol {GLO}  mercado para   Alloc Def, U   | kg     | 1,79E-04   |
| <b>Electricidad/calor</b>   |        |  |
| Electricidad SIC (alto voltaje bajo voltaje)  | kWh    | 2,86E-02   |
| Transporte, carga, mar, nave transoceánica {GLO}  procesamiento   Alloc Def, U V2                           | tkm    | 5,76E-01   |
| Transporte, carga, camión 16-32 tonelada , EURO3 {RoW}  EURO3   Alloc Def, U V2                             | tkm    | 4,25E-02   |
| <b>Salidas</b>  |        |  |
| <b>Emisiones al aire</b>  |        |  |
| Calor residual  | MJ     | 1,19E-01   |
| Partículas  | kg     | 6,38E-07   |
| <b>Emisiones al agua</b>  |        |  |
| Emisiones al agua   | l      | 5,37E-03   |

- **Mortero**

- La panilla nacional se indica por m3 y la de ecoinvent por kg. Para hacer la equivalente se toma como referencia un peso de 2068 kg por m3. Esto se calcula sabiendo que el 80% del peso es por el input de cemento.

**1 m3 Mortero promedio**

|  | Unidad | Promedio (empresas nacionales e ICV internacionales) |
|--|--------|--|
| <b>Entradas</b>  |        |  |
| <b>Recursos</b>  |        |  |
| Agua en tierra, CL   | l      | 3,26E+01   |
| <b>Material/combustible</b>  |        |  |
| Cemento  | kg     | 4,00E+02   |
| Arido {CL}   | kg     | 2,62E+02   |
| Arena de sílice {GLO}  mercado para   Alloc Def, U                                 | kg     | 1,41E+03   |
| Máquina industrial, pesado, sin especificar {GLO}  mercado para   Alloc Def, U     | kg     | 1,38E-02   |
| Embalaje, cemento {GLO}  mercado para   Alloc Def, U                               | kg     | 2,07E+03   |
| <b>Electricidad/calor</b>  |        |  |
| Electricidad SIC (alto voltaje bajo voltaje)                                       | kWh    | 4,92E+01   |
| Diesel, encendido en máquina de construcción {GLO}  mercado para   Alloc Def, U V2 | MJ     | 1,71E+00   |
| Transporte, carga, camión 16-32 tonelada , EURO3 {RoW}  EURO3   Alloc Def, U V2    | tkm    | 1,50E+01   |
| <b>Salidas</b>   |        |  |
| <b>Emisiones al agua</b>   |        |  |
| Agua, RoW  | m3     | 2,82E-02   |

- **Hormigón H30**

**1 m3 Hormigón H30 promedio**

|   | Unidad | Promedio (empresas nacionales e ICV internacionales) |
|---|--------|--|
| <b>Entradas</b>   |        |  |
| <b>Recursos</b>   |        |  |
| Agua en tierra, CL  | l      | 2,31E+02   |
| <b>Material/combustible</b>   |        |  |
| Cemento   | kg     | 2,93E+02   |
| Árido {CL}  | kg     | 1,88E+03   |
| Piedra caliza, triturada, lavada {RoW}   producción   Alloc Def, U V2                                   | kg     | 1,76E+01   |
| Residuos de hormigón {GLO}   mercado para   Alloc Def, U  | kg     | -1,44E+01  |
| Acero de baja aleación, laminados en caliente {GLO}   mercado para   Alloc Def, U                       | kg     | 2,02E-02   |
| Caucho sintético {GLO}   mercado para   Alloc Def, U  | kg     | 6,06E-03   |
| Aceite lubricante {GLO}   mercado para   Alloc Def, U   | kg     | 1,01E-02   |
| Aguas residuales de producción de hormigón  | m3     | -1,22E-02  |
| <b>Electricidad/calor</b>   |        |  |
| Diesel, encendido en máquina de construcción {GLO}   mercado para   Alloc Def, U V2                     | MJ     | 2,10E+01   |
| Electricidad SIC (alto voltaje bajo voltaje)  | kWh    | 4,05E+00   |
| Transporte, carga, camión 16-32 tonelada , EURO3 {RoW}   EURO3   Alloc Def, U V2                        | tkm    | 8,21E+00   |
| Calor distinto al gas natural {Europa sin Suiza}   mercado para, distinto al gas natural   Alloc Def, U | MJ     | 1,56E+01   |
| <b>Salidas</b>  |        |  |
| <b>Emisiones al aire</b>  |        |  |
| Agua/m3   | m3     | 3,57E-02   |
| <b>Emisiones al agua</b>  |        |  |
| Agua, RoW   | m3     | 1,88E-01   |

- **Hormigón H40**

- Se suman los ítems sólidos y agua para compararse entre Ecoinvent y el set nacional. El set nacional tiene una masa 16% mayor que el set de Ecoinvent. Esto es esperable ya que el hormigón H40 debiera tener un mayor peso que el hormigón estándar.

- 

**1 m3 Hormigón H40 promedio**

|   | Unidad | Promedio (empresas nacionales e ICV internacionales) |
|---|--------|--|
| <b>Entradas</b>   |        |  |
| <b>Recursos</b>   |        |  |
| Agua en tierra, CL  | l      | 2,30E+02   |
| <b>Material/combustible</b>   |        |  |
| Cemento   | kg     | 2,95E+02   |
| Árido {CL}  | kg     | 1,94E+03   |
| Mortero   | kg     | 1,88E+01   |
| Residuos de hormigón {GLO}  mercado para   Alloc Def, U   | kg     | -1,44E+01  |
| Acero de baja aleación, laminados en caliente {GLO}  mercado para   Alloc Def, U                        | kg     | 2,02E-02   |
| Caucho sintético {GLO}  mercado para   Alloc Def, U   | kg     | 6,06E-03   |
| Aceite lubricante {GLO}  mercado para   Alloc Def, U  | kg     | 1,01E-02   |
| Aguas residuales de producción de hormigón  | m3     | -1,22E-02  |
| <b>Electricidad/calor</b>   |        |  |
| Diesel, encendido en máquina de construcción {GLO}  mercado para   Alloc Def, U V2                      | MJ     | 2,55E+01   |
| Electricidad SIC (alto voltaje bajo voltaje)  | kWh    | 3,97E+00   |
| Transporte, carga, camión 16-32 tonelada , EURO3 {RoW}  EURO3   Alloc Def, U V2                         | tkm    | 6,87E-03   |
| Calor distinto al gas natural {Europa sin Suiza}   mercado para, distinto al gas natural   Alloc Def, U | MJ     | 1,32E+01   |
| <b>Salidas</b>  |        |  |
| <b>Emisiones al aire</b>  |        |  |
| Agua/m3   | m3     | 3,57E-02   |
| <b>Emisiones al agua</b>  |        |  |
| Agua, RoW   | m3     | 1,88E-01   |

## 2.3 ICV Acero

- Barra de Acero

Parte del set nacional corregido en base al set de “steel production, electric, low-alloyed RoW”. Se corrige sólo la entrada de “Iron scrap, sorted, pressed {GLO}| market for | Alloc Def, U”, la cual presentaba un error de unidades.

### Plata Coque

#### PROCESO DE PLANTA COQUE

##### Coke 1 Kg

|   | Unidad | Promedio (empresas nacionales e ICV internacionales) |
|---|--------|--|
| <b>Entradas</b>   |        |  |
| Carbon  | Kg     | 1,12E+00   |
| Agua, origen desconocido  | m3     | 4,76E-04   |
| Gas de alto horno   | m3     | 8,38E-01   |
| Electricidad  | kWh    | 2,38E-02   |
| Gas coque   | m3     | 0,00E+00   |
| Transporte  | tkm    | 2,37E-01   |
| Carbón de antracita {GLO}  mercado para   Alloc Rec, U  | p      | 2,06E-15   |
| Hidróxido de sodio, sin agua, en el 50% estado de solución {GLO}  mercado para   Alloc Rec, U                 | Kg     | 2,47E-07   |
| Ácido fosfórico, grado de fertilizantes, sin agua, en el 70% estado de solución {GLO}  mercado para   Alloc R | Kg     | 1,77E-08   |
| Sulfato de hierro {GLO}  mercado para   Alloc Rec, U  | Kg     | 8,85E-09   |
| <b>Salidas</b>  |        |  |
| Coque   | Kg     | 1,00E+00   |
| Gas coque   | m3     | 0,00E+00   |
| Niquel  | Kg     | 1,84E-08   |
| Partículas, < 2.5 um  | Kg     | 2,14E-03   |
| Partículas > 2.5 um, and < 10um   | Kg     | 1,53E-03   |
| Disulfuro de Carbono  | Kg     | 8,05E-07   |
| Talio   | Kg     | 1,31E-09   |
| Etano   | Kg     | 2,47E-04   |
| Seleno  | Kg     | 5,68E-06   |
| Arsénico  | Kg     | 1,70E-05   |
| Monóxido de Carbono, fósil  | Kg     | 3,60E-03   |
| Partículas, < 10 um   | Kg     | 8,54E-04   |
| Dióxido de Carbono, fósil   | Kg     | 1,41E-01   |
| Tolueno   | Kg     | 2,93E-06   |
| Berilio   | Kg     | 2,93E-10   |
| Bario   | Kg     | 1,78E-08   |
| Metanol   | Kg     | 3,69E-05   |
| Metano, fósil   | Kg     | 2,28E-03   |
| Mercurio  | Kg     | 3,04E-10   |
| Cobalto   | Kg     | 2,31E-09   |
| Plata   | Kg     | 1,12E-10   |
| Zinc  | Kg     | 5,15E-08   |
| Fósforo   | Kg     | 3,91E-08   |
| Benceno   | Kg     | 9,36E-04   |
| Fenol, pentacloro   | Kg     | 2,93E-06   |
| Óxido de Nitrógeno  | Kg     | 5,15E-04   |
| Estireno  | Kg     | 3,80E-08   |
| Benzo(a)pireno  | Kg     | 6,79E-06   |
| Dióxido de Azufre   | Kg     | 1,88E-03   |
| Acroleína   | Kg     | 4,52E-08   |

**PROCESO DE PLANTA COQUE**

Coke 1 Kg

|  | Unidad | Promedio (empresas nacionales e<br>ICV internacionales) |
|--|--------|---|
| <b>Salidas (continuación)</b>              |        |   |
| Cobre                                      | Kg     | 1,01E-08  |
| Cadmio                                     | Kg     | 2,19E-10  |
| Manganeso                                  | Kg     | 1,37E-08  |
| Etanol                                     | Kg     | 3,70E-08  |
| Compuestos Orgánicos Volátiles, no metano  | Kg     | 9,09E-03  |
| Propano                                    | Kg     | 2,35E-06  |
| Plomo                                      | Kg     | 2,56E-08  |
| Agua/m3                                    | m3     | 2,91E-01  |
| Metano, chlorodifluoro-, HCFC-22           | Kg     | 2,85E-06  |
| Amonio                                     | Kg     | 5,28E-06  |
| PAH, hidrocarburos aromáticos policíclicos | Kg     | 2,01E-06  |
| Cromo                                      | Kg     | 8,07E-09  |
| Acetona                                    | Kg     | 3,69E-05  |
| Cianuro                                    | Kg     | 2,85E-06  |
| Antimonio                                  | Kg     | 6,15E-10  |
| <b>Emissiones al agua</b>                  |        |   |
| Sulfuro de Hidrógeno                       | Kg     | 2,51E-06  |
| Cloruro                                    | Kg     | 1,22E-03  |
| Ión Amonio                                 | Kg     | 1,56E-05  |
| Agua, CL                                   | m3     | 1,41E-04  |
| Sólidos inorgánicos                        | Kg     | 6,90E-04  |
| Sodio                                      | Kg     | 7,85E-04  |
| <b>Residuos finales</b>                    |        |   |
| Agua, industrial                           | Kg     | 1,70E-05  |

Alto Horno

PROCESO DE ALTO HORNO

1 Kg Arrabio

|   | Unidad | Promedio (empresas nacionales e ICV internacionales) |
|---|--------|--|
| <b>Entradas</b>   |        |  |
| Coque   | Kg     | 6,27E-01   |
| Caliza  | Kg     | 6,39E-02   |
| Minerales de hierro   | Kg     | 4,01E-01   |
| Pellet de hierro  | Kg     | 7,39E-01   |
| Chatarra  | Kg     | 3,29E-02   |
| Cuarzo  | Kg     | 8,11E-03   |
| Agua  | m3     | 7,05E-03   |
| Gas alto horno  | m3     | 4,73E-01   |
| Gas coque   | m3     | 4,05E-02   |
| Petróleo N°6, combustionado   | Kg     | 1,31E+00   |
| Alquitrán (modelado como combustible fósil no especificado combustionado) | Kg     | 1,06E+00   |
| Gas Natutal   | m3     | 3,00E-04   |
| Electricidad  | kWh    | 3,41E-01   |
| Transporte  | tkm    | 4,34E+00   |
| <b>Salidas</b>  |        |  |
| Arrabio   | Kg     | 1,00E+00   |
| Gas Alto Horno  | m3     | 2,09E+00   |
| Polvillo de alto horno  | Kg     | 4,44E-04   |
| Escoria Alto Horno  | Kg     | 2,11E-02   |
| MP10  | Kg     | 1,67E-04   |
| Monóxido de Carbono   | Kg     | 9,01E-02   |
| Dióxido de Azufre   | Kg     | 3,92E-05   |
| Dióxido de Nitrógeno  | Kg     | 2,98E-05   |
| Agua  | m3     | 2,79E-03   |
| Dioxina, 2,3,7,8 tetraclorodibenzo-p-                                     | Kg     | 2,27E-15   |
| Sulfuro de hidrógeno  | Kg     | 8,23E-06   |
| Niquel  | Kg     | 1,22E-08   |
| Plomo   | Kg     | 5,30E-08   |
| Partículas, < 2.5 um  | Kg     | 2,20E-05   |
| Dióxido de carbono, fósil   | Kg     | 6,50E-01   |
| Partículas, > 10 um   | Kg     | 1,22E-06   |
| Manganeso   | Kg     | 5,71E-08   |
| <b>Emisiones al agua</b>  |        |  |
| Agua, CL  | m3     | 4,44E-06   |

Convertidor al Oxígeno

Acería Convertidor al oxigen

Acero

|   | Unidad | Promedio (empresas nacionales e ICV internacionales) |
|---|--------|--|
| <b>Entradas</b>   |        |  |
| Entradas de materia   | Units  |  |
| Chatarra  | Kg     | 1,02E+00   |
| Arrabio   | Kg     | 3,65E-02   |
| Cal (Desulfuración)   | Kg     | 6,18E-03   |
| Oxigeno   | Kg     | 4,43E-02   |
| Dolomita  | Kg     | 1,07E-04   |
| FerroNickel   | Kg     | 2,66E-05   |
| Ferromanganeso  | Kg     | 9,69E-03   |
| Anodo de alumonio para electrolisis   | Kg     | 1,44E-03   |
| Arco electrico  | P      | 4,25E-11   |
| Refractario, básico, empacado   | Kg     | 2,71E-03   |
| Consumo de agua   | m3     | 2,34E-04   |
| Electricidad  | Kwh    | 4,77E-01   |
| Coke  | MJ     | 0,00E+00   |
| Carbón duro   | Kg     | 4,06E-04   |
| Transporte camiones   | tkm    | 1,39E-02   |
| Transporte barcos   | tkm    | 1,65E-01   |
| Cragador (transporte)   | hr     | 2,48E-05   |
| Hierro  | Kg     | 1,33E-04   |
| Gas Natural   | m3     | 7,25E-04   |
| <b>Salidas</b>  |        |  |
| Acero   | Kg     | 5,80E-01   |
| Escoria de Aceria   | Kg     | 0,00E+00   |
| Residuos sólidos  | Kg     | 4,57E-05   |
| Tablero de base (tratamiento de residuos) {GLO}  Reciclaje de tableros base  Conseq, U      | Kg     | 5,40E-05   |
| Residuos de madera (tratamiento) {CH}  tratamiento residuos de madera   no tratada  Alloc D | Kg     | 3,82E-04   |
| Escoria, acero horno, arco eléctrico sin alear {GLO}   mercado para   Alloc Rec, U          | Kg     | 2,69E-03   |
| Polvo, acero horno, arco eléctrico sin alear {GLO}   mercado para   Alloc Rec, U            | Kg     | 2,78E-04   |
| Agua  | m3     | 1,14E-04   |
| MP10  | Kg     | 4,66E-05   |
| Monóxido de Carbono   | Kg     | 1,80E-03   |
| Dióxido de Nitrógeno  | Kg     | 1,55E-04   |
| Dióxido de Azufre   | Kg     | 3,33E-05   |
| Dioxina   | Kg     | 7,16E-13   |
| Polvo Estacion Ajuste Metalúrgico   | Kg     | 1,52E-06   |
| Barros conox  | Kg     | 4,20E-01   |
| Residuos inertes, disposición final {GLO}  mercado para   Alloc Def, U                      | Kg     | 1,46E-04   |
| Dióxido de Carbono, fósil   | Kg     | 3,57E-05   |
| Plomo   | Kg     | 2,04E-07   |
| Partículas, < 2.5 um  | Kg     | 2,24E-07   |
| PAH, hidrocarburos aromáticos policíclicos  | Kg     | 3,36E-08   |
| Manganeso   | Kg     | 2,86E-09   |
| Cobre   | Kg     | 2,08E-07   |
| Cromo   | Kg     | 7,15E-08   |
| Fluoruro de hidrógeno   | Kg     | 2,12E-06   |
| Hidrocarburos aromáticos  | Kg     | 6,94E-05   |
| Mercurio  | Kg     | 9,09E-08   |
| Partículas >10um  | Kg     | 4,20E-05   |

Acería Convertidor al oxigen

Acero

|                                      | Unidad | Promedio (empresas nacionales e ICV internacionales) |
|--------------------------------------|--------|--|
| <b>Salidas (continuación)</b>        |        |  |
| Bifenilos policlorados               | Kg     | 2,10E-08   |
| Benceno                              | Kg     | 2,06E-06   |
| Benceno, hexacloruro                 | Kg     | 1,80E-08   |
| Zinc                                 | Kg     | 2,07E-05   |
| Cadmio                               | Kg     | 1,04E-08   |
| Cloruro de hidrogeno                 | Kg     | 4,54E-06   |
| Niquel                               | Kg     | 3,61E-08   |
| Dioxinas (no especificados)          | Kg     | 5,84E-13   |
| Compuestos Orgánicos Volátiles (VOC) | Kg     | 4,21E-05   |
| Arsénico                             | Kg     | 6,83E-09   |
| Calor, residuo                       | MJ     | 1,15E+00   |
| Partículas, < 2.5 um                 | Kg     | 4,81E-06   |
| Cloruro de hidrogeno                 | Kg     | 1,51E-07   |
| Agua, CL                             | m3     | 1,97E-03   |

Colada continua

Colada continua

1 kg Palanquillas

|   | Unidad | Promedio (empresas nacionales e ICV internacionales) |
|---|--------|--|
| <b>Entradas</b>                             |        |  |
| Acero                                       | Kg     | 1,06E+00   |
| Agua utilizada enfriamiento de palanquillas | m3     | 2,14E-03   |
| Electricidad                                | Kwh    | 9,14E-02   |
| Escoria                                     | kg     | 5,21E-02   |
| <b>Salidas</b>                              |        |  |
| Palanquillas                                | Kg     | 1,00E+00   |
| Laminilla                                   | Kg     | 0,00E+00   |
| MP10  | Kg     | 2,08E-04   |
| Monóxido de Carbono                         | Kg     | 6,47E-06   |
| Dióxido de Azufre                           | Kg     | 6,44E-06   |
| Dióxido de Nitrógeno                        | Kg     | 2,25E-05   |
| Riles                                       | Kg     | 2,14E-03   |

Laminación

Laminación

1 kg barra para hormigón

Unidad Promedio (empresas nacionales e ICV internacionales)

| Entradas   |     |          |
|--|-----|----------|
| Acero {CL}   Arco Eléctrico  | Kg  | 1,00E+00 |
| Palanquillas   | Kg  | 0,00E+00 |
| Agua de refrigeración  | m3  | 1,29E-03 |
| Energía eléctrica  | Kwh | 1,02E-01 |
| Gas coque  | m3  | 0,00E+00 |
| Petróleo   | MJ  | 0,00E+00 |
| Gas Natural  | MJ  | 1,12E+00 |
| Transporte   | TKM | 1,80E-05 |
| Hoja de rodadura, acero {GLO}   mercado para   Alloc Def, U                                | Kg  | 2,30E-06 |
| Laminador {GLO}   mercado para   Alloc Def, U  | p   | 3,00E-08 |
| Películas de embalar, polietileno de baja densidad {GLO}   mercado para   Alloc Def, U     | Kg  | 1,18E-06 |
| Aceite lubricante {GLO}   mercado para   Alloc Def, U                                      | Kg  | 8,00E-05 |
| Salidas  |     |          |
| Barras con resalte para hormigón   | Kg  | 1,00E+00 |
| Laminilla  | Kg  | 0,00E+00 |
| Acero y hierro (tratamiento de residuos) {GLO}  reciclaje de acero y hierro   Alloc Def, U | Kg  | 2,54E-02 |
| MP10   | Kg  | 1,20E-05 |
| Monóxido de Carbono  | Kg  | 4,50E-06 |
| Dióxido de Azufre  | Kg  | 0,00E+00 |
| Dióxido de Nitrógeno   | Kg  | 4,61E-05 |
| Cobre  | Kg  | 7,18E-08 |
| Manganeso  | Kg  | 2,19E-07 |
| Plomo  | Kg  | 1,77E-08 |
| Niquel   | Kg  | 2,44E-07 |
| Hierro   | Kg  | 6,06E-06 |
| Cromo  | Kg  | 3,74E-07 |
| Agua residual  | MJ  | 2,61E-01 |
| Compuestos Orgánicos Volátiles (VOC)   | Kg  | 4,09E-05 |
| Emisiones al agua  |     |          |
| DBO5, Demanda Biológica de Oxígeno   | Kg  | 3,80E-05 |
| TOC, carbono orgánico total  | Kg  | 1,20E-05 |
| Cloruro  | Kg  | 1,20E-06 |
| Sólidos suspendidos  | Kg  | 7,66E-07 |
| Cromo  | Kg  | 4,95E-07 |
| Hidrocarburos  | Kg  | 1,70E-06 |
| Niquel   | Kg  | 2,30E-09 |
| Manganeso  | Kg  | 7,01E-09 |
| Plomo  | Kg  | 2,18E-09 |
| Cobre  | Kg  | 6,36E-09 |
| Zinc   | Kg  | 8,48E-09 |
| Hierro   | Kg  | 1,24E-08 |
| DQO, demanda química de oxígeno  | Kg  | 3,78E-05 |
| Mercurio   | Kg  | 2,75E-08 |
| DOC, carbono orgánico disuelto   | Kg  | 1,20E-05 |
| Cadmio   | Kg  | 3,50E-10 |
| Aluminio   | Kg  | 1,63E-08 |
| Arsénico   | Kg  | 5,30E-09 |
| Fósforo  | Kg  | 3,74E-07 |
| Molibdeno  | Kg  | 3,17E-08 |
| Kjeldahl-N   | Kg  | 1,65E-06 |
| Sulfato  | Kg  | 1,38E-04 |
| Azufre   | Kg  | 2,95E-08 |

## 2.4 ICV Madera

- **Terciado Plywood**

Fuentes primarias

- Se asumió una densidad de los trozos de entrada igual de 700 kg/m<sup>3</sup> y una densidad de salida de 520 kg/m<sup>3</sup> para los tableros, proveniente de CMPC
- Se agrega flujo de salida de agua al aire igual a la diferencia entre los RILES y el agua dulce, así como que todo el vapor usado escapa al ambiente.

Fuentes secundarias

- A Athena institute se agregaron salidas de RILES, formaldehído y agua al aire en las mismas proporciones que la fuente primaria.
- No se modificó Ecoinvent

Los resultados se visualizan en la tabla siguiente:

Terciado Plywood 1m3

|   | Unidad | Promedio (empresas nacionales e ICV internacionales) |
|---|--------|--|
| <b>Entradas</b>   |        |  |
| Agua, enfriamiento, origen natural no especificado, CL                          | m3     | 1,21E+00   |
| Resina fenol-formaldehído (PF)  | kg     | 5,48E+01   |
| Fabrica tableros de madera, resinas orgánicas                                   | p      | 2,55E-08   |
| Madera, blanda, descortezada, humeda  | m3     | 1,66E+00   |
| Diesel, combustionado en máquina de construcción                                | MJ     | 1,02E+02   |
| Energía, mix calor y electricidad, madera estructural                           | MJ     | 7,40E+02   |
| Vapor, de cogeneración a biomasa  | kg     | 1,31E+03   |
| Resina urea-formaldehído (UF)   | kg     | 0,00E+00   |
| Transporte camión, > 32 t, EURO 3   | tkm    | 6,85E+01   |
| Agua, de pozo, en suelo, CL   | m3     | 1,03E-03   |
| Madera, blanda, roundwood   | m3     | 2,75E-02   |
| Resina melamina-urea-formaldehído   | kg     | 1,68E+00   |
| Carbonato de sodio  | kg     | 1,70E-02   |
| Harina de trigo   | kg     | 4,68E-02   |
| Agua potable {CL}   | kg     | 9,24E+00   |
| Calor, de cogeneración a biomasa de madera estructural                          | MJ     | 3,75E+01   |
| Gas natural, combustionado  | MJ     | 1,92E+01   |
| Gas licuado de petróleo (GLP), combustionado                                    | kcal   | 2,50E-04   |
| Electricidad {CL - SIC}, medio voltaje  | kWh    | 3,45E+00   |
| Gasolina  | kg     | 7,45E-03   |
| Transporte, barco, barco transoceanico  | tkm    | 3,10E+00   |
| Transporte, vehículo comercial liviano  | tkm    | 1,53E-01   |
| Transporte, camión, no especificado   | tkm    | 4,95E+00   |
| Transporte, tren {CN}   | tkm    | 6,94E-01   |
| Transporte, tren {US}   | tkm    | 9,75E-01   |
| Transporte, tren {RoW}  | tkm    | 1,27E+00   |
| <b>Salidas</b>  |        |  |
| Plywood {CL}  | m3     | 1,00E+00   |
| Residuos Industriales Líquidos (RILES), fabricación plywood, a tratamiento {CL} | m3     | 5,02E-01   |
| Formaldehído  | kg     | 6,41E-02   |
| Chips madera {CL}   Plywood   | kg     | 0,00E+00   |
| Material particulado  | kg     | 4,00E-03   |
| Material particulado, >2,5 um & <10 um  | kg     | 5,00E-04   |
| Material particulado, <2,5 um   | kg     | 2,50E-04   |
| Compuesto Orgánicos Volatiles que No contienen Metano                           | kg     | 1,30E-02   |
| Metano  | kg     | 1,50E-03   |
| Dióxido de nitrógeno  | kg     | 7,25E-03   |
| Monóxido de carbono   | kg     | 8,55E-02   |
| Agua  | kg     | 1,30E+03   |
| Agua al aire  | m3     | 7,12E-01   |

- **Madera Estructural**

Fuentes Primarias

- Se agregan flujos faltantes de residuos.
- Se corrige flujo de salida de chips
- Se agrega flujo de salida de agua al aire

Fuentes Secundarias

- No se modificó Ecoinvent.

**Madera estructural 1m3**

|  | Unidad | Promedio (empresas nacionales e ICV internacionales) |
|--|--------|--|
| <b>Entradas</b>  |        |  |
| Aceite lubricante                                      | kg     | 2,91E-02   |
| Agua, de pozo, en suelo, CL                            | m3     | 1,74E-04   |
| Agua, origen natural desconocido, CL                   | m3     | 1,12E+00   |
| Agua, superficial, CL                                  | m3     | 4,45E-01   |
| Calor, de cogeneración a biomasa de madera estructural | MJ     | 9,54E+02   |
| Diesel, combustionado en generador eléctrico           | MJ     | 4,80E-03   |
| Diesel, combustionado en máquina de construcción       | MJ     | 8,43E+01   |
| Electricidad {CL - SIC}, medio voltaje                 | kWh    | 1,29E+01   |
| Energía, mix calor y electricidad, madera estructural  | MJ     | 9,99E+01   |
| Madera, blanda, descortezada, humeda                   | m3     | 1,69E+00   |
| Preservantes de madera                                 | kg     | 2,96E+00   |
| Refrigerante R125                                      | kg     | 3,14E-06   |
| Refrigerante R134a                                     | kg     | 6,49E-05   |
| Refrigerante R22                                       | kg     | 1,11E-05   |
| Refrigerante R32                                       | kg     | 2,88E-06   |
| Transporte camión, > 32 t, EURO 3                      | tkm    | 1,27E+01   |
| Transporte camión, 16 - 32 t, EURO 3                   | tkm    | 5,24E+01   |
| Vapor, de cogeneración a biomasa                       | kg     | 8,09E+02   |
| Madera aserrada, blanda, secada al aire                | m3     | 5,40E-02   |
| Chips Madera {CL}   Madera estructural                 | kg     | 3,08E+00   |
| Instalación secado de madera                           | p      | 1,83E-07   |
| Horno, chips madera, con silo 300kW                    | p      | 9,90E-07   |
| <b>Salidas</b>   |        |  |
| Madera estructural impregnada {CL}   Promedio          | m3     | 1,00E+00   |
| Residuos industriales líquidos (RILES), a tratamiento  | m3     | 6,71E-01   |
| Chips Madera {CL}   Madera estructural                 | kg     | 1,22E+02   |
| Residuos peligrosos                                    | kg     | 7,48E-02   |
| Residuos domiciliarios                                 | kg     | 5,04E+01   |
| Cenizas  | m3     | 2,15E-03   |
| Escoria  | m3     | 2,64E-03   |
| Madera verde {CL}                                      | m3     | 3,68E-02   |
| Material particulado                                   | kg     | 3,62E-01   |
| HCFC-22  | kg     | 1,11E-05   |
| HFC-134a   | kg     | 6,49E-05   |
| HFC-32   | kg     | 2,88E-06   |
| HFC-125  | kg     | 3,14E-06   |
| Hidrocarburos, alifáticos, alcanos, no especificados   | kg     | 5,20E-05   |
| Cromo  | kg     | 2,26E-07   |
| Formaldehído   | kg     | 7,43E-06   |
| Zinc   | kg     | 1,71E-05   |
| TCDD   | kg     | 1,77E-12   |
| Tolueno  | kg     | 1,71E-05   |
| Óxido nitroso  | kg     | 1,31E-04   |
| Dióxido de azufre                                      | kg     | 1,43E-04   |

Madera estructural 1m3

|   | Unidad | Promedio (empresas nacionales e ICV internacionales) |
|---|--------|--|
| <b>Salidas (continuación)</b>                         |        |  |
| Cobre   | kg     | 1,26E-06   |
| Sodio   | kg     | 7,43E-05   |
| Cloro   | kg     | 1,03E-05   |
| Potasio   | kg     | 1,34E-03   |
| Chromo VI   | kg     | 2,29E-09   |
| Fósforo   | kg     | 1,71E-05   |
| Monóxido de carbono, biogénico                        | kg     | 1,71E-02   |
| Feno, pentacloro-                                     | kg     | 4,63E-10   |
| Dióxido de carbono, biogénico                         | kg     | 5,56E+00   |
| Material particulado, <2,5 um                         | kg     | 5,14E-03   |
| Calcio  | kg     | 3,34E-04   |
| Compuesto Orgánicos Volátiles que No contienen Metano | kg     | 6,00E-04   |
| Cadmio  | kg     | 4,00E-08   |
| Óxidos de nitrógeno                                   | kg     | 1,03E-02   |
| Bromo   | kg     | 3,43E-06   |
| Niquel  | kg     | 3,43E-07   |
| Hidrocarburos aromáticos policíclicos                 | kg     | 6,34E-07   |
| m-Xileno  | kg     | 6,86E-06   |
| Fluor   | kg     | 2,86E-06   |
| Material particulado, >2,5 um & <10 um                | kg     | 2,86E-04   |
| Benzo(a)pireno  | kg     | 2,86E-08   |
| Metano, biogénico                                     | kg     | 2,29E-05   |
| Hexaclorobenceno                                      | kg     | 4,11E-13   |
| Mercurio  | kg     | 1,71E-08   |
| Etilbenceno   | kg     | 1,71E-06   |
| Magnesio  | kg     | 2,06E-05   |
| Amoníaco  | kg     | 9,88E-05   |
| Manganeso   | kg     | 9,71E-06   |
| Acetaldehído  | kg     | 3,49E-06   |
| Plomo   | kg     | 1,43E-06   |
| Benceno   | kg     | 5,20E-05   |
| Hidrocarburos, alifáticos, insaturados                | kg     | 1,77E-04   |
| Arsénico  | kg     | 5,71E-08   |
| Agua al aire  | kg     | 1,72E+00   |

- **Tablero MDF**

Fuentes primarias

- Se corrige salida de RILES de planta Cabrero y asigna proporcionalmente de acuerdo a producción entre MDF y Particleboard.
- Se corrigen para Mapal y Cabrero emisiones de material particulado (kg en vez de ton)
- Se estima emisión al aire de agua para la cantidad de agua dulce utilizada como en un 75%, según EIA de nueva línea de MDF de Cabrero. Finalmente se adapta a 50% para cuadrar la mayor cantidad de balances.
- Se asume una humedad de 55% en los chips de madera verde/húmeda, y asume que toda la humedad de estos se evapora.
- Se incorpora humedad de 8% en tableros (ficha técnica Masisa), y agrega peso promedio ponderado de MDF (EIA Cabrero).
- Se corrige salida de chips al 5% de las entradas de chips hacia co.generación basado en EIA
- Se aplican estas mismas correcciones de agua tanto para planta Cabrero como Mapal.

Fuentes secundarias

- Se corrigen algunos flujos de energía.
- Se observa que el inventario de BP LCI esta descuadrado.
- No se corrigen inventarios de Ecoinvent.

Los resultados se visualizan en la tabla siguiente:

1 m3 Tablero MDF

|  | Unidad | Promedio (empresas nacionales e ICV internacionales) |
|--|--------|--|
| <b>Entradas</b>  |        |  |
| Astilla Verde  | kg     | 5,71E+02   |
| Astillas seca  | kg     | 4,82E+01   |
| Chips {RoW}   Forestal                                       | kg     | 4,69E+00   |
| Chips madera {CL}   Promedio                                 | kg     | 4,92E+01   |
| Pulpwood, madera blanda, medida como madera sin corte        | m3     | 1,70E-02   |
| Aceite lubricante  | kg     | 7,33E-01   |
| Resina urea-formaldehído (UF)                                | kg     | 1,17E+01   |
| Resina melamina-urea-formaldehído                            | kg     | 4,65E+01   |
| Hipoclorito de sodio, sin agua                               | kg     | 3,32E-03   |
| Soda cáustica, sin agua                                      | kg     | 8,43E-02   |
| Emulsión Parafina  | kg     | 4,03E+00   |
| Electricidad {CL - SIC}, bajo voltaje                        | kWh    | 2,95E+02   |
| Calor, de cogeneración a biomasa                             | MJ     | 1,95E+03   |
| Diesel, combustionado en generador eléctrico                 | MJ     | 4,91E+01   |
| Energía, mix calor y electricidad, productos madera proces   | MJ     | 2,16E+02   |
| Agua, de pozo, en suelo, CL                                  | m3     | 1,12E+00   |
| Agua, origen natural desconocido, CL                         | m3     | 4,76E-03   |
| Agua, superficial, CL  | m3     | 5,36E-03   |
| Refrigerante R22   | kg     | 1,63E-04   |
| Urea, como N   | kg     | 5,73E-02   |
| Precipitador electrostático                                  | p      | 9,24E-08   |
| Horno, chips madera, con silo 1000kW                         | p      | 4,62E-07   |
| Horno, chips madera, con silo 500kW                          | p      | 1,95E-06   |
| Sulfato de aluminio  | kg     | 1,94E-02   |
| Fabrica tableros de madera, resinas orgánicas                | p      | 6,32E-10   |
| Agua potable {CL}  | kg     | 4,77E+00   |
| Transporte, 16-32t   | tkm    | 2,38E+00   |
| Transporte camión, > 32 t, EURO 3                            | tkm    | 6,95E+01   |
| Transporte camión, 3,5 - 7,5 ton, EURO 3                     | tkm    | 6,00E-01   |
| Transporte camión, 7,5 - 16 ton, EURO 3                      | tkm    | 4,39E+00   |
| Transoceanic freight   | tkm    | 8,28E+00   |
| <b>Salidas</b>   |        |  |
| Medium Density Fiberboard (MDF) {CL}   Market                | m3     | 1,00E+00   |
| Wood chips {CL}   MDF  | kg     | 1,10E+01   |
| Particulates   | kg     | 4,76E-01   |
| Methane, chlorodifluoro-, HCFC-22                            | kg     | 1,63E-04   |
| Residuos Industriales Líquidos (RILES), fabricación MDF, a t | m3     | 2,49E-01   |
| Residuos peligrosos, a incineración                          | kg     | 7,44E-01   |
| Residuos orgánicos, a tratamiento no especificado            | kg     | 1,50E-02   |
| Cenizas, a tratamiento                                       | kg     | 3,33E-02   |
| Óxidos de nitrógeno, como óxido nitroso                      | kg     | 2,55E-01   |
| Monóxido de carbono  | kg     | 4,70E-01   |
| Formaldehído   | kg     | 6,01E-02   |
| Acetaldehído   | kg     | 1,47E-03   |
| Compuestos Orgánicos Volátiles (COV)                         | kg     | 2,55E-02   |
| Carbono orgánico total                                       | kg     | 7,90E-03   |
| Residuos domiciliarios, a relleno sanitario                  | kg     | 1,93E+00   |
| Agua, al aire  | m3     | 9,52E-01   |
| Chlorine   | kg     | 1,26E-05   |
| Toluene  | kg     | 2,10E-05   |
| Calcium  | kg     | 4,09E-04   |
| Chromium   | kg     | 2,77E-07   |
| Copper   | kg     | 1,54E-06   |

1 m3 Tablero MDF

Unidad Promedio (empresas nacionales e ICV internacionales)

| Salidas (continuación)                                |    |          |
|---|----|----------|
| Benzo(a)pyrene  | kg | 3,49E-08 |
| Methanol  | kg | 2,99E-04 |
| Sulfur dioxide  | kg | 1,75E-04 |
| Hydrocarbons, aliphatic, alkanes, unspecified         | kg | 6,36E-05 |
| Particulates, > 10 um                                 | kg | 1,33E-03 |
| TCDD  | kg | 2,10E-12 |
| Particulates, < 2.5 um                                | kg | 1,75E-04 |
| Bromine   | kg | 4,19E-06 |
| Benzene   | kg | 6,36E-05 |
| Carbon dioxide, biogenic                              | kg | 7,13E+00 |
| Phenol, pentachloro-                                  | kg | 5,66E-10 |
| Lead  | kg | 1,75E-06 |
| Hydrocarbons, aliphatic, unsaturated                  | kg | 2,17E-04 |
| Chromium VI   | kg | 2,79E-09 |
| Dinitrogen monoxide                                   | kg | 1,61E-04 |
| Benzene, ethyl-                                       | kg | 2,10E-06 |
| Benzene, hexachloro-                                  | kg | 5,03E-13 |
| NMVOOC, non-methane volatile organic compounds, unspe | kg | 6,56E-03 |
| Fluorine  | kg | 3,49E-06 |
| Nickel  | kg | 4,19E-07 |
| Arsenic   | kg | 6,99E-08 |
| Carbon monoxide, biogenic                             | kg | 1,40E-02 |
| PAH, polycyclic aromatic hydrocarbons                 | kg | 7,75E-07 |
| Mercury   | kg | 2,10E-08 |
| Potassium   | kg | 1,63E-03 |
| Methane, biogenic                                     | kg | 1,05E-04 |
| m-Xylene  | kg | 8,38E-06 |
| Phosphorus  | kg | 2,10E-05 |
| Magnesium   | kg | 2,51E-05 |
| Zinc  | kg | 2,10E-05 |
| Sodium  | kg | 9,08E-05 |
| Cadmium   | kg | 4,89E-08 |
| Ammonia   | kg | 1,21E-04 |
| Manganese   | kg | 1,19E-05 |
| Carbon dioxide  | kg | 3,59E+00 |
| Nitrógeno, total                                      | kg | 1,57E-03 |
| Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)                   | kg | 6,52E-03 |
| Demanda Química de Oxígeno (DQO)                      | kg | 1,76E-02 |
| Sulfato   | kg | 1,07E-03 |

- **Madera Aglomerada**

Fuentes primarias

- Se corrigen flujos de RILES igual que para MDF.
- Se corrigen emisiones de material particulado igual que en MDF.
- Se asumen los mismos supuestos de emisiones de agua al aire y humedad de madera... Esto trae serios problemas en el balance de masa. Finalmente se terminó por ajustar la emisión de agua al aire para hacer calzar el balance de masa.
- Se realizan los mismos supuestos para agua que en MDF

Fuentes secundarias

- No se corrige Ecoinvent.
- Diferencias en el valor de salida del agua se deben seguramente al agua virtual de los tableros.

Los resultados se visualizan en la tabla siguiente:

Madera aglomerada 1m3

|  | Unidad | Promedio (empresas nacionales e ICV internacionales) |
|--|--------|--|
| <b>Entradas</b>  |        |  |
| Astilla Verde  | kg     | 2,93E+02   |
| Chips madera {CL}   Promedio   | kg     | 4,63E+01   |
| Madera residual, seca {RoW}, producción particle board                   | m3     | 1,50E-01   |
| Madera, blanda, descortezada, humeda                                     | m3     | 1,20E-02   |
| Resina melamina-urea-formaldehído  | kg     | 2,17E-01   |
| Resina urea-formaldehído (UF)  | kg     | 3,71E+01   |
| Aceite lubricante  | kg     | 2,13E-01   |
| Emulsión Parafina  | kg     | 1,81E+00   |
| Electricidad {CL - SIC}, bajo voltaje                                    | kWh    | 1,91E+02   |
| Calor, de cogeneración a biomasa de tableros de madera                   | MJ     | 8,47E+02   |
| Gas natural, combustionado   | MJ     | 2,45E+01   |
| Diesel, combustionado en generador eléctrico                             | MJ     | 1,77E+02   |
| Agua dulce - agua subterránea  | m3     | 4,76E-01   |
| Refrigerante R22   | kg     | 1,18E-04   |
| Transporte camión, > 32 t, EURO 3  | tkm    | 6,81E+01   |
| Vapor, de co-generacion {CL - E13}  production   Alloc Rec, U            | kg     | 9,74E+00   |
| Sulfato de amonio, como N  | kg     | 8,79E-02   |
| Electricidad, biomasa  | kWh    | -4,17E+00  |
| Ácido clorhídrico  | kg     | 3,34E-02   |
| Pulpwood, madera blanda, medida como madera sin corteza                  | m3     | 8,42E-03   |
| Amoniaco, líquido  | kg     | 1,57E-02   |
| Fabrica tableros de madera, resinas orgánicas                            | p      | 8,17E-10   |
| Transporte, barco, barco transoceanico                                   | tkm    | 3,38E+00   |
| Transporte, vehículo comercial liviano                                   | tkm    | 1,67E-01   |
| Transporte, camión, no especificado                                      | tkm    | 5,39E+00   |
| Transporte, tren {Europa sin Suiza}                                      | tkm    | 2,08E-01   |
| Transporte, tren {CN}  | tkm    | 7,06E-01   |
| Transporte, tren {CH}  | tkm    | 4,16E-03   |
| Transporte, tren {US}  | tkm    | 9,91E-01   |
| Transporte, tren {RoW}   | tkm    | 1,29E+00   |
| <b>Salidas</b>   |        |  |
| <b>Madera aglomerada (Particleboard) {CL}   Promedio</b>                 | m3     | 1,00E+00   |
| Chips madera {CL}   Aglomerado   | kg     | 2,19E+01   |
| Residuos domiciliarios   | kg     | 8,46E-03   |
| Residuos Industriales Líquidos (RILES), fabricación particleboard, a tra | m3     | 2,41E-01   |
| Material particulado   | kg     | 1,42E+02   |
| HCFC-22  | kg     | 1,18E-04   |
| Formaldehído   | kg     | 7,52E-03   |
| Acetaldehído   | kg     | 1,76E-03   |
| Óxidos de nitrógeno, como óxido nitroso                                  | kg     | 1,44E-01   |
| Monóxido de carbono  | kg     | 7,55E-02   |
| Carbono orgánico total   | kg     | 8,55E-03   |
| Óxido nítrico  | kg     | 3,00E-03   |
| Dióxido de nitrógeno   | kg     | 9,99E-04   |
| Dióxido de carbono   | kg     | 1,45E+00   |
| Dióxido de azufre  | kg     | 8,81E-07   |
| Agua   | kg     | 1,67E+01   |
| Compuesto Orgánicos Volátiles que No contienen Metano                    | kg     | 4,07E-03   |
| Material particulado, <2,5 um  | kg     | 9,57E-05   |
| Material particulado, >10 um   | kg     | 9,57E-04   |
| Material particulado, >2,5 um & <10 um                                   | kg     | 8,61E-04   |
| Agua al aire   | m3     | 1,59E-01   |
| Residuos peligrosos  | kg     | 7,41E-01   |

- **Tablero OSB**

Fuente dato secundario Puettan

- Se corrige distancia de transporte
- Se agrega flujo de agua al aire de salida
- Se agrega basura

Fuente dato secundario Athena

- Se agrega flujo de agua de salida y residuos faltantes.

## OSB 1m3

|   | Unidad | Promedio (empresas nacionales e<br>ICV internacionales) |
|---|--------|---|
| <b>Entradas</b>   |        |   |
| Agua, enfriamiento, origen natural no especificado, CL        | m3     | 1,39E-01  |
| Fabrica tableros de madera, resinas orgánicas                 | p      | 1,29E-08  |
| Emulsión Parafina   | kg     | 8,36E+00  |
| Precipitador electrostático                                   | p      | 1,61E-06  |
| Resina diisocianato de difenil metileno (MDI)                 | kg     | 9,01E+00  |
| Horno, chips madera, con silo 500kW                           | p      | 3,39E-05  |
| Químicos, orgánicos   | kg     | 1,77E+00  |
| Horno, chips madera, con silo 1000kW                          | p      | 8,03E-06  |
| Aceite lubricante   | kg     | 6,86E-02  |
| Pulpwood, madera blanda, medida como madera sin corteza       | m3     | 6,48E-01  |
| Agua potable {CL}   | kg     | 6,94E+01  |
| Electricidad {CL - SIC}, medio voltaje                        | kWh    | 1,37E+02  |
| Transporte camión, 16-32 t, EURO 3                            | tkm    | 6,71E+01  |
| Transporte camión, > 32 t, EURO 3                             | tkm    | 4,86E+01  |
| Roundwood, pino, medido como madera sin corteza               | m3     | 1,05E+00  |
| Resina fenol-formaldehído (PF)                                | kg     | 1,39E+01  |
| Acero {CL}  | kg     | 6,93E-02  |
| Energía, mix calor y electricidad, productos madera procesada | MJ     | 1,18E+02  |
| Gas natural, combustionado                                    | MJ     | 3,20E+02  |
| Calor, de cogeneración a biomasa de tableros de madera        | MJ     | 1,69E+03  |
| Gas licuado de petróleo (GLP), combustionado                  | kcal   | 2,95E+01  |
| Diesel, combustionado   | MJ     | 3,12E+01  |
| Bencina, combustionada  | l      | 1,12E-02  |
| Calor, de petróleo ligero                                     | MJ     | 1,16E+01  |
| <b>Salidas de materia</b>                                     |        |   |
| Oriented strand board (OSB) {CL}   Promedio                   | m3     | 1,00E+00  |
| Cenizas, a tratamiento  | kg     | 2,51E+00  |
| Residuos orgánicos, a tratamiento no especificado             | kg     | 8,91E-02  |
| Residuos de madera, a relleno sanitario                       | kg     | 1,08E+00  |
| Tolueno   | kg     | 1,68E-03  |
| Benzo(a)pireno  | kg     | 6,07E-07  |
| Calcio  | kg     | 7,10E-03  |
| Dióxido de azufre   | kg     | 3,04E-03  |
| Cobre   | kg     | 2,67E-05  |
| Hidrocarburos, alifáticos, alcanos, no especificados          | kg     | 1,11E-03  |
| Metanol   | kg     | 1,38E-01  |
| TCDD  | kg     | 3,64E-11  |
| Material particulado, <2,5 um                                 | kg     | 1,08E-01  |
| Material particulado, >10 um                                  | kg     | 3,36E-02  |
| Bromo   | kg     | 7,29E-05  |
| Benceno   | kg     | 1,11E-03  |
| Dióxido de carbono, biogénico                                 | kg     | 1,24E+02  |
| Feno, pentacloro-   | kg     | 9,84E-09  |

## OSB 1m3

|   | Unidad | Promedio (empresas nacionales e<br>ICV internacionales) |
|---|--------|---|
| <b>Salidas de materia (continuación)</b>              |        |   |
| Plomo   | kg     | 3,04E-05  |
| Hidrocarburos, alifáticos, insaturados                | kg     | 3,76E-03  |
| Formaldehído  | kg     | 5,25E-02  |
| Etilbenceno   | kg     | 3,64E-05  |
| Óxido nitroso   | kg     | 2,79E-03  |
| Chromo VI   | kg     | 4,86E-08  |
| Hexaclorobenceno                                      | kg     | 8,74E-12  |
| Compuesto Orgánicos Volátiles que No contienen Metano | kg     | 1,12E-01  |
| Fluor   | kg     | 6,07E-05  |
| Niquel  | kg     | 7,29E-06  |
| Acetaldehído  | kg     | 4,37E-02  |
| Arsénico  | kg     | 1,21E-06  |
| Monóxido de carbono, biogénico                        | kg     | 2,43E-01  |
| Hidrocarburos aromáticos policíclicos                 | kg     | 1,35E-05  |
| Potasio   | kg     | 2,84E-02  |
| Metano, biogénico                                     | kg     | 1,82E-03  |
| Fósforo   | kg     | 3,64E-04  |
| Magnesio  | kg     | 4,37E-04  |
| Mercurio  | kg     | 3,64E-07  |
| Sodio   | kg     | 1,58E-03  |
| m-Xileno  | kg     | 1,46E-04  |
| Amoníaco  | kg     | 2,10E-03  |
| Zinc  | kg     | 3,64E-04  |
| Cloro   | kg     | 2,19E-04  |
| Cadmio  | kg     | 8,50E-07  |
| Óxidos de nitrógeno                                   | kg     | 2,09E-01  |
| Manganeso   | kg     | 2,06E-04  |
| Cromo   | kg     | 4,81E-06  |
| Material particulado, >2,5 um & <10 um                | kg     | 3,73E-02  |
| Fenol   | kg     | 7,39E-03  |
| Monóxido de carbono                                   | kg     | 2,75E-01  |
| Dióxido de carbono                                    | kg     | 4,06E+00  |
| Compuestos Orgánicos Volátiles (COV)                  | kg     | 3,70E-01  |
| Acroleína   | kg     | 7,95E-03  |
| Resina diisocianato de difenil metileno (MDI)         | kg     | 3,30E-05  |
| Agua al aire  | m3     | 3,81E-02  |

## 2.5 ICV Ladrillo

- Se reemplazó proceso de Ecoinvent de ladrillos por ladrillos de arcilla
- Se eliminó fuente de EPD, dado que no eran ladrillos de arcilla
- Se cuantificó la emisión al aire de agua para las 2 fuentes secundarias que no son Ecoinvent. Esto arregla los balances de masa y energía.
- Se incorporan cambios a calculadora.

### 1 kg Ladrillo

|  | Unidad | Valor promedio |
|--|--------|----------------|
| <b>Entradas</b>  |        |                |
| Paja {GLO}   mercado para   Alloc Rec, U   | kg     | 0,05508        |
| Infraestructura Cantera de arcilla {GLO}   mercado para   Alloc Rec, U                                 | p      | 5,678E-11      |
| Arcilla {GLO}   mercado para   Alloc Rec, U  | kg     | 1,0741487      |
| Extrusión, película plástica {GLO}   mercado para   Alloc Rec, U                                       | kg     | 0,0000615      |
| Polietileno, de alta densidad, gránulo {GLO}   mercado para   Alloc Rec, U                             | kg     | 0,0000615      |
| EUR- pallet {GLO}   mercado para   Alloc Rec, U  | p      | 0,0000625      |
| Máquinas industriales, pesados, no especificado {GLO}   mercado para   Alloc Rec, U                    | kg     | 0,0015         |
| Agua de grifo {CL - E13}   producción, tratamiento convencional   Alloc Rec, U                         | kg     | 0,1349813      |
| Diesel {GLO}   mercado para   Alloc Rec, U   | MJ     | 0,007290165    |
| Calor, natural gas {RoW}   mercado para   Alloc Rec, U   | MJ     | 1,501757843    |
| Electricidad, voltaje medio {CL - SIC}   mercado para   Alloc Rec, U                                   | kWh    | 0,181832376    |
| <b>Salidas</b>   |        |                |
| <b>Ladrillos</b>   | kg     | 1              |
| Los residuos inertes, para su disposición final {GLO}   mercado para   Alloc Rec, U                    | kg     | 0,0000425      |
| Residuos sólidos municipales {RoW}   tratamiento, relleno sanitario   Alloc Rec, Residuos Industriales | kg     | 0,004723047    |
| Aguas residuales {RoW}   tratamiento de, capacidad 5E9 lt/año   Alloc Rec, U                           | m3     | 3,20107E-06    |
| Residuos peligrosos, para incineración {RoW}   tratamiento de residuos peligrosos   Alloc Rec, U       | kg     | 0,000002145    |
| Residuos de Polietileno {GLO}   mercado para   Alloc Rec, U  | kg     | 0,0000615      |
| Residuos de madera, sin tratar {GLO}   mercado para   Alloc Rec, U                                     | kg     | 0,0018284      |
| <b>Emisiones al aire</b>   |        |                |
| Agua/m3  | m3     | 0,000103558    |
| Partículas, < 10 um  | kg     | 4,323E-07      |
| Partículas   | kg     | 4,7025E-06     |
| <b>Emisiones al agua</b>   |        |                |
| Agua, CL   | m3     | 0,000103558    |
| Sólidos en suspensión, sin especificación  | kg     | 0,00007062     |
| Compuestos Orgánicos (disueltos)   | kg     | 1,3959E-06     |
| Ion Amonio   | kg     | 1,99459E-07    |
| Fenoles, sin especificación  | kg     | 3,762E-10      |
| Cianuro  | kg     | 5,148E-10      |
| Compuestos Orgánicos (disueltos)   | kg     | 5,24139E-05    |
| Hierro   | kg     | 1,9701E-06     |
| Aluminio   | kg     | 2,0295E-06     |
| Cobre  | kg     | 1,8447E-09     |
| Zinc   | kg     | 1,99485E-08    |

### III. CATEGORÍAS DE IMPACTO

#### 3.1 Yeso Cartón

Proceso de calcinado (de donde se obtiene Yeso calcinado estuco) es previo para cualquiera de los tres productos finales: Yeso Cartón ST, Yeso Cartón RF, Yeso Cartón RH

| Categoría de producto              |                                  | YESO CARTÓN             |                                    |                                   |                       |           |
|------------------------------------|----------------------------------|-------------------------|------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------|-----------|
| Producto                           |                                  | Yeso cartón ST estándar | Yeso cartón RF resistente al fuego | Yeso cartón RH resistente humedad | Yeso calcinado Estuco |           |
| Categoría de impacto               |                                  | Promedio                | Promedio                           | Promedio                          | Promedio              |           |
| Categoría de impacto               | Unidad                           | kg                      | kg                                 | kg                                | kg                    |           |
| Categorías de Impacto Prioritarias | Cambio Climático                 | kg CO2                  | 3,53E-01                           | 3,26E-01                          | 3,32E-01              | 1,44E-01  |
|                                    | Smog Fotoquímico                 | kg NMVOC                | 7,34E-04                           | 6,63E-04                          | 6,93E-04              | 3,21E-04  |
|                                    | Material particulado             | kg PM10 eq              | 1,14E-03                           | 1,11E-03                          | 1,14E-03              | 9,16E-04  |
|                                    | Agotamiento de metales           | kg Fe eq                | 4,05E-04                           | 3,19E-04                          | 7,58E-04              | 8,81E-05  |
|                                    | Agotamiento fósil                | kg oil eq               | 9,60E-02                           | 9,26E-02                          | 9,50E-02              | 3,56E-02  |
|                                    | Consumo de Agua                  | m3                      | 9,68E-04                           | 7,67E-04                          | 1,04E-03              | 1,34E-04  |
|                                    | Agotamiento de la capa de ozono  | kg CFC-11 eq            | 2,94E-08                           | 2,85E-08                          | 3,48E-08              | 1,10E-08  |
|                                    | Acidificación terrestre          | kg SO2 eq               | 9,14E-04                           | 8,19E-04                          | 8,69E-04              | 3,33E-04  |
|                                    | Eutrofización agua fresca        | kg P eq                 | 7,16E-06                           | 5,93E-06                          | 6,44E-06              | 2,41E-06  |
|                                    | Eutrofización marina             | kg N eq                 | 2,82E-04                           | 2,01E-04                          | 2,15E-04              | 1,08E-04  |
|                                    | Toxicidad humana, cancerígena    | CTUh                    | 2,98E-11                           | 2,59E-11                          | 2,62E-11              | 8,82E-12  |
|                                    | Toxicidad humana, no cancerígena | CTUh                    | 2,58E-12                           | 6,88E-13                          | 8,17E-13              | 1,59E-13  |
|                                    | Ecotoxicidad agua dulce          | CTUe                    | 2,84E-03                           | 1,65E-03                          | 1,95E-03              | 4,20E-05  |
|                                    | Radiación Ionizante              | kBq U235 eq             | 4,59E-03                           | 3,91E-03                          | 4,34E-03              | 1,34E-03  |
|                                    | Ocupación suelo agrícola         | m2a                     | 7,90E-02                           | 4,93E-02                          | 5,44E-02              | 2,96E-03  |
|                                    | Ocupación suelo urbano           | m2a                     | 1,25E-03                           | 9,74E-04                          | 1,05E-03              | 4,89E-04  |
|                                    | Transformación suelo natural     | m2                      | 3,49E-06                           | 1,55E-06                          | 1,88E-06              | -3,32E-06 |

### 3.2 Hormigón

| Categoría de producto              |                                  | HORMIGÓN         |                       |                       |                  |          |
|------------------------------------|----------------------------------|------------------|-----------------------|-----------------------|------------------|----------|
| Producto                           |                                  | Cemento Promedio | Hormigón H30 Promedio | Hormigón H40 Promedio | Mortero Promedio |          |
| Categoría de impacto               | Unidad                           | kg               | m3                    | m3                    | m3               |          |
| Categorías de Impacto Prioritarias | Cambio Climático                 | kg CO2           | 7,37E-01              | 2,99E+02              | 3,03E+02         | 3,87E+02 |
|                                    | Smog Fotoquímico                 | kg NMVOC         | 1,47E-03              | 7,24E-01              | 7,41E-01         | 1,03E+00 |
|                                    | Material particulado             | kg PM10 eq       | 9,60E-04              | 4,56E-01              | 4,64E-01         | 8,52E-01 |
|                                    | Agotamiento de metales           | kg Fe eq         | 6,67E-04              | 1,27E+00              | 1,31E+00         | 6,61E-01 |
|                                    | Agotamiento fósil                | kg oil eq        | 6,53E-02              | 2,88E+01              | 2,93E+01         | 4,97E+01 |
|                                    | Consumo de Agua                  | m3               | -3,67E-03             | 8,33E-01              | 8,85E-01         | 1,47E-01 |
|                                    | Agotamiento de la capa de ozono  | kg CFC-11 eq     | 1,93E-08              | 9,13E-06              | 9,34E-06         | 1,39E-05 |
|                                    | Acidificación terrestre          | kg SO2 eq        | 1,48E-03              | 6,56E-01              | 6,67E-01         | 1,14E+00 |
|                                    | Eurotrofización agua fresca      | kg P eq          | 7,59E-06              | 3,93E-03              | 3,98E-03         | 6,63E-03 |
|                                    | Eurotrofización marina           | kg N eq          | 5,26E-05              | 1,55E-01              | 1,60E-01         | 5,17E-02 |
|                                    | Toxicidad humana, cancerígena    | CTUh             | 2,70E-11              | 8,87E-09              | 8,93E-09         | 2,32E-08 |
|                                    | Toxicidad humana, no cancerígena | CTUh             | 3,21E-13              | 1,89E-10              | 1,92E-10         | 4,65E-10 |
|                                    | Ecotoxicidad agua dulce          | CTUe             | 1,86E-04              | 9,21E-02              | 9,39E-02         | 1,75E-01 |
|                                    | Radiación Ionizante              | kBq U235 eq      | 6,87E-03              | 3,52E+00              | 3,60E+00         | 5,10E+00 |
|                                    | Ocupación suelo agrícola         | m2a              | 7,54E-03              | 3,77E+00              | 3,78E+00         | 1,19E+01 |
|                                    | Ocupación suelo urbano           | m2a              | 1,01E-03              | 1,86E+00              | 1,91E+00         | 1,37E+00 |
|                                    | Transformación suelo natural     | m2               | 3,50E-06              | 8,32E-03              | 8,59E-03         | 1,18E-02 |

### 3.3 Acero

| Categoría de producto              |                                  | ACERO                          |   |          |
|------------------------------------|----------------------------------|--------------------------------|---|----------|
| Producto                           |                                  | Perfil Acero Laminado Promedio | Acero barras de refuerzo para hormigón Promedio |          |
| Categoría de impacto               | Unidad                           | kg                             | kg  |          |
| Categorías de Impacto Prioritarias | Cambio Climático                 | kg CO2                         | 6,97E-01  | 2,06E+00 |
|                                    | Smog Fotoquímico                 | kg NMVOC                       | 3,76E-03  | 1,63E-02 |
|                                    | Material particulado             | kg PM10 eq                     | 5,27E-03  | 1,47E-02 |
|                                    | Agotamiento de metales           | kg Fe eq                       | 1,00E+00  | 1,58E+00 |
|                                    | Agotamiento fósil                | kg oil eq                      | 2,17E-01  | 7,31E-01 |
|                                    | Consumo de Agua                  | m3                             | 1,11E-02  | 2,67E-02 |
|                                    | Agotamiento de la capa de ozono  | kg CFC-11 eq                   | 4,88E-08  | 1,94E-07 |
|                                    | Acidificación terrestre          | kg SO2 eq                      | 3,74E-03  | 1,13E-02 |
|                                    | Eurotrofización agua fresca      | kg P eq                        | 4,39E-05  | 1,33E-04 |
|                                    | Eurotrofización marina           | kg N eq                        | 1,46E-04  | 3,49E-04 |
|                                    | Toxicidad humana, cancerígena    | CTUh                           | 5,28E-10  | 4,95E-10 |
|                                    | Toxicidad humana, no cancerígena | CTUh                           | 2,05E-12  | 5,89E-12 |
|                                    | Ecotoxicidad agua dulce          | CTUe                           | 5,76E-04  | 2,49E-03 |
|                                    | Radiación Ionizante              | kBq U235 eq                    | 1,29E-02  | 4,59E-02 |
|                                    | Ocupación suelo agrícola         | m2a                            | 5,57E-02  | 1,30E-01 |
|                                    | Ocupación suelo urbano           | m2a                            | 8,16E-03  | 1,70E-02 |
|                                    | Transformación suelo natural     | m2                             | 5,46E-05  | 1,24E-04 |

### 3.4 Madera

Categorías de Impacto Prioritarias

| Categoría de producto            |              | MADERA                     |   |  |                                    |                  |
|----------------------------------|--------------|----------------------------|---|--|------------------------------------|------------------|
| Producto                         |              | Madera aglomerada Promedio | Madera Promedio Madera estructural impregnada | Medium Density Fiberboard MDF Promedio | Oriented strand board OSB Promedio | Plywood Promedio |
| Categoría de impacto             | Unidad       | m3                         | m3  | m3                                     | m3                                 | m3               |
| Cambio Climático                 | kg CO2       | 2,75E+02                   | 7,35E+01                                      | 4,90E+02                               | 4,42E+02                           | 3,76E+02         |
| Smog Fotoquímico                 | kg NMVOC     | 1,82E+00                   | 9,63E-01                                      | 3,04E+00                               | 4,59E+00                           | 3,60E+00         |
| Material particulado             | kg PM10 eq   | 2,23E+01                   | 5,67E-01                                      | 3,83E+00                               | 8,30E+00                           | 2,11E+00         |
| Agotamiento de metales           | kg Fe eq     | 1,36E+01                   | 3,82E+01                                      | 1,43E+01                               | 1,08E+01                           | 2,25E+00         |
| Agotamiento fósil                | kg oil eq    | 1,02E+02                   | 2,30E+01                                      | 1,81E+02                               | 1,66E+02                           | 1,87E+02         |
| Consumo de Agua                  | m3           | 2,35E+01                   | -1,06E+01                                     | 2,78E+01                               | 2,80E+00                           | 6,18E+00         |
| Agotamiento de la capa de ozono  | kg CFC-11 eq | 3,08E-05                   | 9,92E-06                                      | 5,21E-05                               | 4,39E-05                           | 2,70E-05         |
| Acidificación terrestre          | kg SO2 eq    | 2,07E+00                   | 6,81E-01                                      | 3,84E+00                               | 2,89E+00                           | 2,50E+00         |
| Eutrofización agua fresca        | kg P eq      | 1,54E-02                   | 1,69E-02                                      | 2,30E-02                               | 1,87E-02                           | 3,36E-02         |
| Eutrofización marina             | kg N eq      | 8,24E-02                   | 4,35E-02                                      | 1,54E-01                               | 1,37E-01                           | 1,02E-01         |
| Toxicidad humana, cancerígena    | CTUh         | 1,19E-06                   | 5,40E-08                                      | 2,45E-06                               | 9,53E-07                           | 1,63E-06         |
| Toxicidad humana, no cancerígena | CTUh         | 2,58E-09                   | 4,50E-10                                      | 3,22E-09                               | 4,18E-08                           | 1,79E-09         |
| Ecotoxicidad agua dulce          | CTUe         | 4,13E+00                   | 6,84E-01                                      | 7,53E+00                               | 8,94E+01                           | 3,37E+02         |
| Radiación Ionizante              | kBq U235 eq  | 7,79E+00                   | 3,36E+00                                      | 1,45E+01                               | 1,45E+01                           | 1,07E+01         |
| Ocupación suelo agrícola         | m2a          | 1,38E+03                   | 2,96E+03                                      | 2,03E+03                               | 7,53E+03                           | 3,53E+03         |
| Ocupación suelo urbano           | m2a          | 7,28E+00                   | 1,22E+01                                      | 1,17E+01                               | 2,49E+01                           | 1,73E+01         |
| Transformación suelo natural     | m2           | -4,70E-04                  | 3,21E-03                                      | -1,01E-03                              | 1,75E-02                           | 1,11E-02         |

### 3.5 Ladrillo

Categorías de Impacto Prioritarias

| Categoría de producto            |              | LADRILLO           |
|----------------------------------|--------------|--------------------|
| Producto                         |              | Ladrillos Promedio |
| Categoría de impacto             | Unidad       | kg                 |
| Cambio Climático                 | kg CO2       | 2,28E-01           |
| Smog Fotoquímico                 | kg NMVOC     | 6,73E-04           |
| Material particulado             | kg PM10 eq   | 1,30E-03           |
| Agotamiento de metales           | kg Fe eq     | 8,72E-03           |
| Agotamiento fósil                | kg oil eq    | 7,26E-02           |
| Consumo de Agua                  | m3           | 2,67E-03           |
| Agotamiento de la capa de ozono  | kg CFC-11 eq | 1,74E-08           |
| Acidificación terrestre          | kg SO2 eq    | 8,64E-04           |
| Eutrofización agua fresca        | kg P eq      | 1,07E-05           |
| Eutrofización marina             | kg N eq      | 1,17E-04           |
| Toxicidad humana, cancerígena    | CTUh         | 1,38E-11           |
| Toxicidad humana, no cancerígena | CTUh         | 2,89E-13           |
| Ecotoxicidad agua dulce          | CTUe         | 1,33E-02           |
| Radiación Ionizante              | kBq U235 eq  | 2,23E-03           |
| Ocupación suelo agrícola         | m2a          | 3,63E-02           |
| Ocupación suelo urbano           | m2a          | 1,15E-03           |
| Transformación suelo natural     | m2           | 2,21E-06           |