



# ECOBASE

CONSTRUCCIÓN



La Metodología para el desarrollo de Inventarios de Ciclo de Vida (ICV) de materiales de construcción y la base de datos son resultados del proyecto “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”. Código INNOVA CORFO 13BPC3-19204.

**Beneficiario y Responsable del Proyecto:**

IDIEM Centro de Investigación, Desarrollo e Innovación de Estructuras y Materiales, Universidad de Chile

**Representante Legal:**

Rector Ennio Vivaldi Véjar

**Coejecutor:**

Fundación Chile

**Representante Legal Fundación Chile:**

Sr. Marcos Kulka

**Coejecutor:**

CDT Corporación de Desarrollo Tecnológico

**Representante Legal CDT:**

Sr. Juan Carlos León F.

**Instituciones Mandantes:**

**Ministerio de Vivienda y Urbanismo:**

**Secretaría Ejecutiva Construcción**

**Sustentable**

Sr. Juan Pablo Yumha E.

**Ministerio del Medio Ambiente:**

Srta. Antonia Biggs F.

Srta. María Belén Sepúlveda P.

Sr. Nicolás Trivelli S.

**Cámara Chilena de la Construcción:**

**Instituto de la Construcción:**

Sr. José Pedro Campos

Sr. Hernán Madrid

**Instituciones Interesadas:**

**Chile Green Building Council:**

Sra. María Fernanda Aguirre

**Equipo de Trabajo**

**IDIEM Universidad de Chile**

**Directora de Proyecto:**

Sra. Bárbara Rodríguez D.

**Director Alterno de Proyecto:**

Sr. Eduardo Sanhueza R.

**Coordinadoras de Proyecto:**

Srta. Ingrid Soto L.

Srta. Maricel González G.

Srta. Katherine Martínez A.

**Equipo Técnico de Proyecto:**

Sr. Marcelo Velasco

Sra. Ximena Ortega

Sr. Felipe Celery

**Fundación Chile**

**Director de Equipo:**

Sr. Cristián Emhart G.

**Equipo Técnico de Proyecto:**

Srta. Michelle Sennerman F.

Sr. Cristobal Loyola

Sr. Alejandro Florenzano

Srta. Mariana Aguirre B.

**CDT Corporación de Desarrollo Tecnológico**

**Director de Equipo:**

Sr. Cristián Yáñez

**Equipo Técnico de Proyecto:**

Sr. Arturo Leiva G.

Srta. Paola Yáñez

Srta. Ximena Berríos

**Revisor Nacional**

Red Chilena ACV

Sra. Claudia Peña U.

Sra. Patricia Martínez R.

Sr. Edmundo Muñoz

**Revisor Internacional**

Edge Environment

Sr. Jonas Bengtsson

Sr. Joel Clayton

Sr. James Logie

**Consultor Internacional**

**Calculadoras**

IERS

Sr. Sangwon Suh

**Empresas participantes**

CAP

Sr. Luis Albero Castro

Sr. Rodrigo Vera

GERDAU

Sr. Jorge Manríquez

Sr. Alexander Wotherspoon

Sra. María Sofía Correa

CPMC

Sra. Gina Cerda

VOLCÁN

Sr. Ricardo Fernández

ROMERAL

Sra. Ana Luisa Valdebenito

Sr. Álvaro Moya

Sr. Felipe Aránguiz

TRANSEX

Sr. Manuel Aravena

**Diseño:**

Haydée Hurtado C.



IDIEM de la Universidad de Chile, en conjunto con la CDT y Fundación Chile han tomado el desafío de crear las bases para la evaluación del ciclo de vida de los productos de construcción nacionales, mediante el proyecto (13BPC3-1920): “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”, que cuenta con el cofinanciamiento de InnovaChile de CORFO y tiene por mandantes al Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU), el Ministerio del Medio Ambiente (MMA), la Cámara Chilena de la Construcción (CChC) y el Instituto de la Construcción (IC), y además cuenta con la participación de Chile GBC en su mesa directiva.

Esta iniciativa, también denominada “**ECOBASE Construcción**”, es una metodología y base de datos para evaluar y reportar los impactos ambientales del ciclo de vida de los materiales de construcción. Además busca entregar a la industria una plataforma de información del desempeño de sustentabilidad ambiental de los principales materiales empleados en construcción (hormigón, acero, madera, ladrillos y planchas de yeso cartón), bajo la metodología de Análisis de Ciclo de Vida.

El Análisis de Ciclo de Vida (ACV) ha sido reconocido como uno de los métodos de contabilidad ambiental más utilizado y validado a nivel internacional para medir, reportar y establecer las bases para la mejora del comportamiento ambiental de los diversos productos.

En el proyecto participaron diversas empresas de materiales de construcción, con quienes se conformaron grupos de trabajo técnico: Gerdau, Hormigones Transex, Romeral, Volcán, CMPC y Cap Acero. El trabajo en conjunto consistió en una serie de reuniones de revisión de los datos, visitas a las plantas de producción y capacitaciones en torno a la metodología nacional y aspectos relativos al ACV.

# ECOBASE

CONSTRUCCIÓN

Proyecto apoyado por



## Mandantes:



## Participación en mesa directiva de:



## Beneficiario:



## Coejecutores



## Empresas que participaron:



## CONTENIDO

<b>1</b>	Introducción	8
<b>2</b>	Contexto	8
<b>2.1</b>	Objetivos del Proyecto Ecobase	10
<b>2.2</b>	Acerca de otros proyectos relacionados	10
<b>2.2.1</b>	Proyecto Ecobase Alimentos	10
<b>2.2.2</b>	Proyectos de inventarios de ciclo de vida	11
<b>2.3</b>	Etapas del desarrollo de la metodología	11
<b>2.4</b>	Propiedad y administración del proyecto ECOBASE	11
<b>2.5</b>	Otros documentos relacionados: Metodología de evaluación de impactos ambientales y protocolos para el uso de los datos y herramienta de Ecobase Construcción	12
<b>3</b>	Metodología de recolección de datos de inventario	13
<b>3.1</b>	Alcance y objetivo del estudio	13
<b>3.1.1</b>	Generalidades	13
<b>3.1.2</b>	Objetivos del inventario	13
<b>3.1.3</b>	Alcance	14
<b>3.1.3.1</b>	Procesos unitarios	14
<b>3.1.3.2</b>	Unidad declarada y sistema de productos	19
<b>3.1.3.3</b>	Límites de los sistemas	23
<b>3.1.3.4</b>	Reglas de corte	24
<b>3.1.3.5</b>	Diagramas de procesos	24
<b>3.1.3.6</b>	Procedimientos de asignación y recuperación	32

<b>3.2</b>	Análisis de inventarios de ciclo de vida	36
<b>3.2.1</b>	Tipos de datos, unidades y tecnologías	36
<b>3.2.1.1</b>	Tipos de datos	36
<b>3.2.1.2</b>	Unidades	36
<b>3.2.1.3</b>	Tecnología	36
<b>3.2.2</b>	Recopilación de datos de procesos unitarios	37
<b>3.2.2.1</b>	Jerarquía de las fuentes de información	37
<b>3.2.2.2</b>	Procesamiento de los datos	38
<b>3.2.2.3</b>	Representatividad de los datos genéricos y antigüedad	39
<b>3.2.2.4</b>	Agregación, promedios y confidencialidad de los datos	39
<b>3.2.3</b>	Comunicación y formato de datos	40
<b>3.2.3.1</b>	Transparencia y confiabilidad	40
<b>3.2.3.2</b>	Complejidad de los conjuntos de datos	41
<b>3.2.3.3</b>	Validación y consistencia de datos	41
<b>3.2.3.4</b>	Incertidumbre y verificación de calidad de datos	42
<b>3.2.3.5</b>	Análisis de sensibilidad	47
<b>3.2.3.6</b>	Revisión nacional de metodología de recolección de datos de inventario	48
<b>4</b>	Referencias	49
<b>5</b>	Resultados por categoría de producto	55
	Impactos prioritarios	55
<b>6</b>	Conclusiones y resumen de resultados	98

## 1 INTRODUCCIÓN

Este documento presenta la metodología para el desarrollo de Inventarios de Ciclo de Vida (ICV) de Materiales de Construcción en Chile para el Proyecto Ecobase Construcción, tomando como base a los documentos:

- Methodology guidelines for the Materials and Building Products Life Cycle Inventory Database” (Howards & Sharp, 2010);
- Global Guidance Principles for Life Cycle Assessment Databases (UNEP 2011);
- WorldSteel Association; Methodology Report (2011);
- International Reference Life Cycle Data System (ILCD) Handbook - General guide for Life Cycle Assessment
- Detailed guidance (European Commission, 2010).

Esta metodología cubre las categorías de productos de construcción abordadas por el proyecto, incluyendo madera, hormigón, yeso cartón, ladrillo y acero y busca ser extrapolable a otros materiales, permitiendo la recolección de información para el desarrollo de inventarios de Ciclo de Vida. Cubre desde el suministro de materias primas hasta el producto terminado, es decir, de la “cuna a la puerta”(cradle to gate).

Así también, el proyecto contará con el desarrollo de herramientas para calcular huellas ambientales (desde la cuna hasta sitio construcción), donde el usuario podrá ingresar datos propios o bien utilizar los modelos levantados en caso de que no cuente con toda la información necesaria, siendo el foco los puntos críticos de la cadena de valor.

## 2 CONTEXTO

Este documento es parte del proyecto ECOBASE Construcción (13BPC3-19204): “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”.

El proyecto ECOBASE Construcción implementará y promoverá una Plataforma Tecnológica, desarrollando una base de datos de información ambiental, bajo la metodología de Análisis de Ciclo de Vida, ACV, para los principales materiales seleccionados y empleados en construcción. Esto permitirá ayudar a las empresas a lo largo de la cadena de valor del sector de la construcción en la toma de decisiones e incorporación de atributos de sustentabilidad, permitiendo atender requerimientos presentes y futuros del mercado, así como fortalecer su competitividad. De este modo, un componente central del proyecto es desarrollar inventarios de ciclo de vida disponibles públicamente para materiales, productos y procesos comúnmente utilizados en el sector de la

construcción en Chile. Esto, debido a la importancia de apoyar esfuerzos desde el sector público y privado, de manera costo efectiva, para el adecuado desarrollo de Análisis de Ciclo de Vida (ACV) y herramientas para la toma de decisión basadas en ACV, tales como las ecoetiquetas.

Para el sector de la construcción nacional es importante el desarrollo de este tipo de proyectos, ya que, pese a su acelerado crecimiento en los últimos años, ha tenido un lento avance hacia la sustentabilidad y la captura de valor por mejores prácticas, debido principalmente a:

- La desarticulación en la cadena de producción.
- Exclusión de pequeñas empresas. Sólo las grandes empresas vinculadas a las etapas de diseño y construcción se benefician de la creación de valor por prácticas sustentables.
- Foco en prácticas puntuales tales como certificación LEED, Leadership in Energy & Environmental Design, y prácticas de eficiencia energética, que abarcan una fracción de los impactos generados por este mercado.
- La falta de incentivos para innovar que recibe el sector que actualmente no exporta y que por lo tanto no percibe la urgencia por incorporar prácticas de sustentabilidad.
- La falta de métodos uniformes de evaluación de sustentabilidad.
- Falta de sistemas de evaluación cuantitativos y sobre una base científica para la evaluación de la

sustentabilidad.

- La inexistencia de bases de datos locales, especialmente datos representativos para modelar el ciclo de vida de los productos.
- Falta de bases de datos del perfil ambiental de los materiales de construcción que sirvan a iniciativas nacionales.

Frente a estas problemáticas, la metodología de ACV resulta muy útil, siendo cuantificadas las potenciales cargas ambientales (incluyendo el uso de recursos e impactos asociados a emisiones a suelos, cuerpos de agua y atmósfera) afiliadas a la cadena de valor de un producto, desde la extracción de materias primas hasta generalmente el fin de la vida útil del producto (“de la cuna a la tumba”). Esta metodología permite poner en evidencia (o evaluar) la cadena de valor completa, en este caso, del sector de la construcción, desde las empresas de extracción de materias primas, manufactura de partes, productos, constructoras, hasta llegar a la demolición, permitiendo un modelo incluso donde las grandes empresas incentivan a los proveedores PYMEs dentro de su cadena de producción a capturar valor por las prácticas de sustentabilidad.

Mediante la metodología de ACV, este proyecto busca contribuir a la superación de las problemáticas mencionadas, entregando a la industria de la construcción una plataforma de información del desempeño de sustentabilidad ambiental de los principales materiales (hormigón, acero, madera,

ladrillos y planchas de yeso cartón), que permita apoyar la toma de decisiones de los diferentes procesos productivos para los distintos actores, tanto públicos como privados, a lo largo de la cadena de valor de la construcción permitiendo mejorar la sustentabilidad y competitividad de la industria.

## **2.1 OBJETIVOS DEL PROYECTO ECOBASE:**

### **Objetivo general:**

- Elaborar una Base de Datos Nacional de materiales de construcción que incorpore el Análisis de Ciclo de Vida como base de evaluación para los diferentes tipos de materiales de construcción seleccionados, a partir de información representativa proveniente de las principales empresas productoras del país en cuanto a volumen de producción, que permitan elaborar promedios nacionales de la industria chilena.

### **Objetivos específicos:**

- Desarrollar inventarios de ciclo de vida, contabilizando aspectos ambientales y uso de recursos de los materiales de construcción seleccionados, levantando promedios representativos de la industria nacional según los criterios de representatividad de este documento.
- Entregar inventarios de ciclo de vida de libre uso, que puedan ser utilizados posteriormente para el desarrollo de otras evaluaciones de ciclo de vida.
- Entregar, en la medida de lo posible, inventarios desagregados de los procesos unitarios, permitiendo la aplicación más amplia de los resultados. Esto se evaluará caso a caso equilibrando temas de transparencia, acceso a la información y confidencialidad de los datos.
- Presentar los resultados de manera simple y de fácil acceso, incluso para personas no expertas en ACV y temas relacionados.

## **2.2 ACERCA DE OTROS PROYECTOS RELACIONADOS**

### **Proyecto Ecobase Alimentos:**

Se encuentra actualmente en desarrollo de forma paralela y coordinada con Ecobase Alimentos, el cual comparte objetivos para el sector agro-alimentario exportador de Chile, desarrollándose 16 categorías de productos diferentes que se pueden agrupar dentro de frutas y vinos, carnes y lácteos y acuicultura.

Esto, en pos de un proyecto nacional que busca tener una gran plataforma coordinada de información para las industrias más relevantes de la economía chilena. Las diferentes industrias del país tienen interacciones y muchas veces son dependientes unas de otras, por lo que el contar con bases de datos coordinadas, estructuradas y

formateadas facilita el intercambio y permite mejorar la toma de decisión a nivel país, optimizando y haciendo eficiente el uso de recursos de manera más sustentable.

### Proyectos de inventarios de ciclo de vida

A nivel internacional, la falta de información de ciclo de vida de materiales de construcción ha sido enfrentada mediante el desarrollo de diversos proyectos para la generación de bases de datos o Inventarios de Ciclo de Vida, existiendo actualmente diversos ejemplos, para el sector de la construcción:

- BP LCI Database (Australia)
- US LCI Database (US)
- CPM LCA Database (Sweden)
- Canadian RawMaterialsDatabase (Canada)
- Thailand LCI Database (Thailand)
- Korea National Cleaner Production Center LCI Database (Korea )
- BRE Green Guide to Specifications and Environmental Profiles Project (UK)
- Swiss Centre for Life Cycle Inventories - Ecoinvent (Switzerland)

En el país, el proyecto ECOBASE se posiciona paralelamente a las iniciativas de ACV del cobre nacional.

Esto sitúa a Chile en una posición de liderazgo internacional en relación a evaluación ambiental, innovación, mejora continua, reconocimiento apropiado y justo del desempeño ambiental de los

productos.

### 2.3 ETAPAS DEL DESARROLLO DE LA METODOLOGÍA

El proceso metodológico consta de 3 etapas:

- 1• Desarrollo de metodología preliminar de recolección de datos de ICV. Además del documento guía, se elabora una plantilla de recolección de datos de ICV consistente con el marco metodológico desarrollado.
- 2• Consulta y revisión de metodología preliminar de recolección de datos ICV con el grupo de políticas de control y el grupo de trabajo técnico, garantizando su aceptación por parte de las empresas - actores clave del proyecto.
- 3• Revisión técnica de la metodología de recolección de datos de ICV. Expertos internacionales llevan a cabo una revisión final, validando su alineación con metodologías internacionales de ICV.

### 2.4 PROPIEDAD Y ADMINISTRACIÓN DEL PROYECTO ECOBASE

En el proyecto ECOBASE Construcción, tanto los documentos metodológicos como los inventarios de ciclo de vida desarrollados, constituyen un bien público, el cual será administrado por los organismos oferentes: Ministerio del Medio Ambiente, Cámara Chilena de la Construcción y el Instituto de la Construcción. Una vez concluida la ejecución del proyecto, estos organismos u otros que se determinen pertinentes, serán los encargados de mantener el

bien público a libre disposición, garantizando los siguientes aspectos:

- Los datos que se incluyan deben ser evaluados y revisados por una tercera parte competente,
- Los datos deben ser de fácil acceso y uso.

## **2.5 OTROS DOCUMENTOS RELACIONADOS: METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES Y PROTOCOLOS PARA EL USO DE LOS DATOS Y HERRAMIENTA DE ECOBASE CONSTRUCCIÓN**

La “Metodología de evaluación de impactos ambientales para Ecobase Construcción” determinará cuáles serán las categorías de impacto ambiental, así como el método de caracterización que se abordarán en el proyecto. Asimismo, serán definidas las categorías de impacto ambiental prioritarias para el proyecto.

Los protocolos para el uso de datos y herramientas presentarán de manera didáctica y clara a las empresas u otros interesados cómo utilizar la base de datos y las calculadoras, además de mejores prácticas en cómo interpretar los resultados y utilizarlos de manera correcta en sus estrategias de mejora y comunicación.



### **3 METODOLOGÍA DE RECOLECCIÓN DE DATOS DE INVENTARIO**

#### **3.1 ALCANCE Y OBJETIVO DEL ESTUDIO**

##### **3.1.1 GENERALIDADES**

Este documento es parte del proyecto ECOBASE Construcción (13BPC3-19204): “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”. El objetivo general del proyecto ECOBASE es implementar y promover una Plataforma Tecnológica, desarrollando una base de datos de información ambiental para una selección de los principales materiales empleados en construcción, bajo la metodología de ACV, y orientado a ampliar ésta a otros materiales en siguientes etapas. De este modo, un componente central del proyecto es desarrollar inventarios de ciclo de vida para materiales, productos y procesos comúnmente utilizados en el sector de la construcción en Chile, y hacerlos disponibles públicamente. Actualmente, existe información en bases de datos como Ecoinvent (datos principalmente de origen suizo o europeo), o de asociaciones gremiales como World Steel (2011), Portland Cement Association (2007) y Think Brick Australia (2010), entre otras, las cuales no representan necesariamente los procesos productivos a nivel nacional. Si bien varias empresas del rubro construcción han o están realizando estudios de ACV, estos generalmente no se encuentran disponibles para su uso público y pueden haber sido desarrolladas con distintos objetivos, metodologías o parámetros.

Mediante la herramienta de ACV, ECOBASE busca entregar a la industria de la construcción una plataforma de información del desempeño de sustentabilidad ambiental de los principales materiales (hormigón, acero, madera, ladrillos y planchas de yeso cartón).

Los lineamientos incluidos en esta metodología fueron validados por el Grupo de Políticas de Control (GPC) y Grupo de Trabajo Técnico (GTT) en reuniones realizadas durante el mes de octubre de 2013 y marzo de 2014, en concordancia con los objetivos generales del proyecto ECOBASE (Anexo 2: Equipo Técnico Ecobase).

##### **3.1.2 OBJETIVOS DEL INVENTARIO**

De acuerdo a los objetivos del Proyecto Ecobase (punto 2.1 del documento), los objetivos de la metodología descrita en este documento son los siguientes:

- Generar inventarios de ciclo de vida de los materiales de construcción de ECOBASE, representativos de la realidad productiva nacional actual, que pueden ser utilizados en ACVs funcionales “aguas abajo” de sistemas constructivos específicos, nuevos materiales de construcción e incluso de edificaciones.

- Generar inventarios de ciclo de vida que permitan establecer una línea base de los principales flujos ambientales de los materiales de construcción, a través de promedios nacionales de la industria.
- Levantar, en la medida de lo posible, inventarios desagregados de los procesos unitarios, permitiendo una aplicación más amplia de los resultados. Esto se evaluará caso a caso equilibrando temas de transparencia, acceso a la información y confidencialidad de los datos.

De esta manera, el público previsto son todos aquellos miembros del sector productivo de la construcción, incluyendo constructoras, mandantes (públicos o privados), proveedores de materiales y contratistas de especialidades que desean estudiar los impactos ambientales generados por su actividad; sin embargo, no corresponde ser utilizado en estudios consecuenciales (European Commission, 2010). En el futuro, sin embargo, el público previsto se extenderá también a otros sectores de la economía, ya que la construcción es un sector transversal.

### **3.1.3 ALCANCE**

#### **3.1.3.1 PROCESOS UNITARIOS**

Los procesos unitarios (elemento más pequeño considerado en el inventario del ciclo de vida para el cual se cuantifican datos de entrada y salida (ISO 14040)) deben ser relevantes, prácticos y apropiados al objetivo y alcance definido. En este caso, los procesos unitarios quedarán definidos en los diagramas de proceso de la sección 3.1.3.5, los que podrán estar sujetos a cambio una vez iniciado el proceso de recolección de información si así lo amerita. La elección de los procesos unitarios a inventariar dependerá de la naturaleza del producto evaluado, aspectos propios de la producción nacional y la calidad de datos que se pueda obtener.

Dentro de los procesos unitarios se incluye:

- Adquisición, almacenaje y transferencia de energía.
- Procesamiento de materias primas a productos intermedios y finales.
- Incineración con o sin recuperación de energía.
- Reciclaje y recuperación de materiales de residuos.
- Transporte de materiales, combustible y productos en todas las etapas.
- Procesos de control de la contaminación, incluyendo tratamiento de residuos.

**A continuación se describen los procesos unitarios secuenciales definidos por cada categoría de producto:**

### Yeso cartón

- **Minería de yeso:** Extracción desde cantera en yacimiento. Uso de explosivo y maquinaria excavadora. No incluye transporte hasta planta ni chancado. Producto intermedio: Yeso crudo, con usos alternativos.
- **Calcinación:** El yeso crudo (sulfato de calcio di-hidratado) es transportado de la mina a la planta y sometido a proceso de chancado y molienda. La calcinación consiste en el proceso fisicoquímico de descomposición térmica a alta temperatura del yeso donde pierde 1,5 moléculas de agua. Este proceso se realiza en hornos de gas natural. Producto intermedio: Estuco.
- **Formación de plancha:** El estuco es hidratado y se le agregan los aditivos necesarios tanto para modelar la plancha como para obtener las propiedades estructurales finales del material. En esta fase de modelación se agrega el papel en ambas caras de la plancha y se otorga el grosor específico a cada tipo de producto en un proceso continuo con maquinaria eléctrica. Finalmente, la plancha es secada en hornos de gas natural, dimensionada y empacada.

### Hormigón

- **Producción de áridos:** Comprende la extracción de material pétreo de distintos tamaños, el chancado, harneado, selección y acopio. Se habla entonces de árido tratado en contraposición al árido usado desde su estado natural. Los productos son grava, gravilla, y árido fino (arenas).
- **Producción de cemento:** El cemento se produce con la pulverización del clinker, más la adición de una o más formas de yeso y aditivos. Comprende la extracción de materias primas, homogeneización de materiales y dosificación, producción clinker a través de proceso de calcinación en horno, molienda de clinker y adición final de yeso.
- **Mezcla de hormigón:** Consiste en el proceso de mezcla y amasado del agua, grava, gravilla arena y cemento, en las proporciones específicas para cada producto.

### Acero

- **Coquificación:** Proceso de elaboración de coque a través de carbón. El carbón es molido y mezclado para lograr la consistencia deseada, luego se realiza un proceso de homogeneizado que ingresa a las tolvas de

baterías.

- **Alto horno:** Estructura de cápsula cilíndrica de acero. Por la parte superior del horno se cargan los minerales de hierro, caliza y coque, luego se inyecta aire precalentado lo que ayuda a la combustión de los minerales y produce el arrabio.
- **Clasificación y selección de la chatarra:** La chatarra ingresada a la planta se clasifica acorde a su tamaño, peso, composición química, densidad de material, grado de impurezas y procesos de descargas. Esta materia prima se subdivide en: (a) chatarra lista, (b) chatarra oxicorte y (c) chatarra prensa. Luego la chatarra es tomada por un electroimán el que, gracias a las propiedades magnéticas del hierro, la selecciona y traslada hasta la cesta, en un recipiente de acero.
- **Acería:** Proceso en el cual se puede generar acero líquido o arrabio, si en los procesos anteriores no se ha realizado. En esta etapa se inyecta oxígeno gaseoso, materiales fundentes y carburantes para fundir todos los elementos ingresados en este proceso. La escoria (residuo o co-producto) generada tiene la característica de ser más liviana, por lo que flota sobre el acero líquido. Una vez retirada las impurezas generadas y la escoria del arrabio se analiza el contenido de carbono y la composición química de la muestra.
- **Colada continua:** El arrabio se vierte en moldes abiertos refrigerados con agua y con una geometría determinada. En esta etapa se obtiene un producto semiterminado, llamado palanquilla. El material ingresa líquido al molde y sale en estado sólido.
- **Laminador de barras/rollos:** Proceso de deformación mecánica que le da la forma requerida a la palanquilla. Este proceso ocurre a temperaturas elevadas, y provoca un aumento en la capacidad de deformación.
- **Corte:** Por medio de maquinarias específicas se realiza el corte del material en caliente. Luego de esto, el producto pasa por un proceso de corte frío que efectúa las longitudes comerciales solicitadas.
- **Embalaje:** Los productos se amarran con zunchos de acero y se les agrega la etiqueta que indica las propiedades técnicas del material elaborado.

## Madera

- **Producción forestal:** Producción Forestal: El siguiente proceso, idéntico para cada producto, incluye todas las operaciones forestales hasta la cosecha de los troncos. Entre estas se encuentran el inicio de cultivo, incluyendo las semillas y uso de maquinarias para su plantación; preparación del suelo; cuidado, poda y mantenimiento del cultivo, incluyendo el uso de maquinarias; mantenimiento de los caminos; y cosecha, donde se asume el uso de maquinaria para estas labores

### **Estructural –Impregnada:**

- **Producción madera estructural:** El proceso incluye desde la selección de los troncos según su diámetro, donde luego pasan al proceso de descortezado. A continuación los troncos descortezados pasan a distintas fases de aserrío, donde obtienen las dimensiones del producto final. Luego, la madera es bañada en un preservante y posteriormente secada con vapor, donde obtiene una humedad entre el 15% - 18%, luego son clasificadas estructuralmente e impregnadas y luego un post secado o secado al aire. Finalmente el producto pasa a empaquetado. El proceso incluye todos los consumos eléctricos y de calor, incluyendo también la cogeneración de éstos a partir de la corteza, aserrín y astillas generadas durante el proceso. Se incluye el transporte de troncos desde los cultivos forestales

### **Tableros OSB (fibras):**

- **Producción tableros OSB:** El proceso incluye desde el transporte de la madera a la fábrica. Posteriormente esta es desfibrada y encolada con resina. A continuación, el producto es prensado en frío para consolidar las fibras y luego en caliente para el correcto fragüe de la resina. Finalmente es enfriado y dimensionado. El proceso incluye los consumos de materias primas, así como los consumos de electricidad y calor provenientes de la red y combustibles fósiles.
- **Tableros MDF:**
- **Producción tableros MDF:** El proceso incluye desde el transporte de la madera a la fábrica. Luego esta pasa por un proceso de desfibrado y encolado, donde se agrega la resina al producto. Posteriormente, se pasa a los procesos de prensado en frío y en caliente para el correcto fragüe de la resina. Finalmente el producto es enfriado y dimensionado según los requerimientos. El proceso incluye la producción de materias primas, consumo de electricidad y calor, proveniente tanto de la red eléctrica como de la co-generación a base de biomasa propia y externa.

### **Terciado – plywood**

- **Producción plywood:** El proceso incluye desde el transporte de la madera hasta las plantas de producción. Ahí son descortezadas y apiladas con riego. Posteriormente pasa por el proceso de macerado, donde la madera es rociada con agua caliente antes de pasar al debobinado de trozos para obtener un largo manto de chapa, la cual es guillotizada. El proceso sigue con el proceso de secado, clasificación y luego con el encolado con resina. Finalmente se pasa a la etapa de prensado en frío y en caliente para el correcto fragüe de la resina, al final de la línea de producción se dimensiona según las especificaciones requeridas para

posteriormente ser reparado, lijado y empaquetado. El proceso incluye los consumos de materias primas, así como los consumos de electricidad y calor, tanto proveniente de la red eléctrica como de la co-generación a partir de biomasa.

#### **Madera aglomerada (Particleboard):**

- **Producción madera aglomerada:** El proceso incluye desde el transporte de virutas a la fábrica, las cuales luego son encoladas con resina. Posteriormente, el producto es prensado en frío y luego en caliente para el correcto fragüe de la resina. Finalmente el producto es enfriado y dimensionado según los requerimientos. El proceso incluye la producción de materias primas, consumo de electricidad y calor, proveniente tanto de la red eléctrica como de la co-generación a base de biomasa propia y externa.
- **Empaquetado:** El proceso de empaquetado, de cada producto, se realiza generalmente con zunchos, tacos y envuelto en algunas oportunidades con plástico y/o cartón.

#### **Ladrillos**

- **Extracción y maduración de arcilla:** El proceso incluye la extracción de arcilla del suelo de la cantera y maduración de ésta.
- **Producción ladrillo:** El proceso incluye desde el pre-procesamiento de arcilla (tritución, homogenización y mezclado) hasta la cocción de los ladrillos, pasando por elaboración, moldeado de los ladrillos y secado. No se incluye el transporte de la arcilla ya que las canteras se encuentran a escasos metros de las fábricas. Se incluye el consumo de materias primas, electricidad y calor para el moldeado y secado.
- **Empaquetado:** El proceso incluye el empaquetado con cintas plásticas y/o de metal, para ser almacenado y posteriormente trasladado en pallets.

### 3.1.3.2 UNIDAD DECLARADA Y SISTEMA DE PRODUCTOS

El estudio abordará 15 sistemas de productos los que fueron definidos en las mesas de trabajo del GPC. Corresponden a materiales con aplicaciones variadas e inespecíficas dentro de la construcción, por lo tanto no quedan definidos por un desempeño o funcionalidad determinada. En estos casos, la definición de la unidad funcional queda establecida por el nombre detallado del material que permita identificarlo como flujo de referencia, más otra información que especifica sus características relevantes, y puede denominarse unidad declarada (European Commission, 2010).

Los sistemas de producto en estudio se agrupan en 5 categorías de producto:

- Hormigón
- Acero
- Madera
- Ladrillos
- Yeso cartón
- 

El detalle de cada uno de los 15 sistemas se presenta en la Tabla 1

**Tabla 1.** Definición de las unidades funcionales del estudio, como unidades declaradas y flujo de referencia.

N°	UNIDAD DECLARADA	DESCRIPCIÓN
<b>Yeso cartón</b>		
1	<b>Plancha yeso cartón estándar</b>	Las placas de yeso cartón tienen un núcleo de yeso y revestimiento de cartón. Estas permiten fabricar tabiques, cielos rasos y revestimientos interiores en múltiples sistemas de construcción en seco, protegidos de la intemperie.
2	<b>Plancha yeso cartón RF (resistencia al fuego)</b>	La plancha de yeso cartón RF es una plancha compuesta por un núcleo de yeso, aditivos especiales y fibra de vidrio, revestida en ambas caras por un cartón de alta resistencia. Se utilizan en aplicaciones con resistencia al fuego como protección de estructuras metálicas, vigas y pilares.

N°	UNIDAD DECLARADA	DESCRIPCIÓN
3	<b>Plancha yeso cartón RH</b>  <b>(resistencia a la humedad)</b>	Planchas en cuya formulación se incorporan aditivos impermeabilizantes que le confieren mayor resistencia a la humedad. Pueden ser utilizadas como base de revestimientos cerámicos, vinílicos o cualquier otro tipo de material impermeable, principalmente en tabiques y revestimientos de baños y cocinas donde la humedad no sea permanente.
		<i>Referencias: Sitio web Romeral <a href="http://www.romeral.cl">www.romeral.cl</a>; Sitio web Volcan <a href="http://www.volcan.cl">www.volcan.cl</a></i>
<b>Hormigón</b>		
4	<b>Cemento</b>	Es un material pulverizado en base a yeso que por adición de una cantidad conveniente de agua forma una pasta conglomerante capaz de endurecer tanto bajo agua como en el aire. Esta categoría engloba los principales tipos de cemento producidos a nivel nacional (tipo portland, puzolánico, otros). (ref. NCh148).
5	<b>Hormigón premezclado H30</b> <b>(según resistencia)</b>	Material que resulta de la mezcla de agua, arena, grava, cemento, eventualmente aditivos y adiciones, en proporciones adecuadas que, al fraguar y endurecer, adquiere resistencia (ref. NCh170).  El hormigón H30 es un tipo de hormigón que presenta una resistencia a la compresión, bajo pruebas estándares (NCh1017 y NCh1037), de 30 MPa.
6	<b>Hormigón premezclado H40</b>	El hormigón H40 en cambio presenta una resistencia a la compresión de 40 MPa bajo las mismas condiciones del H30 (ref. NCh170)
7	<b>Mortero</b>	Mezcla constituida por cemento, arena y eventualmente otro material conglomerante que con adición de agua reacciona y adquiere resistencia. También puede tener algún otro producto para mejorar sus propiedades siempre que cumpla los requisitos según su uso. Se consideran morteros para todo uso. (ref. NCh2256/1)
		<i>Referencias: NCh2256/1; NCh170; NCh1017 , NCh1037 y NCh148</i>

N°	UNIDAD DECLARADA	DESCRIPCIÓN
<b>Acero</b>		
8	<b>Barras para refuerzo de hormigón</b>	Las barras de refuerzo se usan en la confección de armaduras de cualquier elemento de hormigón armado, ya sea vaciado en obra o pre-moldeado. Algunos ejemplos de aplicaciones son: losas, muros de contención, edificios, represas, industrias, entre otros.
9	<b>Perfiles acero laminado</b>	Los perfiles laminados son utilizados para distintas aplicaciones como: estructuras de cerrajería, estructuras metálicas livianas y pesadas, mordazas y prensas para cables. Ejemplos: Mallas, pletinas, torres de alta tensión, elementos estructurales articulados en uso arquitectónico, rejas, muebles, entre otros.
<i>Referencias: <a href="http://www.armacero.cl/prod_barras.php">http://www.armacero.cl/prod_barras.php</a> ; Sitio web Gerdau; <a href="http://www.gerdau.cl">www.gerdau.cl</a></i>		
<b>Ladrillos</b>		
10	<b>Ladrillo estructural</b>	Los ladrillos estructurales cumplen con la norma chilena NCh 1928 Of. 93 y NCh2123. Of 97 siendo diseñados para ser utilizados en albañilería armada y confinada. También puede ser usado en albañilerías no estructurales y tabiquerías de interior. Ladrillo con dimensiones de 29cm de largo, 14cm de ancho y 7,1cm de alto, pesando entre 2,5 y 3kg.
<i>Referencia: Sitio web cerámicas Santiago <a href="http://www.ceramicasantiago.cl">www.ceramicasantiago.cl</a>; Sitio web Princesa <a href="http://www.princesa.cl">www.princesa.cl</a></i>		
<b>Madera</b>		
11	<b>Estructural –Impregnada</b>	Madera estructural utilizada en la construcción de viviendas, en todo lo que concierne a su estructural principal (pies derecho), vigas de piso y a la vista, pilares, escaleras y estructura en general. Los valores de resistencia están dados por la Norma Chilena 1198. Dependiendo de las utilización existen distintas opciones de espesor, ancho y largo, pudiendo llegar a luces de hasta 4.88mts. Las vigas son cepilladas en las cuatro caras y el contenido de humedad promedio es de un 15%. El preservante utilizado para la impregnación desde estar inscrito en la Norma Chilena 819 y con registro SAG que permita su producción, comercialización, producción y transporte.

N°	UNIDAD DECLARADA	DESCRIPCIÓN
12	<b>Tableros OSB (fibras)</b>	Tableros estructurales elaborados de hojuelas de madera rectangulares, laminado y prensado con resinas fenólicas para otorgar una cara texturizada antideslizante. Puede ser usado en techumbres, muros, tableros, bases, pisos, entre otros.
13	<b>Tableros MDF</b>	Tablero de fibras de madera de pino radiata unidas por adhesivos urea-formaldehidos. Pueden ser usados para diversas aplicaciones dentro de la fabricación de muebles, siendo comercializados en diversos formatos de anchos, largo y espesor según los potenciales uso. Poseen una humedad promedio de entre 5% y 11%
14	<b>Terciado – plywood</b>	Tableros fabricados con chapas de madera, pegadas una sobre la otra en forma perpendicular, siempre en cantidades impares, utilizando adhesivo fenolformaldehido, para luego ser prensadas en frio y luego en caliente. Las calidades de los tableros son fabricadas para ser utilizadas en estructuras, moldajes, mueblerías y revestimientos. Las dimensiones de estos terciados son estándar en 1.22m x 2.44m y los espesores pueden ser de 6.5, 9, 12, 15, 18, 21 hasta 25mm.
15	<b>Madera aglomerada (Particleboard)</b>	Tableros fabricados a partir de chips de madera, virutas o inclusive aserrín y resinas sintéticas. Estos pueden ser utilizados en la fabricación de muebles, recubrimientos o puerto, los que pueden ser recubiertos con melanina para otorgar diversas terminaciones y usabilidad. Estos pueden ser comercializados en diversos formatos de ancho, largo y grosor según su uso final.
		<i>Referencias: Adaptados de sitio web Masisa <a href="http://www.masisa.cl">www.masisa.cl</a>; sitio web Arauco <a href="http://www.arauco.cl">www.arauco.cl</a>; <a href="http://www.msd.cl">www.msd.cl</a></i>

### 3.1.3.3 LÍMITES DE LOS SISTEMAS

Los límites del sistema son el conjunto de criterios que especifican cuáles son los procesos unitarios que forman parte de un sistema de producto. Definir esto es vital para precisar la contabilidad de entradas y salidas desde éste. La naturaleza modular del ACV permite revisar y ajustar los límites del sistema de manera que se puedan realizar estudios futuros más complejos sin traslapar o duplicar la contabilización de los impactos ambientales. El proyecto ECOBASE Construcción considera el desarrollo de inventarios de la “cuna a la puerta”, como se muestra en la figura 1. Es decir, el inventario de todas las entradas y salidas hasta sus flujos elementales, finalizando con los productos terminados y las emisiones en planta. Entre las entradas se contabilizan los combustibles, energía eléctrica, agua y materias primas y sus flujos de producción aguas arriba. Además se incluye el transporte intermedio, por ejemplo desde el productor de materia prima a la planta de producción. En cuanto a las salidas de los procesos unitarios, serán parte del inventario las emisiones relevantes al aire, suelo y agua del proceso, así como los productos y co-productos, así como también los residuos.

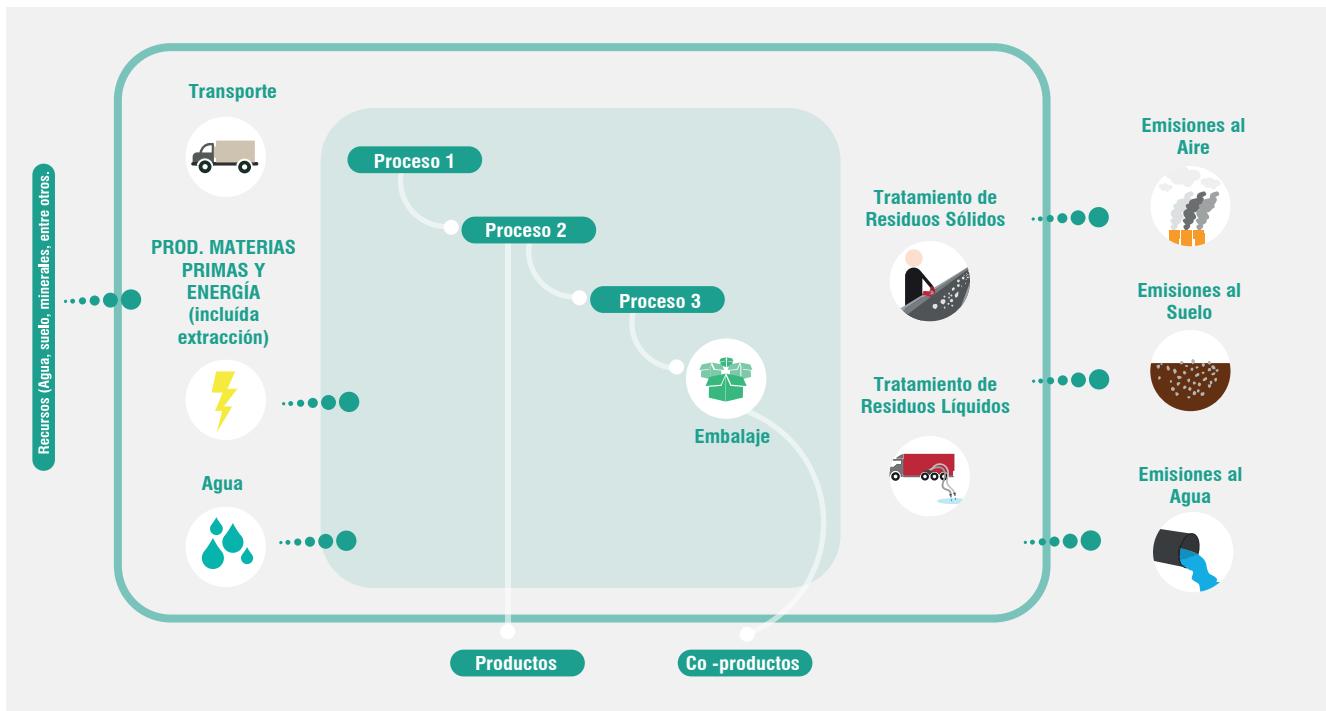


Figura 1: Límites del sistema y subsistemas incluidos.

— Límite del Análisis de Ciclo de Vida

### 3.1.3.4 REGLAS DE CORTE

Los conjuntos de datos serán tan completos como lo permita el conocimiento de las fuentes de información. En principio, todas las entradas y salidas posibles serán registradas, sin embargo y con el propósito de priorizar esfuerzos, se aplicarán los siguientes criterios:

1. Las entradas que se evalúen tendrán una contribución significativa (más del 1% del impacto normalizado en las categorías de impacto prioritarias, las cuales son definidas en el documento de Metodología de evaluación de impactos ambientales para Ecobase Construcción) con respecto a los impactos ambientales de ciclo de vida completo por unidad declarada, se realizarán esfuerzos por recolectarse con la mejor calidad de datos disponible según la jerarquía de información.
2. En caso contrario, se podrán incorporar por medio de estimaciones conservadoras.
3. Cuando una sola fuente de uso de energía, agua o emisiones represente más del 50% del total probable del inventario de ciclo de vida por unidad funcional, la regla de umbral anterior (inclusión de por lo menos 95%) se aplicará a lo que queda del inventario de ciclo de vida.

Quedarán dentro del límite del sistema todas las entradas y salidas que son de responsabilidad del productor, pero se excluirán aquellas que no sean atribuibles a las decisiones de éste cuando se traspasan elementos entre eslabones de la cadena productiva. Por ejemplo, el procesamiento de residuos debe ser asignado a quien los genera. Éste deberá ser definido de manera inequívoca con un diagrama consolidado para mostrar que procesos se incluyen o excluyen.

Finalmente quedan fuera de este estudio todos los aspectos corporativos, tal como los viajes del personal, indumentaria, materiales de oficina, y de infraestructura.

### 3.1.3.5 DIAGRAMAS DE PROCESOS

Los siguientes diagramas representan los procesos genéricos abarcados en el estudio que fueron validados en las reuniones del Equipo Técnico con las empresas participantes. Estos diagramas son ilustrativos en tanto el detalle de cada tecnología sólo puede ser debidamente descrito a partir de la información recopilada en el trabajo directo con las empresas que efectivamente participaron en el proyecto.

2 La “pedigree matrix” y sus factores de incertidumbre han sido extraídos de Weidema PB et al., Overview and methodology – Data quality guidelines for ecoinvent database versión 3 (final). 2013

## e) Yeso Cartón

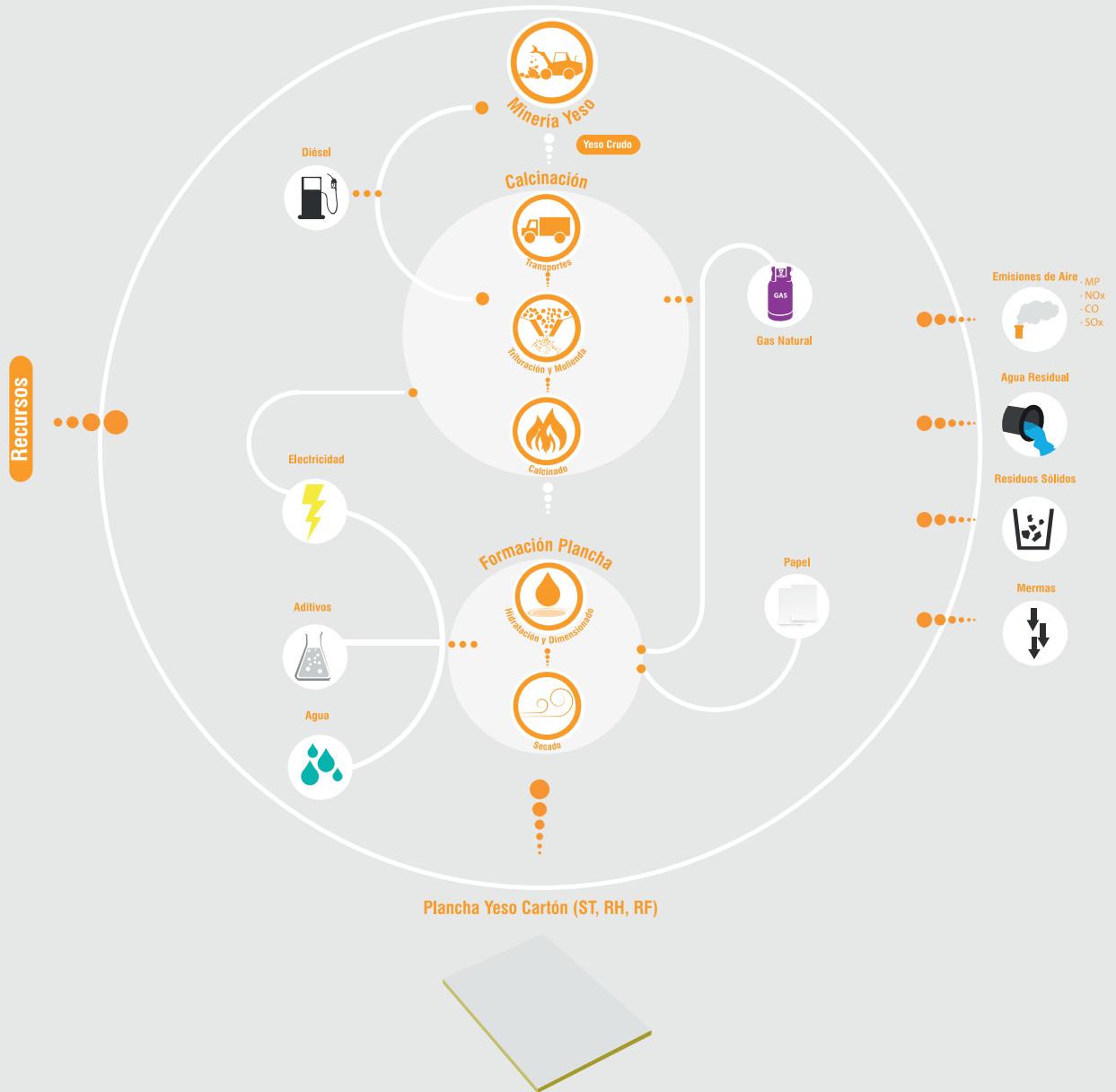


Figura 1: Diagrama de procesos productos yeso cartón. Adaptado de Gypsum Association (2013). Sitios web de Knauf, Volcán y Romeral

a) Hormigón • i) Cemento Nacional

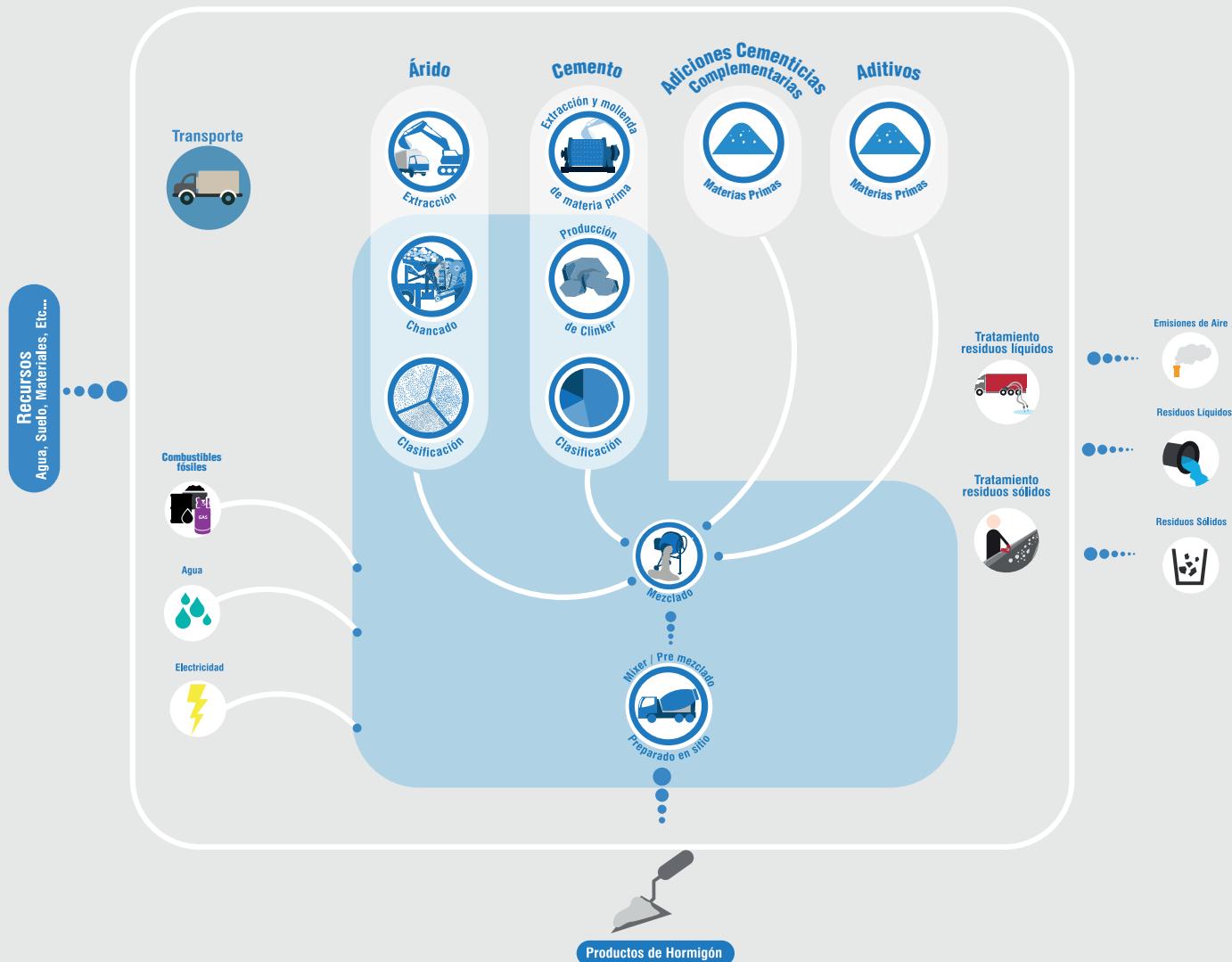


Figura 2: Diagrama de procesos Hormigón - Cemento nacional. Adaptado y Howards & Sharp (2010); Concrete PCR, del carbón Leadership Fórum (2002); Portland Cement Association (2002); Información de procesos obtenida desde las empresas.

## ii) Cemento Importado:

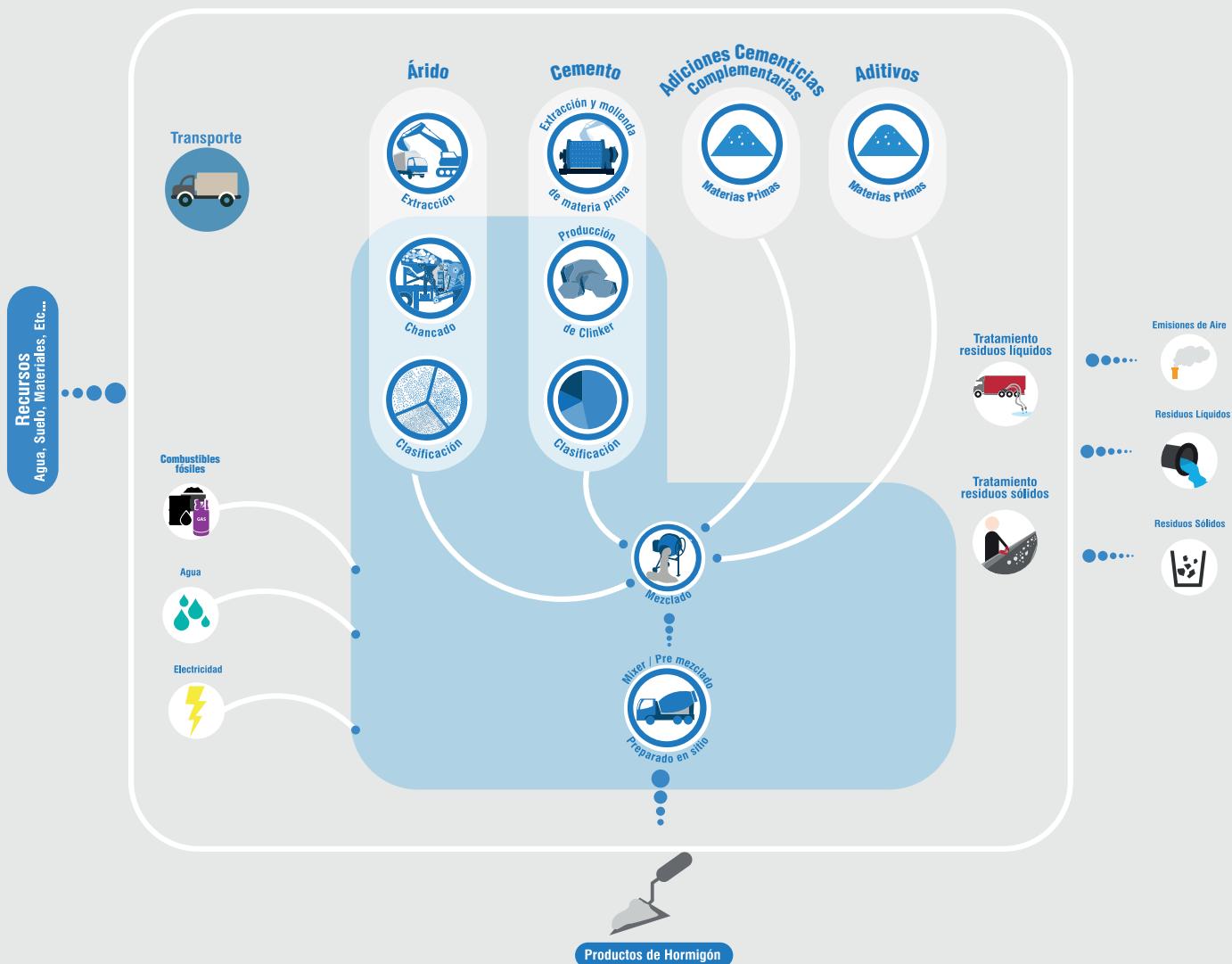


Figura 3: Diagrama de procesos Hormigón - Cemento Importado. Adaptado y Howards & Sharp (2010); Concrete PCR, del carbon leadership fórum (2002), Portland Cement Association (2002), Información de procesos obtenida desde las empresas.

## b) Acero • i) A partir de mineral de hierro

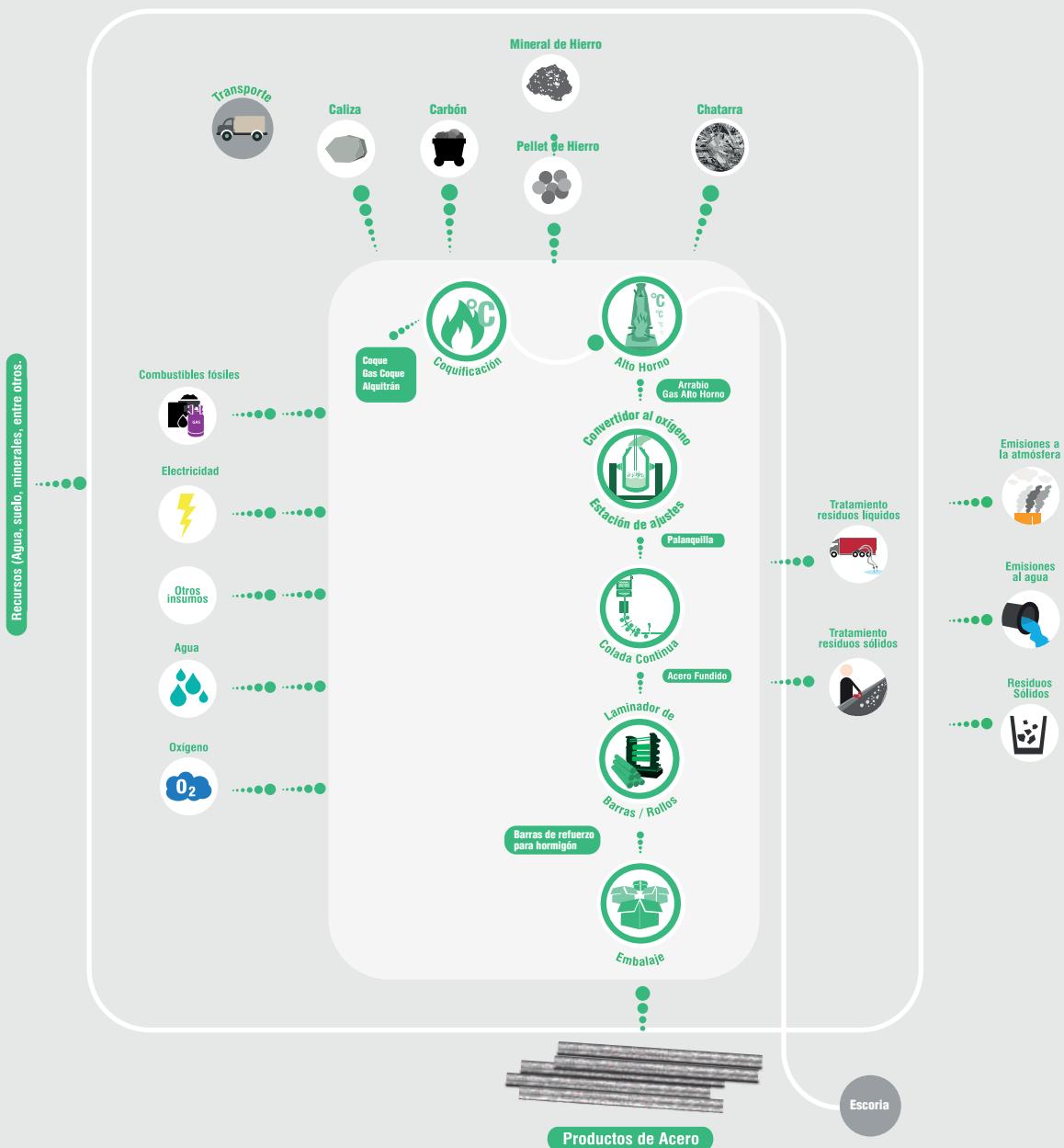


Figura 4: Diagrama de procesos de los productos de acero a partir de mineral de hierro. Adaptado de Información de los procesos de CAP y Gerdaul, entregados por las propias compañías; Word steel LCI methodology (2011), y Howards & Sharp (2010).

## ii) A partir de chatarra de acero

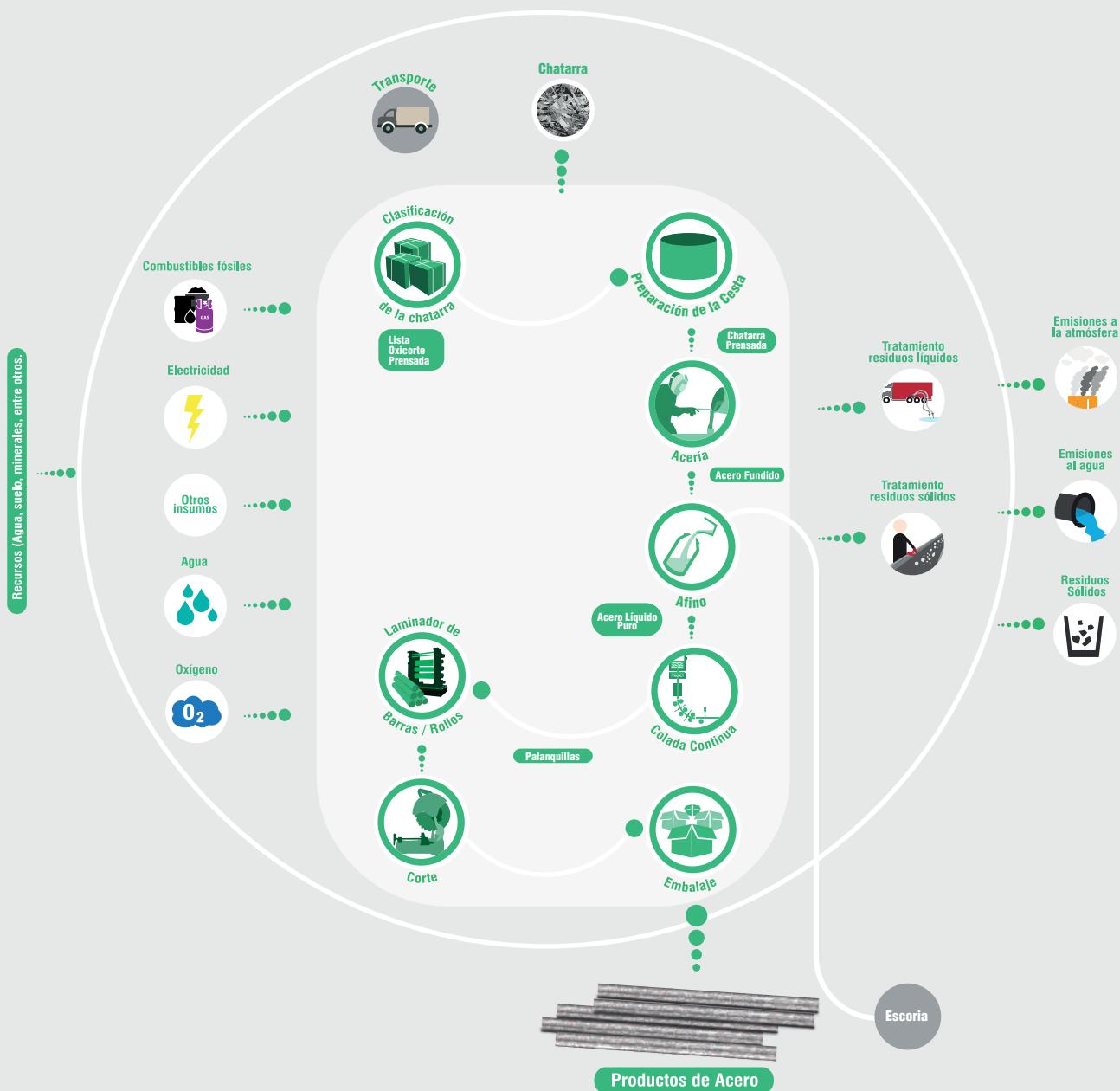


Figura 5: Diagrama de procesos productos de acero a partir de chatarra reciclada. Adaptado de Información de los procesos de CAP y Gerdau, entregados por las propias compañías; Word steel LCI methodology (2011), y Howards & Sharp (2010).

## c) Madera

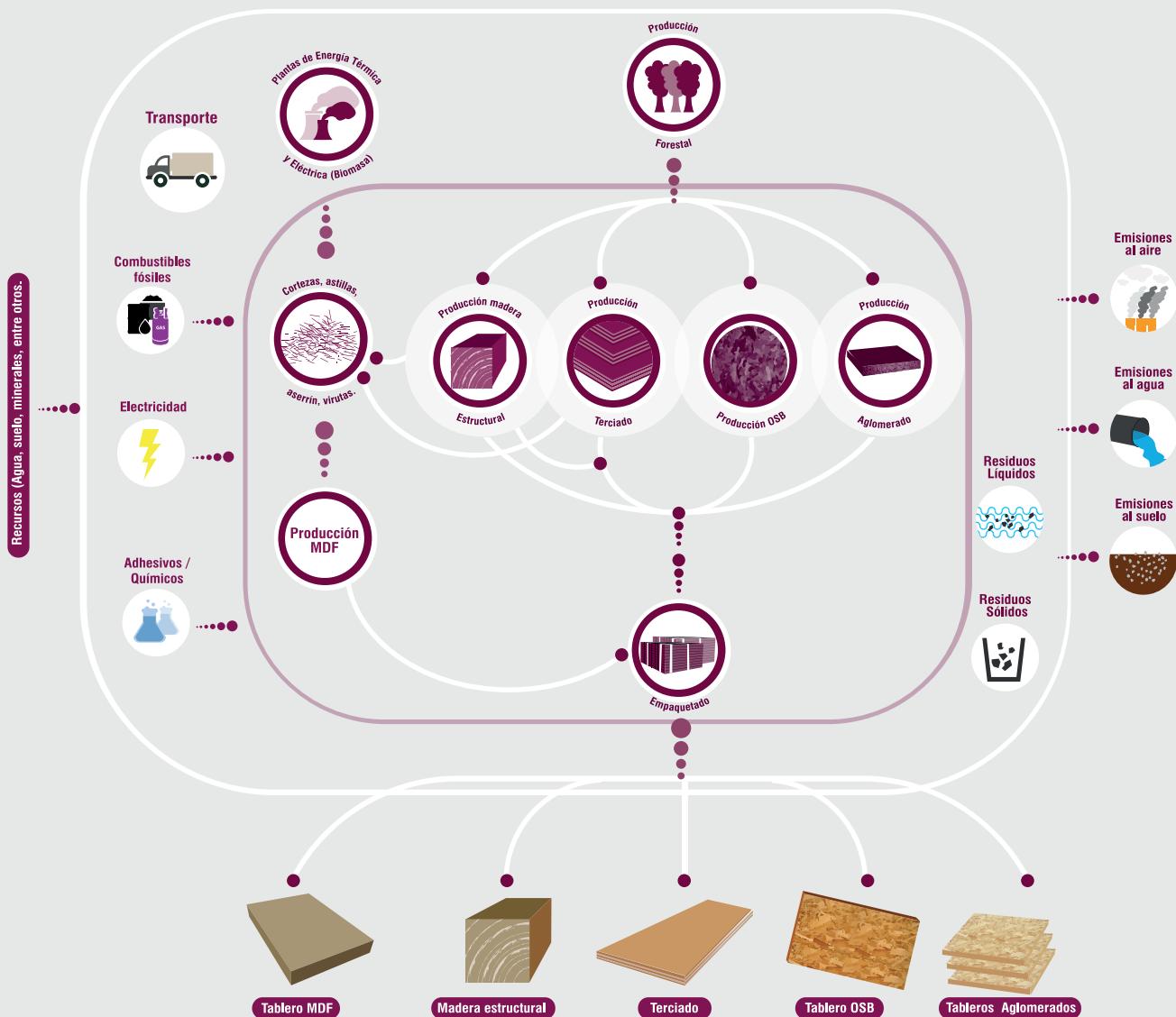


Figura 6: Diagrama de procesos productos de madera.: Adaptado a partir de procesos descritos en las mesas de trabajo con las empresas participantes en el proyecto; y Howards & Sharp (2010).

## d) Ladrillos

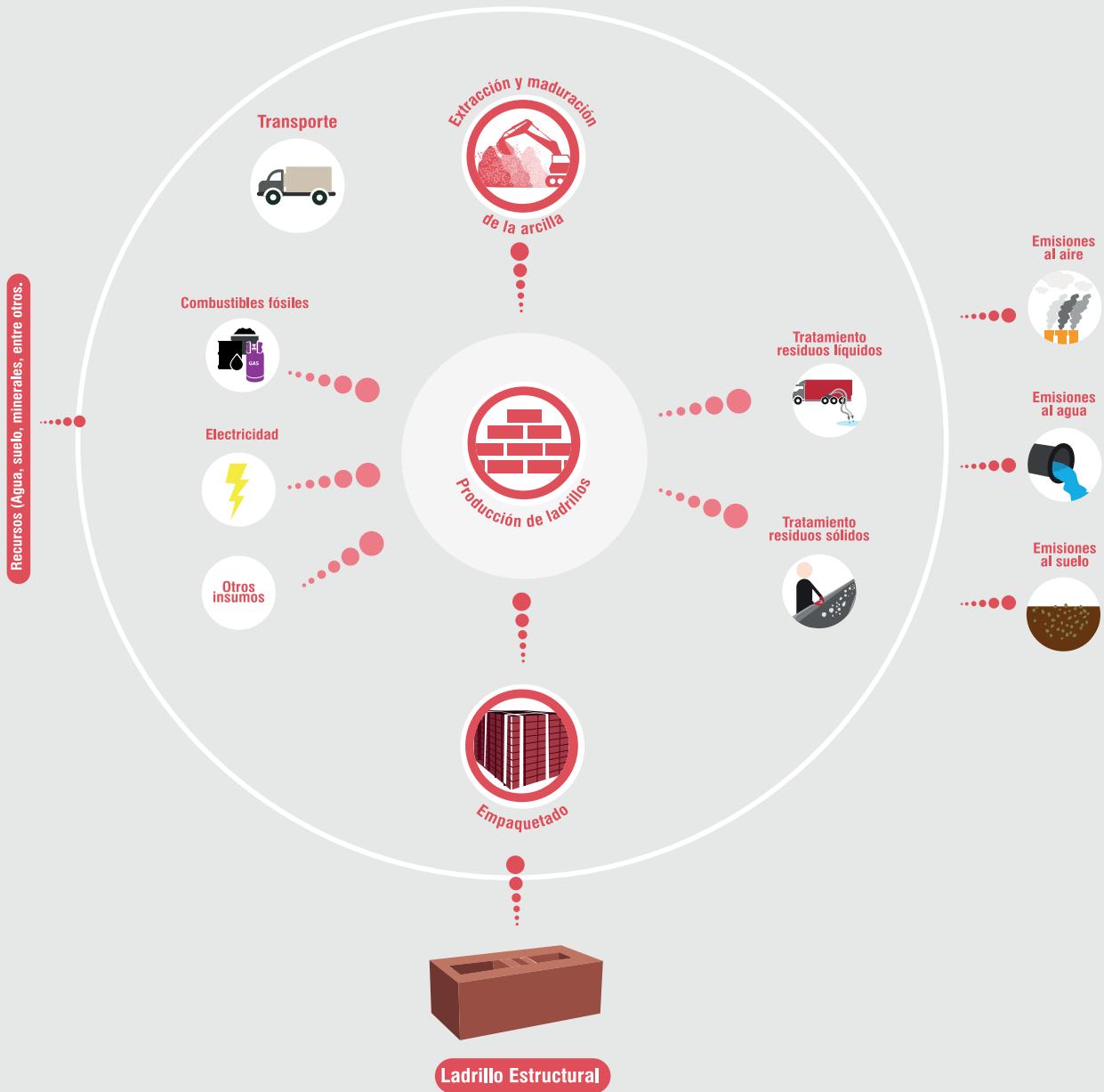


Figura 7: Diagrama de procesos ladrillo estructural. Adaptado de Cerámicas Santiago; LCA of Brick Products Life Cycle Assessment (2010)

### 3.1.3.6 PROCEDIMIENTOS DE ASIGNACIÓN Y RECUPERACIÓN

Cuando un proceso unitario genera un único producto, éste asume una carga de inventario de acuerdo al flujo de referencia definido (p.e. litros de agua consumido por kg de producto producido). Sin embargo, cada proceso unitario puede tener más salidas de productos con valor que pasan a denominarse co-productos. Por ejemplo, la escoria generada en el proceso de fundición del acero tiene valor comercial, por lo tanto es un co-producto. En estos casos, es necesario asignar los flujos inventariados en esa unidad de proceso entre el producto principal y los co-productos de salida. Esto se conoce como “regla o procedimiento de asignación”.

Según la ISO 14044, la asignación se debería evitar siempre cuando sea posible:

a. Dividiendo el proceso unitario a asignar, en dos o más subprocesos y recopilando datos de entrada y salida relacionados con este subproceso.

b. Ampliando el sistema de producto para incluir las funciones adicionales relacionadas con los co-productos. No obstante, cuando no sea posible en este estudio, el GPC acordó aplicar el procedimiento de asignación económico o asignación por valor. Esta decisión se toma debido al tipo de procesos del estudio, donde:

a. No es posible separar procesos que generan cada co-producto

b. Los co-productos no tienen procesos primarios o alternativos de producción (p.e. aserrín, escoria), que permitan una expansión del sistema asignando créditos por cargas evitadas en la producción del co-producto.

c. La asignación por masa es inadecuada dado el gran volumen de co-productos que pueden ser generados, los que asumirían grandes proporciones de las cargas del producto principal que es el que moviliza el proceso.

Para aplicar la regla de asignación económica, es necesario ponderar la masa/volumen producido de cada co-producto por su valor de venta (correspondiente al precio promedio de, por ejemplo, los últimos 10 años). De esta manera, el producto de mayor valor asume la mayor carga del inventario de su unidad de proceso correspondiente. Una vez realizada la asignación, se podrá realizar un análisis de sensibilidad con y sin asignación.

#### Ejemplo 1: Cálculo de asignación económica

**En la producción de acero el proceso del Alto Horno, cuya función principal es transformar el hierro en arrabio, genera una escoria que también tiene valor de mercado.**

**Supongamos que por cada tonelada de arrabio se**

**generan 400 kg de escoria. En un mes se producen 50 toneladas de arrabio y 20 toneladas de escoria. Supongamos que el arrabio tiene un valor de mercado de \$2.000 por tonelada y que la escoria, que es un residuo valorizado, tiene un valor de**

**\$100 por tonelada. Entonces, el proceso de alto horno genera un valor total mensual de:**

$$50 * \$2.000 + 20 * \$100 = \$100.000 + \$2.000 = \$102.000$$

**Luego, desde el punto de vista económico ¿qué porcentaje representa cada uno?**

**Para el arrabio calculamos**

$$\$100.000 / \$102.000 * 100 = 98\%$$

**Para la escoria en cambio:**

$$\$2.000 / \$102.000 * 100 = 2\%$$

**Con estos porcentajes se puede ahora asignar los flujos de inventario de ciclo de vida del alto horno a cada producto, siguiendo los porcentajes calculados anteriormente.**

**Por ejemplo, supongamos que el alto horno genera emisiones de CO<sub>2</sub> estimadas en 50 kg al mes. Luego se asigna a cada elemento de salida la cantidad de CO<sub>2</sub> en los porcentajes anteriores.**

**Es decir al arrabio se le asigna : 98% \* 50 kg = 49 kg CO<sub>2</sub>**

**y a la escoria: 2% \* 50 kg = 1 kg CO<sub>2</sub>**

La asignación en procesos de recuperación sólo es un problema cuando el proceso de recuperación cruza los límites del sistema. Los materiales recuperados usados dentro las instalaciones de producción no tienen que ser asignados al estar dentro de los límites del sistema que pertenecen. Los límites del sistema pueden, por lo tanto, ser expandidos para asegurar que el proceso de recuperación esté dentro de los límites.

La expansión de los límites del

sistema también puede ser usada para eliminar los desechos de fabricación, donde restos u otro material chatarra son devueltos desde una etapa de fabricación aguas abajo, siempre que los límites del sistema expandido no se violen por cualquier etapa de ciclo abierto en el reciclaje o en la reutilización. Un ejemplo de un sistema de ciclo cerrado es: un productor de acero elabora productos de acero laminados, los cuales son transformados a productos más complejos que generan restos y

desechos de procesamiento, los que son devueltos a la industria de acero para fundición y laminado. Un sistema de ciclo cerrado que puede ser abarcado dentro de un sólo límite eliminará el residuo reciclado como co-producto de la etapa de fabricación (Howard & Sharpe, 2010).

Por otro lado, materiales o productos primarios que son reciclables o reutilizables proporcionan dos servicios: primero, como material o producto de inmediato uso, y segundo, como material chatarra

que tiene una utilidad remanente en virtud de sus propiedades reciclables o reutilizables. Asimismo, los materiales primarios, de los cuales puede derivar combustible al final del ciclo de vida, también pueden proporcionar dos servicios: como material y como fuente de combustible. En cualquiera de los dos casos, los impactos de la producción primaria deberían ser compartido entre el uso inicial y el/

los uso(s) posterior(es).

El efecto de esta asignación es la reducción de los impactos del proceso al producto primario debido a su valor futuro, por su potencial de reciclaje, reutilización o combustible. Este descuento de la producción primaria es luego transferido y llevado por el material de desecho. En algunos casos, el material desechado puede ser reciclado un mayor número de

veces, por lo que la repartición de las cargas de la producción primaria debe ser compartida entre la cantidad de veces que el material vaya a ser reciclado o reutilizado. Cuando hay un sólo uso posterior (como en el caso del desecho usado como combustible) la cantidad de veces será sólo una.

## Ejemplo 2: Asignación para acero reciclado.

**Producción de un 1kg de acero virgen, dada las tasas actuales de reciclado (r), da una disponibilidad promedio de  $1/(1-r) - 1$  kg de acero reciclado. Asumiendo, por ejemplo, un 60% de acero reciclado a nivel nacional, esto corresponde a:**

- 1 kg de acero virgen producido
- 1er ciclo reciclado 0,6kg recuperado y usado
- 2° ciclo reciclado 0,36kg recuperado y usado
- 3er ciclo reciclado 0,216kg recuperado y usado
- 4° ciclo reciclado 0,130kg recuperado y usado
- 5° ciclo reciclado 0,078kg recuperado y usado
- ...

Usando la fórmula anterior, el monto de desecho disponible a partir de la producción virgen converge a un total de 1,5kg. Además, asumiendo \$300/kg por el acero virgen y \$100/kg por el acero reciclado (chatarra), el valor del ciclo de vida del desecho procedente de la producción de 1kg de acero virgen es

**1,5kg x \$100/kg = \$150. Consecuentemente, la asignación del impacto asociado a la producción de acero virgen es:**

- **acero virgen:  $\$300/(\$300 + \$150) = 66,7\%$**
- **acero reciclado:  $\$150/(\$300 + \$150) = 33,3\%$**

**En otras palabras, 66,7% del impacto va a acero primario (1kg) y 33,3% a los 1,5kg de acero desechado que es utilizado en la economía, p.e. reciclado a nuevos productos de acero, como resultado de esta producción primaria basada en las tasas de reciclaje actuales.**

## **3.2 ANALISIS DE INVENTARIOS DE CICLO DE VIDA**

### **3.2.1 TIPOS DE DATOS, UNIDADES Y TECNOLOGÍAS**

#### **3.2.1.1 TIPOS DE DATOS**

Existen numerosos tipos de datos que pueden ser incorporados en un inventario de ciclo de vida, los que se pueden separar en:

- Datos primarios: Son aquellos obtenidos a través de la información proporcionada por la empresa, a partir de entrevistas, cuestionarios, mediciones o cálculos directos
- Los datos secundarios son aquellos que provienen de:
  - bases de datos internacionales (ej. Ecoinvent),
  - fuentes bibliográficas,
  - otros estudios de inventarios, o
  - permisos ambientales y estadísticas gubernamentales.

Todos los datos deben ser identificados como parte de un procedimiento de documentación de datos permitiendo su verificación.

Cabe señalar que se privilegiarán los datos primarios. Sin embargo, si la empresa no cuenta con datos de algunos procesos unitarios, estos serán calculados o estimados en base de información secundaria nacional o internacional, de acuerdo a jerarquía de fuentes de información mencionada en el punto 3.2.2.1.

#### **3.2.1.2 UNIDADES**

Todos los datos físicos deben estar presentados en unidades métricas (SI). Cualquier dato económico utilizado para la asignación debe ser presentado en pesos chilenos junto con la fecha y período sobre el cual está siendo promediado.

#### **3.2.1.3 TECNOLOGÍA**

El objetivo del estudio es levantar datos promedios de la industria para un rango de tecnologías actualmente en uso para unidades de proceso específicas. Si más de una tecnología está siendo utilizada en una industria, los datos se deben recolectar y reportar por separado para cada tecnología, junto con la proporción del mercado atendido por dicha tecnología. Ejemplos de esto son, electricidad de diferente origen, acero proveniente de arco eléctrico y altos hornos, producción de Clinker de cemento de proceso seco o húmedo. Los resultados finales de inventario se pueden agregar luego para producir valores promedio ponderados. Este punto es desarrollado

La calidad de datos sigue la jerarquía de fuentes de información dada por Pedigree matrix, explicada en la sección 3.2.3.4

en más detalle en la sección 3.2.2.4 sobre agregación, promedios y confidencialidad de los datos.

### **3.2.2 RECOPIACIÓN DE DATOS DE PROCESOS UNITARIOS**

Los procesos industriales y de manufactura pueden ser descritos en distintos niveles de complejidad y detalle. De acuerdo a la norma ISO 14044, un proceso unitario se define como el “elemento más pequeño considerado en el análisis del inventario del ciclo de vida para el cual se cuantifican datos de entrada y salida”. El modelo de una cadena de producción completa generalmente contendrá datos para unidades de proceso en varias escalas físicas. Si los límites del sistema se mantienen intactos y todos los flujos que traspasan el límite están correctamente contabilizados, entonces se podrán evaluar de manera consistente y apropiada una amplia variedad de escalas de procesos (Howard & Sharpe, 2010).

El objetivo de esta fase es obtener datos para procesos unitarios de los distintos productos estudiados que representen las diversas realidades (tecnologías de producción, materias primas, etc.) de la industria de la construcción. Con este fin, se trabajará bajo el principio de recolectar la mejor información disponible, priorizando completitud de los sistemas estudiados.

Para lograr esto, el proceso de recopilación de datos para los ICV se realizará siguiendo los pasos que se describen a continuación:

1. Designación por parte de la dirección del

proyecto de un responsable dentro del equipo de trabajo para cada ICV de los productos del proyecto.

2. Designación por parte de cada empresa participante de un responsable, para uno o más materiales, de la entrega de datos, que cuente con competencias técnicas en los procesos productivos.

3. Recolección y llenado de datos en la planilla de recolección de información, siguiendo la jerarquía de las fuentes de información (detallada en la sección 3.2.2.1 donde se especifica para cada producto:

- Procesos unitarios;
- Unidad declarada y flujos de referencias;
- Insumos materiales y energéticos;
- Emisiones directas al aire, agua y suelo;
- Residuos o desechos de los procesos, sólidos y líquido;
- Productos y co-productos;
- Métrica (unidades) utilizada;
- Indicadores de calidad de datos según la Pedigree matrix\*.

4. Consultas y aclaraciones de los datos, entre los encargados del proyecto y la empresa.

5. Consolidación de los datos recopilados a través de la revisión de consistencia y completitud por parte del coordinador de inventarios.

#### **3.2.2.1 JERARQUÍA DE LAS FUENTES DE INFORMACIÓN**

El levantamiento de información específica del proceso productivo de cada material se realizará de acuerdo a

\* La Pedigree Matrix, es una metodología de guía en la cuantificación de incertidumbre de los parámetros de actividad y factores de emisión en el cálculo de inventarios, en este caso, ambientales.

la siguiente jerarquía de fuentes adoptada por el GPC (adaptado de Howard & Sharpe, 2010):

Fuentes de información primaria:

1. Información directa levantada en las empresas, recopiladas a través de un protocolo de recolección de datos.
2. Estudios u otros proyectos nacionales relacionados a cada categoría. Por ejemplo, los Reportes de Sustentabilidad GRI.

Fuentes de información secundaria:

3. Información disponible en los Acuerdos de Producción Limpia del Consejo Nacional de Producción Limpia, u otros estudios gubernamentales.
4. Estimaciones documentadas de expertos nacionales en la materia.
5. Estudios u otros proyectos internacionales relacionados a cada categoría.
6. Estimaciones de expertos internacionales en la materia.
7. Bases de datos genéricas de ICV reconocidas a nivel internacional (ej. Ecoinvent) con las adaptaciones necesarias y pertinentes (matriz energética nacional, distancias de transporte, etc.)

En el caso en que se deban utilizar datos obtenidos de fuentes de información secundaria, se deberá seguir el siguiente protocolo:

1. Identificar los procesos referidos en la fuente y determinar si corresponden a los representados en el estudio.
2. Determinar los flujos de referencia y el nivel

de agregación de los procesos referidos en la fuente.

3. Identificar y documentar los factores geográficos y temporales de las fuentes.
4. Incorporar, cuando sea posible, correcciones locales contextuales, como la matriz eléctrica y las distancias de transporte. Documentar estas correcciones.
5. Documentar claramente la fuente, los supuestos y adaptaciones realizadas a cada fuente.

### **3.2.2.2 PROCESAMIENTO DE LOS DATOS**

Antes de la modelación, los datos obtenidos serán procesados de manera de asegurar:

- Que las unidades métricas de entradas y salidas son unificadas de manera consistente para cada tipo de material o energía (p.e. gas natural en m<sup>3</sup>, energía eléctrica en kWh).
- Que exista coherencia y correspondencia entre las entradas y salidas identificadas y categorizadas, y las categorías disponibles en las bases de datos genéricas aguas arriba (p.e. aceite tipo 1 y aceite tipo 2, agrupados como “lubricantes”). Reportar los supuestos de esta categorización.
- Que la información levantada en las planillas se encuentra referida a la misma escala relativa respecto al flujo de referencia. (p.e. consumo total anual de un material dividido por producción anual total del flujo de referencia).

### 3.2.2.3 REPRESENTATIVIDAD DE LOS DATOS GENÉRICOS Y ANTIGÜEDAD

Para asegurar la representatividad, los datos deberán provenir de información de producción anual lo más reciente posible. Toda fecha de documentación de los datos debe ser registrada. De acuerdo al proyecto, los datos deberían ser idealmente actualizados cada cinco años, o antes si una industria relevante incorpora cambios significativos en sus procesos productivos. Finalmente, los datos serán levantados sólo a nivel nacional.

Por otro lado, la representatividad geográfica y tecnológica de los datos, se verá respaldada contando con la participación de las empresas de mayor volumen de producción a nivel nacional.

### 3.2.2.4 AGREGACIÓN, PROMEDIOS Y CONFIDENCIALIDAD DE LOS DATOS

La confidencialidad de los datos aportados es un aspecto fundamental para lograr la participación de las empresas con datos primarios de proceso. Con el fin de proteger la confidencialidad de cada empresa, los resultados finales se presentarán como agregaciones y promedios, de manera de no revelar los datos primarios específicos entregados por cada empresa.

Los datos de una misma tecnología podrán ser promediados horizontalmente, es decir, para cada unidad de proceso se calculará un promedio ponderado para llegar a un inventario representativo de la industria (Figura 9). Así, se podrá identificar los procesos que más contribuyen a las salidas y entradas relevantes.

Los promedios ponderados mencionados anteriormente serán calculados en función del volumen de producción de las empresas participantes.

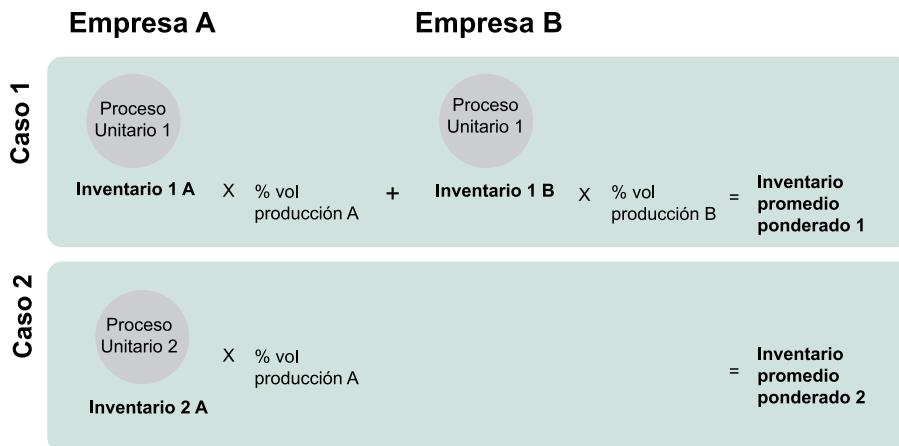


Figura 9: Esquema de la metodología de cálculo con igual tecnología.

## Casos particulares:

- Solo una empresa productora: En aquellos casos en que exista solo una empresa que genere el producto a nivel nacional, o en aquellos casos en que solo una empresa reporte su información al proyecto ECOBASE, se cuidará la confidencialidad de los datos de ella mediante la combinación de información ponderada de otras bases de datos disponibles tanto a nivel nacional como internacional que se consideren aplicables, donde los valores reales y nacionales tendrán una ponderación mayor por sobre los valores de inventarios ya existentes.
- Varios sitios de producción (plantas): Si una empresa presenta datos de más de una planta, los promedios del inventario asociado a esa empresa serán ponderados por el porcentaje que representa la producción de la planta sobre el total de producción de la empresa. Esto podría no ocurrir en el caso de que las plantas presenten tecnologías de producción distintas. Valores reales y nacionales tendrán una ponderación mayor por sobre valores de inventarios ya existentes, considerando las diferencias tecnológicas.

### 3.2.3 COMUNICACIÓN Y FORMATO DE DATOS

El objetivo principal del proyecto ECOBASE es permitir que los datos estén disponibles de forma abierta y pública para la mayor cantidad de usuarios. Es por esto que la información se documentará en planillas de fácil acceso y lectura.

#### 3.2.3.1 TRANSPARENCIA Y CONFIABILIDAD

La transparencia requiere acceso abierto a todos los “datos acerca de los datos” o metadatos. Los objetivos centrales de transparencia del proyecto son desarrollar y publicar los ICV con suficiente información acerca de la naturaleza y fuentes de los datos para los usuarios tengan acceso a la siguiente información de cada elemento:

- Fuente y antigüedad de los datos\*.
- Saber hasta qué punto un dato representa una industria o un proceso (Pedigree matrix).
- Presentar cómo fueron realizados los cálculos.
- Evaluar la utilidad de los datos para la aplicación programada del usuario.
- Validar los resultados a través del testeado y cross-checking de los datos y modelación.
- Realizar una determinación informada acerca de la confiabilidad de los datos y, en consecuencia, qué conclusiones se pueden sacar al respecto.

La transparencia de los datos y la documentación será facilitada por:

- La publicación abierta de la metodología acerca de cómo las bases de datos fueron desarrolladas.

\* No se dará detalle de fuente ni dato por empresa

- Adherencia a estas guías como una interpretación de la ISO 14044 para el objetivo y alcance estipulado.

- Incentivar a las empresas a buscar verificación de tercera parte de sus datos.

Todos los datos agregados y presentados por el proyecto ECOBASE estarán disponibles para terceras partes.

Las empresas participantes deben además firmar una carta de colaboración donde se estipula “entregar información ambiental necesaria” y de carácter confidencial, lo que compromete la entrega rigurosa y completa de información.

### **3.2.3.2 COMPLETITUD DE LOS CONJUNTOS DE DATOS**

La completitud de un inventario se relaciona con el porcentaje de los flujos que es medido o estimado. Con el fin de determinar y refinar la completitud de los conjuntos de datos, los siguientes criterios pueden ser usados cuando correspondan:

- Estequiometría: Si la información disponible es pobre, se usan balances estequiométricos para determinar la demanda de materia prima. Si no hay información específica disponible, se asume un 95% de rendimiento. Tales opciones de modelación estarán documentados en el conjunto de datos.

- Balance de masa: Para cada actividad, se aplica la ley de conservación de masa y de energía. Esto implica que la masa y energía que entra y sale

es la misma, cuando se toman en cuenta cambios en stocks. Así, la realización de balances de masa y energía se realizan de manera separada.

- Agua: El agua entra desde el medio ambiente a la actividad humana como cualquier otro recurso, especificando su locación u origen, distinguiendo entre aguas subterráneas, superficiales, de mar o pluviales

- Ocupación y transformación de suelo: La ocupación y transformación de suelo recibe una creciente atención en los análisis de inventario y de métodos de evaluación de impacto de ciclo de vida. Es especialmente importante para los productos agrícolas y forestales.

### **3.2.3.3 VALIDACIÓN Y CONSISTENCIA DE DATOS**

El alcance del proyecto no contempla la realización de auditorías independientes de la fuente de los datos provenientes de las empresas. Sin embargo, cada dato registrado contendrá información sobre su calidad de acuerdo a los criterios establecidos en la sección 3.2.3.4 de esta metodología.

Además, se recurrirá a herramientas como balances de masa, y comparación con fuentes de datos alternativos (valores estándar, provenientes de bases de datos validadas) que identifiquen anomalías evidentes en los resultados (ISO 14040). Asimismo, una vez completado el proceso de recopilación de información primaria y/o secundaria, y previo a la modelación de los datos, se llevará a adelante un proceso de revisión, si todos los supuestos metodológicos han

sido consistentemente aplicados a cada uno de los procesos estudiados, de acuerdo a los requisitos de calidad de los datos (3.2.2.4) homologando o documentando cualquier inconsistencia.

### 3.2.3.4 INCERTIDUMBRE Y VERIFICACIÓN DE CALIDAD DE DATOS

El presente proyecto evaluará la incertidumbre y calidad de cada uno de los datos registrados en los inventarios, ya sea de fuente primaria o secundaria.

**Tabla2.** Indicadores de calidad de datos de acuerdo a ISO 14040-14044. (Adaptada de UNEP, 2011)

N°	Requerimiento	Descripción ISO	Criterio	Calificación o Acción
1	<b>Cobertura temporal</b>	Antigüedad de los datos y período mínimo de recolección de información. (ISO 14040-44). Representa la correlación del tiempo entre el año de estudio (como el indicado en los objetivos de calidad de datos) y el año de la obtención del dato. Como la tecnología se desarrolla muy rápido en ciertas industrias, diez años de diferencia entre el año de estudio y el año del dato podría causar un cambio total en la eficiencia de las emisiones y producción.	Se prefieren datos que sean del año en estudio. El periodo mínimo de recolección de datos es de al menos 3 meses	Calificación en base a la Pedigree Matrix (ver más abajo).
2	<b>Cobertura geográfica</b>	Área geográfica desde donde los datos de la unidad de proceso deben ser recolectados para satisfacer el objetivo del estudio. (ISO 14040-44). Muestra la correlación geográfica entre el área definida (como el indicado en los objetivos de calidad de datos) y los datos obtenidos. El método de producción y las condiciones de producción puede ser muy diferente en Chile, USA y los países de Europa del Este. Las condiciones ambientales también influyen el rendimiento potencial de los sistemas productivos.	Se recopilan datos nacionales privilegiando la representatividad en los volúmenes de producción. De no existir, y si se cumpliendo los requisitos de esta metodología, se aceptarán valores provenientes de tecnologías equivalentes, fuera de Chile.	Calificación en base a la Pedigree Matrix

N°	Requerimiento	Descripción ISO	Criterio	Calificación o Acción
3	<b>Cobertura tecnológica</b>	Tecnología específica o mezcla de tecnologías (ISO 14040-44). Se refiere a todos los otros aspectos de correlación menos las consideraciones temporales y geográficas. A pesar de que los datos puedan ser de la antigüedad y representatividad deseada y del área geográfica deseada, pueden no ser representativos de la empresa específica, procesos o materiales bajo estudio. Por lo que puede ser necesario usar datos relacionados a los procesos de los materiales, donde en algunos casos pueden ser considerados como preferibles datos más antiguos o de diferente área geográfica.	Se identificará cada tecnología de las fuentes para su registro y modelación por separado.	Calificación en base a la Pedigree Matrix. Cada tecnología se caracterizará por separado, solo al final del estudio se realizará los promedios para obtener un dato representativo de cada material.
4	<b>Precisión</b>	Medida de la variabilidad de los valores expresada, por ejemplo, en varianza. (ISO 14040-44).	Cuando exista, se incluirá la varianza asociada a datos y promedios.	Calificación en base a la <i>Pedigree Matrix</i> .
5	<b>Complejidad (exhaustividad)</b>	Porcentaje de flujos medidos o estimados del proceso unitario (ISO 14040-44).	Contrastar los flujos recopilados con otras fuentes representativas de la tecnología.	Completar los flujos de acuerdo a la jerarquía de fuentes (punto 3.2.1.2)
6	<b>Representatividad</b>	Evaluación cualitativa del grado de representatividad del dato sobre la población (ej. cobertura geográfica, período de tiempo, cobertura tecnológica) (ISO 14040-44).	Los aspectos de representatividad temporal, geográfica y tecnológica se abordan en puntos 1, 2 y 3 de esta tabla. La representatividad en el mercado, p.e. si la empresa produce el 30% del volumen total recogido en el estudio.	Al final del estudio, se aplicará la ponderación que le corresponda al volumen de producción de la empresa fuente respecto al total recogido en el estudio.

N°	Requerimiento	Descripción ISO	Criterio	Calificación o Acción
7	<b>Consistencia</b>	Evaluación cualitativa . Para verificar que la metodología de estudio fue aplicada uniformemente en los distintos componentes de análisis. (ISO 14040-44).	Aplicar cada paso de esta metodología a lo largo de la recolección y procesamiento y calificación de datos. Mantener supuestos de modelación.	Registrar supuestos de modelación y su aplicación en la construcción de los inventarios. Revisión de consistencia a cargo de un coordinador de inventarios.
8	<b>Reproducibilidad</b>	Evaluación cualitativa del grado en que la información sobre los datos y la información en la metodología permitirían a un profesional independiente reproducir los resultados presentados en el estudio (ISO 14040-44).	Este punto se relaciona con el punto 9. La reproducibilidad se relaciona con la trazabilidad del dato, es decir con el seguimiento de la fuente del dato y supuestos de cálculo.	Documentación completa y auto-explicativa del origen de los datos y cálculos o estimaciones asociadas.
9	<b>Fuentes de los datos</b>	Sin descripción en ISO. Fuentes de datos con documentación que defina el origen de estos (ISO 14040-44).	Se registrará si el dato fue medido y de qué empresa, y las referencias de cada uno de los documentos de datos secundarios de acuerdo a la Jerarquía de datos. El origen específico de la fuente primaria (que empresa aporta que dato) es confidencial.	Documentación completa y auto-explicativa de la fuente de los datos y cálculos o estimaciones asociadas.
10	<b>Incertidumbre</b>	Incertidumbre de la información (ej. Datos, modelos y supuestos) (ISO 14040-44).	Análisis de sensibilidad (punto 3.2.3.5) para evaluar la relevancia de una incertidumbre en la modelación o en los datos.	Ponderación total de los resultados a través de la Pedigree Matrix.

Es importante entender estos indicadores como caracterizadores independientes de la calidad del dato. Cabe mencionar, que datos de un área “incorrecta” puede implicar que se usa una tecnología diferente. No obstante,

este aspecto es descrito bajo el nombre “correlación geográfica”. El indicador “Correlación Tecnológica Adicional” se refiere sólo a diferencias adicionales que ocurren a pesar de que el dato sea del mismo año y de la misma área geográfica.

La Pedigree Matrix, otorga criterios de calificación a 5 de estos indicadores, la cual se expone a continuación:

**Tabla 3. Pedigree Matrix**

INDICADOR/ PUNTAJE	1	2	3	4	5 (POR DEFECTO)
<b>Confiabilidad</b>	Datos verificados <sup>1</sup> basados en mediciones <sup>2</sup>	Datos verificados parcialmente basados en supuesto O datos no-verificados basados en mediciones	Datos no-verificados basados parcialmente en estimaciones calificadas	Estimaciones calificadas (ej: por expertos de la industria)	Estimaciones no-calificadas
<b>Compleitud (Exhaustividad)</b>	Datos representativos de todos los sitios relevantes para el estudio, sobre un periodo de tiempo adecuado para igualar las fluctuaciones normales	Datos representativos de al menos el 50% de los sitios relevantes para el estudio, sobre un periodo de tiempo adecuado para igualar las fluctuaciones normales	Datos representativos de solo algunos (<<50%) de los sitios relevantes para el estudio o >50% de los sitios pero por periodos más cortos.	Datos representativos de solo un lugar relevante para el estudio o de algunos sitios pero por periodos más cortos.	No se conoce la representatividad de los datos o es para un pequeño número de sitios y para un periodo más corto de tiempo.
<b>Correlación temporal</b>	Datos con menos de 3 años de diferencia en relación al estudio	Datos con menos de 6 años de diferencia en relación al estudio	Datos con menos de 10 años de diferencia en relación al estudio	Datos con menos de 15 años de diferencia en relación al estudio	Datos con más de 15 años de diferencia en relación al estudio o de antigüedad desconocida.

INDICADOR/ PUNTAJE	1	2	3	4	5 (POR DEFECTO)
<b>Correlación geográfica</b>	Datos del área bajo estudio	Datos promedio de un área mayor donde el área del estudio está inserta.	Datos de área con condiciones de producción similares		Datos de un área desconocida o claramente distinta (USA versus oriente medio, OECD-Europa versus Rusia).
<b>Correlación tecnológica</b>	Datos de las empresas, procesos y materiales bajo estudio.	Datos de los procesos y materiales bajo estudio (i.e. tecnología idéntica) pero de empresas distintas.	Datos de procesos y materiales bajo estudio pero de tecnología distinta	Datos de procesos o materiales similares	Datos de procesos similares a escala laboratorio o de diferente tecnología.

1. Se puede realizar la verificación de variadas formas, por ejemplo, corroborando in-situ, recalculando el dato, balances de masa/energía o comparación con otras fuentes de información similares.
2. Incluye data calculada (ej: emisiones calculadas desde entradas a una actividad), cuando la base para los cálculos son mediciones (ej: medición de entradas). Si los cálculos son basados parcialmente en supuestos, el puntaje será 2 ó 3.

Una vez determinado cada puntaje por indicador, se determinan los factores de incertidumbre (varianzas de distribución normal) de acuerdo a:

INDICADOR/PUNTAJE	1	2	3	4	5
<b>Confiabilidad</b>	0,000	0,0006	0,002	0,008	0,04
<b>Compleitud</b>	0,000	0,0001	0,0006	0,002	0,008
<b>Correlación temporal</b>	0,000	0,0002	0,002	0,008	0,04
<b>Correlación geográfica</b>	0,000	2,5e-5	0,0001	0,0006	0,002
<b>Correlación tecnológica</b>	0,000	0,0006	0,008	0,04	0,12

Luego, para obtener el factor de incertidumbre total (varianza) de los datos, se deben sumar todos los factores de incertidumbre calculados. Al ser todas las distribuciones estadísticas normales y los factores independientes, el factor de incertidumbre total será:

$$\sigma^2 = \sum_{i=1}^6 \sigma_i^2$$

$\sigma_1^2$	Incertidumbre (varianza) básica de los datos	$\sigma_4^2$	Incertidumbre (varianza) de la correlación temporal
$\sigma_2^2$	Incertidumbre (varianza) de la confiabilidad	$\sigma_5^2$	Incertidumbre (varianza) de la correlación geográfica
$\sigma_3^2$	Incertidumbre (varianza) de la completitud	$\sigma_6^2$	Incertidumbre (varianza) de la correlación tecnológica

El factor  $\sigma_1^2$  podrá ser estimado a partir de la data recolectada. Si la muestra de datos es pequeña, el rango (la diferencia entre el dato de mayor y menor valor) se podrá usar como estimación para la desviación estándar. Para la distribución normal, el rango es 3, 4 ó 5 veces el rango si la muestra tiene 10, 30 ó 100 datos o más respectivamente. En general, en los inventarios de ciclo de vida las muestras no son grandes, por lo que si se desconoce el tamaño de la muestra un factor de 3 deberá ser usado.

Esta varianza total estimada será registrada e incluida en los inventarios de los procesos unitarios para cada categoría de producto.

### 3.2.3.5 ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD

Los análisis de sensibilidad podrán ser utilizados durante el desarrollo de las bases de datos, y pueden ser llevados a cabo por usuarios individuales de los datos. Por ejemplo, el análisis de sensibilidad puede realizarse en las siguientes instancias:

- Cuando se definen los límites de entrada para un sistema y considerando la exclusión de materiales que contribuyen a pequeñas cantidades del total de masa del sistema, o exclusiones de datos faltantes, el análisis de sensibilidad servirá para evaluar la significancia ambiental de los datos potencialmente excluidos.
- Durante el desarrollo de la base de datos para determinar si los resultados son sensibles a datos faltantes, basados en pruebas con datos proxy.
- Durante el uso de los datos para analizar el efecto de las variaciones en diferentes entradas y condiciones de operación que informan el desarrollo de procesos y consideraciones de transporte.
- Para todos estos casos, se puede realizar un análisis inicial del sistema utilizando datos estimados o transitorios, para poder ver cuál es la contribución de estos a los resultados totales del sistema.

### **3.2.3.6 REVISIÓN NACIONAL DE METODOLOGÍA DE RECOLECCIÓN DE DATOS DE INVENTARIO**

En el contexto del presente proyecto se solicitó la realización del servicio de "Revisión Crítica de la Metodología de Recolección de Datos de Inventarios" a la Red Chilena de ACV. Esta se realizó a través de un panel revisor compuesto por la Sra. Claudia Peña, Sra. Patricia Martínez y el Sr. Edmundo Muñoz. La etapa, denominada "Revisión a la estructura metodológica" tuvo como alcance la revisión de la estructura metodológica para verificar que ésta fuera consistente con la norma ISO 14040 y 14044. Las observaciones de dicha revisión están disponibles según consulta a los organismos ejecutores del proyecto a través de los Oferentes.

### **3.2.3.7 REVISIÓN INTERNACIONAL DE METODOLOGÍAS E INVENTARIOS**

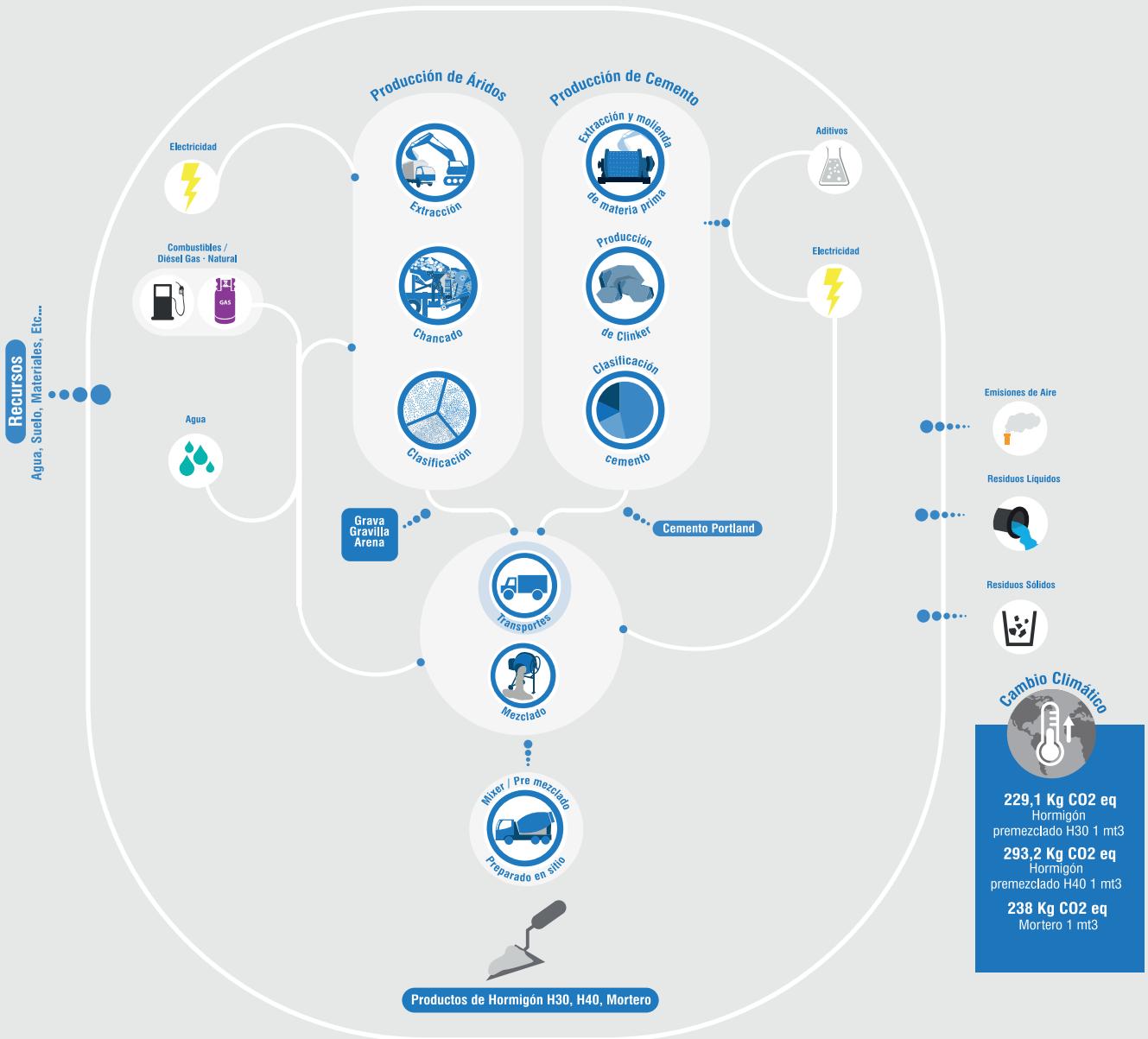
En el contexto del presente proyecto se solicitó la realización del servicio de "Revisión de la Metodología de Recolección de Datos de Inventarios" a la empresa consultora Edge Environment. Esta se realizó a través de un panel revisor compuesto por el Sr. Jonas Bengtsson, Sr. Joel Clayton y el Sr. James Logie. Se realizó en tres etapas e incluyó la "Revisión de la Metodología de Recolección de Datos de Inventarios", "Revisión de la Metodología de Evaluación de Impactos" y "Revisión de los Inventarios de Categorías de Productos". Las observaciones de dicha revisión están disponibles según consulta.

## 4 REFERENCIAS

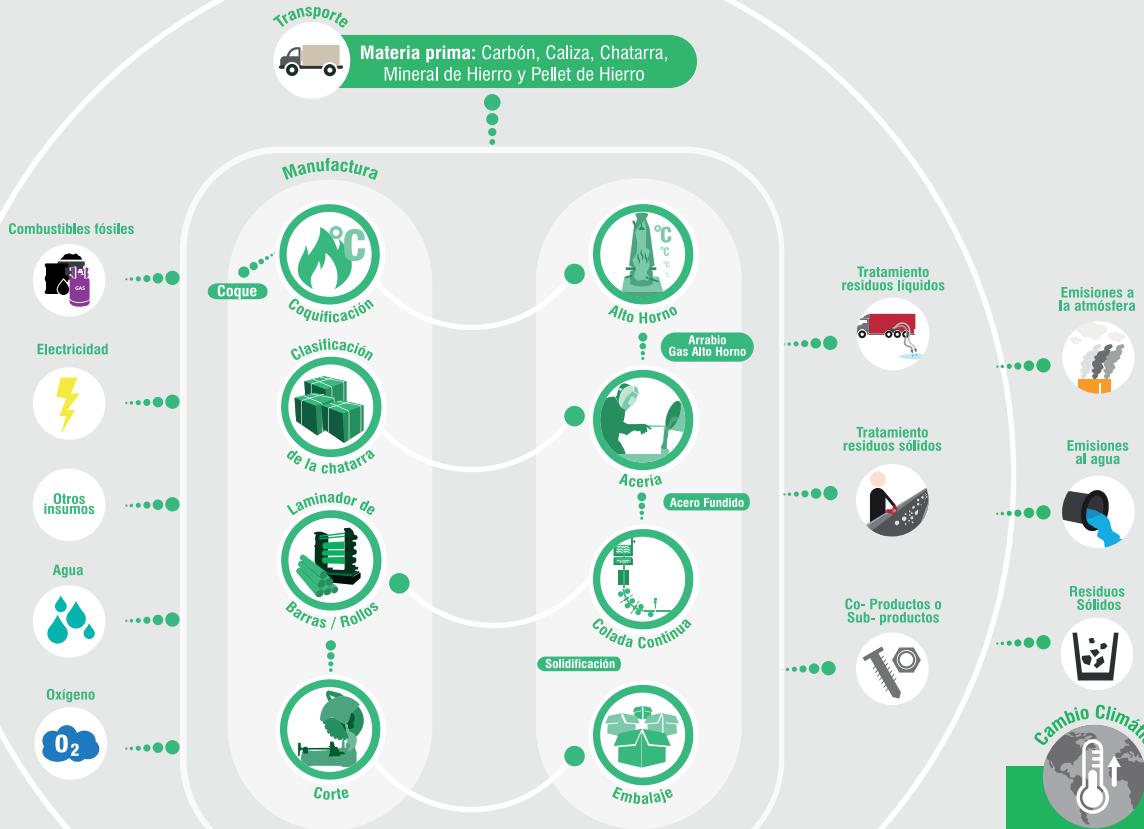
---

- Howards & Sharp 2010, Methodology guidelines for the Materials and Building Products Life Cycle Inventory Database”, BPIC Australia.
- UNEP 2011, Global Guidance Principles for Life Cycle Assessment Databases.
- Portland Cement Association. Concrete PCR, Carbon Leadership Forum, (2002).
- World Steel Association. Methodology Report. Life cycle inventory study for steel products (2011).
- European Commission - Joint Research Centre - Institute for Environment and Sustainability: 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; 2010
- Portland Cement Association. Environmental Life Cycle Inventory of Portland Cement Concrete(Revised July, 2002) by Michael A. Nisbet, Medgar L. Marceau, and Martha G. Van Geem.
- Think Brick Australia. LCA of Brick Products Life Cycle Assessment Report. 2010.
- Life-Cycle Assessment Summary. GYPSUM ASSOCIATION. 2013.
- ISO 14040:2006 Environmental management – Life cycle assessment – Principles and framework.
- ISO 14044:2006 Environmental management – Life cycle assessment – Requirements and guidelines.
- INN-Chile. Norma Chilena Oficial 148 (NCh148). Cemento - Terminología, clasificación y especificaciones generales.
- INN-Chile. Norma Chilena Oficial 170 (NCh170) Hormigón, Requisitos Generales.
- INN-Chile. Norma Chilena Oficial 1017(NCh1017) Hormigón - Confeción y curado en obra de probetas para ensayos de compresión y tracción.
- INN-Chile. Norma Chilena Oficial 1037 (NCh1037) Hormigón – Ensayo de compresión de probetas cúbicas y cilíndricas.
- INN-Chile. Norma Chilena Oficial 2256/1 (NCh2256/1) Morteros – Requisitos Generales.
- INN-Chile. Norma Chilena Oficial 2256/1 (NCh 1928 Of. 93) Albañilería armada – Requisitos para diseño y cálculo.
- INN-Chile. Norma Chilena Oficial NCh2123. Of 97 (NCh2123. Of 97) Albañilería confinada - Requisitos de diseño y cálculo.
- INN-Chile. Norma Chilena Oficial NCh1198 (NCh1198) Madera - Construcciones en madera – Cálculo.





Recursos (Agua, suelo, minerales, entre otros).



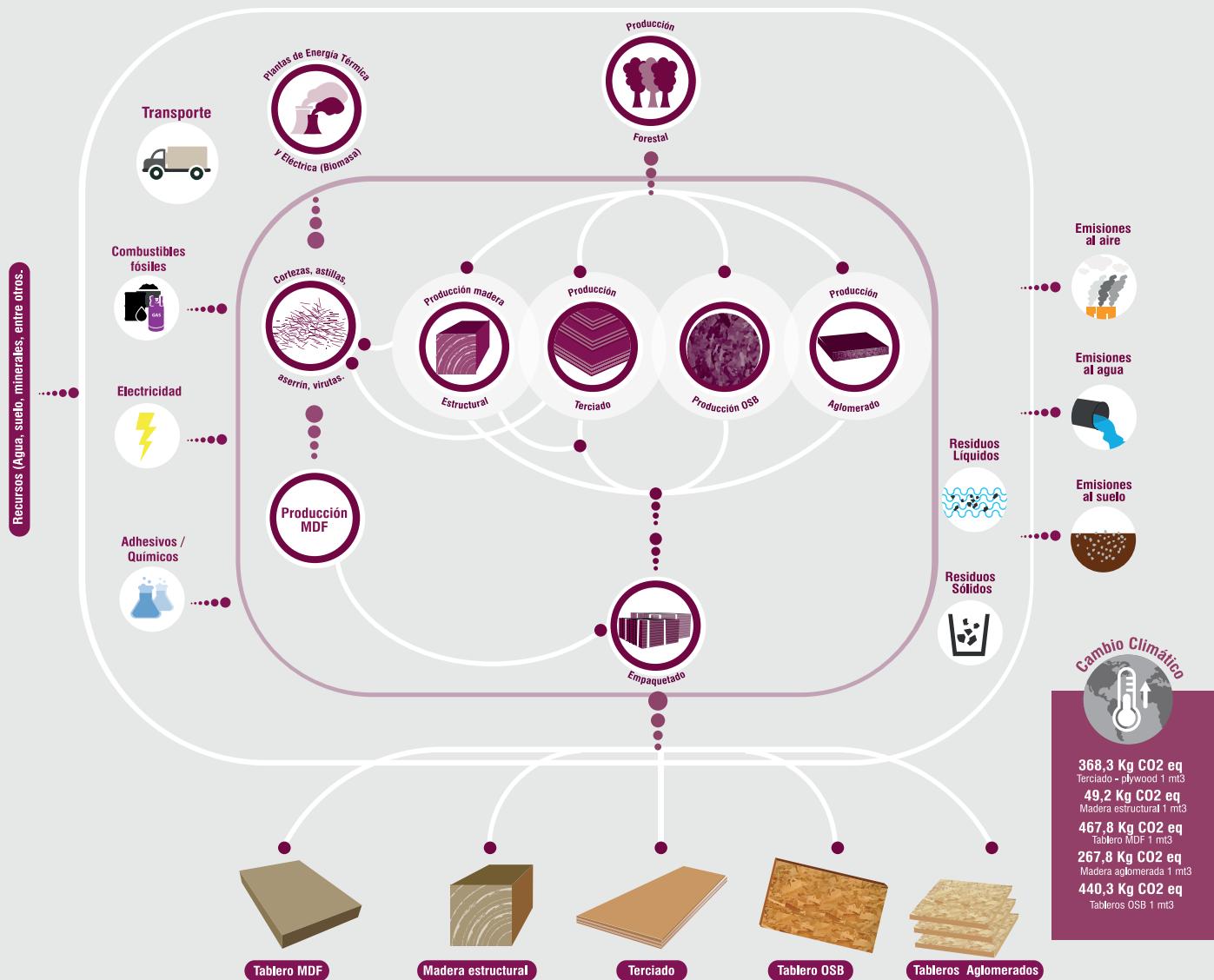
**Cambio Climático**

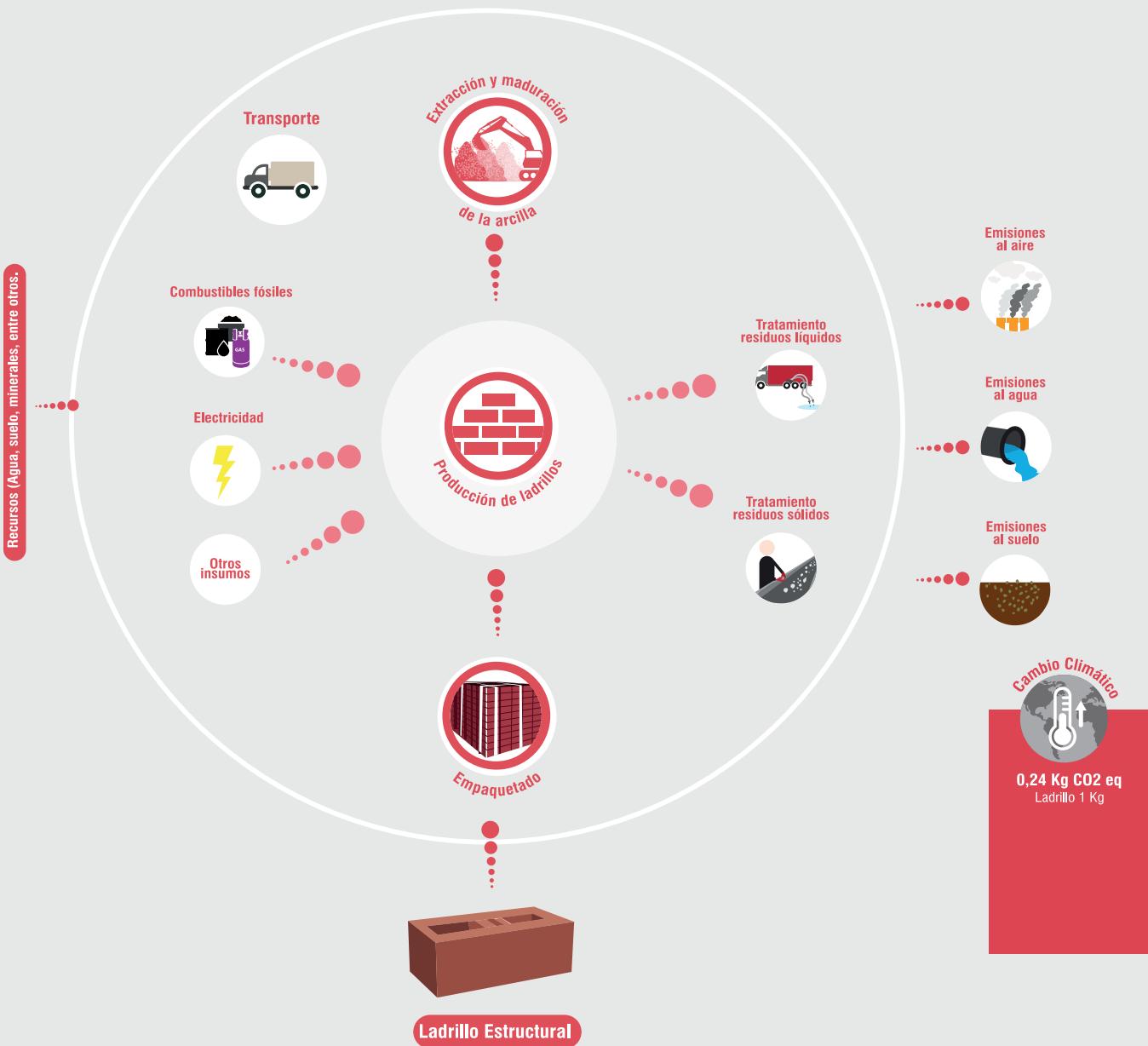
**1,89 kg CO2 eq**  
Barra de refuerzo hormigón 1 kg

**0,66 kg CO2 eq**  
Perfil Laminado 1 kg



**Productos de Acero**





## 5. RESULTADOS POR CATEGORÍA DE PRODUCTO

### IMPACTOS PRIORITARIOS

Los Impactos ambientales presentados en este informe corresponden a los seleccionados de acuerdo a la Metodología de evaluación de Impactos de Ecobase Construcción. Estos resultados no constituyen entregable de Ecobase por sí solos, serán abarcados por medio de la Herramienta de Cálculo a través de planillas Excel autocontenidas, las cuales entregarán resultados en Indicadores de Impactos Ambientales basados en los Inventarios de Ciclo de Vida e información de entradas y salidas por cada categoría evaluada.

Se presenta a continuación de descripción de cada uno de los indicadores presentados como Impactos prioritario en este informe:

**Tabla 4. Categorías de Impacto Prioritario del Proyecto Ecobase**

CATEGORÍA DE IMPACTOS PRIORITARIOS	UNIDAD	DESCRIPCIÓN
Cambio Climático	Kg CO2 eq	Emisiones al aire. 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.
Material Particulado	Kg PM10 eq	El PM10 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.
Smog Fotoquímico	Kg NMVOC	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.
Agotamiento de Metales	Kg Fe eq	Corresponde al uso de recursos minerales. Se refiere a la cantidad de metales extraídos del suelo, expresados en kg Fe-eq. Estos recursos son esenciales en la vida diaria, y la mayoría de ellos están siendo explotados a tasas insostenibles.
Agotamiento fósil	Kg oil eq	Es la pérdida de recursos fósiles como el petróleo, el carbón y el gas natural. Es el agotamiento de recursos fósiles extraídos, medido en kg oil-eq. Estos recursos son esenciales en nuestra vida cotidiana, y la mayoría de ellos están siendo explotados a tasas insostenibles.
Consumo de Agua	M3	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.

**El análisis de los resultados y/o comparabilidad de estos resultados no constituye entregable en el desarrollo de Ecobase Construcción. Los Impactos ambientales presentados en este informe corresponden a los seleccionados de acuerdo a la Metodología de evaluación de Impactos de Ecobase Construcción según caracterización ReCiPe + Usetox + Pfister.**

A continuación se presentan los resultados para todos los productos de acuerdo a cada Categoría de Producto evaluada. Según lo señalado en el documento “Metodología de recolección de datos para Inventarios de Ciclo de Vida de Categoría de productos de Construcción en Chile, proyecto ECOBASE Construcción”; los resultados obtenidos han sido calculados como agregaciones y promedios ponderados según los datos, ya sean de fuentes primarias (empresas manufactureras) o secundarios (bases de datos, bibliografía, etc.) con el fin de obtener el promedio de la industria.

## 5.1 YESO CARTÓN

### 5.1.1 PROCESO

#### Unidad declarada:

- **Plancha de yeso cartón estándar:** 1 kilo de plancha de 10 mm de espesor.
- **Plancha de yeso cartón RF (resistencia al fuego):** 1 kilo de plancha de 15 mm de espesor.
- **Plancha yeso cartón RH (resistencia a la humedad):** 1 kilo de plancha de 15 mm de espesor.

A continuación se describen las unidades de procesos consideradas en el cálculo de los resultados para el Yeso cartón, los cuales están representados en el Diagrama de proceso en la figura 1:

- a. Minería de Yeso:** Extracción desde cantera en yacimiento de la región Metropolitana. Uso de explosivo y maquinaria excavadora. No incluye transporte hasta planta ni chancado. Producto intermedio: Yeso crudo, con usos alternativos.
- b. Calcinación:** El yeso crudo (Sulfato de calcio di-hidratado) es transportado de la mina a la planta y sometido a proceso de chancado y molienda. La calcinación consiste en el proceso fisicoquímico de descomposición térmica a alta temperatura del yeso donde pierde 1,5 moléculas de agua. Este proceso se realiza en hornos de gas natural. Producto intermedio: Estuco.
- c. Formación de Plancha:** El estuco es hidratado y se le agregan los aditivos necesarios tanto para modelar la plancha como para obtener las propiedades estructurales finales del material. En esta fase de modelación se agrega el papel en ambas caras de la plancha y se otorga el grosor específico a cada tipo de producto en un proceso continuo con maquinaria eléctrica. Finalmente, la plancha es secada en hornos de gas natural, dimensionada y empacada.

## 5.1.2 IMPACTOS PRIORITARIOS

Impacto Cambio Climático por Procesos para cada producto de Yeso cartón:

	Producto	Unidad	TOTAL	PROCESOS		
				Extracción de Yeso	Calcinación	Formación Plancha
Cambio Climático	YESO CARTON ST 10 mm (KG)	kg CO2 eq	0,317	0,001	0,088	0,228
		%	100,0%	0,4%	27,7%	71,9%
	YESO CARTON RH 15 mm (KG)	kg CO2 eq	0,281	0,001	0,090	0,190
		%	100,0%	0,4%	31,9%	67,8%
	YESO CARTON RF 15 mm (KG)	kg CO2 eq	0,276	0,001	0,090	0,185
		%	100,0%	0,4%	32,7%	66,9%

Tabla Nº 1 Cambio Climático para productos del Yeso Cartón

### Cambio Climático Yeso Cartón

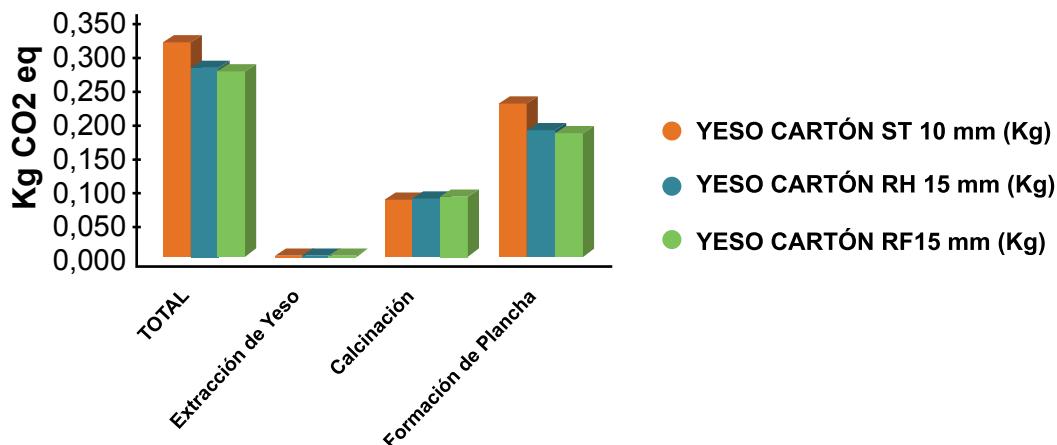


Figura Nº 2 Gráfico de barras Cambio climático por procesos.

## Benchmark internacional, Cambio Climático para cada producto de Yeso cartón

	ECOBASE	Promedio Internacional kg CO2 eq
YESO CARTON ST 10 mm (KG)	0,317	0,33
YESO CARTON RH 15 mm (KG)	0,281	0,35
YESO CARTON RF 15 mm (KG)	0,276	0,31

Tabla N° 2 Benchmark internacional para productos del Yeso Cartón.

## Benchmark Cambio Climático productos del Yeso Cartón

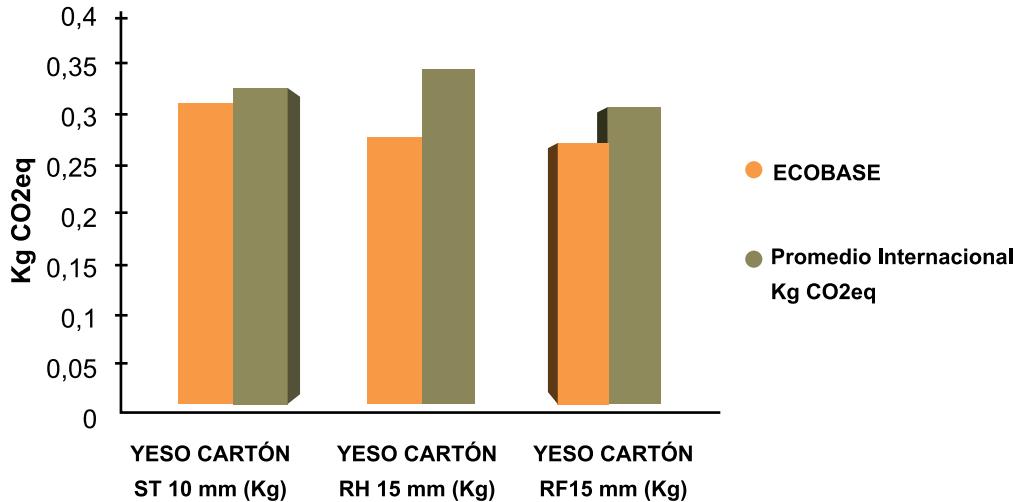


Figura N° 3 Gráfico de barras, Benchmark internacional Cambio climático para productos del yeso cartón.

## Supuestos de las Bases de datos:

### Athena:

1. Yeso de origen mineral.
2. Proceso de molienda de yeso en planta.
3. Proceso de calcinado (27% de la energía total usada en la plancha)
4. Agregado de aditivos y agua
5. Formación de plancha, aplicación de papel por ambas caras.
6. Cortado y luego secado en horno. (67% de la energía total usada en la plancha).

7. Uso de papel reciclado
8. Plancha estándar en base a 12,7 mm (1/2 pulgada)
9. Plancha RF en base a 15,9 mm (5/8 pulgada).
10. 1,205 ton de yeso crudo por tonelada de estuco.
11. Ningún aditivo supera el 2% en masa
12. 0,027 GJ por tonelada de yeso crudo extraído

### Ecoinvent y GMBA:

1. No especifica tipo ni espesor de la plancha

## Impacto Formación de Smog Fotoquímico por Procesos para cada producto de Yeso cartón

	Producto	Unidad	TOTAL	PROCESOS		
				Extracción de Yeso	Calcinación	Formación Plancha
Smog Fotoquímico	YESO CARTON ST 10 mm (KG)	kg NMVOC	8,5E-4	5,6E-4	3,9E-5	2,5E-4
		%	100,0%	66,0%	4,7%	29,3%
	YESO CARTON RH 15 mm (KG)	kg NMVOC	7,8E-4	4,9E-4	4,0E-5	2,5E-4
		%	100,0%	62,8%	5,1%	32,1%
	YESO CARTON RF 15 mm (KG)	kg NMVOC	7,4E-4	4,4E-4	4,0E-5	2,5E-4
		%	100,0%	60,1%	5,5%	34,4%

Tabla N° 3 Formación de Smog Fotoquímico para productos del Yeso Cartón.

## Smog Fotoquímico Yeso Cartón

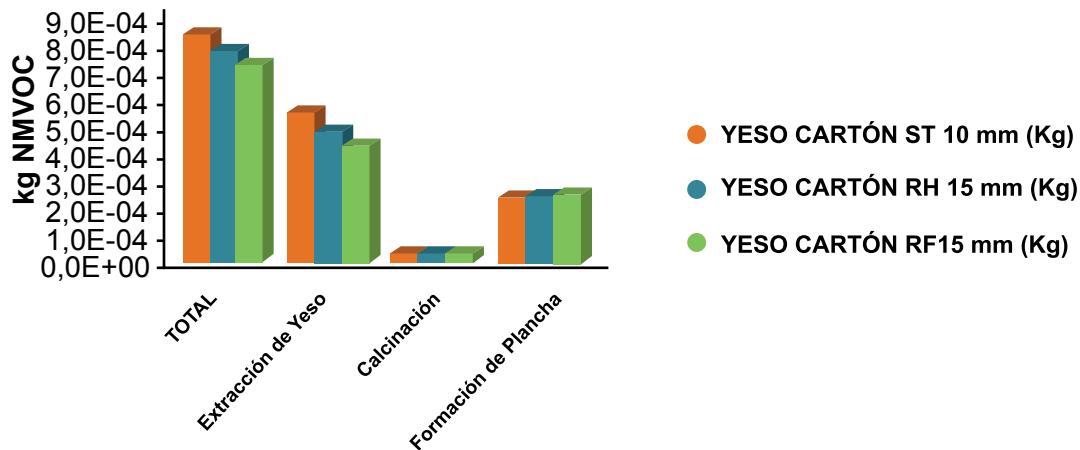


Figura N° 4 Gráfico de barras Smog Fotoquímico por procesos

## Impacto Material particulado por Procesos para cada producto de Yeso cartón:

	Producto	Unidad	TOTAL	PROCESOS		
				Extracción de Yeso	Calcinación	Formación Plancha
Material Particulado	YESO CARTON ST 10 mm (KG)	kg PM10	7,1E-4	8,8E-6	2,6E-4	4,4E-4
		%	100,0%	1,2%	37,1%	61,7%
	YESO CARTON RH 15 mm (KG)	kg PM10	6,9E-4	2,2E-5	2,5E-4	4,2E-4
		%	100,0%	3,2%	36,6%	60,3%
	YESO CARTON RF 15 mm (KG)	kg PM10	6,6E-4	2,2E-5	2,5E-4	3,8E-4
		%	100,0%	3,3%	38,6%	58,1%

Tabla N° 4 Material particulado para productos del Yeso Cartón.

## Material Particulado Yeso Cartón

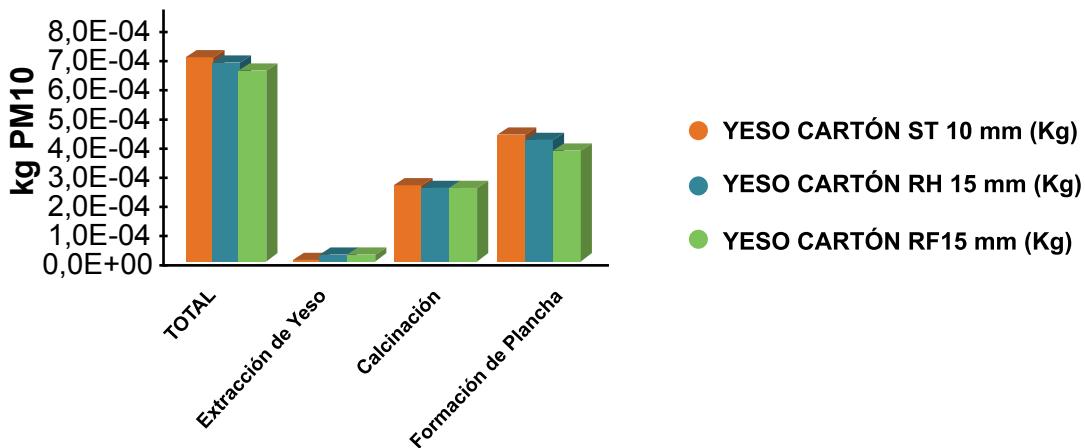


Figura N° 5 Gráfico de barras Material particulado por procesos

## Impacto Agotamiento de los metales por Procesos para cada producto de Yeso cartón

	Producto	Unidad	TOTAL	PROCESOS		
				Extracción de Yeso	Calcinación	Formación Plancha
Agotamiento de los metales	YESO CARTON ST 10 mm (KG)	kg Fe eq	0,003	9,9E-7	1,4E-5	3,0E-3
		%	100,0%	0,0%	0,5%	99,5%
	YESO CARTON RH 15 mm (KG)	kg Fe eq	0,002	2,4E-6	1,3E-5	2,4E-3
		%	100,0%	0,1%	0,5%	99,4%
	YESO CARTON RF 15 mm (KG)	kg Fe eq	0,002	2,4E-6	1,3E-5	1,8E-3
		%	100,0%	0,1%	0,7%	99,2%

Tabla N° 5 Agotamiento de metales para productos del Yeso Cartón.

## Agotamiento de los Metales Yeso Cartón

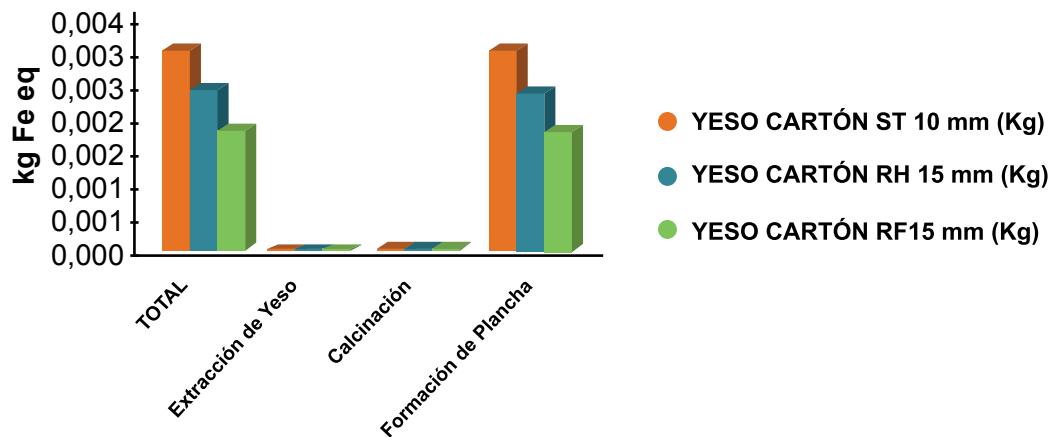


Figura N° 6 Gráfico de barras Agotamiento de metales por procesos.

## Impacto Agotamiento fósil por Procesos para cada producto de Yeso cartón

	Producto	Unidad	TOTAL	PROCESOS		
				Extracción de Yeso	Calcinación	Formación Plancha
Agotamiento fósil	YESO CARTON ST 10 mm (KG)	kg oil eq	0,106	4,3E-4	3,2E-2	7,4E-2
		%	100,0%	0,4%	29,9%	69,7%
	YESO CARTON RH 15 mm (KG)	kg oil eq	0,104	1,8E-4	3,2E-2	7,1E-2
		%	100,0%	0,2%	31,3%	68,6%
	YESO CARTON RF 15 mm (KG)	kg oil eq	0,101	1,8E-4	3,3E-2	6,8E-2
		%	100,0%	0,2%	32,3%	67,5%

Tabla N° 6 Agotamiento fósil para productos del Yeso Cartón.

## Agotamiento Fósil Yeso Cartón

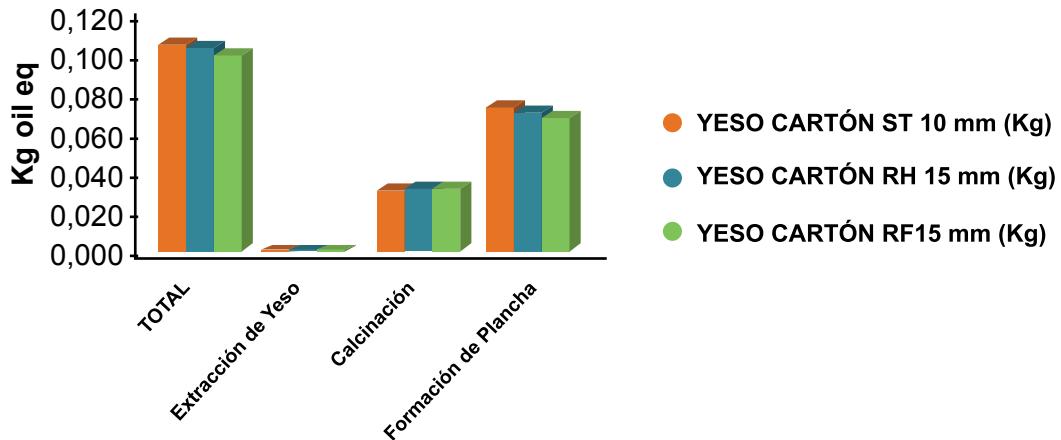


Figura N° 7 Gráfico de barras Agotamiento fósil por procesos.

## Impacto Consumo de agua por Procesos para cada producto de Yeso cartón

	Producto	Unidad	TOTAL	PROCESOS		
				Extracción de Yeso	Calcificación	Formación Plancha
Consumo de Agua	YESO CARTON ST 10 mm (KG)	lt.	0,870	0,001	0,338	0,532
		%	100,0%	0,1%	38,8%	61,1%
	YESO CARTON RH 15 mm (KG)	lt.	0,859	0,515	0,002	0,341
		%	100,0%	60,0%	0,2%	39,7%
	YESO CARTON RF 15 mm (KG)	lt.	0,813	0,467	0,002	0,344
		%	100,0%	57,5%	0,2%	42,3%

Tabla N° 7 Consumo de Agua para productos del Yeso Cartón.

## Consumo Agua Yeso Cartón

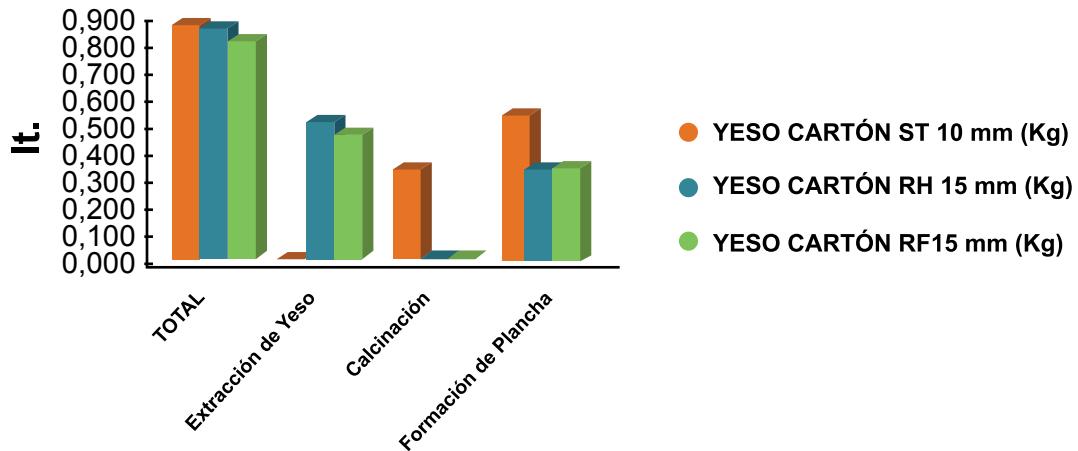


Figura N° 8 Gráfico de barras Consumo de Agua por procesos

## 5.2 HORMIGÓN

### 5.2.1 PROCESO

#### Unidad Declarada:

- Hormigón premezclado H30 (según resistencia): 1 m3 de hormigón.
- Hormigón premezclado H40: 1 m3 de hormigón.
- Mortero: 1 m3 de mortero.

**a. Producción de Áridos:** Comprende la extracción de material pétreo de distintos tamaños, el chancado, harnear, selección y acopio. Se habla entonces de árido tratado en contraposición al árido usado desde su estado natural. Los productos intermedios son grava, gravilla, y árido fino (arenas).

**b. Producción de Cemento:** el cemento se produce con la pulverización del clinker, más la adición de una o más formas de yeso y aditivos. Comprende la extracción de materias primas, homogeneización de materiales y dosificación, producción clinker a través de proceso de calcinación en horno, molienda de clinker y adición final de yeso. El producto intermedio es cemento Portland

**c. Mezcla de Hormigón:** Consiste en el proceso de mezcla y amasado del agua, grava, gravilla arena y cemento, en las proporciones específicas para cada producto.

### 5.2.2. IMPACTOS PRIORITARIOS

#### Impacto Cambio Climático por Procesos para cada producto de Hormigón

	Producto	Unidad	TOTAL	PROCESOS		
				Producción Áridos	Producción Cemento	Mezcla para formar Hormigón / Mortero
Cambio Climático	Hormigón premezclado H30 1 mt3	kg CO2 eq	229,1	7,75	202,33	19,00
		%	100,0%	3,4%	88,3%	8,3%
	Hormigón premezclado H40 1 mt3	kg CO2 eq	293,24	7,59	266,67	18,97
		%	100,0%	2,6%	90,9%	6,5%
	Mortero 1 mt3	kg CO2 eq	237,98	7,69	222,56	7,72
		%	100,0%	3,2%	93,5%	3,2%

Tabla Nº 11 Cambio Climático para productos de Hormigón.

## Cambio Climático Hormigón

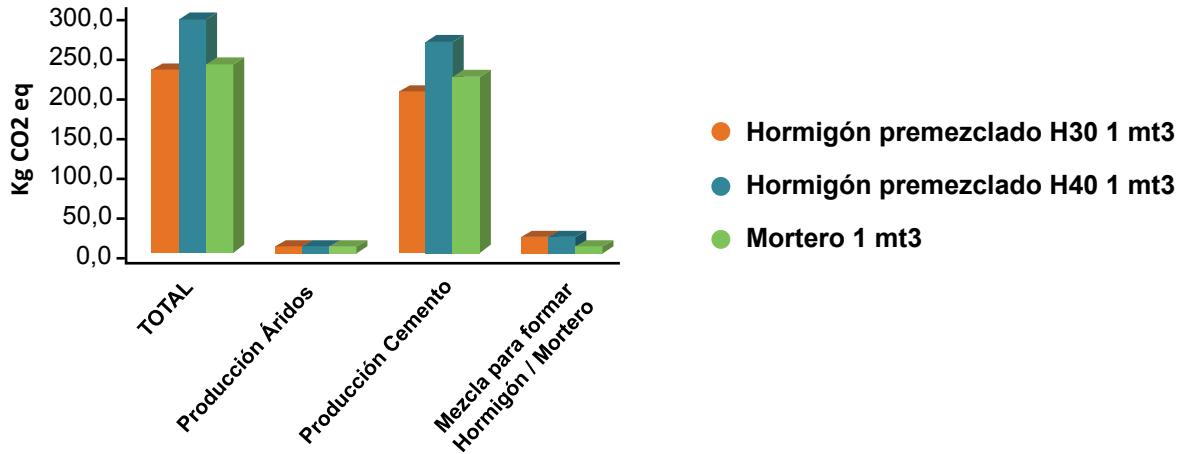


Figura N° 10 Gráfico de barras para Cambio Climático por procesos del hormigón

## Benchmark internacional, Cambio Climático para cada producto de Hormigón

	ECOBASE	Promedio benchmarks
HORMIGON H30 (M3)	229,1	292,3
HORMIGON H40 (M3)	293,2	330,3

Tabla N° 12 Benchmark internacional para productos del Hormigón.

## Benchmark Cambio Climático productos del Hormigón

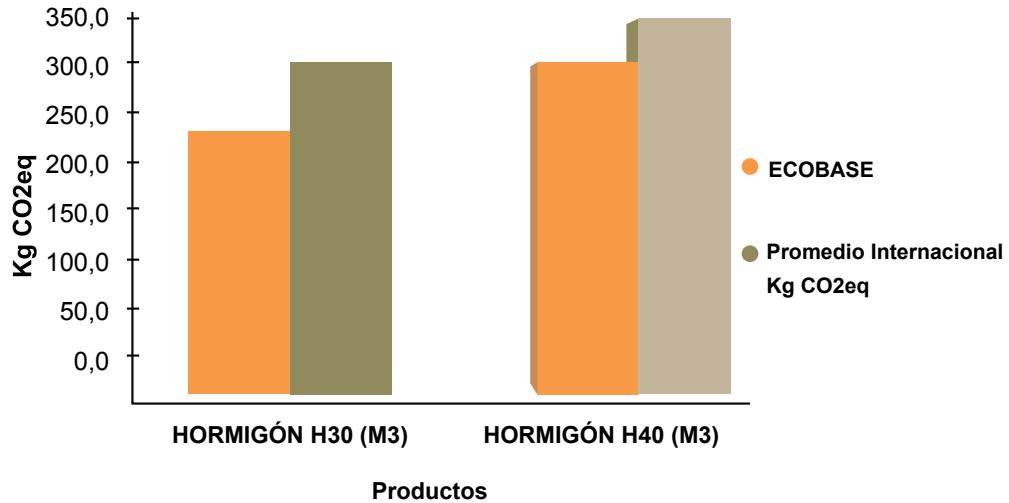


Figura N° 11 Gráfico de barras para Benchmark Cambio Climático para productos del hormigón.

### FUENTE DE INFORMACIÓN PRODUCTOS DEL HORMIGÓN:

Hormigón Ecolnvent portland {Row}, Hormigón ref.cemento portland puzolánico Ecolnvent {RoW}, Portland cement asociation (H35), Athena Canadá, BP LCI Australia

## Impacto Smog Fotoquímico por Procesos para cada producto de Hormigón

	Producto	Unidad	TOTAL	PROCESOS		
				Producción Áridos	Producción Cemento	Mezcla para formar Hormigón / Mortero
Smog Fotoquímico	Hormigón premezclado H30 1 mt3	kg NMVOC	0,81	0,08	0,56	0,17
		%	100,0%	9,8%	69,7%	20,5%
	Hormigón premezclado H40 1 mt3	kg NMVOC	0,99	0,08	0,74	0,16
		%	100,0%	7,9%	75,4%	16,7%
	Mortero 1 mt3	kg NMVOC	0,77	0,08	0,62	0,07
		%	100,0%	10,3%	81,1%	8,6%

Tabla N° 13 Smog Fotoquímico para productos de Hormigón.

## Smog Fotoquímico Hormigón

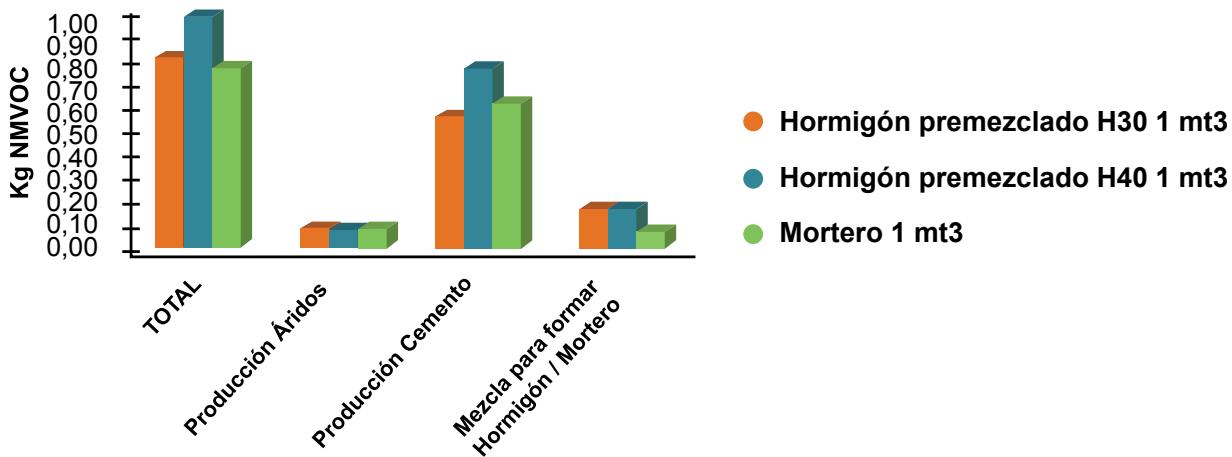


Figura N° 12 Gráfico de barras para Smog Fotoquímico por procesos del hormigón

## Impacto Material particulado por Procesos para cada producto de Hormigón

	Producto	Unidad	TOTAL	PROCESOS		
				Producción Áridos	Producción Cemento	Mezcla para formar Hormigón / Mortero
Material Particulado	Hormigón premezclado H30 1 mt3	kg PM10 eq	0,40	0,051	0,287	0,063
		%	100,0%	12,6%	71,7%	15,6%
	Hormigón premezclado H40 1 mt3	kg PM10 eq	0,49	0,049	0,377	0,061
		%	100,0%	10,1%	77,3%	12,6%
	Mortero 1 mt3	kg PM10 eq	0,40	0,050	0,315	0,039
		%	100,0%	12,4%	78,0%	9,6%

Tabla N° 144 Material particulado para productos de Hormigón.

## Material Particulado Hormigón

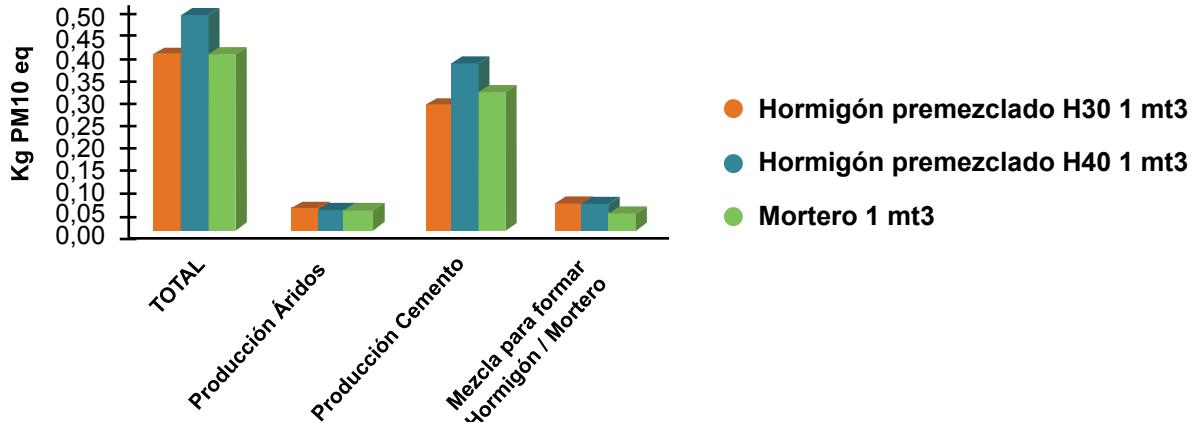


Figura N° 13 Gráfico de barras para Material Particulado por procesos del hormigón

## Impacto Agotamiento de metales por Procesos para cada producto de Hormigón

	Producto	Unidad	TOTAL	PROCESOS		
				Producción Áridos	Producción Cemento	Mezcla para formar Hormigón / Mortero
Agotamiento de los metales	Hormigón premezclado H30 1 mt3	kg Fe eq	0,27	0,08	0,19	0,002
		%	100,0%	29,2%	69,9%	0,9%
	Hormigón premezclado H40 1 mt3	kg Fe eq	0,32	0,076	0,245	0,002
		%	100,0%	23,5%	75,8%	0,7%
	Mortero 1 mt3	kg Fe eq	0,35	0,078	0,205	0,066
		%	100,0%	22,4%	58,7%	18,9%

Tabla N° 155 Agotamiento de metales para productos de Hormigón.

## Agotamiento de los Metales Hormigón

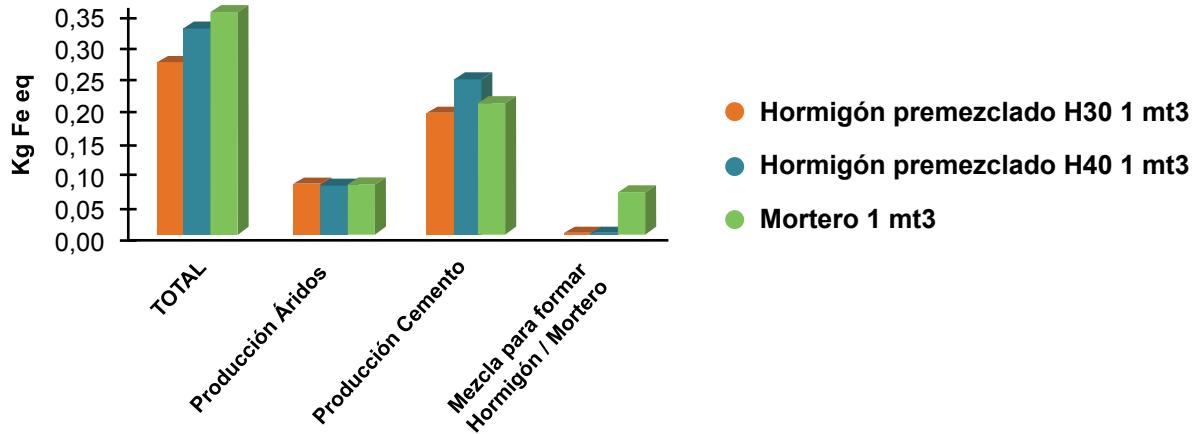


Figura N° 14 Gráfico de barras para Agotamiento de metales por procesos del hormigón

## Impacto Agotamiento fósil por Procesos para cada producto de Hormigón

	Producto	Unidad	TOTAL	PROCESOS		
				Producción Áridos	Producción Cemento	Mezcla para formar Hormigón / Mortero
Agotamiento fósil	Hormigón premezclado H30 1 mt3	kg oil eq	28,50	2,41	19,67	6,42
		%	100,0%	8,5%	69,0%	22,5%
	Hormigón premezclado H40 1 mt3	kg oil eq	34,74	2,36	25,97	6,41
		%	100,0%	6,8%	74,8%	18,5%
	Mortero 1 mt3	kg oil eq	26,42	2,36	21,68	2,38
		%	100,0%	8,9%	82,1%	9,0%

Tabla N° 16 Agotamiento fósil para productos de Hormigón.

## Agotamiento Fósil Hormigón

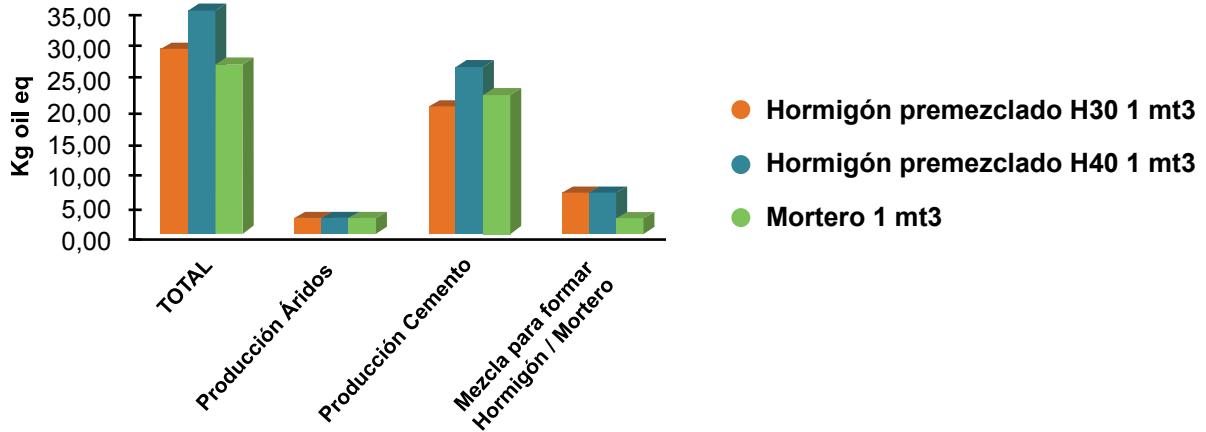


Figura N° 15 Gráfico de barras para Agotamiento fósil por procesos del hormigón.

## Impacto Consumo de Agua por Procesos para cada producto de Hormigón

	Producto	Unidad	TOTAL	PROCESOS		
				Producción Áridos	Producción Cemento	Mezcla para formar Hormigón / Mortero
Consumo de Agua	Hormigón premezclado H30 1 lt.	m3	459,24	66,74	345,39	47,12
		%	100,0%	14,5%	75,2%	10,3%
	Hormigón premezclado H40 1 lt.	m3	561,16	64,90	449,16	47,09
		%	100,0%	11,6%	80,0%	8,4%
	Mortero 1 lt.	m3	487,09	65,89	374,61	46,59
		%	100,0%	13,5%	76,9%	9,6%

Tabla N° 167 Consumo de Agua para productos de Hormigón.

## Consumo Agua Hormigón

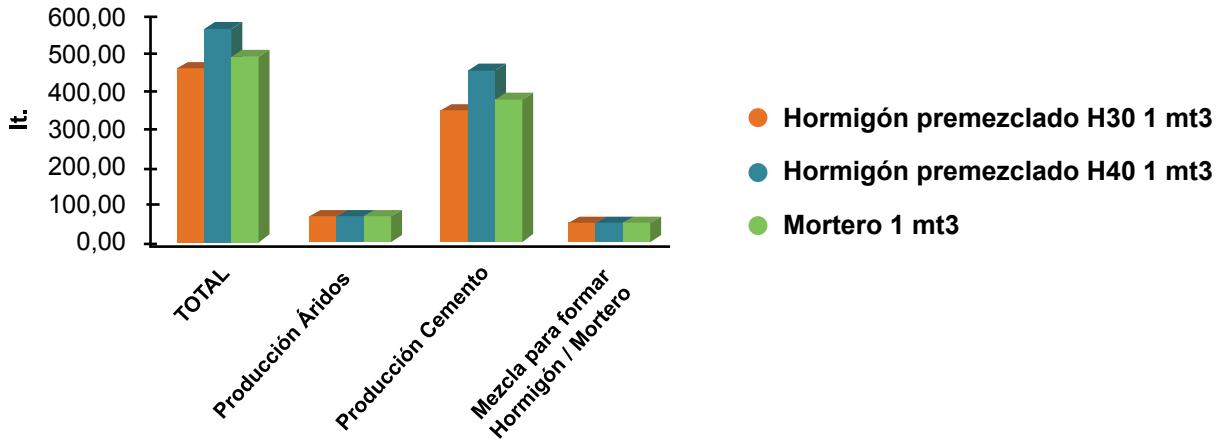


Figura N° 16 Gráfico de barras para Consumo de Agua por procesos del hormigón

## 5.3 ACERO

### 5.3.1 PROCESO

#### Unidad declarada:

- Barra para refuerzo de hormigón: 1kg de acero.

- Perfiles acero laminado: 1 kg de acero.

**a. Clasificación y selección de la chatarra:** La chatarra ingresada se clasifica de acorde a su tamaño, peso, composición química, densidad de material, grado de impurezas y procesos de descargas. Esta materia prima se subdivide en: (a) chatarra lista, (b) chatarra oxycorte y © chatarra prensa. Luego la chatarra es tomada por un electroimán el que, gracias a las propiedades magnéticas del hierro, la selecciona y traslada hasta la cesta, en un recipiente de acero.

**b. Coquificación:** Proceso de elaboración de coque a través de carbón. El carbón es molido y mezclado para lograr la consistencia deseada, luego se realiza un proceso de homogeneizado que ingresa a las tolvas de baterías.

**c. Alto horno:** Estructura de capsula cilíndrica de acero. Por la parte superior del horno, se cargan los minerales de hierro, caliza y coque, se inyecta aire precalentado lo que ayuda a la combustión de los minerales y produce el arrabio.

**d. Acería:** Proceso en el cuál se puede generar acero líquido o arrabio, si en los procesos anteriores no se ha realizado. En esta etapa se inyecta oxígeno gaseoso y materiales fundentes y carburantes para fundir todos los materiales ingresados en este proceso. La escoria (residuo o co-producto) generada tiene la característica de ser más liviana por lo que flota sobre el acero líquido. Una vez retirada las impurezas generadas y la escoria del arrabio se analiza el contenido de carbono y la composición química de la muestra

**e. Colada Continua:** El arrabio se vierte en moldes abiertos refrigerados con agua y con una geometría determinada. En esta etapa se obtiene un producto semiterminado, llamado

palanquilla. El material ingresa líquido al molde y al salir está en estado sólido.

**f. Laminador de Barras/Rollos:** Proceso de deformación mecánica que le da la forma requerida a la palanquilla. Este proceso ocurre a temperaturas elevadas, que provoca el aumento en la capacidad de deformación.

**g. Corte:** Por medio de maquinarias específicas se realiza el corte del material en caliente. Luego de efectuado el corte en caliente, el producto pasa por un proceso de corte frío que efectúa las longitudes comerciales solicitadas.

**h. Embalaje:** Los productos se amarran con zunchos de acero y se les agrega la etiqueta que indica las propiedades técnicas del material elaborado.

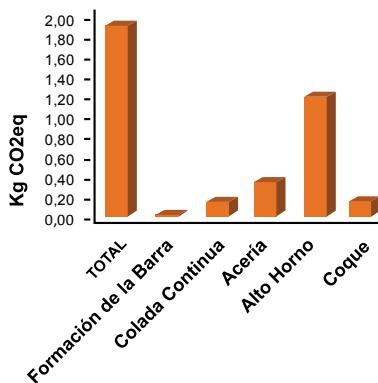
### 5.3.2 IMPACTOS PRIORITARIOS

#### Impacto Cambio Climático por Procesos para cada producto del Acero

				PROCESOS				
Cambio Climático	Producto	Unidad	TOTAL	Formación de la Barra	Colada Continua	Acería	Alto Horno	Coque
	Cambio Climático	Barra acero para refuerzo de hormigón 1 kg	kg CO2 eq	1,89	0,02	0,15	0,34	1,20
		%	100,0%	1,0%	7,9%	18,3%	63,7%	9,1%
Producto		Unidad	TOTAL	Acería		Laminación		
Perfiles acero laminado 1 kg		kg CO2 eq	0,66	0,52		0,14		
	%	100,0%	78,4%		21,6%			

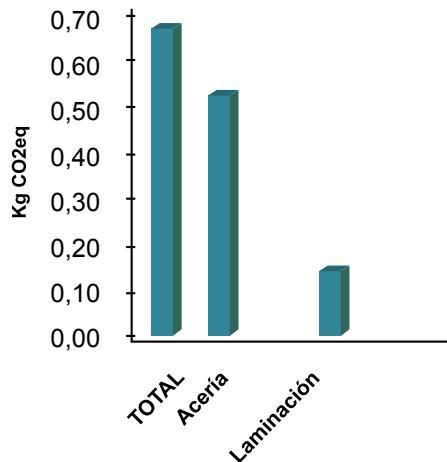
Tabla N° 201 Cambio Climático para productos del Acero.

#### Cambio Climático Barra de refuerzo



- Barra acero para refuerzo de hormigón 1Kg

#### Cambio Climático Perfiles Acero Laminado



- Perfiles acero laminado 1 Kg

Figura N° 18 Gráficos de barras para Cambio Climático por procesos del acero para los productos Barra de Acero de refuerzo y Perfil laminado.

## Benchmark internacional, Cambio Climático para cada productos del acero

	ECOBASE	Promedio Internacional (kg CO2 eq)
Barra de refuerzo	1,9	1,3
Perfil acero	0,7	2,0

Tabla N° 22 Benchmark internacional, Promedio Cambio climático para productos del acero.

## Benchmark Cambio Climático productos de Acero

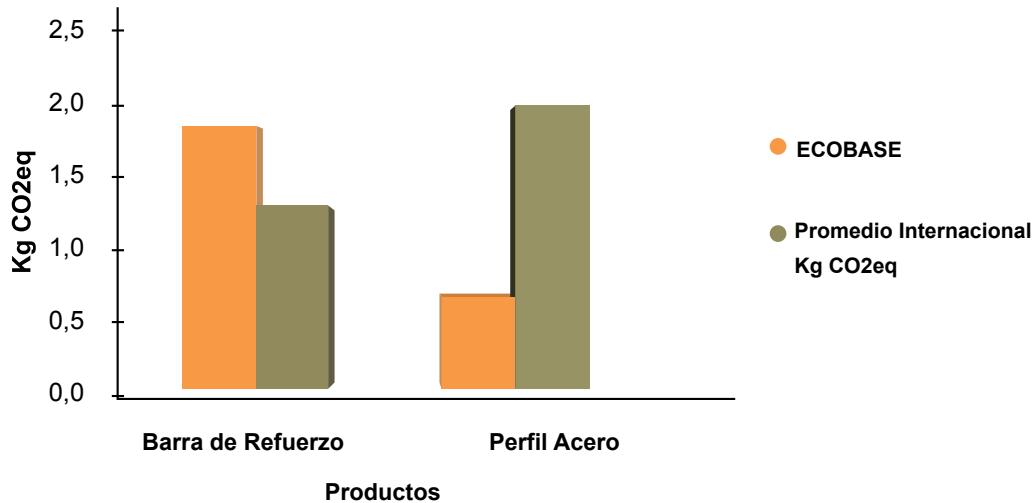


Figura N° 19 Gráfico de barras para Benchmark internacional para Cambio Climático, promedios.

### FUENTE DE INFORMACIÓN PRODUCTOS DE ACERO:

Reinforcing steel RoW - ECOINVENT, Australian Steel Institute April 2006, NREL Steel product, primary structural, beams and columns, at plant, NREL Steel product, secondary structural, girts and purlins, at plant NREL, BP LCI Australia.

## Impacto Smog Fotoquímico por Procesos para cada producto del Acero

			PROCESOS				
Producto	Unidad	TOTAL	Formación de la Barra	Colada Continua	Acería	Alto Horno	Coque
Barra acero para refuerzo de hormigón 1 kg	kg NMVOC	0,017	3,3E-4	1,2E-3	3,5E-3	7,1E-3	4,3E-3
	%	100,0%	2,0%	7,4%	21,4%	43,2%	26,1%
Producto	Unidad	TOTAL	Acería		Laminación		
Perfiles acero laminado 1 kg	kg NMVOC	4,2E-3	3,7E-3		4,8E-4		
	%	100,0%	88,5%		11,5%		

Tabla N° 23 Smog Fotoquímico para productos del Acero.

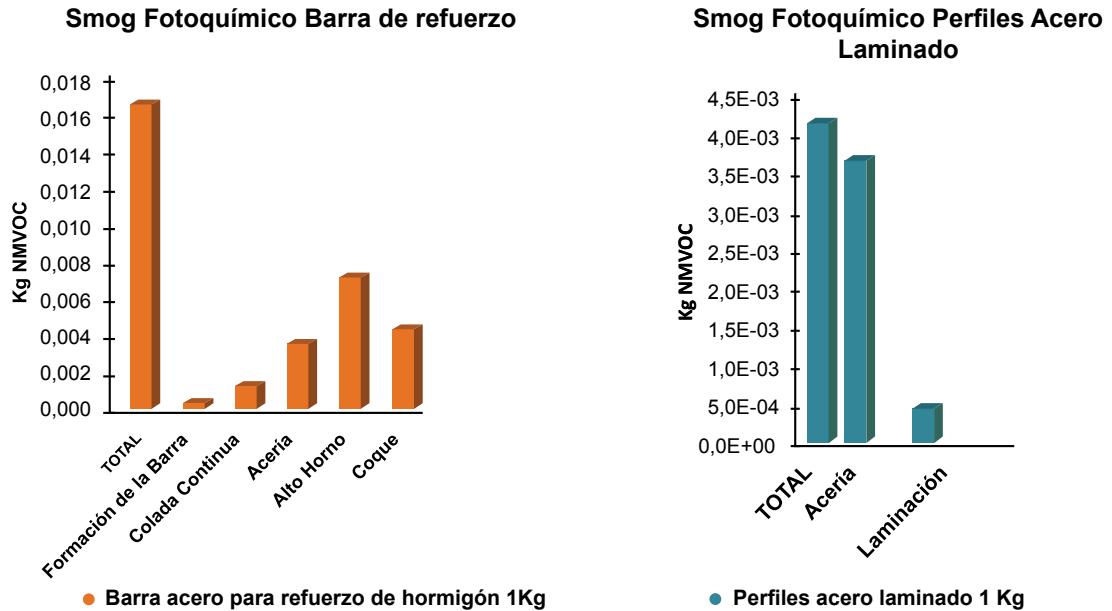


Figura N° 20 Gráficos de barras para Smog fotoquímico por procesos del acero para los productos Barra de Acero de refuerzo y Perfil laminado.

## Impacto Material Particulado por Procesos para cada producto del Acero

			PROCESOS					
Producto	Unidad	TOTAL	Formación de la Barra	Colada Continua	Acería	Alto Horno	Coque	
Material Particulado	Barra acero para refuerzo de hormigón 1 kg	kg PM10 eq	0,009	2,19E-4	7,31E-4	2,32E-3	4,61E-3	1,56E-3
		%	100,0%	2,3%	7,7%	24,6%	48,8%	16,5%
	Producto	Unidad	TOTAL	Acería		Laminación		
	Perfiles acero laminado 1 kg	kg PM10 eq	0,004	3,9E-3		4,7E-4		
%		100,0%	89,3%		10,7%			

Tabla N° 24 Material particulado para productos del Acero.

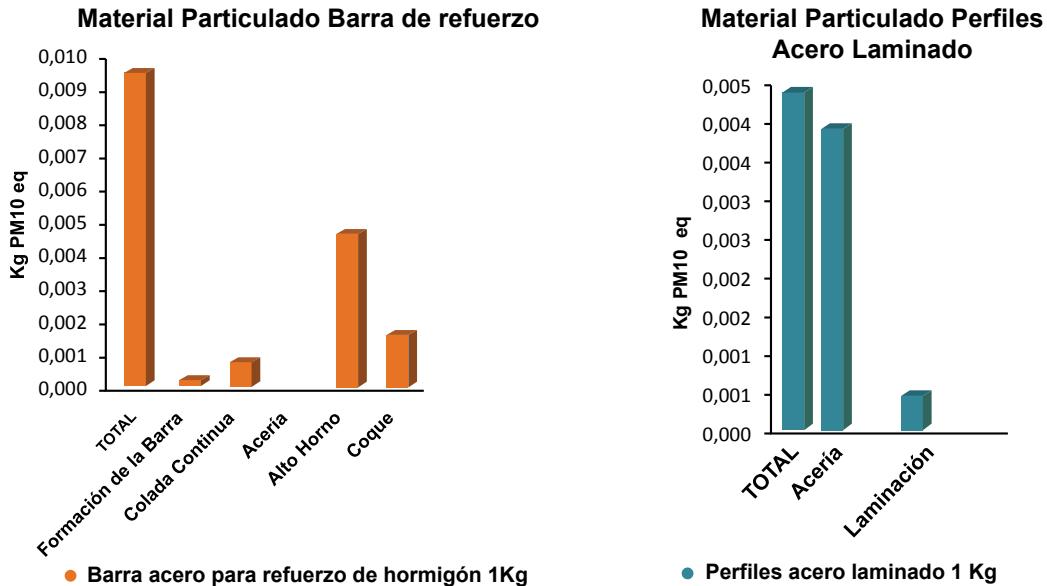


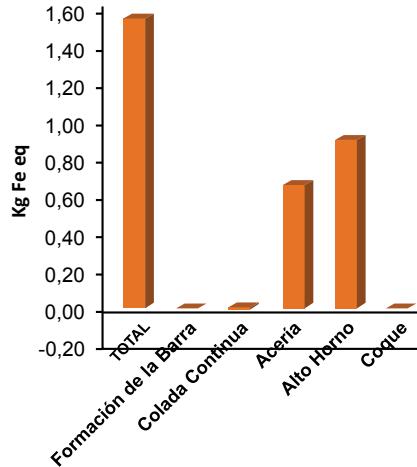
Figura N° 21 Gráfico de barras para Material Particulado por procesos del acero para los productos Barra de Acero de refuerzo y Perfil laminado

## Impacto Agotamiento de los Metales por Procesos para cada producto del Acero

	Producto	Unidad	TOTAL	PROCESOS				
				Formación de la Barra	Colada Continua	Acería	Alto Horno	Coque
Agotamiento de los metales	Barra acero para refuerzo de hormigón 1 kg	kg Fe eq	1,55	3,5E-6	-7,9E-3	6,6E-1	9,0E-1	4,8E-4
		%	100,0%	0,0%	-0,5%	42,4%	58,1%	0,0%
	Producto	Unidad	TOTAL	Acería		Laminación		
	Perfiles acero laminado 1 kg	kg Fe eq	1,01	0,99		-0,02		
		%	100,0%	98,3%		1,7%		

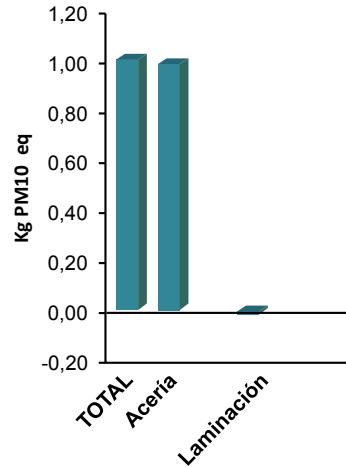
Tabla N° 25 Agotamiento de los metales para productos del Acero.

### Agotamiento de los Metales Barra de refuerzo



● Barra acero para refuerzo de hormigón 1Kg

### Agotamiento de los Metales Perfiles Acero Laminado



● Perfiles acero laminado 1 Kg

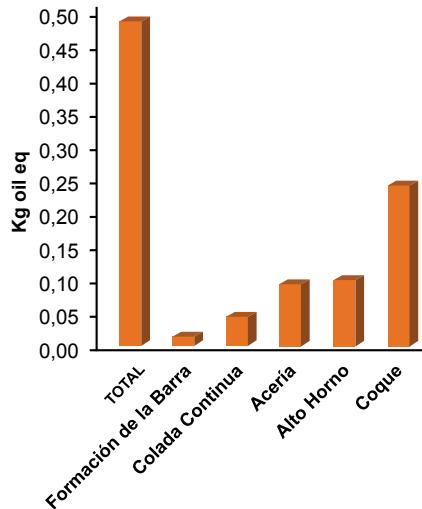
Figura N° 21 Gráfico de barras para Agotamiento de metal por Procesos del acero para los productos Barra de Acero de refuerzo y Perfil laminado.

## Impacto Agotamiento Fósil por Procesos para cada producto del Acero

	Producto	Unidad	TOTAL	PROCESOS				
				Formación de la Barra	Colada Continua	Acería	Alto Horno	Coque
Agotamiento fósil	Barra acero para refuerzo de hormigón 1 kg	kg oil eq	0,49	0,01	0,04	0,09	0,10	0,24
		%	100,0%	2,8%	8,8%	18,9%	20,2%	49,3%
	Producto	Unidad	TOTAL	Acería		Laminación		
	Perfiles acero laminado 1 kg	kg oil eq	0,20	0,14		0,05		
	%	100,0%	73,2%		26,8%			

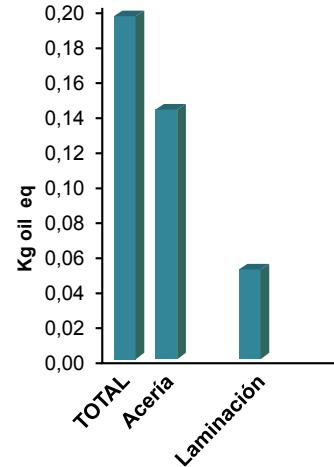
Tabla N° 26 Agotamiento fósil para productos del Acero.

### Agotamiento Fósil Barra de refuerzo



● Barra acero para refuerzo de hormigón 1Kg

### Agotamiento Fósil Perfiles Acero Laminado



● Perfiles acero laminado 1 Kg

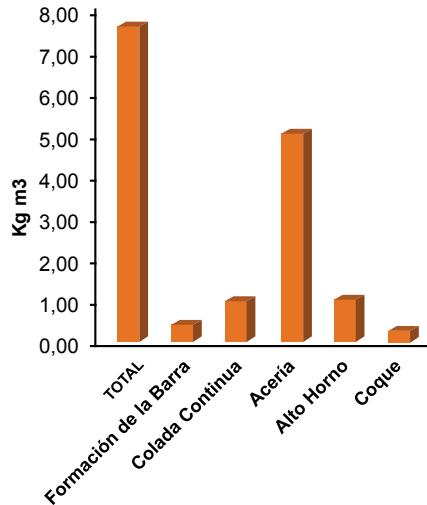
Figura N° 22 Gráficos de barras para Agotamiento fósil por Procesos del acero para los productos Barra de Acero de refuerzo y Perfil laminado.

## Impacto Consumo de Agua por Procesos para cada producto del Acero

	Producto	Unidad	TOTAL	PROCESOS				
				Formación de la Barra	Colada Continua	Acería	Alto Horno	Coque
Consumo de Agua	Barra acero para refuerzo de hormigón 1 kg	m3	7,64	0,40	0,98	4,99	1,01	0,26
		%	100,0%	5,2%	12,9%	65,3%	13,2%	3,4%
	<b>Producto</b>	<b>Unidad</b>	<b>TOTAL</b>	<b>Acería</b>		<b>Laminación</b>		
	Perfiles acero laminado 1 kg	m3	8,62	7,23		1,40		
		%	100,0%	83,8%		16,2%		

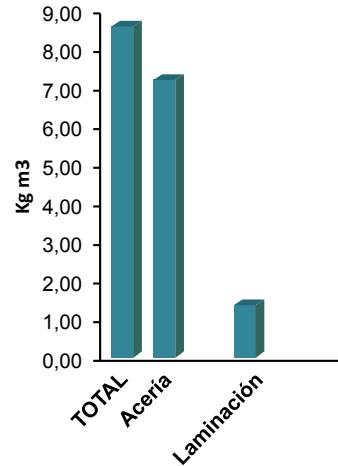
Tabla N° 27 Consumo de agua para productos del Acero.

### Consumo de Agua Barra de refuerzo



● Barra acero para refuerzo de hormigón 1Kg

### Consumo de Agua Perfiles Acero Laminado



● Perfiles acero laminado 1 Kg

Figura N° 23 Gráfico de barras para Consumo de Agua por Procesos del acero para los productos Barra de Acero de refuerzo y Perfil laminado.

## 5.4 MADERA

### 5.4.1 PROCESO

#### Unidad declarada:

- Tablero MDF: 1 m<sup>3</sup> de tablero de 10mm de espesor.
- Madera estructural Impregnada: 1 m<sup>3</sup> de tablero de 11,1 mm de espesor.
- Terciado - plywood: 1 m<sup>3</sup> de tablero de 10 mm de espesor.
- Tableros Aglomerados (particleboard): 1 m<sup>3</sup> de tablero de 10mm de espesor.
- Tablero OSB: 1 m<sup>3</sup> de tablero de 10 mm de espesor.

**a. Producción Forestal:** El siguiente proceso, idéntico para cada producto, incluye todas las operaciones forestales hasta la cosecha de los troncos. Entre estas se encuentran el inicio de cultivo, incluyendo las semillas y uso de maquinarias para su plantación; preparación del suelo; cuidado, poda y mantenimiento del cultivo, incluyendo el uso de maquinarias; mantenimiento de los caminos; y cosecha, donde se asume el uso de maquinaria para estas labores

**b. Producción Madera estructural:** El proceso incluye el transporte de trozos desde los bosques a la industria, los cuales son mantenidos bajo riego y clasificados según su diámetro, para pasar al proceso de descortezado. A continuación los trozos descortezados pasan a las distintas etapas del

proceso de aserrío hasta obtener las dimensiones finales del producto.

Luego la madera es enviada a las cámaras de secado, hasta obtener un contenido de humedad de 15-18/% para las distintas maderas. La madera impregnada solo requiere un contenido de humedad entre 25-28%. Sin embargo, los procesos de secado no permitan la separación solo de madera destinada a clasificación estructural e impregnada.

El producto obtenido desde las cámaras es clasificado visualmente, para destinarlo a la certificación estructural. Una vez timbrado con su certificación es enviado al proceso de impregnación, para obtener una retención y penetración de acuerdo a norma 819. Finalmente el producto es secado nuevamente, ya sea en cámara o al aire, hasta obtener un CH <19%. Finalmente el producto pasa a empaquetado.

El proceso incluye todos los consumos eléctricos y de vapor, incluyendo también la cogeneración de estos a partir de la corteza, aserrín y astillas generadas durante el proceso.

**c. Producción Tableros OSB (fibras):** El proceso incluye desde el transporte de la madera a la fábrica. Posteriormente esta es desfibrada y encolada con resina. A continuación, el producto es prensado en frío para consolidar las fibras y luego en caliente para el correcto fragüe de la resina. Finalmente es enfriado y dimensionado. El proceso incluye los consumos de materias primas, así como

los consumos de electricidad y calor provenientes de la red y combustibles fósiles.

**d. Producción Tableros MDF:** El proceso incluye desde el transporte de la madera a la fábrica. Luego esta pasa por un proceso de desfibrado y encolado, donde se agrega la resina al producto. Posteriormente, se pasa a los procesos de prensado en frío y en caliente para el correcto fragüe de la resina. Finalmente el producto es enfriado y dimensionado según los requerimientos. El proceso incluye la producción de materias primas, consumo de electricidad y calor, proveniente tanto de la red eléctrica como de la co-generación a base de biomasa propia y externa.

**e. Producción Terciado - Plywood:** El proceso incluye desde el transporte de los trozos hasta la industria. Los trozos son apilados bajo riego, clasificados en diámetro, para luego ser descortezados y enviados al proceso de maceración, donde la madera es rociada con agua caliente antes de pasar al debobinado. Una vez debobinado el trozo, la chapa es dimensionada en el formato establecido para luego entrar al proceso de secado. La chapa que sale del secado es clasificada visualmente para confeccionar los tableros. Cada chapa es rociada con el adhesivo fenol-formaldehído para luego ser prensado en frío y luego prensado en caliente para el correcto fraguado del adhesivo. Posteriormente, el tablero es formateado

a la dimensión final, para luego ser reparado si es necesario, lijado y finalmente empaquetado.

El proceso incluye los consumos de materias primas, así como los consumos de electricidad y calor, tanto proveniente de la red eléctrica como de la cogeneración a partir de biomasa.

**f. Producción Madera Aglomerada:** El proceso incluye desde el transporte de virutas a la fábrica, las cuales luego son encoladas con resina. Posteriormente, el producto es prensado en frío y luego en caliente para el correcto fragüe de la resina. Finalmente el producto es enfriado y dimensionado según los requerimientos. El proceso incluye la producción de materias primas, consumo de electricidad y calor, proveniente tanto de la red eléctrica como de la co-generación a base de biomasa propia y externa.

**g. Empaquetado:** El proceso de empaquetado, de cada producto, se realiza generalmente con zunchos, tacos y envuelto en algunas oportunidades con plástico y/o cartón.

## 5.4.2 IMPACTOS PRIORITARIOS

### Impacto Cambio Climático por Procesos para cada producto de la categoría Madera

	Producto	Unidad	TOTAL	PROCESOS	
				Producción Madera	Producción Tableros/ Procesamiento
Cambio Climático	Terciado - plywood 1 m3	kg CO2 eq	368,28	28,74	339,54
		%	100,0%	7,8%	92,2%
	Madera estructural 1 m3	kg CO2 eq	49,17	23,92	25,25
		%	100,0%	48,6%	51,4%
	Tablero MDF 1 m3	kg CO2 eq	467,80	31,27	436,53
		%	100,0%	6,7%	93,3%
	Madera aglomerada 1 m3	kg CO2 eq	267,77	35,23	232,54
		%	100,0%	13,2%	86,8%
	Tableros OSB 1 m3	kg CO2 eq	440,33	190,86	249,47
		%	100,0%	43,3%	56,7%

Tabla N° 21 Cambio Climático para productos de la madera.

### Cambio Climático Madera

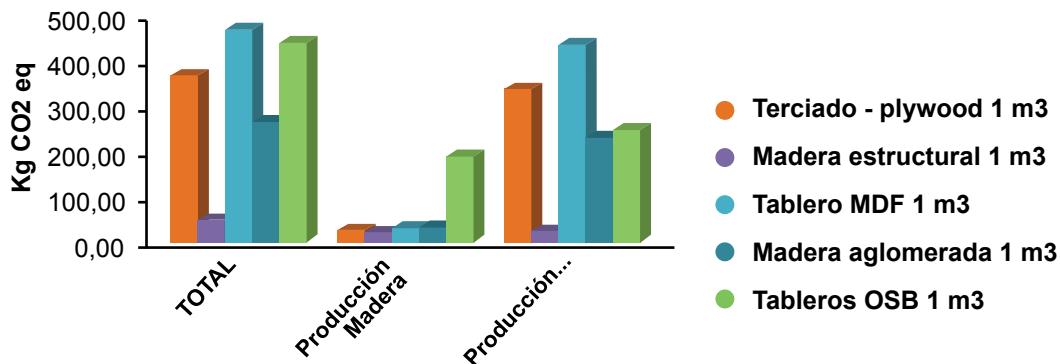


Figura N° 25 Gráfico de barras para Cambio climático por Procesos para productos de Madera.

## Benchmark internacional, Cambio Climático para cada producto de Madera

	ECOBASE	Promedio Internacional (kg CO2 eq)
Plywood (1 m3)	368,3	566,7
Madera estructural (1 m3)	49,2	102,0
MDF (1 m3)	467,8	768,0
Madera glomerada (1 m3)	267,8	403,0
OSB (1 m3)	440,3	233,0

Tabla Nº 31 Benchmark internacional, Cambio Climático para productos de la madera

## Benchmark Cambio Climático productos de Madera

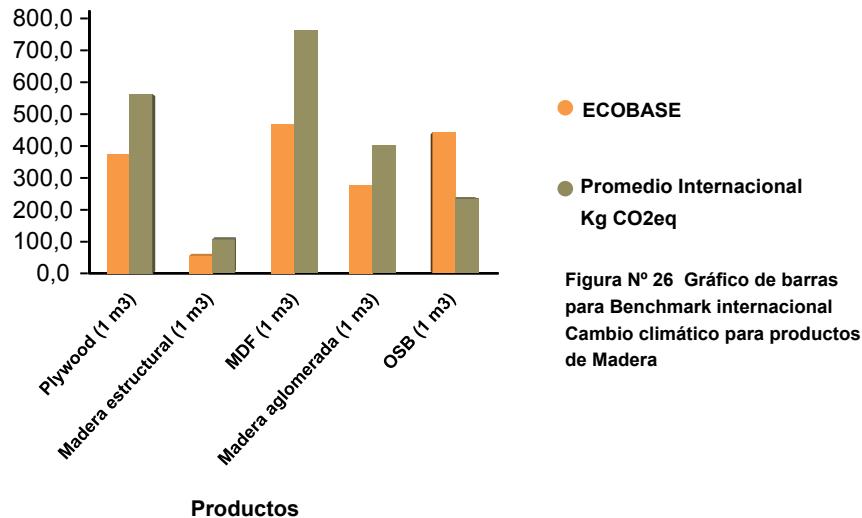


Figura Nº 26 Gráfico de barras para Benchmark internacional Cambio climático para productos de Madera

### Supuestos de las Bases de datos

#### Athena:

1. Mass y economic allocation. Distinta forma de asignar los impactos.
2. No considera las emisiones biogénicas de

carbono

#### Ecoinvent:

1. No especifica tipo ni espesor de la plancha.
2. Usa distinto tipo de madera para OSB

Rivela, Hospido, Moreira & Feijoo, 2006

1. Contabiliza la captación de carbono.

Puetmann, Oneil, Kline & Johnson, 2013

1. Mass allocation para producción forestal

## Impacto Formación Smog Fotoquímico por Procesos para cada producto de la categoría Madera

	Producto	Unidad	TOTAL	PROCESOS	
				Producción Madera	Producción Tableros/ Procesamiento
Smog Fotoquímico	Terciado - plywood 1 m3	kg NMVOC	3,77	0,35	3,42
		%	100,0%	9,2%	90,8%
	Madera estructural 1 m3	kg NMVOC	0,56	0,28	0,27
		%	100,0%	51,0%	49,0%
	Tablero MDF 1 m3	kg NMVOC	2,87	0,23	2,64
		%	100,0%	8,0%	92,0%
	Madera aglomerada 1 m3	kg NMVOC	1,75	0,24	1,51
		%	100,0%	13,7%	86,3%
	Tableros OSB 1 m3	kg NMVOC	4,67	2,59	2,08
		%	100,0%	55,5%	44,5%

Tabla N° 32 Smog Fotoquímico para productos de la madera

## Smog Fotoquímico Madera

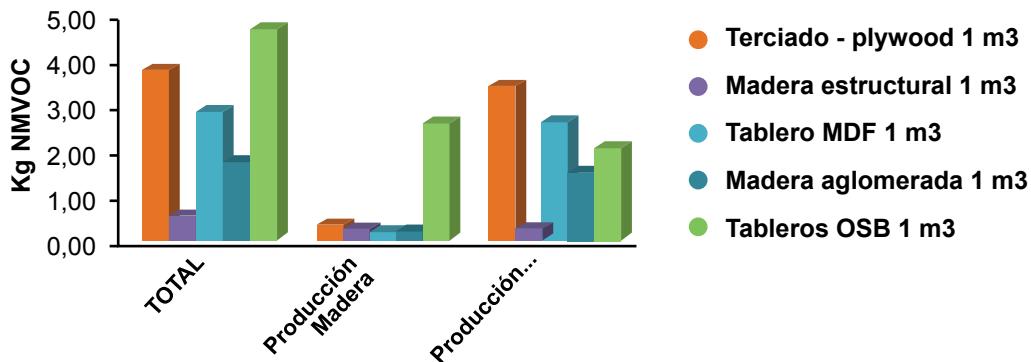


Figura 28: Gráfico de barras para Smog Fotoquímico por Procesos para productos de Madera.

## Impacto Material Particulado por Procesos para cada producto de la categoría Madera

	Producto	Unidad	TOTAL	PROCESOS	
				Producción Madera	Producción Tableros/ Procesamiento
Material Particulado	Terciado - plywood 1 m3	kg PM10 eq	2,08	0,23	1,85
		%	100,0%	10,8%	89,2%
	Madera estructural 1 m3	kg PM10 eq	0,19	0,06	0,13
		%	100,0%	30,5%	69,5%
	Tablero MDF 1 m3	kg PM10 eq	3,26	0,13	3,14
		%	100,0%	3,9%	96,1%
	Madera aglomerada 1 m3	kg PM10 eq	1,91	0,13	1,79
		%	100,0%	6,7%	93,3%
	Tableros OSB 1 m3	kg PM10 eq	8,28	6,43	1,85
		%	100,0%	77,6%	22,4%

Tabla Nº 33 Material particulado para productos de la madera

## Material Particulado Madera

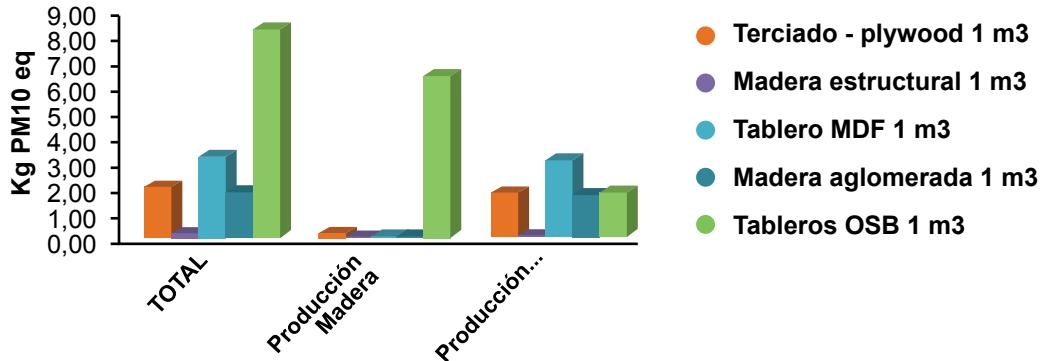


Figura Nº 279 Gráfico de barras para Material Particulado por Procesos para productos de Madera

## Impacto Agotamiento de metales por Procesos para cada producto de la categoría Madera

	Producto	Unidad	TOTAL	PROCESOS	
				Producción Madera	Producción Tableros/Procesamiento
Agotamiento de los metales	Terciado - plywood 1 m3	kg Fe eq	0,45	0,01	0,44
		%	100,0%	1,6%	98,4%
	Madera estructural 1 m3	kg Fe eq	0,02	7,05E-3	8,01E-3
		%	100,0%	46,8%	53,2%
	Tablero MDF 1 m3	kg Fe eq	1,37	0,04	1,33
		%	100,0%	2,7%	97,3%
	Madera aglomerada 1 m3	kg Fe eq	0,79	0,08	0,72
		%	100,0%	9,8%	90,2%
	Tableros OSB 1 m3	kg Fe eq	0,41	0,03	0,38
		%	100,0%	7,6%	92,4%

Tabla N° 34 Agotamiento metales para productos de la madera

## Agotamiento de los Metales Madera

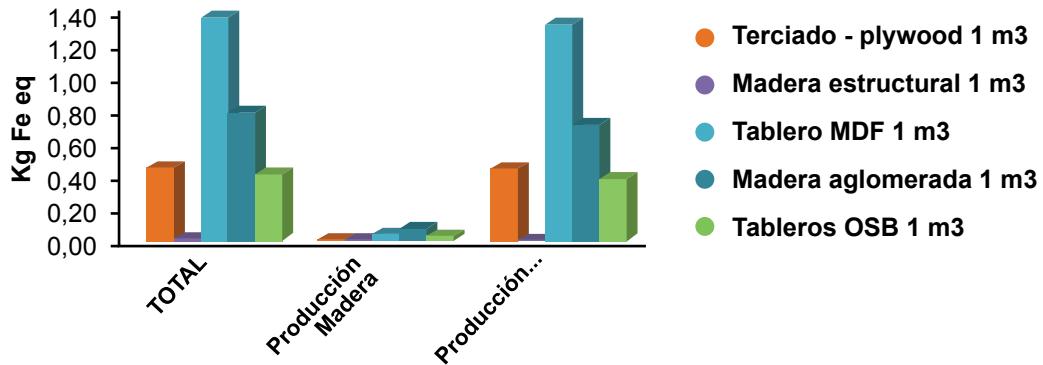


Figura N° 30 Gráfico de barras para Agotamiento de metales por Procesos para productos de Madera.

## Impacto Agotamiento fósil por Procesos para cada producto de la categoría Madera

	Producto	Unidad	TOTAL	PROCESOS	
				Producción Madera	Producción Tableros/ Procesamiento
Agotamiento fósil	Terciado - plywood 1 m3	kg oil eq	185,28	9,94	175,34
		%	100,0%	5,4%	94,6%
	Madera estructural 1 m3	kg oil eq	16,87	8,48	8,40
		%	100,0%	50,2%	49,8%
	Tablero MDF 1 m3	kg oil eq	174,26	10,27	163,99
		%	100,0%	5,9%	94,1%
	Madera aglomerada 1 m3	kg oil eq	100,59	12,22	88,37
		%	100,0%	12,1%	87,9%
	Tableros OSB 1 m3	kg oil eq	169,21	58,54	110,66
		%	100,0%	34,6%	65,4%

Tabla N° 225 Agotamiento fósil para productos de la madera

## Agotamiento Fósil Madera

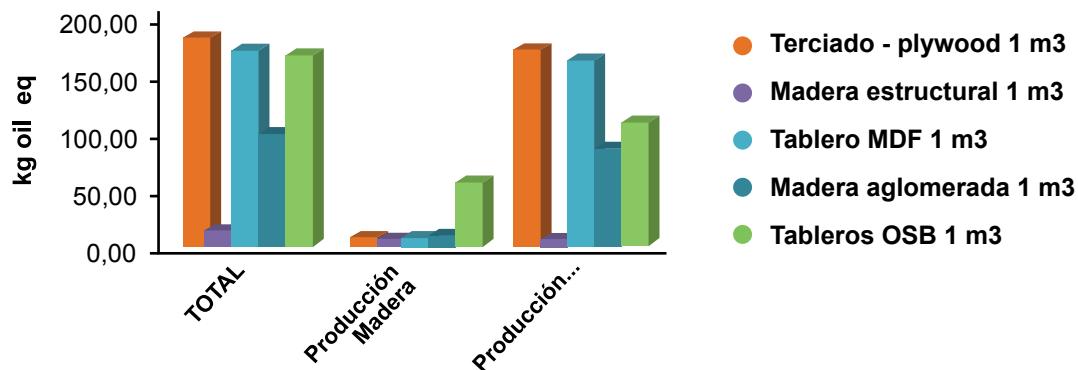


Figura N° 31 Gráfico de barras para Agotamiento fósil por Procesos para productos de Madera

## Impacto Consumo de Agua por Procesos para cada producto de la categoría Madera

	Producto	Unidad	TOTAL	PROCESOS	
				Producción Madera	Producción Tableros/ Procesamiento
Consumo agua	Terciado - plywood 1 m3	m3	5,64	0,03	5,61
		%	100,0%	0,5%	99,5%
	Madera estructural 1 m3	m3	1,49	0,03	1,46
		%	100,0%	1,7%	98,3%
	Tablero MDF 1 m3	m3	8,72	0,18	8,54
		%	100,0%	2,1%	97,9%
	Madera aglomerada 1 m3	m3	4,02	0,33	3,69
		%	100,0%	8,1%	91,9%
	Tableros OSB 1 m3	m3	2,97	0,18	2,79
		%	100,0%	6,1%	93,9%

Tabla N° 36 Consumo de Agua para productos de la madera

## Consumo Agua Madera

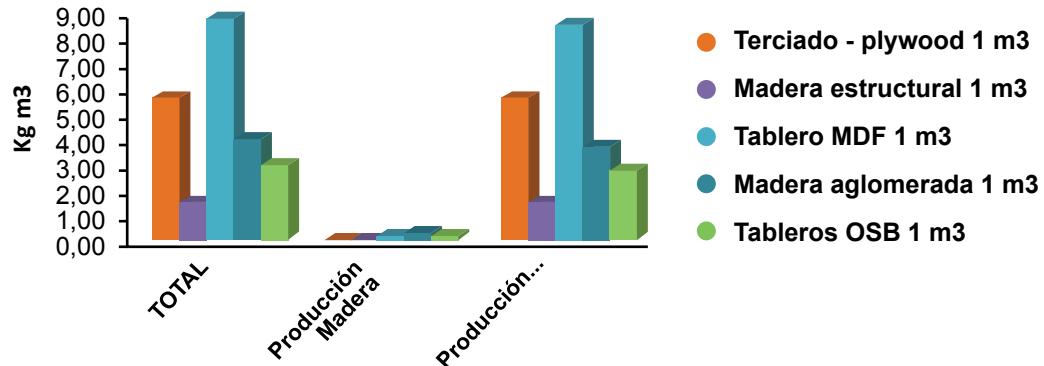


Figura N° 32 Gráfico de barras para Consumo de Agua por Procesos para productos de Madera.

## 5.5 LADRILLO

### 5.5.1 PROCESO

#### Unidad declarada:

- Ladrillo Estructural: 1 kg de ladrillos.
  - a. Extracción y maduración de arcilla:** El proceso incluye la extracción de arcilla del suelo de la cantera y maduración de ésta.
  - b. Producción ladrillo:** El proceso incluye desde el pre-procesamiento de arcilla (trititación, homogenización y mezclado) hasta la cocción de los ladrillos, pasando por elaboración, moldeado de los ladrillos y secado. No se incluye el transporte de la arcilla ya que las canteras se encuentran a escasos metros de las fábricas. Se incluye el consumo de materias primas, electricidad y calor para el moldeado y secado.
  - c. Empaquetado:** El proceso incluye el empaquetado con cintas plásticas y/o de metal, para ser almacenado y posteriormente trasladado en pallets.

### 5.4.2 IMPACTOS PRIORITARIOS

#### Impacto Cambio Climático por Entradas/Salidas para la categoría Ladrillos

	Producto	Unidad	TOTAL	PROCESOS		
				Extracción arcilla	Producción ladrillos	Empaquetado
Cambio Climático	Ladrillo 1	kg CO2 eq	0,24	0,005	0,232	0,002
	Kg	%	100,0%	2,3%	97,0%	0,7%

Tabla N° 23 Cambio Climático para ladrillos

## Cambio Climático Ladrillo



Figura N° 29 Grafico de barras de Cambio Climático por entradas y salidas del Ladrillo.

## Benchmark internacional, Cambio Climático para cada producto de Madera

	ECOBASE	Promedio Internacional (kg CO2 eq)
Ladrillos 1 kg	0,24	0,35

Tabla N° 243 Smog Fotoquímico para ladrillos

### FUENTE DE INFORMACIÓN PRODUCTO DE MADERA:

Ecoinvent (RoW), EPD Mattoni (Italia), Think Brick Australia, Koroneos & Dompros, 2006 (Grecia)

## Benchmark Cambio Climático productos de Ladrillo

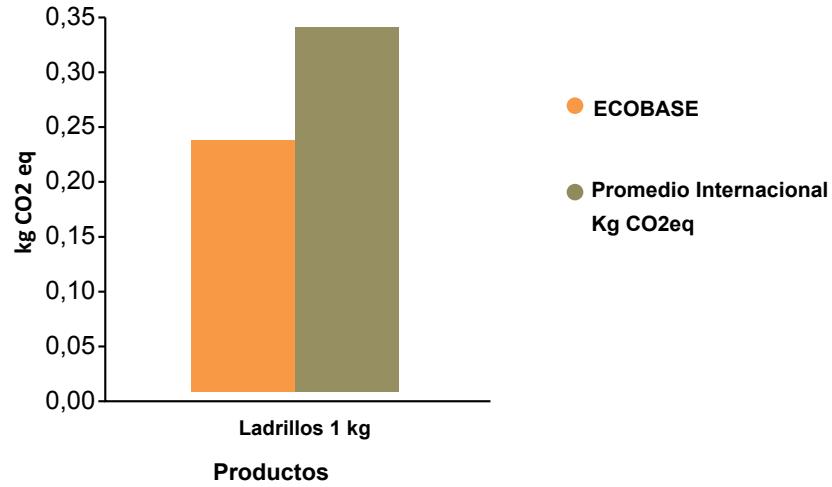


Figura N° 35 Gráfico de barras para Benchmark internacional Cambio climático para productos de Ladrillo

## Impacto Formación Smog Fotoquímico por Procesos para cada producto de la categoría Ladrillo

	Producto	Unidad	TOTAL	PROCESOS		
				Extracción arcilla	Producción ladrillos	Empaquetado
Smog Fotoquímico	Ladrillo 1 Kg	kg NMVOC	7,0E-4	6,6E-5	6,2E-4	7,6E-6
		%	100,0%	9,6%	89,4%	1,1%

Tabla N° 44 Smog Fotoquímico para ladrillos

### Smog Fotoquímico Ladrillo



Figura N° 36 Gráfico de barras de smog fotoquímico por entradas y salidas de Ladrillo

## Impacto Material Particulado por Entradas/Salidas para la categoría Ladrillos

	Producto	Unidad	TOTAL	PROCESOS		
				Extracción arcilla	Producción ladrillos	Empaquetado
Material Particulado	Ladrillo 1 Kg	kg PM10 eq	1,1E-3	2,0E-5	1,1E-3	2,5E-6
		%	100,0%	1,8%	98,0%	0,2%

Tabla N° 45 Material particulado para ladrillos

### Material Particulado Ladrillo



Figura N° 307 Grafico de barras de Material Particulado por entradas y salidas del Ladrillo

## Impacto Agotamiento de metales por Entradas/Salidas para la categoría Ladrillos

	Producto	Unidad	TOTAL	PROCESOS		
				Extracción arcilla	Producción ladrillos	Empaquetado
Agotamiento de los metales	Ladrillo 1 Kg	kg Fe eq	5,3E-5	4,3E-7	4,1E-5	1,2E-5
		%	100,0%	0,8%	77,0%	22,2%

Tabla N° 25 Agotamiento de metales para ladrillos

### Agotamiento de Metales Ladrillo

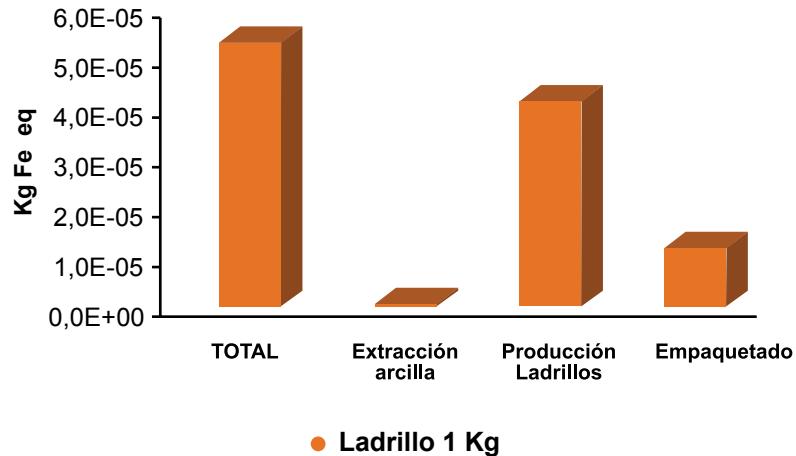


Figura N° 318 Grafico de barras de Agotamiento de metales por entradas y salidas del Ladrillo.

## Impacto Agotamiento fósil por Entradas/Salidas para la categoría Ladrillos

	Producto	Unidad	TOTAL	PROCESOS		
				Extracción arcilla	Producción ladrillos	Empaquetado
Agotamiento fósil	Ladrillo 1 Kg	kg oil eq	7,2E-2	1,9E-3	6,9E-2	1,0E-3
		%	100,0%	2,7%	95,9%	1,4%

Tabla N° 267 Agotamiento fósil para ladrillos

### Agotamiento fósil Ladrillo



Figura N° 39 Grafico de barras de Agotamiento fósil por entradas y salidas del Ladrillo

## Impacto Consumo de Agua por Entradas/Salidas para la categoría Ladrillos

	Producto	Unidad	TOTAL	PROCESOS		
				Extracción arcilla	Producción ladrillos	Empaquetado
Consumo de agua	Ladrillo 1 Kg	m3	8,2E-4	4,3E-6	8,0E-4	1,2E-5
		%	100,0%	0,5%	98,0%	1,4%

Tabla N° 27 Consumo de agua para ladrillos

### Consumo de agua Ladrillo



Figura N° 40 Gráfico de barras de Consumo de Agua por entradas y salidas del Ladrillo.

**CONCLUSIONES Y RESUMEN DE RESULTADOS**

**ECOBASE**  
CONSTRUCCIÓN

## 6. CONCLUSIONES Y RESUMEN DE RESULTADOS

Se presenta a continuación el análisis de los resultados obtenidos por cada categoría de producto:

Categoría de Producto		Resultados y benchmark
Yeso Cartón	Fuentes de Información	Cambio Climático: No existen variaciones considerables con los promedios internacionales, debido a la estandarización del proceso a nivel mundial. El principal aporte de kg CO <sub>2</sub> eq está en el proceso de “formación de la plancha”. Aun así los rangos de escala son mínimos (de 0 a 0,3 kg CO <sub>2</sub> eq).
	2 empresas de Yeso cartón e información secundaria de Base de datos.	Formación de Smog Fotoquímico: El mayor aporte se observa en la etapa de “extracción de yeso” con pequeñas variaciones por producto. El de mayor aporte en esta categoría es el producto plancha de Yeso cartón ST.
	Metodología	Material Particulado: El mayor aporte por entradas y salidas se observa en “formación de la plancha”. Las variaciones entre productos son mínimas con un pequeño aumento en la plancha ST.
	Se consideró la participación de mercado (Basado en estudio del equipo técnico Ecobase e información entregada por la empresa) y se asignó un porcentaje incognito de información de Base de datos con matriz energética nacional.	Agotamiento de metales: El mayor aporte es de la entrada “papel” lo que se condice con el proceso “formación de la plancha”. Se mantiene la pequeña mayoría de aporte en a plancha ST.
		Agotamiento fósil: El mayor aporte es la entrada “Combustión de gas natural
	Consumo de Agua: El proceso más contributivo es “Formación de la plancha” para el producto plancha de yeso cartón ST.	

Hormigón	Fuentes de Información	Cambio Climático: El proceso "Producción de Cemento" es el más contributivo en esta categoría, presentando aproximadamente el 90% del impacto para los 3 productos evaluados.
	1 empresa Hormigonera e información secundaria de Base de datos.	Formación de Smog Fotoquímico: En esta categoría se sigue presentando mayor contribución en el proceso de "Formación de cemento". Aun así la variación en números totales es baja de 0,56 a 0,74 kg NMVOC. El producto con los totales más altos es Hormigón H40.
	Metodología	Material Particulado: El aporte de cada producto en esta categoría de impacto es similar. En promedio es de 0,4 kg PM10 eq. Las pequeñas variaciones dejan con ventaja al hormigón H40, con la mayor contribución en el proceso de "Formación de Cemento".
	Se consideró la participación de mercado (Basado en estudio del equipo técnico Ecobase) y se asignó un porcentaje incognito de información de Base de datos con matriz energética nacional.	Agotamiento de metales: Se presenta un mayor aporte en la etapa de "formación de Cemento" para los 3 productos evaluados. Se observa un total mayor en el producto hormigón H40.
		Agotamiento fósil: Se presenta un mayor aporte en la etapa de "Formación de cemento" para los 3 productos evaluados. Además se observa una pequeña ventaja en el aporte a esta categoría del producto hormigón H40. Con 26 kg oil eq.
	Consumo de Agua: Se presenta un mayor aporte en la etapa de "formación de cemento" para los 3 productos evaluados. Además se observa una ventaja en el aporte a esta categoría del producto hormigón H40 con 561, 2m3 totales de consumo de agua para un kilo de producto.	
Acero	Fuentes de Información	Cambio Climático: El aporte en esta categoría de impacto es superior en el producto "Barras de refuerzo de hormigón" con 1,89 kg CO2 eq. los cuales se concentran en las "Emisiones directas" (Entradas y salidas) y en el proceso de "Alto Horno" para Barra de refuerzo y "Acería" para los Perfiles laminados.
	2 empresas Acereras e información secundaria de Base de datos.	Smog Fotoquímico: Material Particulado: El principal aporte en esta categoría de impacto es del producto "Barra de refuerzo". Este se concentra en "Entradas y salidas" como "Emisiones directas" y "electricidad". En "Procesos", la contribución se concentra en el proceso de "Alto Horno" para Barra de refuerzo y en "Acería" para perfiles laminados.
	Metodología	Agotamiento de metales: El principal aporte en esta categoría de impacto es del producto "Barra de refuerzo" con una leve diferencia en magnitud con 1,55 kg de Fe eq. v/s los 1,01 kg de Fe eq. del producto "Perfil laminado". Los procesos con mayor aporte son "Alto Horno" y "Acería" respectivamente para cada producto del acero.
	Se consideró la participación de mercado (Basado en estudio del equipo técnico Ecobase) y se asignó un porcentaje incognito de información de Base de datos con matriz energética nacional.	Agotamiento fósil: El producto "Barra de refuerzo" presenta mayor contribución en esta categoría de impacto con 0,49 kg oil eq. v/s los 0,20 kg oil eq. del Kilo de perfil de laminado. El aporte del producto "Barra de refuerzo" se concentra en el proceso "Coquificación" y en "Acería" para el producto Perfil laminado.
Consumo de Agua: Presenta un mayor aporte a esta categoría d impacto, el producto "Perfil laminado" con 8,62 m3 por kilo de barra. El proceso que más contribuye para ambos productos es "Acería".		

Madera	Fuentes de Información	Cambio Climático: El producto que presenta una mayor contribución a esta categoría de impacto es “Tablero MDF” con 468 kg CO2 eq. y el de menor impacto es la madera estructural con 28,20 kg CO2 eq. La “Entrada/salida” más contributiva es “Electricidad” para el producto tablero MDF. El benchmark es más alto que el promedio nacional para 4 de los productos de madera evaluados (terciado; madera estructural, MDF y madera aglomerada)
	2 empresas Madereras e información secundaria de Base de datos.	Smog Fotoquímico: El mayor aporte está dado por Tablero OSB siendo 8 veces mayor que el de Madera Estructural
	Metodología	Material Particulado: El producto evaluado con mayor aporte a esta categoría de impacto es Tablero OSB siendo más de 40 veces mayor al del producto “madera estructural”.
	Se consideró la participación de mercado (Basado en estudio del equipo técnico Ecobase) y se asignó un porcentaje incognito de información de Base de datos con matriz energética nacional.	Agotamiento de metales: El producto evaluado con mayor aporte a esta categoría de impacto es “tablero MDF” con 1,37 kg Fe eq. v/s el más bajo con 0,02 kg Fe eq. del producto “madera estructural”. En este caso el producto Tablero OSB tiene un aporte intermedio de 0,41
		Agotamiento fósil: El producto evaluado con mayor aporte a esta categoría de impacto es “Terciado Plywood”. Nuevamente madera estructural tiene el menor valor
		Consumo de Agua: El producto evaluado con mayor aporte a esta categoría de impacto es “tablero MDF” y el valor más bajo lo tiene madera estructural
Ladrillo	Fuentes de Información	El mayor aporte en todas las categorías está dado por la Producción de Ladrillo.
	Información secundaria de Base de datos.	
	Metodología	
Benchmark	Los valores resultantes de Cambio Climático es comparativamente menor a productos similares de otras bases de datos internacionales, lo que parece razonable dada la relativamente baja participación de electricidad en carbón en la matriz energética Chilena. En el caso del acero, las empresas participantes tienen tecnologías muy distintas, donde una de ellas tiene producción por horno y la otra empresa por arco eléctrico, lo que puede generar una varianza importante en los datos para este producto	

Tabla N° 51 Resultados y benchmark

