

Consideraciones sobre el análisis del ciclo de vida y aspectos medioambientales de los productos cerámicos para la construcción

Autores:

Joaquín Obis Sánchez; Director del Centro Tecnológico de Toledo. AITEMIN

Agripino Pérez Lorenzo; Jefe del Dpto. de Materiales de Construcción. AITEMIN

Roberto Díaz Rubio; Responsable de proyectos del Dpto. de Materiales de Construcción. AITEMIN

RESUMEN

El Análisis del Ciclo de Vida (ACV) se presenta como una herramienta fundamental en la evaluación del impacto ambiental de un producto de construcción. En este artículo se muestran, de manera resumida y simplificada, los distintos trabajos llevados a cabo por AITEMIN, en colaboración con las industrias cerámicas, para la elaboración del Análisis del Ciclo de Vida de los productos cerámicos para la construcción.

INTRODUCCIÓN

Desde la aparición de la Directiva de Productos de Construcción (89/106/CEE), en la que uno de los "requisitos esenciales" establecidos para estos productos es la "Salud, Higiene y Medio Ambiente", la preocupación por reducir los impactos ambientales asociados a los mismos ha aumentado considerablemente.

Esta preocupación por reducir los impactos ambientales de los productos de construcción contrasta, sin embargo, con la falta de información medioambiental existente de los mismos, por lo que la industria de la construcción se ha visto obligada a desarrollar y/o adoptar métodos y herramientas que suministren información medioambiental de los distintos productos.

La herramienta más utilizada en la actualidad para obtener este tipo de información es el *Análisis del Ciclo de Vida (ACV)*. No en vano, el Código Técnico de la Edificación hace ya mención a la importancia de disponer de este tipo de información de los productos de construcción. Así en el Artículo 4 "Documentos Reconocidos y Registro General del CTE" se dice "Los Documentos Reconocidos del CTE se inscribirán en dicho Registro General. También podrán inscribirse en el mismo (...) las certificaciones medioambientales que consideren el análisis del ciclo de vida de los productos".

EL ANÁLISIS DEL CICLO DE VIDA (ACV)

Se define el Análisis del Ciclo de Vida como una herramienta de evaluación, con la que se pretende conocer y evaluar la carga ambiental asociada a un producto, proceso o servicio, teniendo en cuenta todas las etapas de su ciclo de vida ("de la cuna a la tumba"), desde que se extraen las materias primas del medio natural para la fabricación del producto, hasta el tratamiento del producto al final de la vida útil del mismo. La información que proporciona un ACV permite, entre otros:

Conocer todos los impactos ambientales asociados a un determinado material a lo largo de su ciclo de vida.

Determinar las fases del ciclo de vida del material son más críticas desde el punto de vista medioambiental

Establecer políticas de actuaciones, a partir del conocimiento de los impactos ambientales, que permitan reducir la carga ambiental del producto

Pero el ACV no se emplea sólo como instrumento para conocer y evaluar impactos ambientales de cara a la protección del medioambiente y conservación de los recursos naturales, sino que es también una valiosa herramienta empresarial utilizada para el desarrollo de estrategias de mercado, reducción de costes, optimización de procesos y, más recientemente, como instrumento de marketing para mejorar la imagen de una determinada empresa.

No obstante, existen aún algunas deficiencias metodológicas y dificultades en su aplicación concreta a los materiales de construcción, que se están solucionando a medida que se avanza en el desarrollo en este tipo de estudios aplicados a la construcción, puesto que esta herramienta se convertirá en referencia en la elección y comparación de productos desde el punto de vista medioambiental y de la sostenibilidad.

METODOLOGÍA DEL ACV

La metodología para la realización de un estudio de ACV está recogida en la serie de normas UNE EN ISO 14040. Esta metodología incluye cuatro fases, de acuerdo con el siguiente esquema (GRÁFICO 1):

Definición de objetivos y alcance del estudio

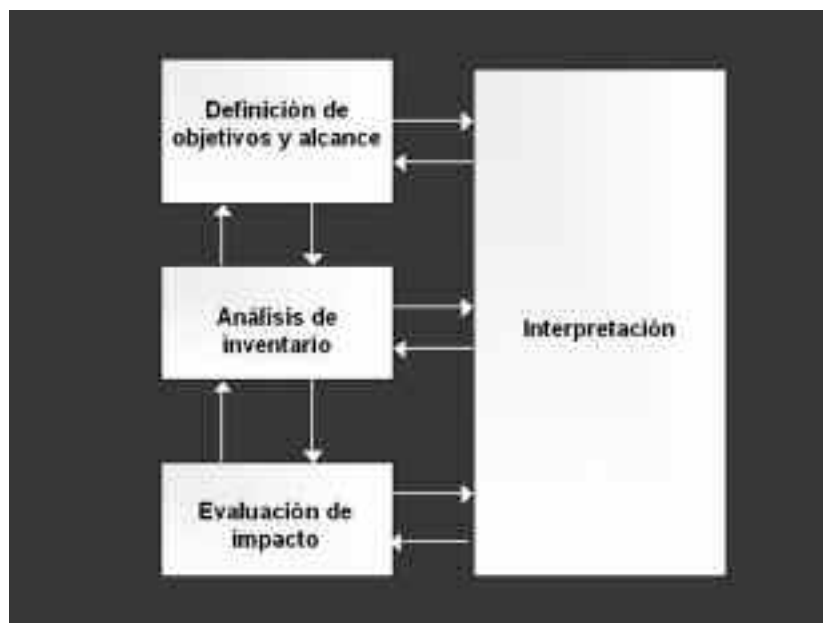


Gráfico 1.
Estructura básica de un ACV

En esta fase del ACV se define, de manera clara y concisa, las razones por las que se lleva a cabo el estudio y que se persigue con el uso de esta aplicación; se determinan los límites del estudio a realizar (que es lo que se va a estudiar y que es lo que queda fuera del estudio), se expone que información se espera obtener del mismo y el uso que se hará de la misma. En esta etapa también se describe la unidad funcional a considerar, que será la base de referencia para todas las entradas y salidas del sistema y que servirá, posteriormente, para poder comparar medioambientalmente diferentes productos.

Análisis de inventario

Esta fase es, básicamente, un proceso técnico de recogida de datos, cuyo resultado es la obtención de un conjunto de datos y procedimientos de cálculo para cuantificar las entradas y salidas más relevantes del sistema en estudio. Estos datos recogidos son la base sobre la que, posteriormente, se cuantifica y evalúan los diferentes impactos asociados al ciclo de vida del producto.

Evaluación del impacto

Esta fase del ACV está dirigida a evaluar la importancia de los potenciales impactos ambientales, utilizando los resultados del análisis de inventario de ciclo de vida. En general, este proceso implica la asociación de datos del inventario como impactos ambientales específicos, tratando de valorar dichos impactos. El nivel de detalle, la elección de impactos evaluados y las metodologías usadas dependen del objetivo y alcance del estudio.

Interpretación de resultados

La interpretación es la fase de un ACV en la que se combinan los resultados de las etapas anteriores y, en función de los resultados obtenidos, se identifican las fases y procesos más críticos, definiendo las diferentes mejoras a llevar a cabo con objeto de reducir las cargas ambientales que permitan optimizar el ciclo de vida de un producto.

Basando las mejoras a llevar a cabo en los resultados del ACV, se tiene la garantía de que, cualquier modificación que se realice en cualquiera de las etapas del ciclo de vida del producto, encaminada a reducir el impacto ambiental, no supondrá un aumento de éste en cualquiera de las otras etapas de su ciclo de vida.



El sector de la construcción es uno de los que produce un mayor impacto al medio ambiente

EL ANÁLISIS DEL CICLO DE VIDA APLICADO A LOS PRODUCTOS CERÁMICOS PARA LA CONSTRUCCIÓN

Los productos cerámicos de arcilla cocida, como todo material de construcción, tienen asociado, a lo largo de todo su ciclo de vida, un determinado impacto ambiental que es necesario conocer para poder trabajar en la reducción del mismo y mejorar la calidad medioambiental del producto.

AITEMIN, a través de su Departamento de Materiales de Construcción, ubicado en el Centro Tecnológico de Toledo, ha trabajado en los últimos años en estrecha colaboración con las industrias cerámicas, asociaciones empresariales y administraciones, en la investigación de métodos que permitan conocer y reducir los impactos medioambientales de los productos cerámicos, mediante la realización del Análisis del Ciclo de Vida de los productos cerámicos para la construcción. El estudio se ha llevado a cabo entre los años 2003 y 2005 y ha contado con la financiación de Ministerio de Fomento y la colaboración de un total de 18 industrias cerámicas de toda España.

Definición de objetivo y alcance

El objetivo que ha llevado a realizar este estudio es conocer, de primera mano y poniendo especial interés en el proceso de fabricación, la carga ambiental asociada a los materiales cerámicos para la construcción que se fabrican en España, con objeto de cubrir el hueco existente en la actualidad en este campo y conocer la situación actual de este sector en el aspecto medioambiental así como para poder llevar a cabo las diferentes acciones que contribuyan a reducir ese impacto.

Este estudio ha tenido por alcance la totalidad del ciclo de vida de los productos cerámicos para la construcción, es decir, desde que se extraen las arcillas en cantera, hasta que, al final de su vida útil, el producto llega, ya como residuo, bien a vertedero o a planta de valorización y/o reciclaje.

Dado que ha sido el primer estudio de estas características, con recogida de datos "in situ" en las industrias cerámicas, han quedado fuera del alcance del estudio:

Los procesos secundarios, excepto los flujos de energía. Esto quiere decir que no se consideran los recursos e impactos asociados a la fabricación de la maquinaria de producción, transporte, puesta en obra, vida útil y demolición, por lo complejo que resultaría conocer estos impactos. Sí se han considerado en cambio, los impactos asociados a la producción de energía.

Se ha excluído también la fase de mantenimiento de la edificación, al considerarse prácticamente nulo el mantenimiento de las piezas cerámicas durante su vida útil (excepto reposiciones de productos deteriorados).

Todos aquellos procesos y sustancias que, por su escasa magnitud o contribución al ciclo de vida del producto cerámico, no tengan especial relevancia a nivel medioambiental.

La unidad funcional se ha definido como la masa de producto final (listo para el consumo). En este caso concreto, y dado que se pretende conocer la carga ambiental asociada a los productos cerámicos de carácter estructural de forma general, sin individualizar en un producto concreto, se ha escogido como unidad funcional "tonelada de producto cerámico terminado".

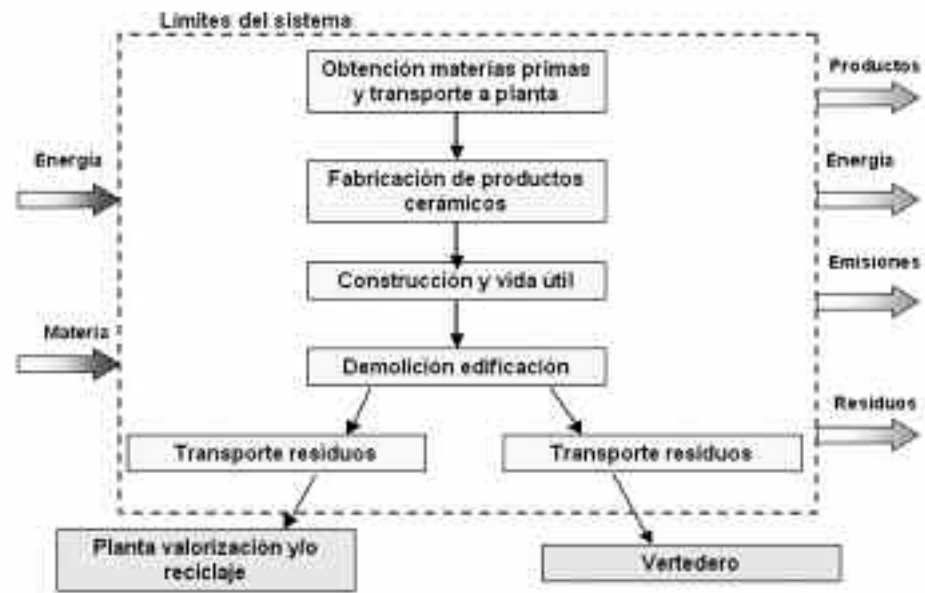


Gráfico 2:
Sistema a estudiar y límites del sistema

Inventario del ciclo de vida

El análisis de inventario se obtiene, como ya se ha comentado, mediante la identificación y la cuantificación de las corrientes de entrada y salida de energía y materia, junto con las emisiones generadas durante el ciclo de vida.

Con este propósito, y con objeto de tener la mayor información posible del subsistema "fabricación"¹ se ha realizado una campaña de recogida de datos, mediante cuestionario, en diferentes industrias cerámicas (operativa general, consumo de recursos, maquinaria auxiliar, generación de residuos, mercado, etc.) completada con una campaña de registro de emisiones contaminantes.

Los datos obtenidos mediante realización de encuestas han sido completados y contrastados con bases de datos reconocidas y bibliografía específica.

Es muy importante destacar el amplio rango de valores que se han obtenido en las encuestas realizadas para determinados datos, como son el consumo energético y las emisiones generadas en producción; por lo que los valores que se expresan en estos apartados deben ser considerados únicamente como una orientación, a pesar de que la producción total de las industrias que han colaborado en el presente proyecto es bastante indicativo de la fiabilidad de los datos obtenidos.

Ciclo de vida de los materiales cerámicos

El ciclo de vida de un producto cerámico para la construcción se resume de manera muy simplificada en el GRÁFICO 2.

Extracción de materias primas

En esta fase se incluyen las actividades de extracción y transporte de las arcillas a la planta. Los recursos consumidos durante esta etapa, que constituyen las entradas que se consideran dentro de los límites del sistema aplicado, quedan limitados al consumo del gasóleo utilizado por la maquinaria empleada en la extracción de las arcillas de las canteras así como por los camiones empleados en el transporte de las mismas a pie de planta.

Las salidas, causantes de los impactos, se corresponden con las derivadas de las emisiones atmosféricas producto de la combustión del gasóleo, así como del agotamiento de recursos que produce la extracción de las arcillas.

Del total de datos obtenidos en las encuestas realizadas y contrastados con bases de datos se obtiene un consumo medio de arcillas de 1,25 toneladas por tonelada de producto fabricado y un consumo de 0,49 litros de gasóleo por tonelada de producto acabado, en extracción.

Se ha considerado, dada la situación de las canteras respecto de las plantas de producción, una distancia media corta a recorrer por el elemento de transporte. Para determinar las emisiones atmosféricas producidas por la maquinaria de extracción y transporte de arcillas se ha utilizado la base de datos BUWAL 250.

Fabricación de productos

En esta fase se incluyen las tareas propias de la fabricación del producto, desde que se recogen las arcillas a pie de planta hasta que el producto terminado es cargado para su transporte a obra.

Durante el proceso de fabricación, los principales impactos ambientales que se producen son los derivados de los diferentes consumos energéticos.

¹ Entendiendo este subsistema como el conjunto de procesos desde que se extrae la materia prima de las canteras hasta que el producto cerámico terminado queda apilado en patio para su transporte a obra



Salida de piezas del horno al finalizar el proceso de cocción

Apilado de tejas en jaulas previo al proceso de secado

Para el cálculo de la demanda de energía que figura en la tabla anterior se han adoptado los siguientes parámetros de equivalencias:

Equivalencias Gas Natural: $1\text{m}^3\text{N} = 10.952\text{ kWh}$ (para un valor de referencia PCS = 10.032 kcal/m^3)

Equivalencias Fuel: $1\text{ tonelada fuel} = 11.165\text{ kWh}$

Para el cálculo de la carga ambiental asociada a la producción y transporte de los diferentes recursos energéticos consumidos, se han utilizado los datos del mix energético español que figuran en la base de datos BUWAL 250.

Una vez finalizada la toma de datos, y extraídos los valores medios de cada una de las entradas y salidas del sistema que se incluyen dentro de esta etapa del ciclo de vida, se muestran en la siguiente tabla los principales datos obtenidos y que serán utilizados en la evaluación de impactos:

Entradas (recrsos)	Ud	Valor
Arcillas	t	1,25
Energía	Ud	Valor
Electricidad	kWh	46,5
Gas natural	m3	0,036
Fuel / otros	t	0,009
Salidas	Ud	Valor
CO2	Kg	185
Partículas	g	96
NOx	g	352
SO2	g	363
CO	g	725
HCl	g	11
HF	g	22
Residuos	Kg	25

- Transporte y puesta en obra, uso y mantenimiento de la edificación

Esta fase abarca todas las operaciones y procesos que tienen como finalidad la puesta en obra de los productos cerámicos, así como todos los consumos energéticos y emisiones que se producen durante el posterior uso del edificio a lo largo de toda su vida útil.

Al igual que en el caso del transporte de materias primas a planta, para el transporte del producto acabado a obra se utiliza la base de datos Buwal 250, en el que figura los valores de los impactos ambientales ocasionados por el transporte por carretera.

Se considera, como ya se ha comentado anteriormente, una distancia media de 190 km a recorrer por el elemento de transporte.

Dada la experiencia previa existente, el impacto por el consumo de recursos durante su puesta en obra representa una cantidad prácticamente despreciable si se considera el ciclo de vida completo del material, menor de 2% del total, por lo que se puede obviar esta fase sin alterar el resultado final del ACV, de acuerdo con las premisas marcadas para la realización de este tipo de estudios.

El mantenimiento de los materiales cerámicos en el edificio, se ha estimado como nulo a lo largo de su vida útil (considerando al material como tal y no a la unidad constructiva).

No se han considerado tampoco otros impactos achacables directamente al edificio como unidad, como el impacto causado por la ocupación del territorio por el edificio, el consumo de agua y, en general, cualquier impacto que se genera durante la vida útil del edificio cuya carga, o parte de ella, no pueda ser asociada directamente, y de manera objetiva, al material cerámico.

² Por ejemplo, un ladrillo de 2.268 gr de masa y 1.230 cm³ de volumen.

Circuito de recuperación de calor del proceso de cocción para otros procesos de fabricación

Vista superior de horno túnel de cocción de productos cerámicos para la construcción



Este hecho no resta importancia a los impactos omitidos, sino que se considera que deben ser estudiados cuando la unidad funcional sea un edificio o una unidad constructiva completa, no en vano el impacto causado a lo largo de la vida útil de la edificación es, probablemente el causante de que la construcción sea considerada como una de las actividades de mayor agresión al medioambiente.

- Derribo de la edificación, transporte y tratamiento del residuo

En esta fase se incluyen todas las actividades que tienen como finalidad el desmantelamiento del edificio o la unidad constructiva en la que se incluyen los productos cerámicos, y el tratamiento que se da posteriormente al producto, ya como residuo. Se incluye el transporte del mismo desde la obra hasta el vertedero, o hasta la planta de tratamiento y reciclaje de residuos.

Los datos medios recogidos, para 1 m³ de unidad de obra genérica demolida de forma tradicional son los siguientes:

0,05 h de trabajo de retro pala excavadora sobre neumáticos de 102 CV de potencia y 12 litros de consumo de gasóleo A por hora, a un rendimiento normal.

0,035 h de trabajo de martillo compresor, alimentado con gasóleo A.

Si consideramos una densidad media de un producto cerámico genérico² de 1,84 g/cm³ obtenemos que el derribo de 1 tonelada de producto cerámico es equivalente al derribo de 0,54 m³ de unidad de obra, lo que equivale a un consumo total equivalente de 0,35 l de gasóleo.

En cuanto a la carga y transporte de residuos se ha planteado, con los datos recogidos, el transporte del residuo, desde el punto de origen del mismo, hasta vertedero o hasta planta de revalorización. Las distancias medias se han obtenido del estudio de la situación de vertederos y plantas de valorización de residuos definidos en los diferentes Planes Regionales de Residuos de las Comunidades Autónomas.

En esta etapa, se incluyen también los impactos causados por el transporte de los residuos generados durante la puesta en obra del producto (15%), por lo que el impacto total es el ocasionado por el transporte de 1,15 toneladas de residuos hasta vertedero o hasta planta de revalorización.

En cuanto a la gestión de los residuos de construcción y demolición se ha considerado la situación actual, que supone un depósito en vertedero de más del 95% del total de residuos frente a la "ideal" para el año 2006, con un reciclado del 60% y una gestión en depósito del 40%³, y la "actual",

Evaluación de impactos

Como ya se ha comentado, la finalidad de la fase de evaluación de impactos del ciclo de vida (EICV) es la de interpretar el inventario, analizando y evaluando los impactos producidos por las cargas ambientales identificadas en éste. La evaluación de impactos se realiza de forma cuantitativa y cualitativa, identificando las partes del sistema que influyen más en el resultado final y que, por tanto, deben ser estudiadas más profundamente.

La fase de evaluación de impacto se divide a su vez en tres subfases (dos obligatorias y una tercera opcional), que son:

Clasificación: las cargas ambientales del sistema son asignadas a las distintas categorías de impacto, según el tipo de efecto ambiental esperado, definiendo, conforme a la metodología utilizada, las categorías más relevantes que cubran, en lo posible, los impactos producidos de acuerdo con los datos de inventario.

Caracterización: El objetivo de la caracterización es aplicar modelos a las categorías de impacto para obtener indicadores ambientales.

³ Según el Plan Nacional de Residuos de Construcción y Demolición (PNRCD) 2001-2006

Se han propuesto diferentes maneras de caracterización, aunque la utilizada con más asiduidad es aquella en la que los datos de las distintas cargas ambientales se agregan dentro de una categoría de impacto utilizando unos factores de equivalencia o peso llamados “factores de caracterización”, que deben ser justificables e internacionalmente aceptados. Por tanto, las tareas a realizar durante esta fase consisten en asociar cada carga ambiental con su correspondiente categoría de impacto, conforme al factor de caracterización que especifica la metodología utilizada.

Posteriormente las distintas categorías de impacto son agrupadas en categorías de daño, que se normalizan en un nivel europeo, tomando como año base 1993. En el método Eco-Indicador 99 se consideran tres tipos de daños: salud humana, calidad del medio ambiente y recursos.

Normalización, Jerarquización, Valoración y Ponderación: Agregación de los resultados en casos concretos y sólo cuando proceda⁴, con el objetivo de obtener la significación del perfil medioambiental del producto.

En la siguiente fase se muestran en una escala de porcentajes, las diferentes categorías de impacto consideradas y la contribución de cada una de las etapas del ciclo de vida considerado al total de la carga (GRÁFICO 3).

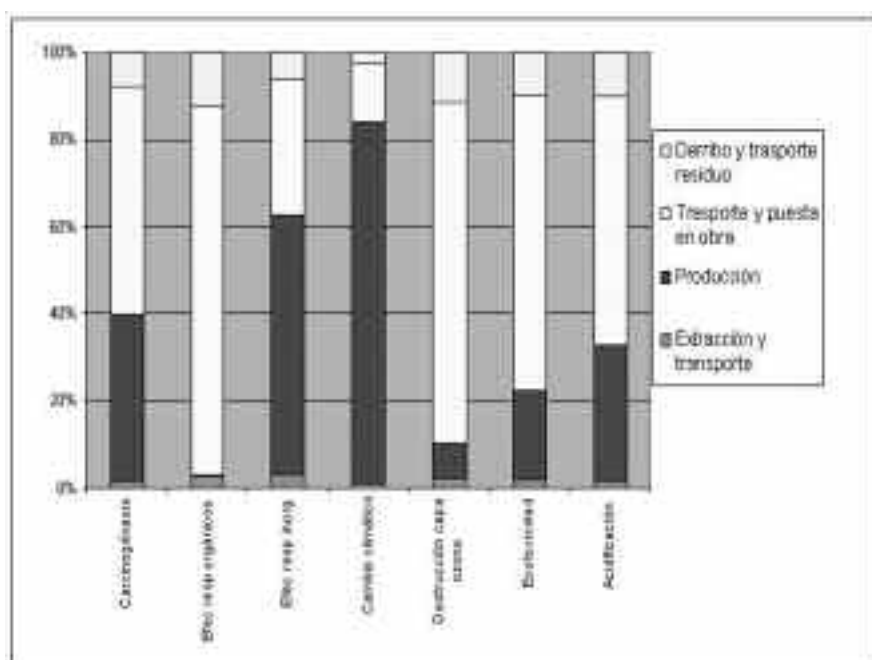


Gráfico 3: Contribución de las diferentes etapas del ciclo de vida a las principales categorías de impacto

Interpretación de resultados y definición de mejoras

Finalizada la etapa de evaluación de impactos se debe, con los resultados obtenidos en esta fase, realizar una interpretación de los resultados obtenidos y definir, a partir de dichos resultados, las mejoras a establecer en cualquiera de las etapas de ciclo e vida de los productos, con el fin de reducir, en la medida de lo posible, la carga ambiental que tienen asociada. De los resultados obtenidos en el estudio es importante destacar los siguientes aspectos:

Los productos que se utilizan como materia prima se extraen directamente de la naturaleza con medios sencillos, previo a su entrada en planta.

Utiliza como subproductos residuos de otros sistemas (pasta de papel, hueso de aceituna) que a su vez, contribuyen al ahorro energético en el proceso de producción.

Las emisiones más relevantes que se producen durante el proceso de fabricación son: flúor, cloro y trazas de NO_x, CO y SO₂, que dependen tanto de la materia prima como del combustible empleado. Utiliza como fuente de energía mayoritariamente gas natural con lo las emisiones de partículas y dióxidos de azufre han disminuido considerablemente.

Los residuos que se generan durante el proceso de fabricación se reutilizan como materias primas en propio proceso de fabricación.

La contaminación generada por ruido y olores tiene un carácter puntual que normalmente no traspasa los umbrales del recinto.

⁴ Etapa opcional, no aconsejable si se va a hacer públicos los resultados

La contaminación ambiental que se produce durante el transporte del producto a obra es inferior que la producida por el transporte de otros materiales, fundamentalmente debido a que *la distancia recorrida es menor*, al estar más distribuidas geográficamente las industrias cerámicas que otras industrias. Se minimiza el impacto debido al transporte.

El consumo energético y de materias durante el proceso de colocación en obra del producto es muy bajo.

Una vez finalizada la vida útil del edificio los materiales cerámicos pueden ser reciclados en planta de tratamiento especial, en un altísimo porcentaje, como áridos para la construcción.

Los mayores impactos del ciclo de vida de los productos cerámicos para la construcción están relacionados con la etapa de producción de los mismos y, dentro de este proceso, las etapas, a priori más problemáticas, desde el punto de vista medioambiental, el secado y la cocción, siendo uno de los principales problemas y de mayor impacto medioambiental, el debido a las emisiones atmosféricas originadas en los hornos de cocción por la descarga de elementos como SO₂, CO₂ y trazas de NO_x y CO.

Definición de mejoras

Las medidas encaminadas a la reducción de consumo energético (y por consiguiente de emisiones asociadas al consumo energético) y optimización de los procesos que ya se realizan con este objetivo en la industria cerámica contribuirán a reducir la carga ambiental de los productos cerámicos.

Las medidas a aplicar u optimizar para la reducción del consumo energético, susceptibles de aplicación son:

- Recuperación del aire caliente de la zona de enfriamiento del horno para utilizarlo en el secadero.

- Optimización del aislamiento de los equipos de secado y cocción.

- Optimización de la circulación de aire en horno y secadero.

- Mejora de aislamiento de conductos.

- Utilización de aditivos que actúen como fundentes, provocando una reducción de la temperatura máxima de cocción.

- Uso eficiente de sistemas de cogeneración

CONCLUSIONES

La industria cerámica española está mostrando una actitud responsable hacia el desarrollo sostenible, implicándose en la aplicación de métodos con los que determinar el impacto ambiental de sus productos y en el establecimiento de mejoras para reducir dicho impacto.

El Análisis de Ciclo de Vida es la herramienta más válida que permite conocer, valorar y cuantificar, de forma objetiva y transparente, el impacto ambiental de los materiales de construcción, pudiendo, a partir de los mismos, establecer medidas que permitan reducir dicho impacto.

Se considera que los resultados obtenidos dan respuesta a los objetivos planteados. Del mismo modo, a partir de estos resultados se abren nuevas líneas de investigación en el campo de los materiales cerámicos para la construcción, de cara a reducir el impacto medioambiental causado por los mismos a lo largo de su ciclo de vida.

Los resultados de este estudio vienen a corroborar la importancia del impacto asociado a la fabricación del producto. No obstante, los resultados obtenidos de consumos y emisiones durante el proceso de fabricación son muy similares a los obtenidos en otros estudios realizados en industrias cerámicas europeas (base de datos Ecoinvent).

La información que proporciona este ACV debe ser considerada como un elemento más dentro de un proceso más exhaustivo en la toma de decisiones, al tratarse de un primer estudio del sector en España.

BIBLIOGRAFÍA

- AENOR (2003). *Promoción ambiental de los productos*
- SOLUCIONA (2002). *Guía para una edificación responsable con el medio ambiente*
- GENERALITAT DE CATALUÑA (2001). *Gestión medioambiental en la ejecución de obras*
- FUNDACIÓN EMPRESA, ENTORNO Y MEDIO AMBIENTE (2000) *Guía Tecnológica "Directiva 96/61 relativa a la prevención y control integrados de la contaminación"*
- IDAE-MINISTERIO FOMENTO (2000). *Guía de la edificación sostenible*
- GENERALITAT DE CATALUÑA. DPTO MEDI AMBIENT (1999). *Iniciación a la evaluación del Ciclo de Vida*
- FULLANA P; PUIG R; (1998) *Análisis del Ciclo de Vida*. Ed. Rubens
- FUNDACIÓN LABEIN (2000). *Declaración ambiental de productos de construcción*
- Normativa vigente para la realización de Análisis de Ciclo de Vida, serie UNE EN ISO 14040
- AITEMIN; "Desarrollo del análisis del ciclo de vida completo de los materiales cerámicos para la construcción y definición de mejoras"
- PÉREZ A; DÍAZ R; *Análisis del Ciclo de Vida de los Materiales de Construcción*. Máster en Arquitectura Bioclimática y Medio Ambiente. (ETSAM 2003)