

# Impactos ambientales del ciclo de vida de las baldosas cerámicas. Análisis sectorial, identificación de estrategias de mejora y comunicación (I)

El artículo analiza el impacto ambiental que generan las baldosas cerámicas mediante el Análisis de Ciclo de Vida (AC) a nivel sectorial en el que participaron más de 50 empresas españolas.

Los resultados han servido para la redacción de las Reglas de Categoría de Producto (RCP) para los recubrimientos de materiales cerámicos, necesarias para la edición de Declaraciones Ambientales de Producto. (Debido a la extensión del artículo recogeremos en esta edición la primera parte, correspondiente a la definición de objetivos y alcance del estudio y el análisis del inventario. La segunda parte, que consta de la evaluación de impactos e interpretación, la identificación de estrategias de mejora, la comunicación ambiental y las conclusiones se publicarán en el número 236 de *Piscinas XXI*).

Texto: T. Ros <sup>(1)</sup>, I. Celades <sup>(1)</sup>, E. Monfort <sup>(1)</sup>, R. Moliner <sup>(1)</sup>, V. Zaera <sup>(2)</sup>, Uviedo E. <sup>(2)</sup>, G. Benveniste <sup>(3)</sup>, C. Cerdán <sup>(3)</sup>, P. Fullana i Palmer <sup>(3)</sup>

<sup>(1)</sup> Instituto de Tecnología Cerámica (ITC). Asociación de Investigación de las Industrias Cerámicas (AICE), Universitat Jaume I. Castellón.

<sup>(2)</sup> Asociación Española de Fabricantes de Azulejos y Pavimentos Cerámicos (ASCER).

<sup>(3)</sup> Grupo de Investigación en Gestión Ambiental (GiGa). Escola Superior de Comerç Internacional (ESCI), Universitat Pompeu Fabra (UPF).

La industria cerámica española es un sector que durante años ha representado uno de los tejidos industriales de mayor relevancia en el territorio español, superando el 40% de la producción europea, concentrada en un 94,5% en la provincia de Castellón. La situación económica actual ha propiciado que las empresas consideren un momento oportuno para evaluar y comunicar todos los esfuerzos supuestos, así como identificar otros aspectos hasta ahora no considerados,

tras un periodo de adaptación a nuevos retos ambientales, impuestos por una normativa cada vez más exigente y una voluntad por desarrollar productos de elevada calidad, alcanzando así un posicionamiento de referencia en términos de innovación, tecnología y elevada implantación de las Mejores Técnicas Disponibles (MTD's).

Conscientes de que las baldosas cerámicas, como cualquier producto de origen industrial, genera una serie de impactos ambientales a lo largo de todo su ciclo de vida,

se ha realizado un Análisis de Ciclo de Vida (ACV), metodología que permite analizar y evaluar dichos impactos de forma objetiva y rigurosa para poder centrar esfuerzos en su reducción y mejorar al mismo tiempo la sostenibilidad del producto. Para ello, el estudio se ha realizado siguiendo las normas ISO sobre ACV, (UNE EN ISO 14040:2006 y UNE EN ISO 14044:2006).

Merece la pena resaltar que la información obtenida en este tipo de trabajos permite mejorar la competitividad de un producto frente a otros

alternativos o emergentes. Además, el enfoque de ciclo de vida es la aproximación más apropiada para esta finalidad, ya que permite tratar los aspectos ambientales más allá de los límites locales de los sistemas analizados, evitando el problema de posibles desplazamientos a lo largo de los procesos de la cadena de producción o de diferentes categorías de impacto. Así, por ejemplo, a menudo, determinadas soluciones constructivas se presentan como "ecológicas" porque mejoran aspectos ambientales muy

**“Cuando se va a realizar una piscina es conveniente intentar estimar cuantitativamente los costes de mantenimiento que requerirán los diversos sistemas constructivos que se plantean”**

concretos en determinadas etapas del ciclo de vida de los edificios –como puede ser su fabricación–. Sin embargo, cuando son analizadas de una manera más integrada y se consideran otras etapas del ciclo de vida, como su utilización, mantenimiento o disposición final, estas soluciones pierden sus ventajas en comparación a otras. Por lo tanto, el enfoque de ciclo de vida ayuda a la toma de decisiones con rigor científico a la hora de escoger las mejores tecnologías disponibles y minimizar, desde su diseño, el impacto ambiental de los productos.

Para la realización del ACV, una de las fases más determinantes es la obtención de datos de inventario. En el proceso de recabar toda esta información han participado más de 50 empresas españolas del sector de la baldosa cerámica (fabricantes de producto acabado, atomizado, esmaltes, etc.). Las empresas participantes cubren más del 40% de la producción de baldosas y, alrededor de un 50% de la producción de gránulo atomizado del total de la producción sectorial. Para completar los datos relativos a otras etapas del ciclo de vida de la baldosa (uso y gestión de residuos) y a procesos genéricos (producción de electricidad, combustibles, transportes, etc.) se ha utilizado información bibliográfica y la base de datos del programa informático GaBi de PE International.

A partir de los resultados globales del proceso de fabricación de baldosas cerámicas, se han evaluado cuáles son los

aspectos técnicos de producto o procesos sobre los que la empresa puede incidir con el fin de mejorar la situación ambiental del producto. Para ello, se han modelizado diferentes escenarios tecnológicos.

Asimismo, otra aplicación del ACV es la elaboración de Declaraciones Ambientales de Producto (en adelante DAP). Estas, también llamadas EPD (Environmental Product Declarations) o ecoetiquetas tipo III según nomenclatura ISO, se basan en estudios de ACV y permiten la divulgación y difusión de información am-

biental cuantificada sobre el ciclo de vida de un producto.

Para que las DAP realizadas por distintos fabricantes sean coherentes entre sí, es fundamental que sigan las mismas directrices sobre cómo aplicar la metodología del ACV. Estas directrices reciben el nombre de Reglas de Categoría de Producto (RCP) que, entre otras cosas, determinan cómo debe ser la unidad funcional, las categorías de impacto, las etapas del ciclo de vida o la calidad de los datos. Una vez desarrolladas las RCP, las empresas, de forma independiente, podrán elaborar estudios de ACV y Declaraciones Ambientales de Producto de sus productos individuales.

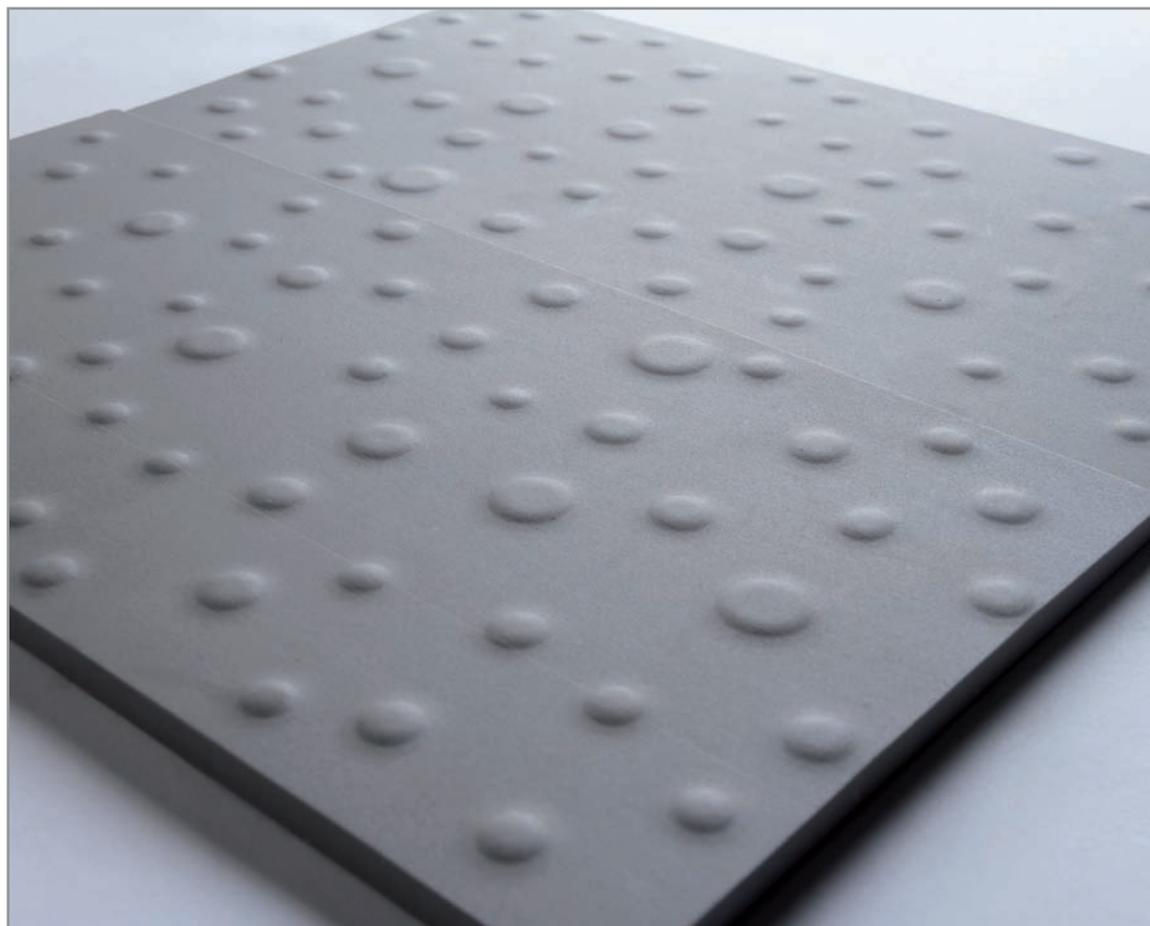
La redacción de las RCP es otra de las tareas del presente estudio. Para ello se han seguido las normas UNE EN ISO 14025 e ISO 21930. Las RCP se desarrollan en el marco del sistema DAPc (promovido por

la Generalitat de Catalunya y CAATEB), el primer sistema de ecoetiquetado de productos de la construcción en España. Una vez aprobadas, las empresas del sector podrán aplicarlas para obtener una ecoetiqueta tipo III verificada por tercera parte.

### Objetivos del estudio

Los objetivos del presente estudio son:

- Obtener unos valores de referencia científicamente válidos y objetivos sobre las cargas ambientales de la baldosa cerámica mediante la realización de un Análisis de Ciclo de Vida.
- Obtener información técnica, objetiva, relevante y representativa a nivel sectorial para aumentar la competitividad de las baldosas cerámicas frente a otros productos competidores o mercados emergentes.
- Identificar los aspectos téc-



nicos de producto o proceso sobre los que la empresa puede incidir con el fin de mejorar el comportamiento ambiental del producto.

–Redactar unas Reglas de Categoría de Producto (RCP) aplicables a recubrimientos cerámicos, de forma que estas se puedan utilizar en el desarrollo de Declaraciones Ambientales de Producto.

**Análisis de Ciclo de Vida sectorial de baldosas cerámicas**

El Análisis de Ciclo de Vida (ACV) es una herramienta válida para determinar, clasificar y cuantificar los impactos ambientales de un producto o actividad a lo largo de todo su ciclo de vida, desde la extracción de las materias primas que lo constituyen hasta que se convierte en un residuo (es por ello que también es conocido como el análisis “desde la cuna a la tumba”).

La norma UNE EN ISO 14040 define el ACV como “una técnica para determinar los aspectos ambientales y los impactos potenciales asociados a un producto: compilando un inventario de las entradas y salidas relevantes del sistema, evaluando los impactos potenciales asociados a estas entradas y salidas, e interpretando los resultados de las fases de inventario e impacto en relación a los objetivos del estudio”. El ACV se estructura en cuatro grandes fases tal y como se muestra en la **Figura 1** (Fullana, P. et al., 2009; Fullana, P. et al., 1997):

El ACV se utiliza habitualmente para identificar los principales elementos de un sistema que se deberían mejorar para disminuir su impacto ambiental a escala global. Esto permite optimizar los esfuerzos destinados a tal fin. También es común utilizar esta herramienta para comparar alternativas

o para estimar los efectos potenciales que puede tener un cambio en el diseño de un producto o sistema.

Otra de las aplicaciones más comunes del ACV es el cálculo de la “huella de carbono” (Carbon Footprint) de los productos o servicios, que coincide con el Potencial de Calentamiento Global (Global Warming Potential, GWP). Es decir, la cantidad de emisiones totales de gases de efecto invernadero asociadas al sistema analizado, siendo la unidad de medida los kg de dióxido de carbono equivalente (CO<sub>2</sub>-eq.).

**Definición de objetivos y alcance del estudio**

Para alcanzar los objetivos anteriormente definidos, se tendrán en cuenta los tipos de baldosas fabricadas mayoritariamente en España, así como las principales técnicas de producción existentes.

En esta fase de la metodología deben definirse claramente las características funcionales del producto que se está estudiando. La función principal de las baldosas es la de pavimentar (suelos) o revestir (paredes) con una duración definida en este estudio de 50 años. En el primer caso se aconseja utilizar gres, dadas sus características mecánicas y niveles de absorción de agua, mientras que para el recubrimiento de paredes se aconseja el uso de azulejos. No obstante, dada la gran versatilidad de las baldosas

**“Conscientes de que las baldosas cerámicas, como cualquier producto de origen industrial, genera una serie de impactos ambientales a lo largo de todo su ciclo de vida, se ha realizado un Análisis de Ciclo de Vida (ACV), metodología que permite analizar y evaluar dichos impactos de forma objetiva y rigurosa para poder centrar esfuerzos en su reducción y mejorar al mismo tiempo la sostenibilidad del producto”**

cerámicas y el avance alcanzado en cuanto a propiedades técnicas, es posible utilizar el gres para revestir paredes.

La unidad funcional cuantifica las funciones identificadas que son objeto de estudio. Todos los datos del sistema (tanto las entradas y salidas de materia y energía) deben ir referidos a un flujo de referencia que dé respuesta a esta unidad funcional. Además, la unidad funcional permite hacer comparaciones cuando se analizan distintos sistemas. En este estudio, la unidad funcional consiste en “1 metro cuadrado de baldosa cerámica para recubrir paredes y suelos durante 50 años”.

En este estudio se han analizado los comportamientos ambientales de tres tipos de baldosas considerando dos coloraciones del soporte distintas. Para el revestimiento de paredes, se ha considerado el Azulejo de coloración Blanca (AB) y Roja (AR). Para el

pavimento, se han considerado el Gres Porcelánico (GP), el Gres Esmaltado de coloración Blanca (GEB) y Roja (GER). Esta clasificación se basa en la contemplada por la Guía de la Baldosa Cerámica –Valencia, 2006–, y en las especificaciones de la UNE EN 14411:2007 de baldosas cerámicas. Definiciones, clasificación, características y marcado, en función de la absorción de agua.

Los límites del sistema determinan qué es lo que se incluye dentro del sistema estudiado y qué es lo que queda fuera. Normalmente, se excluyen del estudio aquellas etapas que se prevé que no serán significativas [Puig, R. et al., 2002].

En este estudio se analiza el ciclo de vida entero de todas las baldosas cerámicas estudiadas, incluyendo la extracción de las materias primas, su transporte, la fabricación del producto, su distribución

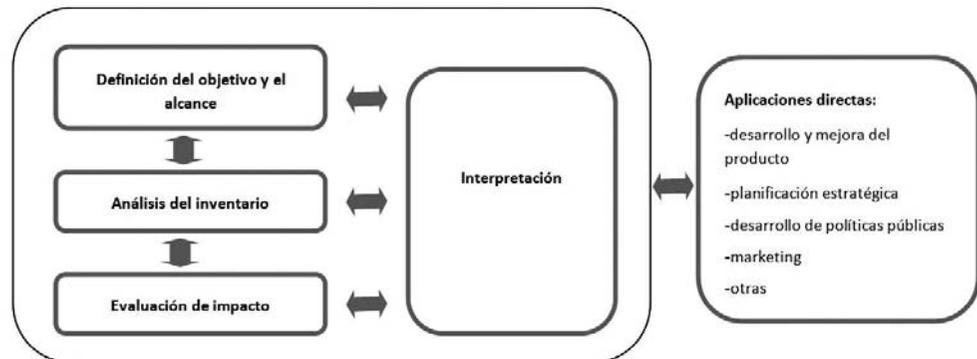


Figura 1. Etapas de un Análisis de Ciclo de Vida. (Fuente: Norma UNE EN ISO 14040, 2006)

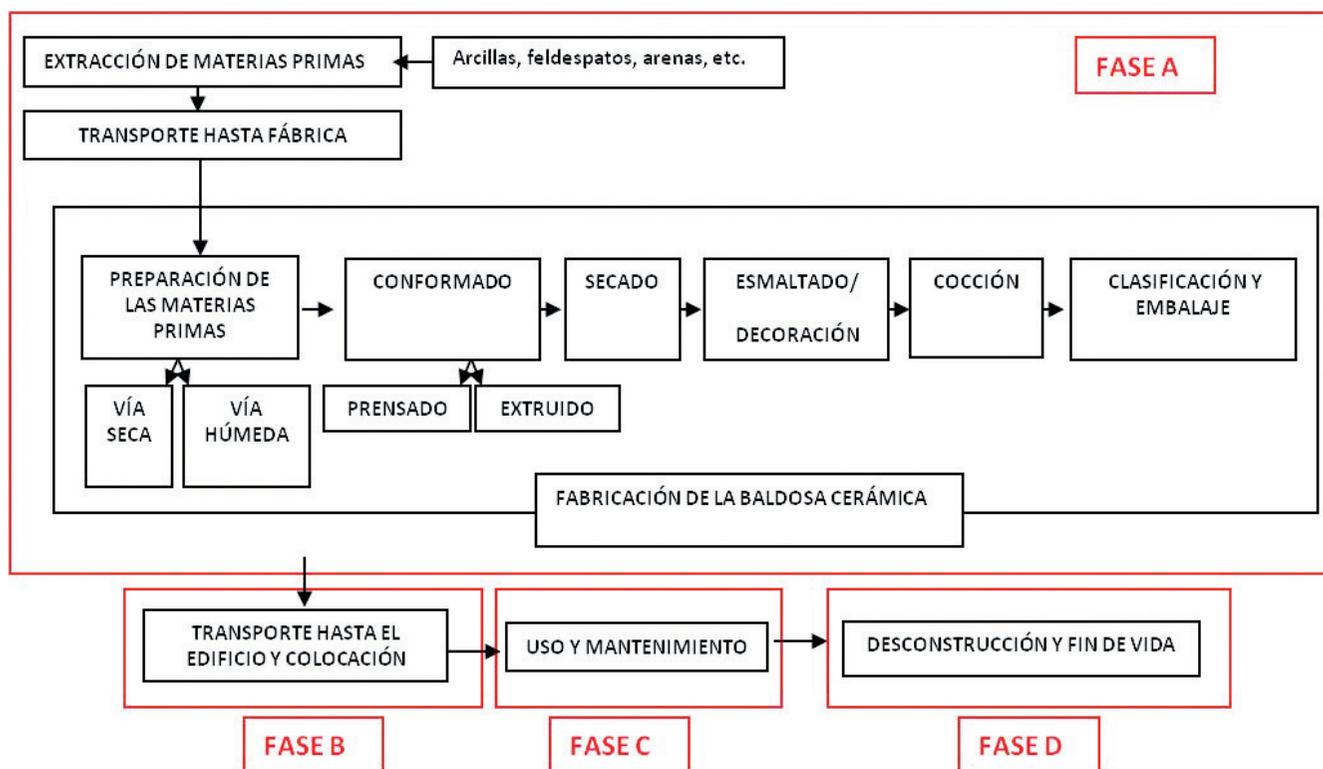


Figura 2. Sistema analizado (Fuente: ITC y Ascer. 2008)

hasta el punto de consumo y la gestión de sus residuos, tal y como se muestra en la **Figura 2**. Los elementos que quedan fuera del sistema analizado son:

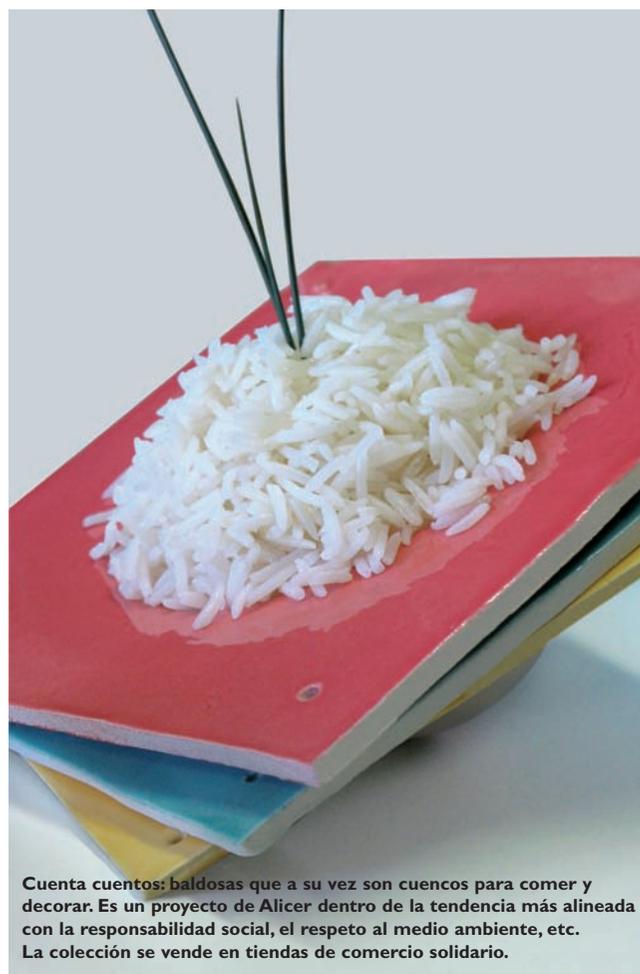
- La producción de maquinaria y equipamiento industrial, debido a la dificultad que supone inventariar todos los bienes implicados y también porque la comunidad de ACV considera que el impacto ambiental por unidad de producto es bajo en relación al resto de procesos que sí se incluyen.
- Consumos de energía o emisiones producidas por las baldosas en su etapa de utilización, es decir, una vez colocadas, puesto que los impactos ambientales asociados a esta etapa son despreciables tanto en masa como en energía o en importancia ambiental. Sin embargo, sí se tendrán en cuenta parámetros como los impactos generados por los materiales durante la colocación de la baldosa sobre el pavimento.

-El proceso de reciclaje de los distintos residuos generados a lo largo del ciclo de vida de las baldosas cerámicas debido al método de asignación de cargas aplicado.

De la misma manera, se han considerado como despreciables los impactos generados por aquellas materias primas que componen la baldosa cuyo peso es inferior al 1% sobre el peso total de la baldosa.

### Análisis del inventario

El inventario recoge las entradas y salidas de cada uno de los procesos que se incluyen en los límites del sistema estudiado. Los datos de inventario se han obtenido a partir de datos agregados de procesos en algunos casos y datos de procesos unitarios en otros, según la disponibilidad de datos en las empresas. Al tratarse de un análisis a nivel sectorial, los datos utilizados son promedios ponderados en función de la producción, establecidas entre un número representativo de fabricantes



Cuenta cuentos: baldosas que a su vez son cuencos para comer y decorar. Es un proyecto de Alicer dentro de la tendencia más alineada con la responsabilidad social, el respeto al medio ambiente, etc. La colección se vende en tiendas de comercio solidario.

del sector, no pudiendo atribuir, por tanto, los datos y los resultados a un único fabricante. La recogida de datos se ha realizado mediante cuestionarios, compilando información sobre consumos y orígenes de las materias primas y energía utilizadas (energía térmica o eléctrica), consumos de agua, materiales de embalaje, sistemas y distancias de transporte de las baldosas, residuos producidos y emisiones directas producidas en la fábrica.

Los cuestionarios han sido distribuidos entre las empresas asociadas a Ascer, tanto

50% de la producción total de baldosas cerámicas en España. Además, con el objeto de asegurar la consistencia de los datos, se realizaron visitas a las empresas para verificar y completar *in situ* la información del cuestionario.

**Fase A-Fabricación**

La **Tabla 1** resume la composición media de las principales materias para una baldosa cerámica genérica.

Las materias primas provienen de diferentes orígenes: provinciales, nacionales, europeos y del resto del mundo. Para poder evaluar el impacto

por atomización, secado de las piezas y cocción. Además, una parte de las empresas encuestadas disponen de plantas de cogeneración en la etapa de molturación, donde se genera, además de calor, una cantidad de energía eléctrica que es vendida al gestor de energía eléctrica. Esta producción ha sido considerada como una carga evitada en el sistema, ya que se reintroduce una parte de la electricidad consumida.

Otro aspecto significativo en la fabricación de baldosas cerámicas son la emisiones atmosféricas generadas directa-

en aquellos focos donde la representatividad tecnológica y temporal de estos datos no eran suficientes. Además de las emisiones directas, el modelo permite también calcular las emisiones no directas, es decir, no identificables por el productor, que pueden tener origen en el transporte, fabricación de determinadas materias primas o en la producción de energía primaria.

Los vertidos de agua se han desestimado, ya que las plantas, o bien poseen plantas de tratamiento de aguas residuales o bien se reintroducen directamente en el proceso como materia prima, tal y como también sucede con los residuos de productos cocidos y sin cocer, conocidos en el sector como tiesto.

Finalmente, las últimas etapas del proceso de fabricación son la clasificación que suele ser visual o mecanizada y el embalaje. Para este último se utiliza cartón corrugado, película de polietileno, flejes y palets, algunos reutilizables (europalets) y otros de un solo uso. El modelo ha previsto la cuantificación del embalaje para cada tipo de baldosa, su producción y su llegada a la planta de fabricación de baldosas.

**Fase B-Transporte e instalación de las baldosas cerámicas**

El sector cerámico produce baldosas que son comercializadas en todo el mundo. Se estima que la producción total va destinada a las regiones recogidas en la **Tabla 2**.

La colocación de las baldosas se realiza de modo manual y se ha considerado que se utiliza mortero cola para su fijación. Estos están formados por una mezcla de cemento blanco o gris, cargas minerales de naturaleza silíceas y/o caliza y aditivos orgánicos: retenedores de agua, polímeros redispersables en agua, mo-

**Tabla 1. Información recogida para el inventario en la etapa de fabricación**

Entradas		
Materias primas baldosa	Arcilla	
	Feldespatos	
	Caolines	
	Carbonatos	
	Silicatos	
	Material recuperado durante el proceso	
	Esmalte genérico	Arcillas
		Feldespatos
		Cuarzo
		Otros
Pigmentos		

**Tabla 2. Destino de las baldosas cerámicas**

Destino	Medio de transporte y distancia	Ventas [%]
España	Camión 27 t, 500 km	47
Europa	Camión 27 t, 2000 km	28
Resto del mundo	Carguero transoceánico, 5000 km	25

de ciclo completo (fabricación de gránulo atomizado de materiales cerámicos y producción de baldosas), ciclo parcial (fabricación de baldosas cerámicas a partir de la compra de gránulo atomizado), así como a las que únicamente producen gránulo atomizado (denominadas comúnmente "empresas atomizadoras"). Del total de las empresas asociadas a Ascer, 56 contestaron y completaron el cuestionario, representando alrededor del

ambiental provocado por la fase de transporte de las materias primas, el modelo creado permite seleccionar el tipo de transporte y la distancia, en función del origen de cada materia prima.

Respecto al consumo energético, tanto eléctrico como térmico en la etapa de fabricación, cabe citar que a nivel sectorial, el gas natural es el combustible mayoritariamente utilizado como energía térmica en las etapas de secado

mente durante la fabricación. Por ello, para poder caracterizarlas, se han tomado históricos de más de 5 años de medidas experimentales realizadas por la Unidad de Medio Ambiente del Instituto de Tecnología Cerámica-AICE. Asimismo, mediante este proyecto también se han realizado medidas experimentales de emisiones difusas de partículas, canalizadas frías (partículas) y calientes (procedentes de los procesos de combustión)

**Tabla 3. Gestión de los residuos de embalaje según área geográfica de destino**

Tipo de gestión de residuos		España	Europa	Mundo
Cartón	Incineración	20%	2%	20%
	Vertedero	10%	24%	10%
	Reciclaje	70%	74%	20%
Película de polietileno	Incineración	14%	26%	10%
	Vertedero	66%	47%	70%
	Reciclaje	20%	27%	70%
Palé de madera	Incineración	47%	20%	20%
	Vertedero	9%	42%	50%
	Reciclaje	44%	38%	30%

**Tabla 4. Escenarios de mantenimiento y limpieza**

Material limpieza	Uso residencial	Uso comercial	Uso sanitario
Agua por lavado (kg/m <sup>2</sup> )	0,1	0,1	0,1
Detergente por lavado (kg/m <sup>2</sup> )	0,0006	0,0006	0,0006
Frecuencia de lavado (número de veces/semana)	1	7	14
Vida media estimada de la baldosa (años) <i>(Se ha estimado igual que la vida útil del edificio según UNE EN 14411: 2007 Baldosas cerámicas. Definiciones, clasificación, características y marcado.)</i>	50	50	50

dificadores reológicos, fibras, etc. La cantidad de mortero adhesivo depende del tipo de baldosa, y oscila entre los 1.5 kg por metro cuadrado de azulejo, hasta los 3.5 kg por metro cuadrado de gres a instalar. Además, se ha considerado el agua necesaria para

formar la pasta adhesiva, cuya proporción es de 1:4.

Durante la colocación del material se generan los residuos de los embalajes de las baldosas cerámicas, cuya gestión es responsabilidad del cliente que recibe la mercancía.

Con el objeto de definir los

posibles escenarios de gestión de estos residuos se han aplicado las normativas y estadísticas representadas en el escenario del receptor. Para ello, se han utilizado los siguientes modelos con tres escenarios diferentes: gestión de residuos en España, en Europa y el resto de países, utilizando los datos medios de recogida selectiva de los diferentes tipos de residuos tal y como se muestra en la **Tabla 3** (Datos Plan Nacional de Integral de Residuos y Eurostat).

#### Fase C-Uso y mantenimiento

En esta fase se considera la limpieza de las baldosas utilizando agua y detergente líquido como agentes de limpieza. Asimismo se ha supuesto una determinada frecuencia a lo largo de su vida útil que depende del uso que se hace de las baldosas y de los hábitos de cada persona, pudiendo simplificarse en estos tres escenarios (véase **Tabla**

**4**). Los datos representan los consumos de agua y detergente por lavado referidos a 1 metro cuadrado de baldosas, dichos escenarios siguen las premisas planteadas por Paulsen, J. 1999.

#### Fase D-Demolición y fin de vida

Esta fase pertenece a la actividad de demolición y posterior gestión de los residuos sólidos generados, considerándola como el final de la vida útil de la baldosa cerámica. Teniendo en cuenta que las baldosas representan un 0,32% sobre el peso total del edificio, el consumo energético asociado a su arranque puede ser, por lo tanto, desestimado. Sin embargo, una vez demolido el edificio, se ha considerado que las baldosas son depositadas en vertederos como material inerte de construcción, tal como se indican en el informe del Plan Nacional Integrado de Residuos (2006), anexo 6, Residuos de la construcción. Se han considerado los impactos ambientales de este tipo de gestión y aquellos asociados al transporte del material de demolición hasta el vertedero (50 km).

Para más información:

**Asociación de Investigación de las Industrias Cerámicas (AICE)**  
**Universitat Jaume I. Castellón**  
 Avda. Vicent Sos Baynat, s/n  
 12006 Castellón  
 www.itc.uji.es

