

ESTUDIO DE LAS IMPLICANCIAS AMBIENTALES RELACIONADAS CON LA CONSTRUCCIÓN Y USO DE DISTINTOS PAVIMENTOS PEATONALES EN ZONAS RESIDENCIALES DE LA CIUDAD DE MENDOZA

Correa, E.N., Arena, A.P, de Rosa, C.

Laboratorio de Ambiente Humano y Vivienda. INCIHUSA. Cricyt (CONICET)
Av. Ruiz Leal s/n. Parque Gral. San Martín. 5500 Mendoza. Tel 0261 4287370. Fax: 0261 4287370.
E-mail: ecorrea@lab.cricyt.edu.ar

RESUMEN

En este trabajo se exponen los resultados alcanzados en el estudio del impacto ambiental asociado con los productos de mayor empleo en el espacio urbano de la región centro-oeste del país, en particular de dos tipos de pavimento peatonal de amplia difusión regional: las baldosas calcáreas y los adoquines de hormigón. El objetivo es el de cuantificar los recursos consumidos y las emisiones producidas durante la producción y colocación de ambos materiales y comparar su eficiencia desde el punto de vista ambiental. Para ello se ha realizado un estudio de ciclo de vida de ambos productos, y se ha evaluado el impacto ambiental según el método EDIP 96. Los resultados muestran una ventaja ambiental por la adopción de los adoquines de hormigón, en función de su mayor durabilidad, y de su colocación sin uso de morteros.

Palabras clave: espacios urbanos, áreas peatonales, impacto ambiental, análisis de ciclo de vida.

OBJETIVO DEL ESTUDIO

El objetivo del estudio es obtener el perfil ambiental de dos tipos de pavimento peatonal usados extensamente en la región como es el caso de la baldosa calcárea (material tradicional empleado en las veredas de la Ciudad de Mendoza y el preferido de los consumidores de la región) y los adoquines prefabricados de hormigón del tipo UNI (material que ha tenido mucho auge recientemente tanto en la construcción de centros peatonales como vehiculares, especialmente en el centro de la Ciudad); a lo largo de su ciclo de vida.

CASOS DE ESTUDIO E HIPÓTESIS

Los sistemas considerados son baldosa calcárea y adoquín prefabricado de hormigón. La función del sistema es asegurar el pavimento peatonal apropiado. La unidad funcional elegida para la comparación es 1 m² durante un período 40 años.

Se incluyen en el estudio todos los procesos involucrados en la fabricación, colocación y reposición de ambos materiales durante el periodo de análisis propuesto, considerando el uso de recursos y la generación de emisiones que derivan de la extracción, acondicionamiento y producción de las materias primas, transporte de materiales, producción y consumo de recursos energéticos (electricidad y combustibles), colocación y reposición de las veredas. No han sido evaluados en el presente trabajo los impactos que derivan de la disposición final de ambos materiales debido a la ausencia de datos locales confiables.

Los datos de fabricación han sido suministrados por las empresas locales que manufacturan estos materiales y en lo referente a la colocación los datos fueron aportados por especialistas y operarios del municipio de la ciudad.

Para ambos sistemas las siguientes suposiciones han sido hechas:

Las emisiones provenientes de la producción de energía eléctrica son relativas al mix energético argentino para 1 MJ inventario 97-2000 (Arena y col., 2002).

Las emisiones provenientes de la producción de cemento son relativas al inventario 2002 para el cemento proveniente de la región centro-oeste de la República Argentina (Arena y col., 2002).

La distancia de transporte de los áridos desde cantera a planta de elaboración es de 50 Km.

Ambas plantas se encuentran situadas a 13 Km. de la ciudad de Mendoza.

BALDOSA CALCÁREA

Datos técnicos.

Fabricación.

Peso promedio 18 kg/m², densidad 1800 kg/m³.

Dimensiones 20x20 cm, espesor 3 cm.

Composición seca por m²: 26,63% cemento, 62,15% de áridos, 11,09% de arena y 0,10% de óxido ferroso.

Cantidad de agua empleada: 3 litros por m².

El cemento se trae de una planta ubicada a 20 Km.

La arena se trae desde la provincia de San Luis 240 Km.

El pigmento de óxido ferroso se trae desde la provincia de Buenos Aires.

Consumo energético de la planta por m² = 3.8 Kwh.

El proceso productivo es primordialmente artesanal, los materias primas son mezcladas en las proporciones indicadas y luego introducidas en la vibrocompactadora, donde adquieren su forma definitiva, y finalmente se dejan fraguar en forma natural completando el proceso.

Colocación.

Excavación del suelo 18 cm a pala y transporte de material removido para ser usado como relleno.

Colocación de contrapiso de cemento, de 12 cm de espesor. Composición: cal, arena gruesa, cemento y agua.

Dosificación del contrapiso m²: 74% áridos, 10% agua, 10% cemento, 5% cal.

Pegado de baldosas mediante mortero de 3cm de espesor: Composición: cal, arena fina, cemento y agua.

Dosificación del mortero m²: 53% arena fina, 20% agua, 18% cemento, 9% cal.

Los materiales se mezclan mediante betonera, con un motor eléctrico de 2HP, y producción horaria 4.8 m³ de mezcla.

Las operaciones de colocación del contrapiso y sellado de las baldosas se realizan en forma manual.

ADOQUIN PREFABRICADO DE HORMIGÓN

Datos técnicos.

Fabricación.

Peso promedio 145 kg/m², del tipo UNI, espesor 60mm, dimensiones 11.5 x 22.5 cm por ser el tipo más usado en pavimentos peatonales urbanos. Por metro cuadrado de pavimento se utilizan 38 adoquines.

Dosificación del adoquín.

Contenido de cemento: 372 kg/m³; relación agua/cemento: 0,35; relación cemento/áridos: 1/6; áridos/arena: 70/30

La planta productora de cemento está localizada a 20 km de la planta de adoquines. Está compuesta por una pala cargadora (3 CV) la cual introduce los áridos y el cemento en los silos de la planta dosificadora (4 CV), la misma se encarga de dosificar la mezcla seca que ingresará a la pastonera (12 CV), en ella se añade a la mezcla la cantidad apropiada de agua y se realiza la amasada; finalmente un puente (5 CV) transporta la mezcla húmeda a la vibrocompactadora (20 CV), los adoquines terminados son apilados y se dejan fraguar a temperatura adecuada, generalmente los adoquines son apilados en túneles de polietileno y se hace circular el aire caliente mediante calentadores industriales alimentados con LPG.

Colocación.

Excavación del suelo a 20 cm a pala y transporte de material removido para ser usado como relleno.

Colocación de base estabilizada de un espesor de 10 cm. Valor soporte K es 18 kg/cm³ (C.B.R >65%)

Compactación y acondicionamiento de humedad de la base estabilizada mediante rodillo neumático (120 HP) y rodillo vibratorio (100 HP).

Colocación del lecho de arena de 4 cm de espesor.

Colocación de adoquines y sello de arena.

Vibrado de los adoquines mediante vibrocompactadora a nafta motor 5.5 HP.

DIAGRAMA DE FLUJO Y MATERIALES DE LOS CASOS ANALIZADOS

El esquema de la Figura 1 representa todos los procesos involucrados en la fabricación y colocación de la baldosa calcárea.

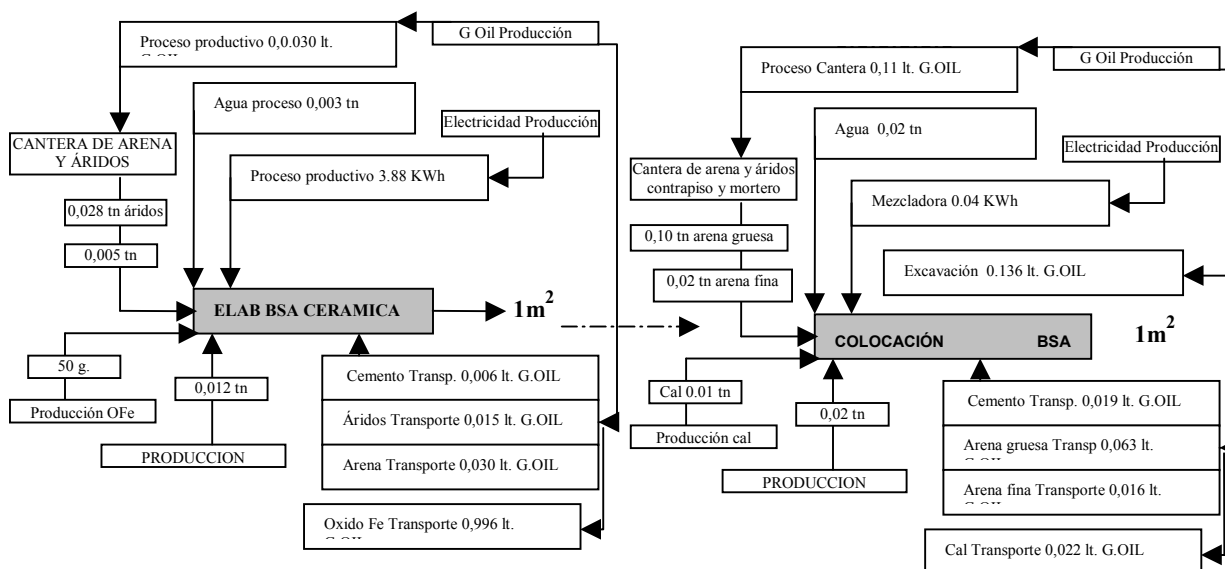


Figura 1. Fabricación y colocación de la baldosa calcárea

El esquema de la Figura 2 representa todos los procesos involucrados en la fabricación y colocación del adoquín de hormigón .

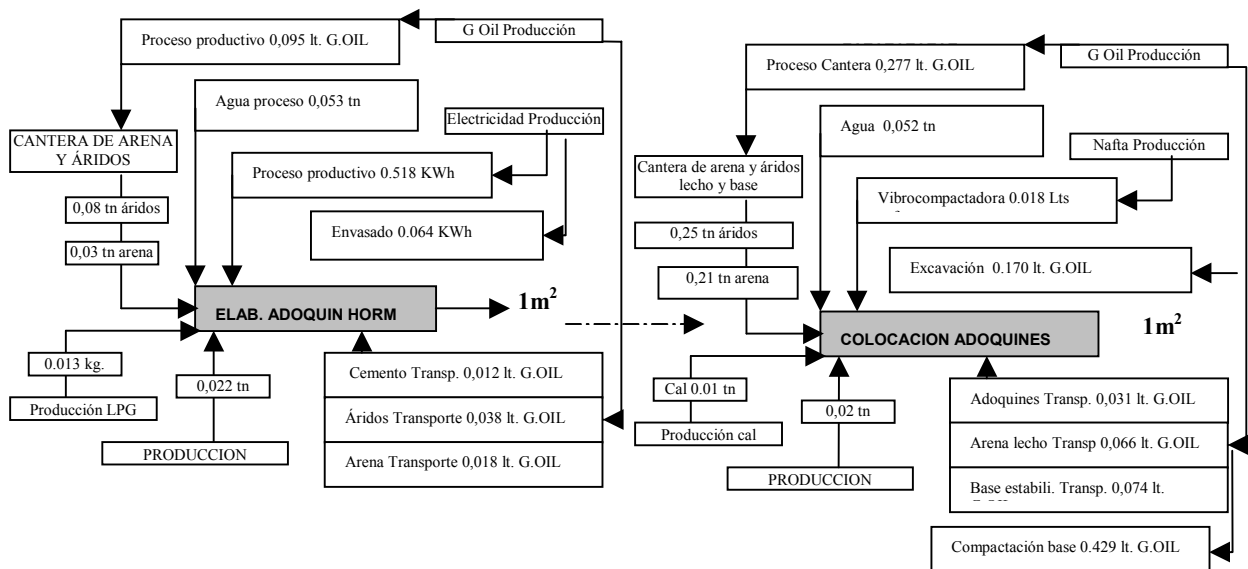


Figura 2. Fabricación y colocación de adoquines

METODOLOGÍA DE ANÁLISIS

El método del Análisis del Ciclo de Vida (ACV) goza de gran aceptación entre la comunidad científica para llevar a cabo evaluaciones de impacto ambiental de productos, sistemas o servicios, y permite realizar comparaciones objetivas considerando todas las fases de su ciclo de vida útil. Se consideran todos los flujos de materia y de energía consumidos y emitidos por el sistema desde la extracción de materia prima, el transporte, la puesta en obra, la operación, el mantenimiento, el desmantelamiento y el tratamiento de los residuos al final de la vida útil. La fase de disposición final no ha sido incluida en este estudio, por falta de valores estadísticos locales atendibles. Por este motivo no se ha considerado el eventual reciclado de los materiales, práctica que por otro lado no es adoptada en la región, y que podría traer beneficios ambientales notables. Si bien es cierto que no siempre el reciclado produce beneficios ambientales y económicos, en el caso de los pavimentos muchas veces estos beneficios se obtienen, en particular cuando el material es reusado en el mismo lugar, o en las cercanías, sin requerir grandes desplazamientos.

De acuerdo a la ISO 14040, las etapas de un ACV son Definición; Inventario; Evaluación de Impactos e Interpretación.

Definición del estudio: *el impacto ambiental producido por la fabricación, colocación y uso de 1 m² de pavimento peatonal en la región centro-oeste de la Argentina durante 40 años de vida útil.*

Inventario: Es la recopilación de información sobre todos los recursos y procesos requeridos y las emisiones producidas para la obtención del producto estudiado. Para la recopilación de datos correspondientes a cada proceso se realizó una visita a la planta de fabricación de ambos productos, y se realizaron encuestas a los ingenieros de planta. Se han considerado además las emisiones liberadas y los recursos consumidos en los procesos energéticos (producción de la energía eléctrica consumida, transporte de materia prima), y en la elaboración de la materia prima empleada (principalmente cemento).

Para la cuantificación de las emisiones se ha utilizado la metodología propuesta por las Directrices del IPCC para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero, versión revisada en 1996: Libro de trabajo (IPCC,1996) y la EMEP/CORINAIR Atmospheric Emission Inventory Guidebook (EMEP/COEINAIR,1996)

La metodología general empleada para estimar las emisiones asociadas a cada proceso industrial se obtienen teniendo en cuenta datos a nivel de la actividad o del producto por ejemplo: cantidad de material producido o consumido, y un factor de emisión asociado por unidad de consumo/producción de acuerdo al siguiente método :

$$\text{TOTAL } ij = A_j \times \text{EF } ij$$

donde:

TOTAL ij = toneladas del gas i emitido desde el proceso del sector industrial j

A_j = cantidad de actividad o producción del material en el sector j (ton/ año)

EF ij = factor de emisión asociado con el gas i por unidad de actividad en el sector industrial j (ton/ton).

Evaluación de Impactos: Los resultados obtenidos de la etapa de Inventario del análisis constituyen una gran masa de datos sobre materiales y energía consumida y efluentes producidos, cuya magnitud hace difícil la interpretación. Por este motivo estos resultados se elaboran, asociando cada sustancia consumida o liberada a una categoría de impacto. Este proceso se conoce como

Categorización de los impactos, y constituye la primera actividad de la fase de Evaluación de Impactos. En este trabajo se ha utilizado la metodología propuesta por Wenzel y colaboradores, denominada EDIP 96 [Wenzel y col., 1997]. Las categorías de impacto consideradas son el Potencial de Calentamiento Global (GWP), El potencial de adelgazamiento de la capa de ozono (ODP); el potencial de Acidificación (AP); el potencial de Eutrofización (NP); el potencial de creación de ozono fotoquímico (POCP); Toxicidad Humana (HT) y Ecotoxicidad (ET).

INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS

En las Figuras 3 a 11 se han representado los resultados obtenidos acerca del impacto ambiental producido en cada categoría considerada para la producción de un metro cuadrado de superficie peatonal, considerando 40 años de duración. Ninguno de los productos analizados incluyen procesos energéticamente intensivos durante su fabricación, ni procesos particularmente impactantes por emisiones producidas. El único elemento impactante es el cemento, presente en la composición de ambos productos, aunque en mayor cantidad en el adoquín. Sin embargo, no obstante la composición de la baldosa calcárea incluye menor cantidad de cemento que el adoquín, los efectos nocivos ambientales asociados a su instalación y uso durante 40 años son mayores, por dos motivos principales: El primero de ellos se relaciona con su instalación. Mientras la colocación de las baldosas calcáreas requiere un mortero sobre el contrapiso, que contiene cemento en su composición, la colocación de los adoquines requiere solamente de un lecho de arena, por lo tanto es menos impactante el adoquín en este aspecto. El segundo se relaciona con su duración. Las baldosas calcáreas expuestas a la intemperie pierden coloración con el tiempo, por lo que los fabricantes estiman su vida útil en 20 años. Esto implica que se debe colocar el doble de baldosas calcáreas de lo estrictamente necesario para cubrir el área estudiada, lo que duplica los impactos asociados a su producción, entre los cuales se encuentran los del cemento que tienen incorporado. Esta necesidad de sustituir las baldosas, implica una labor de remoción de las viejas baldosas (supuesto trabajo manual), y una nueva colocación de una capa de mortero para la adhesión de las baldosas al contrapiso. Por lo tanto, también por este aspecto resulta más impactante la baldosa calcárea que el adoquín.

En las Figuras 3 a 11 se representan los impactos ambientales asociados tanto a la fabricación como a la colocación de las dos alternativas planteadas, los cuales reflejan lo descrito en el párrafo anterior. Dado que cada categoría de impacto analizada se mide en una unidad diferente (por ejemplo kg de CO₂ para la categoría GWP, o kg de SO₂ para AP), y también las magnitudes de cada categoría son notablemente diferentes, no es posible la representación de los resultados en un único gráfico. Para obviar esta dificultad cada categoría se ha representado en la Figura 12 en forma porcentual, donde el 100 % es el valor máximo alcanzado en cada categoría. Un inconveniente que tiene este modo de representación es que no es posible determinar la magnitud relativa entre impactos, ya que todos están referidos al 100 % de cada categoría. Para obtener las distintas categorías en valores comparables se normalizan los resultados, refiriéndolos a las emisiones promedio por habitante que afectan esa categoría a nivel mundial, regional o local. Dado que no existen datos sobre emisiones por habitante para la Argentina, se han utilizado factores de normalización correspondientes a la situación europea para 1995, 497 millones de habitantes (Goedkoop,1995). Los resultados normalizados se han representado en la Figura 13. Se observa que la categoría de impacto que domina la situación es el de la Toxicidad Humana.

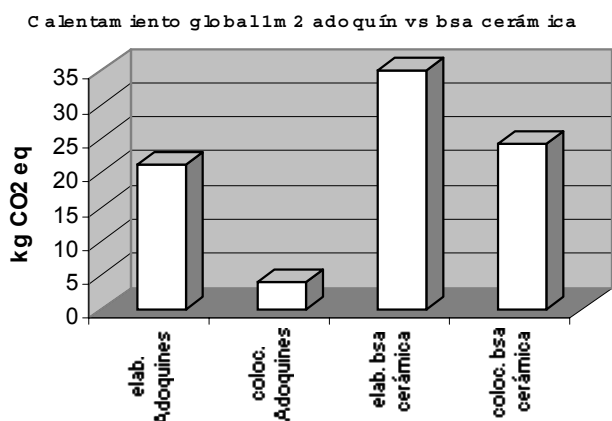


Figura 3: GWP en 40 años

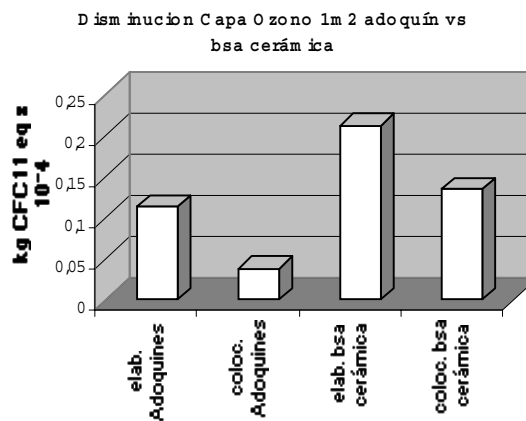


Figura 4: ODP en 40 años

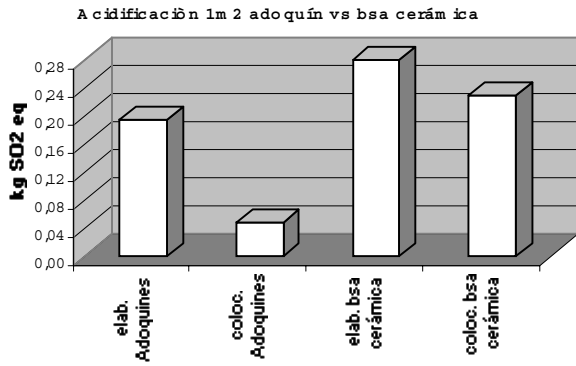


Figura 5: AP en 40 años

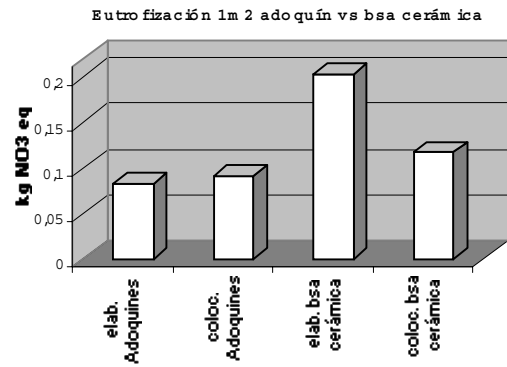


Figura 6: EP en 40 años

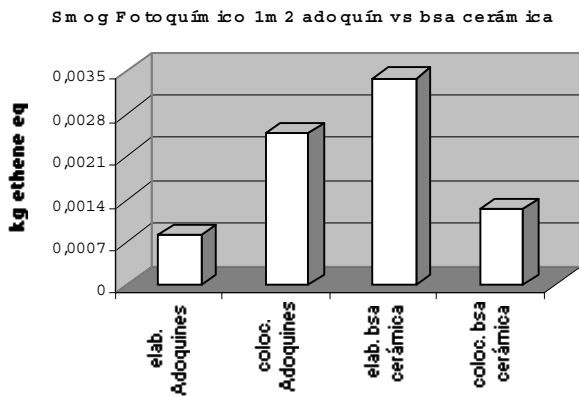


Figura 7: PCOC en 40 años

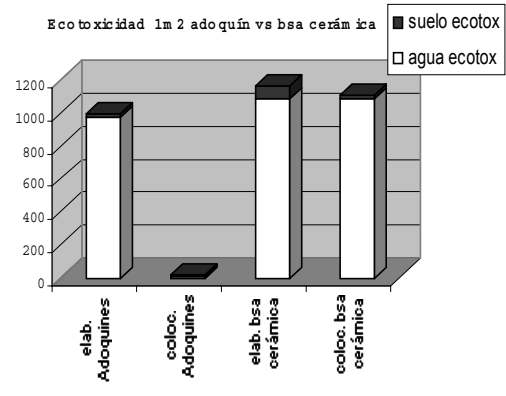


Figura 8: ET en 40 años

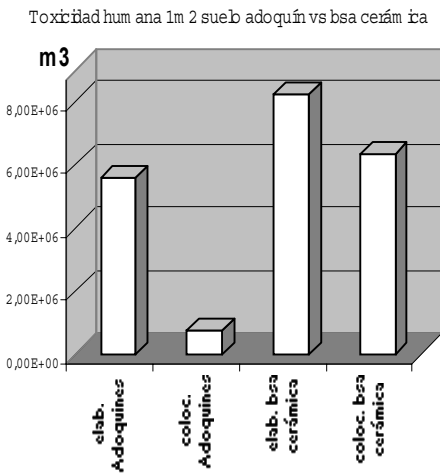


Figura 9: HT en 40 años

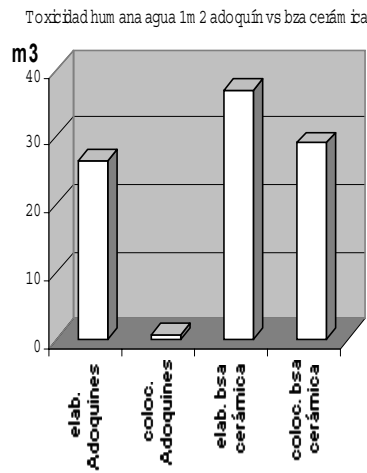


Figura 10: HT en agua 40 años

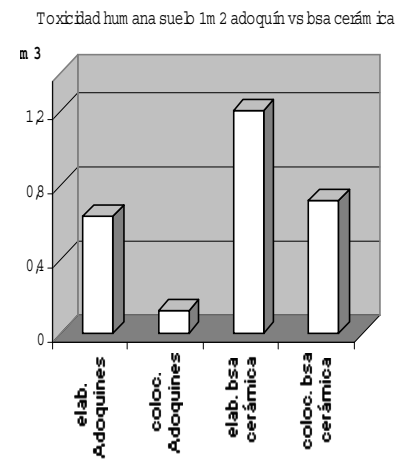


Figura 11: HT en suelo 40 años

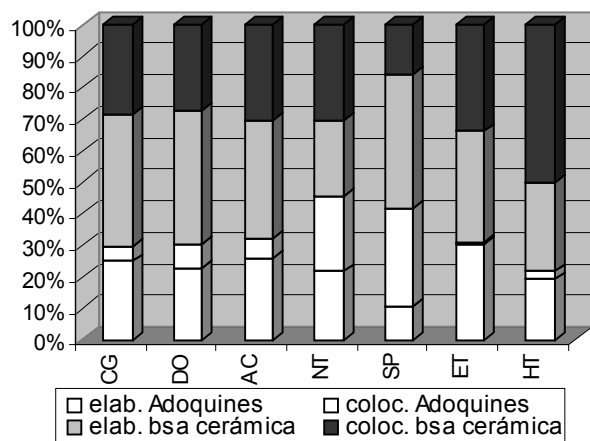


Figura 12: Impactos en 40 años

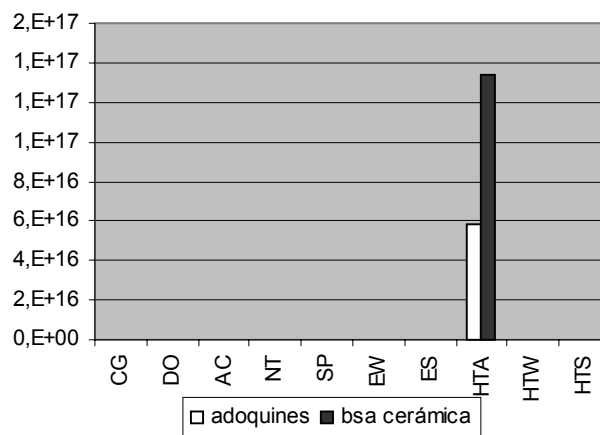


Figura 13: Impactos normalizados en 40 años

CONCLUSIONES

Este estudio muestra el perfil ambiental de dos alternativas utilizadas ampliamente en la región para la pavimentación de vías de circulación peatonales. Se conocen así en detalle la cantidad de recursos empleados en su fabricación y colocación, así como las emisiones liberadas en esos procesos. Estas emisiones además de haber sido cuantificadas, han sido categorizadas por tipos de impacto ambiental, y posteriormente normalizadas para permitir una comparación de sus magnitudes relativas.

El estudio demuestra cómo la duración de cada uno de los productos, y el proceso de colocación, cambia la importancia relativa del impacto producido por cada uno de ellos. Así, la baldosa calcárea que es menos impactante cuando no se considera su colocación y duración, resulta la más impactante al incluir estos aspectos. Esta conclusión debe considerarse siempre en el contexto en el que se desarrolla el estudio, y no debe perderse de vista el hecho de considerar dos productos que no poseen procesos productivos dañinos para el ambiente.

ABSTRACT

The results of the study of the environmental impact associated with the main products used in urban spaces are presented in this work, specifically those related with two different paving products designed and used for pedestrian areas: cement tiles and concrete pavers. The aim of the study is to quantify the amount of resources consumed and emissions released during the production and installation of both products, and to compare their efficiency from the environmental viewpoint. In order to accomplish with this aim, a Life Cycle Assessment has been performed for both products, and the EDIP 96 methodology has been adopted for the environmental impact assessment stage. The results show an environmental advantage related with the concrete pavers, mainly due to their longer useful life, and to the fact that they do not require cement for their installation.

Key words: urban spaces, pedestrian areas, environmental impact, life cycle assessment.

Referencias bibliográficas

- IPCC(ed.) (1996), Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Reference Manual and Workbook.
- EMEP-CORINAIR, First Ed. 1996. Atmospheric Emission Inventory Guidebook. EMEP-Cooperative Programme for Monitoring and Evaluation of the Long Rang Transmission of Air Pollutants in Europe/ CORINAIR- The Atmospheric Emission Inventory for Europe.
- Mark Goedkoop (1995), The Eco-indicator 95 Weighting method for environmental effects that damage ecosystems or human health on a European scale, Final Report.
- Wenzel et al. EDIP-96 method (Environmental Design of Industrial Products), 1997.
- ISO 14040 Environmental Management. Life Cycle Assessment. Principles and Framework.1997.
- Arena, A.P.; Correa, E.N.; de Rosa C, Perfil ambiental del cemento pórtland producido en la región oeste Argentina, según la metodología del IPCC. Avances en Energías Renovables y Medioambiente, pp 01.47-52 Vol.6 N°1. ISSN 0329-5184. Año 2002.
- Arena, A.P., Canizo, J., Sánchez, B. Estudio del impacto ambiental de la generación de energía eléctrica de origen térmico en la Argentina en el cuatrienio 1997-2000 en Argentina. Avances en Energías Renovables y Medioambiente, Vol.6 N°1. ISSN 0329-5184. Año 2002.