

UTILIZACIÓN DEL ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA (ACV) EN LA SELECCIÓN DE CUBIERTAS PLANAS DE EDIFICACIÓN

Javier Belando

Belinda López-Mesa

Universitat Jaume I, Dep. Ingeniería Mecánica y Construcción, Castellón, España

Abstract

Two flat roof solutions are studied, the conventional and the inverted, which are broadly used in Spain, and about which contradictory recommendations are given. On one hand, the use of mineral wool as insulation materials is recommended versus extruded polystyrene (used in inverted roofs), because of its more environmentally-friendly manufacture. On the other hand, inverted roofs are recommended versus conventional cold roofs because of their longer service lives. In this paper, we apply the methodology Life Cycle Analysis (LCA) to obtain the impact of different construction solutions with rigor, allowing us to know which solution is more appropriate and why.

Keywords: *environmental impact; LCA; conventional roof; inverted roof; selection of construction materials*

Resumen

Estudiamos dos soluciones de cubierta plana, la convencional y la invertida, ampliamente usadas, sobre las que existen recomendaciones enfrentadas en la literatura. Por un lado, se recomienda el aislamiento con lana mineral por ser su fabricación medioambientalmente menos dañina que la de poliestireno extruido utilizado en cubiertas invertidas. Por otro lado, la cubierta invertida se recomienda frente a la convencional por su mayor vida útil. En este trabajo, aplicamos la metodología de Análisis de Ciclo de Vida (ACV) para obtener con rigor los impactos de las diferentes soluciones, permitiéndonos saber qué solución es más apropiada y por qué.

Palabras clave: *impacto medioambiental; ACV; cubierta invertida; selección de materiales constructivos*

1. Introducción

De las fases de un edificio, la de uso es la de mayor impacto ambiental debido a los consumos de energía. Por ello, la eficiencia energética es el primer aspecto de la sostenibilidad de los edificios regulado en España. Menor atención se ha prestado a los impactos debidos a los materiales. Como consecuencia existe información relativa a la sostenibilidad de materiales de escaso rigor científico, que puede llevar a elecciones inapropiadas de soluciones constructivas.

Aquí estudiamos dos soluciones de cubierta plana: la convencional y la invertida, ampliamente usadas, sobre las que existen recomendaciones enfrentadas. Por un lado, se

recomienda el aislamiento con lana mineral por ser su fabricación medioambientalmente menos dañina que la de poliestireno extruído utilizado en cubiertas invertidas (Aninket al., 1996; Baño Nieva y Vigil-Escalera del Pozo, 2005; DGVAU, 1999). Por otro lado, la cubierta invertida se recomienda frente a la convencional por su mayor vida útil (Baño Nieva y Vigil-Escalera del Pozo, 2005; DGVAU, 1999; GV, 2006). Esta falta de concreción se debe a que en la literatura suelen aparecer datos de materiales de manera aislada, es decir, comparando material a material, cuando lo interesante para un proyectista es conocer el impacto ambiental de la solución constructiva en su conjunto.

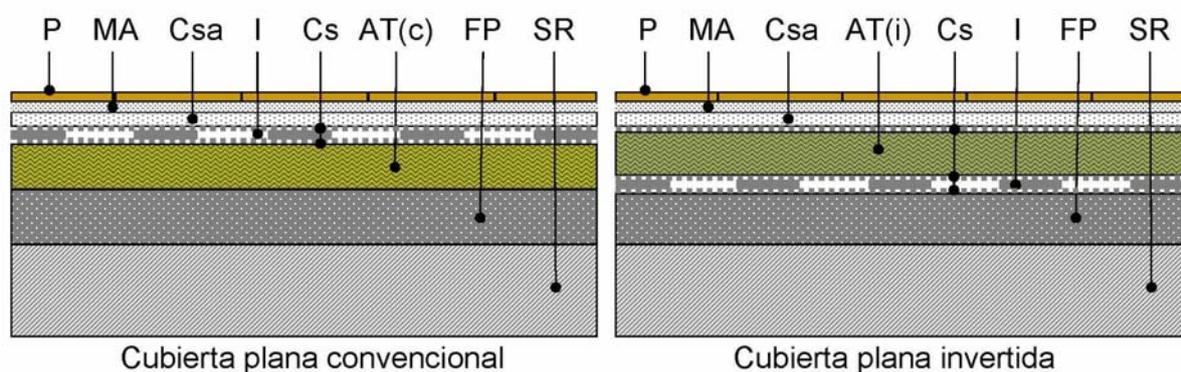
En este trabajo, estudiamos qué solución de las dos es más apropiada desde el punto de vista medioambiental y por qué, mediante el uso de la metodología de ACV que nos permite conocer con rigor los impactos de las diferentes soluciones.

Al desarrollar un ACV, se deben aplicar los requisitos de la Norma ISO 14044. En dicha norma se establece que los estudios de ACV deben incluir la definición del objetivo y del alcance, el análisis del inventario, la evaluación del impacto y la interpretación de los resultados.

2. Objetivo

En este trabajo realizamos un Análisis del Ciclo de Vida comparativo entre la cubierta plana tradicional y la cubierta plana invertida que quedan definidas en la figura 1.

Figura 1: Componentes de las cubiertas planas convencional e invertida



- P: Capa de protección a base de terminación cerámica
 MA: Material de agarre
 Csa: Capa separadora bajo protección a base de mortero de cemento
 I: Lámina de impermeabilización
 Cs: Capa separadora geotextil
 AT(c): Aislamiento térmico de lanas minerales
 AT(i): Aislamiento térmico de poliestireno extrusionado libre de HCFCs
 FP: Formación de pendientes de hormigón celular con maestras de ladrillo y mortero de regularización superior
 SR: Soporte resistente

El ACV se realiza con dos objetivos fundamentales:

- Evaluar y cuantificar los impactos medioambientales de dos soluciones de cubierta plana de edificación que cumplen funciones equivalentes, a lo largo de todo su ciclo de vida y comparar sus impactos asociados dado que en el estado del arte hay una falta de información a nivel de sistema constructivo.

- Identificar y evaluar las oportunidades para reducir dichos impactos ambientales a lo largo el ciclo de vida una vez detectados los impactos en cada fase del proceso.

El análisis de ciclo de vida se realiza para las cubiertas planas aplicadas a un edificio de referencia. El edificio escogido tiene tipología de vivienda plurifamiliar en altura de tamaño medio en Castellón. Concretamente el edificio tipo considerado es el utilizado en López-Mesa et al. (2009).

3. Alcance del estudio

En el alcance del estudio identificamos el sistema del producto bajo estudio, las funciones de los sistemas de producto, la unidad funcional, los límites del sistema, los procedimientos de asignación, definimos la metodología de Evaluación del Impacto del Ciclo de Vida (EICV) y los tipos de impactos, establecemos los tipos y fuentes de datos así como los requisitos relativos a los datos, y consideramos el tipo de revisión crítica.

3.1 Función y unidad funcional

El sistema del producto bajo estudio es la cubierta plana de edificación. La unidad funcional define la cuantificación de las funciones identificadas del producto, su propósito es proporcionar una referencia a la cual se relacionan las entradas y salidas. Esta referencia es necesaria para asegurar que la comparación de los sistemas se hace sobre una base común. La unidad funcional seleccionada debe estar definida y ser mensurable.

Las funciones del sistema de cubierta se agrupan en estanqueidad a los agentes meteorológicos, aislamiento al ruido y aislamiento térmico.

Para poder definir la unidad funcional se considera que es necesario que las soluciones a comparar cumplan con el Código Técnico de la Edificación (CTE) en la misma medida.

Con este objetivo se ha acotado la zona de ejecución de la solución constructiva considerada y en los casos considerados se ha llegado a un mismo coeficiente de transmisión térmica (en este caso el mínimo exigido) en cumplimiento con el CTE. Concretamente, la zona climática considerada es B3, correspondiente a Castellón de la Plana, para la cual el valor límite de la transmitancia de cubierta es de $0,45 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ para cumplir requisitos.

El soporte resistente considerado es el definido en el edificio de referencia (López-Mesa et al., 2009), que se cataloga como FU-BH (forjado unidireccional con bovedilla de hormigón) de 25cm de espesor. Según la tabla 3.18 del documento básico de protección frente al ruido del CTE se tiene que este forjado tiene un aislamiento a ruido aéreo de 53 dBA un nivel global de presión de ruido de impacto normalizado medido en laboratorio de 80 dB. Teniendo en cuenta el incremento de 2 dBA por las pendientes con hormigones de áridos ligeros según la tabla 4.1.1 del mencionado documento básico y los 2 dBA por el enlucido de la cara inferior de la cubierta se tiene un aislamiento final a ruido aéreo de 57dBA.

Por lo tanto la unidad funcional es:

1 m² de cubierta en un edificio compuesto de dos sótanos, planta baja mas cuatro plantas de 430m² en una zona climática B3 con una transmitancia térmica ajustada a la máxima permitida por el Código Técnico de la Edificación que es de $0,45 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ y un aislamiento a ruido aéreo de 57dBA y con una estanqueidad dentro de lo exigido por el CTE, incluso su mantenimiento para prolongar la vida útil de dicha cubierta hasta los 100 años, que es la vida media de los edificios según la Orden ECO 805/2003 de 27 de marzo sobre normas de valoración de bienes inmuebles y la instrucción EHE-2008.

No se consideran en la definición la repercusión de encuentros especiales (como limatesas, encuentros con antepechos ni ningún elemento vertical como cerramientos o shunts, etc.) ni elementos singulares como cazoletas o sumideros.

3.2 Límites del sistema

Los límites del sistema determinan qué procesos unitarios se incluyen dentro del ACV, y qué cargas ambientales se estudian y a qué nivel de detalle.

El sistema incluye todos los materiales empleados en la solución constructiva (proceso de creación, transporte a obra y energía necesaria para su preparación) el desplazamiento dentro de la obra de dichos materiales y el desplazamiento de la mano de obra hasta pie de obra para la ejecución de un metro cuadrado del tipo de cubierta considerado.

Hemos de señalar los siguientes límites del sistema:

- Límites geográficos: el ACV realizado se limita al uso de cubiertas planas en la zona climática definida por el CTE como zona B3 y más concretamente en Castellón de la Plana.
- Límites temporales: el horizonte temporal considerado es el año de realización del presente estudio, el año 2009. Cabe decir que las soluciones constructivas de cubierta consideradas es presumible que perduren en el tiempo.
- Etapas excluidas del análisis:
 - En el presente estudio no se consideran las cargas ambientales relativas a la producción de maquinaria e infraestructuras necesarias para la fabricación de medios auxiliares de obra como grúa torre, silos de mortero, maquinaria de transporte como camión o trailer. Tampoco se consideran las herramientas empleadas por los diferentes profesionales intervinientes (tales como martillos y amasadoras eléctricos, llanas dentadas, paletas, maza). No son considerados los equipos de protección ni los individuales (EPI's) ni los colectivos. No se consideran estas etapas dado la baja repercusión que tienen respecto a la unidad funcional.
 - El forjado resistente sobre el que se aplica la solución de cubierta elegida en cada caso, se excluye del análisis por considerar la utilización de un mismo tipo de idénticas características en los dos casos de estudio.
- Limitaciones de las base de datos incorporadas en la herramienta informática utilizada, SimaPro 7.0 (versión PhD) para el ACV: los siguientes materiales no estaban incluidos en las bases de datos y han sido sustituidos por otros materiales similares que si están contemplados en las bases de datos:
 - Rejuntado ha sido sustituido por Cemento Portland
 - Cemento cola ha sido sustituido por Cemento Portland
 - Lámina impermeabilizante ha sido sustituido por Betún

3.3 Metodología de EICV y tipos de impacto

En este estudio utilizamos los métodos Eco-indicador 99 y EPS 2000. A continuación comentamos los métodos de valoración del impacto ambiental utilizados.

El método Eco-indicador 99 (Goedkoop et al., 2000) es una mejora al método Eco-indicador 95 (Goedkoop, 1995). El Eco-indicador 95 es un método basado en distancia a un nivel objetivo, pero no estableció unos objetivos claros para definir el nivel objetivo sostenible. El Eco indicador 99 (Goedkoop et al., 2000) está basado en modelos de daño, que presenta

una relación entre el impacto y el daño a la salud humana o al ecosistema. El Eco-indicador 99 define el medio ambiente en función de tres tipos de daños, recogidos en la tabla 1.

Utiliza como base el “punto Eco-indicador” (Pt). La escala se ha elegido de forma que el valor de 1Pt represente la milésima parte de la carga ambiental anual de un ciudadano europeo medio.

Tabla 1. Daños considerados en los métodos Eco-indicador 99 y EPS 2000

Eco-indicador 99	
Daños a la salud humana	Cambio climático Destrucción de la capa de ozono Radiación Respiratorios orgánicos Carcinogénicos
Daños a la calidad del medio ambiente	Ecotoxicidad Uso del suelo Acidificación y eutrofización
Daños a los recursos	Uso de recursos minerales Uso de combustibles fósiles
EPS 2000	
Salud humana	Esperanza de vida Morbosidad severa Morbosidad Molestias severas Molestias
Capacidad de producción del ecosistema	Capacidad de producción de cultivos Capacidad de producción maderera Producción de pescado y carne Capacidad catiónica básica Capacidad de producción de agua para riego Capacidad de producción de agua sanitaria
Reservas de recursos abióticos	Agotamiento de reservas elementales Agotamiento de reservas de gas natural Agotamiento de reservas de petróleo Agotamiento de reservas de carbón Agotamiento de reservas minerales
Diversidad biológica	Extinción de especies

El método EPS 2000 (Steen 1999) también es un método orientado al daño causado, pero en este método se tiene en cuenta la voluntad de pagar para restaurar los cambios causados, siendo la unidad del indicador final el ELU (Environmental Load Unit o unidad de carga ambiental). Contiene las categorías de impacto indicadas en la tabla 1.

3.4 Tipos y fuentes de datos

Una vez definido el objetivo y alcance del ACV a realizar es necesario definir las fuentes de datos más importantes y los datos recopilados.

Para los procesos se ha recurrido a la utilización de bases de datos publicadas.

Los requisitos de calidad de los datos recogidos han sido los siguientes:

- **Ámbito temporal de los datos.** Los datos recogidos deben referirse preferiblemente a los últimos cinco años.
- **Ámbito geográfico de los datos.** Los datos recogidos deben referirse preferiblemente a las zonas donde tienen lugar los procesos.
- **Ámbito tecnológico.** El desarrollo de la tecnología a considerar debe ser, la tecnología actualmente empleada en los procesos considerados.

Para el presente estudio se han utilizado bases de datos publicadas y disponibles en la herramienta informática SimaPro 7.0 (versión PhD) para los materiales y procesos del inventario del ciclo de vida. Las bases de datos utilizadas son las siguientes:

- **ECOINVENT:** base de datos para el análisis de ciclo de vida que contiene un inventario de datos industriales a nivel internacional sobre de energía, transporte, materiales de construcción, extracción de recursos, suministro de materiales, productos químicos, metales, papel y cartón, agricultura y servicios de gestión de residuos.
- **ETH-ESU 96:** contiene datos sobre energía, generación de electricidad y procesos como transporte, procesado y tratamiento de residuos.
- **BUWAL 250:** base de datos que contiene información sobre materiales de embalaje (plástico, cartón, papel, cristal, metales como el acero o el aluminio), energía y tratamientos de residuos.
- **IDEMAT 2001:** base de datos que contiene información sobre materiales de la ingeniería (metales, aleaciones, plásticos, madera), energía y transporte.

3.5 Requisitos de calidad de los datos

Se toman como buenos los datos proporcionados por las bases de datos antes definidas que han sido las empleadas en el presente estudio.

Para obtener los datos relacionados con la disposición final de los materiales tras su vida útil, se han considerado dos referencias: la primera relacionada con el Plan Nacional Integrado de Residuos 2009-2010, del que se han obtenido los porcentajes mínimos a los que se pretende llegar desde el punto de vista del reciclaje y vertido de residuos. Considerándose estos porcentajes mínimos como los de referencia para nuestro estudio. La segunda referencia considerada para la ubicación de los vertederos en la provincia de Castellón es la página Web de la Consellería de Medi Ambient, Aigua, Urbanisme i Habitatge de la Generalitat Valenciana (<http://www.cma.gva.es/intro.htm>) en su página web <http://orto.cma.gva.es/website/residuos/viewer.htm?idioma=c>. En este caso se han obtenido las distancias medias respecto a los vertederos señalados en dicha página a fecha de 5 de diciembre de 2009.

Para evitar tener una diferenciación de impactos a causa de diferente procedencia geográfica de los materiales, se han buscado, para cada caso, una empresa que fabrique los productos diferenciados que nos interesan en un mismo sitio.

4. Análisis de inventario

4.1 Organización de los datos

Para facilitar la recopilación de datos del sistema se procede mediante una subdivisión en fases de ejecución de la solución seleccionada, de este modo queda más clara la identificación y posterior cuantificación de los materiales y energía necesarios en cada una de las fases.

En este caso las fases y sus materiales en las que se ha subdividido la solución constructiva de cubierta plana convencional son:

- Capa de protección
 - Pieza cerámica de gres antideslizante de 30 x 30 de 7 mm de espesor
 - Material de rejuntado en junta abierta de 5 mm de espesor
- Material de agarre
 - Cemento cola de 1 cm de espesor
- Capa separadora bajo protección
 - Mortero de cemento de 4 cm de espesor
- Capa separadora superior
 - Lámina geotextil de 150 gr/m² de 1mm de espesor
- Capa de impermeabilización
 - Lámina bituminosa LBM-SBS/40-FV de 3,6 mm de espesor
- Capa separadora inferior
 - Lámina geotextil de 150 gr/m² de 1mm de espesor
- Aislamiento térmico
 - Panel de lanas minerales de 5 cm de espesor, de conductividad 0,038 W/m·K
- Formación de pendientes con pendiente del 1,92%
 - Maestras de ladrillo
 - Ladrillo cerámico hueco
 - Mortero de cemento
 - Hormigón celular de 7,8 cm de espesor medio
 - Capa de regularización
 - Mortero de cemento de 2 cm de espesor

Las fases y sus materiales en las que se ha subdividido la solución constructiva de cubierta plana invertida son:

- Capa de protección
 - Pieza cerámica de gres antideslizante de 30 x 30 de 7 mm de espesor
 - Material de rejuntado en junta abierta de 5 mm de espesor
- Material de agarre
 - Cemento cola de 1 cm de espesor
- Capa separadora bajo protección
 - Mortero de cemento de 4 cm de espesor
- Capa separadora superior
 - Lámina geotextil de 200 gr/m² de 1mm de espesor
- Aislamiento térmico
 - Panel machihembrado de poliestireno extrusionado de 5 cm de espesor y conductividad térmica 0,036 W/m·K
- Capa separadora intermedia
 - Lámina geotextil de 150 gr/m² de 1mm de espesor
- Capa de impermeabilización
 - Lámina bituminosa LBM-SBS/40-FV de 3,6 mm de espesor
- Capa separadora inferior
 - Lámina geotextil de 150 gr/m² de 1mm de espesor
- Formación de pendientes de pendiente 1,08%
 - Maestras de ladrillo
 - Ladrillo cerámico hueco
 - Mortero de cemento
 - Hormigón celular de 5,7 cm de espesor medio
 - Capa de regularización

- Mortero de cemento de 2 cm

4.1 Origen de los datos

Para la introducción de las cantidades de materia y energía en la herramienta informática se han tomado datos de partida de catálogos técnico de diversos fabricantes y asociaciones, como la Asociación Ibérica de Poliestireno Extruido, Asociación de Fabricantes de Impermeabilizantes Asfálticos (ANFI), Asociación Española de la Impermeabilización (ANI), Comisión Técnica de Fabricantes de Poliestireno Extruido, Asociación de Fabricantes Españoles de Lanar Minerales Aislantes (AFELMA), Asociación Nacional de Fabricantes de Materiales Aislantes (ANDIMAT), etc., así como basados en la experiencia en obra adquirida durante el ejercicio de la profesión por los autores.

4.2 Relación entre los valores unitarios de los datos y la unidad funcional

Para la preparación de estos datos se han considerado todas las entradas (inputs) de cada elemento de cada una de las cubiertas incluso el mantenimiento previsible durante los 100 años de vida útil, así como su disposición al final de la vida útil.

Cabe señalar que con respecto al mantenimiento se considera una durabilidad de la lámina impermeabilizante en la cubierta convencional de 30 años (BWA-Europe, 2009), por tanto para alcanzar los 100 años de vida útil es necesario realizar 3,33 mantenimientos, mientras que en el caso de la cubierta invertida se ha considerado una durabilidad de la lámina de 40 por estar más protegida de la intemperie gracias a tener la capa de aislamiento entre ella y el exterior. Por lo tanto, para alcanzar la vida útil de 100 años es necesario realizar 2,5 mantenimientos.

5. Evaluación del impacto del ciclo de vida (EICV)

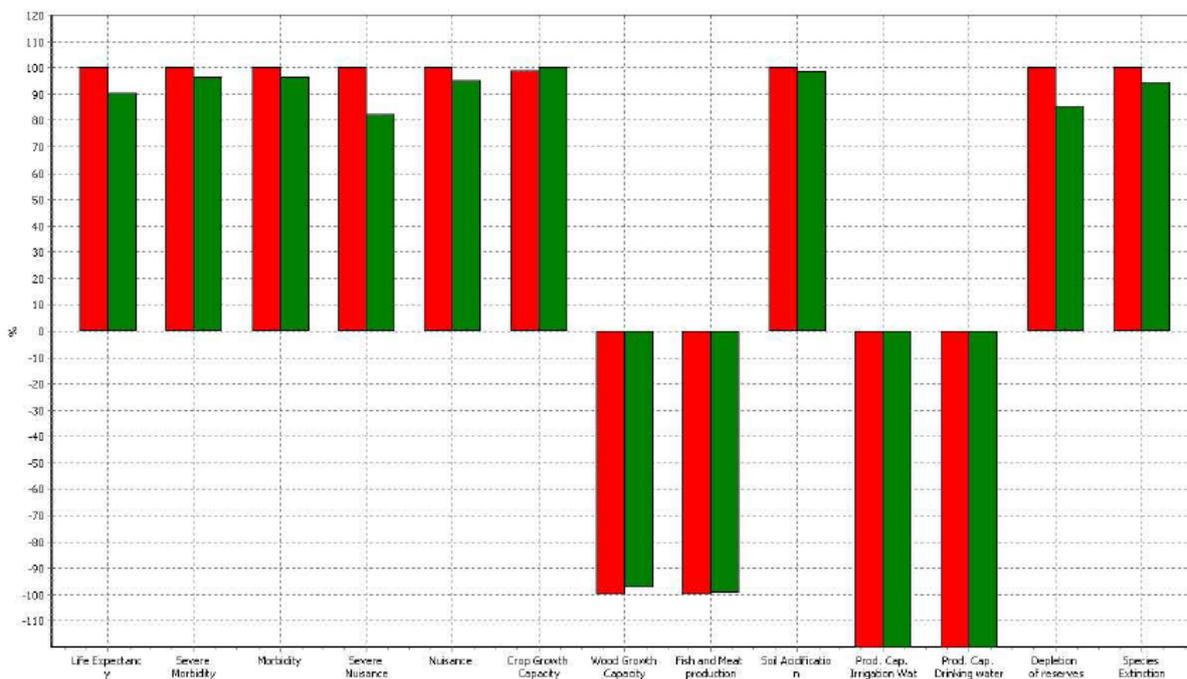
La fase de evaluación de impacto de un ACV tiene como propósito evaluar cuan significativos son los impactos ambientales potenciales utilizando los resultados de ICV. Este proceso implica la asociación de los datos de inventario con las categorías de impactos ambientales específicos y con los indicadores de estas categorías para entender estos impactos. Cuestiones tales como la elección, modelado y evaluación de las categorías de impacto pueden introducir subjetividad en esta fase, por ello se justifica la elección de dos métodos estandarizados para la evaluación del impacto del ciclo de vida.

5.1 Caracterización

El cálculo de los resultados del indicador implica la conversión de los resultados del ICV a unidades comunes y la suma de los resultados convertidos dentro de la misma categoría de impacto. Para realizar esta conversión se utilizan los factores de caracterización. La salida del cálculo es el resultado numérico de un indicador (figuras 2 y 3).

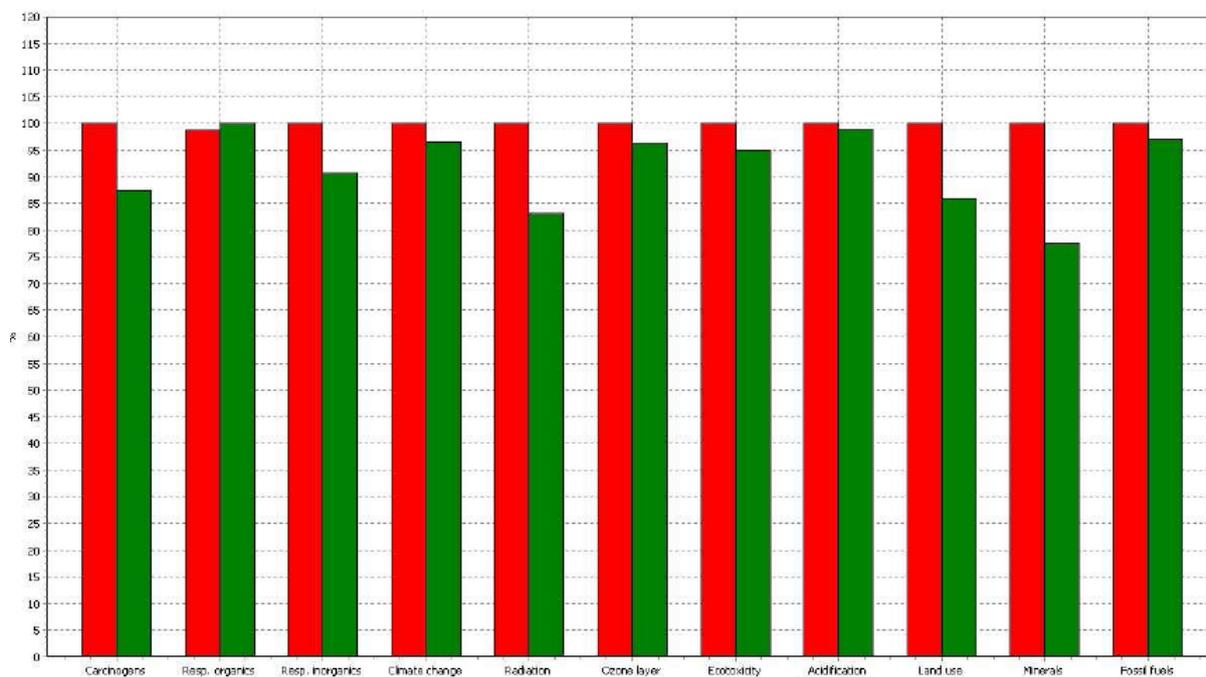
Como punto común de la caracterización aparece que la cubierta tradicional tiene unos impactos ligeramente mayores excepto en: oxidación fotoquímica, efectos respiratorios orgánicos y en crecimiento de cosechas. Las mayores ventajas de la solución invertida se presentan en la ecotoxicidad del agua, en los recursos minerales, radiación, agotamiento de recursos y en el ruido. Cabe mencionar que no hay una marcada diferencia en ningún campo, moviéndose prácticamente a la par ambas soluciones de cubierta.

Figura 2: Resultados de caracterización con el método EPS 2000



Nota: Rojo: cubierta convencional. Verde: cubierta invertida.

Figura 3: Resultados de caracterización con el método Eco-indicador 99



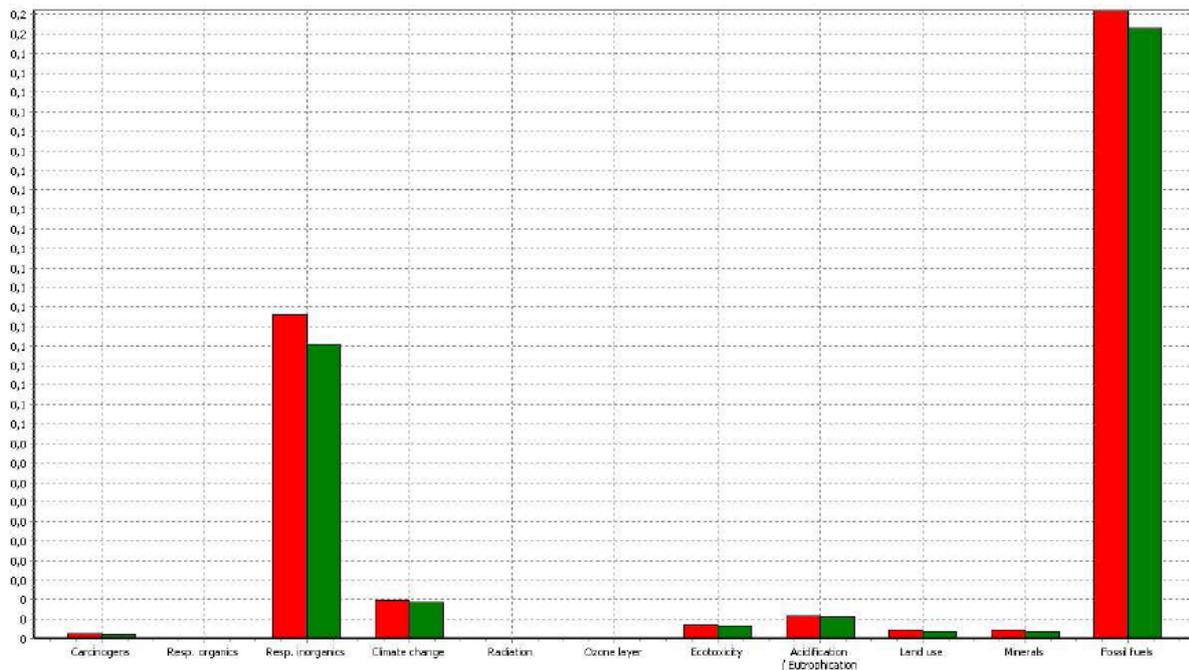
Nota: Rojo: cubierta convencional. Verde: cubierta invertida.

5.2 Normalización

La normalización es la conversión de los resultados de la caracterización a unidades globales neutras, dividiendo cada resultado por un factor de normalización.

Es el cálculo de la magnitud de los resultados del indicador de categoría con respecto a cierta información de referencia. El propósito de la normalización es entender mejor la magnitud relativa para cada resultado del indicador del sistema del producto bajo estudio. La normalización transforma el resultado de un indicador dividiéndolo por un valor de referencia seleccionado. En la normalización, a pesar de no existir unas marcadas diferencias, aparece como más ventajosa la solución de cubierta invertida (figura 4).

Figura 4: Resultados de normalización con el método Eco-indicador 99



Nota: Rojo: cubierta convencional. Verde: cubierta invertida.

5.3 Agrupación

La agrupación es la clasificación de las categorías de impacto en otros grupos que engloben categorías de impacto con efectos similares, como vimos anteriormente en el apartado de Metodología de EICV y tipos de impacto.

5.4 Ponderación

La ponderación es la conversión de los resultados de los valores caracterizado a una unidad común y sumable, multiplicando por su factor de ponderación. Posteriormente se suman todos ellos para obtener una puntuación única total del impacto ambiental del sistema.

Este es un paso con un elevado grado de subjetividad por lo que se desaconseja su uso en la norma UNE-EN-ISO 140044. A pesar de ello, consideramos conveniente aplicar un factor de conversión consensuado por expertos en la materia para llegar a una unidad común, para el estudio de cada una de las etapas dentro de cada tipo de cubierta, antes que hacer una lectura global de la normalización, puesto que en este caso se estaría aplicando un factor uno a las categorías de impacto [16]. La ponderación, por tanto, sólo se utiliza en esta ponencia para analizar dentro de cada tipo de cubierta cuáles son las etapas que más afectan (figuras 4-7), evitando comparar las dos soluciones entre sí, de manera que respetamos la norma UNE-EN-ISO 14044 en lo relativo a las afirmaciones comparativas hechas públicamente. Del análisis de la puntuación única por etapas se desprende que hay dos fases que se muestran más impactantes y las otras se mantienen a un mismo nivel. La

fase con mayor impacto con diferencia es el mantenimiento de la cubierta a lo largo de su vida útil, siendo la siguiente fase por orden de importancia la debida al revestimiento. Los transportes de la mano de obra tienen una repercusión despreciable.

Figura 4: Ponderación por etapas con el método Eco-indicador 99 de la cubierta convencional

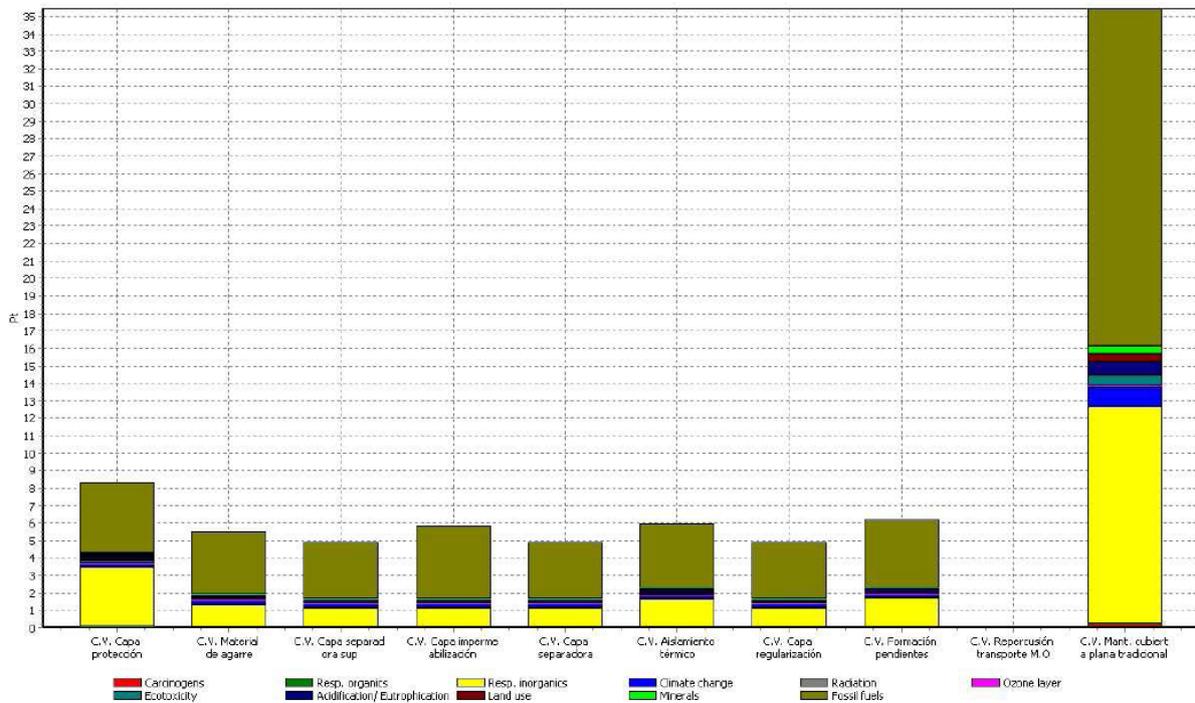


Figura 5: Ponderación por etapas con el método EPS 2000 de la cubierta convencional

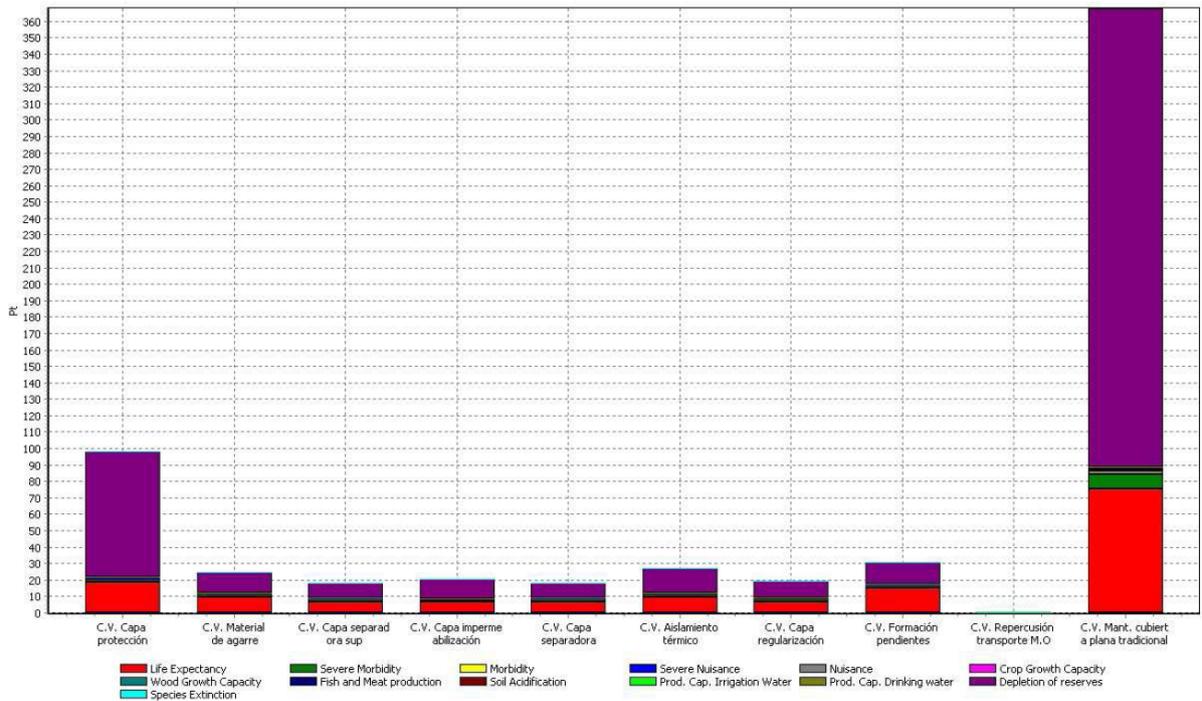


Figura 6: Ponderación por etapas con el método Eco-indicador 99 de la cubierta invertida

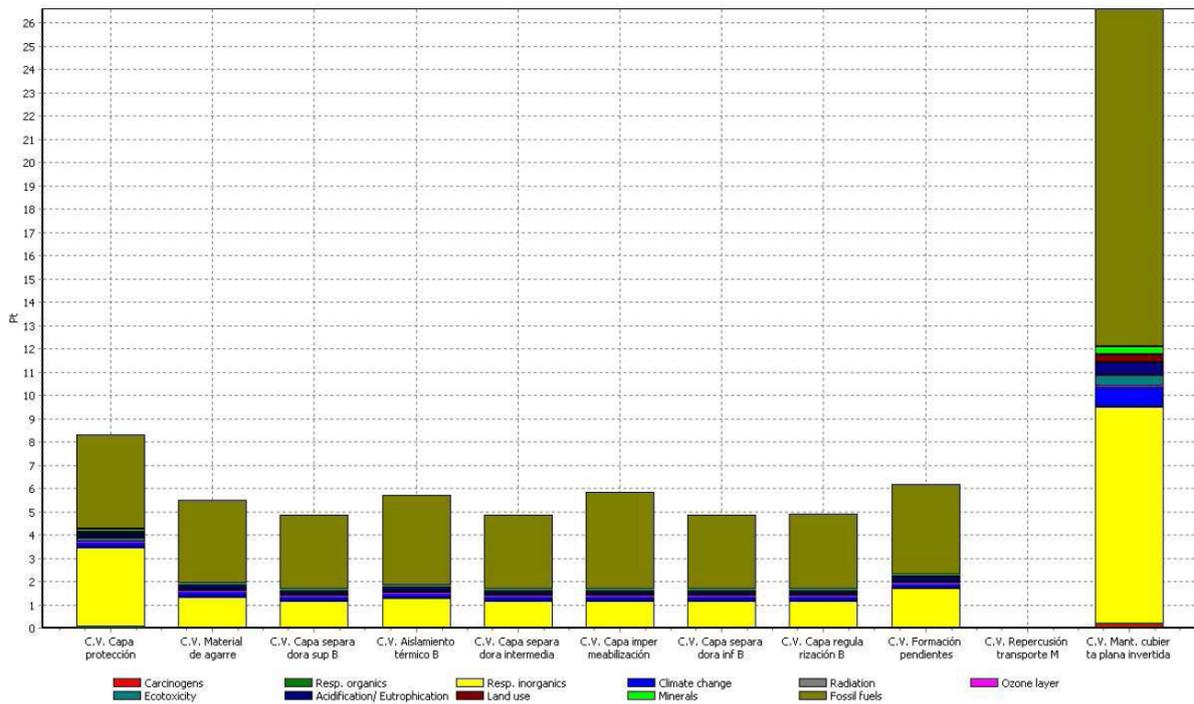
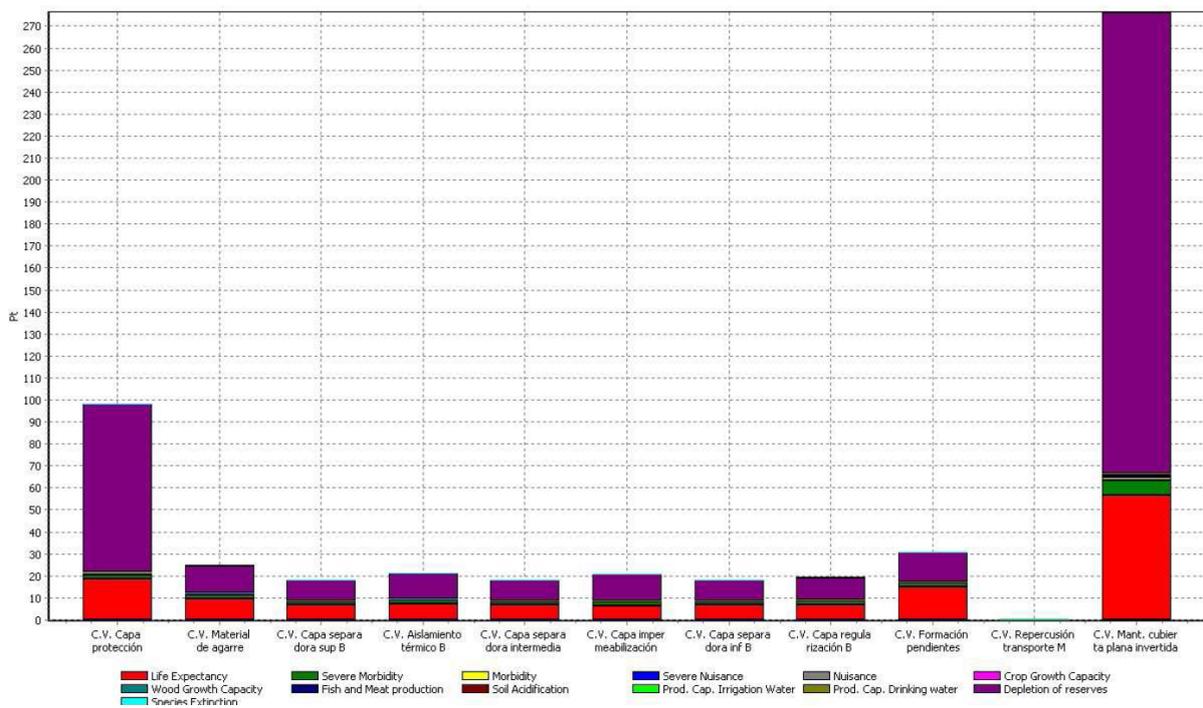


Figura 7: Ponderación por etapas con el método EPS 2000 de la cubierta invertida



6. Conclusiones

De los datos obtenidos se puede obtener una doble conclusión:

- La importancia de conseguir un revestimiento reutilizable tras el mantenimiento periódico de la cubierta (como por ejemplo pavimentos flotantes, baldosas aislantes, etc.), dado que el importante impacto ambiental se deriva del hecho de que en los mantenimientos se tienen que reponer muchos de los materiales por encima de la lámina impermeabilizante. Con soluciones como el pavimento flotante, el nivel de reutilización de los materiales en la misma solución constructiva es mucho mayor, lo que significaría un descenso importante en los impactos de la etapa de mantenimiento.
- Dado el peso que tiene el revestimiento de la cubierta en el global, sería un punto a analizar en futuras investigaciones para tratar de minimizar el daño ambiental de las soluciones constructivas de cubierta.

Finalmente, cabe decir que la metodología de Análisis de Ciclo de Vida nos ha permitido evaluar y cuantificar los impactos medioambientales de dos soluciones de cubierta plana de edificación que cumplen funciones equivalentes y decidir cuál de las dos es más ventajosa, cuestión que no quedaba clara en la literatura. Concretamente, los resultados muestran que la cubierta invertida es algo más ventajosa que la tradicional, a pesar de que necesite el uso de aislante a base de poliestireno extruido más impactante que el de la cubierta convencional de lana de roca, debido a que en la cubierta invertida la vida útil de la lámina impermeabilizante es más larga, reduciendo los mantenimientos necesarios a lo largo de la vida del edificio. Sería interesante ampliar el estudio a soluciones de cubierta plana convencional e invertida que usen pavimentos flotantes como terminación

7. Referencias

- Anink, D., Boonstra, C. and Mak, J. (1996) Handbook of Sustainable Building: An Environmental Preference Method for Selection of Materials for Use in Construction and Refurbishment. London: James & James (Science Publishers) Limited.
- Baño Nieva, A., Vigil-Escalera del Pozo, A. (2005) Guía de construcción sostenible. Madrid: Edición ISTAS, Instituto Sindical de Trabajo, Ambiente y Salud.
- BWA-Europe (2009) Environmental Declaration for Bitumen Roof Waterproofing Systems. Bitumen Waterproofing Association – Europe. Downloaded from the World Wide Web On December 2009: http://www.bwa-europe.com/content/BWA_Enviro_Declaration.pdf.
- DGVAU (1999) Guía de la edificación sostenible. Madrid: Ministerios de Fomento, Centro de Publicaciones. Dirección de la Vivienda, la Arquitectura y el Urbanismo; Institut Cerdà; Instituto para La Diversificación y Ahorro de la Energía.
- Goedkoop M. (1995) The Eco-indicator 95: weighting method for environmental effects that damage ecosystems or human health on a European scale. Amersfoort, Netherlands: Pré Consultants.
- Goedkoop, M., Effting, S., Collignon, M. (2000) The Eco-indicator 99. A damage oriented method for Life Cycle Impact Assessment. Manual for Designers. Amersfoort, Netherlands: Pré Consultants.
- GV (2006) Guía básica de criterios de sostenibilidad en las promociones de viviendas con protección pública. Valencia: Generalitat Valenciana, Conselleria de Territori i Habitatge; Institut Cerdà; Gas Natural Cegas.
- López-Mesa, B., Pitarch, A., Tomás, A., Gallego, T. (2009) Comparison of environmental impacts of building structures with in situ cast floors and with precast concrete floors. Building and Environment 44 (4), pp. 699-712.

Steen, B. (1999), A systematic approach to environmental strategies in product development (EPS). Version 2000 - General system characteristics. CPM report 1999:4.

Agradecimientos:

Agradecemos el apoyo económico del Ministerio de Fomento, proyecto C 54/2006.

Correspondencia (Para más información contacte con):

Belinda López-Mesa.
Phone: +34 964 72 91 58
Fax: +34 964 72 81 06
E-mail: blopez@emc.uji.es
URL: www.tecasos.uji.es