



UNIVERSITAT JAUME I

ESCOLA SUPERIOR DE TECNOLOGIA I CIÈNCIES
EXPERIMENTALS

MÁSTER UNIVERSITARIO EN EFICIENCIA ENERGÉTICA Y SOSTENIBILIDAD

Comparativa técnica y ambiental mediante ACV de pavimentos de gres y mármol

PROYECTO FINAL DE MÁSTER

AUTOR
Coral Escorihuela Sales

DIRECTOR
Ángel Miguel Pitarch Roig

Castellón, Noviembre de 2014

ÍNDICE

1	INTRODUCCIÓN	5
2	OBJETIVOS DEL ESTUDIO	5
3	DIAGRAMA ARC	6
4	ESTADO DEL ARTE	7
5	DEFINICIÓN DE LAS TIPOLOGÍAS DE PAVIMENTOS	13
5.1	Pavimentos de cerámica	13
5.2	Pavimentos de piedra natural	14
5.3	Pavimentos de baldosas de hormigón	15
5.4	Pavimentos de madera	15
5.5	Pavimentos sintéticos	16
6	NORMATIVA DE APLICACIÓN A PAVIMENTOS	16
6.1	Normativa de aplicación a pavimentos cerámicos.....	18
6.2	Normativa de aplicación a pavimentos de piedra natural	19
6.3	Normativa de aplicación a pavimentos de hormigón	21
6.4	Normativa de aplicación a pavimentos de madera.....	22
6.5	Normativa de aplicación a pavimentos sintéticos	24
7	DEFINICIÓN DE LAS SOLUCIONES CONSTRUCTIVAS A ANALIZAR	26
7.1	Solución constructiva con pavimento de mármol.....	26
7.2	Solución constructiva con pavimento de gres	26
7.3	Justificación de las soluciones constructivas seleccionadas	27
8	ANÁLISIS DEL CICLO DE VIDA (ACV)	28
8.1	Generalidades del ACV	28
8.1.1	Requisitos generales	28
8.1.2	Definición del objetivo y alcance.....	28
8.1.3	Metodología de la EICV y tipos de impacto	35
8.1.4	Tipos y fuentes de datos	40
8.2	Análisis del inventario del ciclo de vida (ICV).....	42
8.2.1	Generalidades del ICV	42
8.2.2	Recopilación de datos	42
8.2.3	Cálculo del inventario.....	43

8.3	Evaluación del impacto del ciclo de vida (EICV)	71
8.3.1	Generalidades de la EICV	71
8.3.2	Elementos obligatorios de la EICV.....	71
8.3.3	Elementos opcionales de la EICV	74
8.4	Interpretación del ciclo de vida.....	86
8.4.1	Generalidades	86
8.4.2	Identificación de los aspectos significativos.....	86
8.4.3	Evaluación	86
8.4.4	Conclusiones, limitaciones y recomendaciones.....	88
8.5	Revisión crítica	88
8.5.1	Generalidades	88
9	CONCLUSIONES	89
10	BIBLIOGRAFÍA	90
10.1	Referencias bibliográficas	90
10.2	Otras fuentes bibliográficas consultadas	91
	ANEXO: FICHAS BIBLIOGRÁFICAS	93

1 INTRODUCCIÓN

El sector de la construcción es responsable de la utilización de una importante cantidad de recursos no renovables y una de las principales fuentes de residuos y contaminación para el aire, el suelo y el agua, representando el entorno edificado un consumo de energía del 25 al 40%, una carga de residuos sólidos del 30 al 40% y una carga de emisión de gases de efecto invernadero del 30 al 40% [1]. Por ello resulta imprescindible reducir estos porcentajes y conseguir que la construcción sea más respetuosa con el medio ambiente, utilizando los recursos de una forma sostenible.

En la fase de diseño de un edificio se toman una serie de decisiones que afectan al resultado final del mismo. Es en esta fase donde se deben valorar todos los aspectos de las soluciones constructivas del edificio, tanto técnicos, como estéticos, económicos y ambientales. Esto significa que el diseño es una fase singularmente crucial para la incorporación de medidas que fomenten la sostenibilidad, ya que determina y condiciona las actividades que se desarrollarán posteriormente. Si bien es cierto que los criterios técnicos se pueden (y deben) conocer en dicha fase del proceso constructivo, existiendo normativa de obligado cumplimiento en relación a dichos criterios técnicos (estando los fabricantes obligados a certificar los mismos), en el caso de los criterios ambientales no sucede lo mismo. Encontramos un amplio vacío en el aspecto ambiental. A los proyectistas les resulta muy difícil incorporar criterios ambientales porque no existen estudios e información con el rigor científico suficiente que cuantifique el impacto ambiental de las distintas soluciones constructivas.

Se debe tener en consideración que para tomar una correcta decisión a la hora de seleccionar una determinada solución constructiva, los criterios técnicos y ambientales deben de estar relacionados; es decir, para que la cuantificación del impacto ambiental de una solución constructiva sea comparable con la de otra solución, los requisitos técnicos de ambas deben ser equivalentes.

Con la realización de este análisis técnico y ambiental de dos soluciones constructivas de pavimentos de mármol y baldosas cerámicas es posible cuantificar el impacto medioambiental de ambas. Este estudio facilita a los distintos agentes de la construcción la toma de decisiones desde el punto de vista de la sostenibilidad, lo que contribuye, a su vez, a conseguir reducir el impacto medioambiental del sector de la construcción, permitiendo que sea más respetuosa con el medio ambiente.

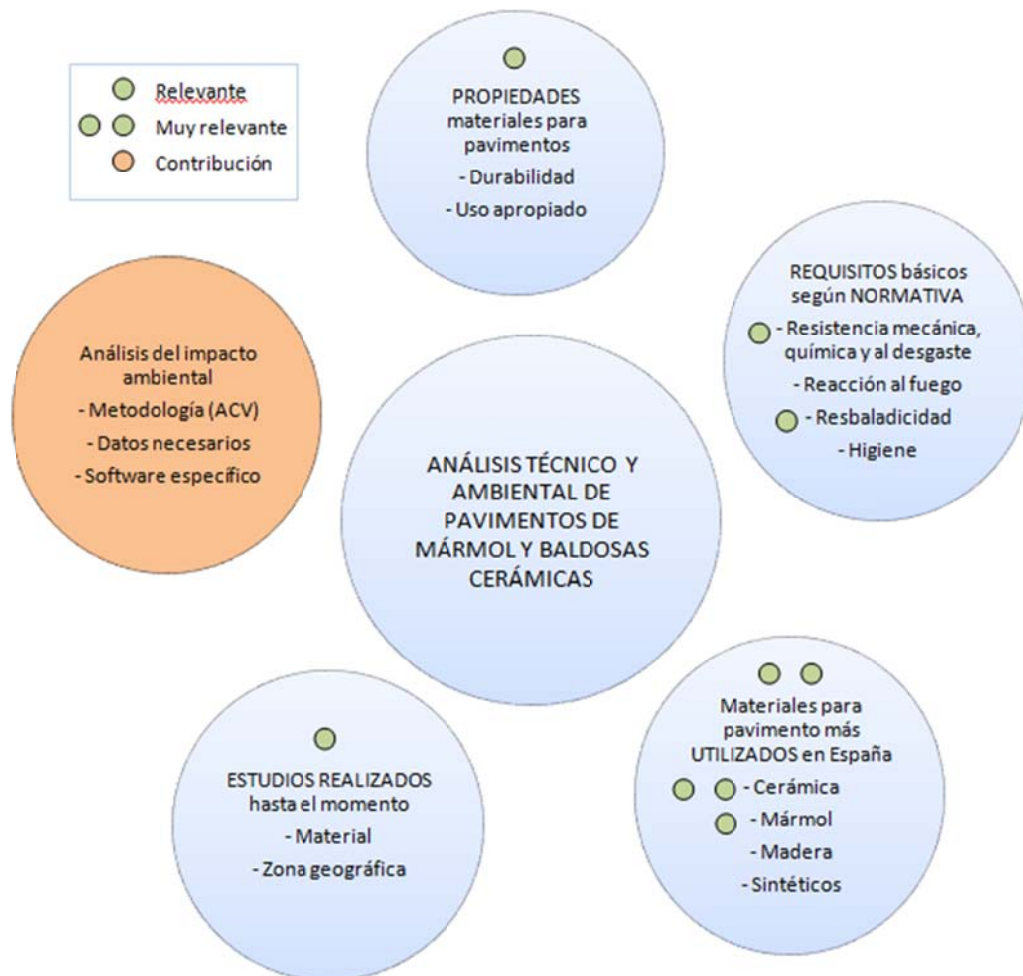
2 OBJETIVOS DEL ESTUDIO

- ✓ Definir las distintas tipologías de pavimento existentes y analizar la normativa de referencia.
- ✓ Analizar dos soluciones constructivas de pavimento de mármol y baldosas cerámicas desde el punto de vista medioambiental, cuyas prestaciones técnicas sean equivalentes. Para ello se utiliza la metodología de Análisis de Ciclo de Vida (ACV) desarrollando:

- Objetivos y alcance del estudio de ACV
 - Análisis del inventario
 - Evaluación del impacto del ciclo de vida (EICV)
 - Interpretación de resultados
- ✓ Comparar medioambientalmente ambas soluciones constructivas entre sí, obteniendo indicadores ambientales para cada categoría de impacto.
 - ✓ Permitir la comparación de cada solución constructiva analizada con distintas soluciones constructivas de pavimentos cuyo análisis se haya realizado con rigor científico, siguiendo los mismos criterios y metodología.
 - ✓ Permitir que los resultados sirvan de base a los criterios medioambientales de selección de soluciones constructivas en edificación, reduciendo el impacto medioambiental del conjunto del edificio y, por tanto, del sector de la construcción en general.

3 DIAGRAMA ARC

El diagrama ARC muestra las áreas de relevancia y contribución del presente estudio.



4 ESTADO DEL ARTE

La preocupación por reducir el impacto medioambiental del sector de la edificación ha llevado a la comunidad científica a analizar cómo conseguir dicha reducción. El primer paso es cuantificar el impacto medioambiental de los edificios. Un edificio debe ser concebido como un sistema completo que, a lo largo de su vida útil, utiliza energía y materiales. Por tanto, para cuantificar el impacto de este sistema, se debería empezar el análisis por la extracción de materias primas empleadas en la construcción, incluir su transporte, colocación, mantenimiento y el escenario de disposición final de dichos materiales cuando finalice la vida útil del edificio y éste se derribe. Además, la energía empleada por los usuarios del edificio para mantener las condiciones de habitabilidad adecuadas que permitan desarrollar la actividad que en éste se desarrolle también debe ser incluida en dicho análisis.

La metodología de Análisis de Ciclo de Vida (ACV) está considerada entre la comunidad científica como la mejor forma de evaluar el impacto medioambiental de un proceso o producto, por tratarse de un procedimiento analítico centrado en la evaluación del ciclo de vida completo, tratando los aspectos ambientales e impactos ambientales a lo largo de todo el ciclo de vida de un producto (desde la adquisición de la materia prima, pasando por la producción, uso, tratamiento final, valorización, hasta su disposición final). Se trata de una metodología perfectamente definida, regulada por las normas UNE EN ISO 140140 y 14044, que permite realizar estudios rigurosos y catalogar los resultados de forma objetiva, siempre que su aplicación sea llevada a cabo por personal cualificado y que además permite evaluar los impactos ambientales en las primeras etapas del diseño. Pero es un proceso exhaustivo, muy laborioso y de gran complejidad, por lo que resulta imprescindible disponer de una herramienta que asista correctamente en la realización de dicho análisis.

Se han realizado estudios sobre revisión de las herramientas existentes de asistencia en la realización de ACV a nivel internacional en el ámbito de la edificación [2], [3], llegando a la conclusión de que todas las herramientas analizadas presentan limitaciones. La principal limitación es que no son de aplicación en otro país distinto del generado, ya que el nivel de impacto ambiental puede variar en función del territorio, debido a la ubicación geográfica de la obtención de las materias primas y de los centros de transformación con relación a la situación del edificio que se ha de construir. Además, si el análisis a realizar es en el ámbito de España, únicamente existe una herramienta española, estando sus datos ambientales basados en el análisis de bases de datos europeas, por lo que su aplicabilidad al caso español es reducida [2].

El análisis del impacto ambiental puede ser realizado del edificio completo, de soluciones constructivas o de materiales o productos de forma aislada. Algunas de las herramientas de

asistencia existentes permiten la realización del ACV al edificio completo mientras que otras únicamente a procesos o productos.

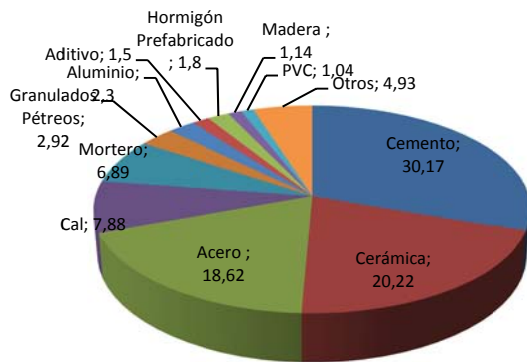
De estudios realizados sobre edificios completos se puede determinar la importancia del impacto medioambiental de cada una de las fases del edificio; es decir, la proporción de energía (respecto a la total del edificio) asociada a la fabricación de los materiales que conforman el edificio y a su construcción, la asociada a la fase de uso del edificio y a la disposición final del mismo.

Una comparativa realizada sobre los resultados obtenidos en 60 estudios de Análisis de Ciclo de Vida de edificios realizados en diferentes países con climatología variada (Suecia, Alemania, Australia, Canadá, Japón, Noruega, Nueva Zelanda y EEUU) determinan que la energía asociada a la fase de uso de los edificios representa, muy notablemente, la mayor proporción de energía total utilizada durante toda la “vida” del edificio. Además se observa que existe una relación lineal entre la energía de uso y la total, independientemente del clima y otras diferencias contextuales. Además, si se diferencian aquellos edificios de bajo consumo energético y los edificios convencionales, la proporción de energía asociada a los materiales utilizados en la construcción del edificio respecto al total de energía utilizada en la vida útil del mismo es superior en los edificios de bajo consumo energético que en los convencionales. En el primer grupo el porcentaje varía entre el 9% y el 46%, mientras que para los edificios convencionales dicho porcentaje está comprendido entre el 2% y el 38% [4].

Si se reduce el ámbito geográfico al norte y centro de Europa, los datos son menos dispersos, variando el porcentaje de energía (respecto al total) correspondiente a la energía asociada a la fase de producción de los materiales y construcción del edificio entre el 10% y 20%, el porcentaje referido a la fase de uso del edificio oscila entre el 80% y el 90% mientras que la energía asociada a la disposición final del edificio representa el 1% de la energía utilizada durante toda la vida del edificio [5].

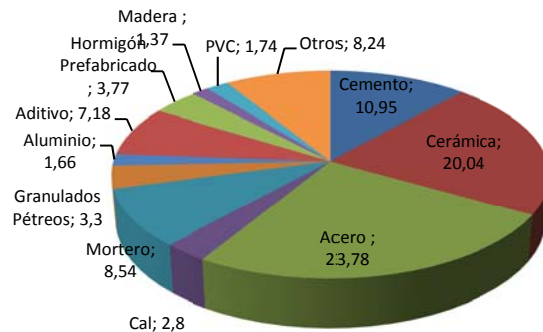
En España, el uso de energía en la vivienda supone más del 15% del total del consumo de recursos energéticos, mientras buena parte del 9% usado por los servicios se consume en edificación, con lo que, considerando que parte del consumo industrial se dedica a la producción de materiales de construcción, obtenemos que, en total, cerca de una tercera parte del consumo de energía en nuestro país está ligada directamente a la edificación. El uso de una vivienda estándar -en unas condiciones de uso habituales- puede suponer un consumo energético anual equivalente a la combustión de 1.000 litros de gasolina, del cual más de un 40% se destina a la consecución de las condiciones de habitabilidad. La fabricación de los materiales necesarios para construir un metro cuadrado de nuestra edificación estándar puede

suponer la inversión de una cantidad de energía equivalente a la producida por la combustión de más de 150 litros de gasolina [6].



574 Kg de CO₂ / m² (vivienda colectiva)

Figura 1: Emisiones de fabricación de materiales para 1m² de construcción estándar, e incidencia relativa de cada uno de ellos en el total [6]



5.754 Megajoules/ m² (vivienda colectiva)

Figura 2: Energía de fabricación de materiales para 1m² de construcción estándar, e incidencia relativa de cada uno de ellos en el total [6]

Respecto a la repercusión de la edificación en la emisión de contaminantes, la fabricación de los materiales para construir una vivienda estándar en España implica la emisión de más de 50 toneladas de CO₂ a la atmósfera, casi media tonelada por cada metro cuadrado construido. Ello significa que si se consideran las emisiones debido a la fabricación de los materiales que componen las 600.000 viviendas construidas en 2005 la cifra asciende a cerca de tres cuartos de tonelada de CO₂ por cada español [6].

Según se observa en las **Figuras 1 y 2**, los materiales cerámicos representan el segundo grupo de materiales cuya fabricación supone mayor consumo de energía y emisiones de CO₂.

Existen varios estudios publicados de Análisis de Ciclo de Vida de materiales aislados y soluciones constructivas realizados en los últimos quince años en Europa y Estados Unidos [3]. Algunos de estos estudios se centran en materiales de pavimentos, como el llevado a cabo en Alemania sobre distintos pavimentos de madera (tarima, entablado, adoquines de madera y parquet multicapa) que, representando el 70% de la producción de total de este tipo de pavimentos del país, ha sido realizado con la finalidad de mejorar el proceso productivo y conseguir que la industria sea más respetuosa con el medioambiente [7].

Focalizando en los materiales de pavimentos que a este estudio conciernen, en un estudio de ACV sobre los materiales más comúnmente utilizados en la edificación se cuantifica la demanda de energía necesaria para la producción de baldosas cerámicas en 15.649 MJ-Eq/kg, siendo el potencial de calentamiento global de 0,857kg CO₂-Eq/kg y la demanda de agua 14.453 l/kg [8]. La fase de fabricación de las baldosas cerámicas es la que mayor impacto tiene debido

principalmente al consumo de gas natural en los procesos de cocción, secado por atomización y secado de las piezas conformadas, provocando una contribución del 71% sobre el indicador de Potencial de Calentamiento Global (PCG). Si se utilizan las mejores Técnicas Disponibles en la producción de dicho material, se podría conseguir una significativa mejora medioambiental durante la fase de fabricación [9]. Éste y otros estudios de ACV de baldosas cerámicas han sido realizados en España con la finalidad de desarrollar y mejorar el sector nacional de producción de baldosas cerámicas [10].

Respecto al mármol, en países como Italia, donde la relevancia de dicho material en la economía del país es muy importante, se han realizado algunos estudios de análisis del impacto ambiental de este material mediante ACV. Se ha cuantificado el impacto medioambiental de un mármol típico de Sicilia (Perlato di Sicilia), extraído en las regiones de Carrara y Custonaci en forma de bloques o losas [11]. No obstante, este estudio está también orientado a mejorar la industria de extracción y producción de mármol en dichas regiones, por lo que, aunque puede servir de gran ayuda, algunos aspectos en él considerados deben ser modificados. Por ejemplo, durante la fase de uso del material (siendo la unidad funcional 1m³ de mármol) no se consideran operaciones de mantenimiento del mismo. En el caso de aplicación a la edificación dichas operaciones de mantenimiento (como por ejemplo el abrillantado de la superficie) existen y deben ser consideradas en el análisis.

Es por ello que el impacto medioambiental de cada solución constructiva se ha de analizar de forma específica para cada caso. No es suficiente con tener en consideración el impacto medioambiental de los materiales de que se compone de forma independiente. Pues el impacto medioambiental de una solución constructiva no solo depende de los materiales de que se compone, sino también del proceso de construcción, de los requerimientos de mantenimiento, de la longevidad de la solución y sus componentes, de la distancia de los suministradores a la obra, etc. No se deben estudiar los materiales como elementos individuales, sino como elementos que trabajan conjuntamente para realizar una cierta función en una solución constructiva determinada.

En el caso concreto de soluciones de pavimentos en edificación, las propiedades de los materiales deben garantizar unos requisitos básicos y técnicos regulados según unas normas armonizadas (resistencia mecánica, química y al desgaste, reacción al fuego, resbaladidad, higiene, etc.). Sin embargo, cada una de las normas de producto establece una serie de ensayos, valores de referencia o especificaciones diferentes según las características del material que se trate (cerámica, piedra, baldosas de cemento, madera, sintéticos...), lo que dificulta la comparación entre distintos materiales y productos. Por ello es necesario determinar una relación de propiedades relevantes dependiendo del uso al que vaya a estar sometido el material que permita una comparación entre los mismos [12].

Cerámica		Piedra		Terrazo interior		Terrazo exterior y baldosas hormigón		Madera: Suelos flotantes		Sintéticos
Tipo	kN	Clase	kN	Clase	kN	Clases		Clase	kN	Clase
1	0.45	PR	0,45	Revestimientos verticales						
2	0.9	P1	0,75	Norm.	$\geq 2,5$			A, B	2 /1.3	21, 22
3		P2	3,5			3T	3			
4		P3	6	Inten.	$\geq 3,0$	4T	4	C1-C3, D1	4 /2.6	23, 31
5						7T	7			
6	C4, D2					7.1 /4.5	32, 33			
7	2	In-dust.	$\geq 3,6$	11T	11					
		P4	9			14T		14		
		P5	14			25T		25		
		P6	25			30T	30			

Figura 3: Tabla comparativa de las clases mecánicas y cargas a flexión de los materiales de pavimentos [12]

Los requisitos técnicos de las dos soluciones constructivas de pavimentos objeto del presente estudio deben ser equiparables para que, al realizar el análisis ambiental de dichas soluciones los resultados sean comparables; es decir, los criterios técnicos y ambientales deben estar relacionados.

Un estudio comparativo entre los impactos medioambientales del mármol y las baldosas cerámicas realizado en Italia indica que el impacto medioambiental producido por las baldosas cerámicas es más del doble del impacto generado por el mármol (4.21E-12 vs 1.90E-12). Las categorías de impacto más importantes en ambos sistemas son el calentamiento global (GWP), la toxicidad humana (HT) y la acidificación (AP), en dicho orden. En el caso del mármol las emisiones de gases que influyen en el calentamiento global son debidas principalmente al fuerte consumo de combustibles fósiles, mientras que en el caso de las baldosas cerámicas se deben al proceso de cocción del producto, que requiere grandes cantidades de energía, y a la elevada cantidad de contaminantes volátiles contenidos en la mezcla de materias primas, principalmente arsénico [13].

No obstante, como varios autores señalan [3], [4], [5], para un correcto estudio de los impactos generados por un sistema, es esencial que los datos de inventario se correspondan al ámbito geográfico en el que el edificio se va a construir, pues las técnicas empleadas en los procesos productivos, así como el tipo de energía empleada en éstos y la fuente de

procedencia de la misma influyen significativamente en los resultados. Otro aspecto cuya repercusión en el impacto medioambiental del sistema es considerable es la fase de transporte, por lo que para reducir dicho impacto resulta imprescindible tanto el uso de materias primas locales en la fabricación de productos como el posterior uso en los edificios de materiales de producción local [14].

No existen estudios publicados sobre el impacto ambiental de pavimentos de mármol en el ámbito geográfico de España. Sin embargo, para el caso de las baldosas cerámicas, existen datos de inventario publicados (**Figura 4**) obtenidos de 35 empresas españolas cuya representación del sector cerámico de España ha sido estadísticamente probada, siendo el nivel de confianza de los intervalos de la media y desviación estándar del 95 % [15].

	Mine	Atomising plant	Glaze plants	Tile factories	Distribution	Installation and use	C&D waste
Non-renewable energy							
Electricity (kWh/m ²)	6.16E-03	-2.59E+00	9.99E-02	1.95E+00	0	7.88E-02	5.03E-02
Diesel (L/m ²)	2.00E-02	6.86E-03	1.26E-03	9.55E-03	5.07E-01	0	2.46E-02
Natural gas (kWh/m ²)	0	1.58E+01	1.29E+00	1.83E+01	0	0	0
Airborne emissions							
kg/m ²							
PM ₁₀	6.67E-10	4.65E-03	1.37E-04	2.59E-03	-	-	-
NO _x	0	1.35E-02	2.15E-03	5.25E-03	-	-	-
SO _x	9.90E-08	3.30E-03	2.40E-04	4.19E-03	-	-	-
CO	1.86E-05	2.12E-03	7.72E-05	9.90E-03	-	-	-
HF	0	3.69E-04	6.04E-06	1.80E-05	-	-	-
Pb	0	0	2.59E-05	3.25E-04	-	-	-
As	0	0	5.30E-09	5.48E-08	-	-	-
Hg	0	0	4.41E-09	3.49E-08	-	-	-
Cu	0	0	2.39E-07	2.16E-07	-	-	-
Cr	0	0	6.32E-08	1.46E-07	-	-	-
Hazardous and non-hazardous waste (kg/m²)							
HW	5.46E-04	6.23E-04	3.90E-02	2.78E-03	-	-	0
NHW	8.82E-04	1.03E-02	2.17E-03	2.86E+00	-	-	4.15E+00
Water inputs and outputs (m³/ m²)							
Incoming water	5.39E-04	1.10E-02	7.25E-04	5.74E-03	-	-	0
Outgoing water	0	1.09E-03	1.84E-04	4.44E-03	-	-	0

HW hazardous waste, NHW non-hazardous waste, C&D construction and demolition

Figura 4: Datos de inventario para cada fase del ciclo de vida de 1m² de baldosa cerámica [15]

5 DEFINICIÓN DE LAS TIPOLOGÍAS DE PAVIMENTOS

Se diferencian varias tipologías de pavimentos según el material empleado, tal y como se sintetiza en la **Figura 5**.



Figura 5: Tipos de materiales utilizados para pavimentos

5.1 Pavimentos de cerámica

La cerámica es un material obtenido de la preparación, moldeo, secado y cocción de arcillas. Como resultado de dicho proceso se obtienen productos artificiales de múltiples aplicaciones.

Las baldosas cerámicas son piezas impermeables generalmente constituidas por un soporte de naturaleza arcillosa y porosidad variable que puede albergar un recubrimiento de naturaleza vítrea que puede conferirle unas mejores prestaciones técnicas superficiales y unas mayores posibilidades decorativas.

La Guía de la Baldosa Cerámica define los tipos de baldosas cerámicas usuales en España según se muestra en la **Tabla 1**.

Tabla 1: Tipos de baldosas cerámicas

Tipo de baldosa	Moldeo	Soporte	Esmalte	ISO 13006 UNE-EN 14411
Azulejo	Prensado	Poroso	Si	BIII
Gres esmaltado	Prensado	No poroso	Si	BIIb - BIIa
Gres porcelánico	Pren / Extr	No poroso	No - Si	BIIa - AIIa
Baldosín catalán	Extrudido	Poroso o liger. poroso	No	AIIb - AIII

Gres rústico	Extrudido	No poroso	No – Si	Alb - Alla
Barro cocido	Extrudido	Poroso	No	Allb 2ª - AIII

5.2 Pavimentos de piedra natural

La piedra natural es un material obtenido directamente de la naturaleza al que sólo es necesario realizarle operaciones de dimensionado para disponer de la forma adecuada a su uso. En algunos casos también es necesario realizar operaciones de acabado superficial.

Atendiendo a su formación, orígenes, composición y estructura, se puede realizar la clasificación técnico-comercial mostrada en la **Tabla 2** que facilita su identificación y utilización, mostrando las características más relevantes de cada grupo.

Tabla 2: Clasificación de los pavimentos de piedra natural y características

Denominación técnico-comercial	Características			
	Composición mayoritaria	Dureza Mohs mayoritaria	Aptitud al pulido	Lajosidad
Pizarra	Síliceas	-	-	SI
Granito		>5	SI	NO
Areniscas y cuarcitas		>5	NO	NO
Mármol	Calcáreas	3-4	SI	NO
Calizas		3-4	NO	NO
Alabastro	Sulfatos	<3	-	-

Con estos materiales de piedra natural, una vez dimensionados, se obtienen distintos productos de construcción con diferentes acabados superficiales que pueden dar respuesta adecuada a diferentes situaciones de servicio.

Las normas europeas contemplan los siguientes productos de piedra natural: baldosa, adoquín, bordillo, placa, plaqueta y pizarras.

De otro modo, los procesos de acabado superficial pueden conferirle diversas texturas como: abrillantado, pulido, apomazado, aserrado, envejecido, flameado, granallado, arenado, abujardado,... que dan respuesta tanto a diferentes aspectos como prestaciones técnicas.

5.3 Pavimentos de baldosas de hormigón

Se incluyen dentro de este grupo las baldosas de terrazo, losas y losetas.

Según las actuales normas europeas, las baldosas de terrazo son elementos prefabricados de hormigón de forma y espesor uniforme, adecuadamente compactados, fabricados por compresión y/o vibración.

Dentro de esta misma definición tienen cabida las baldosas, losas y losetas de hormigón cuya única diferencia respecto a las baldosas de terrazo es que, en general, no dejan a la vista los áridos.

También podemos encontrar en el mercado productos resultado del moldeo de grandes bloques o placas de áridos minerales aglomerados con cemento que posteriormente son cortados al tamaño adecuado.

Por tanto, los productos de hormigón destinados a pavimentos en formatos modulares se pueden clasificar como se muestra en la **Figura 6**.

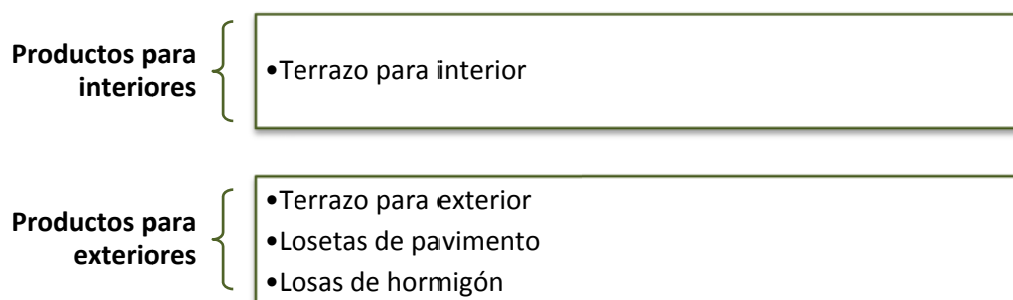


Figura 6: Clasificación de los pavimentos de baldosas de hormigón

Todos estos productos permiten su acabado final tanto en obra como en taller, siendo lo habitual el acabado en obra para los productos de interior y un acabado en fábrica para los productos de exterior, con una gran variedad de texturas.

5.4 Pavimentos de madera

La madera es un material natural obtenido de la tala de árboles que, mediante procesos de desaviado, secado, corte y tratamientos protectores, da lugar a productos naturales con múltiples aplicaciones.

En el mercado existe una amplia oferta de soluciones de pavimentos constituidos por elementos de madera para interior y exterior, con diferentes formatos, según se adjunta en la **Figura 7**.

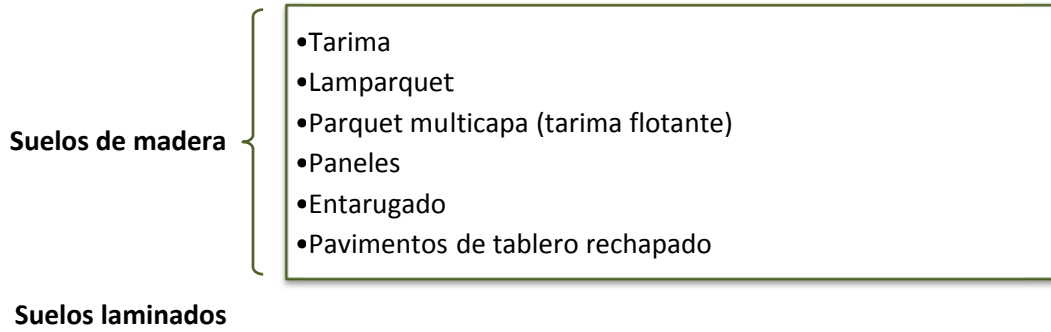


Figura 7: Clasificación de los pavimentos de madera, según la constitución y forma del producto

5.5 Pavimentos sintéticos

Se entiende como materiales sintéticos aquellos realizados con materiales artificiales, generalmente derivados del petróleo, combinados o no con materiales naturales. Normalmente se definen comercial y normativamente como textiles y resilientes, distinguiendo las tipologías que se especifican en la **Figura 8**.

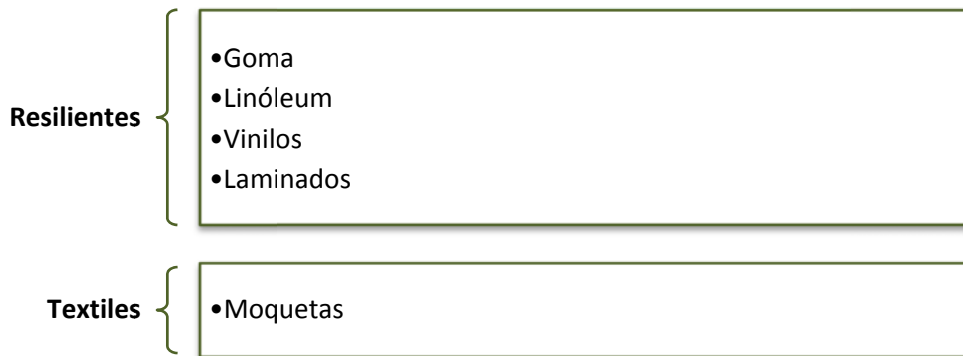


Figura 8: Clasificación de los pavimentos sintéticos

6 NORMATIVA DE APLICACIÓN A PAVIMENTOS

La normativa de aplicación para cada uno de los materiales de pavimentos definidos en el apartado anterior es distinta. Por eso se va a proceder a analizar dicha normativa diferenciando por materiales.

Antes de proceder al análisis de la normativa, es necesario detenerse en la clasificación de las situaciones de servicio a las que va a estar sometido un material de pavimento. Su clasificación resulta compleja dada la gran variedad de situaciones o agresiones a las que un pavimento puede verse expuesto, además del diferente comportamiento entre unos materiales y otros.

De forma esquemática, en la **Figura 9** se realiza una clasificación de las distintas situaciones de servicio de los pavimentos.

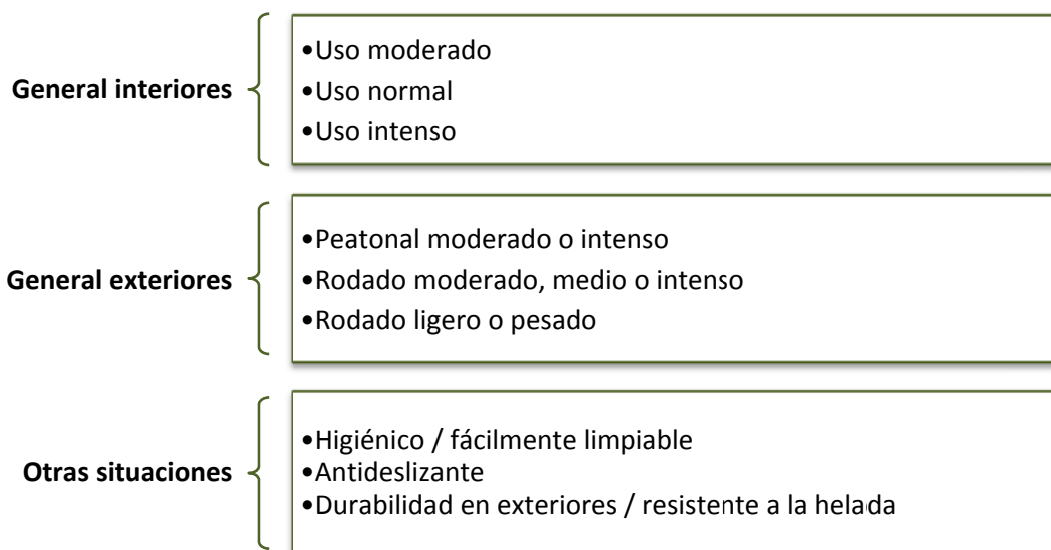


Figura 9: Situaciones de servicio de los pavimentos

La reglamentación de la construcción establece las exigencias que deben cumplir los materiales destinados al uso de pavimentos. También las propias normas de productos y guías de calidad permiten conocer las prestaciones a las que cada uno de los materiales dan las mejores respuestas, por lo que resulta interesante realizar el análisis de dichas normas.

Referente a la reglamentación obligatoria para los pavimentos en el ámbito español, cabe destacar la exigencia definida en el Documento Básico SU8 del Código Técnico de la Edificación en cuanto a Resbaladidad de los Pavimentos, estableciéndose las limitaciones recogidas en la **Tabla 3** para los usos de pavimentos.

Tabla 3: Exigencia de resbaladidad de los pavimentos

CLASE	USO	Resistencia a la resbaladidad ⁽¹⁾
0	Sin requisitos / revestimientos verticales y pavimentos en edificios de viviendas	Rd ≤ 15
1	Uso en suelos interiores secos con pendiente P < 6%	15 < Rd ≤ 35
2	Uso en interiores secos con pendiente P > 6% y escaleras Uso en suelos interiores húmedos con pendiente P < 6%	35 < Rd ≤ 45
3	Uso en suelos interiores húmedos con pendiente P > 6% y escaleras Uso en suelos interiores con grasas, lubricantes, etc. Uso en suelos exteriores y piscinas	Rd > 45

⁽¹⁾ Ensayo realizado según UNE-ENV 12633:2003

6.1 Normativa de aplicación a pavimentos cerámicos

Los materiales cerámicos destinados a revestimientos están clasificados por las normas ISO 13006 UNE-EN 14411 en función de la absorción de agua, del sistema de moldeo y de la existencia o no de esmalte superficial.

Sin embargo para obtener una clasificación que nos relacione los materiales con su uso deberemos recurrir a guías como la Guía de la Baldosa Cerámica.

Dicha guía clasifica las baldosas cerámicas según su uso mediante tres identificadores: según sus características mecánicas (**Tablas 4 y 5**), su resistencia al deslizamiento (**Tabla 5**) y sus características adicionales (**Tabla 6**).

La clasificación de la **Tabla 4** hace referencia a cómo afectan a distintos tipos de usos algunas características mecánicas como la carga de rotura, resistencia al desgaste y al impacto pesado. Dado que las exigencias son crecientes, una baldosa con un número de identificador mayor tiene mejores características mecánicas, satisface y puede ser utilizada en los usos con identificador menor.

Tabla 4: Tipos de uso en función de las características mecánicas

Tipo	Uso
Tipo 1	Uso en paramentos
Tipo 2	Uso en suelos con tránsito ligero en ausencia de abrasivo.
Tipo 3	Uso en suelos con tránsito ligero sin acceso directo al exterior.
Tipo 4	Uso en suelos con tránsito ligero con acceso directo al exterior.
Tipo 5	Uso en suelos con tránsito medio con acceso directo al exterior.
Tipo 6	Uso en suelos con tránsito intenso con acceso directo al exterior.
Tipo 7	Uso en suelos con tránsito intenso con desplazamiento de cargas.
Tipo 8	Uso en suelos con tránsito continuo con presencia ocasional de vehículos ligeros.

En la **Tabla 5** se muestran las exigencias mecánicas para cada uno de los tipos de uso distinguidos en la **Tabla 4**.

Tabla 5: Exigencias mecánicas de los tipos de uso

Tipo	Carga de rotura a flexión	Resistencia al desgaste	Resistencia al impacto pesado
Tipo 1	> 450N	No aplica	No aplica
Tipo 2	> 900N	L1	

Tipo 3		L2	
Tipo 4		L3	
Tipo 5		H4	
Tipo 6		H5	
Tipo 7	> 2000N	H6	
Tipo 8	> 4500N	H6	Resiste

Como características adicionales de las baldosas cerámicas se distinguen la resistencia química y la resistencia a la helada. Teniendo en cuenta cómo afectan estas características al uso, se distinguen las características de requisitos adicionales que se muestran en la **Tabla 6**.

Tabla 6: Características adicionales de las baldosas cerámicas

Tipo	Característica	Exigencias
H	Higiénico	Según UNE-EN ISO 10545-13 Mínimo: En baja concentración Clase LA – En alta concentración Clase HB (Baldosas no esmaltadas: tiempo de contacto y clasificación según ensayo de baldosas esmaltadas).
E	Exterior	Resistencia a la helada: absorción de agua inferior al 3% y supera el ensayo definido en UNE-EN ISO 10545-12

6.2 Normativa de aplicación a pavimentos de piedra natural

Para los productos de piedra natural es de aplicación la Directiva 89/106/CEE de libre comercialización de productos, siendo de aplicación las normas armonizadas adjuntas en la **Tabla 7**:

Tabla 7: Normativa de aplicación a los productos de piedra natural

Norma	Producto
UNE-EN 1341:2003	Baldosas de piedra natural para uso como pavimento exterior . Requisitos y métodos de ensayo.
UNE-EN 12057:2004	Productos de piedra natural. Plaquetas modulares. Requisitos.
UNE-EN 12058:2004	Productos de piedra natural. Baldosas para suelos y escaleras . Requisitos.

Así mismo en el ámbito de la Comunidad Valenciana la Guía de la Piedra Natural, documento reconocido de voluntaria aplicación, tipifica los usos y sus especificaciones.

Dicha guía clasifica los productos de piedra natural según su uso mediante tres identificadores: características mecánicas (**Tablas 8 y 9**), su resistencia al deslizamiento (**Tabla 9**) y características adicionales (**Tabla 10**).

Tabla 8: Niveles de las características mecánicas

Tipo	Uso
PR	Revestimientos en paramentos.
P1	Pavimentos interiores y áreas de uso exclusivo peatonal. (Clase 1 según la norma UNE 1341)
P2	Áreas peatonales y para bicicletas. Jardines y balconadas. (Clase 2 según la norma UNE 1341)
P3	Accesos ocasionales de coches, vehículos ligeros y motocicletas. Entradas de garajes. (Clase 3 según la norma UNE 1341)
P4	Aceras, áreas comerciales, con paso ocasional de vehículos de emergencia o transporte. (Clase 4 según la norma UNE 1341)
P5	Áreas peatonales, utilizadas frecuentemente por vehículos pesados. (Clase 5 según la norma UNE 1341)
P6	Carreteras, calles, gasolineras. (Clase 6 según la norma UNE 1341)

Tabla 9: Especificaciones físico-mecánicas mínimas para cada nivel

Tipo	Carga calculada para baldosas (kN) ⁽¹⁾	Resistencia al impacto (J)	Resistencia al desgaste por rozamiento ⁽²⁾	Homogeneidad ⁽³⁾
PR	0,45	según uso	--	BAJA
P1	0,75	>3	<24mm	
P2	3,5	>3	<22mm	
P3	6	>3	<22mm	
P4	9	>3	<20mm	
P5	14	>3	<20mm	ALTA
P6	25	>3	<18mm	

- (1) **Carga de rotura mínima a flexión del producto acabado** según especificaciones UNE-EN 1341 y UNE-EN 1343. La **determinación** según el anexo B de la norma UNE EN 1341, aplicando coeficiente de minoración de 1,6.
- (2) **Resistencia al desgaste por rozamiento** según UNE-EN 1341. Valores estimados obtenidos de materiales en aplicaciones reales.
- (3) **Homogeneidad:** atributo que indica la constancia de su resistencia independientemente de la orientación de corte de la probeta.

Las características adicionales del producto contempladas en la Guía de la Piedra Natural implican el cumplimiento de unas especificaciones adicionales indicadas en la **Tabla 10**.

Tabla 10: Características adicionales y exigencias

Identificador /Características	
E1	Zonas climáticas templadas (C) sin sales fundentes
E2	Zonas climáticas frías (D) sin sales fundentes
E3	Zonas climáticas muy frías (E) o sometidas a la acción de sales fundentes.
H	Condiciones higiénicas con especial asepsia y de limpieza
M	Requisitos mecánicos adicionales

Zonas climáticas definidas por el Código Técnico de la Edificación en el Documento de Limitación de la demanda energética CTE DB HE1.

6.3 Normativa de aplicación a pavimentos de hormigón

Las baldosas de hormigón están sujetas al marcado CE y vienen definidas por las normas armonizadas indicadas en la **Tabla 11**.

Tabla 11: Normas armonizadas de pavimentos de hormigón

Norma	Producto
UNE-EN 13748-1	Baldosas de terrazo de uso interior
UNE-EN 13748-2	Baldosas de terrazo para uso exterior
UNE-EN 1339	Baldosas, losas y losetas prefabricadas de hormigón

En dichas normas se establecen clasificaciones atendiendo al uso con las exigencias resumidas en la **Tabla 12** para el caso de las baldosas de uso interior.

Tabla 12: Clasificación de baldosas de terrazo de uso interior según UNE-EN 13748-1

USO	Descripción	Carga de rotura (kN) ⁽¹⁾		R.desgaste abrasión ⁽²⁾
Normal	tráfico peatonal ligero	≥ 2,5	≥ 3,0	< 25mm
Intensivo	tráfico peatonal intenso, ocasional de vehículos ligeros	≥ 3,0	≥ 3,9	< 23mm
Industrial	tráfico ocasional de vehículos de carga medida	≥ 3,6	≥ 4,7	< 21mm

(1) Los dos valores indicados de carga de rotura corresponden a superficies de baldosas inferiores a 1100 cm² y superiores a dicha superficie respectivamente.

(2) Valores individuales de resistencia al desgaste por rozamiento.

En el caso de las baldosas de terrazo de uso exterior y las baldosas de cemento no se define uso, sino que la clasificación se realiza atendiendo a la carga de rotura a flexión (**Tabla 13**) y al desgaste (**Tabla 14**).

Tabla 13: Clasificación y exigencias mecánicas de las baldosas de terrazo de uso exterior según UNE-EN 13748-2 y baldosas de hormigón según UNE-EN 1339

MARCADO		Ejemplos de aplicación	Carga de rotura a flexión ⁽³⁾	
(1)	(2)		Valor característico	Valor individual
3T	3	Viviendas y edificios privados; Edificios públicos y servicios.	≥ 3,0 kN	≥ 2.4 kN
4T	4		≥ 4.5 kN	≥ 3,6 kN
7T	7	Viales, zonas industriales, centros de transporte polideportivos	≥ 7.0 kN	≥ 5.6 kN
11T	11	Otros usos sometidos a cargas de 11 ó 14 kN	≥ 11,0 kN	≥ 8.8 kN
14T	14		≥ 14,0 kN	≥ 11.2 kN
25T	25	Otros usos sometidos a cargas de 25 ó 30 kN	≥ 25,0 kN	≥ 20,0 kN
30T	30		≥ 30,0 kN	≥ 24.0 kN

(1) Marcado de las baldosas de terrazo exterior.

(2) Marcado de las baldosas de hormigón.

Tabla 14: Clases de resistencia al desgaste por rozamiento en baldosas de terrazo de uso exterior según UNE-EN 13748-2 y baldosas de hormigón según UNE-EN 1339

MARCADO		Valor individual (mm)
G	Baja	≤ 26
H	Alta	≤ 23
I	Muy Alta	≤ 20

6.4 Normativa de aplicación a pavimentos de madera

Los pavimentos de madera vienen regulados por gran número de normas UNE-EN que establecen tanto las definiciones generales como algunas especificaciones de los productos.

Cabe destacar la norma EN 1991-1-1 *Eurocódigo 1 Acciones en estructuras*, que establece las categorías de carga aplicables a los pavimentos de madera, tal y como se indica en la **Tabla 15**.

Tabla 15: Categorías de carga según norma EN 1991-1-1

Categoría		Descripción
Categoría A:		Zonas de actividades domésticas y residenciales
Categoría B:		Zonas de oficina
Categoría C:		Zonas de reunión de las personas
	C1	Zonas de mesas
	C2	Zonas con asientos fijos
	C3	Zonas sin obstáculos para el movimiento de las personas
	C4	Zonas con posibilidad de realización de actividades físicas
	C5	Zonas susceptibles de sobrecarga
Categoría D:		Zonas comerciales
	D1	Zonas de comercios al por menor
	D2	Zonas de grandes almacenes

La norma UNE EN 13810-1:2003 *Tableros derivados de madera: Suelos flotantes* asocia a estas categorías unos requisitos mecánicos en cuanto a carga uniformemente repartida, concentrada, dinámica y alterna, tal y como se define en la **Tabla 16**.

Tabla 16: Carga concentrada. Requisitos de carga y deformación según norma UNE EN 13810-1:2003

Categoría de Carga: EN 1991-1-1	A	B	C1 a C3 y C5	C4	D1	D2
Carga concentrada: EN 1991-1-1 (kN) área de contacto de 50x50mm	2	2	4	7	4	7
Carga concentrada (kN) área de contacto de 25mm	1.3	1.3	2.6	4.5	2.6	4.5
Límite de deformación en mm para la carga concentrada						
x ₁₋₄ bajo el dispositivo				3.0		
x ₅₋₈ sobre el dispositivo				2.5		
Δx _c diferencia (entre la parte superior e inferior del dispositivo)				2.5		

En el caso de revestimientos de suelo chapados con madera, la norma UNE-EN 14354 clasifica dichos revestimientos en diferentes clases, tal y como se puede observar en la **Tabla 17**, en función de los requisitos especificados.

Tabla 17: Clasificación de los suelos rechapados de madera y exigencias según la norma UNE EN 14354

Clase	21	22	23	31	32	33
Símbolo						
Nivel de uso	Doméstico			Comercial		
	Moderado	General	Elevado	Moderado	General	Elevado
Resistencia al punzonamiento	≥ 10 N/mm ²	≥ 20 N/mm ²	≥ 30 N/mm ²	≥ 40 N/mm ²		

6.5 Normativa de aplicación a pavimentos sintéticos







Gran parte de los pavimentos sintéticos están regulados por normas europeas que establecen tanto las definiciones generales como algunas especificaciones de los productos, según se resume en la **Tabla 18**.

Tabla 18: Normativa europea de aplicación a los revestimientos sintéticos

Norma	Producto
UNE-EN 14041:2005	Revestimientos de suelo resilientes, textiles y laminados. Requisito esenciales
UNE-EN 548:2005	Revestimientos de suelo resilientes. Especificación para linóleo liso y decorativo.
UNE-EN 686:1997	Revestimientos de suelo resilientes. Especificaciones para linóleo liso y decorativo sobre base de espuma.
UNE-EN 687:1997	Revestimientos de suelo resilientes. Especificaciones para linóleo liso y decorativo sobre base de compuesto de corcho.
UNE-EN 688:1997	Revestimientos de suelo resilientes. Especificaciones para linóleo sobre corcho.

La norma UNE-EN 15468:2008 *Revestimientos de suelo laminados* también es de aplicación para algunos casos de pavimentos sintéticos, clasificando éstos en las mismas clases definidas anteriormente para el caso de pavimentos de madera pero con diferentes exigencias, expresadas en la **Tabla 19**.

Tabla 19: Clasificación de los suelos laminados y exigencias según la norma UNE EN 15468

Clase	21	22	23	31	32	33
Símbolo						
Nivel de uso	Doméstico			Comercial		
	Moderado	General	Elevado	Moderado	General	Elevado
Resistencia al impacto	ICI1				ICI2	ICI3

También se puede recurrir a los criterios de uso establecidos por asociaciones de fabricantes o institutos de investigación para clasificar los pavimentos sintéticos. De este modo, se definen criterios de selección en función de su rendimiento como suelo técnico, anti estático, resistente a las sillas de ruedas, con resistencia química, resistente a las quemaduras, conductor eléctrico, aislante acústico de impactos, etc.

Para el caso de las moquetas existen varias clasificaciones como la ICCO, la UPEC, la reacción al fuego o los tratamientos frente a la suciedad.

La clasificación ICCO (International Carpet Classification Organization) utiliza la clasificación T seguida de una letra o de una cifra, con el significado que se indica en la **Tabla 20**.

Tabla 20: Identificación de las moquetas según la clasificación ICCO

Identificador	Descripción
TL	Tapiz artístico y moqueta decorativa de lujo
TD	Moqueta decorativa
T2	Para un uso moderado
T3	Para un uso regular (cuarto de estar, dormitorio)
T4	Para un uso intensivo (pasillo)

En referencia a la clasificación UPEC, las moquetas generalmente pueden alcanzar los niveles de uso y de perforación hasta el 3er nivel. Sin embargo, todas las moquetas cuya composición sea 100% sintéticas se clasifican como E1, y solo las moquetas propensas a soportar agua estancada se incluyen en la clasificación E2. Respecto de su resistencia química, todas las moquetas se clasifican CO.

7 DEFINICIÓN DE LAS SOLUCIONES CONSTRUCTIVAS A ANALIZAR

7.1 Solución constructiva con pavimento de mármol

La solución constructiva de pavimento con acabado de mármol está compuesta por las capas que se listan a continuación, tal y como se puede observar en la **Figura 10**.

- Soporte resistente
- Lámina antiimpacto, para evitar la transmisión de ruidos por impacto
- Mortero de cemento autonivelante para garantizar la planeidad de la superficie
- Capa de acabado de mármol, tomado con cemento cola, de formato 0,6 m x 0,3 m y espesor de 0,02 m.

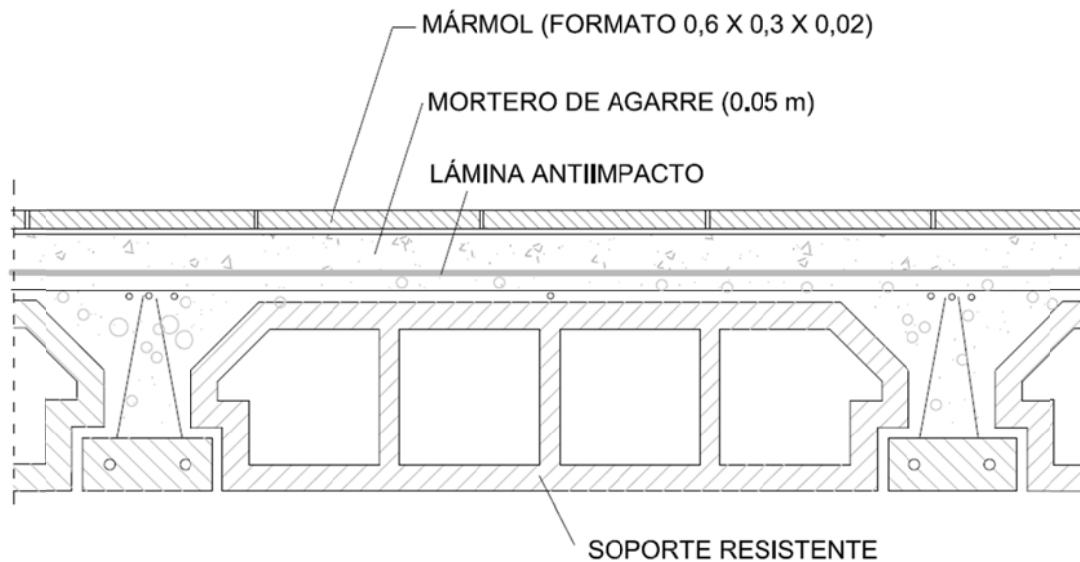


Figura 10: Solución constructiva de pavimento de mármol

7.2 Solución constructiva con pavimento de gres

La solución constructiva de pavimento con acabado de gres está compuesta por las capas que se listan a continuación, tal y como se puede observar en la **Figura 11**.

- Soporte resistente
- Lámina antiimpacto, para evitar la transmisión de ruidos por impacto
- Mortero de cemento autonivelante para garantizar la planeidad de la superficie
- Capa de acabado de gres porcelánico, tomado con cemento cola, de formato 0,45 x 0,45 m y espesor de 0,011 m.

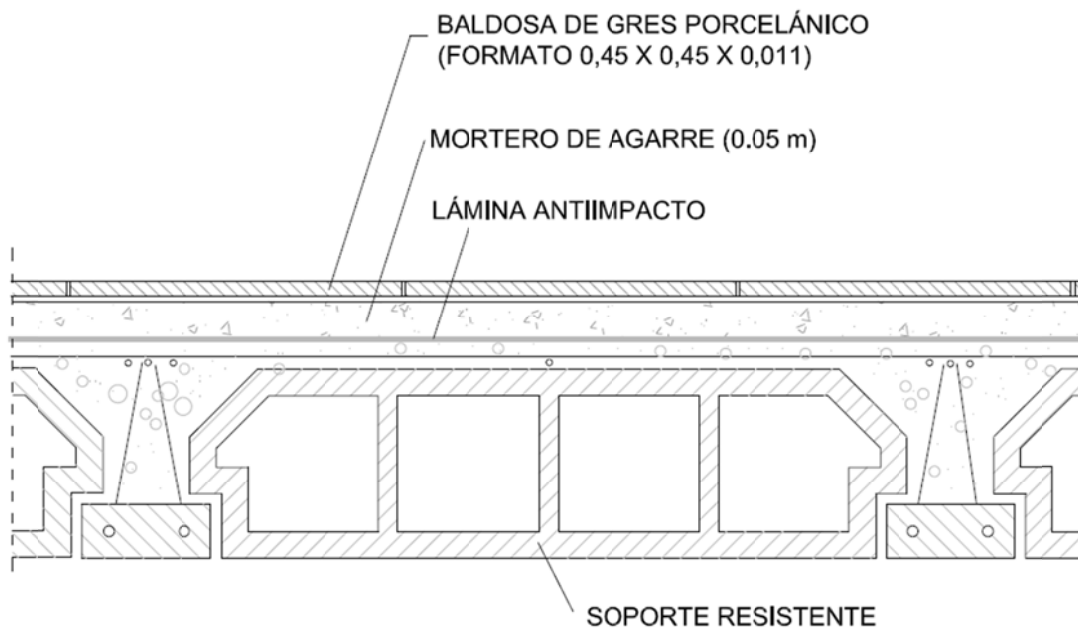


Figura 11: Solución constructiva de pavimento de gres porcelánico

7.3 Justificación de las soluciones constructivas seleccionadas

Se ha decidido seleccionar las soluciones de pavimentos anteriormente detalladas por varios motivos:

- Las prestaciones mecánicas del mármol y del gres son similares y equiparables, según se ha mencionado en la comparativa realizada en el apartado 6. *Normativa de aplicación a pavimentos.*
- Se trata de dos materiales muy utilizados en el sector de la construcción de España, tanto en edificios de uso público como en aquellos de uso privado.
- La extracción y producción de ambos materiales tiene una gran importancia en la economía de España, pues el peso de las industrias que se dedican a dichas actividades es considerable, sobre todo en la región de Levante.

8 ANÁLISIS DEL CICLO DE VIDA (ACV)

8.1 Generalidades del ACV

8.1.1 Requisitos generales

Para el desarrollo de un Análisis del Ciclo de Vida (ACV) son de aplicación los requisitos marcados en las Normas UNE-EN ISO 14040 y UNE-EN 14044 que establecen que los ACV deben incluir la definición del objetivo y del alcance de este, el análisis del inventario, la evaluación del impacto y la interpretación de los resultados, según se muestra en la **Figura 12**.

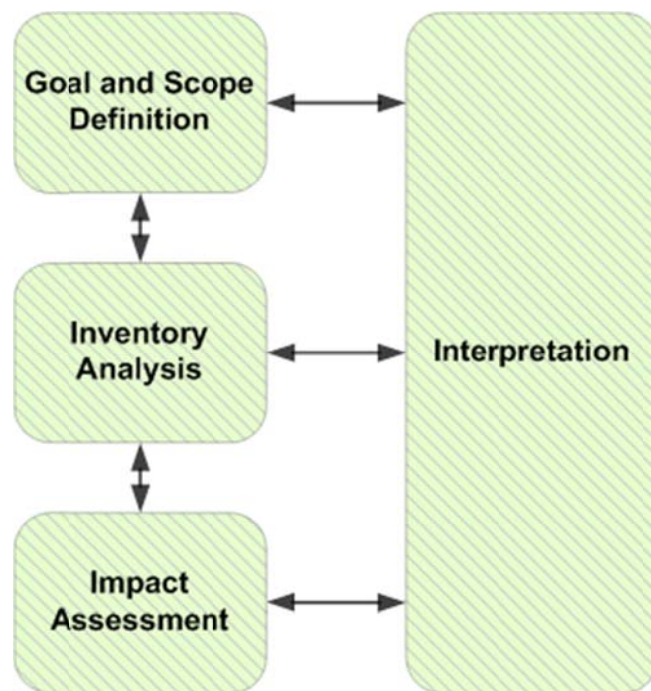


Figura 12: Esquema del proceso de ACV (Fuente: UNE-EN ISO 14040-2006).

8.1.2 Definición del objetivo y alcance

8.1.2.1 Generalidades

En la ejecución de un edificio, se pueden distinguir una serie de elementos entre los que destacan movimientos de tierra, cimentación, estructura, cerramientos exteriores, particiones interiores, revestimientos continuos, carpinterías, acristalamiento, instalaciones, etc.

Dentro de los revestimientos, aquellos materiales utilizados en suelos se conocen como pavimentos. De la gran variedad de materiales utilizados en pavimentos, descritos anteriormente en el apartado 4. *Definición de las tipologías de pavimentos*, en este estudio se analizarán aquellos cuya capa de acabado está formada por baldosas cerámicas de gres y mármol.

En base al CTE (Código técnico de la edificación) y para garantizar el cumplimiento del DB HR de protección contra el ruido, deben alcanzarse los valores límite de aislamiento acústico a ruido aéreo y no superarse los valores límite de nivel de presión de ruido de impactos (aislamiento acústico a ruido de impactos).

En dicho documento, los elementos de separación horizontales son aquellos que separan una unidad de uso de cualquier otro recinto del edificio. Estos elementos están formados por el forjado (F), el suelo flotante (Sf) y, en algunos casos, el techo suspendido (Ts).

En el apartado 3.1.2 Condiciones mínimas de los elementos de separación horizontales del DB HR del CTE, se habla de que los techos suspendidos de los recintos de instalaciones deben instalarse con amortiguadores que eviten la transmisión de las bajas frecuencias. Asimismo los suelos flotantes pueden contar con un material aislante a ruido de impactos.

Es por ello por lo que cualquier pavimento estará compuesto de las siguientes capas base:

- Soporte resistente o forjado
- Lámina anti-impacto
- Capa de mortero de protección de ésta

Las soluciones constructivas a analizar, explicadas anteriormente en el apartado 7. *Definición de las soluciones constructivas a analizar* del presente proyecto, están compuestas por dichas capas. Posteriormente, en este apartado, se justificará el cumplimiento del CTE de ambas soluciones constructivas.

8.1.2.2 Objetivo del estudio

8.1.2.2.1 Aplicación prevista

La aplicación prevista es la realización de un Análisis del Ciclo de Vida comparativo entre una solución constructiva de pavimento de mármol y de pavimento de baldosas cerámicas.

8.1.2.2.2 Razones para realizar el estudio

El objetivo del presente estudio es analizar dos soluciones constructivas de pavimento de mármol y baldosas cerámicas, cuyas prestaciones técnicas sean equivalentes, desde el punto de vista medioambiental, evaluando y cuantificando los impactos mediante ACV.

Con dicho estudio se pretende:

- ✓ Comparar medioambientalmente ambas soluciones constructivas entre sí, obteniendo indicadores ambientales para cada categoría de impacto.
- ✓ Permitir la comparación de cada solución constructiva analizada con distintas soluciones constructivas de pavimentos cuyo análisis se haya realizado con rigor científico, siguiendo los mismos criterios y metodología.
- ✓ Permitir que los resultados sirvan de base a los criterios medioambientales de selección de soluciones constructivas en edificación, reduciendo el impacto medioambiental del conjunto del edificio y, por tanto, del sector de la construcción en general.

8.1.2.2.3 Público previsto

La audiencia esperada para este ACV son los distintos agentes de la edificación en particular, así como por la comunidad científica en general.

8.1.2.3 Alcance del estudio

8.1.2.3.1 Generalidades

Al definir el alcance de un ACV, se deben considerar y describir claramente el sistema de producto bajo estudio, las funciones de los sistemas de producto, la unidad funcional, los límites del sistema, los procedimientos de asignación, definir la metodología de la Evaluación de Impacto del Ciclo de Vida (EICV) y los tipos de impactos, establecer los tipos y fuentes de datos, los requisitos de calidad de los datos y el tipo de revisión crítica.

8.1.2.3.2 Función y unidad funcional

La función de las soluciones constructivas a analizar es la de pavimentar suelos, por lo que se deben garantizar unos requisitos básicos de estanqueidad, resbaladicidad, aislamiento acústico, y durabilidad, regulados por distintas normas UNE y por el CTE.

La unidad funcional, se define como el desempeño cuantificado de un sistema del producto para su utilización como unidad de referencia. Es decir, la unidad funcional es referencia con la que se pueden relacionar ambos sistemas constructivos. Esta referencia marca una base común en la comparación de los sistemas. La unidad funcional debe ser medible y se definirá a continuación.

Además, para definir la unidad funcional también se debe tener en consideración que las distintas soluciones deben cumplir con las exigencias del Código Técnico de la Edificación, así como las normas UNE de aplicación a los casos de estudio.

Para ello se considera que los pavimentos a estudiar son para su colocación en interiores para uso de vivienda doméstica de zonas secas, por lo que la unidad funcional considerada es la siguiente:

1m² de solución constructiva de pavimento destinado a uso doméstico general en una vivienda.

La solución constructiva está formada por:

- Soporte resistente o forjado
- Lámina anti-impacto
- Capa de mortero
- Material de agarre
- Material de acabado (mármol o cerámica)

Dicha vivienda se supondrá que está incluida en un edificio de viviendas en bloque ubicado en Castellón de la Plana, de 6 plantas y 400m² por planta, cuya vida útil será de 50 años.

Procede ahora justificar el cumplimiento del CTE de ambas soluciones constructivas, garantizando que éstas cumplen las funciones anteriormente descritas para un pavimento de uso doméstico general en una vivienda.

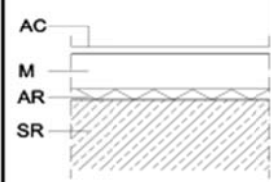
CUMPLIMIENTO DEL CTE

Documento básico de protección frente al ruido (DB HR)

El catálogo de elementos constructivos del CTE indica que, para cumplir con las exigencias de diseño en base a los requisitos de habitabilidad (salubridad, protección frente al ruido y ahorro de energía) los suelos estarán formados por los elementos que se indican en la **Tabla 21**, debiendo cumplir cada uno de dichos elementos las condiciones adjuntas en la **Figura 13**, diferenciando tres soluciones constructivas de suelo (S01, S02 y S03).

Tabla 21: Composición de los suelos (Catálogo elementos constructivos CTE)

SUELOS FLOTANTES	
AC	Acabado
SF	Suelo flotante
S	soporte del acabado
M	capa de mortero
YLO	placa de yeso laminado
AR	material aislante de ruido de impactos
MW	lana mineral
PE	polietileno
PE-E	espuma de polietileno expandido
PE-R	espuma de polietileno reticulado
EEPS	poliestireno expandido elastificado
SR	forjado u otro soporte resistente

Código	Sección	Aislante a ruido de impactos AR		HE ⁽⁹⁾ R _{SF} (m ² K/W)	HR ⁽⁹⁾		
		tipo	espesor mm		ΔR _A (dBA)	ΔL _w (dB)	
S01		EEPS	20	0,02+R _{AR}	10[175 - 250] 6[300] 5[350] 4[400] 3[450] 3[500]	25	
			30		15[175-250] 8[300] 7[350] 6[400] 5[450] 5[500]		28
			40		19[175-250] 9[300] 7[350] 6[400] 5[450] 4[500]		

S01		MW	12	0,02+R _{AR}	10[175]	27		
							10[200]	
							9[225]	
				20			8[250]	30
						7[300]		
						6[350]		
				30			5[400]	33
				5[450]				
				4[500]				
			3 ⁽¹⁰⁾		0	18		
		PE-E	5 - 10	0,02+R _{AR}	5[175-<250]	20		
					4[250]			
					3[300]			
		PE-R	5	0,02+R _{AR}	1[350]	20		
							0[>350]	
			10				2[175 - <300]	
					1[300]	20		
					0[>300]			
					4[175-<250]			
					3[250]	20		
					2[300]			
					0[>300]			

⁽¹⁾ Valores de ΔR_A y de ΔL_w para suelos flotantes formados por una capa de mortero de 50 mm de espesor

⁽²⁾ Valores de ΔR_A y de ΔL_w para suelos flotantes formados por dos placas de yeso laminado de al menos 12,5 mm de espesor cada una y una masa por unidad de superficie de 22 kg/m²

⁽³⁾ Debe interponerse una barrera impermeable entre la capa de mortero y el material aislante a ruido de impactos, cuando este último no sea impermeable.

⁽⁴⁾ Lana mineral con las siguientes características:

- Espesor 12 mm y rigidez dinámica, s' menor que 20 MN/m³
- Espesor 20 mm y rigidez dinámica, s' menor que 13 MN/m³
- Espesor 30 mm y rigidez dinámica, s' menor que 9 MN/m³

⁽⁵⁾ Espuma de polietileno expandido de densidad mayor que 35 kg/m³ y rigidez dinámica, s' , menor que 70 MN/m³

⁽⁶⁾ Espuma de polietileno reticulado de densidad mayor que 25 kg/m³ con las siguientes características:

- Espesor 5 mm y rigidez dinámica, s' menor que 90 MN/m³
- Espesor 10 mm y rigidez dinámica, s' menor que 80 MN/m³

⁽⁷⁾ Poliestireno expandido elastificado con las siguientes características:

- Espesor 20 mm y rigidez dinámica, s' menor que 30 MN/m³
- Espesor 30 mm y rigidez dinámica, s' menor que 20 MN/m³
- Espesor 40 mm y rigidez dinámica, s' menor que 15 MN/m³

⁽⁸⁾ Los valores de resistencia térmica expresados en la tabla no incluyen las resistencias térmicas superficiales interior y exterior del suelo.

⁽⁹⁾ Los valores de ΔR_A de un suelo flotante dependen de la masa del forjado o losa sobre el que se aplican. En la tabla aparecen parejas de valores, en las que el primer valor corresponde al valor de ΔR_A del suelo flotante y el segundo valor, que figura entre corchetes, es la masa máxima del forjado o de la losa sobre el que se aplica el suelo.

⁽¹⁰⁾ Cuando se utilicen láminas de 3 mm de espesor, debe evitarse desgarrar o punzonamientos de las láminas en el momento de su puesta en obra y del vertido del mortero. Previo a la colocación de la lámina sobre el forjado, debe comprobarse que la superficie del mismo está limpia y libre de restos.

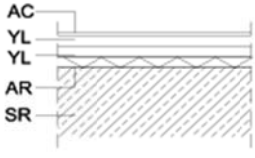
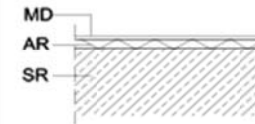
Código	Sección	Aislante a ruido de impactos AR		HE ^(B) R _{sf} (m ² K/W)	HR ^(B)	
		tipo	espesor mm		ΔR _A (dBA)	ΔL _w (dB)
S02		MW	12	0,11+R _{AR}	6[175]	19
			5[200]			
			4[225]			
			3[250]			
			2[300]			
			1[350]			
		0[≥400]	23			
		7[175]				
		6[200]				
		5[225]				
		4[250]				
		3[300]				
2[350]	27					
1[400]						
0[≥450]						
8[175]						
7[200]						
6[225]						
5[250]	17					
4[300]						
2[350]						
1[400]						
0[≥450]						
1[175-300]						
0[>300]	20					
6[175]						
5[200]						
4[225]						
3[250]						
2[300]						
0[≥350]	23					
7[175]						
6[200]						
5[225]						
4[250]						
3[300]						
2[350]						
1[400]						
0[≥450]						
S03		MW	12	0,27+R _{AR}	0	11
			20			15
			30			17
		PE-E	≥ 3 ^(B)	0,27+R _{AR}	0	15
			PE-R			

Figura 13: Requisitos de los elementos que componen los suelos (CTE)

Las soluciones constructivas de pavimentos, tanto de gres como de mármol, responden al patrón de la solución tipo S01, donde la capa de acabado apoya sobre una capa de mortero que protege a una lámina antiimpacto PE-E de 3 mm de espesor.

Documento básico de seguridad de utilización (DB SU).

Los suelos se clasifican, en función de su resistencia al deslizamiento, en clase de resbaladidad 0, 1, 2, y 3, según los límites especificados en la **Figura 14**.

Tabla 1.1 Clasificación de los suelos según su resbaladidad

Resistencia al deslizamiento R_d	Clase
$R_d \leq 15$	0
$15 < R_d \leq 35$	1
$35 < R_d \leq 45$	2
$R_d > 45$	3

Tabla 1.2 Clase exigible a los suelos en función de su localización

Localización y características del suelo	Clase
Zonas interiores secas	
- superficies con pendiente menor que el 6%	1
- superficies con pendiente igual o mayor que el 6% y escaleras	2
Zonas interiores húmedas, tales como las entradas a los edificios desde el espacio exterior ⁽¹⁾ , terrazas cubiertas, vestuarios, baños, aseos, cocinas, etc.	
- superficies con pendiente menor que el 6%	2
- superficies con pendiente igual o mayor que el 6% y escaleras	3
Zonas exteriores. Piscinas ⁽²⁾ , Duchas.	3

⁽¹⁾ Excepto cuando se trate de accesos directos a zonas de uso restringido.

⁽²⁾ En zonas previstas para usuarios descalzos y en el fondo de los vasos, en las zonas en las que la profundidad no exceda de 1,50 m.

Figura 14: Clasificación de los suelos en función de su resbaladidad (CTE)

En función de la localización (interior, exterior) y de las características (pendiente) de los suelos el CTE exige una determinada clase de resbaladidad a dicho suelo. En el caso concreto de este estudio, el pavimento se encuentra en zona interior seca y sin pendiente de uso privado (vivienda), por lo que la clase de resbaladidad exigible es clase 1.

8.1.2.3.3 Límites del sistema

Dentro de los límites del sistema diferenciamos entre las etapas del proceso constructivo excluidas del análisis, los límites geográficos y los límites temporales.

Etapas excluidas del análisis

Se determinan qué procesos unitarios deberían incluirse dentro del ACV y, por el contrario, cuáles deberían excluirse.

El sistema incluye todos los materiales empleados en la solución constructiva (proceso de producción, transporte, colocación / construcción, mantenimiento, uso, sustitución (en el caso de la baldosa cerámica) y disposición final).

No se tendrán en consideración durante la realización del estudio las cargas ambientales relativas a:

- Producción de maquinaria e infraestructuras necesarias para la fabricación de medios auxiliares en obra como grúa torre, silos de mortero o maquinaria de transporte.
- Herramientas empleadas por los operarios de la obra

- Equipos de protección individual (EPIs) ni los colectivos

Dichas cargas ambientales no se considerarán en el ACV dada la baja repercusión que tienen estos elementos en 1m² de pavimento. Esta decisión no modificará significativamente las conclusiones globales del estudio.

Será excluido del estudio la contabilización del forjado así como el revestimiento interior de yeso, la lámina anti-impacto y la capa de mortero, al considerarse en ambas soluciones objeto de estudio la utilización de éstas capas con las mismas características.

Límites geográficos

El estudio de ACV a realizar se limita geográficamente al ámbito de España. Pues los datos de inventario tomados hacen referencia a la producción de los distintos materiales en dicho país. Aunque, tal y como se explicará más adelante y según se ha mencionado en el apartado 4. *Estado del arte*, los datos de inventario de una de las soluciones constructivas ha sido recopilado en diversas fábricas ubicadas exclusivamente en la provincia de Castellón de la Plana, se ha probado que dicha muestra tomada representa correctamente a toda la producción nacional.

Límites temporales

Dado el constante cambio y evolución de las técnicas empleadas para la extracción y producción de los distintos materiales, así como de la producción y tipo de la energía, de los medios de transporte y de los distintos procesos constructivos, la validez de los estudios de ACV es limitada. En este caso, los resultados del estudio a realizar se podrían considerar válido durante 5 años (desde 2014 hasta 2019).

8.1.3 Metodología de la EICV y tipos de impacto

En la actualidad existen diferentes metodologías para calcular los impactos que produce un elemento durante su ciclo de vida. En este estudio se tendrán en cuenta los usados más comúnmente por la comunidad científica. Cada modelo considera diferentes tipos de impacto o categorías, de modo que a mayor número de metodologías utilizadas para realizar el ACV, más objetivos serán los resultados obtenidos.

Tras evaluar las metodologías incluidas en el SimaPro (versión 7) se descartan las que consideran pocos tipos de impacto y aquellas que hayan sido creadas con fines específicos.

En este estudio se utilizarán las metodologías: **Eco-indicador 99**, **EPS 2000** y **CML 2 Baseline 2000**.

8.1.3.1 Eco- indicador 99

El *eco-indicador 99* utiliza un enfoque orientado a los daños que relaciona los impactos producidos con los daños causados al medio ambiente, obteniéndose un resultado en puntos. Un punto tiene el valor de una milésima parte de la carga ambiental anual de un ciudadano europeo.

El tipo de indicación por puntos podría emplearse en afirmaciones para contrastar productos pero está expresamente prohibido este uso. Según el manual: No se puede emplear este sistema en el marketing ambiental, el etiquetado ecológico o para hacer demostraciones de que un producto es mejor que otro. Tampoco se han desarrollado los valores para que los gobiernos los utilicen como patrones o líneas maestras.

En el *eco-indicador 99* el término medio ambiente se define según tres tipos de daños:

- ✓ A la salud humana
 - Cambio climático
 - Disminución de la capa de ozono
 - Efectos cancerígenos
 - Efectos respiratorios
 - Radiación ionizante

- ✓ A la calidad del medio ambiente
 - Ecotoxicidad
 - Acidificación
 - Eutrofización
 - Uso del suelo

- ✓ A los recursos
 - Uso de recursos minerales
 - Uso de combustibles fósiles

Este método consta de tres pasos: inventario de los procesos, modelo de daños y ponderación, según se representa en la **Figura 15**.

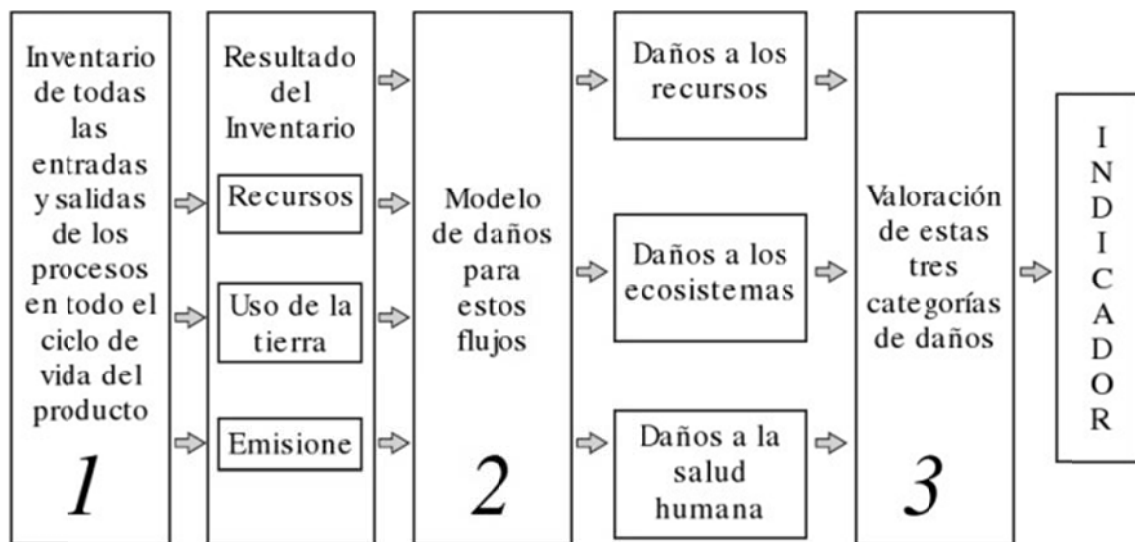


Figura 15: Esquema de la estructura del método eco-indicador 99. (Fuente: Manual for designers)

El primer paso, **inventario de los procesos**, se desarrollara en el apartado 8.2. *Análisis del inventario del ciclo de vida (ICV)* del presente estudio.

El segundo paso, **modelo de daños**, se encuentra integrado en el software SimaPro 7 y responde al esquema mostrado en la **Figura 16**.

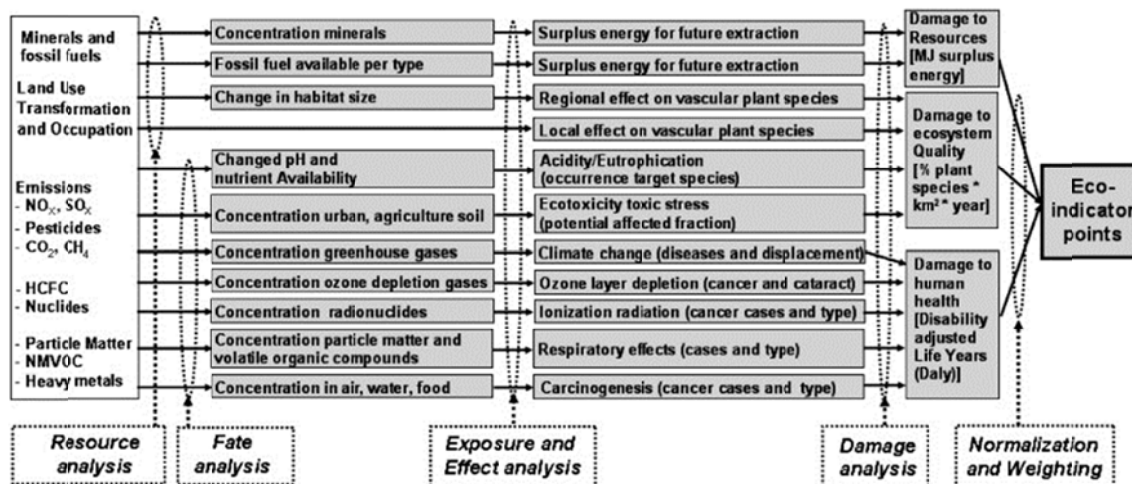


Figura 16: Esquema del modelo de daños del método eco-indicador 99. (Fuente: Manual for designers)

El tercer paso, **ponderación**, está también integrado en el software SimaPro 7, siendo dicho paso el más crítico en todos los ACV debido a que se debe dar la importancia que se merece a cada categoría de impacto.

En función de la perspectiva con que se analicen los datos se pueden distinguir los tres tipos de caracterización que se detallan en la **Tabla 22**.

Tabla 22: Tipos de caracterización

Caracterización	Perspectiva de tiempo	Razonabilidad	Nivel de evidencia necesario
Jerárquico (J)	Balace entre plazos largos y cortos de tiempo	Una política apropiada puede evitar muchos problemas	Inclusión basada en el consenso
Individualista (I)	A corto plazo	La tecnología puede evitar muchos problemas	Solo efectos probados
Igualitario (ig)	A muy largo plazo	Los problemas pueden llevar a catástrofe	Todos los efectos posibles

8.1.3.2 EPS 2000 (Environmental Priority System)

Es un método orientado al daño causado. En él se definen cinco áreas de protección ambiental: salud humana, capacidad de producción de los ecosistemas, reservas de recursos abióticos, biodiversidad y valores culturales y recreativos. En esta metodología se incluye una valoración económica como disposición a pagar para evitar un determinado cambio en el ambiente en cada una de las cinco áreas de protección definidas. Como unidad monetaria se emplea el ELU (*Environmental Load Unit*, Unidad de Carga Ambiental).

En las **Tablas 23, 24, 25 y 26** se detallan las categorías, indicadores y unidades de cada una de las áreas anteriormente mencionadas.

Salud humana

Tabla 23: Categorías, indicadores y unidades del área de salud humana

Categoría de impacto	Indicador de la categoría	Unidades del indicador	Observaciones
Esperanza de vida	Años de vida perdidos	Años persona	En vez de exceso de mortalidad que se usó en versiones anteriores
Morbilidad grave y sufrimiento	Morbilidad grave	Años persona	Incluye el hambre
Morbilidad	Morbilidad	Años persona	Referidos a resfriados o gripe
Molestias graves	Molestias graves	Años persona	Provoca una reacción para evitar molestias
Molestias	Molestias	Años persona	Irritante, pero no es la causa directa.

Capacidad de producción del ecosistema

Tabla 24: Categorías, indicadores y unidades del área de capacidad de producción del ecosistema

Categoría de impacto	Indicador de la categoría	Unidades del indicador	Observaciones
Capacidad de producción de cultivos	Cultivos	Kg	Peso de la cosecha
Capacidad de producción de madera	Madera	Kg	En base al peso seco
Capacidad de producción de pescado y carne	Pescado y carne	Kg	Peso de los animales
Capacidad base de cationes	Capacidad base de cationes	Equivalencia en moles de H	Se utiliza solo cuando en los demás modelos no se incluyen otros indicadores
Capacidad de producción de agua	Agua de riego	Kg	Deben ser aceptables para riego, en respecto a las sustancias tóxicas persistentes
Capacidad de producción de agua	Agua de consumo	kg	Según los criterios de la OMS para el agua potable.

Reservas de recursos abióticos

Tabla 25: Categorías, indicadores y unidades del área de reservas de recursos abióticos

Categoría de impacto	Indicador de la categoría	Unidades del indicador	Observaciones
Agotamiento de las reservas de un elemento	Reservas de "nombre del elemento"	Kg del elemento	Ej.: Reservas de Cu
Agotamiento de las reservas fósiles	Reservas de gas natural	Kg	Parte de hidrocarburos
Agotamiento de las reservas fósiles	Reservas de petróleo	Kg	

Agotamiento de las reservas fósiles	Reservas de carbón	Kg	
Agotamiento de las reservas minerales	Reservas de "nombre del mineral"	kg	

Biodiversidad

Tabla 26: Categorías, indicadores y unidades del área de biodiversidad

Categoría de impacto	Indicador de la categoría	Unidades del indicador	Observaciones
Extinción de especies	Extinción de especies normalizada	Adimensional	La normalización está hecha con respecto a las especies extinguidas durante 1990

Valores culturales y recreativos

Los cambios de valores culturales y recreativos son difícilmente descriptibles y cuantificables en indicadores generales, pues se trata de aspectos muy subjetivos.

8.1.3.3 CML 2 baseline 2000

La metodología *CML 2 baseline 2000* proporciona una lista de categorías de evaluación de impacto agrupadas en tres apartados:

- A) Categorías de impacto **obligatorias** (indicadores de categoría usados en la mayoría de los ACV)
- B) Categorías de impacto **adicionales** (indicadores operacionales que, a pesar de su existencia, no suelen usarse en los ACV)
- C) **Otras** categorías de impacto (no hay indicadores operacionales disponibles, por lo que es imposible su inclusión cuantitativa en un ACV)

Los indicadores referidos a las categorías de impacto obligatorias y adicionales recomendadas por la guía en la versión *CML 2 Baseline 2000*, son las siguientes:

- ✓ Agotamiento de los recursos abióticos
- ✓ Cambio climático
- ✓ Destrucción de la capa de ozono
- ✓ Toxicidad humana
- ✓ Eco toxicidad del agua dulce
- ✓ Eco toxicidad marina
- ✓ Eco toxicidad terrestre
- ✓ Formación de foto-oxidación
- ✓ Acidificación
- ✓ Eutrofización

8.1.4 Tipos y fuentes de datos

El presente estudio se realiza mediante la herramienta informática *SimaPro 7*, desarrollada por *Pré Consultants* para el Análisis de Ciclo de Vida. Este programa analiza y compara los aspectos medioambientales de un producto de forma sistemática. Dispone de los métodos de evaluaciones de impacto reconocidos, entre ellos los detallados en el apartado 8.1.3. *Metodología de la EICV y tipos de impacto* del presente documento. Dichos métodos utilizan el procedimiento de caracterización por el cual se calcula la contribución de una sustancia a una categoría de impacto determinada.

Los datos seleccionados para un ACV dependerán del objetivo y el alcance del estudio y pueden obtenerse recopilándolos en los sitios de producción asociados con los procesos unitarios, calculándolos o incluso estimándolos.

Para los procesos del presente estudio se ha recurrido a bases de datos publicadas, que se detallan en el apartado 8.1.4.4. *Bases de datos* de este documento, a estudios realizados sobre recopilación de datos en los sitios de producción asociados, así como a otras fuentes que se mencionan en el apartado 8.1.4.5. *Otros datos*.

Independientemente de la procedencia de los datos a emplear, éstos deben cumplir unos requisitos temporales, geográficos y tecnológicos, según se detalla a continuación.

8.1.4.1 Ámbito temporal

Los datos recogidos deben referirse a los últimos cinco años aproximadamente.

8.1.4.2 Ámbito geográfico

Los datos deben referirse a la zona geográfica donde se vayan a realizar los procesos.

8.1.4.3 Ámbito tecnológico

Los datos deben considerar tecnología que se emplea en el momento de la realización del estudio.

8.1.4.4 Bases de datos

Para realizar el ACV de las soluciones constructivas de pavimento de mármol y gres, se han empleado algunas de las bases de datos que incluye la herramienta informática *SimaPro 7*:

BUWAL 250

Base de datos con información sobre materiales de embalaje (plástico, cartón, papel, cristal, metales como el acero o el aluminio), energía y tratamientos de residuos.

ECOINVENT

Base de datos para ACV que contiene un inventario de datos industriales a nivel internacional sobre 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.

IDEMAT 2001

Contiene información sobre materiales de ingeniería (metales, aleaciones, plásticos, madera), energía y transporte.

8.1.4.5 Otros datos

Los datos referentes a las baldosas de gres se han obtenidos de estudios científicos realizados sobre recopilación de datos de inventario de 35 empresas españolas de fabricación de baldosas cerámicas representativas del sector cerámica de España [15].

Respecto a la disposición final de los elementos de construcción tras su vida útil, se recurre a los datos del PNIR (Plan Nacional Integrado de Residuos) donde aparecen, en porcentajes, cuáles son los destinos de los materiales al final de su vida útil, según se detalla en la **Tabla 27**.

Tabla 27: *Objetivos cuantitativos específicos sobre RCD (Fuente PNIR 2012)*

Tratamiento	2008	2012	2015
Separación y gestión de forma ambientalmente correcta de los RP procedentes de RCD	80	95	100
Prevención + Reutilización de RCD		10	20
Reciclaje de RCD		25	40
Valorización de los RCD		40	70

La localización de los vertederos y plantas de reciclaje, se obtiene a partir de la página web de la *Conselleria de Infraestructures, Territori i Medi Ambient*, de la Generalitat Valenciana, realizándose los cálculos con las instalaciones más cercanas, según se refleja en la **Tabla 28**.

Tabla 28: *Localización y distancia de los centros de tratamiento de RCD (Fuente: Conselleria de Infraestructures, Territori i Medi Ambient de la GV)*

Localización escenario de disposición final	Distancia real	Distancia media
Eliminación	Onda	17,03 km
	Villafamés	
	Castellón de la Plana	
Reciclado	La Vall d'Uixo	20,38 km
	Vila-Real	
	Moncofar	
	Onda	
	Nules	

8.1.4.6 Comparaciones entre sistemas

Para la realización del estudio se tendrá en cuenta la unidad funcional descrita anteriormente. Se pretende homogenizar las funciones de cada tipología a estudiar en base a la normativa vigente.

La evaluación de impacto ambiental de cada una de las tipologías se realizara mediante los métodos estandarizados de análisis de ciclo de vida siguientes:

- ✓ Eco indicador 99
- ✓ EPS 2000
- ✓ CML 2 Baseline 2000

Utilizando las tres metodologías se pretende comparar las soluciones constructivas de manera más objetiva, pues como se ha mencionado anteriormente, utilizando varios indicadores en distintos escenarios de categorías de impacto se consiguen resultados más objetivos.

8.2 Análisis del inventario del ciclo de vida (ICV)

8.2.1 Generalidades del ICV

En este apartado se realiza la recopilación de datos y se detallan los procedimientos de cálculo realizados para cuantificar las entradas y salidas que intervienen en cada tipología de pavimento.

Para ello, se expone a continuación la subdivisión en fases de ejecución de cada una de las soluciones a estudiar, con la finalidad de facilitar la identificación y cuantificación de los materiales y energías utilizados en cada proceso.

Se define la procedencia, características generales, proceso de colocación, durabilidad establecida y mantenimiento a lo largo de la vida útil de cada uno de los materiales intervinientes en cada solución constructiva.

8.2.2 Recopilación de datos

Se han diferenciado las distintas capas y materiales de cada una de las soluciones constructivas a analizar.

Para la elaboración del inventario se han considerado todas las entradas (inputs) de cada elemento interviniente en cada tipología de pavimento, así como el mantenimiento durante los 50 años de vida útil considerados para el edificio y la disposición al final de dicha vida útil.

Los datos de los distintos materiales y maquinaria intervinientes se han obtenido de las fichas técnicas de los fabricantes, según se puede observar en las **Figuras 18 a 31** adjuntas en el siguiente apartado.

Otros datos, como son la ubicación de plantas de tratamiento de residuos, han sido obtenidos de los organismos oficiales competentes en cada materia.

Respecto a los aspectos referentes a la ejecución material de las soluciones constructivas, se han tenido en cuenta las especificaciones de la normativa aplicable y las recomendaciones de los fabricantes.

8.2.3 Cálculo del inventario

Se detallan a continuación las cantidades de materiales que intervienen en cada una de las soluciones constructivas de pavimentos, así como las partes proporcionales de envoltorios, envases, transporte de materiales, gastos de energía y consumo de combustibles.

Con los datos facilitados por los fabricantes, se han realizado los cálculos y conversión de unidades que se detallan en cada caso, introduciendo en la herramienta SimaPro los resultados sombreados para realizar el ACV. Dichos cálculos se han realizado mediante hojas de cálculo que se adjuntan en la entrega electrónica del presente TFM para facilitar la consulta y comprensión de los mismos.

8.2.3.1 Generalidades

8.2.3.1.1 Características de la construcción

Las soluciones constructivas de pavimentos se considera que se ejecutarán en un edificio de viviendas en bloque, ubicado en Castellón de la Plana, de 6 plantas y 400m² por planta, cuya vida útil será de 50 años.

8.2.3.1.2 Transporte

Se especifica, en cada caso, la distancia considerada desde la fábrica/suministrador hasta la obra (ubicada en Castellón de la Plana). Se trata de datos reales, pues el transporte influye considerablemente en los resultados del estudio, siendo menor el impacto medioambiental cuanto menor es la distancia de transporte, es decir, cuando se utilizan materiales fabricados en un radio próximo al de la obra.

Del mismo modo, según se detalla en los apartados que siguen, se ha considerado también el transporte de vuelta desde la obra hasta la fábrica / suministrador, con el camión vacío.

En cada caso se ha seleccionado el tamaño de camión que mayor se ajustaba a la carga a transportar, viniendo esto limitado por el peso y por el volumen.

8.2.3.1.3 Movimiento de materiales dentro de la obra

Se consideran los desplazamientos de elevación desde la cota 0 hasta la planta correspondiente, bien mediante grúa torre o bomba estacionaria (para el caso del mortero de nivelación), según se especifica en cada caso. Mencionar que, en algunos casos, por limitaciones de carga máxima a soportar por el forjado, el movimiento se ha de realizar en varios viajes de grúa distintos, aunque por capacidad de carga de grúa se podría realizar en un único ciclo.

8.2.3.1.4 Palets

Se considera el palet europeo estándar o europalet normalizado en dimensiones (1200 x 800 mm), y resistencia. Se considera que cada palet se utiliza 5 veces, desechándolo después de dichos usos.

8.2.3.1.5 Embalajes

En ausencia de datos de los fabricantes se considerarán embalajes de cartón y/o plástico que recubrirán el volumen del elemento (teniendo en cuenta solapes). Una vez colocados los productos en el palet se envolverán con dos vueltas de film estirable para paletizar de polietileno de baja densidad de 20 micras de espesor.

8.2.3.1.6 Rendimientos de materiales

Se consideran los rendimientos reales de cada material incluyendo solapes de láminas, juntas entre baldosas cerámicas, etc. Siempre que el fabricante facilite datos sobre el rendimiento se utilizarán estos datos, en caso contrario, habrá que estimarlo, según los cálculos adjuntos en cada apartado que sigue. En cualquier caso, este rendimiento se incrementará un 5% por mermas y pérdidas.

8.2.3.1.7 Agua

Se considera que el agua se consume directamente de la red de abastecimiento, teniendo en cuenta únicamente su consumo, sin considerar la repercusión del transporte de la misma.

8.2.3.1.8 Vida útil y mantenimiento

Se considera una vida útil del edificio, así como de los distintos materiales que forman cada una de las soluciones constructivas a analizar, de 50 años.

En el caso de la solución constructiva de pavimento de gres, no se considerará mantenimiento alguno. Pues se ha decidido no tener en cuenta la limpieza ya que, además de variar mucho en función de los hábitos del usuario final y del uso (presentando discrepancias en estudios anteriores), es idéntica en ambos sistemas constructivos.

Se ha considerado como mantenimiento de la solución constructiva de pavimento de mármol un tratamiento superficial (pulido) del mismo cada 5 años. En este caso, la periodicidad es también muy variable, dependiendo de los hábitos del usuario. Hay que tener en cuenta el uso residencial del edificio objeto de estudio.

8.2.3.1.9 Otras consideraciones

No se tendrán en consideración durante la realización del estudio las cargas ambientales relativas a:

- Producción de maquinaria e infraestructuras necesarias para la fabricación de medios auxiliares en obra como grúa torre, silos de mortero o maquinaria de transporte. Se considerará únicamente el consumo de combustible (eléctrico, gasóleo...) empleado en obra, excluyendo el relativo a su fabricación y transporte a obra.

- Herramientas empleadas por los operarios de la obra.
- Equipos de protección individual (EPIs) ni los colectivos.

Dichas cargas ambientales no se considerarán en el ACV dada la baja repercusión que tienen estos elementos en 1m² de pavimento, por lo que dicha decisión no modificará significativamente las conclusiones globales del estudio.

8.2.3.2 Pavimento de mármol

La solución constructiva de pavimento de mármol está compuesta por las siguientes capas:

- Soporte resistente
- Lámina antiimpacto, para evitar la transmisión de ruidos por impacto
- Mortero de cemento autonivelante para garantizar la planeidad de la superficie
- Capa de acabado de mármol, tomado con cemento cola, de formato 0,6 m x 0,3 m y espesor de 0,02 m.

Se detallan en los apartados que siguen a continuación los datos recopilados de los materiales de cada una de las capas mencionadas.

8.2.3.2.1 Capa de acabado

MÁRMOL NATURAL

La capa de acabado de esta solución constructiva está compuesta por baldosas de mármol natural. Concretamente se ha seleccionado el modelo *Crema Marfil* de *Covantia*, de formato 60 x 30 x 2 cm), que se puede observar en las **Figuras 18 y 19**.



Figura 18: Mármol Crema Marfil preparado para transporte

Características Técnicas. Mármoles Crema Marfil

- .Masa Volúmica: 2,72 grs/cm³
- .Coeficiente de absorción: 0,15 %
- .Porosidad Abierta: 0,10 %
- .Resistencia mecánica a compresión: 122,84 %
- .Resistencia mecánica a compresión despues de heladicidad: %
- .Resistencia mecánica a la flexión: 19,41 Mpa
- .Resistencia al anclaje: N
- .Resistencia al desgaste: 0,35 mm.
- .Resistencia al deslizamiento (superficie pulida): USRV
- .Resistencia al impacto: 42 julios
- .Microdureza Knoop: 1774,5 Mpa

Figura 19: Datos fabricante mármol Crema Marfil (Covantia)

A partir de estos datos se han realizado los cálculos que se detallan a continuación, introduciendo los valores sombreados en la herramienta Sima Pro.

MÁRMOL CREMA MARFIL FORMATO 60 x 30 (COAVANTIA)

Formato

	Lado (m)	Lado (m)	Alto (m)	Área
	0,6	0,3	0,02	0,1800 m ²
Juntas	0,0005	0,0005		
Formato con juntas	0,60025	0,30025		0,1802 m ²

Características del suministro

Piezas por palet	150 Ud	5,5486 Rendimiento real (Ud/m ²)
Peso por pieza	9,79 Kg	5,8260 Rendimiento con pérdidas (Ud/m ²)
Peso mármol por palet	1468,5 Kg	57,0370 Rendimiento con pérdidas (Kg/m ²)
Peso Euro palet Vacío	25 Kg	25,7464 Rendimiento con pérdidas (m ² /palet)
Peso Euro palet Completo	1494 Kg	0,0388 Rendimiento con pérdidas (Palets/m²)

Film para paletizar (polietileno de baja densidad 20 micras)

	Base	Altura	Cantidad	Área
Superficie a embalar 1	0,9	1,2	2	2,16 m ²
Superficie a embalar 2	0,6	1,2	2	1,44 m ²
		S. Total (2 vueltas film)		7,20 m ²
Peso (Kg/m ³)	920			
Peso (Kg/m ²) - 20µm	0,0184			
				0,1325 Rendimiento (Kg/palet)

Transporte

m ² pavimento obra	2400 m ²					
Ubicación obra	Castellón de la Plana					
Ubicación fábrica	Pinoso (Alicante)					
nº palets necesarios toda obra	93,22 palets					
Peso total a transportar (Tn)	139,22 Tn					
Capacidad del camión (Tn)	28 Tn		nº camiones/viajes (por peso)	4,97	5	
Capacidad del camión (palets)	38 palets		nº camiones/viajes (por palets)	2,45	3	
Número de viajes	Distancia (Km)	Palets	Tn carga	Tkm/palet	Tkm/m ²	Km/palet
5	234	93,22	139,22	349,48	13,57	12,55

Energía

Potencia grúa	24,1 kW
Tiempo de funcionamiento por palet *	0,2500 h/palet
	6,0250 Consumo eléctrico (kWh/palet)
	0,2340 Consumo eléctrico (kWh/m²)

* NOTA: Cada palet se sube hasta el forjado correspondiente en tres viajes distintos de grúa por limitaciones de carga máxima a soportar por el forjado. Se ha considerado una duración de 5 minutos para cada ciclo.

REJUNTADO DEL MÁRMOL NATURAL

Para el rejuntado de las baldosas de mármol anteriormente descritas, se ha empleado el rejuntado *Morcemcolor junta universal CG2 Ar W* del Grupo Puma. Se ha considerado un espesor de junta de 0,5 mm, pues el rejuntado es mínimo, sin ser necesario, en este caso, el uso de crucetas separadoras como sucede en el caso de las baldosas de gres, donde el espesor de la junta es mayor.



MORCEMCOLOR JUNTA UNIVERSAL

CG2
AW
EN 13888

PRODUCTO

Mortero aditivado y coloreado de ligantes mixtos dotado de gran finura y plasticidad. Para el sellado de juntas de 2 a 15 mm. en todo tipo de revestimientos cerámicos. Especial para el rejuntado de piezas de baja porosidad (gres porcelánico) y piscinas.

DATOS TÉCNICOS

(Resultados estadísticos obtenidos en condiciones estándar)

Aspecto	Blanco y gama de colores
Densidad aparente del polvo	1,7 ± 0,2 g/cm³
Resistencia a flexión después de 28 días	> 2,5 N/mm² (EN 12808-3)
Resistencia a compresión después de 28 días	> 15 N/mm² (EN 12808-3)
Abrasión	< 1000 mm³ (EN 12808-2)
Absorción de agua después de 30 min.	< 2 g (EN 12808-5)
Absorción de agua después de 240 min.	< 5 g (EN 12808-5)
Clasificación según UNE-EN 13888	CG2 A W
Rendimiento aproximado	Ver tabla

CONSUMO SEGÚN DIMENSIONES (KG/M²)

Valores válidos para piezas de 6 mm de grosor

FORMATO BALDOSA		ANCHURA DE JUNTA				
		2 mm	5 mm	8 mm	10 mm	15 mm
15 x 15 cm	0,27	0,68	1,09	1,36	2,04	
15 x 20 cm	0,24	0,60	0,95	1,19	1,79	
20 x 20 cm	0,20	0,51	0,82	1,02	1,63	
25 x 33 cm	0,14	0,36	0,57	0,72	1,08	
30 x 40 cm	0,12	0,30	0,48	0,60	0,89	
40 x 60 cm	0,09	0,21	0,34	0,43	0,64	
45 x 80 cm	0,07	0,18	0,28	0,35	0,53	

$$((A+B)/A \times B) \times C \times D \times 0,17 = \text{Kg/m}^2$$

Donde:
 A = ancho de la baldosa (cm)
 B = largo de la baldosa (cm)
 C = grosor de la baldosa (mm)
 D = anchura de la junta (mm)

Figura 20: Datos fabricante rejuntado Morcemcolor junta universal CG2 Ar W (Grupo Puma)

A partir de dichos datos facilitados por el fabricante se han realizado los cálculos que se detallan a continuación, introduciendo los valores sombreados en la herramienta Sima Pro.

REJUNTADO MORCEMCOLOR JUNTA UNIVERSAL CG2 Ar W (GRUPOPUMA)

Características del suministro		
	Rendimiento	$((A+B)/(A*B))*C*D*0,17$
	0,0850 Kg/m²	A=Largo de la pieza (cm)
		B= Ancho de la pieza (cm)
		C=Grosor de la pieza (mm)
		D= Anchura de la junta (mm)
Kg por saco	20,00 Kg	
Peso por saco (inc. emb.)	20,13 Kg	
Sacos por palet	48,00 Ud	
Kg por palet	960,00 Kg	
Peso Euro palet vacío	25,00 Kg	
Peso Euro palet completo	991,40 Kg	
		0,0893 Rendimiento con pérdidas (Kg/m ²)
		0,0045 Rendimiento con pérdidas (sacos/m ²)
		0,00009 Rendimiento con pérdidas (Palets/m²)

Agua		
		0,0196 Rendimiento con pérdidas (l/m ²)
	0,0187 l/m ²	211,20 Rendimiento cn pérdidas (l/palet)

Embalaje de papel		
Peso por saco	0,1300 Kg	
Peso por Kg de material	0,0065 Kg	
		6,24 Rendimiento (Kg/palet)

Film para paletizar (polietileno de baja densidad 20 micras)					
	Base	Altura	Cantidad	Área	
Superficie a embalar 1	0,8000	1,1	2	1,76 m ²	
Superficie a embalar 2	1,2000	1,1	2	2,64 m ²	
Vueltas de film			2		
		S. Total (2 vueltas film)		8,8 m ²	
Peso (Kg/m ³)	920,0000				
Peso (Kg/m ²) - 20µm	0,0184				
					0,1619 Rendimiento (Kg/palet)

Transporte						
m ² pavimento obra	2400 m ²					
Ubicación obra	Castellón de la Plana					
Ubicación fábrica	Castellón de la Plana					
nº palets necesarios toda obra	0,22 palets					
Peso total a transportar (Tn)	0,22 Tn					
Capacidad del camión (Tn)	16 Tn	nº camiones/viajes (por peso)	0,014	1		
Capacidad del camión (palets)	20 palets	nº camiones/viajes (por palets)	0,011	1		
Número de viajes	Distancia (Km)	Palets	Tn carga	Tkm/palet	Tkm/m ²	Km/palet *
1	10	0,22	0,22	9,91	0,00	1,16
* El transporte del adhesivo y del rejuntado se realizarán conjuntamente, ya que el fabricante es el mismo.						

Energía		
BATIDORA		
Potencia batidora	1,2 kW	
Tiempo preparación 1m ² de rejuntado *	0,0003 h	
	0,0003 Consumo eléctrico (kWh/m ² de rejuntado)	
		3,6571 Consumo eléctrico (kWh/palet)
* Se ha considerado un tiempo de 5 minutos para la preparación de 5 Kg de rejuntado.		
GRÚA		
Potencia grúa	24,1 kW	
Tiempo de funcionamiento por palet *	0,25 h	
Elevación grúa		12,05 Consumo eléctrico (kWh/palet)
* NOTA: Cada palet se sube hasta el forjado correspondiente en tres viajes distintos de grúa por limitaciones de carga máxima a soportar por el forjado. Se ha considerado una duración de 5 minutos para cada ciclo.		

8.2.3.2.2 Capa de material de agarre

ADHESIVO DE CEMENTO COLA

La capa de acabado de mármol se fijará con adhesivo de cemento cola. En este caso se ha seleccionado el adhesivo cementoso *Pegoland dos porcelánico C2* del Grupo Puma, cuyas características técnicas se especifican en la **Figura 21**.



DATOS TÉCNICOS

(Resultados estadísticos obtenidos en condiciones estándar)

Aspecto	Polvo BLANCO o GRIS
Densidad aparente del polvo	1,5 ± 0,2 g/cm ³
Densidad producto amasado	1,7 ± 0,2 g/cm ³
Tiempo de ajustabilidad	Aprox. 30 min. (según condiciones ambientales)
Tiempo de vida de la pasta	Aprox. 2 h. (según condiciones ambientales)
Adherencia inicial	> 1 N/mm ²
Adherencia después de inmersión en agua	> 1 N/mm ²
Adherencia después de envejecimiento con calor	> 1 N/mm ²
Adherencia después de ciclos hielo/deshielo	> 1 N/mm ²
Clasificación según UNE EN 12004:2008	C2
Rendimiento aproximado	4 Kg/m ²

Figura 21: Datos fabricante adhesivo cementoso Pegoland dos porcelánico C2(Grupo Puma)

A partir de estos datos, se detallan a continuación los cálculos realizados, introduciendo los valores sombreados en la herramienta Sima Pro.

ADHESIVO PEGOLAND DOS PORCELÁNICO C2 (GRUPOPUMA)

Características del suministro

		Rendimiento
		4 Kg/m²
Kg por saco	25 Kg	
Peso por saco (inc. emb.)	25,13 Kg	4,2 Rendimiento con pérdidas (Kg/m ²)
Sacos por palet	48 Ud	0,168 Rendimiento con pérdidas (sacos/m ²)
Kg por palet	1200 Kg	
Peso Euro palet Vacío	25 Kg	0,0035 Rendimiento con pérdidas (Palets/m²)
Peso Euro palet Completo	1231,40 Kg	

Agua

	0,88 l/m ²	0,924 Rendimiento con pérdidas (l/m ²)
		264,00 Rendimiento con pérdidas (l/palet)

Embalaje de papel

Peso	0,13 Kg	
Peso por Kg de material	0,0052 Kg	6,24 Rendimiento (Kg/palet)

Film para paletizar (polietileno de baja densidad 20 micras)

	Base	Altura	Cantidad	Área
Superficie a embalar 1	0,8	1,1	2	1,76 m ²
Superficie a embalar 2	1,2	1,1	2	2,64 m ²
	S. Total (2 vueltas film)			8,8 m ²
Peso (Kg/m ³)	920			
Peso (Kg/m ²) - 20µm	0,0184			0,1619 Rendimiento (Kg/palet)

Transporte

m ² pavimento obra	2400 m ²		
Ubicación obra	Castellón de la Plana		
Ubicación fábrica	Castellón de la Plana		
nº palets necesarios toda obra	8,40 palets		
Peso total a transportar (Tn)	10,34 Tn		
Capacidad del camión (Tn)	16 Tn	nº camiones/viajes (por peso)	0,65
Capacidad del camión (palets)	20 palets	nº camiones/viajes (por palets)	0,42

Número de viajes	Distancia (Km)	Palets	Tn carga	Tkm/palet	Tkm/m ²	Km/palet *
1	10	8,40	10,34	12,31	0,04	1,16

* El transporte del adhesivo y del rejuntado se realizarán conjuntamente, ya que el fabricante es el mismo.

Energía

BATIDORA

Potencia batidora	1,2 kW
Tiempo preparación 1m ² de adhesivo *	0,067 h
	0,1 Consumo eléctrico (kWh/m ² de adhesivo)
	22,8571 Consumo eléctrico (kWh/palet)

* Se ha considerado un tiempo de 5 minutos para la preparación de 5 Kg de adhesivo.

GRÚA

Potencia grúa	24,1 kW
Tiempo de funcionamiento por palet *	0,25 h
Elevación grúa	12,0500 Consumo eléctrico (kWh/palet)

* NOTA: Cada palet se sube hasta el forjado correspondiente en tres viajes distintos de grúa por limitaciones de carga máxima a soportar por el forjado. Se ha considerado una duración de 5 minutos para cada ciclo.

8.2.3.2.3 Capa de nivelación

MORTERO DE CEMENTO FABRICADO EN CENTRAL

La capa de nivelación, de 5 cm de espesor, estará formada por un mortero de cemento autonivelante fabricado en central. Se ha seleccionado, en este caso, la empresa Origen, con central ubicada en la misma localidad en la que se localiza la obra, Castellón de la Plana. La relación agua – cemento del mortero es de 0,7, según se observa en la **Figura 22** en la que se adjuntan las características técnicas del material.

CARACTERISTICAS TECNICAS

Tamaño máximo del árido	4 mm
Relación agua /cemento	0,7
Contenido de cemento Kg /m3	300
Densidad en fresco	Entre 1.950 y 2.050 Kg/m3
Escurrimiento	240-300 mm

Figura 22: Datos técnicos mortero de cemento autonivelante (Origen: central de Castellón de la Plana)

Para el transporte hasta obra de dicho mortero se empleará un camión hormigonera de 12 t de capacidad en carga y 6 m³ en volumen. Para la impulsión del mortero autonivelante hasta las distintas plantas, se empleará una bomba modelo *TRANSMAT 330 E EBP* de *TURBOSOL*, con las especificaciones técnicas que se detallan en la **Figura 23**.

DATOS TÉCNICOS	E	EB	EBP
Motor eléctrico	5,5 kW - 400 V	5,5 kW - 400 V	5,5 kW - 400 V
Compresor: rendimiento aire a 6 bar	2.400 - 5.000 l/min	2.400 - 5.000 l/min	2.400 - 5.000 l/min
Capacidad depósito	330 l	330 l	330 l
Rendimiento por ciclo	250 ÷ 270 l	250 ÷ 270 l	250 ÷ 270 l
Ciclos por hora*2	11 ÷ 14	15 ÷ 17	17 ÷ 19
Altura de bombeo*2	80 m (con compresor 3.500 l/min)		
Distancia de bombeo*2	120 m (con compresor 3.500 l/min)		
Capacidad skip de carga	---	330 l	330 l
Scraper	no	no	sí
Dimensiones (LxPxH)	192 x 135 x 145 cm	290* x 135 x 219*1 cm	290* x 135 x 219*1 cm
Peso	700 kg	925 kg	975 kg

* Con skip bajado.
 *1 Con skip alzado.
 *2 Estos datos pueden variar en función de la viscosidad, la calidad y composición de la mezcla, el desgaste de la bomba, diámetro y longitud de la tubería. El rendimiento de bombeo en distancia y altura, no se pueden alcanzar al mismo tiempo.

Figura 23: Características técnicas bomba Transmat 330 E EBP (Turbosol)

A continuación se detallan los cálculos realizados con los datos facilitados por los fabricantes. Los valores que aparecen sombreados son los que se han introducido en la herramienta Sima Pro.

MORTERO DE CEMENTO FABRICADO EN CENTRAL

Características

Espesor de colocación	0,05 m	100 Rendimiento real mortero(Kg/m ²)
Densidad mortero	2000 Kg/m ³	105 Rendimiento con pérdidas (Kg/m ²)
Relación a/c	0,7	0,05 Rendimiento sin pérdidas (m ³ /m ²)
Contenido de cemento	300 Kg/m ³	0,0525 Rendimiento con pérdidas (m ³ /m ²)
Contenido de agua	210 Kg/m ³	
Contenido de arena	1490 Kg/m ³	

Transporte

m ² pavimento obra	2400 m ²					
Ubicación obra	Castellón de la Plana					
Ubicación fábrica	Castellón de la Plana					
m ³ necesarios toda obra	126,00 m ³					
Peso total a transportar (Tn)	252,00 Tn					
Capacidad del camión (Tn)	12 Tn	nº camiones/viajes (por peso)	21,00	21		
Capacidad del camión (m ³)	6 m ³	nº camiones/viajes (por m³)	21,00	21		
Número de viajes	Distancia (Km)	m ³	Tn carga	Tkm/m ³	Tkm/m ²	Km/m ³
21	10	126,00	252,00	20,00	1,05	1,67

Energía

Potencia bomba	5,5	kW
Rendimiento por ciclo	260	l/ciclo
Ciclos por hora	18	ciclos/h
Capacidad de bombeo	4680	l/h
Capacidad de bombeo	4,6800	m ³ /h
Tiempo de funcionamiento (por m ³)	0,2137	h/m ³
Consumo energético (por m³)	1,1752	kWh/m³

* Bomba TRANSMAT 330 E EBP (TURBOSOL)

Agua (limpieza máquina bombeo)

Agua para limpieza	0,1 l/m ²
Agua para limpieza	2 l/m³

* Se ha considerado que la máquina de bombeo se limpia al finalizar el bombeo del mortero de cada planta, utilizando 40 litros en cada proceso de limpieza.

* El edificio considerado es de 400 m² por planta y 6 plantas.

8.2.3.2.4 Capa de protección frente al ruido

LÁMINA ANTIIMPACTO

Para proteger frente al ruido de impacto se colocará una lámina antiimpacto de 3 mm de espesor. Se ha seleccionado el modelo *ChovAIMPACT 3* del fabricante *Chova*, cuyas características técnicas se especifican en la **Figura 24**. El fabricante recomienda solapes de 10 cm entre distintas bandas.

ChovAIMPACT®

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

	ChovAIMPACT® 3	ChovAIMPACT® 5
ESPESOR (mm)	3	5
DENSIDAD (kg/m ³)	20	20
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (kPa)	6,92	7,81
ABSORCIÓN DE AGUA (kg/m ³)	0,0025	0,0057
CONDUCTIVIDAD TÉRMICA (W/m·K)	0,043	0,043
AISLAMIENTO ACÚSTICO (dB)	$\Delta Lw = 16^*$	$\Delta Lw = 20^{**}$
RIGIDEZ DINÁMICA (MN/m ³)	27	32
DIMENSIONES (m)	150 x 1,5	100 x 1,5
m ² / ROLLO	225	150
ALMACENAMIENTO: El material debe resguardarse de la intemperie, de la luz solar y almacenarse en posición vertical.		

* Ensayo APPLUS 3.008.796

** Ensayo APPLUS 3.008.797. Consultar ficha de sistema S03.

Figura 24: Datos fabricante lámina antiimpactos ChovAIMPACT 3 (Chova)

A partir de dichos datos facilitados por el fabricante se han realizado los cálculos que se detallan a continuación, introduciendo los valores sombreados en la herramienta Sima Pro.

LÁMINA ANTI-IMPACTOS ChovAIMPACT 3

Características del suministro

Dimensiones del rollo	1,5 x 150 x 0,60 (∅)	m
Ancho		1,5 m
Largo		150 m
Espesor		0,003 m
Diámetro (enrollado)		0,60 m
Densidad del material		20,00 Kg/m ³
Peso por rollo		13,5 Kg/rollo
Peso por rollo (inc. emb.)		13,59 Kg/rollo
Rollos por palet		3 rollos/palet
Peso por palet		40,5 Kg/palet
Peso Euro palet Vacío		25 Kg/palet
Peso Euro palet Completo		66,00 Kg/palet

Rendimientos

Rendimiento	225 m ² lámina/rollo
Rendimiento con pérdidas	1,07 m ² lámina/m ² pavimento
*Se ha considerado un solape de 10 cm	
Rendimiento con pérdidas	0,0048 rollos/m ² pavimento
Rendimiento con pérdidas	0,0016 palets/m ² pavimento

Embalaje de plástico (polietileno de baja densidad 30 micras)

Superficie del embalaje	3,3929 m ²
Peso (Kg/m ³)	920 Kg/m ³
Peso (Kg/m ²) - 30µm	0,0276 Kg/m ²
Peso por rollo	0,0936 Kg/rollo
	0,2809 Rendimiento (Kg/palet)

Film para paletizar (polietileno de baja densidad 20 micras)

	Base	Altura	Cantidad	Área	
Superficie a embalar 1		1,2	1,5	2	3,6
Superficie a embalar 2		0,8	1,5	2	2,4
			S. Total (2 vueltas film)		12
Peso (Kg/m ³)		920			
Peso (Kg/m ²) - 20µm		0,0184			
					0,2208 Rendimiento (Kg/palet)

Transporte

m ² pavimento obra	2400 m ²				
Ubicación obra	Castellón de la Plana				
Ubicación fábrica	Tavernes de Valldigna				
nº palets necesarios toda obra	11,41 palets				
Peso total a transportar (Tn)	0,75 Tn				
Capacidad del camión (Tn)	16 Tn		nº camiones/viajes (por peso)	0,05	1
Capacidad del camión (palets)	20 palets		nº camiones/viajes (por palets)	0,57	1
Número de viajes	Distancia (Km)	Palets	Tn carga	Tkm/palet	Km/palet
1	139	11,41	0,75	9,17	12,18

Energía

Potencia grúa	24,1 kW
Tiempo de funcionamiento por palet *	0,2500 h/palet
	6,0250 Consumo eléctrico (kWh/palet)

* NOTA: Cada rollo se sube hasta el forjado correspondiente en un viaje distinto de grúa debido a la forma del mismo. Se ha considerado una duración de 5 minutos para cada ciclo.

RESUMEN INVENTARIO SOLUCIÓN CONSTRUCTIVA PAVIMENTO DE MÁRMOL

DESCR 1	RTO 2	UD	DESCR 2	RTO 3	UD	DESCR 3	TRANSPORTE VUELTA VACÍO	DISPOSICIÓN FINAL	RECICLADO (40%)	VERTEDERO (60%)
01 1m2 pavimento de marmol										
	0,0388403	palet/m2 p:	1 palet de marmol							
			1469	Kg/palet	1 palet - marmol			57,042 Kg/m2 pav	22,817 Kg/m2 pav	34,225 Kg/m2 pav
			6,025	kWh/palet	1 palet-desplazamiento en obra				20,380 Km	17,033 km
			0,13248	Kg/palet	1 palet- fleje de plástico				0,465 tkm/m2	0,583 tkm/m2
			349,48	Tkm/palet	1 palet-transporte suministrador a c	12,55	km/palet	vuelta vacío		
			0,2	palet/palet	1 palet vacio gres					
	9,2969E-05	palet/m2 p:	1 palet de sacos de rejuntado							
			960,00	Kg/palet	1 palet - portland			0,090 Kg/m2 pav	0,036 Kg/m2 pav	0,054 Kg/m2 pav
			211,20	l/palet	1palet - agua de amasado				20,380 Km	17,033 km
			6,24	Kg/palet	1 palet-embalaje sacos (papel)				0,001 tkm/m2	0,001 tkm/m2
			0,16192	Kg/palet	1palet- fleje de plástico					
			12,05	kWh/palet	1 palet - desplazamiento en obra			SUMA	0,466 tkm/m2	0,584 tkm/m2
			9,91	Tkm/palet	1palet - transporte suministrador a c	1,16	km/palet	vuelta vacío		
			3,657143	kWh/palet	1 palet-consumo batidora					
			0,2	palet/palet	1 palet vacío sacos de rejuntado					
02 1m2 material de agarre										
	0,0035	palets/m2 f	1 palet de sacos de cemento cola							
			1200	Kg/palet	1 palet-portland			4,222 Kg/m2 pav	1,689 Kg/m2 pav	2,533 Kg/m2 pav
			12,05	kWh/palet	1palet-desplazamiento en obra				20,380 Km	17,033 km
			12,31	Tkm/palet	1p transporte suministrador a obra	1,16	km/palet	vuelta vacío	0,034 tkm/m2	0,043 tkm/m2
			0,2	palet/palet	1palet vacio de sacos de cemento cola					
			264,00	l/palet	1 palet-agua de mezcla					
			22,85714	kWh/palet	1palet-consmumo batidora					
			6,24	Kg/palet	1 palet embalaje sacos (papel)					
			0,16192	Kg/palet	1 palet- film de plástico					
03 1m3 mortero de cemento preparado en central										
	0,0525	m3/m2 pav	1m3 mortero de cemento preparado							
			300	kg/m3	portland			93,975 Kg/m2 pav	37,590 Kg/m2 pav	56,385 Kg/m2 pav
			1490	kg/m3	arena				20,380 Km	17,033 km
			210	kg/m3	agua				0,766 tkm/m2	0,960 tkm/m2
			2	l/m3	1m3 mortero-limpieza maquina de bombeo					
			1,175214	kWh/m3	1m3 m bombeo en obra					
			20,00	Tkm/m3	1m3 m transporte	1,67	km/m3	vuelta vacío		
04 1m2 lamina anti-impacto										
	0,0015852	palets/m2 pav								
			40,5	Kg/palet	lámina			0,065 Kg/m2 pav	0,026 Kg/m2 pav	0,039 Kg/m2 pav
			6,025	kWh/palet	1 palet-desplazamiento en obra				20,380 Km	17,033 km
			9,17	Tkm/palet	1p- transporte suministrador a obra	12,18	Km/palet	vuelta vacío	0,0005 tkm/m2	0,0007 tkm/m2
			0,2809	Kg/palet	1p- embalaje de plástico					
			0,2208	Kg/palet	1p- fleje de plástico					
			0,2	palet/palet	1palet vacio					

8.2.3.3 Pavimento de gres

La solución constructiva de pavimento de gres está compuesta por las siguientes capas:

- Capa de acabado de gres porcelánico, tomado con cemento cola, de formato 0,45 x 0,45 m y espesor de 0,011 m.
- Mortero de cemento autonivelante para garantizar la planeidad de la superficie
- Lámina antiimpacto, para evitar la transmisión de ruidos por impacto

A continuación se detallan los datos recopilados de los materiales de cada una de las capas mencionadas.

8.2.3.3.1 Capa de acabado

BALDOSA CERÁMICA

La capa de acabado de la solución constructiva de pavimento cerámico está constituida por baldosa cerámica de gres porcelánico. Concretamente se trata del modelo *Bali* de la empresa *ITT Ceramic*, de formato 45 x 45 cm. En la **Figura 25** se pueden observar las especificaciones del fabricante.



Figura 25: Datos fabricante baldosa gres Bali (ITT Ceramic)

A partir de estos datos se han realizado los cálculos que se detallan a continuación, introduciendo los valores sombreados en la herramienta Sima Pro.

BALDOSA CERÁMICA SERIE BALI FORMATO 45 x 45 (ITT CERAMIC)

Formato

	Lado (m)	Lado (m)	Alto (m)	Área
Juntas	0,45	0,45	0,011	0,2025 m ²
Formato con juntas	0,45075	0,45075		0,2032 m ²

Características del suministro

Piezas por caja	5 Ud	4,9219 Rendimiento real (Ud/m ²)
Peso por pieza	4,26 Kg	5,1679 Rendimiento con pérdidas (Ud/m ²)
Peso por caja (inc. emb.)	21,4934 Kg	22,0154 Rendimiento con pérdidas (Kg/m ²)
Cajas por palet	72 Ud	1,0336 Rendimiento con pérdidas (Cajas/m ²)
Peso cerámica por palet	1533,6 Kg	69,6602 Rendimiento con pérdidas (m ² /palet)
Peso Euro palet Vacío	25 Kg	
Peso Euro palet Completo	1572,6868 Kg	0,01436 Rendimiento con pérdidas (Palets/m²)

Embalaje de cartón

	Lado	Lado	Alto	Área
Superficie paquete	0,45	0,45	0,05775	0,50895
Grosor	0,0045			
Peso (Kg/m ²)	0,38			
Entre 160 y 600 g/m ²				0,193401 Rendimiento (Kg/caja)
				13,9249 Rendimiento (Kg/palet)

Film para paletizar (polietileno de baja densidad 20 micras)

	Base	Altura	Cantidad	Área
Superficie a embalar 1	1,2	1,1	2	2,64 m ²
Superficie a embalar 2	0,8	1,1	2	1,76 m ²
		S. Total (2 vueltas film)		8,80 m ²
Peso (Kg/m ³)	920			
Peso (Kg/m ²) - 20µm	0,0184			
				0,1619 Rendimiento (Kg/palet)

Transporte

m ² pavimento obra	2400 m ²					
Ubicación obra	Castellón de la Plana					
Ubicación fábrica	San Juan de Moró					
nº palets necesarios toda obra	34,45 palets					
Peso total a transportar (Tn)	54,18 Tn					
Capacidad del camión (Tn)	28 Tn		nº camiones/viajes (por peso)	1,94	2	
Capacidad del camión (palets)	38 palets		nº camiones/viajes (por palets)	0,91	1	
Número de viajes	Distancia (Km)	Palets	Tn carga	Tkm/palet	Tkm/m ²	Km/palet
2	15	34,45	54,18	23,59	0,34	0,87

Energía

Potencia grúa	24,1 kW
Tiempo de funcionamiento por palet *	0,2500 h/palet
	6,0250 Consumo eléctrico (kWh/palet)
	0,0865 Consumo eléctrico (kWh/m²)

* NOTA: Cada palet se sube hasta el forjado correspondiente en tres viajes distintos de grúa por limitaciones de carga máxima a soportar por el forjado. Se ha considerado una duración de 5 minutos para cada ciclo.

REJUNTADO DE LAS BALDOSAS CERÁMICAS

Para el rejuntado de las baldosas cerámicas anteriormente descritas, se ha empleado el rejuntado *Morcemcolor junta universal CG2 Ar W* del *Grupo Puma*. Se ha considerado un espesor de junta de 1,5 mm.

DATOS TÉCNICOS

(Resultados estadísticos obtenidos en condiciones estándar)

Aspecto	Blanco y gama de colores
Densidad aparente del polvo	1,7 ± 0,2 g/cm ³
Resistencia a flexión después de 28 días	> 2,5 N/mm ² (EN 12808-3)
Resistencia a compresión después de 28 días	> 15 N/mm ² (EN 12808-3)
Abrasión	< 1000 mm ³ (EN 12808-2)
Absorción de agua después de 30 min.	< 2 g (EN 12808-5)
Absorción de agua después de 240 min.	< 5 g (EN 12808-5)
Clasificación según UNE-EN 13888	CG2 A W
Rendimiento aproximado	Ver tabla

CONSUMO SEGÚN DIMENSIONES (KG/M²)

Valores válidos para piezas de 6 mm de grosor

FORMATO BALDOSA		ANCHURA DE JUNTA				
		2 mm	5 mm	8 mm	10 mm	15 mm
15 x 15 cm	0,27	0,68	1,09	1,36	2,04	
15 x 20 cm	0,24	0,60	0,95	1,19	1,79	
20 x 20 cm	0,20	0,51	0,82	1,02	1,63	
25 x 33 cm	0,14	0,36	0,57	0,72	1,08	
30 x 40 cm	0,12	0,30	0,48	0,60	0,89	
40 x 60 cm	0,09	0,21	0,34	0,43	0,64	
45 x 80 cm	0,07	0,18	0,28	0,35	0,53	

$$((A+B)/A \times B) \times C \times D \times 0,17 = \text{Kg/m}^2$$

Donde:
 A = ancho de la baldosa (cm)
 B = largo de la baldosa (cm)
 C = grosor de la baldosa (mm)
 D = anchura de la junta (mm)

Figura 25: Datos fabricante rejuntado *Morcemcolor junta universal CG2 Ar W* (*Grupo Puma*)

A partir de dichos datos facilitados por el fabricante se han realizado los cálculos que se detallan a continuación, introduciendo los valores sombreados en la herramienta Sima Pro.

REJUNTADO MORCEMCOLOR JUNTA UNIVERSAL CG2 Ar W (GRUPOPUMA)

Características del suministro		
		Rendimiento 0,1247 Kg/m²
		$((A+B)/(A*B))*C*D*0,17$ A=Largo de la pieza (cm) B= Ancho de la pieza (cm) C=Grosor de la pieza (mm) D= Anchura de la junta (mm)
Kg por saco	20,00 Kg	
Peso por saco (inc. emb.)	20,13 Kg	
Sacos por palet	48,00 Ud	
Kg por palet	960,00 Kg	
Peso Euro palet vacío	25,00 Kg	0,1309 Rendimiento con pérdidas (Kg/m ²)
Peso Euro palet completo	991,40 Kg	0,0065 Rendimiento con pérdidas (sacos/m ²)
		0,00014 Rto con pérdidas (Palets/m²)

Agua		
		0,0288 Rendimiento con pérdidas (l/m ²)
	0,0274 l/m ²	211,20 Rendimiento cn pérdidas (l/palet)

Embalaje de papel		
Peso por saco	0,1300 Kg	
Peso por Kg de material	0,0065 Kg	6,24 Rendimiento (Kg/palet)

Film para paletizar (polietileno de baja densidad 20 micras)					
	Base	Altura	Cantidad	Área	
Superficie a embalar 1	0,8000	1,1	2	1,76 m ²	
Superficie a embalar 2	1,2000	1,1	2	2,64 m ²	
Vueltas de film			2		
	S. Total (2 vueltas film)			8,8 m ²	
Peso (Kg/m ³)	920,0000				
Peso (Kg/m ²) - 20µm	0,0184				0,1619 Rendimiento (Kg/palet)

Transporte						
m ² pavimento obra	2400 m ²					
Ubicación obra	Castellón de la Plana					
Ubicación fábrica	Castellón de la Plana					
nº palets necesarios toda obra	0,33 palets					
Peso total a transportar (Tn)	0,32 Tn					
Capacidad del camión (Tn)	16 Tn		nº camiones/viajes (por peso)	0,020	1	
Capacidad del camión (palets)	20 palets		nº camiones/viajes (por palets)	0,016	1	
Número de viajes	Distancia (Km)	Palets	Tn carga	Tkm/palet	Tkm/m ²	Km/palet *
1	10	0,33	0,32	9,91	0,00	1,15

* El transporte del adhesivo y del rejuntado se realizarán conjuntamente, ya que el fabricante es el mismo.

Energía		
BATIDORA		
Potencia batidora	1,2 kW	
Tiempo preparación 1m ² de rejuntado *	0,0004 h	
	0,0005 Consumo eléctrico (kWh/m ² de rejuntado)	
		3,6571 Consumo eléctrico (kWh/palet)
* Se ha considerado un tiempo de 5 minutos para la preparación de 5 Kg de rejuntado.		
GRÚA		
Potencia grúa	24,1 kW	
Tiempo de funcionamiento por palet *	0,25 h	
Elevación grúa		12,05 Consumo eléctrico (kWh/palet)
* NOTA: Cada palet se sube hasta el forjado correspondiente en tres viajes distintos de grúa por limitaciones de carga máxima a soportar por el forjado. Se ha considerado una duración de 5 minutos para cada ciclo.		

CRUCETAS SEPARADORAS

Para garantizar el espesor de las juntas entre distintas piezas de gres es necesaria la utilización de crucetas separadoras de PVC. Además, la planeidad de algunas de las piezas puede ser irregular, por lo que también se necesitarán cuñas niveladoras de PVC para poder salvar dichas imperfecciones y conseguir un acabado perfectamente nivelado.

CRUCETAS DE PVC Y CUÑAS NIVELADORAS

Características del suministro

Crucetas de PVC inyectado con un peso de 5 gramos	
Piezas por bolsa	300 Ud/bolsa
Piezas por caja	3600 Ud/caja
Bolsas por caja	12
Kg por unidad	0,005 Kg/Ud
Peso por caja	18 Kg/caja
Peso caja completo (incluido embalaje)	18,66 Kg/caja

Rendimientos por m² de pavimento

Rendimiento real (Ud/m ²)	4,9383
Rendimiento con pérdidas (Ud/m²)	5,1852
Rendimiento con pérdidas (bolsas/m ²)	0,0173
Rendimiento con pérdidas (cajas/m²)	0,0014
Rendimiento con pérdidas (Kg/m ²)	0,0259

Embalaje de cartón (cajas)

	Lado	Lado	Alto	Área
Superficie paquete	0,4	0,4	0,4	0,96
Grosor	0,0045			
Peso cartón (Kg/m ²)	0,38			
Entre 160 y 600 g/m ²				
Peso cartón por caja	0,3648 kg/caja			

Embalaje de polietileno (bolsas)

Peso polietileno por bolsa	0,025 Kg/bolsa
Peso polietileno por caja	0,300 Kg/caja

Transporte

m ² pavimento obra	2400 m ²				
Ubicación obra	Castellón de la Plana				
Ubicación fábrica	Vall d'Alba				
nº cajas necesarias toda obra	3,46 cajas				
Peso total a transportar (Tn)	0,065 Tn				
Capacidad de la furgoneta (Tn)	3,5 Tn		nº furgonetas/viajes (por peso)	0,018	
Número de viajes	Distancia (Km)	Cajas	Tn carga	Tkm/caja	Km/caja
1	30	3,46	0,06	0,56	8,68

8.2.3.3.2 Capa de material de agarre

ADHESIVO DE CEMENTO COLA

Las baldosas cerámicas se fijarán con adhesivo de cemento cola. En este caso se ha seleccionado el adhesivo cementoso *Pegoland dos porcelánico C2* del *Grupo Puma*, cuyas características técnicas se especifican en la **Figura 27**.

DATOS TÉCNICOS

(Resultados estadísticos obtenidos en condiciones estándar)

Aspecto	Polvo BLANCO o GRIS
Densidad aparente del polvo	1,5 ± 0,2 g/cm ³
Densidad producto amasado	1,7 ± 0,2 g/cm ³
Tiempo de ajustabilidad	Aprox. 30 min. (según condiciones ambientales)
Tiempo de vida de la pasta	Aprox. 2 h. (según condiciones ambientales)
Adherencia inicial	> 1 N/mm ²
Adherencia después de inmersión en agua	> 1 N/mm ²
Adherencia después de envejecimiento con calor	> 1 N/mm ²
Adherencia después de ciclos hielo/deshielo	> 1 N/mm ²
Clasificación según UNE EN 12004:2008	C2
Rendimiento aproximado	4 Kg/m ²

Figura 27: Datos fabricante adhesivo cementoso *Pegoland dos porcelánico C2* (Grupo Puma)

A partir de estos datos, se detallan a continuación los cálculos realizados, introduciendo los valores sombreados en la herramienta Sima Pro.

ADHESIVO PEGOLAND DOS PORCELÁNICO C2 (GRUPOPUMA)

Características del suministro

		Rendimiento
		4 Kg/m²
Kg por saco	25 Kg	
Peso por saco (inc. emb.)	25,13 Kg	4,2 Rendimiento con pérdidas (Kg/m ²)
Sacos por palet	48 Ud	0,168 Rendimiento con pérdidas (sacos/m ²)
Kg por palet	1200 Kg	
Peso Euro palet Vacío	25 Kg	0,0035 Rendimiento con pérdidas (Palets/m²)
Peso Euro palet Completo	1231,40 Kg	

Agua

	0,88 l/m ²	0,924 Rendimiento con pérdidas (l/m ²)
		264,00 Rendimiento con pérdidas (l/palet)

Embalaje de papel

Peso	0,13 Kg	
Peso por Kg de material	0,0052 Kg	6,24 Rendimiento (Kg/palet)

Film para paletizar (polietileno de baja densidad 20 micras)

	Base	Altura	Cantidad	Área
Superficie a embalar 1	0,8	1,1	2	1,76 m ²
Superficie a embalar 2	1,2	1,1	2	2,64 m ²
	S. Total (2 vueltas film)			8,8 m ²
Peso (Kg/m ³)	920			
Peso (Kg/m ²) - 20µm	0,0184			0,1619 Rendimiento (Kg/palet)

Transporte

m ² pavimento obra	2400 m ²			
Ubicación obra	Castellón de la Plana			
Ubicación fábrica	Castellón de la Plana			
nº palets necesarios toda obra	8,40 palets			
Peso total a transportar (Tn)	10,34 Tn			
Capacidad del camión (Tn)	16 Tn	nº camiones/viajes (por peso)	0,65	1
Capacidad del camión (palets)	20 palets	nº camiones/viajes (por palets)	0,42	1

Número de viajes	Distancia (Km)	Palets	Tn carga	Tkm/palet	Tkm/m ²	Km/palet *
1	10	8,40	10,34	12,31	0,04	1,15

* El transporte del adhesivo y del rejuntado se realizarán conjuntamente, ya que el fabricante es el mismo.

Energía

BATIDORA

Potencia batidora	1,2 kW
Tiempo preparación 1m ² de adhesivo *	0,067 h
	0,1 Consumo eléctrico (kWh/m ² de adhesivo)
	22,8571 Consumo eléctrico (kWh/palet)

* Se ha considerado un tiempo de 5 minutos para la preparación de 5 Kg de adhesivo.

GRÚA

Potencia grúa	24,1 kW
Tiempo de funcionamiento por palet *	0,25 h
Elevación grúa	12,0500 Consumo eléctrico (kWh/palet)

* NOTA: Cada palet se sube hasta el forjado correspondiente en tres viajes distintos de grúa por limitaciones de carga máxima a soportar por el forjado. Se ha considerado una duración de 5 minutos para cada ciclo.

8.2.3.3.3 Capa de nivelación

MORTERO DE CEMENTO FABRICADO EN CENTRAL

La capa de nivelación, de 5 cm de espesor, estará formada por un mortero de cemento autonivelante fabricado en central. Se ha seleccionado la empresa Origen, con central en Castellón de la Plana. La relación agua – cemento del mortero es de 0,7, según se observa en la **Figura 28** en la que se adjuntan las características técnicas del material.

CARACTERISTICAS TECNICAS

Tamaño máximo del árido	4 mm
Relación agua /cemento	0,7
Contenido de cemento Kg /m3	300
Densidad en fresco	Entre 1.950 y 2.050 Kg/m3
Escurrimiento	240-300 mm

Figura 28: Datos técnicos mortero de cemento autonivelante (Origen: Central de Castellón de la Plana)

Para el transporte hasta obra de dicho mortero se empleará un camión hormigonera de 12 t de capacidad en carga y 6 m³ en volumen. Para la impulsión del mortero autonivelante hasta las distintas plantas, se empleará una bomba modelo **TRANSMAT 330 E EBP** de **TURBOSOL**, con las especificaciones técnicas que se detallan en la **Figura 29**.

DATOS TÉCNICOS	E	EB	EBP
Motor eléctrico	5,5 kW - 400 V	5,5 kW - 400 V	5,5 kW - 400 V
Compresor: rendimiento aire a 6 bar	2.400 - 5.000 l/min	2.400 - 5.000 l/min	2.400 - 5.000 l/min
Capacidad depósito	330 l	330 l	330 l
Rendimiento por ciclo	250 ÷ 270 l	250 ÷ 270 l	250 ÷ 270 l
Ciclos por hora*2	11 ÷ 14	15 ÷ 17	17 ÷ 19
Altura de bombeo*2	80 m (con compresor 3.500 l/min)		
Distancia de bombeo*2	120 m (con compresor 3.500 l/min)		
Capacidad skip de carga	---	330 l	330 l
Scraper	no	no	sí
Dimensiones (LxPxH)	192 x 135 x 145 cm	290* x 135 x 219*1 cm	290* x 135 x 219*1 cm
Peso	700 kg	925 kg	975 kg

* Con skip bajado.
 *1 Con skip alzado.
 *2 Estos datos pueden variar en función de la viscosidad, la calidad y composición de la mezcla, el desgaste de la bomba, diámetro y longitud de la tubería. El rendimiento de bombeo en distancia y altura, no se pueden alcanzar al mismo tiempo.

Figura 29: Características técnicas bomba Transmat 330 E EBP (Turbosol)

A continuación se detallan los cálculos realizados con los datos facilitados por los fabricantes. Los valores que aparecen sombreados son los que se han introducido en la herramienta Sima Pro.

MORTERO DE CEMENTO FABRICADO EN CENTRAL

Características

Espesor de colocación	0,05 m	100 Rendimiento real mortero(Kg/m ²)
Densidad mortero	2000 Kg/m ³	105 Rendimiento con pérdidas (Kg/m ²)
Relación a/c	0,7	0,05 Rendimiento sin pérdidas (m ³ /m ²)
Contenido de cemento	300 Kg/m ³	0,0525 Rendimiento con pérdidas (m ³ /m ²)
Contenido de agua	210 Kg/m ³	
Contenido de arena	1490 Kg/m ³	

Transporte

m ² pavimento obra	2400 m ²					
Ubicación obra	Castellón de la Plana					
Ubicación fábrica	Castellón de la Plana					
m ³ necesarios toda obra	126,00 m ³					
Peso total a transportar (Tn)	252,00 Tn					
Capacidad del camión (Tn)	12 Tn	nº camiones/viajes (peso)	21,00	21		
Capacidad del camión (m ³)	6 m ³	nº camiones/viajes (por m³)	21,00	21		
Número de viajes	Distancia (Km)	m ³	Tn carga	Tkm/m ³	Tkm/m ²	Km/m ³
21	10	126,00	252,00	20,00	1,05	1,67

Energía

Potencia bomba	5,5	kW
Rendimiento por ciclo	260	l/ciclo
Ciclos por hora	18	ciclos/h
Capacidad de bombeo	4680	l/h
Capacidad de bombeo	4,6800	m ³ /h
Tiempo de funcionamiento (por m ³)	0,2137	h/m ³
Consumo energético (por m³)	1,1752	kWh/m³

* Bomba TRANSMAT 330 E EBP (TURBOSOL)

Agua (limpieza máquina bombeo)

Agua para limpieza	0,1 l/m ²
Agua para limpieza	2 l/m³

* Se ha considerado que la máquina de bombeo se limpia al finalizar el bombeo del mortero de cada planta, utilizando 40 litros en cada proceso de limpieza.

* El edificio considerado es de 400 m² por planta y 6 plantas.

8.2.3.3.4 Capa de protección frente al ruido

LÁMINA ANTIIMPACTO

Para proteger frente al ruido de impacto se colocará una lámina antiimpacto de 3 mm de espesor. Se ha seleccionado el modelo *ChovAIMPACT 3* del fabricante *Chova*, cuyas características técnicas se especifican en la **Figura 30**. El fabricante recomienda solapes de 10 cm entre distintas bandas.

ChovAIMPACT®

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

	ChovAIMPACT® 3	ChovAIMPACT® 5
ESPESOR (mm)	3	5
DENSIDAD (kg/m ³)	20	20
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (kPa)	6,92	7,81
ABSORCIÓN DE AGUA (kg/m ³)	0,0025	0,0057
CONDUCTIVIDAD TÉRMICA (W/m·K)	0,043	0,043
AISLAMIENTO ACÚSTICO (dB)	$\Delta L_w = 16^*$	$\Delta L_w = 20^{**}$
RIGIDEZ DINÁMICA (MN/m ³)	27	32
DIMENSIONES (m)	150 x 1,5	100 x 1,5
m ² / ROLLO	225	150
ALMACENAMIENTO: El material debe resguardarse de la intemperie, de la luz solar y almacenarse en posición vertical.		

* Ensayo APPLUS 3.008.796

** Ensayo APPLUS 3.008.797. Consultar ficha de sistema S03.

Figura 30: Datos fabricante lámina antiimpactos ChovAIMPACT 3 (Chova)

A partir de dichos datos facilitados por el fabricante se han realizado los cálculos que se detallan a continuación, introduciendo los valores sombreados en la herramienta Sima Pro.

LÁMINA ANTI-IMPACTOS ChovAIMPACT 3

Características del suministro

Dimensiones del rollo	1,5 x 150 x 0,60 (∅)	m
Ancho		1,5 m
Largo		150 m
Espesor		0,003 m
Diámetro (enrollado)		0,60 m
Densidad del material		20,00 Kg/m ³
Peso por rollo		13,5 Kg/rollo
Peso por rollo (inc. emb.)		13,59 Kg/rollo
Rollos por palet		3 rollos/palet
Peso por palet		40,5 Kg/palet
Peso Euro palet Vacío		25 Kg/palet
Peso Euro palet Completo		66,00 Kg/palet

Rendimientos

Rendimiento	225 m ² lámina/rollo
Rendimiento con pérdidas	1,07 m ² lámina/m ² pavimento
*Se ha considerado un solape de 10 cm	
Rendimiento con pérdidas	0,0048 rollos/m ² pavimento
Rendimiento con pérdidas	0,0016 palets/m² pavimento

Embalaje de plástico (polietileno de baja densidad 30 micras)

Superficie del embalaje	3,3929 m ²
Peso (Kg/m ³)	920 Kg/m ³
Peso (Kg/m ²) - 30µm	0,0276 Kg/m ²
Peso por rollo	0,0936 Kg/rollo
	0,2809 Rendimiento (Kg/palet)

Film para paletizar (polietileno de baja densidad 20 micras)

	Base	Altura	Cantidad	Área	
Superficie a embalar 1		1,2	1,5	2	3,6
Superficie a embalar 2		0,8	1,5	2	2,4
			S. Total (2 vueltas film)		12
Peso (Kg/m ³)		920			
Peso (Kg/m ²) - 20µm		0,0184			
					0,2208 Rendimiento (Kg/palet)

Transporte

m ² pavimento obra	2400 m ²				
Ubicación obra	Castellón de la Plana				
Ubicación fábrica	Tavernes de Valldigna				
nº palets necesarios toda obra	11,41 palets				
Peso total a transportar (Tn)	0,75 Tn				
Capacidad del camión (Tn)	16 Tn		nº camiones/viajes (por peso)	0,05	1
Capacidad del camión (palets)	20 palets		nº camiones/viajes (por palets)	0,57	1
Número de viajes	Distancia (Km)	Palets	Tn carga	Tkm/palet	Km/palet
1	139	11,41	0,75	9,17	12,18

Energía

Potencia grúa	24,1 kW
Tiempo de funcionamiento por palet *	0,2500 h/palet
	6,0250 Consumo eléctrico (kWh/palet)

* NOTA: Cada rollo se sube hasta el forjado correspondiente en un viaje distinto de grúa debido a la forma del mismo. Se ha considerado una duración de 5 minutos para cada ciclo.

RESUMEN INVENTARIO SOLUCIÓN CONSTRUCTIVA PAVIMENTO DE GRES

DESCR	RTO 2	UD	DESCR 2	RTO 3	UD	DESCR 3	TRANSPORTE VUELTA VACÍO	DISPOSICIÓN FINAL	RECICLADO (40%)	VERTEDERO (60%)
01 1m2 pavimento de gres										
	0,014355	palet/m2 p:	1 palet de gres						20,38 km	17,03 km
				1533,6	Kg/palet	1 palet - cerámica		22,218 kg/m2 pav	0,181118 tkm/m2	0,227065 tkm/m2
				6,025	kWh/palet	1 palet-desplazamiento en obra				
				0,16192	Kg/palet	1 palet- fleje de plástico				
				13,92487	Kg/palet	1 palet - cartón embalaje				
				23,59	Tkm/palet	1 palet-transporte suministrador a	0,87 km/palet	1 palet-transporte vuelta sum a obra		
				0,2	palet/palet	1 palet vacio gres				
	0,00144	cajas/m2 p:	1 caja crucetas						20,38 km	17,03 km
				18	Kg/caja	1 cc - pvc		0,027 kg/m2 pav	0,000219 tkm/m2	0,000275 tkm/m2
				0,3	Kg/caja	1cc embalaje plastico				
				0,3648	Kg/caja	1cc embalaje carton				
				0,56	Tkm/caja	1cc transporte	8,68 km/caja	1cc transporte vuelta vacio		
	0,000136	palet/m2 p:	1 palet de sacos de rejuntado						20,38 km	17,03 km
				960,00	Kg/palet	1 palet - portland		0,132 kg/m2 pav	0,001074 tkm/m2	0,001347 tkm/m2
				211,20	l/palet	1palet - agua de amasado				
				6,24	Kg/palet	1 palet-embalaje sacos (papel)				
				0,16192	Kg/palet	1palet- fleje de plástico				
				12,05	kWh/palet	1 palet - desplazamiento en obra				
				9,91	Tkm/palet	1palet - transporte suministrador a	1,15 km/palet	vuelta vacio	20,38 km	17,03 km
				3,657143	kWh/palet	1 palet-consumo batidora		22,376 kg/m2 pav	0,1824 tkm/m2	0,228686 tkm/m2
				0,2	palet/palet	1 palet vacío sacos de rejuntado				
02 1m2 material de agarre										
	0,0035	palets/m2 p:	1 palet de sacos de cemento cola						20,38 km	17,03 km
				1200	Kg/palet	1 palet-portland				
				12,05	kWh/palet	1palet-desplazamiento en obra			20,38 km	17,03 km
				12,31	Tkm/palet	1p transporte suministrador a obra	1,15 km/palet	vuelta vacio	0,0344 tkm/m2	0,043153 tkm/m2
				0,2	palet/palet	1palet vacio de sacos de cemento cola				
				264,00	l/palet	1 palet-agua de mezcla				
				22,85714	kWh/palet	1palet-consumo batidora				
				6,24	Kg/palet	1 palet embalaje sacos (papel)				
				0,16192	Kg/palet	1 palet- film de plástico				
03 1m3 mortero de cemento preparado en central										
	0,0525	m3/m2 pav	1m3 mortero de cemento preparado						20,38 km	17,03 km
				300	kg/m3	portland		105 kg/m2 pav	0,8560 tkm/m2	1,0731 tkm/m2
				1490	kg/m3	arena				
				210	kg/m3	agua				
				2	l/m3	1m3 mortero-limpieza maquina de bombeo				
				1,175214	kWh/m3	1m3 m bombeo en obra				
				20,00	Tkm/m3	1m3 m transporte	1,67 km/m3	vuelta vacio		
04 1m2 lamina anti-impacto										
	0,001585	palets/m2 pav							20,38 km	17,03 km
				40,5	Kg/palet	lámina		0,065 kg/m2 pav	0,00053 tkm/m2	0,000664 tkm/m2
				6,025	kWh/palet	1 palet-desplazamiento en obra				
				9,17	Tkm/palet	1p- transporte suministrador a obr:	12,18 Km/palet	vuelta vacio		
				0,280934	Kg/palet	1p- embalaje de plástico				
				0,2208	Kg/palet	1p- fleje de plástico				
				0,2	palet/palet	1p vacio-transporte devolucion				

8.3 Evaluación del impacto del ciclo de vida (EICV)

8.3.1 Generalidades de la EICV

La fase de la evaluación de impacto de ciclo de vida debe estar coordinada con otras fases del ACV como son los escenarios de disposición final y el inventario de ciclo de vida.

En este apartado se asocia el inventario de ciclo de vida con las diferentes categorías de impacto consideradas en cada metodología de EICV. Según se ha especificado anteriormente, cada metodología contempla unas categorías de impacto diferentes, por lo que las soluciones constructivas se compararán con las tres metodologías de EICV definidas en el apartado 8.1.3. *Metodología de la EICV y tipos de impacto*, para que los resultados del estudio sean más objetivos.

8.3.2 Elementos obligatorios de la EICV

8.3.2.1 Generalidades

La fase de la EICV debe incluir los siguientes elementos obligatorios:

- ✓ Selección de categorías de impacto, indicadores de categoría y modelos de caracterización.
- ✓ Asignación de resultados del ICV a las categorías de impacto seleccionadas.
- ✓ Cálculo de los resultados de indicadores de categoría.

8.3.2.2 Selección de categorías de impacto, indicadores de categoría y modelos de caracterización

Deben proporcionarse los nombres exactos y descriptivos para las categorías de impacto y los indicadores de categoría.

En este estudio en concreto, los indicadores de categoría y las categorías de impacto producidas por cada elemento del ICV son extraídos de bases de datos aceptadas por la comunidad científica, según se ha especificado en el apartado 8.1.3. *Metodología de la EICV y tipos de impacto*, por lo que no se vuelven a mostrar aquí dichos datos.

8.3.2.3 Asignación de los resultados del ICV a las categorías de impacto seleccionadas

Respecto a la asignación de los resultados del ICV a las categorías de impacto se deberían tener las siguientes consideraciones:

- ✓ Asignación de los resultados del ICV exclusivos a una categoría de impacto.
- ✓ Identificación de los resultados del ICV que se refieren a más de una categoría de impacto.

No se explica en detalle la asignación de resultados debido a que cada metodología de EICV asigna los resultados de una forma determinada.

La asignación se considera correcta porque se utilizan metodologías aceptadas por la comunidad científica.

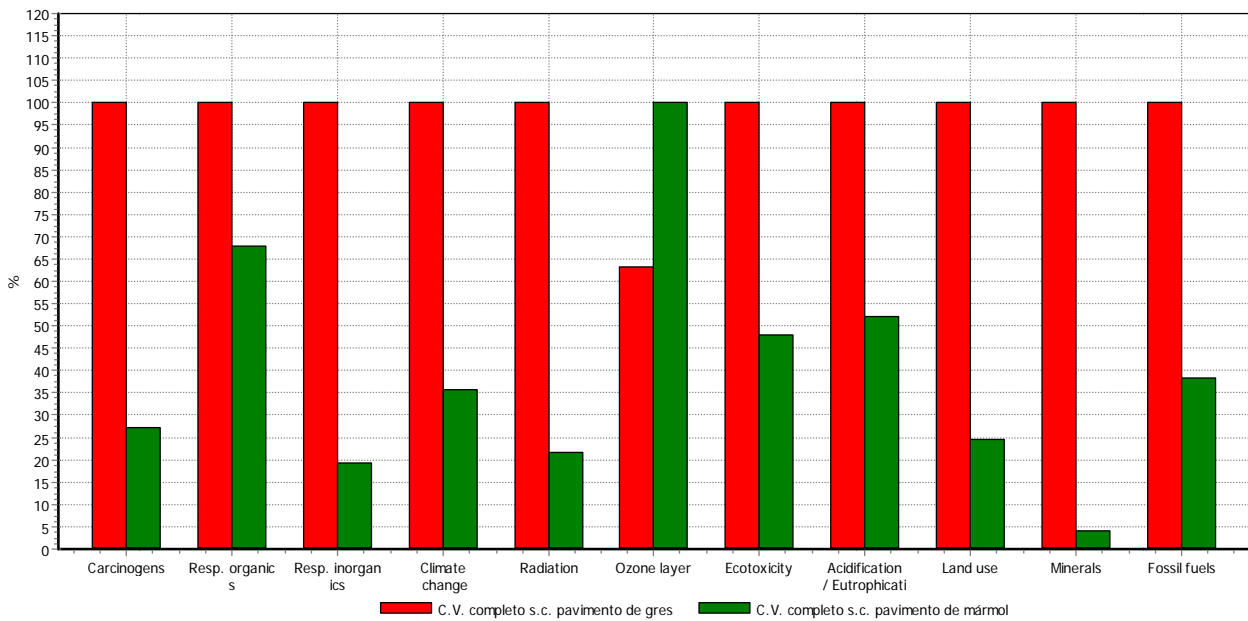
8.3.2.4 Cálculo de los resultados del indicador de categoría

8.3.2.4.1 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. Esta conversión utiliza los factores de caracterización. La salida del cálculo es el resultado numérico de un indicador, variando dicho indicador según la metodología empleada.

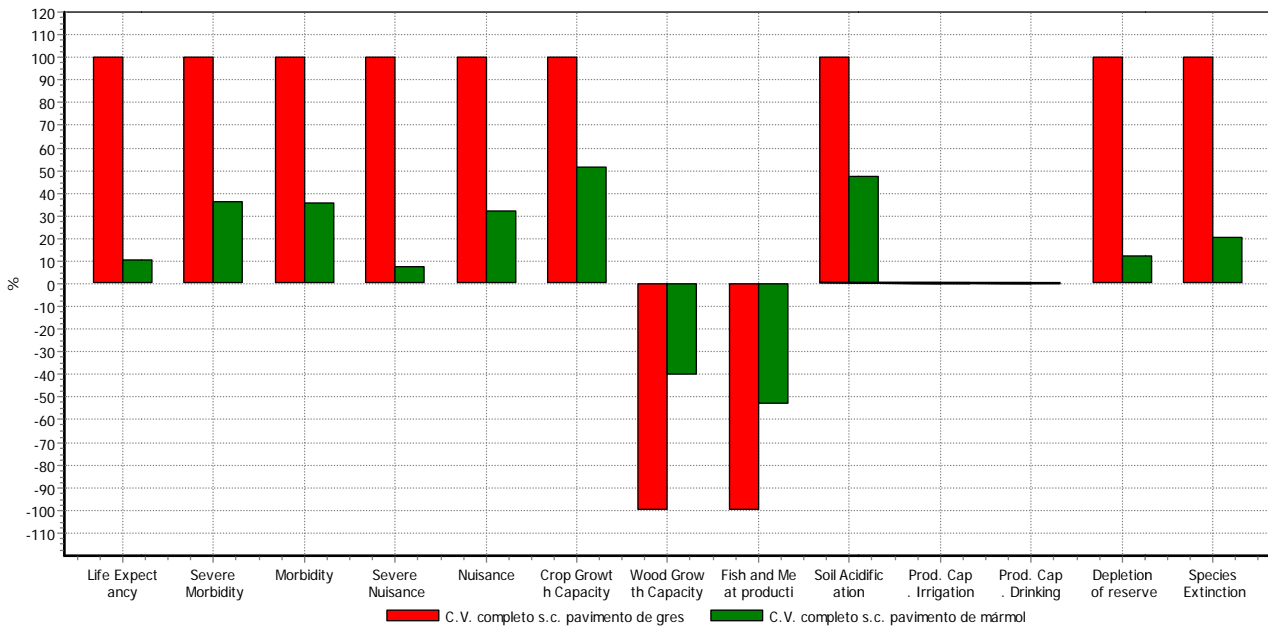
Se presentan a continuación los resultados de la caracterización para cada una de las metodologías empleadas. Dichos resultados se muestran en forma de gráfica comparativa, analizando conjuntamente la solución constructiva de pavimento de mármol y de gres.

ECO INDICADOR 99



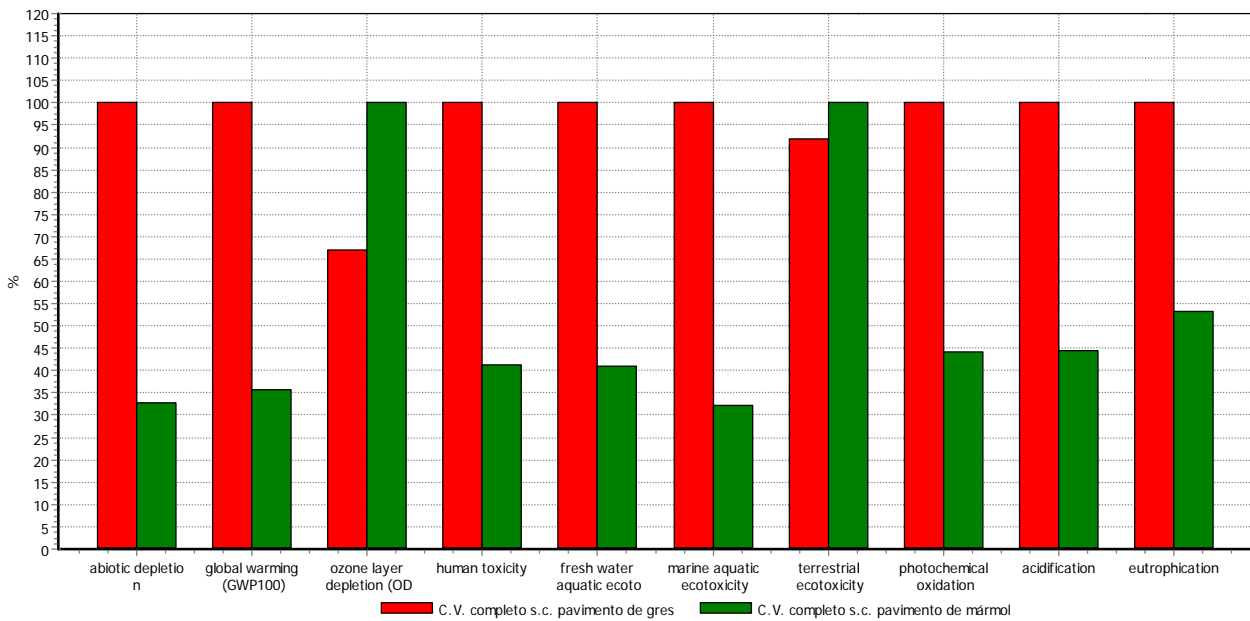
Comparando 1 p ciclo de vida 'C.V. completo s.c. pavimento de gres' con 1 p ciclo de vida 'C.V. completo s.c. pavimento de mármol'; Método: Eco-indicador 99 (H) V2.03 / Europe EI 99 H/H / Caracterización

EPS 2000



Comparando 1 p ciclo de vida 'C.V. completo s.c. pavimento de gres' con 1 p ciclo de vida 'C.V. completo s.c. pavimento de mármol'; Método: EPS 2000 V2.02 / EPS / Caracterización

CML2 BASELINE 2000



Comparando 1 p ciclo de vida 'C.V. completo s.c. pavimento de gres' con 1 p ciclo de vida 'C.V. completo s.c. pavimento de mármol'; Método: CML 2 baseline 2000 V2.03 / the Netherlands, 1997 / Caracterización

Se observa en los resultados obtenidos en la caracterización que, independientemente de la metodología utilizada, en términos generales la solución constructiva de pavimento de gres genera mayor impacto que la de pavimento de mármol, siendo bastante significativa la diferencia.

Únicamente en la categoría de destrucción de la capa de ozono (tanto si se utiliza la metodología *Eco-indicador 99* como *CML2 Baseline*) el impacto de la solución constructiva de

pavimento de mármol es mayor que la de gres. Esto se deba, probablemente, al tipo de combustible empleado para la extracción, fabricación y corte del mármol. Pues al ser realizadas la mayor parte de estas tareas en la propia cantera, se emplea mayor cantidad de combustible fósil como el gasoil, destructor de la capa de ozono. Por el contrario, para la producción del gres se utiliza, en casi todas las plantas, gas natural, no siendo este combustible tan perjudicial para la capa de ozono. Además hay que tener en consideración la repercusión del transporte del mármol desde la planta de extracción (ubicada en Pinoso, Alicante, a 234 km de la obra) frente a los 15 km de distancia de la planta de fabricación de baldosas de gres, sin olvidar las diferencias en la colocación y paletización del material, ocupando menor volumen la misma superficie de pavimento de gres que la de mármol (debido a la menor densidad del producto y espesor de las piezas).

También se observa, en la metodología *CML2 Baseline*, un mayor impacto del pavimento de mármol en la categoría de ecotoxicidad terrestre, siendo la diferencia respecto al impacto del pavimento de gres muy pequeña. Puede deberse esto a la contaminación de los suelos en el proceso de extracción del mármol. Al tenerse que extraer bloques sólidos de un tamaño considerable (y no arcilla suelta como sucede en el caso del gres) se emplean sustancias más contaminantes.

8.3.3 Elementos opcionales de la EICV

8.3.3.1 Generalidades

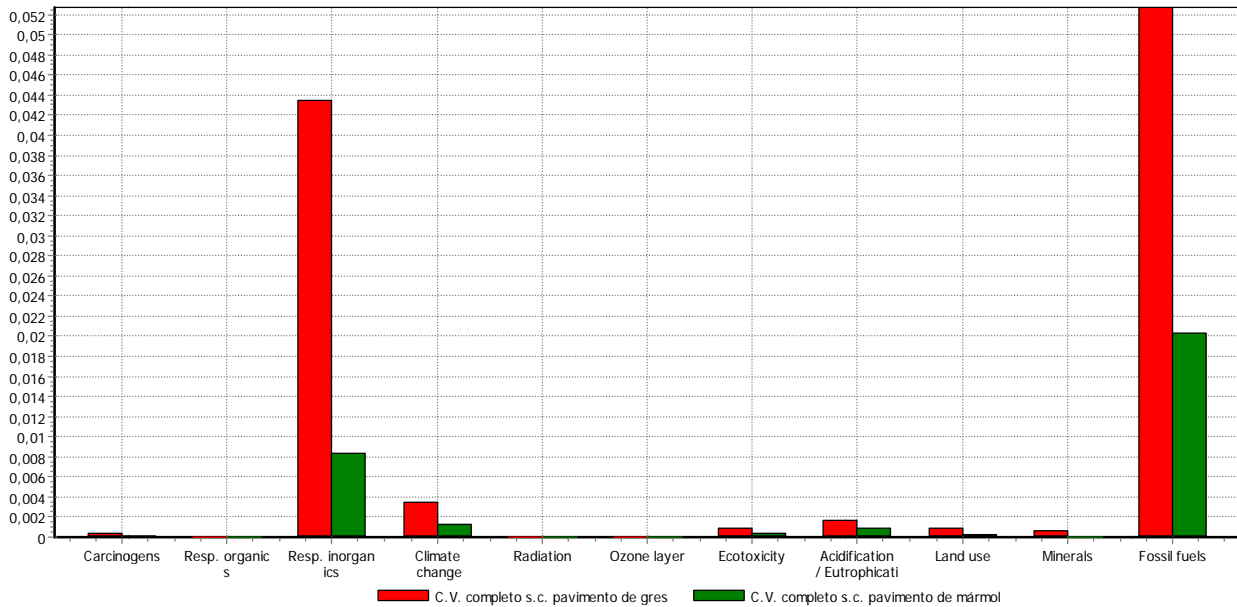
Además de los elementos obligatorios de la EICV, pueden mostrarse elementos e información opcionales como son la normalización, agrupación, ponderación y el análisis adicional de la calidad de los datos.

8.3.3.1.1 Normalización

La 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.

Se muestran, a continuación, las gráficas y tablas de resultados obtenidos en la normalización según la metodología de cálculo utilizada.

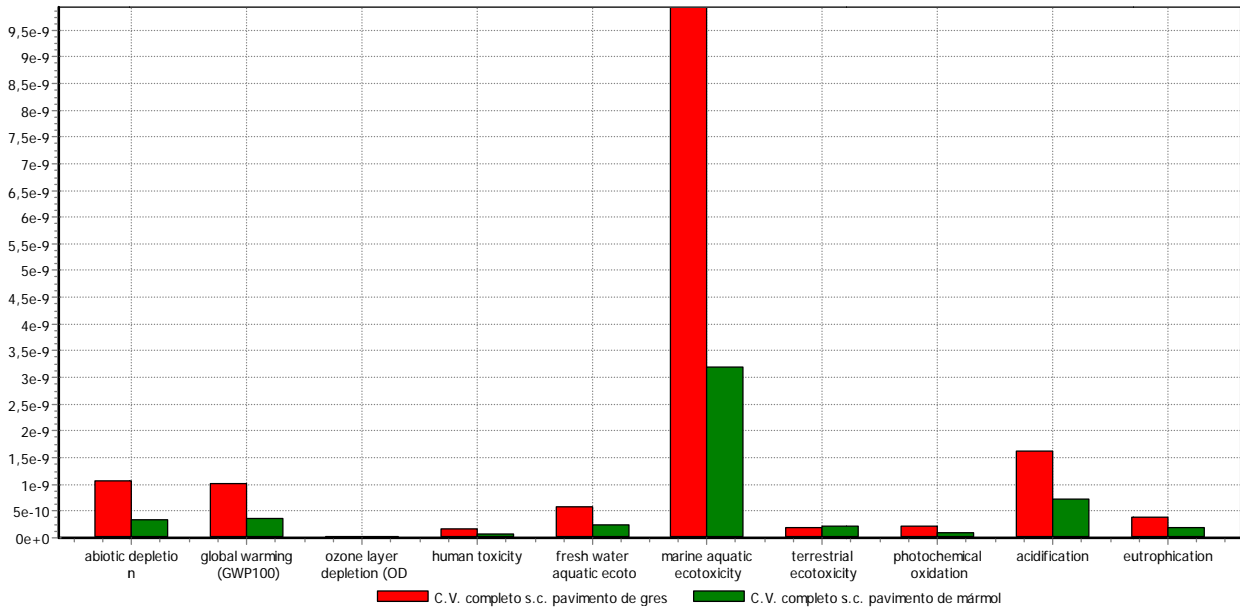
ECO INDICADOR 99



Comparando 1 p ciclo de vida 'C.V. completo s.c. pavimento de gres' con 1 p ciclo de vida 'C.V. completo s.c. pavimento de mármol'; Método: Eco-indicator 99 (H) V2.03 / Europe EI 99 H/H / normalización

Categoría de impacto	Unidad	Pavimento de gres	Pavimento de mármol
Efectos cancerígenos	-	0,00043218877	0,00011778337
Efectos respiratorios orgánicos	-	2,1665999E-5	1,4723551E-5
Efectos respiratorios inorgánicos	-	0,04351437	0,0084004779
Cambio climático	-	0,0034855924	0,0012420045
Radiación ionizante	-	1,4338153E-5	3,1146955E-6
Disminución de la capa de ozono	-	1,5469649E-6	2,44901E-6
Ecotoxicidad	-	0,00085712927	0,00041202954
Acidificación / Eutrofización	-	0,0016131056	0,0008422012
Uso del suelo	-	0,00083877553	0,00020650138
Uso de recursos minerales	-	0,00061733572	2,5512682E-5
Uso de combustibles fósiles	-	0,052731454	0,020277427
Total	-	0,104128	0,031544

CML2 BASELINE 2000



Comparando 1 p ciclo de vida 'C.V. completo s.c. pavimento de gres' con 1 p ciclo de vida 'C.V. completo s.c. pavimento de mármol'; Método: CML 2 baseline 2000 V2.03 / the Netherlands, 1997 / normaliz

Categoría de impacto	Unidad	Pavimento de gres	Pavimento de mármol
Agotamiento de los recursos abióticos	-	1,0585331E-9	3,4840848E-10
Cambio climático	-	1,0109801E-9	3,6041341E-10
Dstrucción de la capa de ozono	-	2,2860919E-11	3,4104373E-11
Toxicidad humana	-	1,7769304E-10	7,3301472E-11
Eco toxicidad del agua dulce	-	5,9116451E-10	2,4245184E-10
Eco toxicidad marina	-	9,9265248E-9	3,1910699E-9
Eco toxicidad terrestre	-	2,0273636E-10	2,2027937E-10
Formación de foto-oxidación	-	2,0816073E-10	9,1981403E-11
Acidificación	-	1,6250393E-9	7,227867E-10
Eutrofización	-	3,8057658E-10	2,0292592E-10
Total	-	1,52E-08	5,49E-09

Tras la normalización, los resultados confirman que el impacto de la solución constructiva de pavimento de gres es mayor que la de mármol.

La única categoría en la que, tras la normalización, el impacto de la solución constructiva de pavimento de mármol es superior a la de gres es en la categoría de ecotoxicidad terrestre

(metodología *CML 2 Baseline*), debido esto a lo argumentado en el apartado anterior. En el resto de categorías de ambos métodos, el impacto de la solución de gres es superior a la del mármol. No obstante, en ambas metodologías destaca la importancia de unas determinadas categorías.

En la metodología *Eco-indicador 99*, las categorías cuyo impacto destaca, en comparación con el resto, son las categorías de efectos respiratorios inorgánicos y uso de combustibles sólidos, siendo, además el impacto de la solución con gres considerablemente mayor a la de mármol. En el primer caso, este fuerte impacto en el caso del gres se deba a los esmaltes empleados para la fabricación de las baldosas de gres, con sustancias inorgánicas tóxicas caracterizadas por sus fuertes efectos respiratorios. En el caso de los combustibles fósiles, el impacto de la solución constructiva de pavimento de gres es muy significativo ya que, dentro de la fabricación de las baldosas cerámicas el proceso de cocción y secado de las mismas requiere grandes aportes de energía para conseguir unas temperaturas muy altas. El combustible empleado es, principalmente, gas natural.

Destacar en este punto que, como se ha mencionado anteriormente, aunque la cantidad de combustible empleado en la extracción, corte y pulido del mármol es menor que la requerida para la producción de las baldosas de gres, la tipología es distinta (principalmente diesel). Ambos combustibles, gas natural y fuel diesel, se clasifican dentro del grupo de combustibles fósiles, pero sus repercusiones en ciertas categorías son distintas. Por eso el impacto del gres en la categoría de uso de combustibles fósiles y uso del suelo (incluye uso de combustibles) es mayor, pero es menor en la categoría de destrucción de la capa de ozono.

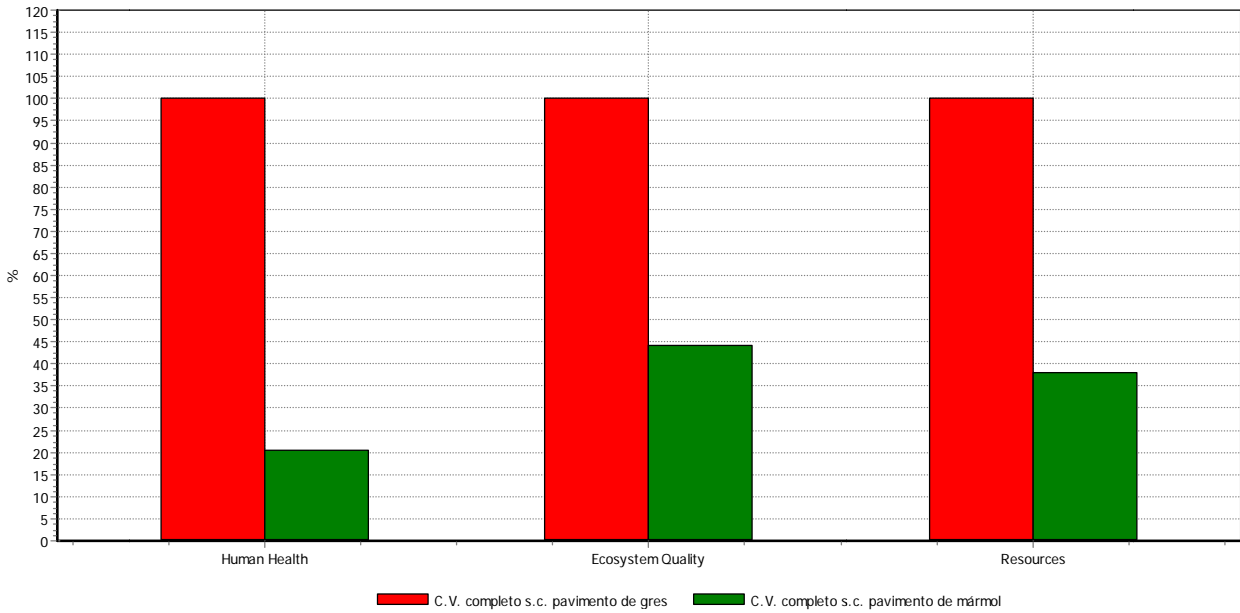
Respecto a la metodología *CML Baseline 2000*, la categoría más destacada en ambas soluciones constructivas es la de ecotoxicidad del agua marina. No obstante, el impacto de la solución constructiva de pavimento de gres es mucho mayor que la de mármol. En ambos casos se emplean sustancias en el proceso de fabricación de los materiales muy tóxicas. En el caso del gres para los esmaltes y en el caso del mármol las sustancias abrasivas empleadas en el corte y pulido del mismo, utilizándose mayor cantidad de sustancias, o más tóxicas, en el caso del gres. Aunque el proceso de depuración y limpieza de las aguas en las plantas de producción es intenso, quedan restos que no pueden ser eliminados y acaban afectando a la toxicidad de las aguas marinas.

8.3.3.1.2 Agrupación

La agrupación es la asignación de las categorías de impacto en uno o más conjuntos según lo definido previamente en la definición del objetivo y alcance, y puede incluir la organización y/o clasificación.

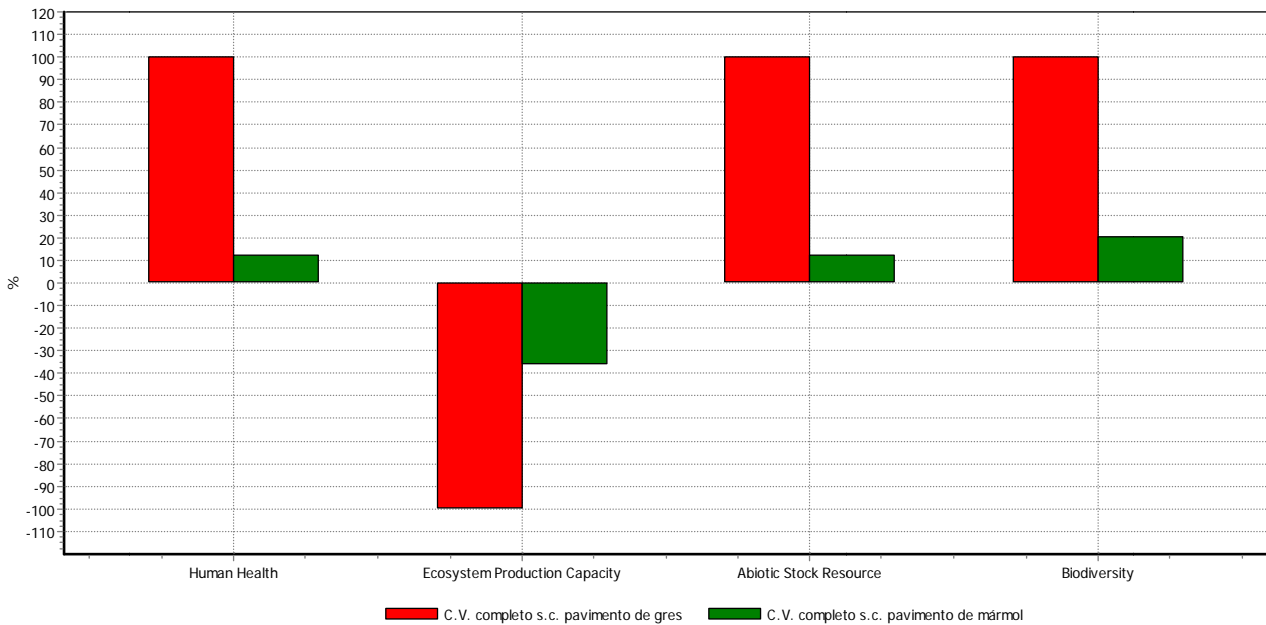
En la agrupación se muestran las categorías de impacto similares agrupadas, por lo que las diferencias atribuibles a las distintas metodologías empleadas no son tan significativas, homogeneizándose más los resultados independientemente de la metodología empleada.

ECO INDICADOR 99



Comparando 1 p ciclo de vida 'C.V. completo s.c. pavimento de gres' con 1 p ciclo de vida 'C.V. completo s.c. pavimento de mármol'; Método: Eco-indicador 99 (H) V2.03 / Europe EI 99 H/H / evaluación del

EPS 2000



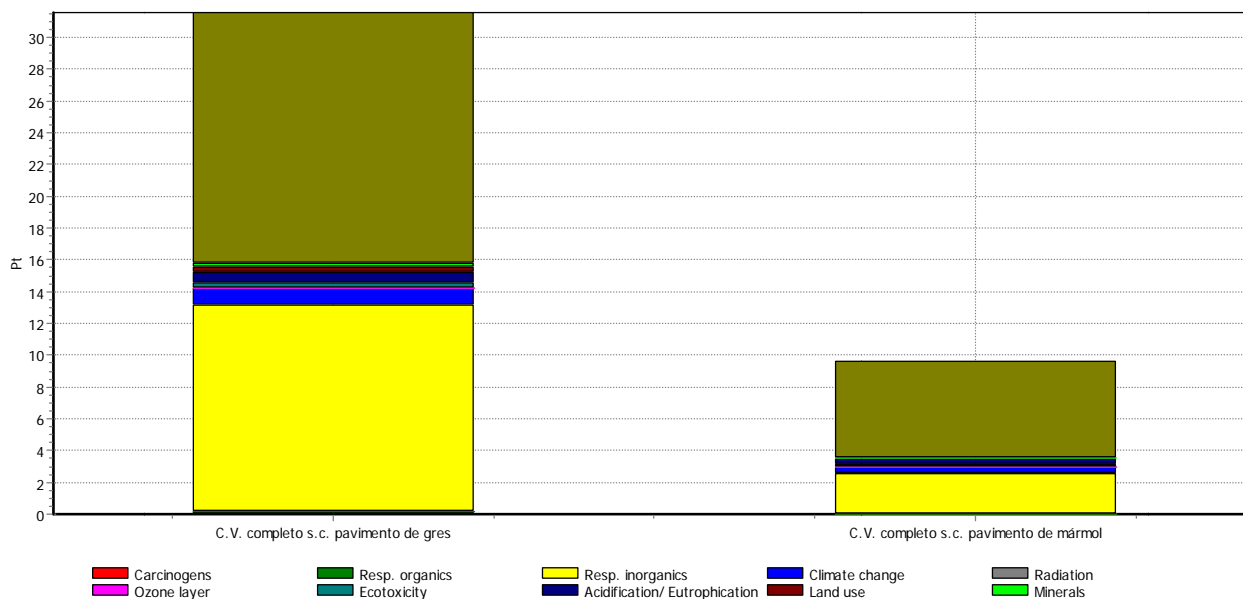
Comparando 1 p ciclo de vida 'C.V. completo s.c. pavimento de gres' con 1 p ciclo de vida 'C.V. completo s.c. pavimento de mármol'; Método: EPS 2000 V2.02 / EPS / evaluación del daño

Efectivamente, al realizar la agrupación, los resultados se muestran más homogéneos, no existiendo diferencias tan significativas como cuando se muestran las distintas categorías para cada una de las metodologías. De hecho, en todas las agrupaciones de categorías realizadas, el impacto de la solución constructiva de pavimento de gres es mayor que la de mármol, sin ser posible las clarificaciones que anteriormente se han realizado.

8.3.3.1.3 Ponderación

La ponderación es la conversión de los resultados de los valores caracterizados de distintas categorías de impacto a una unidad común y sumable, multiplicando por su factor de ponderación. De esta forma, los valores pueden sumarse y se puede obtener una puntuación única total del impacto ambiental del sistema. Los factores numéricos de conversión empleados están basados en juicios de valor.

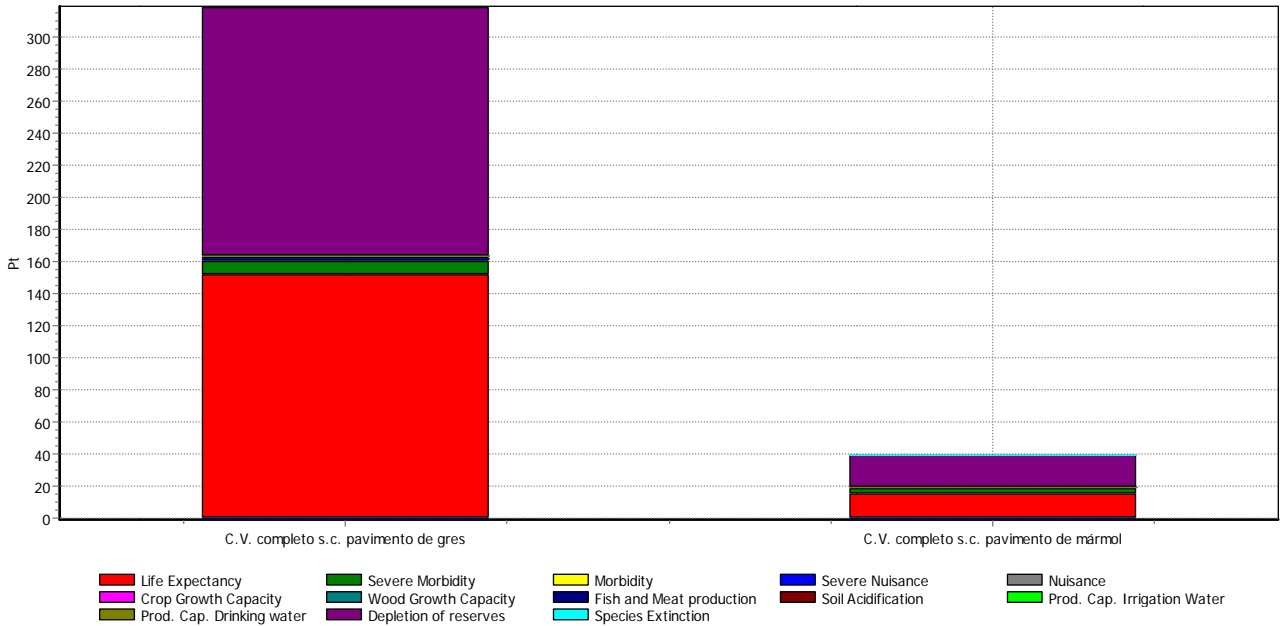
ECO INDICADOR 99



Comparando 1 p ciclo de vida 'C.V. completo s.c. pavimento de gres' con 1 p ciclo de vida 'C.V. completo s.c. pavimento de mármol'; Método: Eco-indicador 99 (H) V2.03 / Europe EI 99 H/H / puntuación única

Categoría de impacto	Unidad	Pavimento de gres	Pavimento de mármol
Efectos cancerígenos	Pt	0,12965663	0,035335012
Efectos respiratorios orgánicos	Pt	0,0064997997	0,0044170653
Efectos respiratorios inorgánicos	Pt	13,054311	2,5201434
Cambio climático	Pt	1,0456777	0,37260134
Radiación ionizante	Pt	0,0043014459	0,00093440865
Disminución de la capa de ozono	Pt	0,00046408948	0,000734703
Ecotoxicidad	Pt	0,34285171	0,16481182
Acidificación / Eutrofización	Pt	0,64524223	0,33688048
Uso del suelo	Pt	0,33551021	0,082600553
Uso de recursos minerales	Pt	0,18520072	0,0076538046
Uso de combustibles fósiles	Pt	15,819436	6,083228
Total	Pt	31,569152	9,6093406

EPS 2000



Comparando 1 p ciclo de vida 'C.V. completo s.c. pavimento de gres' con 1 p ciclo de vida 'C.V. completo s.c. pavimento de mármol'; Método: EPS 2000 V2.02 / EPS / puntuación única

Categoría de impacto	Unidad	Pavimento de gres	Pavimento de mármol
Esperanza de vida	Pt	151,27193	15,595714
Morbilidad grave y sufrimiento	Pt	8,3581416	3,035226
Morbilidad	Pt	1,812515	0,64234588
Molestias graves	Pt	0,40071683	0,029935701
Molestias	Pt	0,87908513	0,28143315
Capacidad de producción de cultivos	Pt	0,18036886	0,093065517
Capacidad de producción de madera	Pt	-0,55398146	-0,2227621
Capacidad de producción de pescado y carne	Pt	-0,046999909	-0,025124644
Capacidad base de cationes	Pt	0,020376694	0,0096060423
Capacidad de producción de agua de riego	Pt	0	0
Capacidad de producción de agua de consumo	Pt	0	0
Agotamiento de las reservas	Pt	155,19511	19,503486
Extinción de especies	Pt	0,6988609	0,14134302
Total	Pt	318,21612	39,084268

De los gráficos y valores recogidos en las tablas correspondientes a la ponderación se deduce, una vez más, que el impacto de la solución constructiva de pavimento compuesta por gres es mayor que la compuesta por mármol.

En la ponderación se puede apreciar visualmente, de una forma más inmediata, el peso de cada una de las categorías de impacto dentro de cada metodología. Para la metodología Eco-indicador 99 las categorías con mayor impacto una vez realizada la ponderación siguen siendo la de uso de combustibles fósiles y efectos respiratorios inorgánicos. En el caso de la metodología EPS 2000, las categorías con más peso, para ambas soluciones constructivas son esperanza de vida y agotamiento de las reservas.

Mediante los gráficos de la ponderación, además de apreciarse visualmente el peso de cada categoría dentro de cada sistema, se aprecia la diferencia de impacto de ambas soluciones de modo global y también para cada una de las categorías, pues en este caso las escalas son las mismas para ambas soluciones, lo que hace más fácil su comparación.

Sin embargo, se observa la gran diferencia en la puntuación total según la metodología empleada, estribando la diferencia en casi el 20% sobre la repercusión de la puntuación de un sistema sobre el otro.

La metodología Eco-indicador 99 da una ventaja ambiental a la solución constructiva de pavimento de mármol del 69,56 % obteniendo las puntuaciones siguientes:

SC pavimento de gres: 31,569152

SC pavimento de mármol: 9,6093406

La metodología EPS 2000 da una ventaja ambiental a la solución constructiva de pavimento de mármol del 87,72 % obteniendo las puntuaciones siguientes:

SC pavimento de gres: 318,21612

SC pavimento de mármol: 39,084268

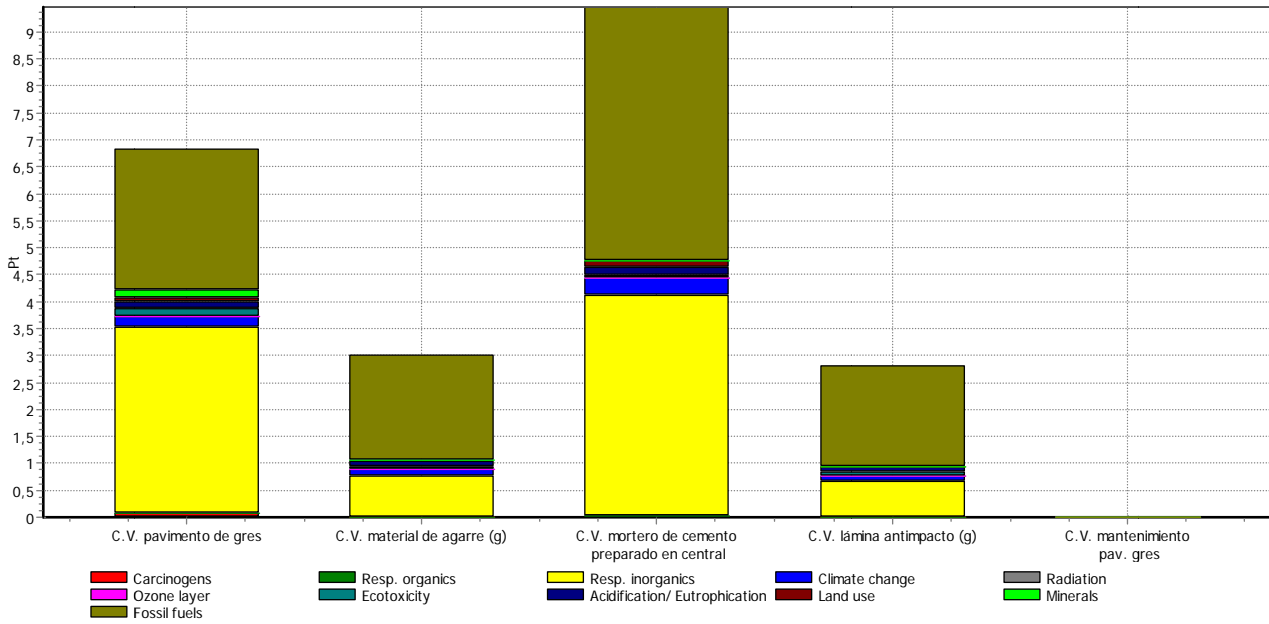
Por ello es necesaria la realización del ACV con distintas metodologías, logrando conseguir así unos resultados más objetivos.

8.3.3.1.4 Ponderación por capas de cada solución constructiva

A continuación se muestran las gráficas de ponderaciones entre las distintas capas que forman cada una de las soluciones constructivas, de forma independiente para la solución con pavimento de gres y de mármol. Se ha decidido analizar los resultados de ponderación, a partir de sus gráficas, ya que, tal y como se ha indicado anteriormente, se aprecia visualmente de una forma rápida y clara la influencia de cada categoría y, en este caso, del impacto total de cada capa respecto al total de la solución constructiva.

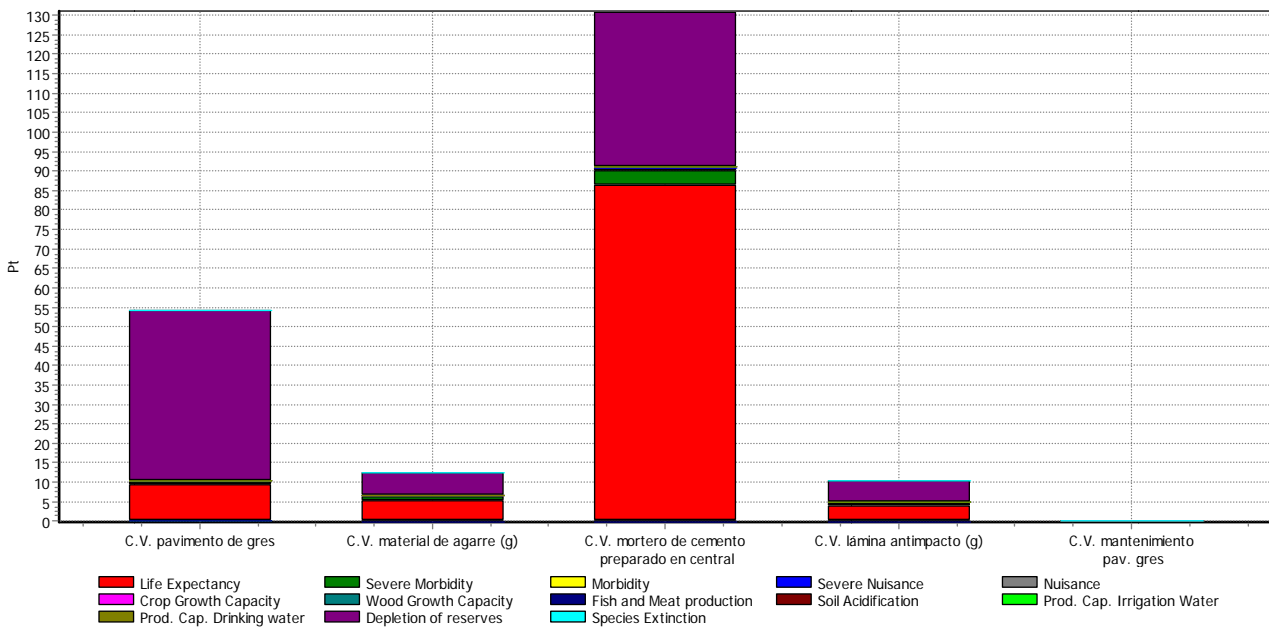
SOLUCIÓN CONSTRUCTIVA DE PAVIMENTO DE GRES: PONDERACIÓN POR CAPAS

ECO INDICADOR 99



Comparando fases del producto; Método: Eco-indicador 99 (H) V2.03 / Europe EI 99 H/H / puntuación única

EPS 2000



Comparando fases del producto; Método: EPS 2000 V2.02 / EPS / puntuación única

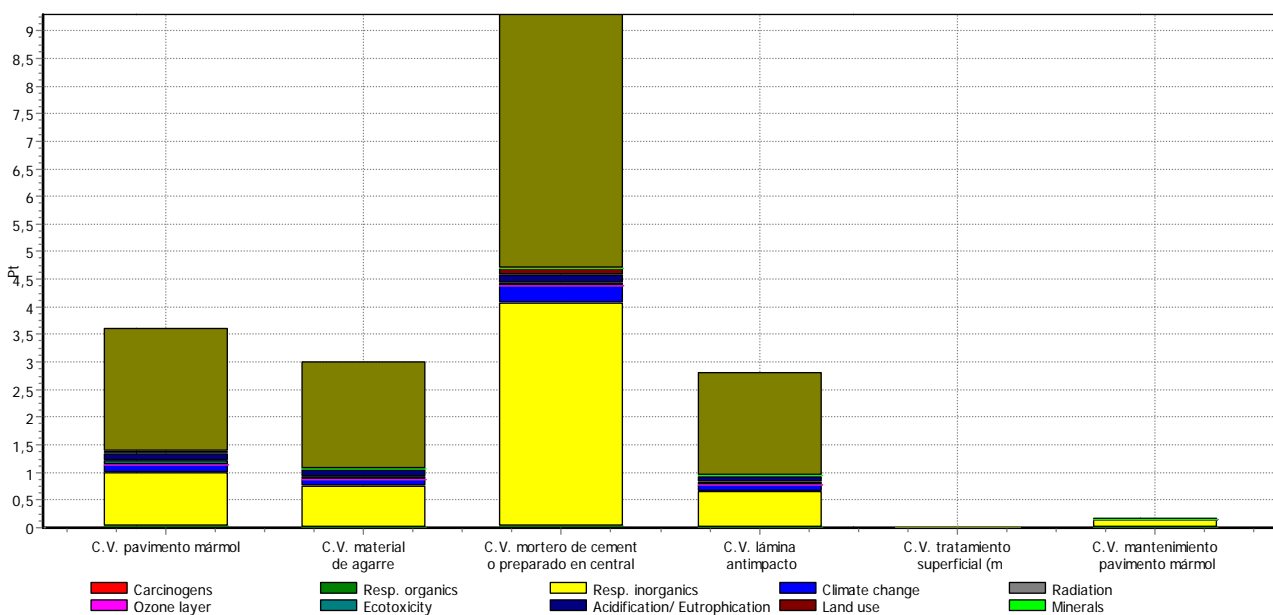
Se observa que la capa que mayor impacto provoca a lo largo de todo el ciclo de vida útil de la solución constructiva de pavimento de gres es la del mortero de cemento autonivelante, seguida de la de baldosas de gres. El impacto de la capa del material de agarre y la de la lámina antiimpacto es muy similar, siendo nulo el impacto del mantenimiento, ya que, en el caso del gres, no se ha considerado mantenimiento alguno.

En cuanto a categorías de impacto más influyentes según la metodología empleado, siguen siendo el agotamiento de las reservas y la esperanza de vida para el método *EPS 2000* y efectos respiratorios inorgánicos y uso de combustibles en el método *Eco-indicador 99*.

Destacar que, al diferenciar por capas, se observa el mayor peso de la categoría de minerales y ecotoxicidad en la capa de protección, de baldosas cerámicas. Esto último respalda la suposición indicada anteriormente en la que se indicaba que resalta la categoría de ecotoxicidad del agua marina debido a los esmaltes del gres contienen sustancias muy tóxicas que no consiguen eliminarse por completo en el tratamiento de depuración de aguas de las plantas.

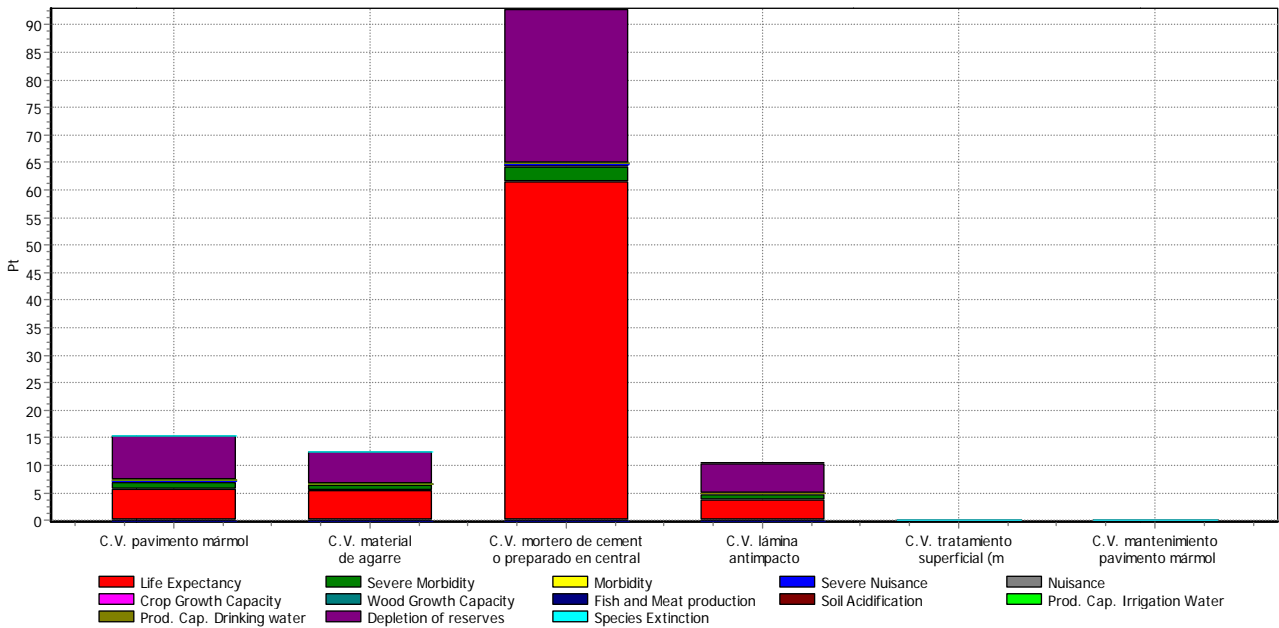
SOLUCIÓN CONSTRUCTIVA DE PAVIMENTO DE MÁRMOL: PONDERACIÓN POR CAPAS

ECO INDICACOR 99



Comparando fases del producto: Método: Eco-indicador 99 (H) V2.03 / Europe EI 99 H/H / puntuación única

EPS 2000



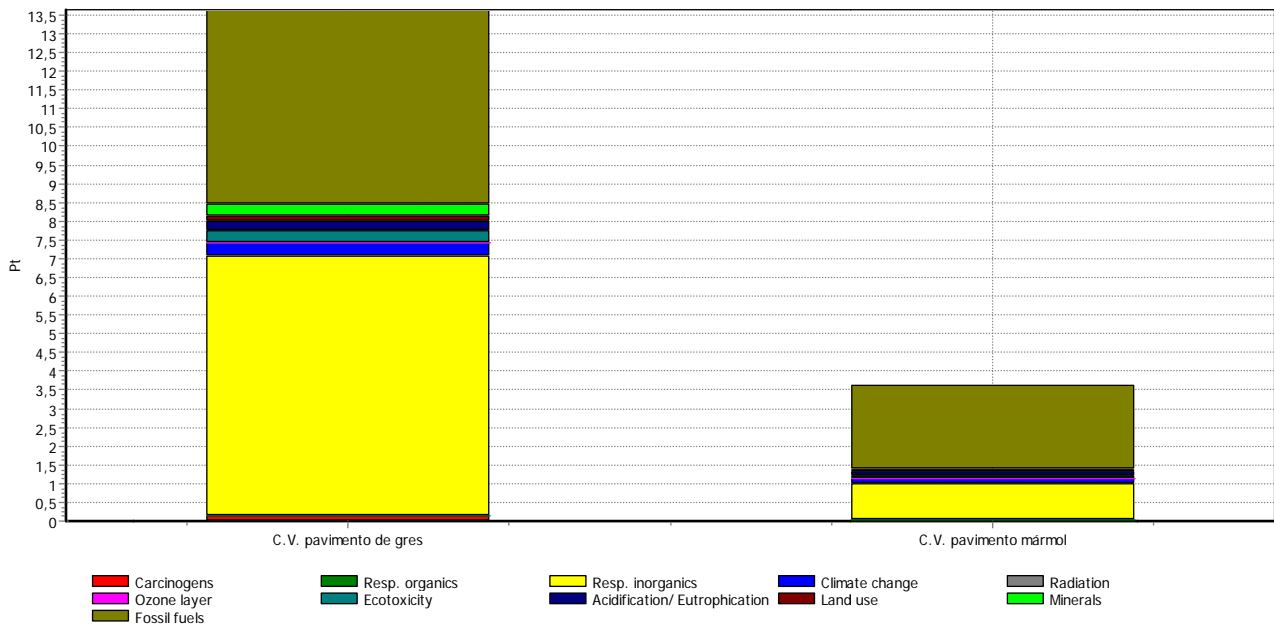
Comparando fases del producto; Método: EPS 2000 V2.02 / EPS / puntuación única

En el caso de la solución constructiva de pavimento de mármol, sigue siendo la capa de mortero autonivelante la que mayor impacto presenta dentro de todo el ciclo de vida de la solución constructiva. Además, en este caso, las diferencias son todavía más notables ya que la capa de mármol tiene menores impactos que la de gres, situándose en un nivel más próximo al de las capas de material de agarre y lámina antiimpacto. En este caso, los impactos del mantenimiento de la solución constructiva son visibles, notándose más en la metodología *Eco-indicador 99*.

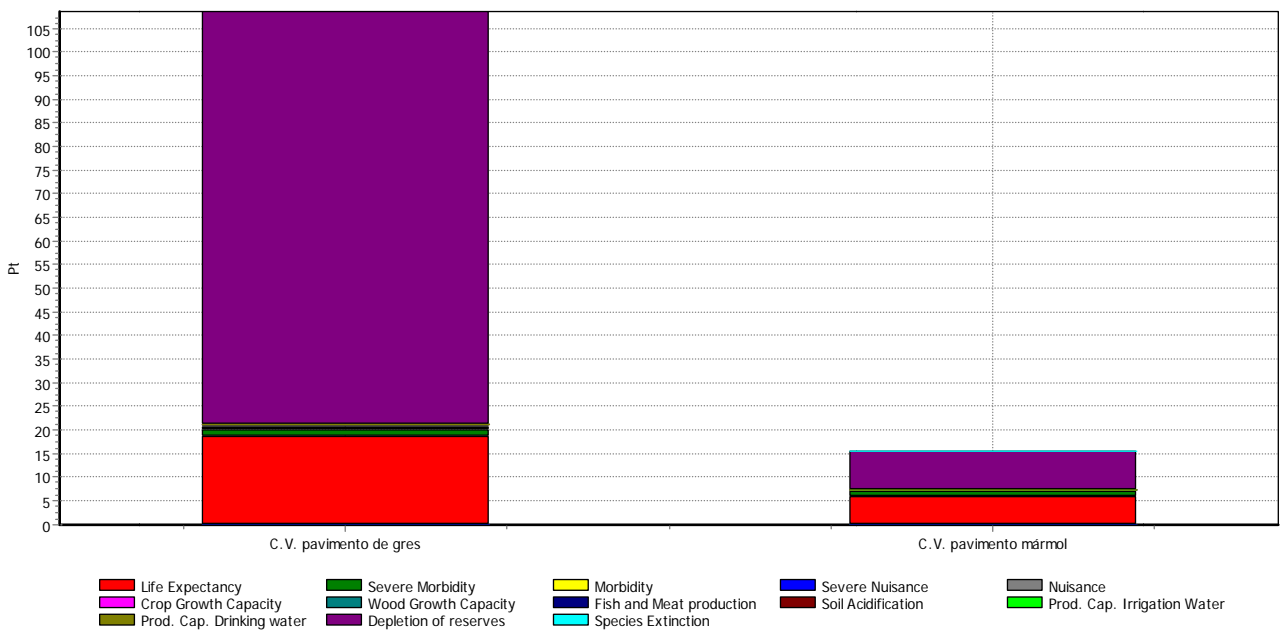
8.3.3.1.5 Comparación entre la capa de acabado y la solución constructiva completa: ponderación

En este apartado se analiza la diferencia entre la capa de acabado (gres o mármol) de ambas soluciones constructivas, mediante ponderación. Se pretende comparar la repercusión de las diferencias si se compara únicamente la capa de acabado a si, tal y como se ha hecho anteriormente, se compara toda la solución constructiva.

ECO INDICADOR 99



EPS 2000



Comparando 1 p ciclo de vida 'C.V. pavimento de gres' con 1 p ciclo de vida 'C.V. pavimento mármol'; Método: EPS 2000 V2.02 / EPS / puntuación única

Se observa, como es lógico, que las diferencias entre ambos sistemas si se considera únicamente la capa de acabado son mayores. Pues, como el resto de capas que componen ambas soluciones constructivas son muy similares, si se analiza la solución constructiva en todo su conjunto, al ser mayor el sistema en sí, las diferencias debidas a la capa de acabado considerando todo el sistema se minimizan. La diferencia considerando únicamente la capa de acabado es de 9 puntos (sobre 13), pero al considerar la solución constructiva completa, dicha diferencia de 9 puntos, en lugar de ser sobre 13 es sobre 35, por lo que, en proporción, la diferencia entre ambas soluciones constructivas es menor si se considera la solución constructiva completa que se si considera únicamente la capa de acabado.

8.4 Interpretación del ciclo de vida

8.4.1 Generalidades

La fase de interpretación de un estudio del análisis del ciclo de vida comprende:

- ✓ Identificación de los aspectos significativos basados en los resultados de las fases del ICV y la EICV
- ✓ Una evaluación que considera las verificaciones de los análisis de integridad, sensibilidad y coherencia
- ✓ Conclusiones, limitaciones y recomendaciones

8.4.2 Identificación de los aspectos significativos

En esta fase del ACV, se pretende estructurar los resultados de las fases de ICV y/o EICV para ayudar a determinar los aspectos más significativos de acuerdo con la definición del objetivo y alcance.

En el caso del presente estudio, dichos aspectos significativos se han ido comentando en los apartados 8.3.2. *Elementos obligatorios de la EICV* y 8.3.3. *Elementos opcionales de la EICV*, ya que se ha considerado que presentar los comentarios junto a los resultados facilita más la comprensión de los mismos.

8.4.3 Evaluación

Los objetivos de la evaluación son generar confianza y fiabilidad en los resultados obtenidos del ACV. Durante la evaluación deben considerarse las tres técnicas siguientes:

8.4.3.1 Verificación del análisis de integridad

El objetivo de la verificación del análisis de integridad es asegurar que toda la información y los datos pertinentes necesarios para la interpretación están disponibles y completos.

Todos los datos utilizados para este ACV se encuentran reflejados en los diferentes apartados del presente documento.

8.4.3.2 Verificación del análisis de sensibilidad

La verificación del análisis de sensibilidad tiene como objetivo evaluar la confiabilidad en los resultados y conclusiones finales determinando cómo están afectados por las incertidumbres de los datos, métodos de asignación o cálculo de los resultados de los indicadores de categoría.


Todas las consideraciones utilizadas en el presente ACV se encuentran reflejadas en los diferentes apartados de este documento.

8.4.3.3 Verificación del análisis de coherencia

El objetivo de la verificación del análisis de coherencia es determinar si las suposiciones, métodos y datos empleados en el análisis son coherentes con el objetivo y el alcance del estudio.


Con objeto de contrastar los resultados obtenidos se han comparado con los datos medioambientales que ofrece la base de datos Bedec.

E9DB_01 - PAVIMENTO DE BALDOSA DE GRES (E)

 E9DB1143 m2 Pavimento interior, de baldosa de gres extruido esmaltado, grupo AI/AIIa (UNE-EN 14411), de forma rectangular o cuadrada, precio medio, de 26 a 45 piezas/m2, colocadas con adhesivo para baldosa cerámica C1 (UNE-EN 12004) y rejuntado con lechada CG1 (UNE-EN 13888) 27,59 € (J,ON, MA)

Consumo Energético			Coste energético		Emisión CO2
			(MJ)	(kWh)	(Kg)
Constitutivos			319,35	88,71	33,12
B05A2103	Material para rejuntado de baldosas cerámicas CG1 según norma UNE-EN 13888, de color	1,42 kg	18,10	5,03	3,02
B0711010	Adhesivo cementoso tipo C1 según norma UNE-EN 12004	7,00 kg	101,13	28,09	15,04
B0FG6163	Baldosa de gres extruido esmaltado de forma rectangular o cuadrada, de 26 a 45 piezas/m2, precio medio, grupo AI-AIIa (UNE-EN 14411)	1,02 m2	200,12	55,59	15,05

E9B3_01 - PAVIMENTO DE PIEDRA CALCÁREA (E)

 E9B3E27K m2 Pavimento con piezas de piedra natural calcárea de importación con una cara pulida y abrillantada, precio alto, de 20 mm de espesor y de 1251 a 2500 cm2, colocada a pique de maceta con mortero mixto 1:2:10 143,24 € (J,ON, MA)

Consumo Energético			Coste energético		Emisión CO2
			(MJ)	(kWh)	(Kg)
Constitutivos			88,62	24,62	15,00
B0G1EA04	Piedra calcárea de importación con una cara pulida y abrillantada, precio alto, de 20 mm de espesor con arista viva en los cuatro bordes	1,01 m2	7,27	2,02	0,81
B9CZ2000	Lechada de color	0,60 kg	7,62	2,12	1,27
D070A4D1	Mortero mixto de cemento pórtland con caliza CEM II/B-L, cal y arena, con 200 kg/m3 de cemento, con una proporción en volumen 1:2:10 y 2,5 N/mm2 de resistencia a compresión, elaborado en obra	0,0252 m3	73,72	20,48	12,91

Figura 31: Datos medioambientales pavimento de gres y de mármol (Bedec)

Se comprueba que, tal y como se aprecia en la **Figura 31**, las emisiones de CO2 y la energía embebida son muy superiores para el pavimento cerámico que para el pavimento de mármol.

E93A_02 - RECRECIDO DEL SOPORTE DE PAVIMENTO Y CAPA DE MEJORA CON MORTERO (E)

 E93A13D0 m2 Recreido del soporte de pavimentos, de 3 cm de espesor, con mortero de cemento 1:6 6,76 € (J,ON, MA)

Consumo Energético			Coste energético		Emisión CO2
			(MJ)	(kWh)	(Kg)
Constitutivos			38,01	10,56	7,05
B7C2P100	Plancha de poliestireno expandido elasticado de 10 mm de espesor	0,0105 m2	0,18	0,0512	0,0272
D0701641	Mortero de cemento pórtland con caliza CEM II/B-L y arena, con 250 kg/m3 de cemento, con una proporción en volumen 1:6 y 5 N/mm2 de resistencia a compresión, elaborado en obra	0,0315 m3	37,82	10,51	7,02

Figura 32: Datos medioambientales de la capa de recrecido y nivelación (Bedec)

Así mismo, se observa en la **Figura 32** que las capas de recrecido y nivelación de mortero provocan un alto impacto medioambiental.

8.4.4 Conclusiones, limitaciones y recomendaciones

Se pueden extraer las siguientes conclusiones de los resultados obtenidos en el ACV:

- ✓ La solución constructiva de pavimento de mármol es, desde el punto de vista medioambiental, mejor que la de pavimento de gres, siendo el impacto medioambiental de la solución constructiva de mármol un tercio, aproximadamente, del impacto que presenta la solución de pavimento de gres.
- ✓ Si se considera únicamente la capa de acabado, es decir, de gres y de mármol, las diferencias son mayores.
- ✓ En el proceso de producción de baldosas de gres se utiliza mayor cantidad de combustibles fósiles que en la extracción y tratamiento del mármol. En el primer caso el combustible empleado es, principalmente, gas natural mientras que en el caso del mármol es fuel diesel, produciendo su extracción y combustión mayor impacto que el gas natural.
- ✓ La producción de las baldosas cerámicas, además del proceso de extracción de las materias primas, incluye una transformación de producto que requiere grandes cantidades de energía (principalmente para la cocción y secado), sin embargo el mármol natural no requiere ninguna transformación, simplemente debe extraerse, cortarse y aplicarle un tratamiento superficial.
- ✓ La capa con mayor impacto a lo largo de todo el ciclo de vida útil de ambas soluciones constructivas de pavimentos es la del mortero de cemento autonivelante, por lo que para conseguir una mejora de la solución constructiva en su conjunto es necesaria una mejora de dicha capa, siendo ésta una buena línea de investigación.
- ✓ En el caso de la solución constructiva de pavimento de gres, la capa de acabado con baldosas de gres también tiene un impacto significativo. Se podría mejorar medioambientalmente la solución empleando cerámica de bajo espesor ya que, al estar formadas por menos material, la materia prima empleada sería menor, con la consiguiente reducción de impacto debido a la extracción de dicha materia prima. Dicha disminución de espesor también repercutiría en el transporte, reduciéndolo.

8.5 Revisión crítica

8.5.1 Generalidades

El proceso de revisión crítica debe asegurar que los métodos utilizados para realizar el ACV son coherentes y válidos tanto científica como técnicamente, de acuerdo con la normativa específica. Paralelamente, dicho proceso de revisión debe garantizar que los datos utilizados son apropiados y razonables en relación al objetivo del estudio, que las interpretaciones reflejan las limitaciones identificadas y el objetivo del estudio. Además debe garantizar que el informe del estudio es transparente y coherente.

En el caso concreto de este estudio, recalcar que, tal y cómo se ha ido mencionando en los apartados correspondientes, algunos de los datos han sido tomados de bases de datos a nivel europeo, por lo que no se han tenido en cuenta las variaciones respecto a los procesos tecnológicos nacionales, pudiendo variar los resultados finales.

9 CONCLUSIONES

Además de las conclusiones obtenidas del ACV, descritas más detalladamente en el *apartado 8.4.4. Conclusiones, limitaciones y recomendaciones*, se obtienen las siguientes conclusiones generales del estudio comparativo técnico y ambiental de soluciones constructivas de pavimento de gres y de mármol:

- ✓ Desde el punto de vista técnico destacar que las normas armonizadas existentes para el cumplimiento de los requisitos básicos de los distintos materiales empleados para pavimentos utilizan ensayos, valores de referencia o especificaciones diferentes según las características del material que se trate (cerámica, piedra, baldosas de cemento, madera, sintéticos...), lo que dificulta la comparación técnica de los mismos. Sería muy conveniente la unificación de ensayos y criterios para facilitar dicha tarea.
- ✓ Desde el punto de vista ambiental, el ACV realizado según los datos, criterios y metodologías detallados en los apartados correspondientes de dicho documento, determina que la solución constructiva de pavimento de mármol es, desde el punto de vista medioambiental, mejor que la de pavimento de gres, siendo el impacto medioambiental de la solución constructiva de mármol un tercio, aproximadamente, del impacto que presenta la solución de pavimento de gres.
- ✓ Este tipo de estudios son imprescindibles para conseguir disminuir el impacto medioambiental del sector de la construcción, siendo muy útiles para guiar a los distintos agentes de la construcción en la toma de decisiones con criterios medioambientales. Sin embargo, son muy costosos y complejos de realizar, existiendo limitaciones.
- ✓ La complejidad del estudio requiere la utilización de una herramienta que facilite la realización del ACV, siendo la mayoría de las existentes herramientas comerciales. Sería muy conveniente que la administración facilitase una herramienta, de uso libre, que permitiese la realización de dichos estudios.
- ✓ Es necesario un equipo interdisciplinar para la realización de un ACV de una solución constructiva compuesto, al menos, por un experto en el campo de la edificación y un experto en el campo de la ingeniería ambiental debido a la complejidad de dichos estudios.

10 BIBLIOGRAFÍA

10.1 Referencias bibliográficas

- [1] UNEP SBCI. (2009). Buildings & Climate Change: A Summary for Decision-makers. París.
- [2] Huedo, P., López-Mesa, B. (2013) Revisión de herramientas de asistencia en la selección de soluciones constructivas sostenibles de edificación. Informes de la construcción 65 (529): 77-88.
- [3] Khasreen, M., Banfill, P., Manzi, G. (2009) Life-Cycle Assessment and the Environmental Impact of Buildings: A Review. Sustainability 1 (3): 674-701.
- [4] Sartori, I., Hestnes, A.G. (2007) Energy use in the life cycle of conventional and low-energy buildings: A review article. Energy and Buildings 39 (3): 249-257.
- [5] Kotaji, S., Edwards, S., Schuurmans, A. (2003) Life cycle assessment in building and construction. A state-of-the-art report. Florida. SETAC Press.
- [6] Cuchí, A. Wadel, G., Lopez, F., Sagrera, A. (2007) El sector residencial y el medio ambiente. Fundación Gas Natural. Guía de la eficiencia energética para Administradores de Fincas. Barcelona. Fundación Gas Natural.
- [7] Nebel, B., Zimmer, B., Wegener, G. (2006) Cycle Assessment of Wood Floor Coverings – A Representative Study for the German Flooring Industry. International Journal of Life Cycle Assessment 11 (3): 172 – 182.
- [8] Zabalza, I., Valero, A., Aranda, A. (2011) Life cycle assessment of building materials: Comparative analysis of energy and environmental impacts and evaluation of the eco-efficiency improvement potential. Building and Environment 46 (5): 1133-1140.
- [9] Benveniste, G., Gazulla, C., Fullana, P., Celades, I., Ros, T., Zaera, V., Godes, B. (2011) Análisis de ciclo de vida y reglas de categoría de producto en la construcción. El caso de las baldosas cerámicas. Informes de la construcción 63 (522): 71-81.
- [10] Ibáñez-Forés, V. (2013) Comunicación ambiental de producto en el ámbito de la Directiva de Emisiones Industriales. Aplicación al sector cerámico. Universitat Jaume I. Castellón de la Plana.
- [11] Traverso, M., Rizzo, G., Finkbeiner, M. (2010) Environmental performance of building materials: life cycle assessment of a typical Sicilian marble. International Journal of Life Cycle Assessment 15 (1): 104-114.

- [12] Pitarch, A.M., Sáez, B., Palencia J.J. (2010) Comparativa de materiales en pavimentos y adecuación al uso. Qualicer. Castellón de la Plana.
- [13] Nicoletti, G.M., Notarnicola, B., Tassielli, G. (2002) Comparative Life Cycle Assessment of flooring materials: ceramic versus marble tiles. Journal of Cleaner Production 10 (3): 283-296.
- [14] Vázquez, M. (2001) Construcción e impacto sobre el ambiente: el caso de la tierra y otros materiales. Informes de la construcción 52 (471): 29-43.
- [15] Ibáñez-Forés, V. Bovea, M.D. Simó. A. (2011) Life cycle assessment of ceramic tiles: Environmental and statistical analysis. International Journal of Life Cycle Assessment 16 (9): 916-928.

10.2 Otras fuentes bibliográficas consultadas

- ✓ SimaPro 7 Tutorial. PRé Consultants. November 2010
- ✓ Introduction to LCA with SimaPro 7. PRé Consultants. February 2008
- ✓ Software SimaPro versión 7. Manual de funcionamiento
- ✓ ISO 14040. Gestión ambiental. Análisis del ciclo de vida. Principios y marco de referencia.
- ✓ ISO 14044. Gestión ambiental. Análisis del ciclo de vida. Requisitos y directrices.
- ✓ CTE. Código Técnico de la Edificación.
- ✓ Catálogo de elementos constructivos del CTE
- ✓ Guía de la baldosa cerámica. Generalitat valenciana, Conselleria de Infraestructuras y Transporte. Valencia 2006.
- ✓ Guía de la piedra natural. Generalitat Valenciana, Conselleria de Medio Ambiente, Agua y Vivienda. Valencia 2010.
- ✓ Guía del terrazo. Generalitat Valenciana, Conselleria de Medio Ambiente, Agua y Vivienda. Valencia 2010.
- ✓ Identificación de las variables clave para elaborar una clasificación en base a la sostenibilidad de los pavimentos de madera en edificación. TFM MEES. Sais, C.

WEBS DE FABRICANTES

<http://www.coavantiastone.com> [Consultada en septiembre 2014]

<http://www.ittspain.com> [Consultada en octubre 2014]

<http://www.grupopuma.com> [Consultada en septiembre 2014]

<http://www.origenmateriales.es/actividades-hormigones.html> [Consultada en septiembre 2014]

<http://www.turbosol.com.ar> [Consultada en septiembre 2014]

<http://chova.com> [Consultada en octubre 2014]

OTRAS WEBS

<http://www.cma.gva.es/web/indice.aspx?nodo=4623&idioma=C> [Consultada en mayo 2014]

www.itec.es/nouBedec.e/ [Consultada en noviembre 2014]

www.generadordeprecios.info/ [Consultada en noviembre 2014]

www.aenor.es [Consultada en mayo 2014]

www.codigotecnico.org [Consultada en septiembre 2014]

www.ueatc.com [Consultada en abril 2014]

www.cstb.fr/evaluations/autres-evaluations/upec.html [Consultada en mayo 2014]

www.marmoldealicante.com [Consultada en mayo 2014]

www.pavimentosonline.com [Consultada en abril 2014]

www.textil.org [Consultada en junio 2014]

www.fepm.com [Consultada en mayo 2014]

www.tecnopavimento.org [Consultada en mayo 2014]

www.armstrong.es [Consultada en abril 2014]

ANEXO: FICHAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] INFORME TÉCNICO

Detalles de la referencia:

Autores: UNEP SBCI (United Nations Environment Programme: Sustainable Buildings & Climate initiative)

Año de publicación: 2009

Título: Buildings & Climate Change: A Summary for Decision-makers

Lugar de publicación: París, France

Principales temas y argumentos

Análisis del impacto de los edificios en el cambio climático a nivel internacional, efectos colaterales de dicho impacto. Objetivos a alcanzar en un futuro, siendo el objetivo último conseguir que el sector de la construcción sea neutro, es decir, que consuma los mismos recursos que produce. Exposición de directivas, estrategias y prioridades en las actuaciones a tomar por los gobiernos de los distintos países miembros de UNFCCC (United Nations Framework Convention on Climate Change), para alcanzar dicho objetivo en el ámbito de la edificación. También se habla de los efectos positivos socio-económicos, además de ambientales, que se alcanzarían si se llevaran a cabo las medidas propuestas.

Metodología de la investigación:

El informe se ha elaborado analizando los resultados obtenidos durante tres años de investigación llevados a cabo por UNEP SBCI, bajo las directivas de Climate Change Think Tank and en cooperación con el instituto de investigación finlandés VTT, la Universidad Central Europea de Hungría y Marrakech Task Force of Sustainable Buildings and Construction. Estas instituciones han analizado el estado actual de los distintos países y, con las investigaciones realizadas, proponen mejoras encaminadas a conseguir el objetivo expuesto anteriormente.

Conclusiones principales:

El sector de la construcción tiene un enorme potencial para reducir el cambio climático, concretamente puede ser capaz de reducir la emisión de gases de efecto invernadero a un coste relativamente bajo. Las instituciones encargadas de regular dicho sector tienen un amplio abanico de posibilidades para conseguir dicha reducción: Mejorar la eficiencia energética de los edificios, de los electrodomésticos, mejorando al eficiencia energética de las productoras y suministradoras eléctricas, cambiando las costumbres y comportamiento de los usuarios respecto al uso de la energía en los edificios o sustituyendo los combustibles fósiles por fuentes de energía renovable, que en muchos casos pueden instalarse en los propios edificios, eliminando las pérdidas producidas en el transporte de la propia energía desde el lugar de producción al de consumo.

Uno de los principales problemas y que ha supuesto el estancamiento de la mejora en la eficiencia energética de los edificios es la falta de financiación debido a la crisis financiera global. Por ello deben ser los propios gobiernos nacionales quienes financien con fondos públicos los proyectos de energías renovables y tecnologías limpias.

La sociedad se encuentra actualmente más concienciada con el problema del calentamiento global de lo que ha estado nunca, por eso es ahora el momento idóneo para que los gobiernos actúen. Pero dicha actuación no debe ir encaminada a la imposición de obligaciones a cumplir, si no a la prestación de ayuda para desarrollar la gran cantidad de proyectos existentes y que hacen del sector de la construcción un sector mucho más respetuoso con el medio ambiente.

[2] ARTÍCULO DE REVISTA

Detalles de la referencia:

Autores: P. Huedo, B. López-Mesa

Año de publicación: 2013

Título: Revisión de herramientas de asistencia en la selección de soluciones constructivas sostenibles de edificación.

Nombre de la revista: Informes de la Construcción

Volumen y número de emisión: Vol. 65, nº 529

Número de páginas: 77 – 88

ISSN: 0020-0883

Principales temas y argumentos

Identificación, análisis, clasificación y evaluación de las herramientas existentes a nivel internacional de asistencia en la selección de soluciones constructivas sostenibles de edificación basándose en el Análisis de Ciclo de Vida (ACV), describiendo las ventajas y limitaciones de cada una de ellas. También se listan las directrices para el desarrollo, en España, de una herramienta útil para la selección de materiales y soluciones constructivas en la fase de diseño con criterios medioambientales.

Metodología de la investigación:

Selección de herramientas de ACV útiles para edificación, confrontando la bibliografía existente sobre las mismas.

Análisis de las características generales de éstas, clasificándolas y evaluando su utilidad, según si analizan materiales de forma aislada, soluciones constructivas o edificios completos.

Análisis de las características de funcionamiento de las herramientas (métodos de evaluación de los impactos, bases de datos que utiliza, forma de mostrar los resultados, idiomas en los que esta disponible...) listando las ventajas y limitaciones.

Listado de las directrices de desarrollo de futuras herramientas en base a los análisis realizados previamente.

Conclusiones principales:

El ACV es una metodología rigurosa, perfectamente definida y que permite evaluar los impactos ambientales en las primeras etapas del diseño, pero es un proceso exhaustivo, muy laborioso y de gran complejidad, por lo que resulta imprescindible disponer de una herramienta que asista correctamente en la realización de dicho análisis. Sin embargo, todas las herramientas analizadas presentan limitaciones. No son de aplicación en otro país distinto del generado, ya que el nivel de impacto ambiental puede variar en función del territorio. Solo una de estas herramientas es española, y sus datos ambientales están basados en el análisis de bases de datos europeas, por lo que su aplicabilidad al caso español es reducida. Además, muy pocas herramientas consideran los consumos de agua, tan importante en un país como el nuestro con estrés hídrico. Por todo esto, resulta necesario disponer en España de una herramienta rigurosa que permita catalogar o baremar las diferentes soluciones constructivas a partir de los análisis de ciclo de vida. Para ello, sería necesario llegar a un acuerdo sobre una metodología con rigor científico que permita unívocamente aplicar la metodología de análisis de ciclo de vida a los sistemas constructivos utilizando indicadores de sostenibilidad reconocidos, para ponderar los resultados y poder generar bases de datos de materiales y de soluciones constructivas con una valoración rigurosa.

[3] ARTÍCULO DE REVISTA

Detalles de la referencia:

Autores: M. Khasreen, P. Banfill, G. Manzi

Año de publicación: 2009

Título: Life-Cycle Assessment and the Environmental Impact of Buildings: A Review

Nombre de la revista: Sustainability

Volumen y número de emisión: Vol. 1, nº 3

Número de páginas: 674-701

ISSN: 2071-1050

Principales temas y argumentos

Análisis de la metodología de Análisis de Ciclo de vida (ACV) en el sector de la construcción, revisando algunos estudios realizados sobre soluciones constructivas y edificios completos en los últimos quince años en Europa y EEUU.

Se destaca los problemas debido a una ausencia de datos de inventario internacionales y debidamente justificados en la edificación que haga que los distintos estudios se puedan comparar a nivel internacional.

También se hace una recopilación de las distintas herramientas existentes para aplicar la metodología de ACV en edificación.

Metodología de la investigación:

Revisión bibliográfica de estudios de ACV realizados sobre soluciones constructivas o edificios completos. Se clasifican los mismos en función del país y fecha de realización, de si se trata de ACV de edificio completo o de soluciones constructivas y según los impactos ambientales estudiados.

Respecto a la recopilación de herramientas de ACV en edificios existentes, éstas se clasifican en función de indicando el país de procedencia, si se trata de base de datos y/o herramienta, si se trata de herramienta libre, académica o comercial así como si se pueden realizar análisis de productos y/o edificios completos.

Conclusiones principales:

El Análisis de Ciclo de Vida en edificación está menos avanzado que en otras industrias, aunque actualmente los investigadores están trabajando para adoptar la aplicación de dicha metodología como ayuda en la toma de decisiones en la fase de diseño.

Existen algunos impedimentos para la implementación de ACV en edificios. El principal problema es el edificio en sí, cuyo proceso de construcción es complicado y cuya vida útil es larga, lo que implica que muchas consideraciones tenidas al realizar el ACV son suposiciones. En el sector de la construcción hay muy poca estandarización, lo que supone una ausencia de datos de inventario estandarizados. Además dicho inventario debería ser internacional, asumiendo unos protocolos y herramientas de conversión basadas en diferentes factores para que la comparación entre ACS realizados en distintos ámbitos geográficos sean comparables. De todos los estudios citados y analizados en este artículo, no hay ninguna pareja de estudios que pueda ser comparable directamente.

Pese a las limitaciones y puntos críticos citados, ACV es una metodología muy útil para la evaluación de los impactos medioambiental de los edificios.

Todos los estudios analizados corresponden a países desarrollados, pues no existen estudios científicos que analicen el impacto medioambiental de los edificios en países en desarrollo, considerando que la realización de dichos estudios es muy necesaria debido al fuerte potencial de la construcción en dichos países en desarrollo.

[4] ARTÍCULO DE REVISTA

Detalles de la referencia:

Autores: I. Sartori, A.G. Hestnes

Año de publicación: 2007

Título: Energy use in the life cycle of conventional and low-energy buildings: A review article

Nombre de la revista: Energy and Buildings

Volumen y número de emisión: Vol. 39, nº 3

Número de páginas: 249-257

ISSN: 0378-7788

Principales temas y argumentos:

Comparativa de los resultados obtenidos en 60 estudios realizados por otros autores de Análisis de Ciclo de Vida de edificios, en diferentes países con climatología variada (Suecia, Alemania, Australia, Canadá, Japón, Noruega, Nueva Zelanda y EEUU). La finalidad de este estudio es analizar como varía la proporción de la energía asociada a la fase de uso de los edificios (calefacción, refrigeración, renovación de aire, ACS, iluminación y electrodomésticos) respecto al total de energía utilizada durante toda la "vida" del edificio, "desde la cuna hasta la tumba".

Se distinguen aquellos edificios de bajo consumo energético y los edificios convencionales. También se evalúa como afecta la orientación de los edificios en el uso de energía de los mismos.

Metodología de la investigación:

Se han recopilado los resultados obtenidos en 60 estudios de ACV de edificios realizados por distintos autores en varias áreas geográficas.

Dado que los distintos casos analizados difieren en aspectos como el clima de la región, la tipología edificatoria, el tipo de construcción, condiciones de climatización en el interior del edificio, fuente de los datos utilizados, etc, sería inapropiado comparar directamente los casos.

Como el objeto de este estudio es cuantificar la proporción de energía asociada a cada fase (fabricación/ construcción, uso, disposición final) de cada edificio individualmente para posteriormente compararlo con el resto de edificios, estos aspectos no tienen importancia en este estudio.

Sin embargo, los distintos casos estudiados también difieren en el tamaño y la vida útil estimada del edificio, aspectos que sí que influyen en la comparativa objeto de este estudio.

Con la finalidad de neutralizar dichas diferencias, se ha realizado la comparativa normalizando la energía de todos los casos por unidad de superficie y tiempo; es decir kWh/m² año.

Conclusiones principales:

La energía asociada a la fase de uso de los edificios representa, muy notablemente, la mayor proporción de energía total utilizada durante toda la "vida" del edificio. Además se observa que existe una relación lineal entre la energía de uso y la total, válido para todos los casos estudiados, independientemente del clima y otras diferencias contextuales.

La proporción de energía asociada a los materiales utilizados en la construcción del edificio respecto al total de energía utilizada en la vida útil del mismo es superior en los edificios de bajo consumo energético que en los convencionales. En el primer grupo el porcentaje varía entre el 9% y el 46%, mientras que para los edificios convencionales dicho porcentaje está comprendido entre el 2% y el 38%.

[5] LIBRO

Detalles de la referencia:

Autores: S. Kotaji, S. Edwards, A. Schuurmans

Año de publicación: 2003

Título del libro: Life cycle assessment in building and construction. A state-of-the-art report

Lugar de publicación: Florida

Editorial: SETAC Press

ISBN: 1-880611-59-7

Principales temas y argumentos

Comparativa de los resultados obtenidos en distintos estudios realizados de Análisis de Ciclo de Vida de edificios situados principalmente en el centro y norte de Europa, donde el clima es bastante frío.

Se consideran estudios realizados a edificios de distintos usos: edificios residenciales, comerciales, administrativos, etc. Todos ellos con sistemas constructivos convencionales.

Se pretende cuantificar la proporción de energía asociada a cada fase; es decir, la energía asociada a la fabricación de los materiales que conforman el edificio y a su construcción, la asociada a la fase de uso del edificio y a la disposición final del mismo.

Metodología de la investigación:

Recopilación bibliográfica de distintos estudios realizados sobre edificios que cumplan los criterios anteriormente mencionados. La metodología empleada en los distintos estudios es ACV, ya que al estar esta metodología normalizada los resultados son comparables.

No obstante, los datos que se comparan son la proporción de energía asociada a cada fase en relación a la total del edificio de forma individualizada. Es decir, primero se obtiene el porcentaje asociado a cada fase para cada edificio y lo que posteriormente se compara entre distintos edificios son dichos porcentajes. Por tanto, es necesario que los estudios estén realizados con rigor científico pero las posibles divergencias existentes entre unos estudios y otros no suponen un problema para este caso de estudio porque no se comparan cantidades de energía absolutas sino relativas.

Conclusiones principales:

Los resultados obtenidos indican que el porcentaje de energía (respecto al total) correspondiente a la energía asociada a la fase de producción de los materiales y construcción del edificio varía entre el 10% y 20%, el porcentaje referido a la fase de uso del edificio oscila entre el 80% y el 90% mientras que la energía asociada a la disposición final del edificio representa el 1% de la energía utilizada durante toda la vida del edificio.

Por tanto, se concluye que, en esta zona geográfica, el mayor consumo de energía en los edificios se realiza durante la fase de uso de los mismos. Es decir, para garantizar las condiciones de habitabilidad en el interior de los edificios, así como para poder desarrollar las actividades que en ellos se lleva a cabo. Todo esto implica calefacción, refrigeración, renovación de aire, ACS, iluminación y uso de otros aparatos eléctricos.

Los autores indican la necesidad de hacer llegar estos estudios a la sociedad para que los usuarios de los edificios cambien sus hábitos de uso de los mismos, haciendo un uso más responsable y respetuoso con el medioambiente.

[6] CAPÍTULO DE LIBRO

Detalles de la referencia:

Autores: A. Cuchí, G. Wadel, F. Lopez, A. Sagrera

Año de publicación: 2007

Título del capítulo del libro: El sector residencial y el medio ambiente (Cap. 1)

Editores del libro: Fundación Gas Natural

Título del libro: Guía de la eficiencia energética para Administradores de Fincas

Lugar de publicación: Barcelona

Editorial: Fundación Gas Natural

ISBN: 978-84-611-4748-9

Principales temas y argumentos

Se analiza la repercusión de la edificación en el consumo de energía en España. Se diferencia entre la fabricación de los materiales con los que se construyen los edificios y la energía necesaria para mantener las condiciones de habitabilidad en el interior de los mismos así como para el desarrollo de las actividades en éstos. También se analiza la repercusión de la edificación en la emisión de contaminantes en nuestro país, determinada por la fabricación de materiales y el propio uso de las edificaciones.

Además también se dan consejos y pautas a seguir por los usuarios de los edificios para disminuir el consumo de energía en la fase de uso del mismo.

Metodología de la investigación:

Análisis de los datos referentes a consumo de energía y emisiones de gases contaminantes facilitados por distintos organismos: Instituto para la Diversificación y el Ahorro de la Energía (IDAE), Centro de Iniciativas para la Edificación Sostenible, Instituto de Tecnología de la Edificación de Cataluña. Estos datos se corresponden a las anualidades de 2005 y 2006.

Conclusiones principales:

La fabricación de los materiales necesarios para construir un metro cuadrado de nuestra edificación estándar puede suponer la inversión de una cantidad de energía equivalente a la producida por la combustión de más de 150 litros de gasolina. El uso de una vivienda estándar -en unas condiciones de uso habituales- puede suponer un consumo energético anual equivalente a la combustión de 1.000 litros de gasolina, del cual más de un 40% se destina a la consecución de las condiciones de habitabilidad.

En España, el uso de energía en la vivienda supone más del 15% del total del consumo de recursos energéticos, mientras buena parte del 9% usado por los servicios se consume en edificación, con lo que, considerando que parte del consumo industrial se dedica a la producción de materiales de construcción, obtenemos que en total, cerca de una tercera parte del consumo de energía en nuestro país está ligada directamente a la edificación.

Respecto a la repercusión de la edificación en la emisión de contaminantes, se concluye que la fabricación de los materiales para construir una vivienda implica la emisión de más de 50 toneladas de CO₂ a la atmósfera, casi media tonelada por cada metro cuadrado construido.

Ello significa que si se consideran las emisiones debido a la fabricación de los materiales que componen las 600.000 viviendas construidas en 2005 la cifra asciende a cerca de tres cuartos de tonelada de CO₂ por cada español.

Considerando el uso de energía en los más de 23 millones de viviendas existentes en nuestro país, las emisiones generadas superan la tonelada de CO₂ per cápita, con lo que, en conjunto, las emisiones ligadas a la edificación y uso de viviendas suponen cerca de un 20% del total de las emisiones producidas por nuestro país.

[7] ARTÍCULO DE REVISTA

Detalles de la referencia:

Autores: B. Nebel, B. Zimmer, G. Wegener

Año de publicación: 2006

Título: Cycle Assessment of Wood Floor Coverings – A Representative Study for the German Flooring Industry

Nombre de la revista: International Journal of Life Cycle Assessment

Volumen y número de emisión: Vol. 11, nº 3

Número de páginas: 172 – 182

ISSN: 0948-3349

Principales temas y argumentos

Cuantificación del impacto ambiental de distintos pavimentos de madera (tarima, entablado, adoquines de madera y parquet multicapa) fabricados en Alemania. El estudio es representativo de la industria alemana de pavimentos de madera, abarcando el 70 % de la producción total. El objetivo del estudio es analizar las fases de fabricación de estos productos que tienen un mayor impacto medioambiental para conseguir mejorar el proceso productivo y que la industria sea más respetuosa con medioambiente, utilizando los resultados como estrategia de máquetin.

Metodología de la investigación:

Realización de Análisis de Ciclo de Vida según la metodología regulada en la normativa ISO 14040- 14043 para las soluciones constructivas de pavimentos de madera anteriormente mencionados.

En el estudio se ha considerado el ciclo de vida completo, comenzando por la gestión forestal, la extracción, corte y fabricación del material último, acabado superficial y escenario de disposición final, considerando que al finalizar la vida útil del material se aprovecha para la generación de calor, quemando el mismo.

La unidad funcional seleccionada es 1m² de cada uno de estos materiales.

Las categorías de impacto consideradas son la demanda de energía primaria, GWP, AP, EP, ODP y POCP siguiendo el método CML 2000.

Conclusiones principales:

Los procesos que mayor impacto medioambiental tienen, y por tanto, presentan más posibilidades de reducción y mejora, es en los procesos de unión de las distintas capas de madera y acabado final. La elección del tipo de pegamento o cola, así como del barniz, son decisiones cruciales para mejorar el comportamiento medioambiental de este tipo de productos, existiendo un fuerte potencial de mejora en ambos aspectos ya que los productos utilizados actualmente son bastante contaminantes.

No se disponía de datos sobre productos con acabado encerado ni óleo, considerando oportuno la inclusión de dichos acabados en futuros estudios ya que se prevé que su impacto medioambiental puede ser bastante negativo.

[8] ARTÍCULO DE REVISTA

Detalles de la referencia:

Autores: I. Zabalza, A. Valero, A. Aranda

Año de publicación: 2011

Título: Life cycle assessment of building materials: Comparative analysis of energy and environmental impacts and evaluation of the eco-efficiency improvement potential.

Nombre de la revista: Building and Environment

Volumen y número de emisión: Vol. 46, nº 5

Número de páginas: 1133-1140

ISSN: 0360-1323

Principales temas y argumentos

Estudio comparativo entre los materiales más comúnmente utilizados en la construcción de edificios y algunos materiales ecológicos. Se pretende conocer las propiedades ambientales de dichos materiales, analizando la posibilidad de mejorar de los mismos. Con este estudio también se pretende orientar a los agentes de la construcción en la selección de materiales con criterios medioambientales, tanto para edificios de nueva construcción como para rehabilitación de edificios existentes.

Metodología de la investigación:

Realización de Análisis de Ciclo de Vida según la metodología regulada en la normativa ISO 14040:2006 e ISO 14044:2006, diferenciando entre los siguientes grupos de materiales de construcción:

- Ladrillos y baldosas cerámicas
- Materiales aislantes
- Cemento y hormigón
- Materiales de madera
- Otros materiales comúnmente utilizados (acero, aluminio, cobre, PVC, vidrio...)

La unidad funcional seleccionada es 1kg de cada uno de estos materiales.

Las categorías de impacto consideradas son la demanda de energía primaria (en MJ-eq) de acuerdo con el método CED, GWP (en kg CO₂-eq) de acuerdo con la metodología IPPC 2007, y la demanda de agua (en litros).

Conclusiones principales:

El impacto medioambiental de los materiales de construcción puede reducirse significativamente si se promueve el uso de las mejores técnicas disponibles (MTD) en las plantas de producción. Se deben aplicar criterios ecológicos, debiéndose sustituir las materias primas que provienen directamente de recursos naturales por residuos generados en otros procesos de producción, preferentemente disponibles en un área geográfica próxima.

Si las plantas de producción aplicaran estos criterios, se estimularía una competencia entre las mismas para conseguir productos más ecológicos, lo que supondría también impulsar el uso de las MTD en los distintos sectores.

[9] ARTÍCULO DE REVISTA

Detalles de la referencia:

Autores: G. Benveniste, C. Gazulla, P. Fullana, I. Celades, T. Ros, V. Zaera, B. Godes

Año de publicación: 2011

Título: Análisis de ciclo de vida y reglas de categoría de producto en la construcción. El caso de las baldosas cerámicas.

Nombre de la revista: Informes de la Construcción

Volumen y número de emisión: Vol. 63, nº 522

Número de páginas: 71 – 81

ISSN: 0020-0883

Principales temas y argumentos

Evolución de las actividades de Análisis de ciclo de vida (ACV) y redacción de las Reglas de Categoría de Producto (RCP) en los recubrimientos cerámicos del sector de la construcción.

Presentación de los resultados del estudio de ACV de las baldosas cerámicas a nivel sectorial que ha servido como base para la redacción de las RCP y la edición de Declaraciones Ambientales de Producto (DAP).

Desarrollo y mejora del producto y de su proceso de fabricación, planificando estratégicamente las mejoras.

Metodología de la investigación:

Se ha utilizado la metodología de Análisis de Ciclo de Vida para identificar, clasificar y cuantificar el impacto ambiental de las baldosas cerámicas (como material).

Se han definido los objetivos y alcance del ACV (la unidad funcional considerada es 1m² de superficie), se ha realizado el análisis del inventario obteniendo los datos de 56 empresas distintas del sector cerámico adheridas a ASCER, posteriormente se ha realizado la evaluación de impactos y finalmente se han interpretado los resultados obtenidos. Con la interpretación de resultados del ACV se han redactado las reglas de categoría de producto para materiales de recubrimiento cerámico.

Conclusiones principales:

El ACV a escala sectorial ha permitido evaluar el impacto ambiental total y de cada una de las fases del ciclo de vida de las baldosas cerámicas, concluyendo que la fase de fabricación es la que mayor impacto tiene. Esto es debido principalmente al consumo de gas natural en los procesos de cocción, secado por atomización y secado de las piezas conformadas, provocando una contribución del 71% sobre el indicador de Potencial de Calentamiento Global (PCG).

Valorando las posibles mejoras ambientales, se ha podido comprobar como el ahorro energético durante la fase de fabricación puede significar una reducción considerable en las emisiones de gases de invernadero.

Durante su fase de uso, la baldosa cerámica es un producto que no requiere consumos energéticos para su correcto funcionamiento, y su vida útil puede ser equivalente a la del edificio mismo. La única operación de mantenimiento es la limpieza, cuya frecuencia depende de los hábitos y el lugar de aplicación de la baldosa, influyendo considerablemente en el impacto del producto.

También cabe destacar la fase de transporte de las baldosas hasta el lugar de destino debido a su impacto significativo, aunque es claramente inferior a las fases de fabricación y uso. Se ha podido comprobar que en el caso de largas distancias y para transportar la misma cantidad de producto, el transporte terrestre tiene un impacto ambiental mayor que el marítimo.

[10] TESIS DOCTORAL

Detalles de la referencia:

Autor: V. Ibáñez-Forés

Año de publicación: 2013

Título de la tesis: Comunicación ambiental de producto en el ámbito de la Directiva de Emisiones Industriales. Aplicación al sector cerámico.

Lugar de publicación: Universitat Jaume I (Castellón de la Plana)

Principales temas y argumentos

Crear las bases para facilitar el análisis, mejora y comunicación del comportamiento ambiental de la baldosa cerámica, a lo largo de todo su ciclo de vida.

Se realiza la evaluación ambiental del ciclo de vida de la baldosa cerámica, se identifican las alternativas tecnológicas óptimas a implantar para mejorar dicho ciclo de vida y se configura una herramienta de comunicación ambiental para facilitar exponer el comportamiento ambiental de la baldosa y de su proceso de fabricación, así como para facilitar la adquisición de sistemas de certificado europeos a través de propuestas de mejoras tecnológicas óptimas para cada caso.

Metodología de la investigación:

La metodología empleada para analizar el comportamiento ambiental de las distintas etapas del ciclo de vida de la baldosa cerámica es el análisis de Ciclo de Vida (ACV).

Se ha realizado un Inventario de Ciclo de Vida (ICV) actualizado y representativo del sector cerámico, recopilando datos de más de 30 empresas distintas.

Para mejorar el comportamiento ambiental de todo el ciclo de vida de la baldosa cerámica se configura una metodología de evaluación y selección de Mejores Técnicas Disponibles (MTD) basada en la obtención de indicadores ambientales, económicos, técnicos y sociales, comparándolos desde dos perspectivas de resolución de análisis multicriterio.

También se desarrolla una herramienta de comunicación ambiental que permite emitir la Declaración Ambiental del Producto (DAP) de la baldosa cerámica así como el perfil ambiental y energético de la organización que la fabrica.

Conclusiones principales:

La herramienta de comunicación ambiental diseñada está adaptada al sector de fabricación de baldosas cerámicas. Esta herramienta ha sido validada mediante la aplicación a dos casos de estudio: el escenario medio español de fabricación de baldosas cerámicas y el escenario medio mejorado tras la aplicación de las MTD que la herramienta propone, para poder cumplir con los criterios ambientales exigidos por la Etiqueta Ecológica Europea (EEE).

Una vez incorporadas las MTD sugeridas por la herramienta, el escenario mejorado está en disposición de obtener la certificación comunitaria. Por tanto, puede afirmarse que la herramienta de comunicación ambiental diseñada es efectiva y ofrece una importante ayuda para la obtención de la EEE.

[11] ARTÍCULO DE REVISTA

Detalles de la referencia:

Autores: M. Traverso, G. Rizzo, M. Finkbeiner

Año de publicación: 2010

Título: Environmental performance of building materials: life cycle assessment of a typical Sicilian marble

Nombre de la revista: International Journal of Life Cycle Assessment

Volumen y número de emisión: Vol. 15, nº1

Número de páginas: 104-114

ISSN: 0948-3349

Principales temas y argumentos

Cuantificar el impacto medioambiental de un mármol típico de Sicilia (Perlato di Sicilia).

Existen dos áreas geográficas de donde se extrae dicho mármol (Carrara y Custonaci), analizando los productos extraídos en cada una de éstas áreas de forma independiente para comparar los resultados.

Además, también se distingue según la forma final del producto, pudiendo ser esta en forma de bloques o de losas.

Metodología de la investigación:

La metodología aplicada es ACV de acuerdo con la normativa ISO 14040/44, tanto para las baldosas como para los bloques.

Los datos para el inventario han sido tomados de una planta representativa de la región de Custonaci y de otra ubicada en la región de Carrara, según la producción de 4 meses.

Las fases consideradas en el ACV son: extracción, corte, transporte del producto acabado, transporte de los excedentes y transporte de los residuos generados.

La unidad funcional es 1m³ de bloque de mármol o de baldosas de mármol, respectivamente.

Las categorías de impacto consideradas son la demanda de energía, GWP, AP, EP, POCP siguiendo el eco-indicador CML-IA 2007.

Conclusiones principales:

La extracción del mármol en la zona de Custonaci resulta ser ligeramente más perjudicial para el medio ambiente que la extracción en la región de Carrara. La naturaleza de la piedra caliza y la tecnología empleada en ambas zonas es la misma, la diferencia estriba en que en Carrara se extrae más mármol en forma de bloque que en Custonaci, en donde la extracción en forma de losa es mayor, lo que conlleva mayores pérdidas de material y más cantidad de trabajo (corte, acabado superficial) realizado por m³ de material.

Los aspectos negativos cuya corrección permitiría mejorar el impacto medioambiental de dicho material son la gran cantidad de residuos generados durante la fase de extracción, el escenario de disposición final de los excedentes de corte y acabado y la ausencia de tratamiento de reutilización de agua en la propia planta. También sería muy conveniente reducir el consumo de energía.

[12] PONENCIA DE CONGRESO

Detalles de la referencia:

Autores: A.M. Pitarch, B. Sáez, J.J. Palencia

Año de publicación: 2010

Título de la ponencia: Comparativa de materiales en pavimentos y adecuación al uso

Nombre del congreso: Qualicer

Lugar del congreso: Castellón de la Plana

Principales temas y argumentos

Existe un número muy elevado de materiales en pavimentos cuyas propiedades están declaradas según unas normas armonizadas. Sin embargo, cada una de las normas de producto establece una serie de ensayos, valores de referencia o especificaciones diferentes según las características del material que se trate (cerámica, piedra, baldosas de cemento, madera, sintéticos...), lo que dificulta la comparación entre distintos materiales y productos.

Este estudio realiza un análisis de las distintas normas de productos aplicados a pavimentos interiores y exteriores, que permite determinar una relación de propiedades relevantes dependiendo del uso al que vaya a estar sometido el material y la posible comparación entre los mismos.

Metodología de la investigación:

Análisis de las distintas normativas europeas de aplicación a cada uno de los tipos de pavimentos, así como de los ensayos específicos que en cada una se detallan para establecer las distintas propiedades de los materiales.

Análisis de los posibles resultados de dichos ensayos estableciendo los valores que corresponderían a una misma clase o tipo según el material del que se trate. Para ello se ha distinguido entre las características mecánicas, la resistencia al deslizamiento y las características adicionales (durabilidad, dureza superficial, mantenimiento, reacción al fuego, etc.) de los distintos grupos de pavimentos.

También se comparan los precios de los distintos materiales para pavimento, tomando como base de referencia el precio de la cerámica.

Conclusiones principales:

Los materiales con mayor capacidad mecánica son la piedra natural y las baldosas de hormigón, seguidas de las baldosas cerámicas.

Los materiales con mayor resistencia al deslizamiento (sin sacrificar otras cualidades adicionales como las prestaciones higiénicas, el aspecto visual, etc.) son, con gran diferencia, las baldosas cerámicas.

Además, las prestaciones higiénicas (resistencia química, a las manchas, facilidad de limpieza) de las baldosas cerámicas hace que la durabilidad de éste material, en comparación con el resto, sea mucho mayor sin apenas mantenimiento.

El bajo coste de producción de las baldosas cerámicas, así como su reducido peso en comparación con otros materiales de prestaciones similares, hace que sea el material idóneo a utilizar si las exigencias de uso son elevadas.

[13] ARTÍCULO DE REVISTA

Detalles de la referencia:

Autores: G.M. Nicoletti, B. Notarnicola, G. Tassielli

Año de publicación: 2002

Título: Comparative Life Cycle Assessment of flooring materials: ceramic versus marble tiles

Nombre de la revista: Journal of Cleaner Production

Volumen y número de emisión: Vol. 10, nº 3

Número de páginas: 283-296

ISSN: 0959-6526

Principales Temas y argumentos

Comparar los impactos medioambientales de las baldosas cerámicas y de mármol, identificando el material con mejor comportamiento medioambiental y los aspectos a mejorar en ambos sistemas.

Se han elegido estos materiales porque no han sido analizados previamente y por la relevancia que ambos tienen en la economía italiana, país donde se realiza el estudio.

Metodología de la investigación:

La metodología utilizada es ACV, según la normativa ISO 14040.

La unidad funcional en ambos casos es 1m² de baldosa cerámica o de mármol, considerando para la primera una vida útil de 20 años mientras que para el mármol la vida útil considerada es de 40 años.

Los datos de inventario han sido tomados de una base de datos elaborada previamente con datos de las empresas productoras de distintos materiales de Italia, ASSOPIASTRELLE.

Las categorías de impacto consideradas son la demanda de energía primaria, ADP, GWP, ODP, HT, ECA, AP, POCP y NP.

En ninguno de los dos casos se ha considerado operación alguna de mantenimiento. En el caso de la cerámica, se ha supuesto la sustitución del material una vez para equiparar la duración de la vida útil con la del mármol.

Conclusiones principales:

El impacto medioambiental producido por las baldosas cerámicas es más del doble del impacto generado por el mármol (4.21E-12 vs 1.90E-12).

Las categorías de impacto más importantes en ambos sistemas son el calentamiento global (GWP), la toxicidad humana (HT) y la acidificación (AP), en dicho orden. En el caso del mármol las emisiones de gases que influyen en el calentamiento global son debidas principalmente al fuerte consumo de combustibles fósiles, mientras que en el caso de las baldosas cerámicas se deben al proceso de cocción del producto, que requiere grandes cantidades de energía, y a la elevada cantidad de contaminantes volátiles contenidos en la mezcla de materias primas, principalmente arsénico.

Los esfuerzos conseguir reducir el impacto medioambiental en el caso del mármol deben centrarse en mejorar la eficiencia de la tecnología en todo el sistema productivo en general, con la finalidad de reducir la energía utilizada.

En el caso de las baldosas cerámicas, se debe reducir el consumo de energía térmica y se debe investigar para conseguir reducir las emisiones de arsénico.

[14] ARTÍCULO DE REVISTA

Detalles de la referencia:

Autores: M. Vázquez

Año de publicación: 2001

Título: Construcción e impacto sobre el ambiente: el caso de la tierra y otros materiales

Nombre de la revista: Informes de la Construcción

Volumen y número de emisión: Vol. 52, nº 471

Número de páginas: 29 – 43

ISSN: 0020-0883

Principales temas y argumentos

Análisis de los estudios realizados para determinar el coste físico de la construcción, valorando los mismos positivamente. Se evalúa la energía y la materia incorporada por distintas funciones constructivas según el material empleado (tierra, acero, ladrillo, hormigón). Con todo ello se extraen algunas conclusiones acerca de las características de una futura construcción "sostenible".

Metodología de la investigación:

Se realiza una recopilación bibliográfica de los distintos estudios realizados sobre diferentes materiales constructivos, sintetizando y comparando la energía incorporada (expresada en kWh/kg de producto) para cada uno de éstos.

En el caso de la tierra, puesto que no existen estudios realizados, se procede a cuantificar la energía incorporada en 1 kg de bloque de tierra (adobe). Para ello, se tiene en cuenta la energía consumida en el proceso de extracción de áridos, en la adición de cemento, en la mezcla y compactación de la mezcla. Además, se le añade la energía imputada al transporte. Los datos de energía imputable en cada proceso son obtenidos de bases de datos o de estudios realizados por otros autores que pueden ser de aplicación al caso del bloque de tierra.

Conclusiones principales:

El porcentaje de energía incorporada de un material debido al transporte del mismo es relativamente alto, principalmente porque en muchos casos no se utilizan materias primas locales. Por ello, para reducir el impacto medioambiental de los mismos, resulta imprescindible tanto el uso de materias primas locales en la fabricación de productos como el posterior uso en los edificios de materiales de producción local.

Aunque el cálculo exacto de la energía incorporada en un material resulta muy costoso, pueden establecerse dos reglas cualitativas básicas de mucha ayuda para el diseñador: la presencia de componentes que exigen altas temperaturas en su fabricación o altos grados de pureza respecto a la composición media de la corteza terrestre (o ambas cosas a un tiempo) permiten vaticinar costes energéticos altos, por lo que resulta imprescindible evitar el uso de estos materiales.

No existen, ni existirán, materiales ecológicos. Incluso el uso de la madera puede ocasionar fortísimos impactos. La cualidad de ecológico, o de lo sostenible, puede predicarse de una cultura determinada, también de una cultura técnica.

El ritmo al que se construyen nuevas edificaciones actualmente resulta insostenible, por lo que el futuro, y presente, debe pasar por rehabilitar o reutilizar el parque edificatorio existente. Para que esto sea una realidad, es necesaria una radical reorientación de la política inmobiliaria e industrial de nuestro país (España).

[15] ARTÍCULO DE REVISTA

Detalles de la referencia:

Autores: V. Ibáñez-Forés, M.D. Bovea, A. Simó.

Año de publicación: 2011

Título: Life cycle assessment of ceramic tiles: Environmental and statistical analysis

Nombre de la revista: International Journal of Life Cycle Assessment

Volumen y número de emisión: Vol. 16, nº 9

Número de páginas: 916-928

ISSN: 0948-3349

Principales temas y argumentos

Realizar un Análisis de Ciclo de Vida de las baldosas cerámicas para identificar las las fases de la vida del producto que supone un mayor impacto medioambiental, así como los materiales y/o procesos que más influyen en dicho impacto.

Las fases diferenciadas son extracción de arcilla, atomización de la arcilla, producción de fritas y esmaltes, producción de las baldosas cerámicas, distribución, colocación/construcción y uso t tratamiento como residuos de la construcción.

Metodología de la investigación:

La metodología utilizada es ACV, siendo la unidad funcional considerada 1m² de baldosa cerámica con una vida útil de 20 años.

Los datos de inventario han sido tomados de los datos anuales de 35 empresas españolas cuya actividad se relaciona con las distintas fases anteriormente expuestas.

Las categorías de impacto consideradas son la demanda de energía primaria, GWP, AP, EP, ODP y POCP.

Los datos medioambientales obtenidos del ACV han sido sometidos a un análisis estadístico para modelizar la distribución del comportamiento ambiental del ciclo de vida de las baldosas cerámicas. También se han obtenido los intervalos de confianza de la media y la desviación estándar de los resultados obtenidos para cada categoría de impacto.

Conclusiones principales:

La fase del ciclo de vida de las baldosas cerámicas con mayor impacto medioambiental en todas las categorías de impacto es la fabricación de las baldosas cerámicas, seguida de los procesos de atomización de la arcilla y de la fase de distribución.

Existe una correlación lineal directa entre los resultados de las distintas categorías de impacto y el consumo de energía en estas tres fases del ciclo de vida de la baldosa. Además, el análisis estadístico asigna un nivel de confianza del 95% a los intervalos de la media y desviación estándar, lo que significa que los datos utilizados para el inventario son muy representativos, pudiendo ser utilizados en futuros estudios o como indicador de la representación de otros datos de inventario que se puedan tomar en dichos estudios.