

ANÁLISIS Y COMPARATIVA DEL CICLO DE VIDA DE DIFERENTES SOLUCIONES CONSTRUCTIVAS

AUTORA
Elisabeth Alegre Cortasa

DIRECTOR
Albert Castell Casol

Grado en Arquitectura Técnica



Escola Politècnica Superior – Universitat de Lleida





AGRADECIMIENTOS

Quisiera agradecer a todas las personas que han ayudado en la realización de este proyecto.

A mi tutor, por la propuesta de la temática, por llevar el seguimiento del trabajo y por su asesoramiento y comentarios. Gracias a él he conocido una parte de la sostenibilidad que desconocía y he sido capaz de afrontar este proyecto como un reto.

A mi familia, mi pareja y amigos, por su paciencia. Agradecer el cariño y el apoyo que he recibido durante todos estos meses.

ÍNDICE

1. OBJETIVO DEL TRABAJO	6
2. INTRODUCCIÓN A LA TEMÁTICA.....	7
2.1. Relación entre la eficiencia energética y la edificación	7
2.2. La necesidad de la rehabilitación sostenible.....	8
2.3. ACV como metodología.....	9
3. MARCO TEÓRICO	10
3.1. Historia del Análisis del Ciclo de Vida	10
3.2. Aspecto e Impacto ambiental.....	12
3.3. Tipos de estudio de ACV.....	13
3.4. Conceptos clave de ACV.....	14
3.5. Fases de un ACV.....	15
4. ACV EN EL SECTOR DE LA CONSTRUCCIÓN.....	22
5. MARCO NORMATIVO	25
6. CASO DE ESTUDIO A: CERRAMIENTOS OPACOS.....	27
6.1. Introducción	27
6.2. Descripción del sistema constructivo	27
6.2.1. Cálculos previos	27
6.2.2. Elección de soluciones constructivas base.....	31
6.3. Metodología ACV. Impacto ambiental.....	37
6.3.1. Definición del objetivo y alcance del estudio.....	37
6.3.2. Análisis del inventario	40
6.3.3. Justificación de datos de inventario.....	40
6.3.4. Inventario	43
6.4. Evaluación del impacto ambiental.....	51
6.4.1. Fachada Tipo 1	53
6.4.2. Fachada Tipo 2.....	56
6.4.3. Fachada Tipo 3.....	58
6.4.4. Fachada Tipo 4.....	61
6.5. Comparativa e interpretación de los resultados.....	64



7. CASO DE ESTUDIO B: CERRAMIENTOS OPACOS. COMPARACIÓN DE AISLANTES TÉRMICOS.....	66
7.1. Introducción	66
7.2. Descripción del sistema constructivo	66
7.2.1. Cálculos previos	66
7.2.2. Elección de soluciones constructivas.....	67
7.3. Metodología ACV. Impacto ambiental.....	71
7.3.1. Definición del objetivo y alcance del estudio.....	71
7.3.2. Análisis del inventario	74
7.3.3. Justificación de datos de inventario.....	74
7.3.4. Inventario	76
7.4. Evaluación del impacto ambiental.....	87
7.4.1. Fachada Tipo 1	89
7.4.2. Fachada Tipo 1-2	89
7.4.3. Fachada Tipo 1-3	91
7.4.4. Fachada Tipo 1-4	93
7.4.5. Fachada Tipo 1-5	96
7.4.6. Fachada Tipo 1-6	98
7.5. Comparativa e interpretación de los resultados.....	101
8. ANÁLISIS ECONÓMICO	103
8.1. Justificación de datos económicos	103
8.2. Obtención de resultados. Estudio A	104
8.2.1. Fachada Tipo 1	104
8.2.2. Fachada Tipo 2.....	104
8.2.3. Fachada Tipo 3.....	105
8.2.4. Fachada Tipo 4.....	105
8.3. Obtención de resultados. Estudio B	106
8.3.1. Fachada Tipo 1	106
8.3.2. Fachada 1-2	106
8.3.3. Fachada 1-3	107
8.3.4. Fachada 1-4	107
8.3.5. Fachada 1-5	108
8.3.6. Fachada 1-6	109



8.4. Comparativa e interpretación de los resultados.....	110
8.4.1. Caso de estudio A	110
8.4.2. Caso de estudio B	111
9. CONCLUSIONES	113
10. BIBLIOGRAFÍA.....	117
11. ANEXOS	118



1. OBJETIVO DEL TRABAJO

Con el presente trabajo se pretende realizar dos casos de estudio mediante la metodología del análisis del ciclo de vida. El primero de ellos tratará sobre diferentes sistemas o soluciones constructivas, mientras que el segundo estudio se centrará en una única solución constructiva, en la que se analizará el comportamiento de la misma con distintos aislantes térmicos.

La realización de ambos estudios permitirá hacer una comparativa de los mismos y determinar cuál de ellos es más eficaz, es decir, cual supone un mayor ahorro energético y un menor impacto medioambiental en el mundo de la edificación.

Además de la comparativa ambiental, se realizará una comparativa económica. Esto permitirá dar un paso más allá y establecer unas conclusiones más concisas debido a la cantidad de datos conocidos sobre soluciones constructivas concretas.

Con estudios de este tipo se consigue conocer mejor las propiedades de los materiales utilizados en la construcción y así poder diseñar edificios más sostenibles y con menor repercusión en el medio.

2. INTRODUCCIÓN A LA TEMÁTICA

2.1. Relación entre la eficiencia energética y la edificación

La eficiencia energética se puede definir como la reducción del consumo de energía manteniendo los mismos servicios energéticos, sin disminuir el confort y la calidad de vida, protegiendo el medio ambiente, asegurando el abastecimiento y fomentando un comportamiento sostenible en su uso. Este concepto trasladado a la edificación es lo que se conoce como calidad ambiental, y se basa en la relación entre la habitabilidad, los recursos consumidos y los residuos generados[1].

El sector de la construcción es clave en el consumo de energía y por eso se ha producido un cambio en el marco normativo, el cual implica la aparición de nuevos requerimientos en aspectos tales como aislamiento, iluminación, equipos de calefacción y climatización, etc.

Actualmente, se estima que la industria de la construcción es responsable del 50% de los recursos utilizados, el 40% del consumo de energía y del 50% del total de residuos generados. Es evidente que se debe implantar una estrategia de cambio en el planteamiento de la construcción hacia la construcción sostenible. El objetivo debería ser asegurar la calidad ambiental y la eficiencia energética de los edificios durante todo su ciclo de vida, desde su fase de diseño y construcción, hasta su fase de mantenimiento o derribo[2].

Por lo tanto, los objetivos de la eficiencia energética son la conservación y el ahorro energético. Pretende controlar la energía utilizada en el ambiente construido y en el entorno.

Uno de los mayores impactos ambientales que los edificios producen es el gasto energético. Se genera durante su fase de uso, y está relacionado con su acondicionamiento térmico.

Según datos del Instituto Nacional de Estadística, el 57% de las viviendas de España son anteriores a 1980. Todo este porcentaje de viviendas se construyó sin aislamiento térmico, ya que la primera normativa española que obligaba a colocar aislamiento térmico se publicó en 1979 (NBE-CT 79).

Instituto Nacional de Estadística. Censo de personas y viviendas de 2001										
	Viviendas unifamiliares	Viviendas plurifamiliares	TOTAL VIVIENDAS	Normativa aislamiento térmico	Total viviendas según aislamiento	Porcentaje	Viv. colectivas - residencial *	Locales + vivienda	Alojamientos	Otros edificios
Antes de 1900	767.656	554.412	1.322.068	Sin			2.684			
1900-1920	354.954	369.027	723.981	normativa			1.729			
1921-1940	405.196	498.539	903.735	que			1.877			
1941-1950	435.942	548.948	984.890	obligara a	14.564.870	57%	1.803			
1951-1960	679.882	1.305.565	1.985.447	poner			3.187			
1961-1970	761.201	2.910.774	3.671.975	aislamiento			7.068			
1971-1980	1.084.141	3.888.633	4.972.774				10.391			
1981-1990	1.096.051	1.781.978	2.878.029				4.506			
1991-2001	1.097.568	2.282.988	3.380.556				3.121			
2002	575.545		575.545							228.212
2003	690.206		690.206	NBE-CT-79	9.961.819	39%				273.940
2004	739.658		739.658							284.508
2005	786.257		786.257							301.973
2006	911.568		911.568							277.873
2007	688.851		688.851							198.772
2008	299.551		299.551	HE-CTE-2006	1.135.042	4%				124.797
2009	146.640		146.640							91.529
No aplica								83.590	3.143	
Total			25.661.731				36.366	83.590	3.143	1.781.604

* Hotel, convento, prisión, instituciones enseñanza, hospitales...

Fuente: *Instituto Nacional de Estadística: Censos de Población y viviendas 2001*[3].

Si se analizan estos datos, se llega a la conclusión de que intervenir en el parque edificado, sobre todo en las edificaciones anteriores al 1980, es una fuerte manera de reducir emisiones.

2.2. La necesidad de la rehabilitación sostenible

La construcción sostenible se basa en establecer estrategias para conseguir la habitabilidad teniendo en cuenta que todos los ciclos involucrados en el proceso estén cerrados.

El proceso de rehabilitación consiste en realizar un estudio del estado del edificio y, tras una intervención, mejorar y aumentar su durabilidad. En ocasiones, no siempre es posible mantener los elementos existentes ni es suficiente una restauración de los mismos. Es en este punto donde se debería aplicar el concepto de construcción sostenible en las rehabilitaciones, y no solamente aplicarlo a obra nueva.

Aplicar la sostenibilidad a la construcción significa utilizar materiales de bajo impacto ambiental o ecológico, propios del lugar en el que se edifica, o incluso reciclados. No



solo afecta a materiales, sino que también influye en otros aspectos como la gestión del agua, energía y residuos, además de la incidencia sobre la salud humana.

En vistas de la cantidad de edificios antiguos que existen en España, intervenir en ellos de una manera correcta no solo fomentaría la bioconstrucción, sino que lograría mejorar el rendimiento energético de los mismos. Se conseguiría implementar las energías renovables y universalizar la certificación energética de los edificios.

2.3. ACV como metodología

El análisis del ciclo de vida es una metodología cada vez más implantada. Consiste en un estudio desarrollado de los aspectos ambientales y los impactos potenciales a lo largo del ciclo de vida de un producto o de una actividad.

El ciclo de vida de un producto considera su historia, desde su origen como materia prima hasta el punto final, en el que se convierte en residuo. Para ello, deben tenerse en cuenta todas las fases intermedias, tales como transporte, preparación y manufacturación, uso, etc.

En un ACV completo se atribuyen a los productos analizados todos los efectos ambientales derivados de su uso o consumo, así como los derivados del fin de vida cuando ya no se puede utilizar.

La complejidad del ACV requiere de un protocolo, motivo por el cual se implantó una normativa para estandarizar el proceso. Además, en los últimos años se han desarrollado numerosos programas informáticos para facilitar su cálculo. La mayoría de estos programas incluyen bases de datos de inventarios públicos.

En resumen, la metodología del ACV consiste por tanto en un tipo de contabilidad ambiental en la que se cargan a los productos los efectos ambientales adversos, debidamente cuantificados, generados a lo largo de su ciclo de vida.

3. MARCO TEÓRICO

3.1. Historia del Análisis del Ciclo de Vida

- **Inicios del ACV. Concepción y estandarización**

1970-1990: Décadas de concepción

Se considera que el ACV tiene sus orígenes entre finales de los años sesenta y principios de los setenta, cuando se llevaron a cabo diversos estudios energéticos en los que se valoraba la eficiencia de determinadas fuentes de energía, motivados fundamentalmente por la crisis del petróleo.

Uno de los primeros estudios que cuantificó las cargas de emisión, así como la exigencia de recursos fue realizado para la empresa de Coca-Cola en 1969, pese a que no se publicó. Una continuación de este estudio conducido por el mismo instituto MRI (Midwest Research Institute) para la Agencia de Protección Ambiental de EE.UU en 1974, junto con otro similar en Suiza, marcaron el principio del desarrollo del ACV tal y como se conoce hoy en día. El estudio se basó en un sistema de análisis de la producción en cadena, investigando los productos “from cradle to grave”.

Así pues, estas dos décadas supusieron el primer contacto con la metodología, pese a una extensa diferencia entre terminologías y resultados, debido a una falta de criterio conjunto en cuanto a la ciencia internacional. Obtener resultados tan extremadamente diferentes, pese a que los objetivos de varios estudios fueran los mismos, hizo pensar en aceptar un método común y aplicar herramientas analíticas.

1990-2000: Década de estandarización

En esa década se produjo un importante crecimiento en cuanto al interés científico en la metodología, además de la coordinación de actividades en todo el mundo, siendo América del norte y Europa las ramas principales. Esto se vio reflejado en la cantidad de informes publicados y en el número de guías sobre el ACV que se produjeron.

El SETAC¹ “Code of Practice” fue uno de los marcos de referencia en cuanto a la armonización de la metodología. Luego apareció la ISO, que se involucró con el desarrollo del ACV en el año 1994, formalizando la estandarización con el desarrollo de los primeros documentos legislativos.

¹ SETAC son las siglas en inglés de la Sociedad de toxicidad ambiental y química.



- **Implantación del ACV (2000-2010). Década de elaboración**

A principios de esta década y en vistas del crecimiento de atención que se estaba generando, se desarrolló un documento conocido como “Life Cycle Initiative”. Éste tenía por objeto poner en práctica el pensamiento del ciclo de vida y mejorar las herramientas de soporte, con el fin de obtener unos resultados e indicadores más válidos.

En cambio, mientras la demanda de informes de ACV crecía, se produjo un retroceso a las décadas anteriores ya que aparecieron otra vez varias formas de desarrollar la metodología. Debido a que la ISO nunca concretó en detalle la estandarización, aparecieron desacuerdos en su interpretación.

Con la publicación de nueva documentación, surgió la necesidad de estructurar los diversos procesos, además de tener en cuenta otros factores, como por ejemplo los impactos sociales y económicos. Así pues, se actualizó la legislación existente hasta entonces, que incluso sustituyó y eliminó algunos de los documentos en vigor.

- **ACV en la actualidad (2010-2020). Década del ACV sostenible**

Este nuevo marco de referencia tiene como principal objetivo no sólo el análisis del ciclo de vida, sino también conocer los impactos ambientales que éste genera tanto en la sociedad como en el planeta.

Pasan a tener más importancia aspectos como la relación del producto con el sector para el cual se diseña, o incluso la relación con la economía. Así pues, se crea una ampliación del ya implantado ACV, conocido como “Análisis de Sostenibilidad del Ciclo de Vida”. El ASCV trabaja con una gran cantidad de modelos y guías, eligiendo la mejor en cuanto a aspectos de sostenibilidad.

A pesar de todo, aunque es totalmente compatible con la descripción establecida en la legislación², no deja de ser una significativa desviación de la metodología tradicional ACV[4].

Por último, remarcar que se han ido implantado diferentes herramientas de trabajo para el desarrollo de los estudios ACV. Varias de ellas son:

- Lyfe Cycle Assessment (LCA)
- Lyfe Cycle Costing (LCC)

² Según la ISO, “no existe un método único para desarrollar un estudio ACV”.

- Social Life Cycle Assessment (SLCA)
- Eco-labelling
- Design for the Environment (DfE)

3.2. Aspecto e Impacto ambiental

Aspecto ambiental

Los aspectos ambientales de un producto son aquellos elementos del mismo que pueden interactuar con el medio ambiente. Al ser el producto el que posee estos elementos, en el estudio hay que analizar todo el ciclo de vida.

Las categorías de aspectos ambientales de un producto son las mismas que las generadas por la propia actividad. La única diferencia es que se debe pensar también en las generadas en todas las etapas de su ciclo de vida.

La identificación y evaluación de los aspectos ambientales ofrece una visión completa del producto en todas sus etapas. Ello permite identificar aquellos aspectos que son significativos, ya que es sobre ellos sobre los que más atención deberá prestarse.

Algunos de los aspectos ambientales más comunes que un producto o sistema puede generar, son los siguientes:

- Consumo de materiales
- Consumo de agua
- Consumo de energía
- Utilización de sustancia tóxicas
- Emisiones atmosféricas
- Vertidos líquidos
- Residuos
- Contaminación del suelo
- Ruido
- Olores

Impacto ambiental

El impacto ambiental de un producto supone cualquier cambio que éste genere en el medioambiente, resultante de los aspectos ambientales del mismo. El objetivo de la



identificación de los aspectos ambientales es minimizar, a su vez, los impactos ambientales negativos.

Algunos de los impactos ambientales más comunes generados por los productos son:

- Agotamiento de recursos naturales
- Reducción de la capa de ozono
- Efecto invernadero
- Contaminación del agua y del suelo
- Lluvia ácida
- Contaminación del aire o “smog químico”

3.3. Tipos de estudio de ACV

Existen diferentes tipos de ACV dependiendo del enfoque y de la aplicación que se le vaya a dar. A continuación, se describen de manera esquematizada diferentes clasificaciones[5]:

- Descriptivo: con carácter solo informativo (ej: para marketing, diseño de un nuevo producto, etc.).
- Comparativo: comparación entre productos o con un estándar entre las versiones antigua y nueva, para conseguir una eco-etiqueta o simplemente para la mejora del producto.
- De predicción: para ayudar en la decisión de un cambio de materias primas o de fuentes de suministro, para apoyar la definición de nuevas estrategias de producto, etc.

- Atribucional: describe el comportamiento ambiental de un producto a lo largo de su ciclo de vida.
- Consecuencial: describe los efectos que pueden provocar cambios en el ciclo de vida del producto.



- ACV “from cradle to grave”: incluye todas las etapas del ciclo de vida del producto, desde la extracción de materias primas hasta la gestión de los residuos de fin de vida.
- ACV “from cradle to gate”: incluye únicamente las etapas de extracción, procesado y transporte de materias primas y fabricación del producto (hasta la puerta de la fábrica).
- ACV “from gate to gate”: incluye únicamente las etapas de producción.

3.4. Conceptos clave de ACV

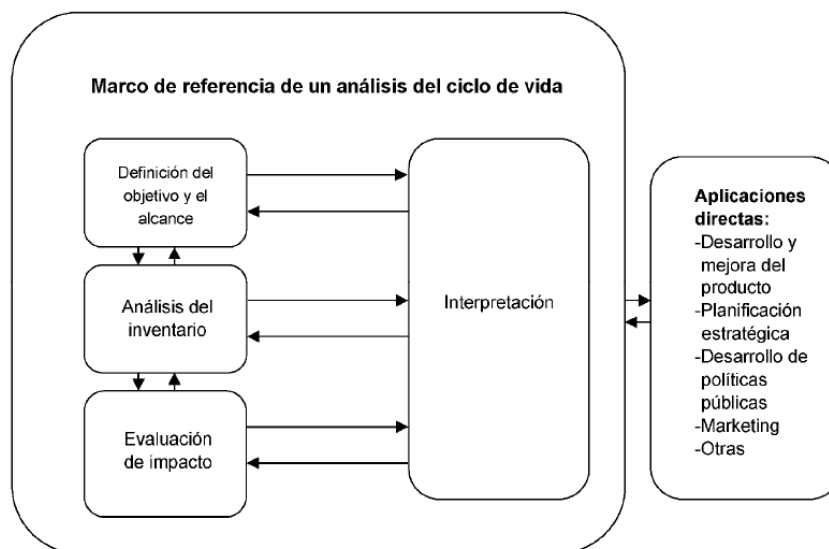
La norma UNE-EN ISO 14040 define los siguientes conceptos.

- Ciclo de vida: etapas consecutivas e interrelacionadas de un sistema del producto, desde la adquisición de materia prima o de su generación a partir de recursos naturales hasta la disposición final.
Este concepto ayuda a comprender de una manera global las implicaciones ambientales de los servicios requeridos por la sociedad. Pone en evidencia que el alcance de la responsabilidad ambiental va más allá del producto, y que abarca todo su ciclo de vida.
- Unidad funcional: desempeño cuantificado de un sistema del producto para su uso como unidad de referencia.
Es decir, el objetivo de la unidad funcional es ser la referencia para todas las entradas y salidas del sistema de estudio. Fijar una sola unidad para desarrollar la metodología permite valorar y comparar de manera objetiva todos los impactos generados.
Se debe elegir la unidad funcional que mejor describa el sistema, en función del objetivo y el alcance del estudio.
- Enfoque ambiental e impacto: el ACV trata los aspectos e impactos ambientales de un sistema del producto. Los aspectos e impactos económicos y sociales, generalmente están fuera de su alcance.
Es importante tener en cuenta que, en muchas ocasiones, una modificación en el diseño de un producto, cuyo objetivo es reducir el impacto ambiental de un determinado aspecto del mismo, puede generar otro nuevo aspecto ambiental en esa misma etapa u otra diferente del ciclo de vida.

Es decir, esto supone que pese a incluir una mejora en alguno de los aspectos, se pueden generar otros incluso más importantes que el inicial. Esto es lo que se denomina traslado del impacto y la mejor manera de evitarlo es evaluar las consecuencias de las modificaciones del diseño en cada una de las etapas de vida.

3.5. Fases de un ACV

Las normas UNE-EN ISO 14040 y 14044 definen cuatro fases diferenciadas pero, a la vez relacionadas entre sí, que deben llevarse a cabo en cualquier ACV.



Fuente: UNE-EN ISO 14040:2006

A) Definición del objetivo y el alcance del estudio

Esta fase debe incluir tanto la definición exacta del tema a tratar como el alcance y profundidad del estudio, para determinar con qué propósito se utilizarán los resultados obtenidos y las conclusiones extraídas. Esta primera etapa sirve para organizar la totalidad del estudio y como referencia para la expresión de los resultados y conclusiones. Debe incluso especificar la audiencia y destinatario a la que se dirige el estudio.

En cuanto al alcance, pretende conocer inicialmente, aunque no de forma definitiva, la magnitud del estudio, es decir, los límites del sistema. Asimismo, se define la unidad funcional.



Se debe especificar, de forma clara y concisa, todas aquellas premisas y limitaciones que vayan a ser consideradas en el estudio, las técnicas que se pretenda utilizar para la obtención de resultados, los requisitos de calidad, etc.

Descripción del alcance de un informe sobre ACV
<ul style="list-style-type: none">▪ El sistema del producto a estudiar▪ Las funciones del sistema estudiado▪ La unidad funcional▪ Los procedimientos utilizados en la asignación de cargas▪ Los tipos de impacto y la metodología usada en la fase de evaluación de impacto▪ Los requerimientos de los datos y su calidad▪ Las hipótesis planteadas▪ Las limitaciones▪ Si habrá revisión crítica y de qué tipo▪ El tipo y el formato del informe con que se presentará el informe
<p style="text-align: center;"><i>Fuente: Fullana, P. Análisis del ciclo de vida</i></p>

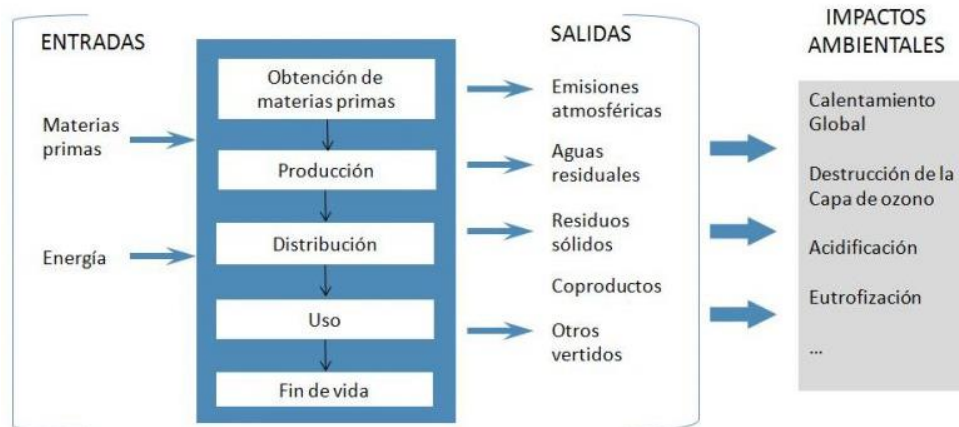
Es posible que algunos procesos y flujos que inicialmente se excluyen de los límites del sistema en el ACV, deban incluirse después y viceversa. También puede suceder que los plazos de tiempo y las categorías de impacto considerados inicialmente deban ser revisados cuando hay más información disponible. Tanto el objetivo como el alcance pueden ser redefinidos o ajustados a lo largo del estudio, en función de los resultados obtenidos a lo largo del mismo

B) Análisis del inventario

Esta fase consiste en la obtención de datos y los procedimientos de cálculo para la cuantificación de las entradas y salidas del sistema en estudio (unidad funcional), entre las que pueden incluirse todas o algunas de las siguientes:

- Uso de recursos (materias primas y energía)
- Emisiones a la atmósfera
- Suelo y aguas
- Generaciones de residuos

Las etapas a cuantificar para realizar el inventario y que componen el ciclo de vida del producto o proceso analizado, se muestran en el siguiente esquema:



Fuente: <http://www.construction21.org/espana/community/pg/pages/view/549/>

La realización de un análisis de inventario es un proceso iterativo. A medida que se recopilan los datos y se aprende más sobre el sistema, se pueden identificar nuevos requisitos o limitaciones, que requieran cambios en los procedimientos de recopilación de datos.

La recopilación de datos es la fase del ACV que más recursos consume. Una correcta documentación de esta tarea asegura la calidad de los resultados y permite su reutilización posterior. Los datos obtenidos en esta fase son el punto de partida para la Evaluación de Impacto. Siempre que sea posible, es recomendable utilizar datos directamente obtenidos del proceso en estudio, a través de medidas "in situ", balances de materia y energía, fuentes bibliográficas, etc.

Además de los datos cuantificados, y con el fin de dar una visión global del producto o proceso, la fase de inventario debe incluir:

- Diagramas de flujo sobre el sistema de estudio, así como las relaciones existentes dentro del mismo
- Descripción detallada de cada unidad de proceso
- Listado de las unidades de medida de cada parámetro
- Descripción de los métodos utilizados para la toma de datos y de las técnicas de cálculo
- Listado de fuentes documentales

C) Evaluación del impacto ambiental

En esta fase se lleva a cabo la asignación del potencial impacto ambiental que tienen los resultados obtenidos en la fase anterior sobre la salud humana y el medio



ambiente. El nivel de detalle, la selección de los impactos evaluados y la metodología utilizada deben haberse definido en la primera fase, ya que es una fase en la que puede aparecer subjetividad.

Las etapas que forman la evaluación del impacto son:

- Clasificación

Consiste en el agrupamiento de las cargas ambientales debidas al consumo de recursos y a la generación de emisión y residuos, en función de los potenciales efectos ambientales que produce cada una de ellas.

- Caracterización y análisis técnico de significancia (normalización)

Es el cálculo de la contribución potencial de cada compuesto detectado en el análisis de inventario. La normalización es necesaria debido a que los valores que se obtienen durante la caracterización están expresados en diferentes unidades. Así, es posible su comparación e interpretación.

- Valoración

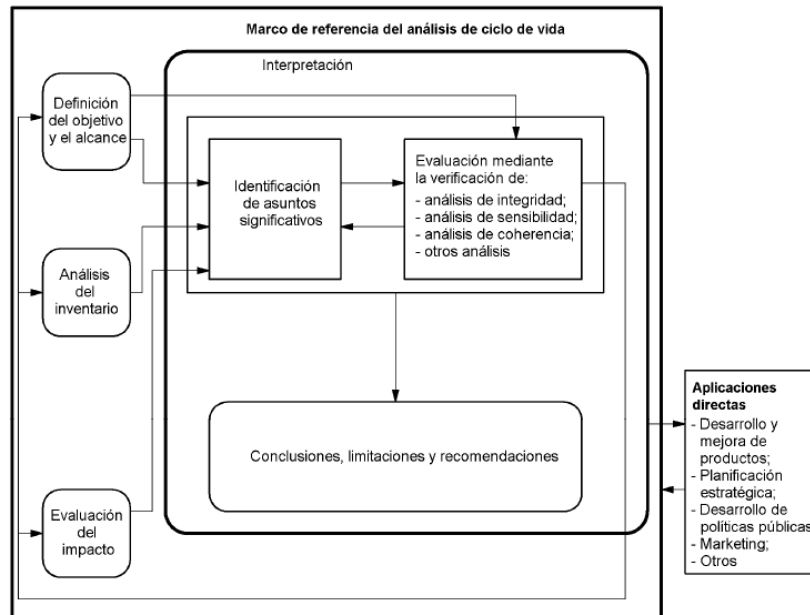
El objetivo consiste en determinar qué efecto causa el menor impacto teniendo en cuenta el ciclo de vida completo.

Las cargas ambientales obtenidas en el inventario se transforman en sus impactos o efectos en el medio ambiente a través de las etapas de clasificación y caracterización, y son ponderadas según su importancia relativa en la etapa de valoración. Existen dos grandes métodos en función del lugar en que se sitúan los indicadores de las categorías en la cadena causa-efecto. Por un lado, están los que se enfocan directamente sobre el problema y consideran los efectos intermedios. Este método recibe el nombre de *midpoint*. Por el contrario, está el método *endpoint*, orientado en el daño y basado en analizar el último impacto ambiental[6].

Esta etapa supone la principal diferencia entre esta metodología y otras técnicas de análisis ambiental. Un estudio ACV no pretende cuantificar un determinado impacto actual relacionado con el producto o proceso analizado, sino que su finalidad es establecer una relación entre dicho sistema y sus potenciales efectos ambientales, considerados de forma global.

D) Interpretación de resultados

Esta fase es la combinación de los resultados del análisis del inventario y de la evaluación de impacto. La fase de interpretación debe proporcionar resultados coherentes con el objetivo y el alcance definidos, que lleguen a conclusiones, expliquen las limitaciones y proporcionen recomendaciones.



Fuente: UNE-EN ISO 14044:2006

Uno de los objetivos de la fase de interpretación es identificar los aspectos significativos, es decir, principalmente dar a conocer cuáles son las etapas del ciclo de vida y los procesos unitarios o grupos de procesos. Para ello, se realiza una evaluación de acuerdo con el objetivo y alcance del estudio, mediante las siguientes técnicas definidas en la norma UNE-EN ISO 14044:

- **Análisis de integridad**

Con este análisis se pretende asegurar que toda la información y los datos necesarios para la interpretación están disponibles y completos en el estudio.

Si falta información para determinar los asuntos significativos, es necesario reexaminar las etapas previas y ajustar la definición del objetivo y alcance.



- Análisis de sensibilidad

Su objetivo es evaluar la confiabilidad de los resultados y conclusiones finales. El nivel de detalle en la verificación depende principalmente de los hallazgos en el análisis del inventario y de la evaluación de impacto.

- Análisis de coherencia

Tiene como objetivo determinar si las suposiciones, métodos y datos seleccionados son coherentes con el objetivo y alcance del estudio, y a lo largo del ciclo de vida del producto.

La norma recomienda complementar estas verificaciones con los resultados de los análisis de incertidumbre y los análisis de la calidad de datos.

Además de estas cuatro fases descritas anteriormente, existen dos etapas más que, aunque no se incluyan en las fases de desarrollo de la metodología ACV, sí son un punto importante en todos los estudios.

Elaboración del Informe

El informe es el documento que se publica tras la finalización del estudio. Se debe informar sobre los resultados y las conclusiones del mismo de manera veraz, completa y con exactitud, adecuados para el público previsto.

Según las normas de referencia, un informe eficaz debe tratar y estar estructurado según las diferentes fases del estudio en consideración. El tipo y formato del informe se define en la fase de objetivo y alcance, y variará según el público al que se destina.

Revisión crítica

La revisión crítica aparece como un requerimiento según la norma UNE-EN ISO 14040, especialmente cuando un estudio ACV tiene fines comparativos. Consiste en un proceso para verificar los siguientes aspectos:

- La metodología empleada en el análisis es consistente con la descrita en la normativa
- Los métodos utilizados son científica y técnicamente validos
- Los datos son razonables y acordes con el objetivo del estudio



- Las interpretaciones reflejan las limitaciones identificadas y el objetivo del estudio
- El informe es claro y transparente

Además de establecer el objetivo de esta etapa, la Norma especifica tres tipos de revisión posibles. Éstas se diferencian por el responsable asignado de su realización, cuya selección depende del objetivo del análisis realizado. Son las siguientes:

- Revisión por experto interno
- Revisión por experto externo
- Revisión por un panel de partes interesadas

Los comentarios hechos en esta etapa por los encargados de la misma deben ser incluidos en el informe final.

4. ACV EN EL SECTOR DE LA CONSTRUCCIÓN

El fuerte desarrollo sufrido por el sector de la construcción y la demolición durante las dos últimas décadas ha venido acompañado e influenciado por el creciente interés y aumento de la sensibilidad que la sociedad ha experimentado con aspectos de impacto medioambiental.

Debería considerarse como imprescindible que el sector de la construcción llegue a ser sostenible en un futuro próximo. Para ello ha de estar basado no solo en la correcta gestión de residuos y conservación de la energía, sino también en el uso sostenible de los recursos naturales. Estos factores han derivado en el desarrollo de diferentes normativas cuyo objetivo es reducir el impacto de este sector, sin que por ello se reduzcan las prestaciones del edificio.

Uno de los aspectos claves del proceso constructivo es el diseño del edificio, ya que durante esta fase se deben tomar múltiples decisiones que afectan al resultado final y así mejorar los aspectos medioambientales.

Existen bases de datos de materiales de construcción sostenibles, pero la forma en la que se obtiene la puntuación medioambiental en estas bases de datos no está basada en ningún método científico totalmente aceptado. Además, los materiales son estudiados como elementos individuales, y no como elementos que trabajan conjuntamente para realizar una cierta función en una solución constructiva. Esto podría derivar una decisión errónea al escoger un material que por sí solo tiene un buen comportamiento ambiental, pero que requiere la utilización de otros materiales más perjudiciales para formar parte de una solución constructiva. Esto se debe a que el impacto medioambiental de un sistema constructivo no solo depende de los materiales de los que se compone, sino también del proceso de construcción, transporte hasta la obra, vida útil de los materiales, mantenimiento, etc[7].

Así pues, la metodología del ACV es una de las más idóneas para el sector de la construcción. Esto se debe a que se centra en analizar y evaluar el ciclo de vida completo de productos o procesos, con la finalidad de exponer los aspectos e impactos ambientales potenciales. Como ya se ha descrito anteriormente, para realizar un estudio ACV se tienen en cuenta las entradas (inputs) y las salidas (outputs). Así pues, las etapas a tener en consideración para los inputs de los productos de construcción son:



- Extracción de materias primas

Esta fase incluye la recogida, explotación de minas o canteras, deforestación y el transporte de materias primas.

- Fabricación

Incluye la energía y las emisiones asociadas a la fabricación de los productos de construcción utilizados, incluyendo el embalaje y posibles transportes asociados.

- Puesta en obra

Incluye el transporte de los productos de construcción desde la fábrica hasta los distribuidores y, de éstos a obra, así como la energía y recursos consumidos durante la ejecución de cada una de las soluciones constructivas que conformarán el edificio.

- Ocupación / mantenimiento

También llamada “fase de uso” o “fase operacional”. Esta fase tiene en consideración funciones como las de calefacción, refrigeración, iluminación, uso de agua, etc. Es decir, se tiene en cuenta el gasto energético que supone tener el edificio en condiciones de confort. Además, se tiene en cuenta también la utilización de productos de mantenimiento como pinturas, barnices y otros tipos de acabados.

- Demolición

Esta fase marca el final de la vida del edificio. Incluye la energía y recursos consumidos durante su demolición, y los transportes asociados.

- Reciclado / reutilización / retirada

Esta fase incluye el tratamiento que reciben los materiales de construcción después de la demolición, como reciclado, reutilización, retirada a vertedero o incineración, así como el procesador y transporte asociados.

Finalmente, remarcar que la fase de uso o de ocupación es la etapa que más impactos medioambientales genera, ya que es cuando existe un mayor consumo de energía. Como conclusión a este apartado, añadir que este aspecto debería tenerse en cuenta



y verse reflejado en los sistemas constructivos, marcando especial atención en la envolvente térmica del edificio.



5. MARCO NORMATIVO

Existen una serie de normas que son de aplicación directa para la metodología del ACV. Estas normas, de alcance internacional, son:

- ISO 14040:2006. Gestión ambiental. Análisis del ciclo de vida. Principios y marco de referencia.
- ISO 14044:2006. Gestión ambiental. Análisis del ciclo de vida. Requisitos y directrices.

Estas normas, a su vez, anularon y sustituyeron a la ISO 14040:1998, ISO 14041:1999, ISO 14042:2001 e ISO 14043:2001.

La norma UNE-EN ISO 14040 define el análisis del ciclo de vida como una técnica que permite la recopilación y evaluación cuantitativa de los aspectos medioambientales y los potenciales impactos asociados a un determinado producto. Por tanto, el principal objetivo de estas dos normas es estandarizar este proceso, definiendo exhaustivamente las fases a seguir para desarrollar la metodología.

También existen documentos técnicos para ayudar a la elaboración de estudios ACV, como son:

- ISO/TR 14047:2012. Gestión ambiental. Análisis del ciclo de vida. Ejemplos ilustrativos sobre cómo aplicar la ISO 14044.

→ *Sustituye a ISO/TR 14047:2003*

- ISO/TR 14048:2002. Gestión ambiental. Análisis del ciclo de vida. Formato de documentación de datos.

→ *Revisada y confirmada en 2013*

- ISO/TR 14049:2012. Gestión ambiental. Análisis del ciclo de vida. Ejemplos ilustrativos sobre cómo aplicar la ISO 14044 para definir el objetivo, alcance y análisis de inventario.

→ *Sustituye a ISO/TR 14049:2000*

Además de las normas que hacen referencia directa a la metodología ACV, existen otras relacionadas con la gestión y calificación ambiental. De acuerdo con la ISO (*International Organization for Standardization*), y apoyados por la Agenda de la Construcción Sostenible, se han desarrollado las ecoetiquetas con el objetivo de

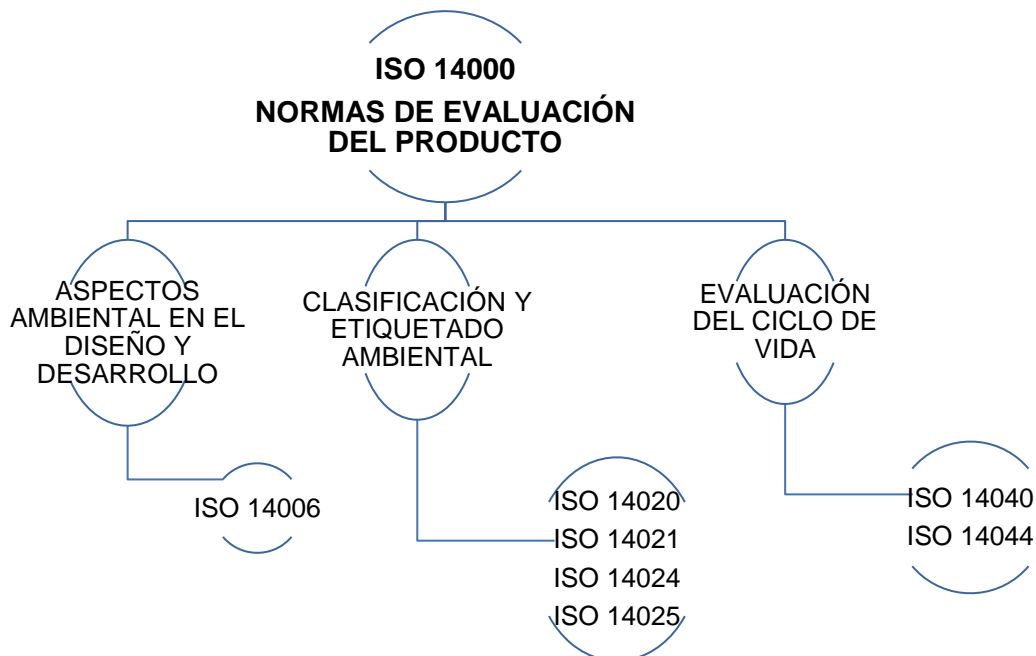
calificar los productos y promover la demanda de aquellos que tengan menor impacto ambiental asociado.

La normativa de referencia es:

- ISO 14020:2000. Etiquetas ecológicas y declaraciones ambientales. Principios generales.
- ISO 14021:2016. Etiquetas ecológicas y declaraciones medioambientales. Autodeclaraciones medioambientales (Etiquetado ecológico Tipo II).
- ISO 14024:1999. Etiquetas ecológicas y declaraciones medioambientales. Autodeclaraciones medioambientales (Etiquetado ecológico Tipo I).
- ISO 14025:2006. Etiquetas ecológicas y declaraciones medioambientales. Autodeclaraciones medioambientales (Etiquetado ecológico Tipo III).

Todas estas normas pertenecen a la familia ISO 14000. Se refieren a la gestión ambiental aplicada a la empresa, cuyo objetivo consiste en estandarizar la forma de producir y prestar servicios, de manera que protejan al medio ambiente y aumentando así la calidad del producto.

A continuación se presenta un cuadro resumen que engloba el marco general de la familia de normas ISO 14000.





6. CASO DE ESTUDIO A: CERRAMIENTOS OPACOS

6.1. Introducción

Cuando se habla de la envolvente térmica, se equipara con la “piel del edificio”. Compuesta de cada cerramiento, delimita los espacios habitables con el exterior, ya sea el aire exterior, el terreno o bien otro edificio adosado. Su principal función es actuar como membrana de protección, ofreciendo control tanto térmico como acústico en referencia al exterior. De su continuidad dependerá en gran medida el confort interior del edificio. En cuanto a sus características, éstas tendrán una especial relevancia para el comportamiento energético del edificio.

La envolvente térmica de los edificios se compone de todos los cerramientos, horizontales y verticales, los huecos, y los puentes térmicos del edificio. Los principales elementos que la definen son los suelos, las cubiertas y las fachadas.

Estos tres elementos se definen como sistemas constructivos, entendiéndose como tal un conjunto de elementos bien organizados entre sí. Para este estudio nos centraremos en las fachadas. Este tipo de elemento constituye a los cerramientos exteriores en contacto con el aire y cuya inclinación sea vertical. Las fachadas se componen básicamente de partes opacas y partes transparentes y permeables, en diferentes grados de practicabilidad[8].

Los cerramientos opacos son los encargados de proteger el espacio habitable de los agentes externos tales como el frío, el calor, el agua o el sonido. Una de las características más importantes de estos cerramientos es su masa térmica, que será decisiva para definir la inercia térmica del edificio. También se tendrá en cuenta la permeabilidad al aire, en función de, por ejemplo, la mayor o menor presencia de elementos poco estancos, su composición, la existencia o no de una cámara de aire, etc.

6.2. Descripción del sistema constructivo

6.2.1. Cálculos previos

Para poder definir estas soluciones constructivas como “soluciones base”, ha sido necesario realizar el cálculo previo de sus respectivas transmitancias térmica. Este paso permite hacer que las soluciones sean comparables entre sí, pues para ello deben tener las mismas prestaciones.



Para realizar este cálculo, se han tenido en cuenta los criterios establecidos en el DB-HE y, concretamente, al DA DB-HE/1. Este documento establece los criterios para el cálculo de las transmitancias térmicas en cerramientos en contacto con el aire exterior.

Así pues:

“La transmitancia térmica U [$W/m^2 \cdot K$] viene dada por la siguiente expresión:

$$U = \frac{1}{Rt}$$

Siendo,

Rt: resistencia térmica total del componente constructivo [$m^2 \cdot K/W$]

La resistencia térmica total Rt de un componente constituido por capas térmicamente homogéneas se calcula mediante la siguiente expresión:

$$Rt = Rsi + Rn + Rse$$

Siendo,

Rsi y Rse: resistencias térmicas superficiales correspondientes al aire interior y exterior respectivamente.

Rn: resistencias térmicas de cada capa definidas según la expresión $R = \frac{e}{\lambda}$

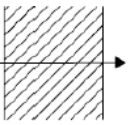
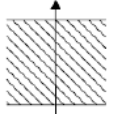
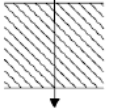
Donde,

e: espesor de la capa [m].

λ : conductividad térmica de diseño del material que compone la capa”.

De la siguiente tabla se obtienen los valores establecidos de Rse y Rsi.

Tabla 1 Resistencias térmicas superficiales de cerramientos en contacto con el aire exterior en $m^2 \cdot K/W$

Posición del cerramiento y sentido del flujo de calor	R_{se}	R_{si}
Cerramientos verticales o con pendiente sobre la horizontal $>60^\circ$ y flujo Horizontal 	0,04	0,13
Cerramientos horizontales o con pendiente sobre la horizontal $\leq 60^\circ$ y flujo ascendente (Techo) 	0,04	0,10
Cerramientos horizontales y flujo descendente (Suelo) 	0,04	0,17

Fuente: Documento de Apoyo al Documento Básico DB-HE Ahorro de Energía.

Además, se hace la siguiente suposición:

- Se establece Lleida como zona climática de referencia para establecer las transmitancias térmicas límites.

Tabla B.1.- Zonas climáticas de la Península Ibérica

Zonas climáticas Península Ibérica																		
Capital	Z.C.	Altitud	A4	A3	A2	A1	B4	B3	B2	B1	C4	C3	C2	C1	D3	D2	D1	E1
Albacete	D3	677										$h < 450$			$h \geq 950$			$h \geq 950$
Alicante/Alacant	B4	7					$h < 250$					$h < 700$			$h \geq 700$			
Almería	A4	0	$h < 100$				$h < 250$	$h < 400$				$h < 800$			$h \geq 800$			
Ávila	E1	1054														$h < 550$	$h < 850$	$h \geq 850$
Badajoz	C4	168									$h < 400$	$h < 450$			$h \geq 450$			
Barcelona	C2	1											$h < 250$			$h < 450$	$h < 750$	$h \geq 750$
Bilbao/Bilbo	C1	214												$h < 250$			$h \geq 250$	
Burgos	E1	861															$h < 600$	$h \geq 600$
Cáceres	C4	385									$h < 600$				$h < 650$			$h \geq 1050$
Cádiz	A3	0		$h < 150$				$h < 450$				$h < 600$	$h < 850$				$h \geq 850$	
Castellón/Castelló	B3	18					$h < 50$					$h < 500$			$h < 600$	$h < 1000$		$h \geq 1000$
Ceuta	B3	0					$h < 50$											
Ciudad Real	D3	630									$h < 450$	$h < 500$			$h \geq 950$			
Córdoba	B4	113					$h < 150$				$h < 550$				$h \geq 550$			
Coruña, La/ A Coruña	C1	0												$h < 200$			$h \geq 200$	
Cuenca	D2	975													$h < 800$	$h < 1050$		$h \geq 1050$
Gerona/Girona	D2	143											$h < 100$			$h < 600$		$h \geq 600$
Granada	C3	754	$h < 50$				$h < 350$				$h < 600$	$h < 800$			$h < 300$			$h \geq 1300$
Guadalajara	D3	708													$h < 950$	$h < 1000$		$h \geq 1000$
Huelva	A4	50	$h < 50$				$h < 150$	$h < 350$				$h < 800$			$h \geq 800$			
Huesca	D2	432										$h < 200$			$h < 400$	$h < 700$		$h \geq 700$
Jaén	C4	436					$h < 350$				$h < 750$				$h < 250$			$h \geq 1250$
León	E1	346																$h < 1250$
Lérida/Lleida	D3	131									$h < 100$				$h < 600$			$h \geq 600$
Logroño	D2	379											$h < 200$		$h < 700$			$h \geq 700$
Lugo	D1	412															$h < 500$	$h \geq 500$
Madrid	D3	589										$h < 500$			$h \geq 950$	$h < 1000$		$h \geq 1000$

Fuente: Apéndice B del DB-HE.

En cambio, el DB-HE Sección H1 no solo limita los valores de las transmitancias térmicas según la zona climática, sino que existen dos posibles casos según el uso al que se vaya a destinar el edificio.

Como en este caso de estudio no se especifica un uso en concreto, sino que únicamente se define 1 m² de cerramiento opaco, se estudiarán los dos posibles casos para justificar el cumplimiento de la demanda energética, independientemente del uso al que se pudiera destinar.

Edificios de uso residencial privado

Es necesario cumplir un valor máximo de demanda energética según la zona climática (DB-HE HE1, *Apartado 2.2.1.1.1*). En este caso, como uno de los parámetros a tener en cuenta es la superficie útil del edificio en cuestión, no es de ámbito de aplicación para este estudio.

Sin embargo, si es necesario tener en cuenta la limitación de descompensaciones (DB-HE HE1, *Apartado 2.2.1.2*). Se obtiene la siguiente tabla:

Tabla 2.3 Transmitancia térmica máxima y permeabilidad al aire de los elementos de la envolvente térmica

Parámetro	Zona climática de invierno					
	α	A	B	C	D	E
Transmitancia térmica de muros y elementos en contacto con el terreno ⁽¹⁾ [W/m ² ·K]	1,35	1,25	1,00	0,75	0,60	0,55
Transmitancia térmica de cubiertas y suelos en contacto con el aire [W/m ² ·K]	1,20	0,80	0,65	0,50	0,40	0,35
Transmitancia térmica de huecos ⁽²⁾ [W/m ² ·K]	5,70	5,70	4,20	3,10	2,70	2,50
Permeabilidad al aire de huecos ⁽³⁾ [m ³ /h·m ²]	≤ 50	≤ 50	≤ 50	≤ 27	≤ 27	≤ 27

Fuente: DB-HE Sección HE1.

Para la zona climática de invierno D (caso de Lleida) y según el uso residencial, se establece una transmitancia térmica de 0,60 W/m²·K.

Edificios de otros usos

Es necesario cumplir una reducción de la demanda respecto de un edificio de referencia (DB-HE HE1, *Apartado 2.2.1.1.2*), cuyos parámetros característicos se definen en el Apéndice D.

D.2.15 ZONA CLIMÁTICA D3

Transmitancia límite de muros de fachada y cerramientos en contacto con el terreno	U_{Mlim}: 0,66 W/m² K
Transmitancia límite de suelos	U _{Slim} : 0,49 W/m ² K
Transmitancia límite de cubiertas	U _{Clim} : 0,38 W/m ² K
Factor solar modificado límite de lucernarios	F _{Llim} : 0,28

Fuente: Apéndice D del DB-HE.



Para la zona climática de invierno D3 (caso de Lleida) y según el uso residencial, se establece una transmitancia térmica de $0,66 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$.

Los cerramientos estudiados a continuación cumplen con los límites de las transmitancias térmicas que establece este DB, independientemente del uso al que se destinara el edificio. Esto se debe a que ninguna de las soluciones constructivas escogidas supera los $0,42 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$, valor que se encuentra por debajo de los máximos.

Se ha utilizado el *Catálogo de Elementos Constructivos del CTE* para la obtención de datos como la conductividad térmica o la resistencia térmica de cada uno de los materiales propuestos para formalizar las soluciones de fachada.

Se adjuntan como *Anexo I* los cálculos realizados para la homogeneización de las soluciones constructivas escogidas.

6.2.2. Elección de soluciones constructivas base

Tal y como se ha descrito en el apartado anterior, el estudio se basará en el sistema constructivo de fachadas y, concretamente, en cerramientos opacos.

A continuación se detallan las soluciones constructivas elegidas como base de estudio.

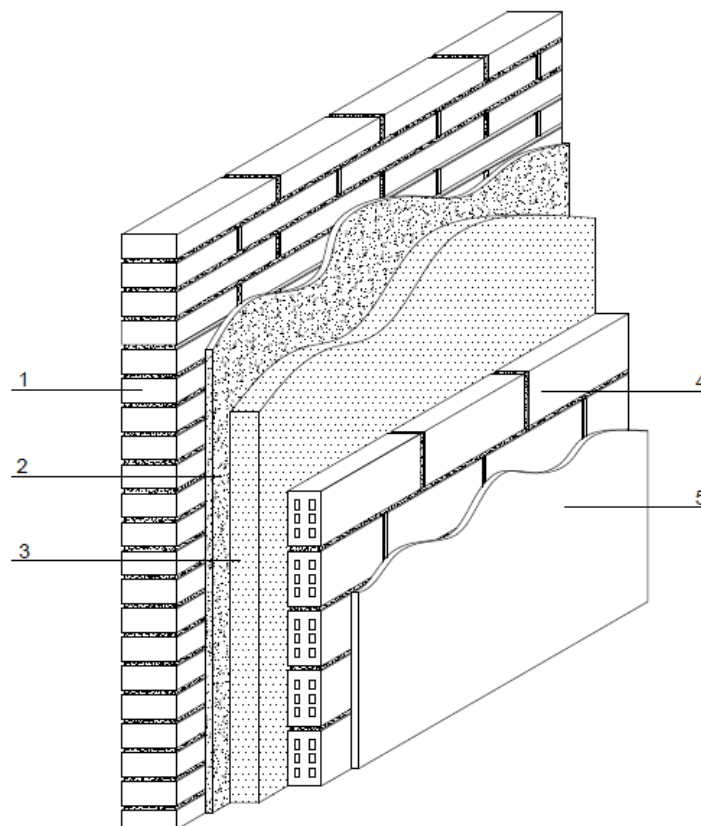
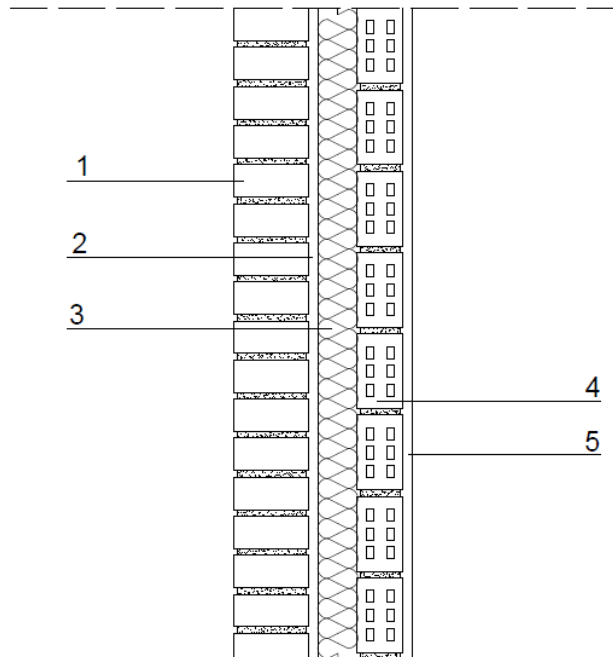
A) FACHADA TIPO 1

Se trata de una fachada de dos hojas, con hoja exterior de fábrica cerámica con acabado de cara vista. Sin cámara de aire y con aislamiento por la cara exterior de la hoja interior.

Se definen detalladamente todas sus capas, de exterior a interior:

1. Ladrillo cerámico cara vista, con dimensiones $24 \times 11,5 \times 5 \text{ cm}$.
2. Revestimiento intermedio realizado con capa de mortero de cemento, sobre la cara interior de la hoja exterior. Grosor de $1,5 \text{ cm}$.
3. Aislante térmico no hidrófilo, a base de paneles de lana de roca. Grosor de 6 cm .
4. Fábrica de ladrillo hueco doble, con dimensiones $24 \times 0,07 \times 11,5 \text{ cm}$.
5. Capa de revestimiento interior, a base de un enlucido de yeso. Grosor $1,5 \text{ cm}$

El cerramiento con todas sus capas tiene un grosor total de 27,5 cm, y presenta un valor conjunto de transmitancia térmica de $0,41 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$.



Detalle 1. Sección Fachada Tipo 1 [Fuente propia]

B) FACHADA TIPO 2

Se trata de una fachada de una sola hoja formalizada con bloques de termoarcilla y con un acabado SATE.

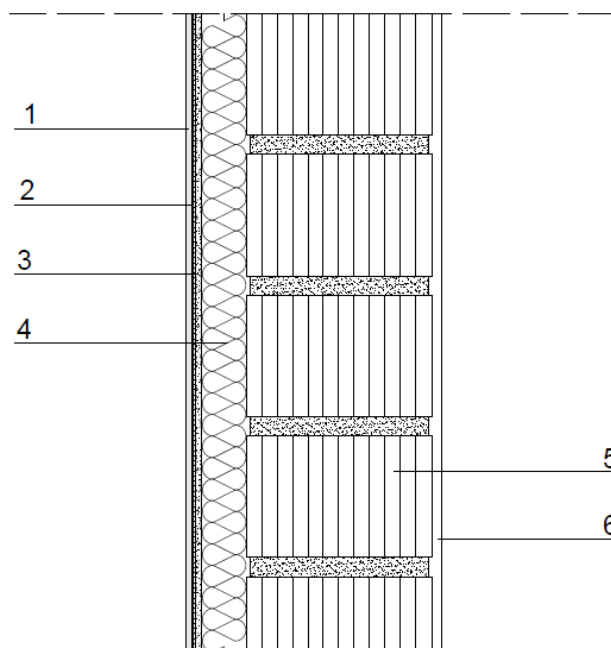
Se definen detalladamente todas sus capas, de exterior a interior:

1. Revoco exterior que conforma la capa de acabado, a base de mortero. Grosor 1 cm.
2. Capa de imprimación. Grosor 1 cm.
3. Capa base, formalizada por un mortero de adhesión y una malla que actúa como armadura. Grosor 1 cm.
4. Aislante térmico, a base de paneles de poliestireno expandido o EPS. Grosor de 6 cm.

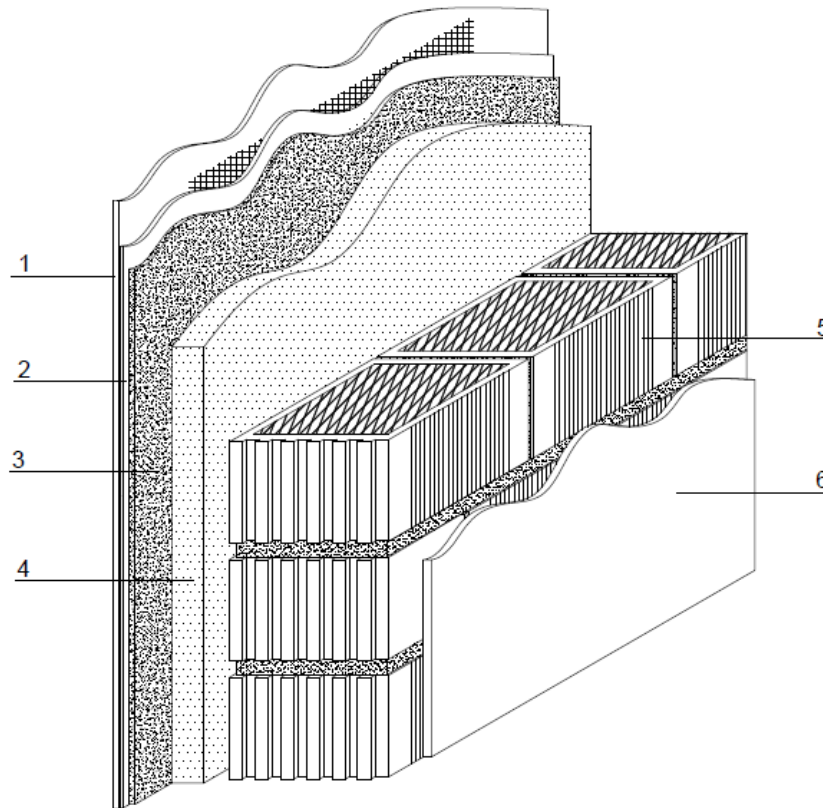
Estas 4 primeras capas definen el sistema SATE³, con un total de 9 cm de grosor.

5. Fábrica de bloque cerámico aligerado, conocido como termoarcilla. Sus dimensiones son 30 x 29 x 19 cm.
6. Capa de revestimiento interior, a base de un enlucido de yeso. Grosor 1,5 cm

El cerramiento con todas sus capas tiene un grosor total de 39,5 cm, y presenta un valor conjunto de transmitancia térmica de $0,41 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$.



³ SATE: Sistema de Aislamiento Térmico por el Exterior



Detalle 2. Sección Fachada Tipo 2 [Fuente propia]

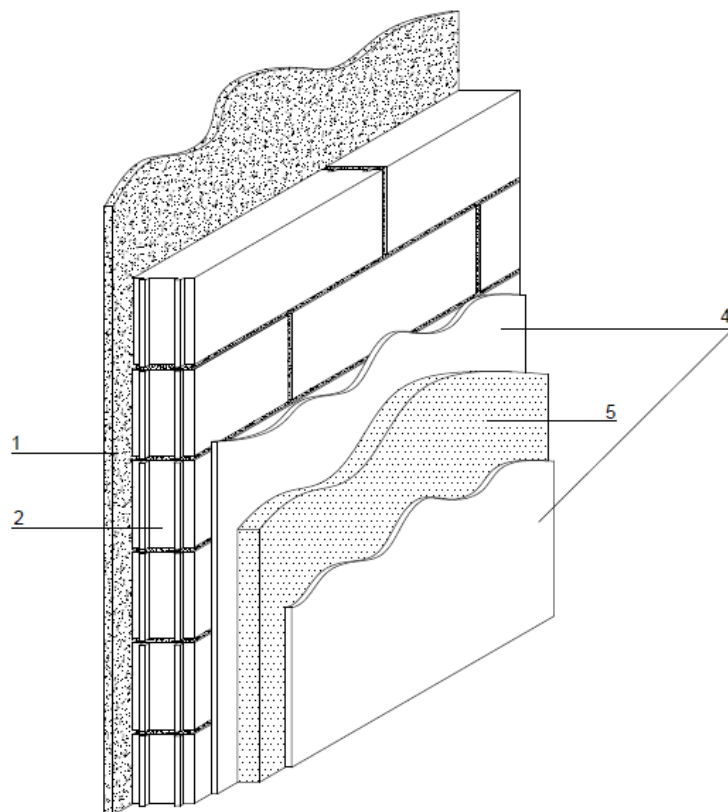
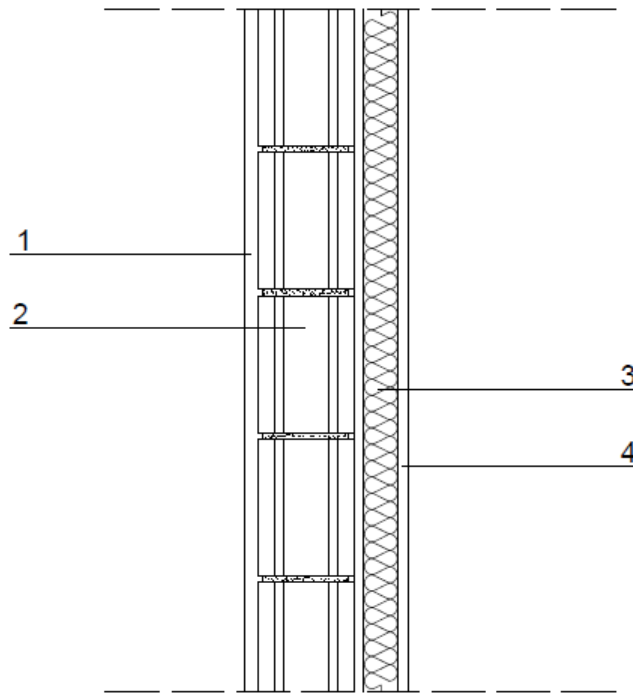
C) FACHADA TIPO 3

Se trata de una fachada de una sola hoja formalizada con bloque de hormigón celular.

Se definen detalladamente todas sus capas, de exterior a interior:

1. Capa de acabado de 2 cm de grosor, a base de mortero monocapa.
2. Bloque de hormigón celular, curado en autoclave. Sus dimensiones son 49,9 x 14 x 24,9 cm.
3. Aislante térmico no hidrófilo, a base de paneles de lana de roca. Grosor de 5 cm.
4. Acabado interior a base de placas de yeso laminado. Los paneles tienen un grosor de 1,5 cm.

El cerramiento con todas sus capas tiene un grosor total de 22,5 cm, y presenta un valor conjunto de transmitancia térmica de $0,40 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$.



Detalle 3. Sección Fachada Tipo 3 [Fuente propia]

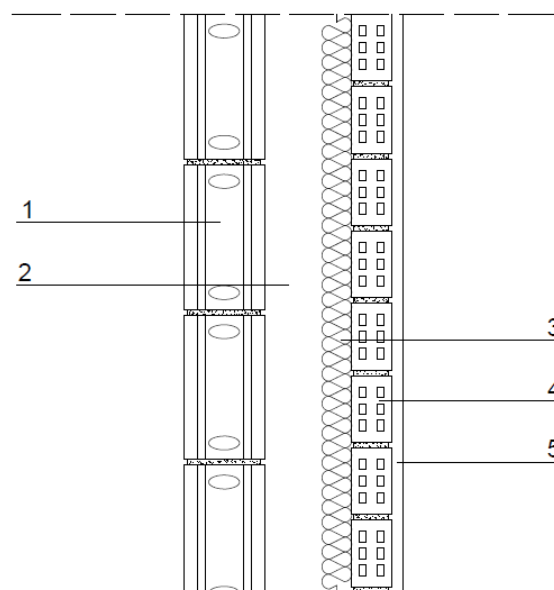
D) FACHADA TIPO 4

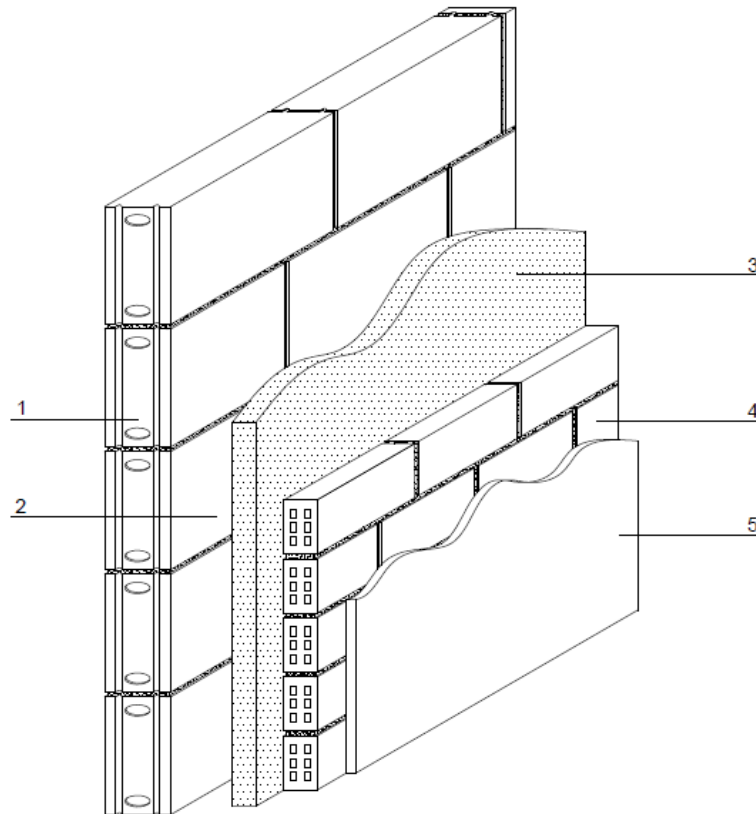
Se trata de una fachada de dos hojas, con hoja exterior de fábrica de bloque de hormigón con acabado de cara vista. Con cámara de aire ventilada y con aislamiento por la cara exterior de la hoja interior.

Se definen detalladamente todas sus capas, de exterior a interior:

1. Fábrica de bloque de hormigón, de áridos densos. Sus dimensiones son 40 x 14 x 25 cm.
2. Cámara de aire ventilada, de 10 cm de ancho.
3. Aislamiento térmico a base de espuma rígida de poliuretano o PUR. Grosor de 5 cm.
4. Fábrica de ladrillo hueco doble, con dimensiones 24 x 0,07 x 11,5 cm.
5. Capa de revestimiento interior, a base de un enlucido de yeso. Grosor 2 cm.

El cerramiento con todas sus capas tiene un grosor total de 38 cm, y presenta un valor conjunto de transmitancia térmica de $0,42 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$.





Detalle 4. Sección Fachada Tipo 4 [Fuente propia]

6.3. Metodología ACV. Impacto ambiental

6.3.1. Definición del objetivo y alcance del estudio

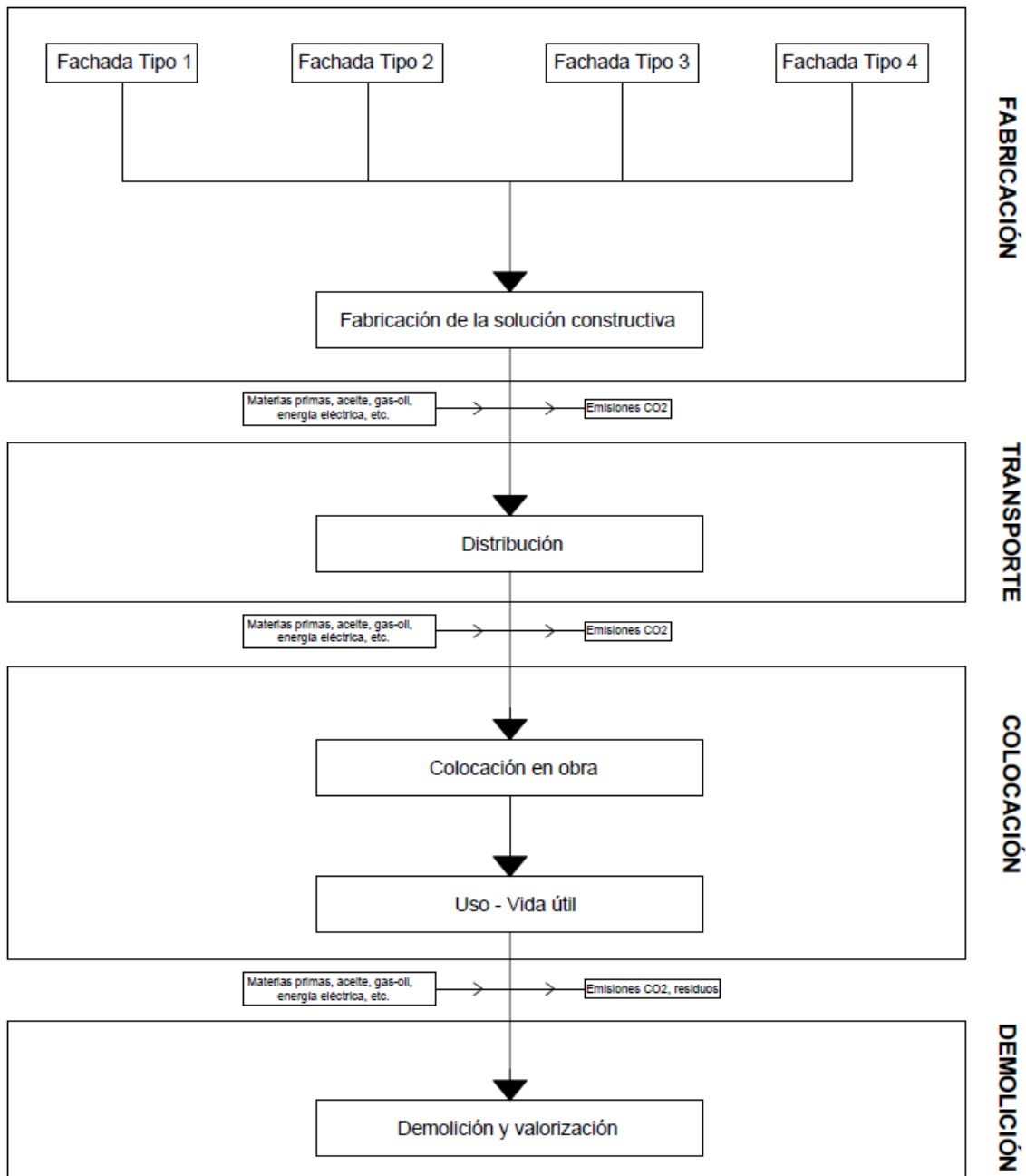
Los objetivos generales de este estudio son dar a conocer los impactos ambientales asociados a diversos tipos de materiales, pertenecientes a familias diferentes, con los cuales se llevan a cabo las soluciones constructivas descritas en el apartado anterior. Para ello, se utilizará la metodología del Análisis del Ciclo de Vida, con la cual se evaluará su ciclo de vida completo. Dicho estudio, y a través de los resultados, pretende aplicar la información obtenida en la comercialización o en la reglamentación del uso de alguno de los materiales. A la vez, puede permitir a las empresas del sector impulsar acciones de mejoras ambientales respecto a la fabricación de los productos utilizados.

Para la elección de las soluciones constructivas, se han tenido en cuenta conceptos como la transmitancia térmica y sus prestaciones. Es decir, el objetivo para poder realizar este estudio, y que la comparación entre ellas sea lo más certera posible, es

que las soluciones de cerramientos opacos elegidos, pese a estar compuestos por materiales distintos, cumplan y tengan las mismas funciones.

Alcance y límites del sistema:

El alcance se refleja en el siguiente esquema.



Esquema: Alcance del estudio [Fuente propia]



Los límites del sistema definen los procesos y operaciones que se consideran dentro y fuera del sistema a analizar. Para este estudio, los límites quedan definidos a continuación:

- No se ha incluido el embalaje de las materias primas ni el embalaje de los productos finales, por la dificultad de la recogida de datos. Esto se debe al tratarse de un conjunto de varios componentes con distintos orígenes hasta su recepción en el lugar de construcción.
- La metodología de cálculo queda limitada a las bases de datos existentes en el programa informático Simapro. Para este estudio en concreto, se utilizará la base de datos Ecoinvent 3.
- Dicho estudio se sitúa en la Península Ibérica (España), concretamente en la zona de Lleida. Es por eso que se limita la procedencia de las materias primas y los productos a dicha zona geográfica.
- Se limita a transporte terrestre y, concretamente con camiones, el recorrido de los productos en la fase de distribución. La tipología de camión con una capacidad de carga de entre 16 – 32 toneladas (*base de datos Simapro*) será el utilizado en todas las fases de transporte.

Unidad funcional:

En el sector de la construcción es muy común trabajar con unidades de superficie. Es por eso, que se propone como unidad funcional del proyecto 1 m² de cerramiento vertical opaco, con una vida útil de 50 años de utilización.

Suposiciones:

En el apartado 6.2.1. *Cálculos previos* se sitúa el proyecto en la zona climática de Lleida. Se proponen las localizaciones aproximadas de los suministradores, las fábricas y los vertederos, intentando que el estudio sea así lo más real posible. Con este fin, se pretende obtener resultados más certeros.

Debido a eso, para el cálculo del inventario se estima que:

- En la fase de distribución desde fábrica hasta obra, se escogerán los productores más cercanos, siempre sin superar los 300km de recorrido del camión. En este informe, se realizarán dos tipos de estudios para contrastar la importancia que tiene elegir productores locales.



- Para el transporte de los residuos hasta el vertedero tras el fin de la vida útil de los productos, se estima un recorrido máximo de 15km, puesto que se conoce de la existencia de plantas de gestión de residuos autorizadas en la provincia de Lleida.

En ambos casos, se establece el criterio de aprovechar al máximo la cercanía con los suministradores locales; ya que un mayor recorrido implicará mayores emisiones de CO₂ en la fase de distribución.

6.3.2. Análisis del inventario

Esta segunda fase debe incluir cada uno de los subsistemas donde se especifican las materias primas, materias auxiliares, energía utilizada y emisiones medioambientales.

6.3.3. Justificación de datos de inventario

Los datos utilizados para el análisis del inventario se reflejan para cada solución constructiva según su etapa de ciclo de vida.

- **Fabricación**
Se detalla la descripción de los materiales de cada solución constructiva, extraídas de la base de datos de ITeC. Además, según el *Catálogo de Elementos Constructivos del CTE*, se obtienen para cada material las densidades aparentes y los pesos, calculando así el peso general de cada solución propuesta.
- **Transporte**
Como se ha dicho anteriormente, en este apartado del informe se llevarán a cabo dos estudios diferentes. El objetivo es evaluar el papel que conlleva esta fase en la obtención de resultados.

El resultado se obtiene en toneladas de material por cada kilómetro de recorrido.

Estudio 1

Conocidos los pesos generales de cada material, y con la distancia estimada de 300 km para la distribución de fábrica a obra, se calculan las toneladas por kilómetro de cada solución en su conjunto. En este



caso, se fija la misma distancia para todos los materiales, prevaleciendo así el peso obtenido de cada material, en lugar del recorrido.

Estudio 2

A diferencia del caso anterior, en este caso se han elegido proveedores y distribuidores de referencia⁴, cuyas fábricas estén lo más cercanas posibles a la zona de Lleida. Con esto se pretende que las distancias sean más reales, y así poder evaluar unos resultados más certeros que en el otro caso de estudio.

Además, elegir distribuidores de la zona contribuye a la reducción de emisiones de CO₂ al ambiente, ya que en la mayoría de los casos las distancias son inferiores a los 300km fijados en el caso anterior.

- Colocación y vida útil

Para la colocación de materiales en la obra, se ha previsto en el inventario de un elevador eléctrico como medio auxiliar, además de la mano de obra⁵.

Se ha elegido un elevador modelo Minor Millenium, de la casa CAMAC. Dispone de un motor eléctrico con una potencia fija de 2 cv, capaz de trabajar a un ritmo de 200 kg cada hora. El consumo de cada fachada variará según el peso de cada solución constructiva. Al final de este documento se adjunta la ficha técnica.

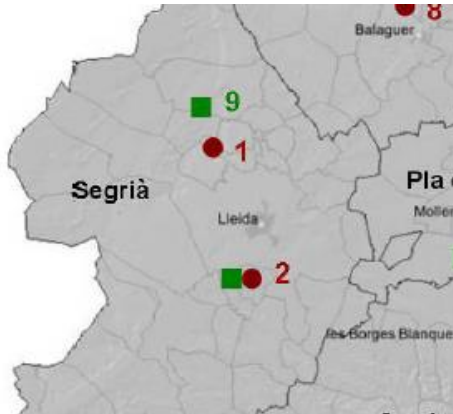
- Demolición

Esta fase está relacionada con la fase de transporte, ya que el objetivo es obtener las toneladas por kilómetro de los materiales.

Para las distancias, se ha decidido seguir el mismo criterio y escoger las plantas de reciclaje autorizadas más cercanas a Lleida. En este caso, se ha elegido la planta de reciclaje de Rosselló, fijando una distancia de 20 km.

⁴ Al final del documento, se adjunta un Anexo de los proveedores escogidos para el estudio.

⁵ La mano de obra solamente se incluye en el apartado de la comparación económica, ya que se desestima las emisiones de CO₂.



Abocadors controlats:

1. Torrefarrera
2. Montoliu de Lleida (+R)
3. Balaguer (+R)
4. Miralcamp
5. Les Borges Blanques
6. Tàrraga
7. Cervera (+R)
8. Ponts

Plantes de reciclatge:

9. Rosselló
10. Agramunt
11. Sanaüja

Mapa comarcal de residuos de la construcció de Catalunya
[Fuente: Agència de Residus de Catalunya].

6.3.4. Inventario

Fachada Tipo 1

- Materiales:

Tabla 1.1. Cálculo del peso de los materiales en función de sus propiedades físicas

FABRICACIÓN	Materiales	Densidad volumétrica (kg/m ³)	Espesor (m)	Unidad funcional	kg
	Ladrillo cara vista 24x11,5x5	2200	0,115	1 m ²	253
	Revestimiento intermedio - mortero	1800	0,015	1 m ²	27
	Aislamiento térmico - lana de roca	70	0,06	1 m ²	4,2
	Fábrica de ladrillo hueco	930	0,07	1 m ²	65,1
	Revestimiento interior - yeso	1000	0,015	1 m ²	15
				Total kg=	364,3

- Transporte:

Tabla 2.1. Estudio 1. Cálculo del peso de los materiales para la fase de transporte

TRANSPORTE	Materiales	Distancia (km)	kg	kg·km
	Ladrillo cara vista 24x11,5x5	300	253	75900
	Revestimiento intermedio - mortero	300	27	8100
	Aislamiento térmico - lana de roca	300	4,2	1260
	Fábrica de ladrillo hueco	300	65,1	19530
	Revestimiento interior - yeso	300	15	4500
			Total kg-km=	109290
			Total t-km=	109,29

Tabla 2.2. Estudio 2. Cálculo del peso de los materiales para la fase de transporte

TRANSPORTE	Materiales	Distancia real (km)	kg	kg·km
	Ladrillo cara vista 24x11,5x5	40	253	10120
	Revestimiento intermedio - mortero	200	27	5400
	Aislamiento térmico - lana de roca	180	4,2	756
	Fábrica de ladrillo hueco	40	65,1	2604
	Revestimiento interior - yeso	160	15	2400
			Total kg-km=	21280
			Total t-km=	21,28

- Colocación:

Tabla 3.1. Consumo de energía de movimiento y colocación de los materiales en obra

COLOCACIÓN	Modelo	Potencia (kW)	Ritmo de trabajo (kg/h)	Peso Ud. Funcional (kg)	Tiempo de trabajo (h)	Consumo (kWh)
	Minor Millenium	1,47	200	364,3	1,82	2,68
	Potencia (cv)	Factor conversión	Potencia (kW)			
	2	0,73539875	1,47			

- Residuos

Tabla 4.1. Cálculo del peso de los materiales para la fase de demolición (toneladas x km)

DEMOLICIÓN	Materiales	Distancia aproximada (km)	kg	kg-km
	Ladrillo cara vista 24x11,5x5	20	253	5060
	Revestimiento intermedio - mortero	20	27	540
	Aislamiento térmico - lana de roca	20	4,2	84
	Fábrica de ladrillo hueco	20	65,1	1302
	Revestimiento interior - yeso	20	15	300
			Total kg-km=	7286
			Total t-km=	7,286

Fachada Tipo 2

- Materiales:

Tabla 1.2. Cálculo del peso de los materiales en función de sus propiedades físicas

FABRICACIÓN	Materiales	Densidad volumétrica (kg/m ³)	Espesor (m)	Unidad funcional	kg
	Mortero adhesivo (3 capas)	1700	0,03	1 m ²	51
	Aislante térmico - ESP	80	0,06	1 m ²	4,8
	Fábrica de bloque cerámico aligerado	910	0,29	1 m ²	263,9
	Revestimiento interior - yeso	1000	0,015	1 m ²	15
				Total kg=	334,7

- Transporte:

Tabla 2.3. Estudio 1. Cálculo del peso de los materiales para la fase de transporte

TRANSPORTE	Materiales	Distancia (km)	kg	kg·km
	Mortero adhesivo (3 capas)	300	51	15300
	Aislante térmico - ESP	300	4,8	1440
	Fábrica de bloque cerámico aligerado	300	263,9	79170
	Revestimiento interior - yeso	300	15	4500
			Total kg·km=	100410
			Total t·km=	100,41

Tabla 2.4. Estudio 2. Cálculo del peso de los materiales para la fase de transporte

TRANSPORTE	Materiales	Distancia real (km)	kg	kg·km
	Mortero adhesivo (3 capas)	170	51	8670
	Aislante térmico - ESP	210	4,8	1008
	Fábrica de bloque cerámico aligerado	40	263,9	10556
	Revestimiento interior - yeso	160	15	2400
			Total kg·km=	22634
			Total t·km=	22,634

- Colocación:

Tabla 3.2. Consumo de energía de movimiento y colocación de los materiales en obra

COLOCACIÓN	Modelo	Potencia (kW)	Ritmo de trabajo (kg/h)	Peso Ud. Funcional (kg)	Tiempo de trabajo (h)	Consumo (kWh)
	Minor Millenium	1,47	200	334,7	1,67	2,46
	Potencia (cv)	Factor conversión	Potencia (kW)			
	2	0,73539875	1,47			

- Residuos

Tabla 4.2. Cálculo del peso de los materiales para la fase de demolición (toneladas x km)

DEMOLICIÓN	Materiales	Distancia aproximada (km)	kg	kg·km
	Mortero adhesivo (3 capas)	20	51	1020
	Aislante térmico - ESP	20	4,8	96
	Fábrica de bloque cerámico aligerado	20	263,9	5278
	Revestimiento interior - yeso	20	15	300
			Total kg·km=	6694
			Total t·km=	6,694

Fachada Tipo 3

- Materiales:

Tabla 1.3. Cálculo del peso de los materiales en función de sus propiedades físicas

FABRICACIÓN	Materiales	Densidad volumétrica (kg/m ³)	Espesor (m)	Unidad funcional	kg
	Mortero monocapa	1800	0,02	1 m ²	36
	Bloque hormigón celular	1170	0,14	1 m ²	163,8
	Aislamiento - Lana de roca	70	0,05	1 m ²	3,5
	Placa de yeso laminado	900	0,015	1 m ²	13,5
				Total kg=	216,8

- Transporte:

Tabla 2.5. Estudio 1. Cálculo del peso de los materiales para la fase de transporte

TRANSPORTE	Materiales	Distancia (km)	kg	kg·km
	Mortero monocapa	300	36	10800
	Bloque hormigón celular	300	163,8	49140
	Aislamiento - Lana de roca	300	3,5	1050
	Placa de yeso laminado	300	13,5	4050
			Total kg·km=	65040
			Total t·km=	65,04

Tabla 2.6. Estudio 2. Cálculo del peso de los materiales para la fase de transporte

TRANSPORTE	Materiales	Distancia real (km)	kg	kg·km
	Mortero monocapa	200	36	7200
	Bloque hormigón celular	30	163,8	4914
	Aislamiento - Lana de roca	180	3,5	630
	Placa de yeso laminado	160	13,5	2160
			Total kg·km=	14904
			Total t·km=	14,904

- Colocación:

Tabla 3.3. Consumo de energía de movimiento y colocación de los materiales en obra

COLOCACIÓN	Modelo	Potencia (kW)	Ritmo de trabajo (kg/h)	Peso Ud. Funcional (kg)	Tiempo de trabajo (h)	Consumo (kWh)
	Minor Millenium	1,47	200	216,8	1,08	1,59
	Potencia (cv)	Factor conversión	Potencia (kW)			
	2	0,73539875	1,47			

- Residuos

Tabla 4.3. Cálculo del peso de los materiales para la fase de demolición (toneladas x km)

DEMOLICIÓN	Materiales	Distancia aproximada (km)	kg	kg·km
	Mortero monocapa	20	36	720
	Bloque hormigón celular	20	163,8	3276
	Aislamiento - Lana de roca	20	3,5	70
	Placa de yeso laminado	20	13,5	270
			Total kg·km=	4336
			Total t·km=	4,336

Fachada Tipo 4.

- Materiales:

Tabla 1.4. Cálculo del peso de los materiales en función de sus propiedades físicas

FABRICACIÓN	Materiales	Densidad volumétrica (kg/m ³)	Espesor (m)	Unidad funcional	kg
	Fábrica de bloque de hormigón	1258	0,14	1 m ²	176,12
	Cámara de aire ventilada	-	0,1	1 m ²	-
	Aislamiento térmico - PUR	60	0,05	1 m ²	3
	Fábrica de ladrillo hueco	930	0,07	1 m ²	65,1
	Revestimiento interior - yeso	1000	0,02	1 m ²	20
				Total kg=	264,22

- Transporte:

Tabla 2.7. Estudio 1. Cálculo del peso de los materiales para la fase de transporte

TRANSPORTE	Materiales	Distancia (km)	kg	kg·km
	Fábrica de bloque de hormigón	300	176,12	52836
	Cámara de aire ventilada	-	-	-
	Aislamiento térmico - PUR	300	3	900
	Fábrica de ladrillo hueco	300	65,1	19530
	Revestimiento interior - yeso	300	20	6000
			Total kg·km=	79266
			Total t·km=	79,266

Tabla 2.8. Estudio 2. Cálculo del peso de los materiales para la fase de transporte

TRANSPORTE	Materiales	Distancia real (km)	kg	kg·km
	Fábrica de bloque de hormigón	30	176,12	5283,6
	Cámara de aire ventilada	-	-	-
	Aislamiento térmico - PUR	250	3	750
	Fábrica de ladrillo hueco	40	65,1	2604
	Revestimiento interior - yeso	160	20	3200
			Total kg·km=	11837,6
			Total t·km=	11,8376

- Colocación:

Tabla 3.4. Consumo de energía de movimiento y colocación de los materiales en obra

COLOCACIÓN	Modelo	Potencia (kW)	Ritmo de trabajo (kg/h)	Peso Ud. Funcional (kg)	Tiempo de trabajo (h)	Consumo (kWh)
	Minor Millenium	1,47	200	264,22	1,32	1,94
		Potencia (cv)	Factor conversión	Potencia (kW)		
	2	0,73539875	1,47			

- Residuos

Tabla 4.4. Cálculo del peso de los materiales para la fase de demolición (toneladas x km)

DEMOLICIÓN	Materiales	Distancia aproximada (km)	kg	kg-km
	Fábrica de bloque de hormigón	20	176,12	3522,4
	Cámara de aire ventilada	-	-	-
	Aislamiento térmico - PUR	20	3	60
	Fábrica de ladrillo hueco	20	65,1	1302
	Revestimiento interior - yeso	20	20	400
	Total kg-km=			5284,4
	Total t-km=			5,2844

En todas las fachadas del inventario, y como ya se ha especificado anteriormente, se ha realizado dos casos de estudio en la fase de transporte. En todos los casos se observa la gran diferencia entre las *toneladas x kilómetro* obtenidas según la distancia, existiendo una relación en algún caso de hasta 6 veces más.

Debido a esto, se ha decidido realizar los cálculos de evaluación de daño e impacto ambiental con las distancias reales, es decir, teniendo en cuenta el segundo caso de estudio de la fase de transporte. El objetivo es obtener siempre resultados que se aproximen a la realidad, para que se establezcan conclusiones certeras.

6.4. Evaluación del impacto ambiental

La evaluación de impacto ambiental se ha llevado a cabo mediante el programa informático Simapro. En él se engloba toda la información del inventario, ya sea por cada fachada individualmente o en conjunto, llevando a cabo una comparación de las mismas.

Para la obtención de los resultados, se ha utilizado el Ecoindicador 99, disponible en la base de datos de dicho programa. El fruto final es el cálculo del impacto ambiental que produce cada elemento junto con sus materiales en el total de las etapas que conforman su ciclo de vida.

Nombre	Cantidad	Ud.	Distribución	DS*2 or 2*DSMin	Máx	Comentario
Brick (RER) production Alloc Def, U	253	kg	Indefnido			
Cement mortar (GLO) market for Alloc Def, U	27	kg	Indefnido			
Rock wool (RoW) production Alloc Def, U	4,2	kg	Indefnido			
Brick (RER) production Alloc Def, U	65,1	kg	Indefnido			
Cover plaster, mineral (RoW) production Alloc Def, U	15	kg	Indefnido			
(Insertar línea aquí)						
Procesos	Cantidad	Ud.	Distribución	DS*2 or 2*DSMin	Máx	Comentario
Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO3 (RER) tra	21,28	tKm	Indefnido			Transporte a obra
Electricity, medium voltage (ES) electricity voltage transform	2,68	kWh	Indefnido			Consumo - Colocación en obra
Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO3 (RER) tra	7,286	tKm	Indefnido			Transporte a planta de reciclaje
(Insertar línea aquí)						

Ejemplo: Introducción de los datos del inventario, previo al cálculo del impacto

[Fuente: Simapro]

La elección de los materiales se ha llevado a cabo según el sistema de abreviación que representa la localización geográfica[9]. En los casos que ha sido posible, se ha seleccionado el material con la abreviación RER, que representa que su procedencia es Europa. En caso de que no haya podido ser, se ha elegido RoW (*Rest-of-the-World*) o GLO (*Global*), ya que ambas abreviaciones significan lo mismo.

Para cada tipología de fachada se analizan a nivel global las categorías de daño y de impacto, ya que son los elementos obligatorios según la norma UNE-EN ISO 14040. Los procesos de normalización y ponderación forman parte de los elementos optativos y, por tanto, no serán objeto del estudio. Esto es debido a que los resultados se dan en unidades de tanto por ciento, y aparecen referenciados según el mayor indicador. En cambio, estos valores sí aparecen en el fichero *Excel* que se vincula a este documento y también han ayudado a la interpretación del resto de resultados.

Las categorías de daño hacen referencia a la salud humana, al ecosistema y a los recursos consumidos (*human health, ecosystems, resources*). En cuanto a las categorías de impacto, se muestran en la siguiente tabla:

Figura 1. Categorías de impacto por categorías de daño

Categorías de impacto					
HUMAN HEALTH	<i>Climate change Human health</i>	Cambio climático Salud humana	<i>Terrestrial ecotoxicity</i>	Ecotoxicidad Terrestre	ECOSYSTEMS
	<i>Ozone depletion</i>	Destrucción capa de ozono	<i>Freshwater ecotoxicity</i>	Ecotoxicidad de agua dulce	
	<i>Human toxicity</i>	Toxicidad humana	<i>Marine ecotoxicity</i>	Ecotoxicidad marina	
	<i>Photochemical oxidant formation</i>	Formación de oxidantes fotoquímicos	<i>Agricultural land occupation</i>	Ocupación de tierras agrícolas	
	<i>Particulate matter formation</i>	Formación de partículas	<i>Urban land occupation</i>	Ocupación de suelo urbano	
	<i>Ionising radiation</i>	Radiación ionizante	<i>Natural land transformation</i>	Transformación de la tierra natural	
ECOSYSTEMS	<i>Climate change Ecosystems</i>	Cambio climático Ecosistemas	<i>Metal depletion</i>	Agotamiento de metales	RECOUSES
	<i>Terrestrial acidification</i>	Acidificación terrestre	<i>Fossil depletion</i>	Agotamiento de los recursos fósiles	
	<i>Freshwater eutrophication</i>	Eutrofización ⁶ de agua dulce			

A continuación, se ha realizado el análisis para cada fachada de la evaluación del daño y de la caracterización. Se pretende conocer cuál es la fase con mayor impacto, así como la categoría de daño.

⁶ Acumulación de residuos orgánicos en el litoral marino o en un lago, laguna, embalse, etc., que causa la proliferación de ciertas algas.

6.4.1. Fachada Tipo 1

Figura 2. Introducción de los datos del inventario

The screenshot shows the 'Navegador ACV' software interface. The main window is titled 'Editar montaje "Fachada 1_Fabricación"'. It contains a table with columns for 'Nombre', 'Imagen', and 'Comentario'. Below this, there are two tables: 'Materiales/Ensamblajes' and 'Procesos'. The 'Materiales/Ensamblajes' table lists items like 'Brick (RER) | production | Alloc Def, U', 'Cement mortar (GLO) | market for | Alloc Def, U', etc. The 'Procesos' table lists items like 'Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO3 (RER) | tra', 'Electricity, medium voltage (ES) | electricity voltage transform', etc.

Nombre	Imagen	Comentario
Fachada 1_Fabricación		

Estado	Comentario
Ning.	

Materiales/Ensamblajes	Cantidad	Lid.	Distribución	DS*2 or 2*DSMin	Máx	Comentario
Brick (RER) production Alloc Def, U	253	kg	Indefnido			
Cement mortar (GLO) market for Alloc Def, U	27	kg	Indefnido			
Rock wool (ROW) production Alloc Def, U	4,2	kg	Indefnido			
Brick (RER) production Alloc Def, U	65,1	kg	Indefnido			
Cover plaster, mineral (ROW) production Alloc Def, U	15	kg	Indefnido			

Procesos	Cantidad	Lid.	Distribución	DS*2 or 2*DSMin	Máx	Comentario
Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO3 (RER) tra	21,28	tkm	Indefnido			Transporte a obra
Electricity, medium voltage (ES) electricity voltage transform	2,68	kWh	Indefnido			Consumo - Colocación en obra
Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO3 (RER) tra	7,286	tkm	Indefnido			Transporte a planta de reciclaje

Figura 3. Desglose por categoría de daño de cada elemento del ciclo de vida

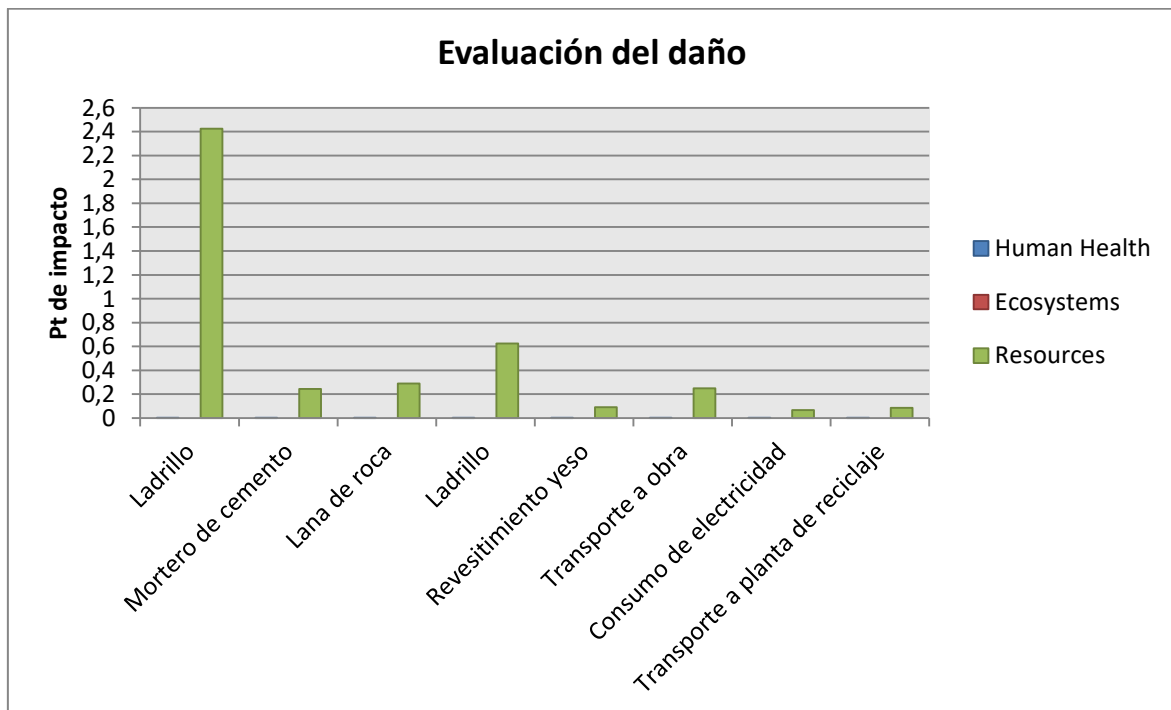


Figura 4. Porcentaje de impacto según fases

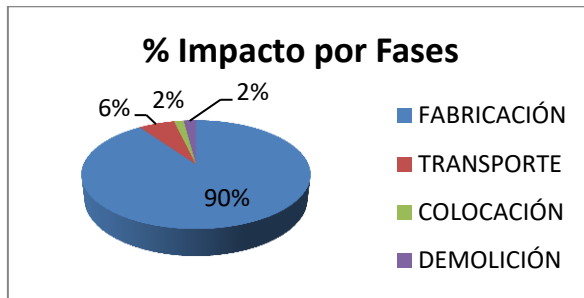
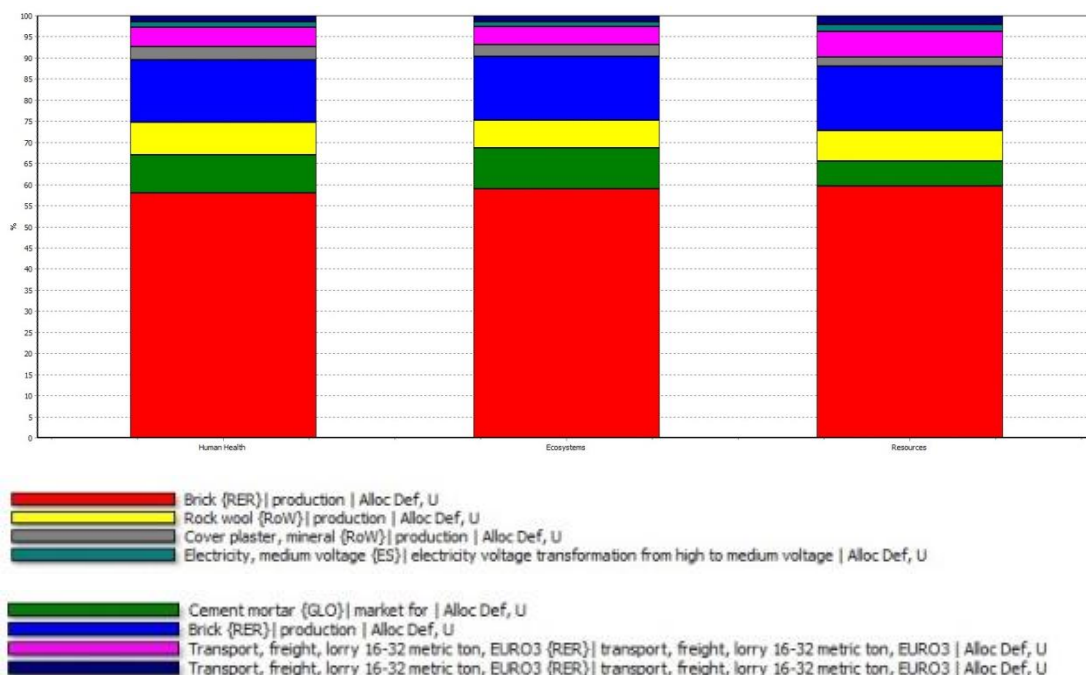


Figura 5. Representación en tanto por ciento de cada elemento según la categoría de daño



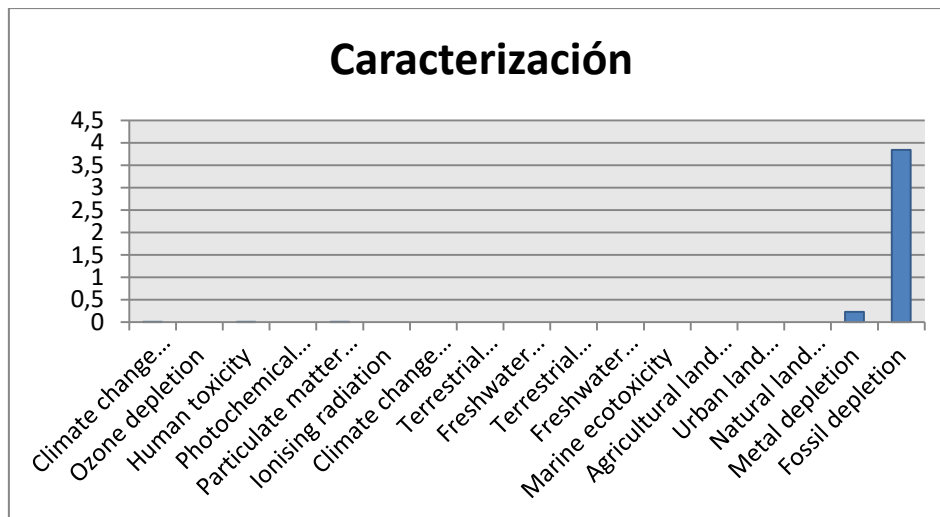
Se observa claramente como la fase de fabricación es la fase con mayor impacto de las cuatro analizadas, con un 90% respecto del total. El resto de fases tienen un impacto prácticamente igual, aunque despreciable respecto a la fabricación (Ver Figura 4).

En cuanto a los materiales, el que más impacto tiene es el ladrillo cerámico, superando ligeramente el 50% en las tres categorías de daño (Ver Figura 5). Además, es el material que se encuentra con mayor proporción de peso, motivo que podría incrementar el impacto. Sin embargo, en la Figura 3 se observa que en la que más impacto genera es en la categoría de recursos. En cuanto al material aislante y al

mortero de cemento, tienen aproximadamente el mismo porcentaje de repercusión, rondando el 10% en las tres categorías.

El gráfico que se añade a continuación muestra la comparación de cada una de las categorías de impacto.

Figura 6. Comparación de las categorías de impacto



Se observa que la que más impacto genera es la del agotamiento de los recursos fósiles (Ver Figura 6), e incluso las demás pueden despreciarse. Esto puede ir relacionado con que la fase de fabricación de los materiales sea la que mayor impacto tenga y, concretamente, al ladrillo cerámico⁷.

⁷ La cerámica es el material con mayor contribución por m² sobre las emisiones de CO₂ asociadas a su fabricación. [Fuente: <http://www.ecohabitar.org/impacto-de-los-materiales-de-construccion-analisis-de-ciclo-de-vida/>]

6.4.2. Fachada Tipo 2

Figura 7. Introducción de los datos del inventario

The screenshot shows the 'Editar montaje' window for 'Fachada 2_Fabricación'. It includes a table of materials and processes with their respective quantities and units.

Material/Proceso	Cantidad	Ud.	Distribución	DS^*2 or 2^*DSMin	Máx	Comentario
Adhesivo mortero (RoW) production Alloc Def, U	51	kg	Indefinido			
Polystyrene, expandable (RER) production Alloc Def, U	4,8	kg	Indefinido			
Light clay brick (RoW) production Alloc Def, U	263,9	kg	Indefinido			
Cover plaster, mineral (RoW) production Alloc Def, U	15	kg	Indefinido			
Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO3 (RER) tral	22,634	km	Indefinido			Transporte a obra
Electricity, medium voltage (ES) electricity voltage transform	2,46	kWh	Indefinido			Consumo - Colocación en obra
Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO3 (RER) tral	6,694	km	Indefinido			Transporte a planta de reciclaje

Figura 8. Desglose por categoría de daño de cada elemento del ciclo de vida

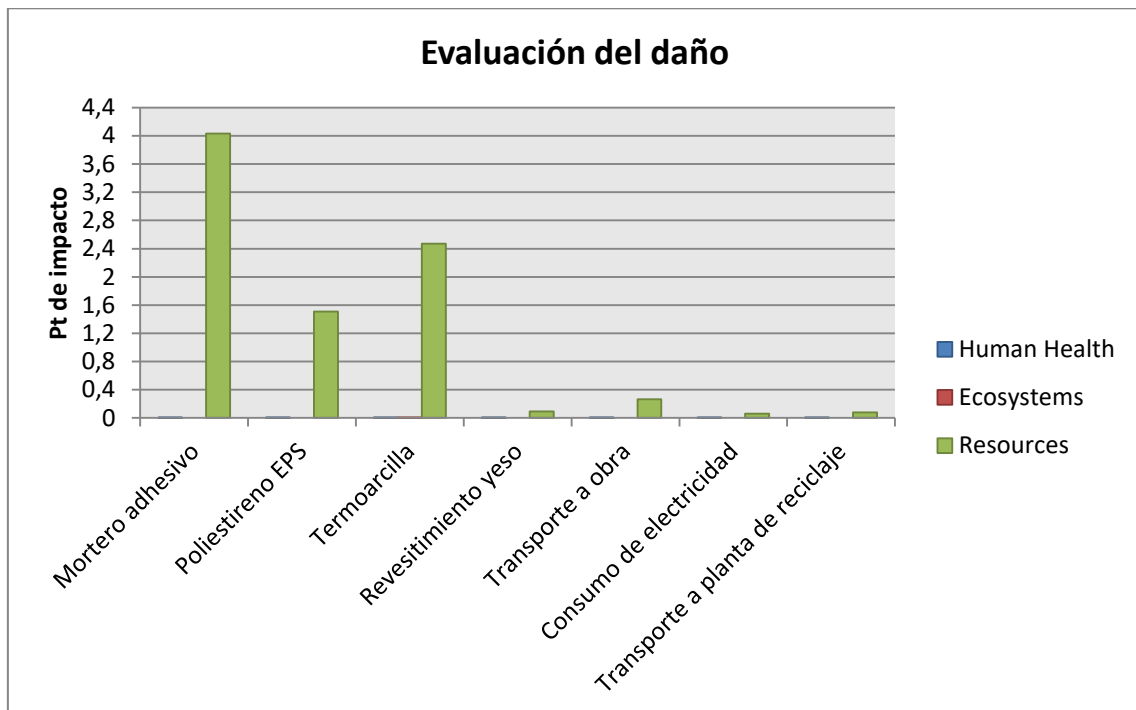


Figura 9. Porcentaje de impacto según fases

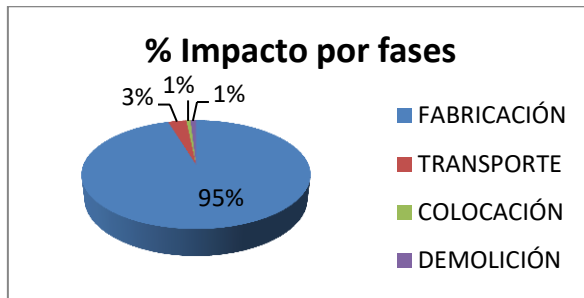
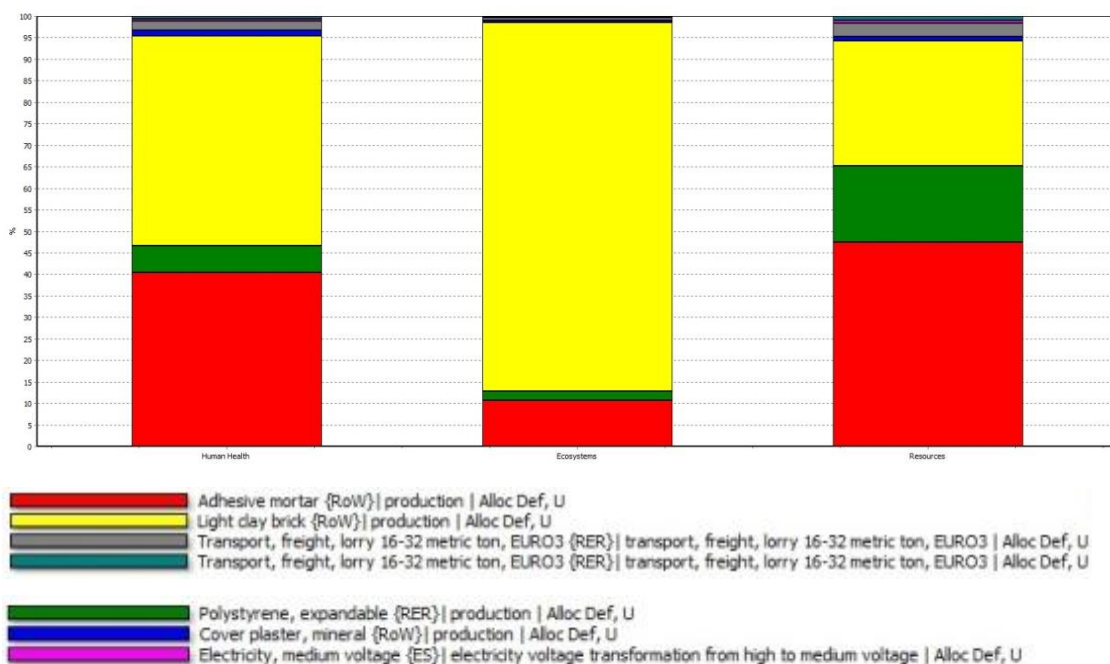


Figura 10. Representación en tanto por ciento de cada elemento según la categoría de daño

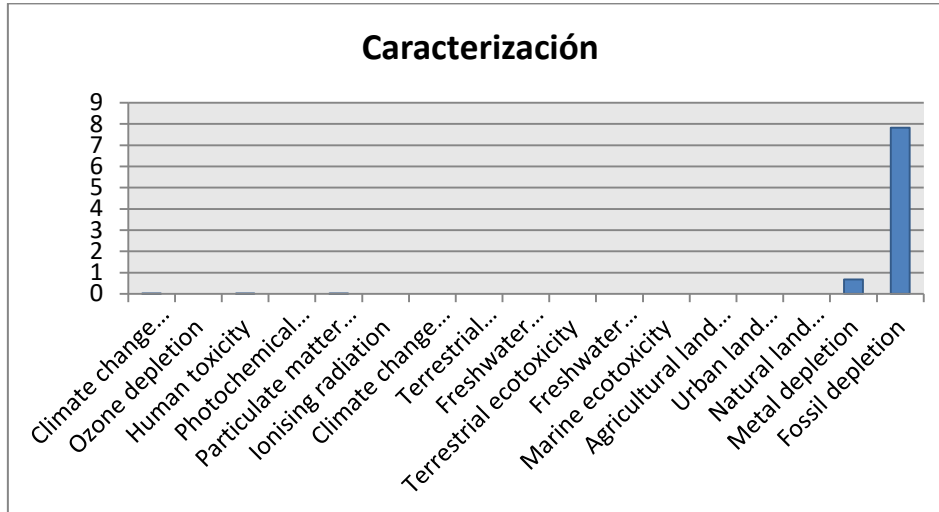


Al igual que en el caso anterior, e incluso con más porcentaje, la fase de fabricación sigue siendo la que tiene un mayor impacto siendo en este caso del 95% (Ver Figura 9). En cuanto a los materiales, en esta tipología de fachada hay tres destacados. Estos son el mortero de cemento, la termoarcilla y el poliestireno, siguiendo este orden de puntos de impacto en cuanto a la categoría de daño de recursos (Ver Figura 8). Entre ellos albergan casi el 95% de esta categoría.

Sin embargo, a diferencia de la fachada anterior, existe discrepancia en la cuanto a la relación material y % impacto entre las categorías de daño estudiadas. En la categoría de la calidad del ecosistema, llama la atención que la termoarcilla sea la que mayor porcentaje tiene, representando aproximadamente el 80% en comparación con los

demás materiales y fases (Ver Figura 10). Esto puede deberse a los aditivos que se utilizan en su fabricación y, concretamente, que se gasifican en la fase de cocción de las piezas. Este motivo sumado a que es elemento principal del cerramiento, puede tener como resultado este gran impacto.

Figura 11. Comparación de las categorías de impacto



La gráfica anterior muestra como la categoría con mayor impacto sigue siendo el agotamiento de los recursos fósiles. En este caso, el agotamiento de metales genera también un ligero impacto, pero es mínimo en comparación con los recursos fósiles. En cuanto a las otras categorías, pueden despreciarse (Ver Figura 11).

6.4.3. Fachada Tipo 3

Figura 12. Introducción de los datos del inventario

Nombre	Proyecto	Estado
Fachada 1_Fabricación	Elisabeth Alegre	Ning.
Fachada 2_Fabricación	Elisabeth Alegre	Ning.
Fachada 3_Fabricación	Elisabeth Alegre	Ning.
Fachada 4_Fabricación	Elisabeth Alegre	Ning.

Materiales/Ensamblajes		Cantidad	Ud.	Distribución	DS^2 or 2*DSMin	Máx	Comentario
Cement mortar (RoW) production Alloc Def, U		36	kg	Indefinido			
Autoclaved aerated concrete block (RoW) production Alloc		163,8	kg	Indefinido			
Rock wool (RoW) production Alloc Def, U		3,5	kg	Indefinido			
Gypsum plasterboard (RoW) production Alloc Def, U		13,5	kg	Indefinido			
(Insertar línea aquí)							
Procesos		Cantidad	Ud.	Distribución	DS^2 or 2*DSMin	Máx	Comentario
Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO3 (RER) tra		14,904	tkm	Indefinido			Transporte a obra
Electricity, medium voltage (ES) electricity voltage transform		1,59	KWh	Indefinido			Consumo - Colocación en obra
Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO3 (RER) tra		4,336	tkm	Indefinido			Transporte a planta de reciclaje
(Insertar línea aquí)							

Figura 13. Desglose por categoría de daño de cada elemento del ciclo de vida

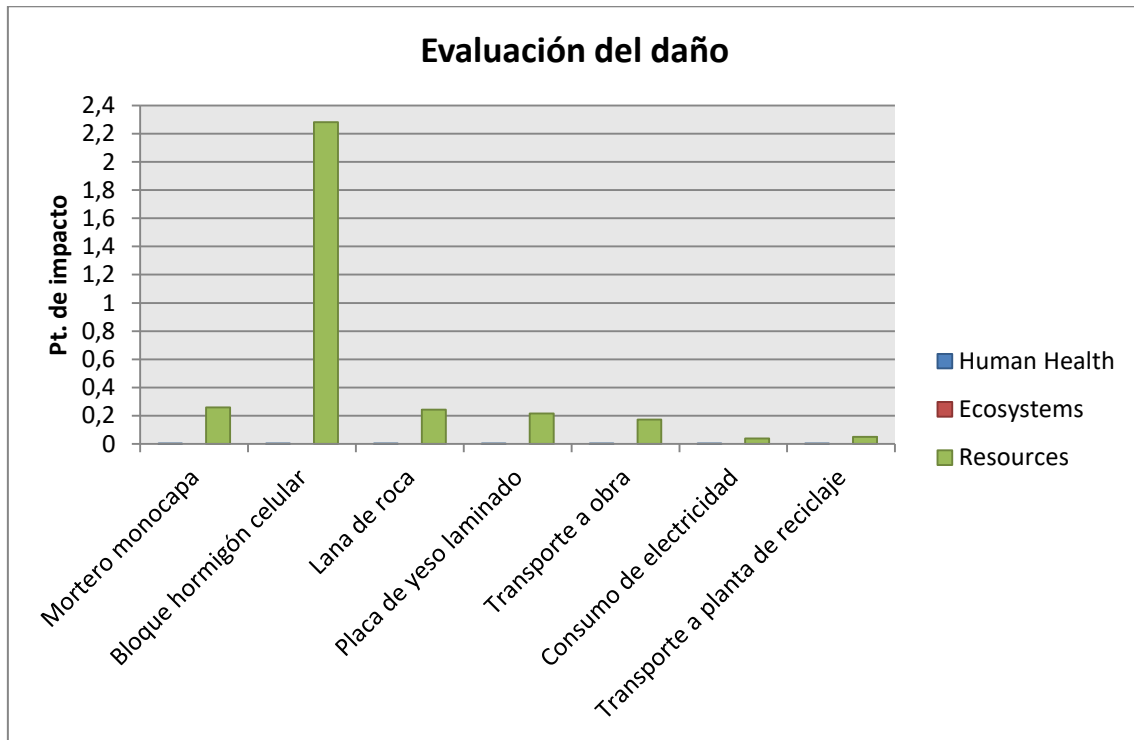


Figura 14. Porcentaje de impacto según fases

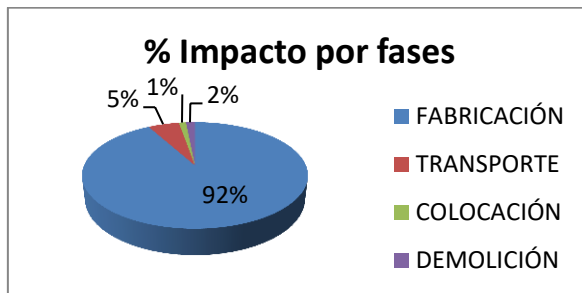
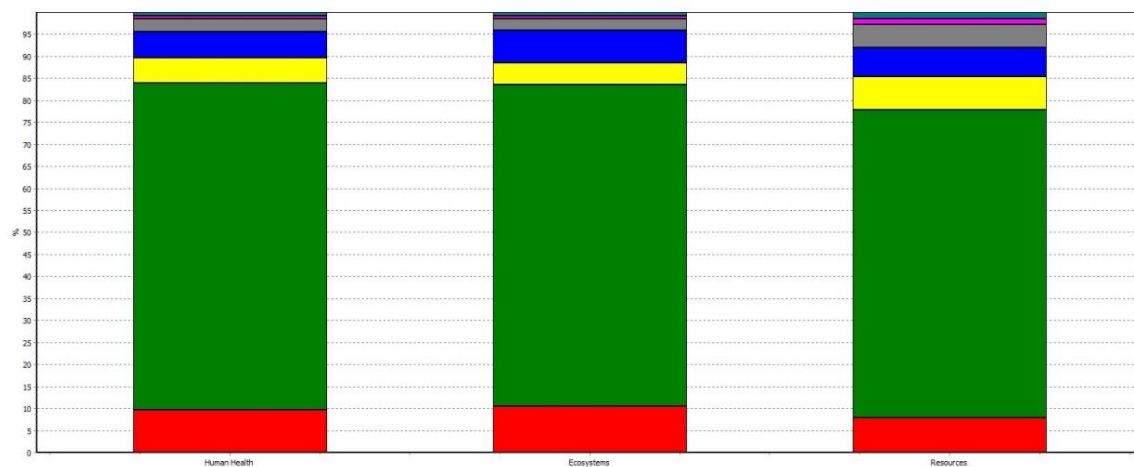
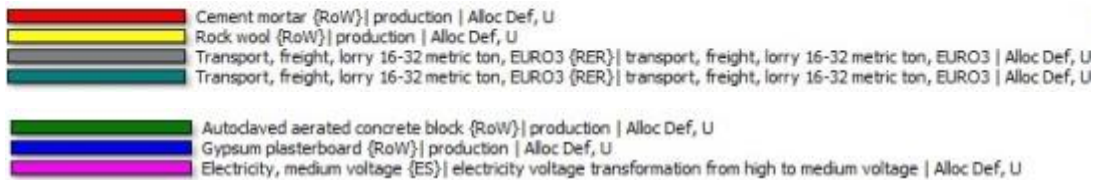


Figura 15. Representación en tanto por ciento de cada elemento según la categoría de daño

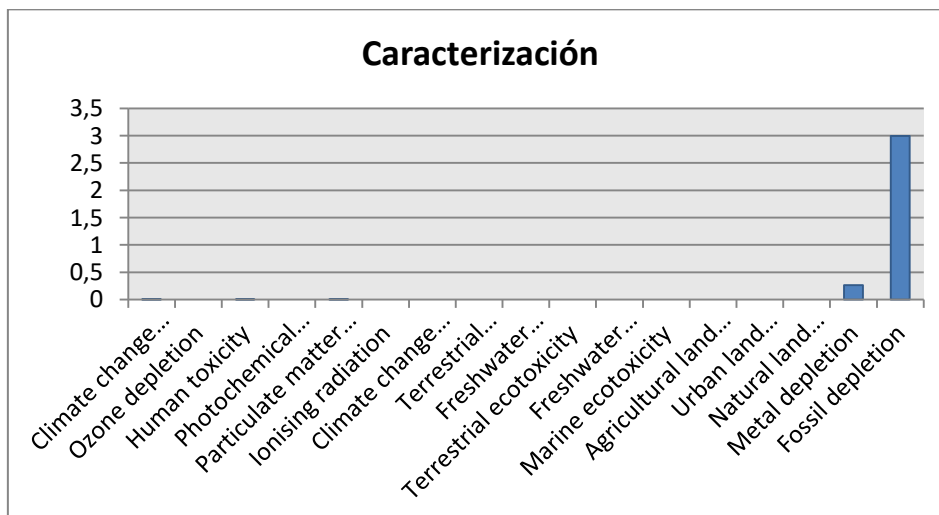




El proceso de fabricación sigue siendo por excelencia la fase con mayor porcentaje de impacto (Ver Figura 14). En cuanto a los materiales, es el bloque de hormigón celular el que tiene más puntos de impacto, representando entre un 70% y un 75% en cada una de las tres categorías de daño estudiadas (Ver Figura 15). Aun así, en la Figura 13, sigue siendo la fase de recursos la que más debe preocupar. Para su fabricación, se utilizan materias primas naturales (tales como agua, arena, cal, etc.) y, por tanto, puede considerarse un material respetuoso con el medio ambiente. Sin embargo, no hay que olvidar los recursos consumidos, ya que además en esta tipología de fachada representa al material de cerramiento y constituye su hoja principal.

El resto de materiales tienen puntos de impacto semejantes, situándose aproximadamente en 0,3, aunque despreciables en comparación con el bloque de hormigón celular. La fase de transporte de los materiales hasta obra también genera el mismo impacto que éstos.

Figura 16. Comparación de las categorías de impacto



La gráfica anterior (Ver Figura 16) muestra como la categoría con mayor impacto sigue siendo el agotamiento de los recursos fósiles. En este caso, el agotamiento de metales genera también un ligero impacto, pero es mínimo en comparación con los recursos fósiles. En cuanto a las otras categorías, pueden despreciarse.

6.4.4. Fachada Tipo 4

Figura 17. Introducción de los datos del inventario

The screenshot shows the 'Editar montaje' window for 'Fachada 4_Fabricación'. It includes a table for 'Materiales/Ensamblajes' and a table for 'Procesos'.

Nombre	Proyecto	Estado
Fachada 1_Fabricación	Elisabeth Alegre	Ning.
Fachada 2_Fabricación	Elisabeth Alegre	Ning.
Fachada 3_Fabricación	Elisabeth Alegre	Ning.
Fachada 4_Fabricación	Elisabeth Alegre	Ning.

Material/Ensamblaje	Cantidad	Ud.	Distribución	DS*2 or 2*DSMin	Máx	Comentario
Concrete block (RoW) production Alloc Def, U	176,12	kg	Indefinido			
Polyurethane, flexible foam (RER) production Alloc Def, U	3	kg	Indefinido			
Brick (BER) production Alloc Def, U	65,1	kg	Indefinido			
Cover plaster, mineral (RoW) production Alloc Def, U	20	kg	Indefinido			

Proceso	Cantidad	Ud.	Distribución	DS*2 or 2*DSMin	Máx	Comentario
Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO3 (RER) tra	11,8376	km	Indefinido			Transporte a obra
Electricity, medium voltage (ES) electricity voltage transform	1,94	kWh	Indefinido			Consumo - Colocación en obra
Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO3 (RER) tra	5,2844	km	Indefinido			Transporte a planta de reciclaje

Figura 18. Desglose por categoría de daño de cada elemento del ciclo de vida

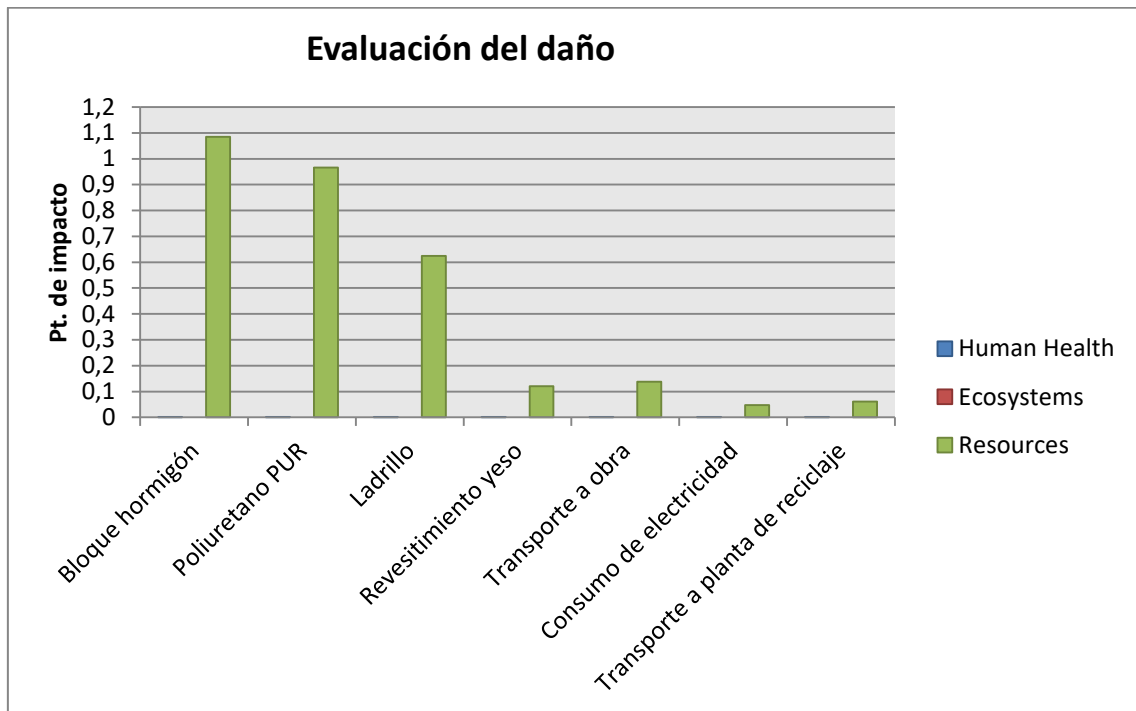
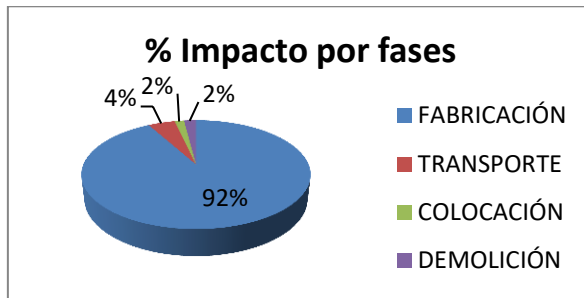


Figura 19. Porcentaje de impacto según fases



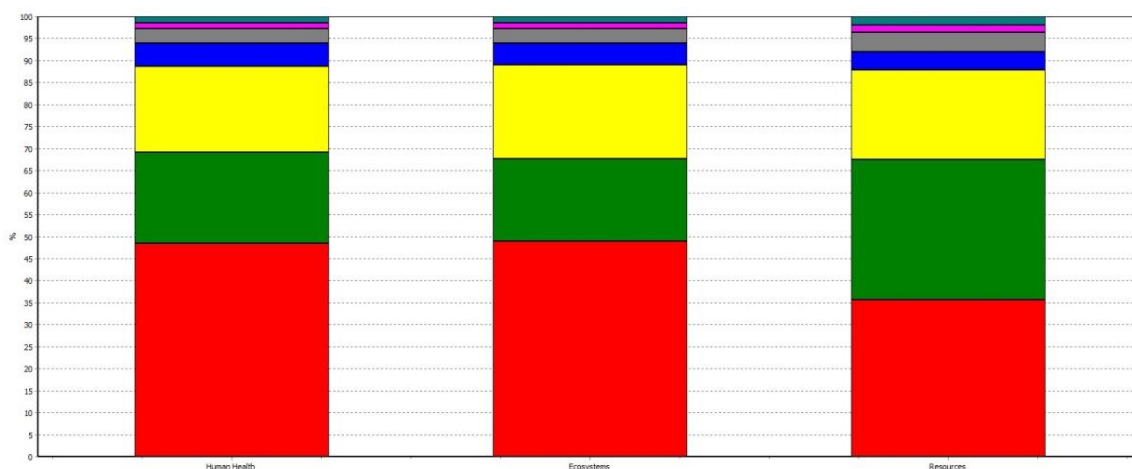
La fase de fabricación es la que mayor porcentaje tiene respecto del total, igual que en todos los casos anteriores, concretamente con un 92% esta vez (Ver Figura 19).

En cuanto a los materiales, existen tres materiales que se desmarcan respecto al resto. Por orden de puntos de impacto son el bloque de hormigón (1,1 pt. de impacto), el poliuretano (0,95 pt. de impacto) y el ladrillo hueco (0,62 pt. de impacto). Estos impactos se generan en la categoría de daño del consumo de recursos (Ver Figura 18).

El bloque de hormigón y el ladrillo hueco son los materiales con mayor repercusión de peso en el cerramiento, ya que conforman las dos hojas del mismo. En cuanto al poliuretano, pese a sus buenas propiedades como aislante, es un material sintético no biodegradable y que exige de protección para el ser humano en su manipulación y colocación.

A nivel global, el bloque de hormigón es el material con mayor porcentaje entre las tres categorías, rondando el 50% en la categoría de salud humana y ecosistema y el 35% en recursos (Ver Figura 20).

Figura 20. Representación en tanto por ciento de cada elemento según la categoría de daño



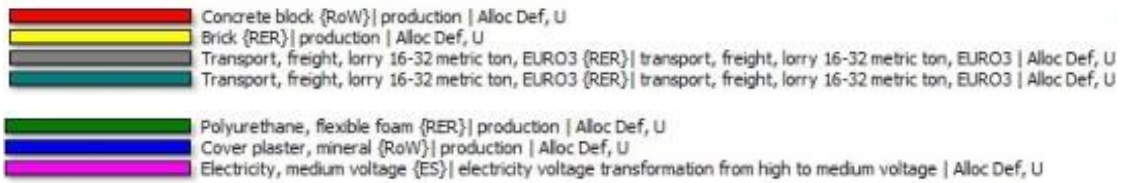
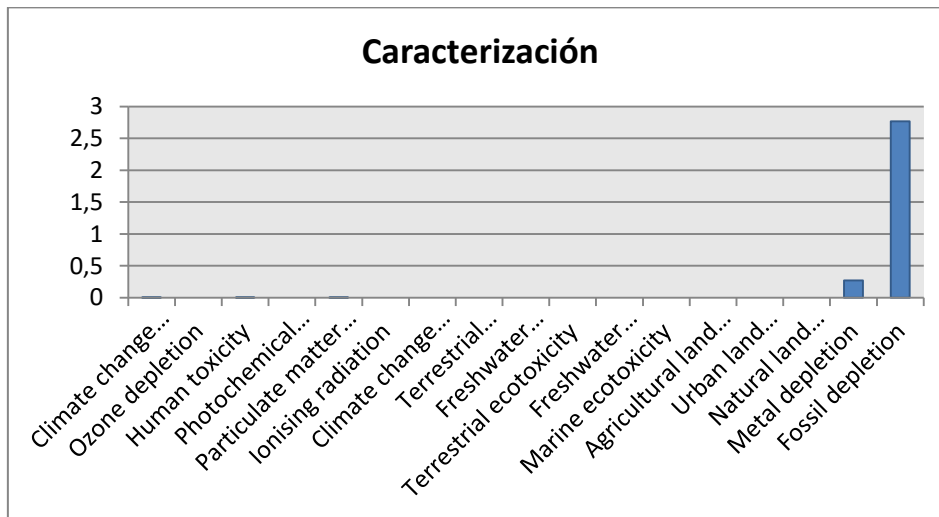


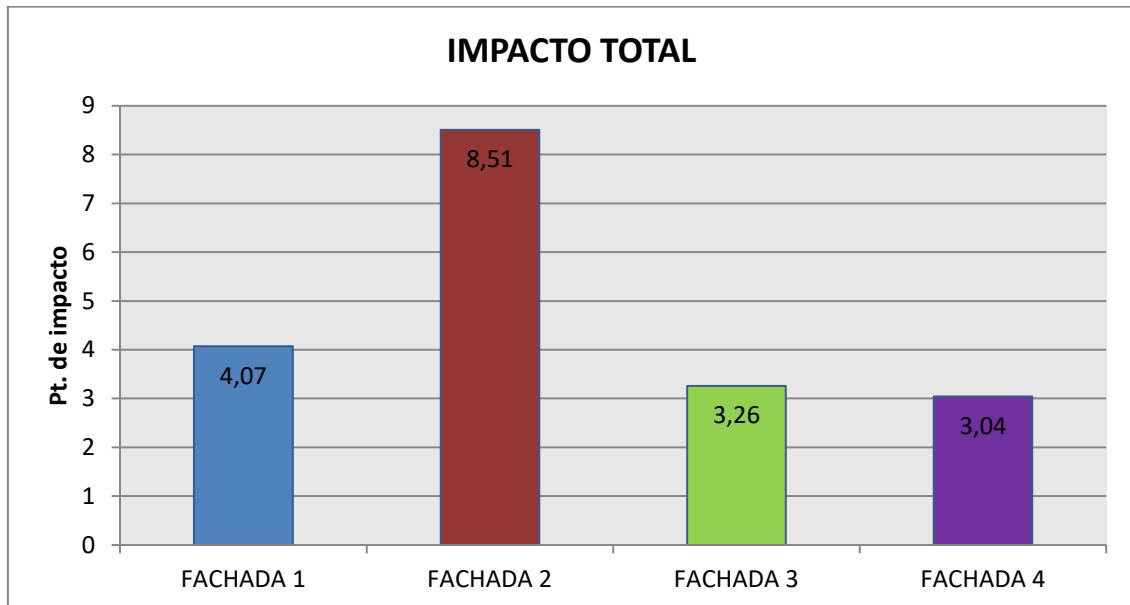
Figura 21. Comparación de las categorías de impacto



La gráfica anterior (Figura 21) muestra como la categoría con mayor impacto sigue siendo el agotamiento de los recursos fósiles. En este caso, el agotamiento de metales genera también un ligero impacto, pero es mínimo en comparación con los recursos fósiles. En cuanto a las otras categorías, pueden despreciarse.

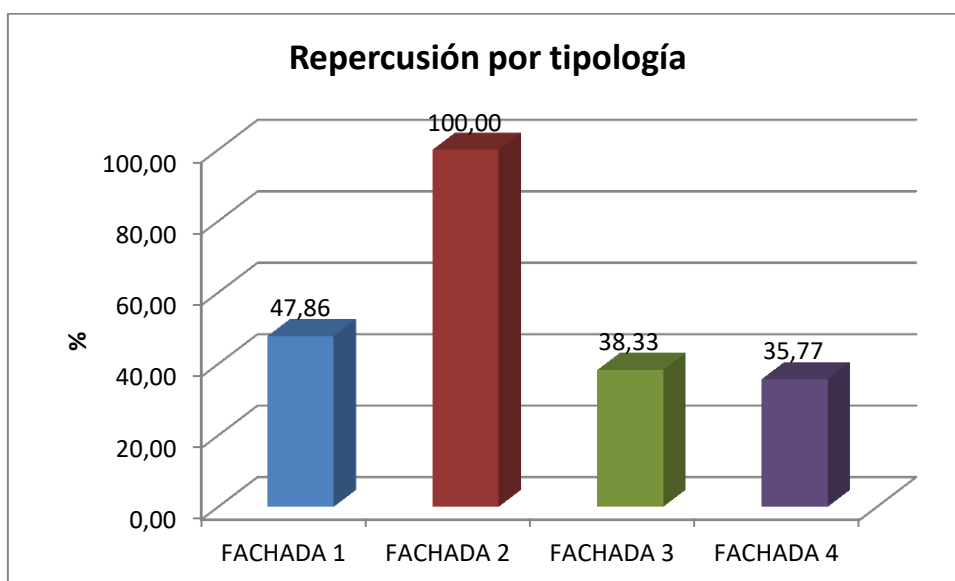
6.5. Comparativa e interpretación de los resultados

Figura 22. Puntos de impacto ambiental según las tipologías de fachada estudiadas



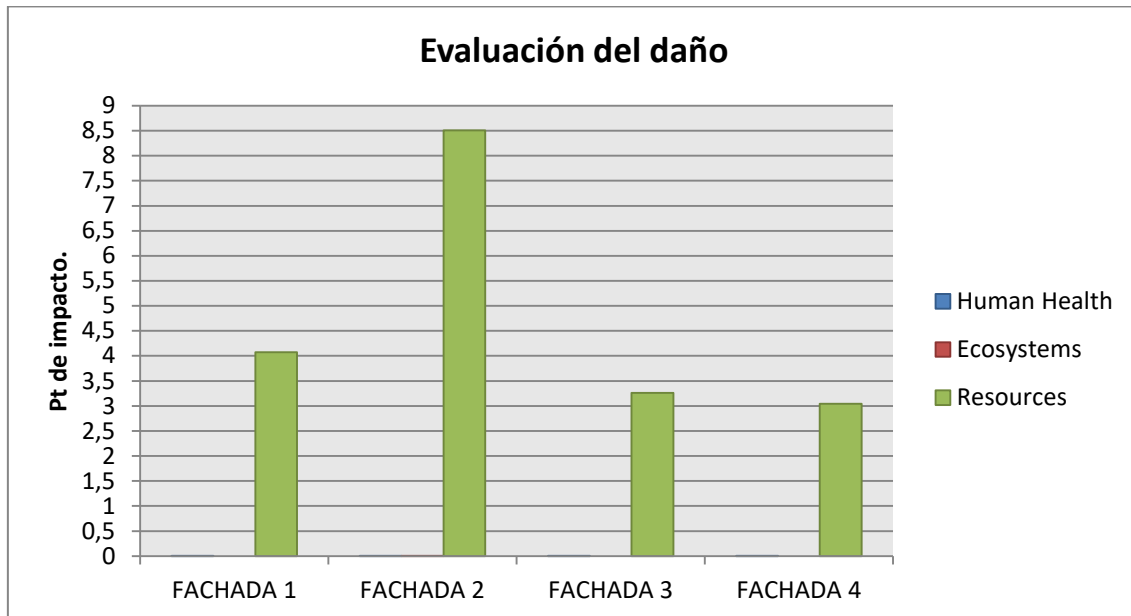
Como puede observarse en el gráfico anterior, la tipología de fachada con mayor repercusión de las que se han estudiado en este caso A es la Fachada Tipo 2, con un total de 8,51 puntos de impacto. Si la referenciamos al 100%, vemos como existe una relación de más del doble con la siguiente con mayor impacto, la Fachada Tipo 1, con 4,07 puntos de impacto (Ver Figura 22 y Figura 23).

Figura 23. Representación en tanto por ciento de la repercusión de cada tipología de fachada



De las tres categorías de daño analizadas, la que más repercusión tiene sobre el total es la del consumo de recursos. En comparación con el impacto en la salud humana y en el ecosistema, hace que éstas sean despreciables (Ver Figura 24). Este dato se ha observado a partir de los análisis individuales de cada tipología.

Figura 24. Puntos de impacto del desglose de cada categoría de daño



En cuanto a las categorías de impacto, la que más repercusión genera es el agotamiento de recursos fósiles, dentro de la categoría de daño de recursos (Ver Figura 1). En cada caso individualmente se ha observado como la repercusión de todas las demás categorías es prácticamente nula. Es por eso que se ha decidido no mostrar una gráfica final de impacto total de las categorías, ya que el resultado era obvio dado el estudio realizado previamente.

Con este estudio se ha mostrado el análisis de soluciones constructivas que nada tienen que ver entre ellas en cuanto a materiales, pero que finalmente se han obtenido resultados comunes, como es el impacto que se genera en el consumo de recursos.

7. CASO DE ESTUDIO B: CERRAMIENTOS OPACOS. COMPARACIÓN DE AISLANTES TÉRMICOS.

7.1. Introducción

A diferencia del anterior caso de estudio A, en éste se escogerá únicamente un tipo de solución constructiva de las que se han establecido como base.

Debido a la importancia que tiene la capa de aislamiento térmico en los cerramientos opacos y, en general, en toda la edificación, con este segundo caso de estudio se pretende realizar la comparativa de diferentes materiales que ofrecen esta propiedad.

Se escogerá la solución base de “Fachada Tipo 1” del anterior caso de estudio, manteniendo todas sus capas excepto la que conforma el aislamiento térmico, que irá variando de material. El motivo de la elección ha sido dado que de las cuatro fachadas estudiadas en el caso A de estudio, se considera ésta como la más común, conociéndose como *fachada convencional*.

El objetivo es conocer el comportamiento de la solución constructiva con el cambio de material, además de conocer los impactos ambientales de los mismos.

7.2. Descripción del sistema constructivo

7.2.1. Cálculos previos

Para este segundo caso de estudio se aplican las mismas condiciones ya redactadas en el caso de estudio A.

Aunque el estudio se base en una única solución constructiva, también es necesario establecer un límite en las transmitancias térmicas para que sigan siendo comparables.

Al igual que en el caso anterior, los cerramientos estudiados a continuación cumplen con los límites de las transmitancias térmicas que establece este DB, independientemente del uso al que se destinara el edificio. Esto se debe a que ninguna de las soluciones constructivas escogidas supera los $0,41 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$, valor que se encuentra por debajo de los máximos.

Se adjuntan como *Anexo II* los cálculos realizados para la homogeneización de las soluciones constructivas escogidas.

7.2.2. Elección de soluciones constructivas

Tal y como se ha descrito en el apartado anterior, el estudio B se basará en el sistema constructivo “Fachada Tipo 1”. El objetivo no es comparar diferentes soluciones, sino que, marcando una de base, las únicas variaciones se produzcan en la capa de aislamiento⁸.

A continuación se detallan todos los materiales elegidos.

A) FACHADA 1-1 (Fachada Tipo 1 del caso de estudio A)

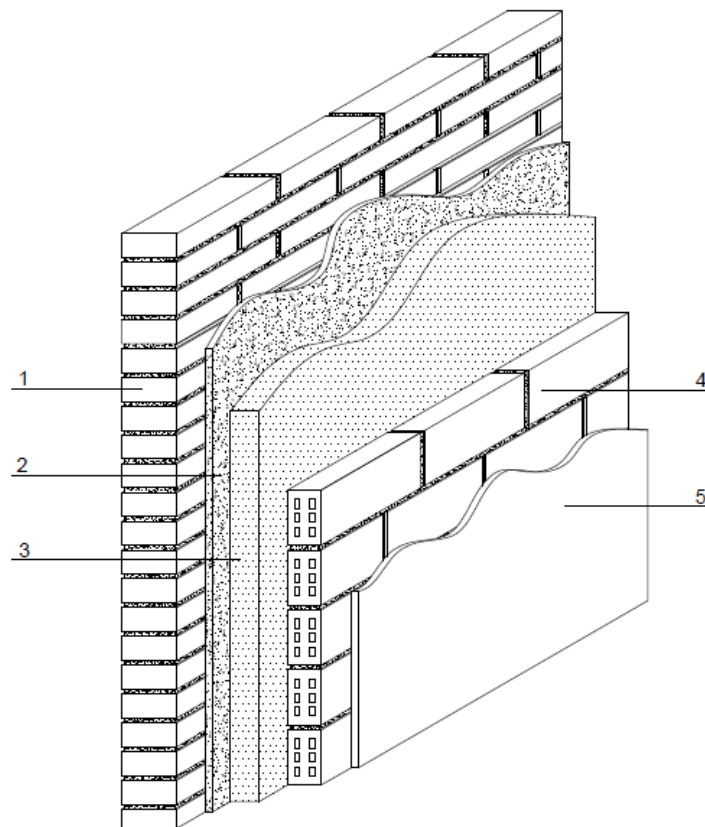
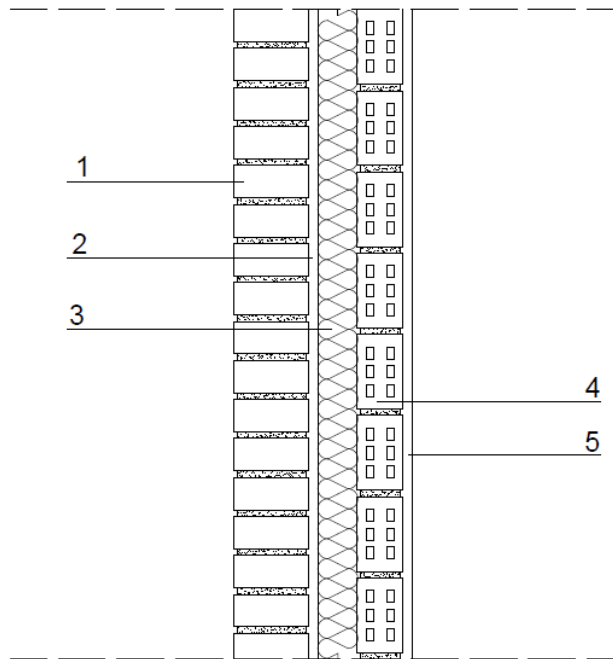
Se trata de una fachada de dos hojas, con hoja exterior de fábrica cerámica con acabado de cara vista. Sin cámara de aire y con aislamiento por la cara exterior de la hoja interior.

Se definen detalladamente todas sus capas, de exterior a interior:

1. Ladrillo cerámico cara vista, con dimensiones 24 x 11,5 x 5 cm.
2. Revestimiento intermedio realizado con capa de mortero de cemento, sobre la cara interior de la hoja exterior. Grosor de 1,5 cm.
3. Aislante térmico no hidrófilo, a base de paneles de lana de roca. Grosor de 6 cm.
4. Fábrica de ladrillo hueco doble, con dimensiones 24 x 0,07 x 11,5 cm.
5. Capa de revestimiento interior, a base de un enlucido de yeso. Grosor 1,5 cm

El cerramiento con todas sus capas tiene un grosor total de 27,5 cm, y presenta un valor conjunto de transmitancia térmica de 0,41 W/m²·K.

⁸ La única capa que variará será la número 3, establecida en la leyenda que se muestra a continuación.



Detalle 1. Sección Fachada 1-1 [Fuente propia]

B) FACHADA 1-2

Se definen detalladamente todas sus capas, de exterior a interior:

1. Ladrillo cerámico cara vista, con dimensiones 24 x 11,5 x 5 cm.
2. Revestimiento intermedio realizado con capa de mortero de cemento, sobre la cara interior de la hoja exterior. Grosor de 1,5 cm.
3. Aislante térmico, a base de paneles de poliestireno expandido o EPS. Grosor de 8 cm.
4. Fábrica de ladrillo hueco doble, con dimensiones 24 x 0,07 x 11,5 cm.
5. Capa de revestimiento interior, a base de un enlucido de yeso. Grosor 1,5 cm

El cerramiento con todas sus capas tiene un grosor total de 29,5 cm, y presenta un valor conjunto de transmitancia térmica de $0,39 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$.

C) FACHADA 1-3

Se definen detalladamente todas sus capas, de exterior a interior:

1. Ladrillo cerámico cara vista, con dimensiones 24 x 11,5 x 5 cm.
2. Revestimiento intermedio realizado con capa de mortero de cemento, sobre la cara interior de la hoja exterior. Grosor de 1,5 cm.
3. Aislamiento térmico a base de espuma rígida de poliuretano o PUR. Grosor de 6 cm.
4. Fábrica de ladrillo hueco doble, con dimensiones 24 x 0,07 x 11,5 cm.
5. Capa de revestimiento interior, a base de un enlucido de yeso. Grosor 1,5 cm

El cerramiento con todas sus capas tiene un grosor total de 27,5 cm, y presenta un valor conjunto de transmitancia térmica de $0,38 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$.

D) FACHADA 1-4

Se definen detalladamente todas sus capas, de exterior a interior:

1. Ladrillo cerámico cara vista, con dimensiones 24 x 11,5 x 5 cm.
2. Revestimiento intermedio realizado con capa de mortero de cemento, sobre la cara interior de la hoja exterior. Grosor de 1,5 cm.
3. Aislamiento térmico a base de paneles de corcho. Grosor de 8 cm.



4. Fábrica de ladrillo hueco doble, con dimensiones 24 x 0,07 x 11,5 cm.
5. Capa de revestimiento interior, a base de un enlucido de yeso. Grosor 1,5 cm

El cerramiento con todas sus capas tiene un grosor total de 29,5 cm, y presenta un valor conjunto de transmitancia térmica de 0,41 W/m²·K.

E) FACHADA 1-5

Se definen detalladamente todas sus capas, de exterior a interior:

1. Ladrillo cerámico cara vista, con dimensiones 24 x 11,5 x 5 cm.
2. Revestimiento intermedio realizado con capa de mortero de cemento, sobre la cara interior de la hoja exterior. Grosor de 1,5 cm.
3. Aislamiento térmico a base de rollos de cáñamo. Grosor de 8 cm.
4. Fábrica de ladrillo hueco doble, con dimensiones 24 x 0,07 x 11,5 cm.
5. Capa de revestimiento interior, a base de un enlucido de yeso. Grosor 1,5 cm

El cerramiento con todas sus capas tiene un grosor total de 29,5 cm, y presenta un valor conjunto de transmitancia térmica de 0,41 W/m²·K.

F) FACHADA 1-6

Se definen detalladamente todas sus capas, de exterior a interior:

1. Ladrillo cerámico cara vista, con dimensiones 24 x 11,5 x 5 cm.
2. Revestimiento intermedio realizado con capa de mortero de cemento, sobre la cara interior de la hoja exterior. Grosor de 1,5 cm.
3. Aislamiento térmico a base de paneles de lana de oveja. Grosor de 8 cm.
4. Fábrica de ladrillo hueco doble, con dimensiones 24 x 0,07 x 11,5 cm.
5. Capa de revestimiento interior, a base de un enlucido de yeso. Grosor 1,5 cm

El cerramiento con todas sus capas tiene un grosor total de 29,5 cm, y presenta un valor conjunto de transmitancia térmica de 0,40 W/m²·K.

7.3. Metodología ACV. Impacto ambiental

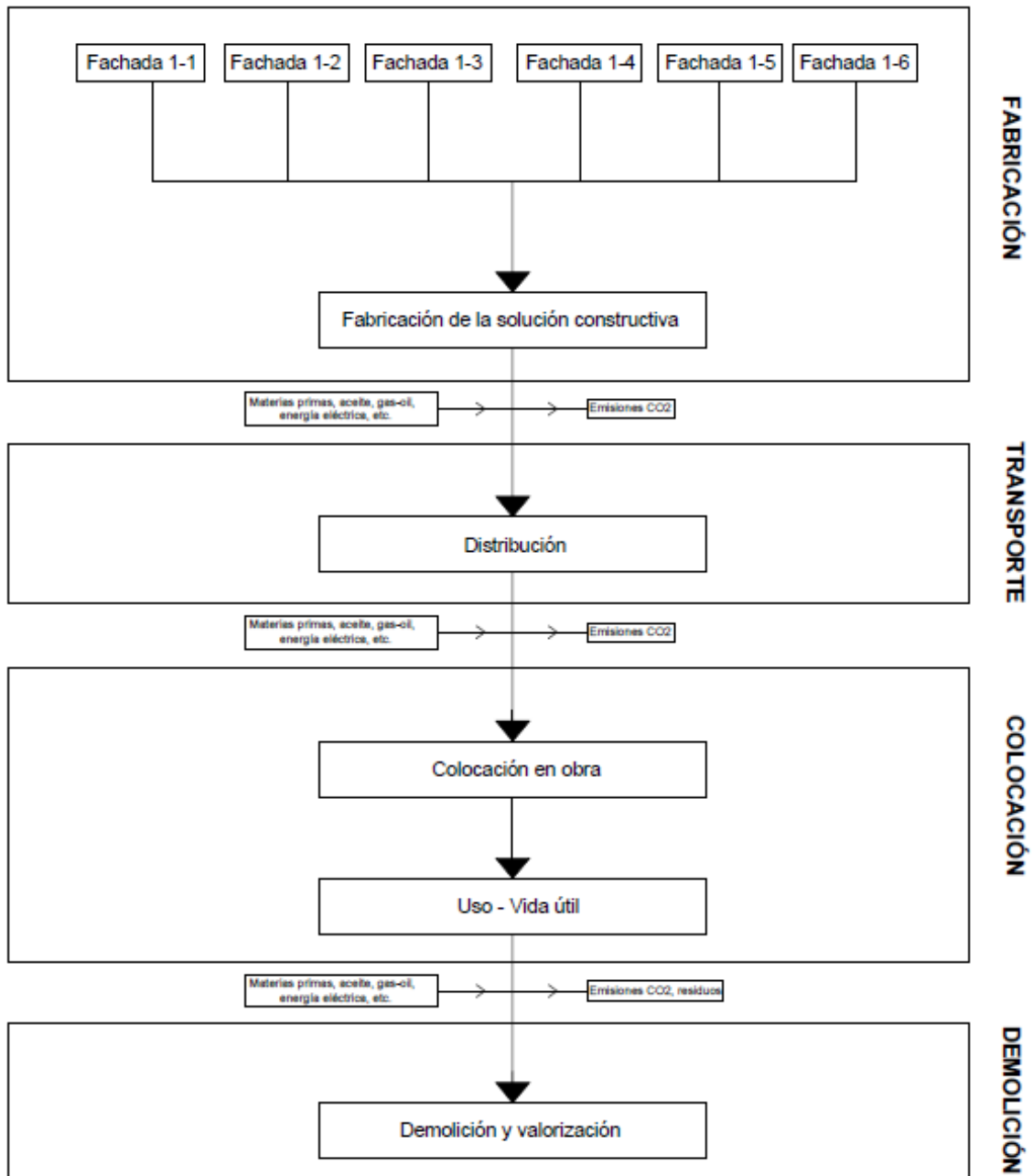
7.3.1. Definición del objetivo y alcance del estudio

Los objetivos generales de este estudio son dar a conocer los impactos ambientales asociados a diversos tipos de materiales, concretamente a materiales con función de aislante térmico. Para ello, se utilizará la metodología del Análisis del Ciclo de Vida, con la cual se evaluará su ciclo de vida completo. Dicho estudio, y a través de los resultados, pretende aplicar la información obtenida en la comercialización o en la reglamentación del uso de alguno de los materiales. A la vez, puede permitir a las empresas del sector impulsar acciones de mejoras ambientales respecto a la fabricación de los productos utilizados.

Para la elección de las soluciones constructivas, se han tenido en cuenta conceptos como la transmitancia térmica y sus prestaciones. Es decir, el objetivo para poder realizar este estudio, y que la comparación entre ellas sea lo más certera posible, es que las soluciones de cerramientos opacos elegidos, pese a estar compuestos por aislantes distintos, cumplan y tengan las mismas funciones.

Alcance y límites del sistema:

El alcance se refleja en el siguiente esquema.



Esquema: Alcance del estudio [Fuente propia]

Los límites del sistema definen los procesos y operaciones que se consideran dentro y fuera del sistema a analizar. Para este estudio, los límites quedan definidos a continuación:

- No se ha incluido el embalaje de las materias primas ni el embalaje de los productos finales, por la dificultad de la recogida de datos. Esto se debe al tratarse de un conjunto de varios componentes con distintos orígenes hasta su recepción en el lugar de construcción.



- La metodología de cálculo queda limitada a las bases de datos existentes en el programa informático Simapro. Para este estudio en concreto, se utilizará la base de datos Ecoinvent 3.
- Dicho estudio se sitúa en la Península Ibérica (España), concretamente en la zona de Lleida. Es por eso que se limita la procedencia de las materias primas y los productos a dicha zona geográfica.
- Se limita a transporte terrestre y, concretamente con camiones, el recorrido de los productos en la fase de distribución. La tipología de camión con una capacidad de carga de entre 16 – 32 toneladas (*base de datos Simapro*) será el utilizado en todas las fases de transporte.

Unidad funcional:

En el sector de la construcción es muy común trabajar con unidades de superficie. Es por eso, que se propone como unidad funcional del proyecto 1 m² de cerramiento vertical opaco.

Suposiciones:

Se proponen las localizaciones aproximadas de los suministradores, las fábricas y los vertederos, intentando que el estudio sea así lo más real posible. Con este fin, se pretende obtener resultados más certeros.

Debido a eso, para el cálculo del inventario se estima que:

- En la fase de distribución desde fábrica hasta obra, se escogerán los productores más cercanos, siempre sin superar los 300km de recorrido del camión.
- Para el transporte de los residuos hasta el vertedero tras el fin de la vida útil de los productos, se estima un recorrido máximo de 15km, puesto que se conoce de la existencia de plantas de gestión de residuos autorizadas en la provincia de Lleida.

En ambos casos, se establece el criterio de aprovechar al máximo la cercanía con los suministradores locales; ya que un mayor recorrido implicará mayores emisiones de CO₂ en la fase de distribución.



7.3.2. Análisis del inventario

Esta segunda fase debe incluir cada uno de los subsistemas donde se especifican las materias primas, materias auxiliares, energía utilizada y emisiones medioambientales.

7.3.3. Justificación de datos de inventario

Los datos utilizados para el análisis del inventario se reflejan para cada solución constructiva según su etapa de ciclo de vida.

- **Fabricación**

Se detalla la descripción de los materiales de cada solución constructiva, extraídas de la base de datos de ITeC. Además, según el *Catálogo de Elementos Constructivos del CTE*, se obtienen para cada material las densidades aparentes y los pesos, calculando así el peso general de cada solución propuesta.

En este estudio se han elegido materiales aislantes con distintos orígenes y densidades, y así poder ver cómo actúa cada uno de ellos en un cerramiento elegido como base y en una misma localización.

- **Transporte**

Se escogerán proveedores y distribuidores de referencia⁹ cuyas fábricas estén lo más cercanas posibles a la zona de Lleida. Con esto se pretende que las distancias sean más reales, y así poder evaluar unos resultados más certeros.

El resultado se obtiene en toneladas de material por cada kilómetro de recorrido.

- **Colocación y vida útil**

Para la colocación de materiales en la obra, se ha previsto en el inventario de un elevador eléctrico como medio auxiliar, además de la mano de obra.

Se ha elegido un elevador modelo Minor Millenium, de la casa CAMAC. Dispone de un motor eléctrico con una potencia fija de 2 cv, capaz de trabajar a un ritmo de 200 kg cada hora. El consumo de cada fachada variará según el peso de cada solución constructiva.

⁹ Al final del documento, se adjunta un Anexo de los proveedores escogidos para el estudio.

- Demolición

Esta fase está relacionada con la fase de transporte, ya que el objetivo es obtener las toneladas por kilómetro de los materiales.

Para las distancias, se ha decidido seguir el mismo criterio que en la fase de transporte y escoger las plantas de reciclaje autorizadas más cercanas a Lleida. En este caso, se ha elegido la planta de reciclaje de Rosselló, fijando una distancia de 20 km.

El ciclo de vida de los materiales acaba en la llegada a la planta de reciclaje, ya que no se ha considerado el impacto del tratamiento una vez convertido en residuo.



Abocadors controlats:

1. Torrefarrera
2. Montoliu de Lleida (+R)
3. Balaguer (+R)
4. Miralcamp
5. Les Borges Blanques
6. Tàrraga
7. Cervera (+R)
8. Ponts

Plantes de reciclatge:

9. Rosselló
10. Agramunt
11. Sanauja

Mapa comarcal de residuos de la construcción de Catalunya
[Fuente: Agència de Residus de Catalunya].

7.3.4. Inventario

Fachada Tipo 1

- Materiales:

Tabla 1.1. Cálculo del peso de los materiales en función de sus propiedades físicas

FABRICACIÓN	Materiales	Densidad volumétrica (kg/m ³)	Espesor (m)	Unidad funcional	kg
	Ladrillo cara vista 24x11,5x5	2200	0,115	1 m ²	253
	Revestimiento intermedio - mortero	1800	0,015	1 m ²	27
	Aislamiento térmico - lana de roca	70	0,06	1 m ²	4,2
	Fábrica de ladrillo hueco	930	0,07	1 m ²	65,1
	Revestimiento interior - yeso	1000	0,015	1 m ²	15
Total kg=					364,3

- Transporte:

Tabla 2.1. Cálculo del peso de los materiales para la fase de transporte

TRANSPORTE	Materiales	Distancia real (km)	kg	kg-km
	Ladrillo cara vista 24x11,5x5	40	253	10120
	Revestimiento intermedio - mortero	200	27	5400
	Aislamiento térmico - lana de roca	180	4,2	756
	Fábrica de ladrillo hueco	40	65,1	2604
	Revestimiento interior - yeso	160	15	2400
Total kg-km=				21280
Total t-km=				21,28

- Colocación:

Tabla 3.1. Consumo de energía de movimiento y colocación de los materiales en obra

COLOCACIÓN	Modelo	Potencia (kW)	Ritmo de trabajo (kg/h)	Peso Ud. Funcional (kg)	Tiempo de trabajo (h)	Consumo (kWh)
	Minor Millenium	1,47	200	364,3	1,82	2,68
	Potencia (cv)	Factor conversión	Potencia (kW)			
2	0,73539875	1,47				



- Residuos

Tabla 4.1. Cálculo del peso de los materiales para la fase de demolición (toneladas x km)

DEMOLICIÓN	Materiales	Distancia aproximada (km)	kg	kg-km
	Ladrillo cara vista 24x11,5x5	20	253	5060
	Revestimiento intermedio - mortero	20	27	540
	Aislamiento térmico - lana de roca	20	4,2	84
	Fábrica de ladrillo hueco	20	65,1	1302
	Revestimiento interior - yeso	20	15	300
			Total kg-km=	7286
			Total t-km=	7,286

Fachada Tipo 1-2

- Materiales:

Tabla 1.2. Cálculo del peso de los materiales en función de sus propiedades físicas

FABRICACIÓN	Materiales	Densidad volumétrica (kg/m ³)	Espesor (m)	Unidad funcional	kg
	Ladrillo cara vista 24x11,5x5	2200	0,115	1 m ²	253
	Revestimiento intermedio - mortero	1800	0,015	1 m ²	27
	Aislamiento térmico - EPS	80	0,08	1 m ²	6,4
	Fábrica de ladrillo hueco	930	0,07	1 m ²	65,1
	Revestimiento interior - yeso	1000	0,015	1 m ²	15
				Total kg=	366,5

- Transporte:

Tabla 2.2. Cálculo del peso de los materiales para la fase de transporte

TRANSPORTE	Materiales	Distancia real (km)	kg	kg-km
	Ladrillo cara vista 24x11,5x5	40	253	10120
	Revestimiento intermedio - mortero	200	27	5400
	Aislamiento térmico - EPS	210	6,4	1344
	Fábrica de ladrillo hueco	40	65,1	2604
	Revestimiento interior - yeso	160	15	2400
			Total kg-km=	21868
			Total t-km=	21,868

- Colocación:

Tabla 3.2. Consumo de energía de movimiento y colocación de los materiales en obra

COLOCACIÓN	Modelo	Potencia (kW)	Ritmo de trabajo (kg/h)	Peso Ud. Funcional (kg)	Tiempo de trabajo (h)	Consumo (kWh)
	Minor Millenium	1,47	200	366,5	1,83	2,70
		Potencia (cv)	Factor conversión	Potencia (kW)		
	2	0,73539875	1,47			



- Residuos

Tabla 4.2. Cálculo del peso de los materiales para la fase de demolición (toneladas x km)

DEMOLICIÓN	Materiales	Distancia aproximada (km)	kg	kg-km
	Ladrillo cara vista 24x11,5x5	20	253	5060
	Revestimiento intermedio - mortero	20	27	540
	Aislamiento térmico - EPS	20	6,4	128
	Fábrica de ladrillo hueco	20	65,1	1302
	Revestimiento interior - yeso	20	15	300
			Total kg-km=	7330
			Total t-km=	7,33

Fachada Tipo 1-3

- Materiales:

Tabla 1.3. Cálculo del peso de los materiales en función de sus propiedades físicas

FABRICACIÓN	Materiales	Densidad volumétrica (kg/m ³)	Espesor (m)	Unidad funcional	kg
	Ladrillo cara vista 24x11,5x5	2200	0,115	1 m ²	253
	Revestimiento intermedio - mortero	1800	0,015	1 m ²	27
	Aislamiento térmico - PUR	60	0,06	1 m ²	3,6
	Fábrica de ladrillo hueco	930	0,07	1 m ²	65,1
	Revestimiento interior - yeso	1000	0,015	1 m ²	15
				Total kg=	363,7

- Transporte:

Tabla 2.3. Cálculo del peso de los materiales para la fase de transporte

TRANSPORTE	Materiales	Distancia real (km)	kg	kg-km
	Ladrillo cara vista 24x11,5x5	40	253	10120
	Revestimiento intermedio - mortero	200	27	5400
	Aislamiento térmico - PUR	250	3,6	900
	Fábrica de ladrillo hueco	40	65,1	2604
	Revestimiento interior - yeso	160	15	2400
			Total kg-km=	21424
			Total t-km=	21,424

- Colocación:

Tabla 3.3. Consumo de energía de movimiento y colocación de los materiales en obra

COLOCACIÓN	Modelo	Potencia (kW)	Ritmo de trabajo (kg/h)	Peso Ud. Funcional (kg)	Tiempo de trabajo (h)	Consumo (kWh)
	Minor Millenium	1,47	200	363,7	1,82	2,67
	Potencia (cv)	Factor conversión	Potencia (kW)			
2	0,73539875	1,47				



- Residuos

Tabla 4.3. Cálculo del peso de los materiales para la fase de demolición (toneladas x km)

DEMOLICIÓN	Materiales	Distancia aproximada (km)	kg	kg-km
	Ladrillo cara vista 24x11,5x5	20	253	5060
	Revestimiento intermedio - mortero	20	27	540
	Aislamiento térmico - PUR	20	3,6	72
	Fábrica de ladrillo hueco	20	65,1	1302
	Revestimiento interior - yeso	20	15	300
			Total kg-km=	7274
			Total t-km=	7,274

Fachada Tipo 1-4

- Materiales:

Tabla 1.4. Cálculo del peso de los materiales en función de sus propiedades físicas

FABRICACIÓN	Materiales	Densidad volumétrica (kg/m ³)	Espesor (m)	Unidad funcional	kg
	Ladrillo cara vista 24x11,5x5	2200	0,115	1 m ²	253
	Revestimiento intermedio - mortero	1800	0,015	1 m ²	27
	Aislamiento térmico – PANEL CORCHO	110	0,08	1 m ²	8,8
	Fábrica de ladrillo hueco	930	0,07	1 m ²	65,1
	Revestimiento interior - yeso	1000	0,015	1 m ²	15
				Total kg=	368,9

- Transporte:

Tabla 2.4. Cálculo del peso de los materiales para la fase de transporte

TRANSPORTE	Materiales	Distancia real (km)	kg	kg-km
	Ladrillo cara vista 24x11,5x5	40	253	10120
	Revestimiento intermedio - mortero	200	27	5400
	Aislamiento térmico – PANEL CORCHO	300	8,8	2640
	Fábrica de ladrillo hueco	40	65,1	2604
	Revestimiento interior - yeso	160	15	2400
			Total kg-km=	23164
			Total t-km=	23,164

- Colocación:

Tabla 3.4. Consumo de energía de movimiento y colocación de los materiales en obra

COLOCACIÓN	Modelo	Potencia (kW)	Ritmo de trabajo (kg/h)	Peso Ud. Funcional (kg)	Tiempo de trabajo (h)	Consumo (kWh)
	Minor Millenium	1,47	200	368,9	1,84	2,71
	Potencia (cv)	Factor conversión	Potencia (kW)			
	2	0,73539875	1,47			



- Residuos

Tabla 4.4. Cálculo del peso de los materiales para la fase de demolición (toneladas x km)

DEMOLICIÓN	Materiales	Distancia aproximada (km)	kg	kg-km
	Ladrillo cara vista 24x11,5x5	20	253	5060
	Revestimiento intermedio - mortero	20	27	540
	Aislamiento térmico – PANEL CORCHO	20	8,8	176
	Fábrica de ladrillo hueco	20	65,1	1302
	Revestimiento interior - yeso	20	15	300
			Total kg-km=	7378
			Total t-km=	7,378

Fachada Tipo 1-5

- Materiales:

Tabla 1.5. Cálculo del peso de los materiales en función de sus propiedades físicas

FABRICACIÓN	Materiales	Densidad volumétrica (kg/m ³)	Espesor (m)	Unidad funcional	kg
	Ladrillo cara vista 24x11,5x5	2200	0,115	1 m ²	253
	Revestimiento intermedio - mortero	1800	0,015	1 m ²	27
	Aislamiento térmico – ROLLO CÁÑAMO	30	0,08	1 m ²	2,4
	Fábrica de ladrillo hueco	930	0,07	1 m ²	65,1
	Revestimiento interior - yeso	1000	0,015	1 m ²	15
				Total kg=	362,5

- Transporte:

Tabla 2.5. Cálculo del peso de los materiales para la fase de transporte

TRANSPORTE	Materiales	Distancia real (km)	kg	kg-km
	Ladrillo cara vista 24x11,5x5	40	253	10120
	Revestimiento intermedio - mortero	200	27	5400
	Aislamiento térmico – ROLLO CÁÑAMO	300	2,4	720
	Fábrica de ladrillo hueco	40	65,1	2604
	Revestimiento interior - yeso	160	15	2400
			Total kg-km=	21244
			Total t-km=	21,244

- Colocación:

Tabla 3.5. Consumo de energía de movimiento y colocación de los materiales en obra

COLOCACIÓN	Modelo	Potencia (kW)	Ritmo de trabajo (kg/h)	Peso Ud. Funcional (kg)	Tiempo de trabajo (h)	Consumo (kWh)
	Minor Millenium	1,47	200	362,5	1,81	2,67
		Potencia (cv)	Factor conversión	Potencia (kW)		
	2	0,73539875	1,47			



- Residuos

Tabla 4.5. Cálculo del peso de los materiales para la fase de demolición (toneladas x km)

DEMOLICIÓN	Materiales	Distancia aproximada (km)	kg	kg-km
	Ladrillo cara vista 24x11,5x5	20	253	5060
	Revestimiento intermedio - mortero	20	27	540
	Aislamiento térmico - ROLLO CÁÑAMO	20	2,4	48
	Fábrica de ladrillo hueco	20	65,1	1302
	Revestimiento interior - yeso	20	15	300
			Total kg-km=	7250
			Total t-km=	7,25

Fachada Tipo 1-6

- Materiales:

Tabla 1.6. Cálculo del peso de los materiales en función de sus propiedades físicas

FABRICACIÓN	Materiales	Densidad volumétrica (kg/m ³)	Espesor (m)	Unidad funcional	kg
	Ladrillo cara vista 24x11,5x5	2200	0,115	1 m ²	253
	Revestimiento intermedio - mortero	1800	0,015	1 m ²	27
	Aislamiento térmico – PANEL LANA DE OVEJA	13,5	0,08	1 m ²	1,08
	Fábrica de ladrillo hueco	930	0,07	1 m ²	65,1
	Revestimiento interior - yeso	1000	0,015	1 m ²	15
				Total kg=	361,18

- Transporte:

Tabla 2.6. Cálculo del peso de los materiales para la fase de transporte

TRANSPORTE	Materiales	Distancia real (km)	kg	kg-km
	Ladrillo cara vista 24x11,5x5	40	253	10120
	Revestimiento intermedio - mortero	200	27	5400
	Aislamiento térmico – PANEL LANA DE OVEJA	300	1,08	324
	Fábrica de ladrillo hueco	40	65,1	2604
	Revestimiento interior - yeso	160	15	2400
			Total kg-km=	20,848
			Total t-km=	20,848

- Colocación:

Tabla 3.6. Consumo de energía de movimiento y colocación de los materiales en obra

COLOCACIÓN	Modelo	Potencia (kW)	Ritmo de trabajo (kg/h)	Peso Ud. Funcional (kg)	Tiempo de trabajo (h)	Consumo (kWh)
	Minor Millenium	1,47	200	361,18	1,81	2,66
	Potencia (cv)	Factor conversión	Potencia (kW)			
	2	0,73539875	1,47			

- Residuos

Tabla 4.6. Cálculo del peso de los materiales para la fase de demolición (toneladas x km)

DEMOLICIÓN	Materiales	Distancia aproximada (km)	kg	kg-km
	Ladrillo cara vista 24x11,5x5	20	253	5060
	Revestimiento intermedio - mortero	20	27	540
	Aislamiento térmico - PANEL LANA DE OVEJA	20	1,08	21,6
	Fábrica de ladrillo hueco	20	65,1	1302
	Revestimiento interior - yeso	20	15	300
Total kg-km=			7223,6	

Total t-km=	7,2236
--------------------	---------------

7.4. Evaluación del impacto ambiental

La evaluación de impacto ambiental se ha llevado a cabo mediante el programa informático Simapro. En él se engloba toda la información del inventario, ya sea por cada fachada individualmente o en conjunto, llevando a cabo una comparación de las mismas.

Para la obtención de los resultados, se ha utilizado el Ecoindicador 99, disponible en la base de datos de dicho programa. El fruto final es el cálculo del impacto ambiental que produce cada elemento junto con sus materiales en el total de las etapas que conforman su ciclo de vida.

The screenshot shows the Simapro software interface. On the left is a navigation menu with categories like 'Instructor', 'Objetivo y alcance', 'Inventario', 'Evaluación de impacto', and 'Interpretación'. The main window is titled 'Editar montaje "Fachada 1_Fabricación"'. It contains a table with the following data:

Nombre	Imagen	Comentario
Fachada 1_Fabricación		

Estado	Nombre	Cantidad	Lid.	Distribución	DS*2 or 2*DSMin	Máx	Comentario
	Brick (RER) production Alloc Def, U	253	kg	Indefinido			
	Cement mortar (GLO) market for Alloc Def, U	27	kg	Indefinido			
	Rock wool (ROW) production Alloc Def, U	4,2	kg	Indefinido			
	Brick (RER) production Alloc Def, U	65,1	kg	Indefinido			
	Cover plaster, mineral (Roiv) production Alloc Def, U	15	kg	Indefinido			

Proceso	Cantidad	Lid.	Distribución	DS*2 or 2*DSMin	Máx	Comentario
Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO3 (RER) tra	21,28	tkm	Indefinido			Transporte a obra
Electricity, medium voltage (ES) electricity voltage transform	2,68	kWh	Indefinido			Consumo - Colocación en obra
Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO3 (RER) tra	7,286	tkm	Indefinido			Transporte a planta de reciclaje

Ejemplo: Introducción de los datos del inventario, previo al cálculo del impacto

[Fuente: Simapro]



La elección de los materiales se ha llevado a cabo según el sistema de abreviación que representa la localización geográfica[9]. En los casos que ha sido posible, se ha seleccionado el material con la abreviación RER, que representa que su procedencia es Europa. En caso de que no haya podido ser, se ha elegido RoW (*Rest-of-the-World*) o GLO (*Global*), ya que ambas abreviaciones significan lo mismo.

Para cada tipología de fachada se analizan a nivel global las categorías de daño y de impacto, ya que son los elementos obligatorios según la norma UNE-EN ISO 14040. Los procesos de normalización y ponderación forman parte de los elementos optativos y, por tanto, no serán objeto del estudio. Esto es debido a que los resultados se dan en unidades de tanto por ciento, y aparecen referenciados según el mayor indicador. En cambio, estos valores sí aparecen en el fichero *Excel* que se vincula a este documento y también han ayudado a la interpretación del resto de resultados.

Las categorías de daño hacen referencia a la salud humana, al ecosistema y a los recursos consumidos (*human health, ecosystems, resources*). En cuanto a las categorías de impacto, ver *Figura 1*.

A continuación, se ha realizado el análisis para cada fachada de la evaluación del daño y de la caracterización. Se pretende conocer cuál es la fase con mayor impacto, así como la categoría de daño.

7.4.1. Fachada Tipo 1

Esta tipología se estudia en el apartado 6.4.1. Fachada Tipo 1.

Dado que en este caso de estudio el material que varía de una solución a otra es el aislante, únicamente será éste el que se analizará, ya que el resto de materiales se han analizado anteriormente en el caso de estudio A.

7.4.2. Fachada Tipo 1-2

Figura 25. Introducción de los datos del inventario

Nombre	Proyecto	Estado
Fachada 1_2	Elisabeth Alegre	Ning.
Fachada 1_3	Elisabeth Alegre	Ning.
Fachada 1_4	Elisabeth Alegre	Ning.
Fachada 1_5	Elisabeth Alegre	Ning.
Fachada 1_6	Elisabeth Alegre	Ning.
Fachada 1_Fabricación	Elisabeth Alegre	Ning.
Fachada 2_Fabricación	Elisabeth Alegre	Ning.
Fachada 3_Fabricación	Elisabeth Alegre	Ning.
Fachada 4_Fabricación	Elisabeth Alegre	Ning.

Materiales/Ensamblajes		Cantidad	Ud.	Distribución	DS*2 or 2*DSMin	Máx	Comentario
Brick (RER) production Alloc Def, U		253	kg	Indefinido			
Cement mortar (GLO) market for Alloc Def, U		27	kg	Indefinido			
Polystyrene, expandable (RER) production Alloc Def, U		6,4	kg	Indefinido			
Brick (RER) production Alloc Def, U		65,1	kg	Indefinido			
Cover plaster, mineral (ROW) production Alloc Def, U		15	kg	Indefinido			

Procesos		Cantidad	Ud.	Distribución	DS*2 or 2*DSMin	Máx	Comentario
Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO3 (RER) tra		21,868	km	Indefinido			Transporte a obra
Electricity, medium voltage (ES) electricity voltage transform		2,70	kWh	Indefinido			Consumo - Colocación en obra
Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO3 (RER) tra		7,33	km	Indefinido			Transporte a planta de reciclaje

Figura 26. Desglose por categoría de daño de cada elemento del ciclo de vida

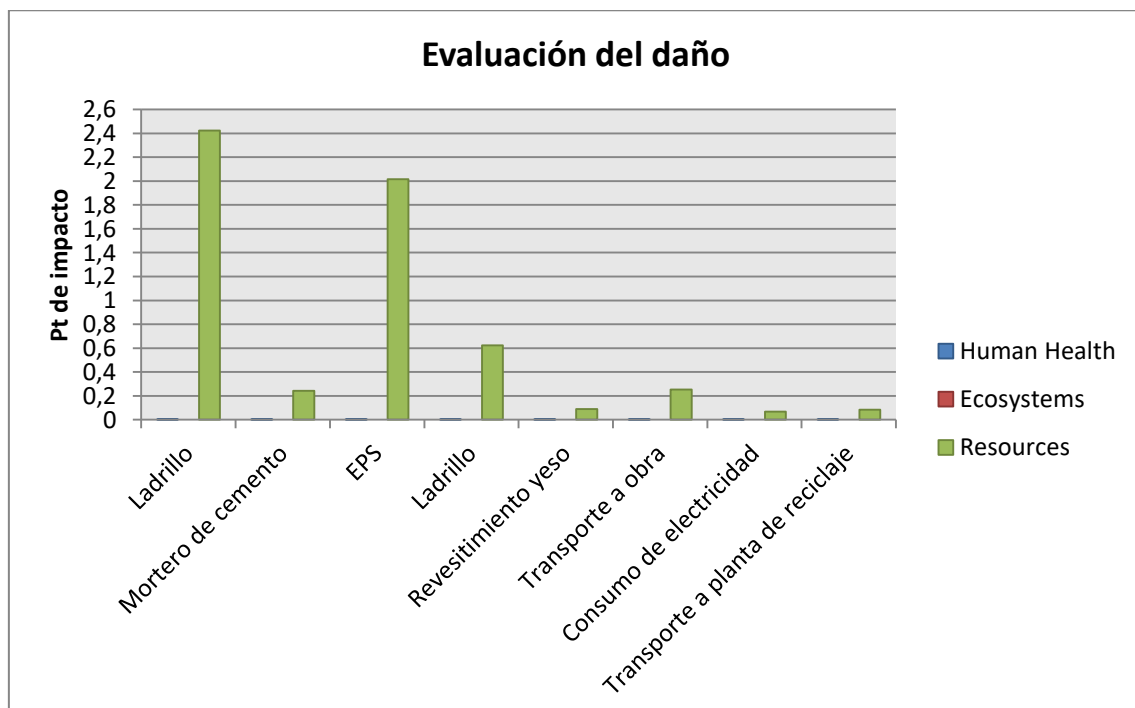
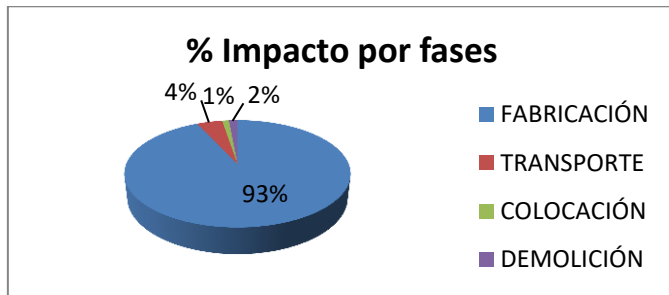


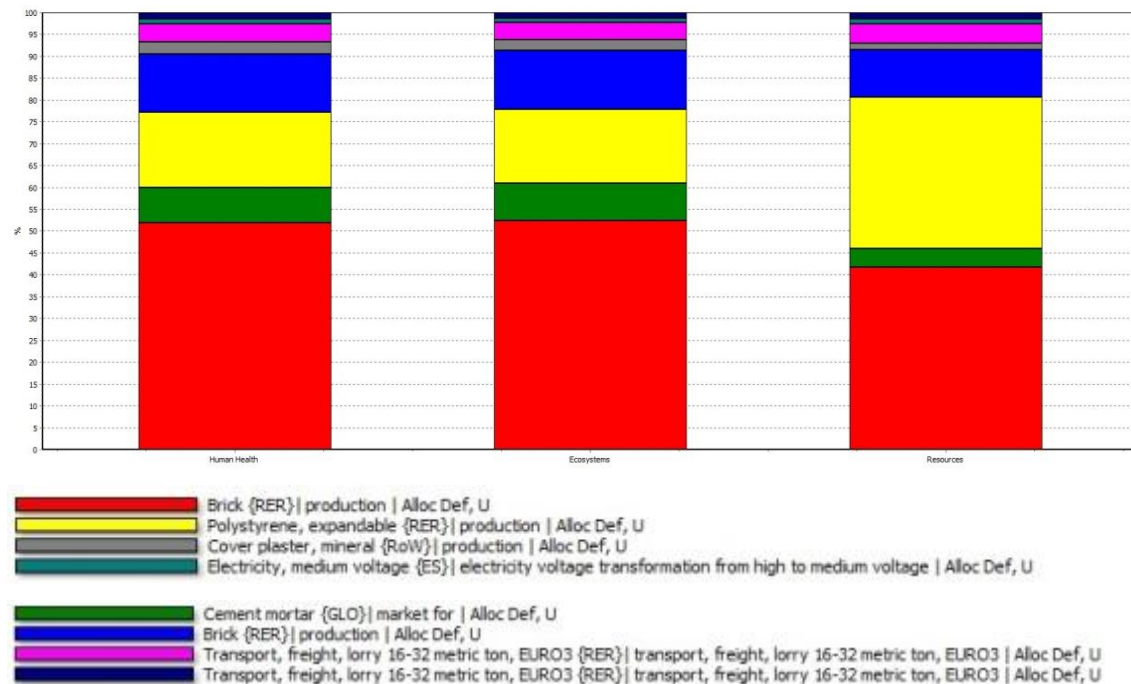
Figura 27. Porcentaje de impacto según fases



Aproximadamente, el poliestireno expandido representa un 35% en la categoría de recursos y un 20% en las categorías de ecosistema y salud humana, en referencia al análisis total de esta solución constructiva (Ver Figura 28).

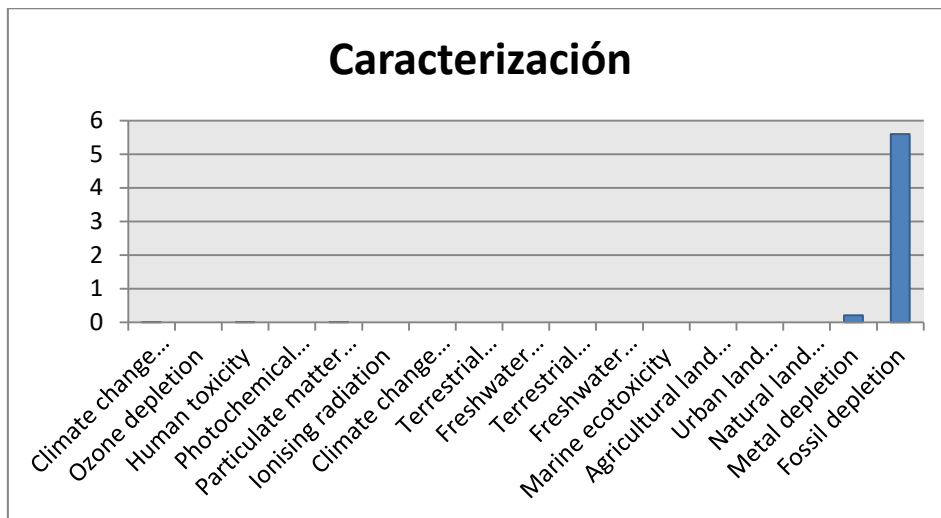
Con 2 puntos de impacto en la categoría de consumo de recursos (Ver Figura 26), es el segundo material de esta tipología de fachada con mayor repercusión en el medio ambiente. Es un material totalmente sintético no biodegradable, con un alto coste energético de producción, motivo por el cual tendría esta repercusión.

Figura 28. Representación en tanto por ciento de cada elemento según la categoría de daño



A continuación, en el siguiente gráfico se observa cómo se mantiene como mayor categoría de impacto el agotamiento de recursos fósiles (Ver Figura 29). Este aspecto se mantiene en comparación con el caso de estudio A.

Figura 29. Comparación de las categorías de impacto



7.4.3. Fachada Tipo 1-3

Figura 30. Introducción de los datos del inventario

Nombre	Proyecto	Estado
Fachada 1_2	Elisabeth Alegre	Ning.
Fachada 1_3	Elisabeth Alegre	Ning.
Fachada 1_4	Elisabeth Alegre	Ning.
Fachada 1_5	Elisabeth Alegre	Ning.
Fachada 1_6	Elisabeth Alegre	Ning.
Fachada 1_Fabricación	Elisabeth Alegre	Ning.
Fachada 2_Fabricación	Elisabeth Alegre	Ning.
Fachada 3_Fabricación	Elisabeth Alegre	Ning.
Fachada 4_Fabricación	Elisabeth Alegre	Ning.

Materiales/Ensamblajes							
Material	Cantidad	Ud.	Distribución	DS^2 or 2^*DSMin	Máx	Comentario	
Brick (RER) production Alloc Def, U	253	kg	Indefinido				
Cement mortar (GLO) market for Alloc Def, U	27	kg	Indefinido				
Polyurethane, flexible foam (RER) production Alloc Def, U	3,6	kg	Indefinido				
Brick (RER) production Alloc Def, U	65,1	kg	Indefinido				
Cover plaster, mineral (ROW) production Alloc Def, U	15	kg	Indefinido				

Proceso	Cantidad	Ud.	Distribución	DS^2 or 2^*DSMin	Máx	Comentario
Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO3 (RER) tra 21,424		km	Indefinido			Transporte a obra
Electricity, medium voltage (ES) electricity voltage transform 2,67		kWh	Indefinido			Consumo - Colocación en obra
Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO3 (RER) tra 7,274		km	Indefinido			Transporte a planta de reciclaje

En este caso, el poliuretano tiene un peso del 25% en la categoría de recursos y un 15% en las otras dos categorías aproximadamente (Ver Figura 33). El impacto del poliuretano ($\approx 1,2$ pt. de impacto; Ver Figura 31) puede deberse al uso de HCFC¹⁰ como agente espumante, que tiene un gran potencial de calentamiento global.

¹⁰ Hidroclorofluorocarbonados.

Figura 31. Desglose por categoría de daño de cada elemento del ciclo de vida

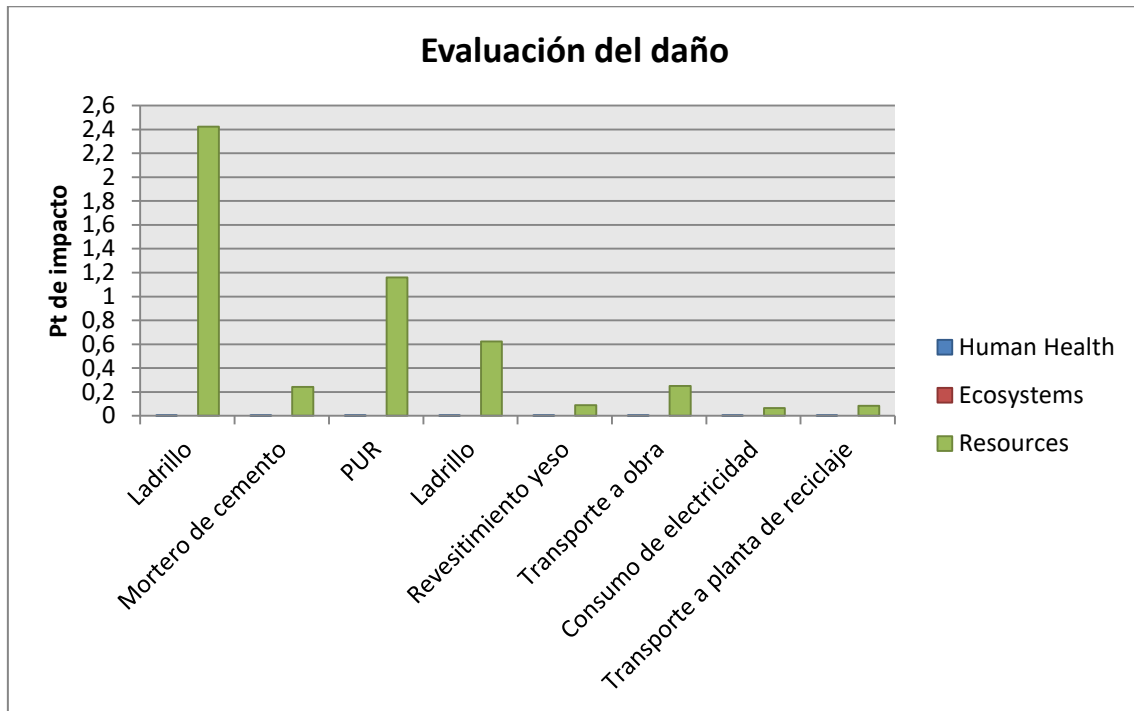


Figura 32. Porcentaje de impacto según fases

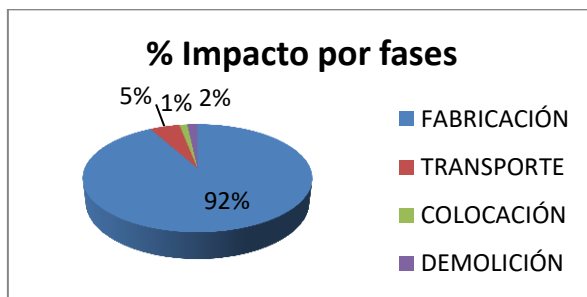


Figura 33. Representación en tanto por ciento de cada elemento según la categoría de daño

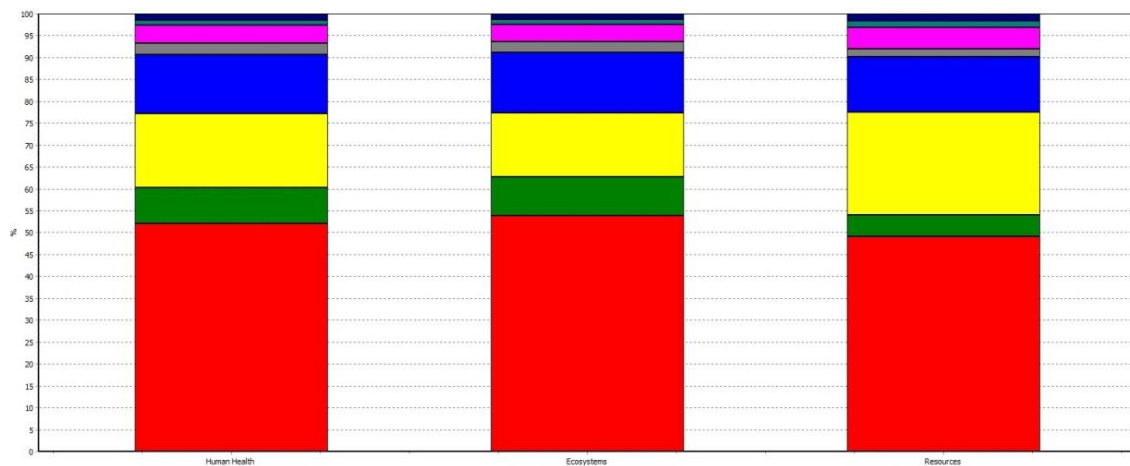
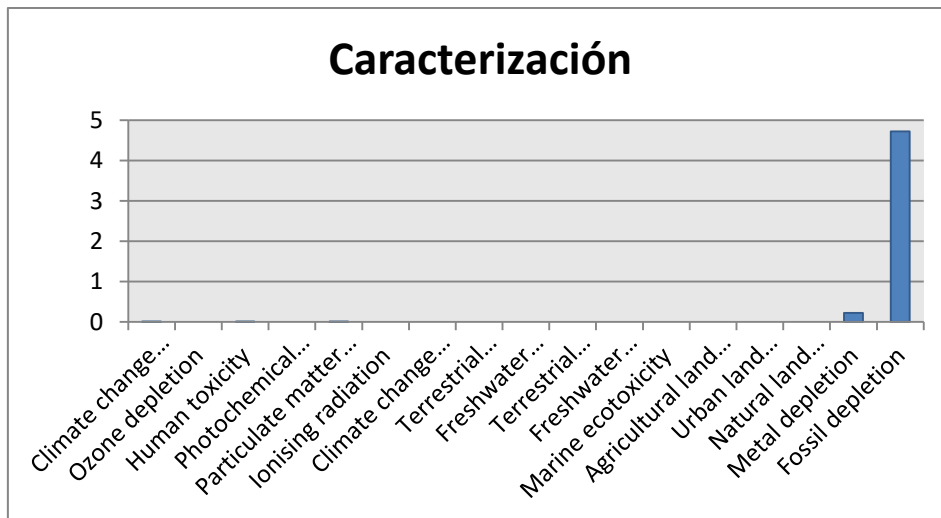




Figura 34. Comparación de las categorías de impacto



Se mantiene el agotamiento de recursos fósiles como la única categoría de impacto con repercusión a analizar en relación a todas las demás (Ver Figura 34).

7.4.4. Fachada Tipo 1-4

Figura 35. Introducción de los datos del inventario

Editar montaje 'Fachada 1_4'

Entrada/salida | Parámetros

Nombre: Fachada 1_4

Imagen:

Comentario:

Estado: Ning.

Materiales/Ensamblajes	Cantidad	Ud.	Distribución	DS*2 or 2*DSMin	Máx	Comentario
Brick {RER} production Alloc Def, U	253	kg	Indefinido			
Cement mortar {GLO} market for Alloc Def, U	27	kg	Indefinido			
Cork slab {RER} production Alloc Def, U	8,8	kg	Indefinido			
Brick {RER} production Alloc Def, U	65,1	kg	Indefinido			
Cover plaster, mineral {RoW} production Alloc Def, U	15	kg	Indefinido			
(Insertar línea aquí)						
Procesos	Cantidad	Ud.	Distribución	DS*2 or 2*DSMin	Máx	Comentario
Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO3 {RER} tra	23,164	tkm	Indefinido			Transporte a obra
Electricity, medium voltage {ES} electricity voltage transform	2,71	kWh	Indefinido			Consumo - Colocación en obra
Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO3 {RER} tra	7,378	tkm	Indefinido			Transporte a planta de redidaje
(Insertar línea aquí)						

Figura 36. Desglose por categoría de daño de cada elemento del ciclo de vida

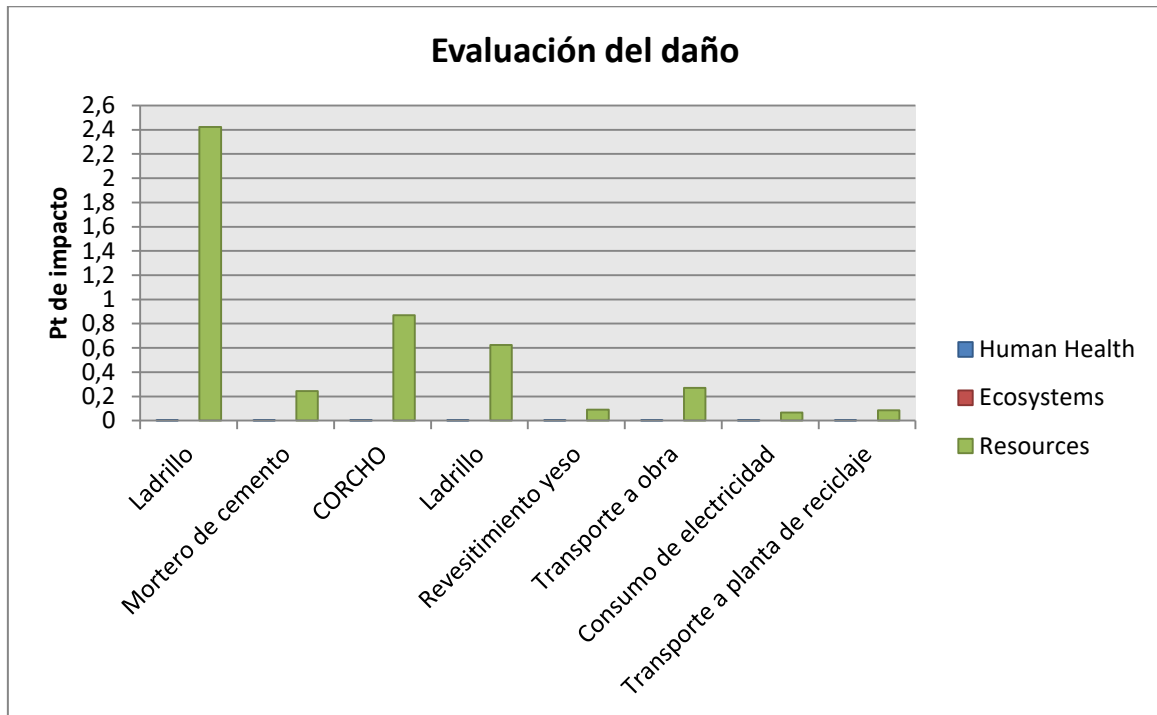


Figura 37. Porcentaje de impacto según fases

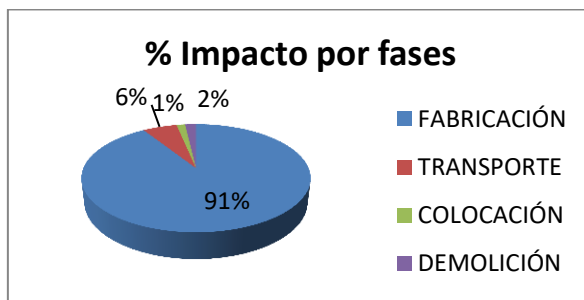
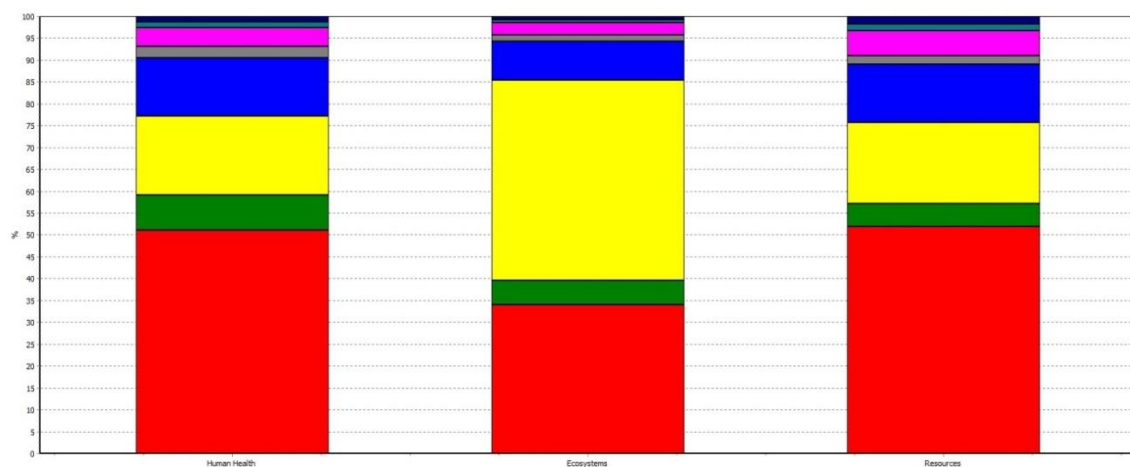


Figura 38. Representación en tanto por ciento de cada elemento según la categoría de daño

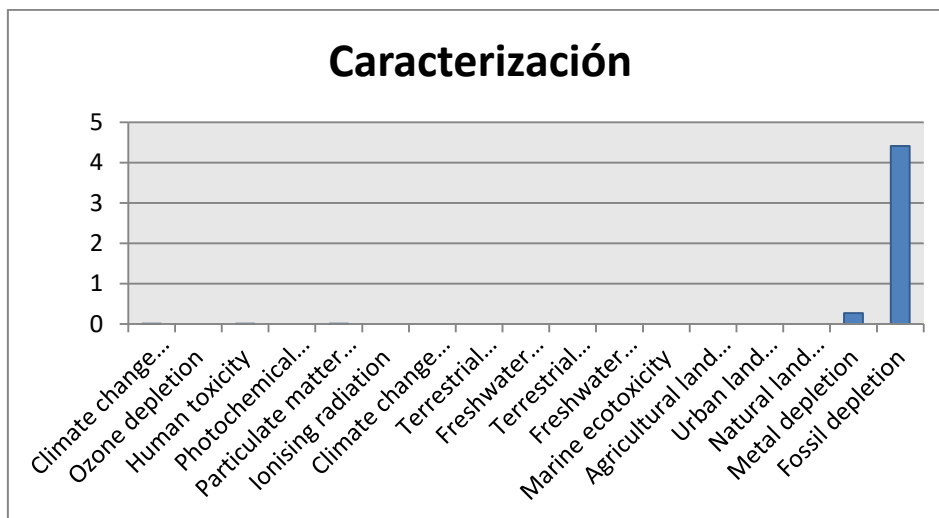




En esta tipología de fachada, el corcho tiene aproximadamente 0,9 puntos de impacto, representando el 20% de la categoría de recursos (Ver Figuras 36 y 38). Pese a esto, aunque en la categoría de ecosistema prácticamente sea despreciable el impacto, representa un 45% del conjunto de todos los materiales.

El corcho es un aislante de origen vegetal y es biodegradable. Pese a eso, el porcentaje de impacto tan elevado en la categoría de ecosistema puede ser debido a su extracción y obtención.

Figura 39. Comparación de las categorías de impacto



Se mantiene el agotamiento de recursos fósiles como la única categoría de impacto con repercusión a analizar en relación a todas las demás (Ver Figura 39).

7.4.5. Fachada Tipo 1-5

Figura 40. Introducción de los datos del inventario

Nombre	Proyecto	Estado
Fachada 1_2	Elisabeth Alegre	Ning.
Fachada 1_3	Elisabeth Alegre	Ning.
Fachada 1_4	Elisabeth Alegre	Ning.
Fachada 1_5	Elisabeth Alegre	Ning.
Fachada 1_6	Elisabeth Alegre	Ning.
Fachada 1_Fabricación	Elisabeth Alegre	Ning.
Fachada 2_Fabricación	Elisabeth Alegre	Ning.
Fachada 3_Fabricación	Elisabeth Alegre	Ning.
Fachada 4_Fabricación	Elisabeth Alegre	Ning.

Editar montaje: Fachada 1_5							
Entrada/salida		Parámetros					
Nombre	Imagen	Comentario					
Fachada 1_5							
Estado: Ning.							
Materiales/Ensamblajes							
	Cantidad	Ud.	Distribución	DS^2 or 2*DSMin	Máx	Comentario	
Brick (RER) production Alloc Def, U	253	kg	Indefinido				
Cement mortar (GLO) market for Alloc Def, U	27	kg	Indefinido				
Kenaf fibre (RoW) kenaf production Alloc Def, U	2,4	kg	Indefinido				
Brick (RER) production Alloc Def, U	65,1	kg	Indefinido				
Cover plaster, mineral (RoW) production Alloc Def, U	15	kg	Indefinido				
(Insertar línea aquí)							
Procesos							
	Cantidad	Ud.	Distribución	DS^2 or 2*DSMin	Máx	Comentario	
Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO3 (RER) tra	21,244	tkm	Indefinido			Transporte a obra	
Electricity, medium voltage (ES) electricity voltage transform	2,67	kWh	Indefinido			Consumo - Colocación en obra	
Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO3 (RER) tra	7,25	tkm	Indefinido			Transporte a planta de reciclaje	
(Insertar línea aquí)							

Figura 41. Desglose por categoría de daño de cada elemento del ciclo de vida

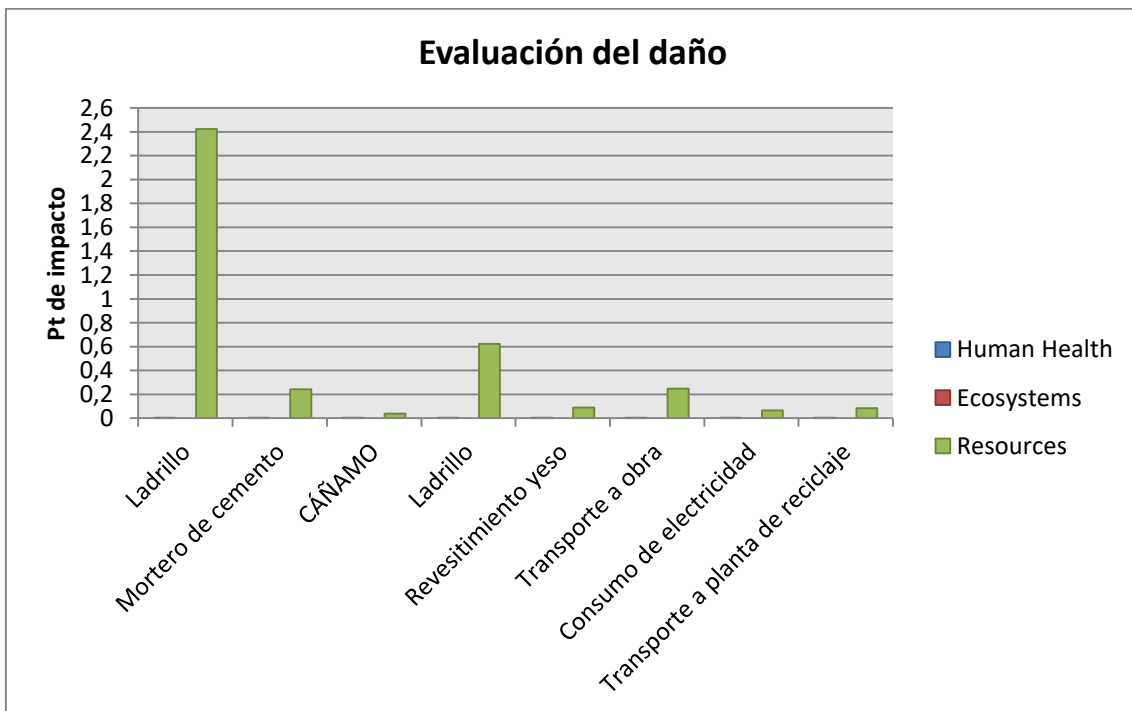


Figura 42. Porcentaje de impacto según fases

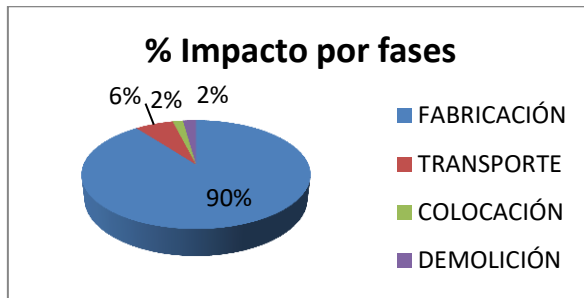
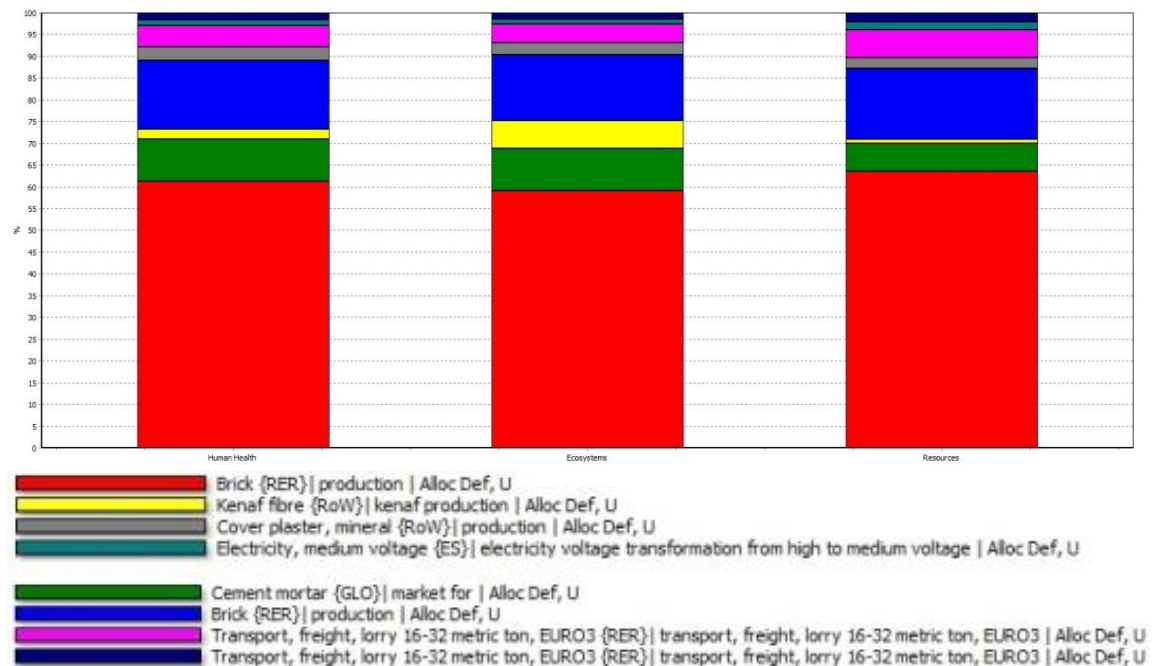


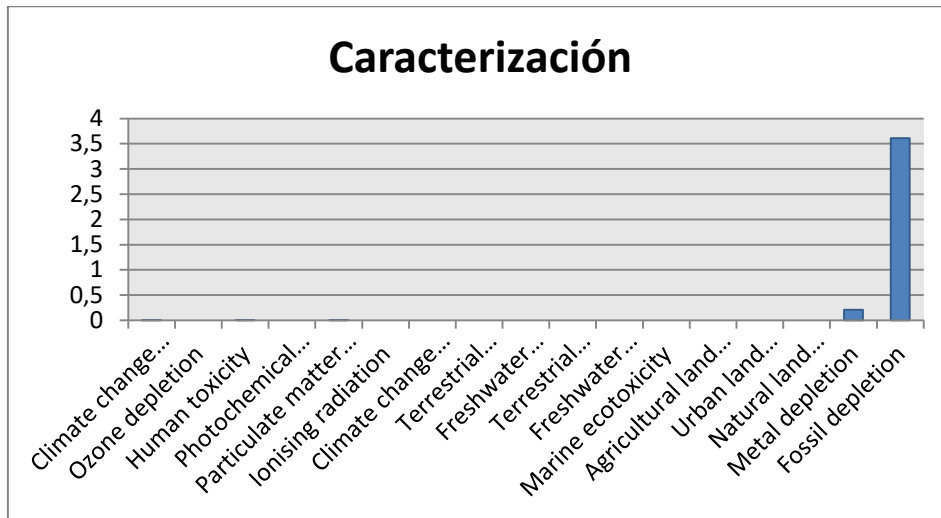
Figura 43. Representación en tanto por ciento de cada elemento según la categoría de daño



El cáñamo como aislante y, concretamente en esta solución constructiva, tiene un impacto despreciable en comparación con el resto de materiales del conjunto. El porcentaje más alto de repercusión aparece en la categoría de ecosistema, pero únicamente es del 5% (Ver Figuras 41 y 43).

Se puede deducir que es un material con muy poco impacto ambiental, y totalmente beneficioso para el sector de la construcción. Es un material de origen vegetal, totalmente biodegradable y con un mínimo coste energético de producción (oscila entre 1 y 40 MJ/kg).

Figura 44. Comparación de las categorías de impacto



Se mantiene el agotamiento de recursos fósiles como la única categoría de impacto con repercusión a analizar en relación a todas las demás (Ver Figura 44).

7.4.6. Fachada Tipo 1-6

Figura 45. Introducción de los datos del inventario

Nombre	Proyecto	Estado
Fachada 1_2	Elisabeth Alegre	Ning.
Fachada 1_3	Elisabeth Alegre	Ning.
Fachada 1_4	Elisabeth Alegre	Ning.
Fachada 1_5	Elisabeth Alegre	Ning.
Fachada 1_6	Elisabeth Alegre	Ning.
Fachada 1_Fabricación	Elisabeth Alegre	Ning.
Fachada 2_Fabricación	Elisabeth Alegre	Ning.
Fachada 3_Fabricación	Elisabeth Alegre	Ning.
Fachada 4_Fabricación	Elisabeth Alegre	Ning.

Entrada/salida		Parámetros					
Nombre	Imagen	Comentario					
Fachada 1_6							
Estado Ning.							
Materiales/Ensamblajes							
	Cantidad	Ud.	Distribución	DS^2 or 2^*DSMin	Máx	Comentario	
Brick (RER) production Alloc Def, U	253	kg	Indefinido				
Cement mortar (GL0) market for Alloc Def, U	27	kg	Indefinido				
Sheep fleece in the grease (RoW) sheep production, for wo	1,08	kg	Indefinido				
Brick (RER) production Alloc Def, U	65,1	kg	Indefinido				
Cover plaster, mineral (RoW) production Alloc Def, U	15	kg	Indefinido				
(Insertar línea aquí)							
Procesos							
	Cantidad	Ud.	Distribución	DS^2 or 2^*DSMin	Máx	Comentario	
Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO3 (RER) tra	20,848	tkm	Indefinido			Transporte a obra	
Electricity, medium voltage (ES) electricity voltage transform	2,66	kWh	Indefinido			Consumo - Colocación en obra	
Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO3 (RER) tra	7,2236	tkm	Indefinido			Transporte a planta de reciclaje	
(Insertar línea aquí)							

Figura 46. Desglose por categoría de daño de cada elemento del ciclo de vida

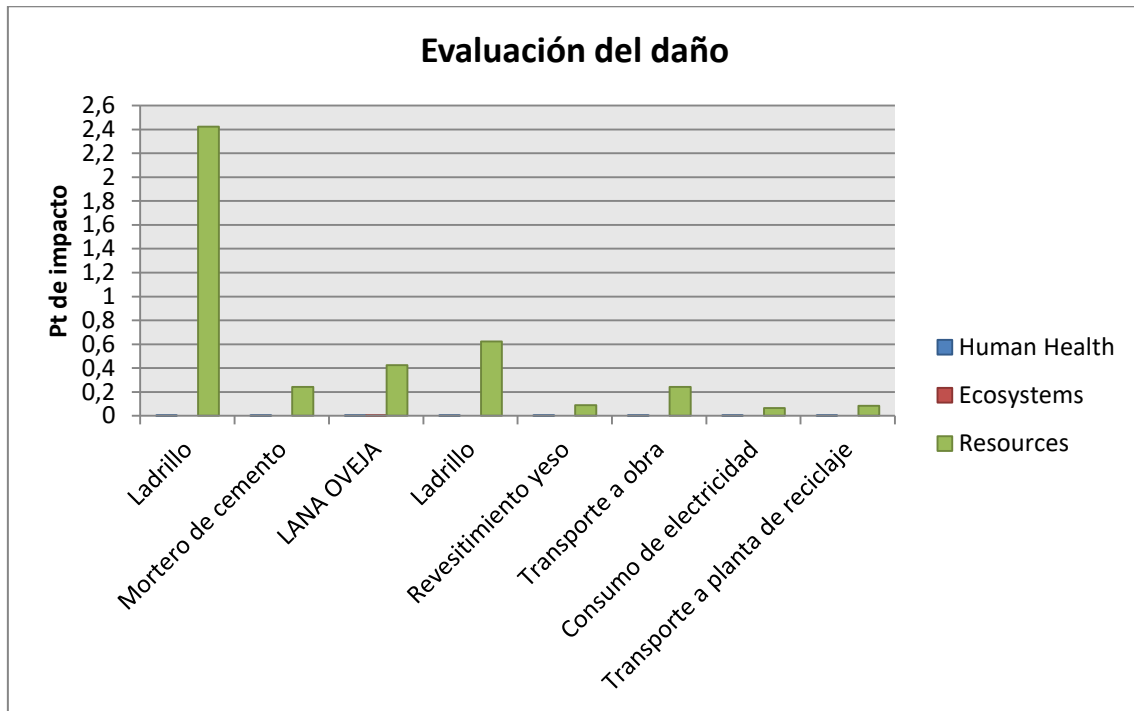


Figura 47. Porcentaje de impacto según fases

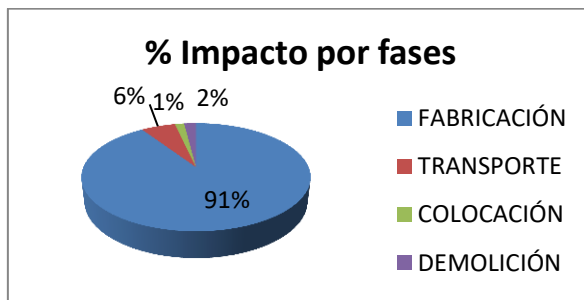
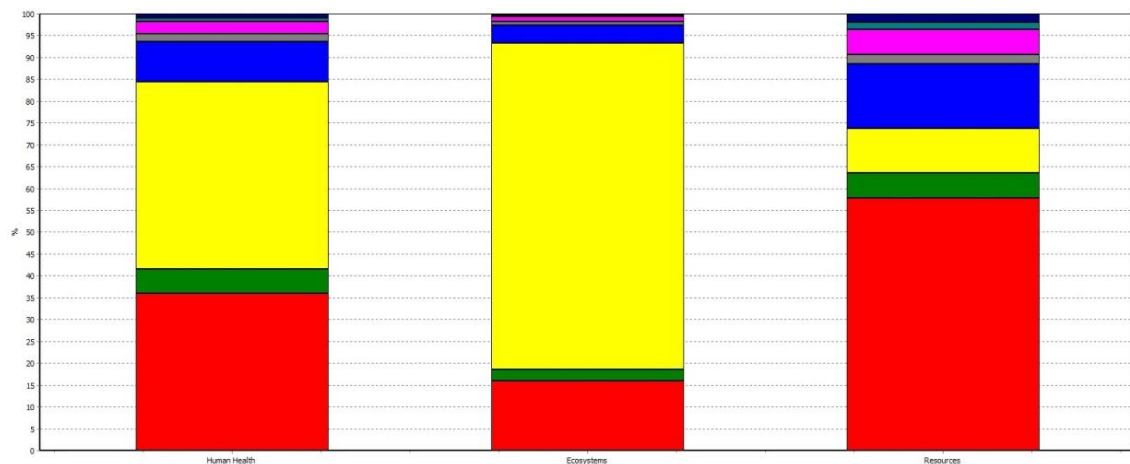
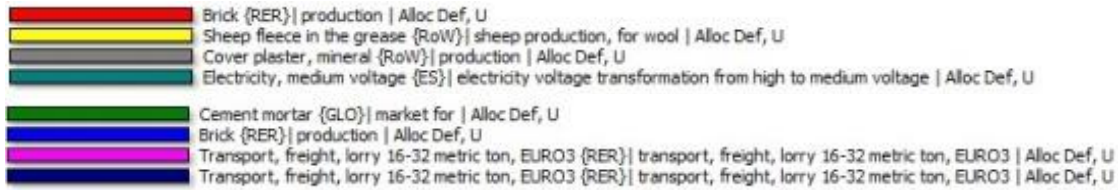


Figura 48. Representación en tanto por ciento de cada elemento según la categoría de daño



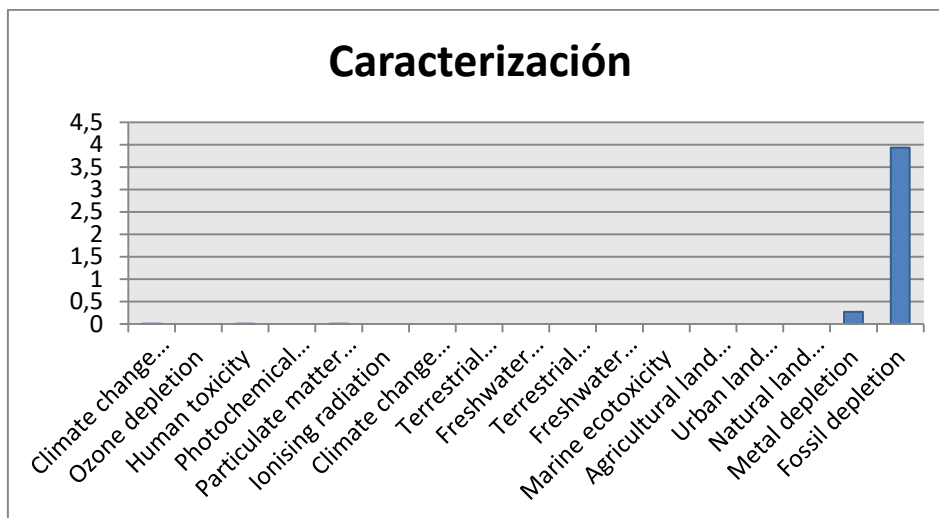


En este caso, el impacto ambiental de la lana de oveja se determina principalmente por la categoría de recursos, superando ligeramente los 0,4 puntos de impacto. En cuanto a la repercusión en la salud humana y al ecosistema, ésta no supera los 0,1 puntos de impacto (Ver Figura 46).

Sin embargo, sobre el total de la categoría de ecosistema y en el conjunto del resto de los materiales que conforman la solución, la lana de oveja supone una repercusión del 75%. En la categoría de daño sobre la salud humana representa el $\approx 35\%$ y un 10% en la categoría de daño de recursos (Ver Figura 48).

La lana de oveja es un material con origen animal, totalmente biodegradable y con un coste energético de producción de entre 10 y 40 MJ/kg.

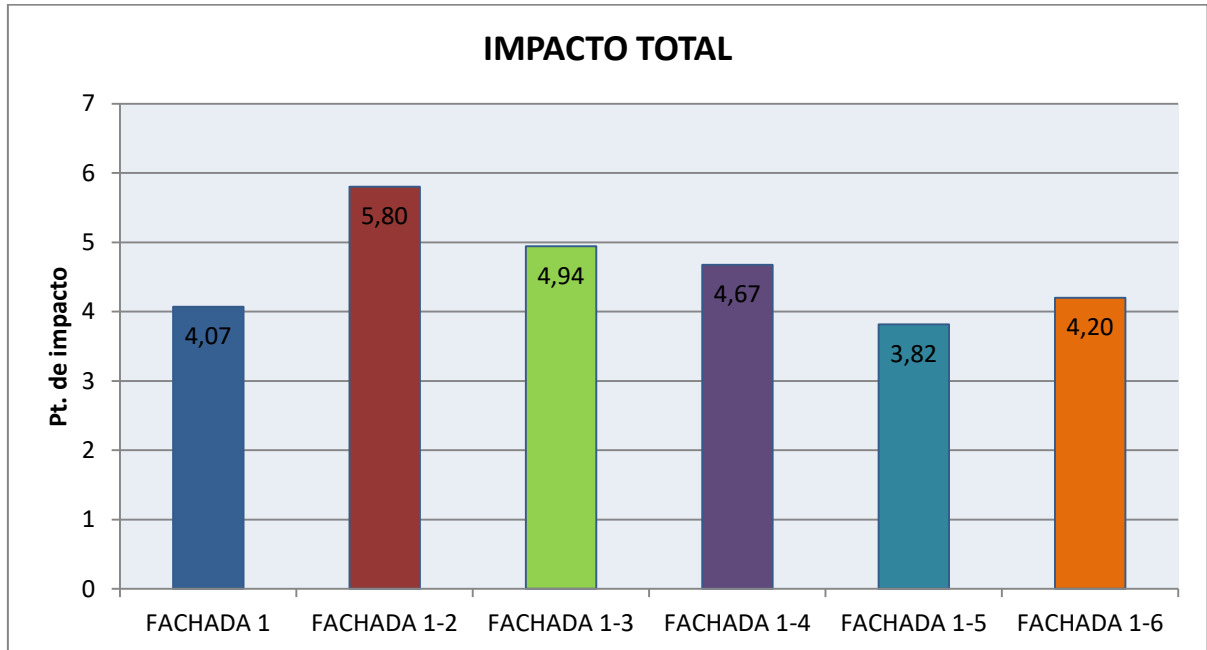
Figura 49. Comparación de las categorías de impacto



Se mantiene el agotamiento de recursos fósiles como la única categoría de impacto con repercusión a analizar en relación a todas las demás (Ver Figura 49).

7.5. Comparativa e interpretación de los resultados

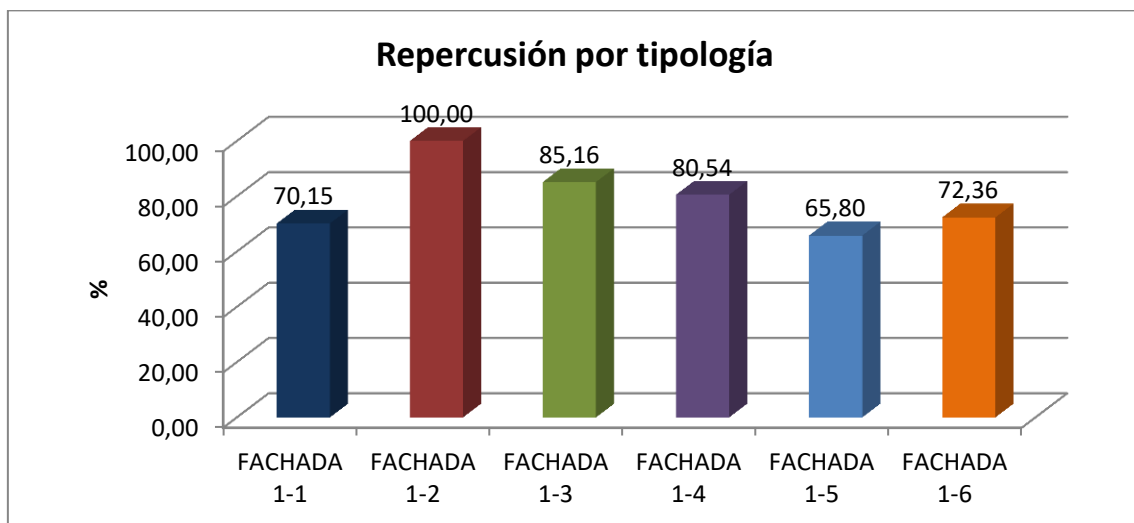
Figura 50. Puntos de impacto ambiental según las tipologías de fachada estudiadas



A diferencia del caso de estudio A, no existe una solución constructiva que tenga una gran repercusión en comparación al resto. Todas oscilan aproximadamente entre 4 y 6 puntos de impacto, siendo la de mayor repercusión la Fachada 1-2 (aislamiento mediante EPS; 5,80 pt. de impacto). A esta solución le sigue la Fachada 1-3 con 4,94 pt. de impacto (aislamiento mediante PUR) (Ver Figura 50).

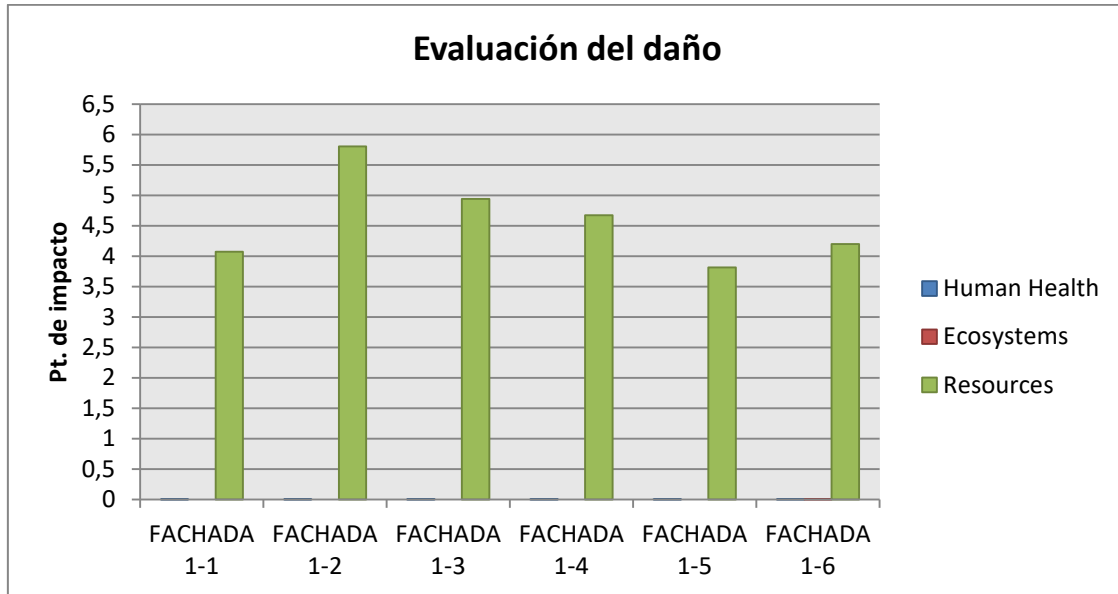
De los materiales elegidos, los biodegradables son los que menos impacto tienen, siendo el cáñamo el más beneficio para el medio ambiente.

Figura 51. Representación en tanto por ciento de la repercusión de cada tipología de fachada



De las tres categorías de daño analizadas, la que más repercusión tiene sobre el total es la del consumo de recursos. En comparación con el impacto en la salud humana y en el ecosistema, hace que éstas sean despreciables (Ver Figura 52).

Figura 52. Puntos de impacto del desglose de cada categoría de daño



En cuanto a las categorías de impacto, la que más repercusión genera es el agotamiento de recursos fósiles. En cada caso individualmente se ha observado como la repercusión de todas las demás categorías es prácticamente nula. Es por eso que se ha decidido no mostrar una gráfica final de impacto total de las categorías, ya que el resultado era obvio dado el estudio realizado previamente.

8. ANÁLISIS ECONÓMICO

8.1. Justificación de datos económicos

Los datos utilizados para el análisis económico se reflejan para cada solución constructiva según su fase de construcción y colocación en obra.

Para ello, se ha utilizado el programa informático TCQ “*Temps, Cost i Qualitat*”. Gestiona conjuntamente los datos técnicos, económicos y temporales que intervienen en el ciclo de la obra. Además, también contabiliza la generación de residuos y el coste energético de los materiales.

Los precios utilizados para el cálculo económico son los que figuran en la base de datos *Banco BEDEC* de ITeC. Para ello, se han definido partidas de obra, donde el precio reflejado se calcula a raíz del suministro del material, el rendimiento y la cantidad de mano de obra y, por último, el uso de los medios auxiliares, como puede ser la maquinaria.

T	Codi	U.A.	Descripció	Preu	Quantitat	Import
h	A0150000	h	Manobre especialista	16,76000	0,3500 /R	5,86600
h	A0140000	h	Manobre	16,14000	0,7000 /R	11,29800
h	A0122000	h	Oficial 1a paleta	18,93000	1,4000 /R	26,50200
h	C1704100	h	Mesc.cont.+sitja granel	1,91000	0,3500 /R	0,66850
u	B0F11452	u	Maó massís,el.manual,240x115x50mm,c.vist.,categoria I,HD,UNE-EN	0,28000	67,0000	18,76000
t	B0710280	t	Mort.ram paleta M7,5.granel,(G) UNE-EN 998-2	34,05000	0,0490	1,66845
m3	B0111000	m3	Aigua	1,88000	0,0124	0,02331

Mà d'obra: 43,666 Maquinària: 0,6685 Material: 20,45176 Transport: 0 Altres conceptes: 0
 Sense desp.: 64,78626 % Despeses auxiliars: 2,5 1,09165

Ejemplo: Justificación y cálculo de los elementos que intervienen en una partida de obra
[Fuente: TCQ]

En el siguiente apartado se muestran los datos obtenidos para cada tipo de solución constructiva, descritas anteriormente.

8.2. Obtención de resultados. Estudio A

Debido a que se ha definido como unidad funcional de este estudio 1 m² de cerramiento vertical opaco, el precio obtenido es en base a esta misma unidad. Es decir, se expresan los resultados de cada material y, por tanto, el conjunto de cada partida de obra en €/m².

8.2.1. Fachada Tipo 1

CAPÍTOL 11 FACHADA TIPO 1

NUM	CÓDIGO	UM	DESCRIPCIÓN	PRECIO	MEDICIÓN	IMPORTE
1	E6122F3W	m2	Paret de tancament passant de gruix 11,5 cm, de maó massís d'elaboració manual, HD, de 240x115x50 mm, d'una cara vista, categoria I, segons la norma UNE-EN 771-1, col·locat amb morter per a ram de paleta industrialitzat M 7,5 (7,5 N/mm ²) de designació (G) segons norma UNE-EN 998-2 (P - 2)	65,88	1,000	65,88
2	E81135K1	m2	Arrebossat reglejat sobre parament vertical exterior, a 3,00 m d'alçària, com a màxim, amb morter mixt 1:2:10, deixat de regle (P - 12)	18,70	1,000	18,70
3	E7C9T843	m2	Aïllament amb placa rígida de llana mineral de roca, segons UNE-EN 13162, de densitat 66 a 85 kg/m ³ de 60 mm de gruix, amb una conductivitat tèrmica <= 0,034 W/mK, resistència tèrmica >= 1,765 m ² .K/W, col·locada amb morter adhesiu (P - 10)	10,16	1,000	10,16
4	E612L11V	m2	Paret de tancament recolzada de gruix 7 cm, de totxana, LD, de 240x70x115 mm, per a revestir, categoria I, segons la norma UNE-EN 771-1, col·locat amb morter per a ram de paleta industrialitzat M 5 (5 N/mm ²) de designació (G) segons norma UNE-EN 998-2 (P - 3)	28,63	1,000	28,63
5	E8121112	m2	Enguixat a bona vista sobre parament vertical interior, a 3,00 m d'alçària, com a màxim, amb guix B1, acabat lliscat amb guix C6 segons la norma UNE-EN 13279-1 (P - 13)	5,09	1,000	5,09
TOTAL			CAPÍTOL 01.11			128,46

Listado de precios unitarios de los materiales para Fachada 1 [Fuente ITeC]

8.2.2. Fachada Tipo 2

CAPÍTOL 12 FACHADA TIPO 2

NUM	CÓDIGO	UM	DESCRIPCIÓN	PRECIO	MEDICIÓN	IMPORTE
1	E81115D0	m2	Arrebossat esquerdejat sobre parament vertical exterior, a 3,00 m d'alçària, com a màxim, amb morter de ciment 1:6 (P - 11)	14,04	1,000	14,04
2	E4BCJ322	m2	Armadura pel control de la fissuració superficial en bancades amb malla electrosoldada de barres corrugades d'acer ME 10x10 cm D-3-3 mm 6x2,2 m B500T UNE-EN 10080 (P - 1)	2,38	1,000	2,38
3	E7C25601	m2	Aïllament amb planxes de poliestirè expandit EPS, de 60 kPa de tensió a la compressió, de 60 mm de gruix, de 1,55 m ² .K/W de resistència tèrmica, amb cares de superfície llisa i cantell llis, col·locades no adherides (P - 8)	8,68	1,000	8,68
4	E613441EK83H	m2	Paret tancament de 29 cm de gruix de bloc de 300x190x290 mm de ceràmica d'argila alleugerida, LD, categoria I, segons la norma UNE-EN 771-1, col·locat amb morter de ciment 1:4. Article: ref. BL29 de la serie Gamma Convencional d'ALPICAT (P - 4)	27,30	1,000	27,30
5	E8121112	m2	Enguixat a bona vista sobre parament vertical interior, a 3,00 m d'alçària, com a màxim, amb guix B1, acabat lliscat amb guix C6 segons la norma UNE-EN 13279-1 (P - 13)	5,09	1,000	5,09
TOTAL			CAPÍTOL 01.12			57,49

Listado de precios unitarios de los materiales para Fachada 2 [Fuente ITeC]

8.2.3. Fachada Tipo 3

CAPÍTOL 13 FACHADA TIPO 3

NUM	CÓDIGO	UM	DESCRIPCIÓN	PRECIO	MEDICIÓN	IMPORTE
1	E881Q186	m2	Arrebossat amb morter monocapa (OC) de ciment, de designació CSIII W2, segons la norma UNE-EN 998-1, col·locat manualment sobre paraments sense revestir i acabat llis (P - 14)	14,14	1,000	14,14
2	E61BC311	m2	Paret per a tancament de gruix 15 cm amb bloc de formigó cel·lular curat en autoclau HCA, encadellat, categoria I, segons UNE-EN 771-4, de 500x150x250 mm i densitat >1000 kg/m3, per a revestir, col·locat amb morter per a ram de paleta (T) segons UNE-EN 998-2 (P - 6)	34,16	1,000	34,16
3	E7C9T843	m2	Aïllament amb placa rígida de llana mineral de roca, segons UNE-EN 13162, de densitat 66 a 85 kg/m3 de 60 mm de gruix, amb una conductivitat tèrmica $\leq 0,034$ W/mK, resistència tèrmica $\geq 1,765$ m2.K/W, col·locada amb morter adhesiu (P - 10)	10,16	1,000	10,16
4	E6524A4D	m2	Envà de plaques de guix laminat format per estructura senzilla normal amb perfil·leria de planxa d'acer galvanitzat, amb un gruix total de l'envà de 78 mm, muntants cada 400 mm de 48 mm d'amplària i canals de 48 mm d'amplària, 1 placa estàndard (A) de 15 mm de gruix en cada cara, fixades mecànicament i aïllament de plaques de llana mineral de roca de resistència tèrmica $\geq 1,111$ m2.K/W (P - 7)	35,62	1,000	35,62
TOTAL			CAPÍTOL	01.13		94,08

Listado de precios unitarios de los materiales para Fachada 3 [Fuente ITeC]

8.2.4. Fachada Tipo 4

CAPÍTOL 14 FACHADA TIPO 4

NUM	CÓDIGO	UM	DESCRIPCIÓN	PRECIO	MEDICIÓN	IMPORTE
1	E6184D2Q	m2	Paret de tancament passant d'una cara vista de 15 cm de gruix de bloc foradat de morter ciment, de 400x150x200 mm, llis, gris amb components hidrofugants, categoria I segons la norma UNE-EN 771-3 col·locat amb morter ciment amb additiu hidròfug 1-6 de ciment pòrtland amb filler calçari (P - 5)	26,75	1,000	26,75
2	E7C33501L89W	m2	Aïllament amb plaques d'escuma de poliuretà, de densitat 32 kg/m3, 50 mm de gruix, amb recobriments multicapa kraft-alumini 2 cares, col·locades no adherides. Article: ref. PUR AL 50mm de la serie Planxes revestides de POLIURETANOS (P - 9)	16,90	1,000	16,90
3	E612L11V	m2	Paret de tancament recolzada de gruix 7 cm, de tobxana, LD, de 240x70x115 mm, per a revestir, categoria I, segons la norma UNE-EN 771-1, col·locat amb morter per a ram de paleta industrialitzat M 5 (5 N/mm2) de designació (G) segons norma UNE-EN 998-2 (P - 3)	28,63	1,000	28,63
4	E8121112	m2	Enguixat a bona vista sobre parament vertical interior, a 3,00 m d'alçària, com a màxim, amb guix B1, acabat lliscat amb guix C6 segons la norma UNE-EN 13279-1 (P - 13)	5,09	1,000	5,09
TOTAL			CAPÍTOL	01.14		77,37

Listado de precios unitarios de los materiales para Fachada 4 [Fuente ITeC]

8.3. Obtención de resultados. Estudio B

Debido a que se ha definido como unidad funcional de este estudio 1 m² de cerramiento vertical opaco, el precio obtenido es en base a esta misma unidad. Es decir, se expresan los resultados de cada material y, por tanto, el conjunto de cada partida de obra en €/m².

8.3.1. Fachada Tipo 1

NUM	CÓDIGO	UM	DESCRIPCIÓN	PRECIO	MEDICIÓN	IMPORTE
1	E6122F3W	m2	Paret de tancament passat de gruix 11,5 cm, de maó massís d'elaboració manual, HD, de 240x115x50 mm, d'una cara vista, categoria I, segons la norma UNE-EN 771-1, col·locat amb morter per a ram de paleta industrialitzat M 7,5 (7,5 N/mm2) de designació (G) segons norma UNE-EN 998-2 (P - 2)	65,88	1,000	65,88
2	E81135K1	m2	Arrebossat reglejat sobre parament vertical exterior, a 3,00 m d'alçària, com a màxim, amb morter mixt 1:2:10, deixat de regle (P - 12)	18,70	1,000	18,70
3	E7C9T843	m2	Aïllament amb placa rígida de llana mineral de roca, segons UNE-EN 13162, de densitat 66 a 85 kg/m3 de 80 mm de gruix, amb una conductivitat tèrmica <= 0,034 W/mK, resistència tèrmica >= 1,765 m2.K/W, col·locada amb morter adhesiu (P - 10)	10,16	1,000	10,16
4	E612L11V	m2	Paret de tancament recolzada de gruix 7 cm, de totxana, LD, de 240x70x115 mm, per a revestir, categoria I, segons la norma UNE-EN 771-1, col·locat amb morter per a ram de paleta industrialitzat M 5 (5 N/mm2) de designació (G) segons norma UNE-EN 998-2 (P - 3)	28,63	1,000	28,63
5	E8121112	m2	Enguixat a bona vista sobre parament vertical interior, a 3,00 m d'alçària, com a màxim, amb guix B1, acabat lliscat amb guix C6 segons la norma UNE-EN 13279-1 (P - 13)	5,09	1,000	5,09
TOTAL		CAPÍTOL	01.11			128,46

Listado de precios unitarios de los materiales para Fachada 1 [Fuente ITeC]

En este caso de estudio B, la Fachada Tipo 1 es la solución constructiva elegida como base. A raíz de este listado, en las soluciones especificadas a continuación se analizará únicamente los precios del tercer material, es decir, del material que actuará como aislante.

Para la obtención de los precios unitarios, se ha utilizado la Base de Datos de ITeC o los proveedores de referencia elegidos en la fase de transporte.

8.3.2. Fachada 1-2

E7C2_01 - AÏLLAMENT AMB PLANXES DE POLIESTIRÈ EXPANDIT (EPS) (E)

Codi	U.A.	Definició	€
E7C25801	m2	Aïllament amb planxes de poliestirè expandit EPS, de 60 kPa de tensió a la compressió, de 80 mm de gruix, de 2,05 m2.K/W de resistència tèrmica, amb cares de superfície llisa i cantell recte, col·locades no adherides	13,95

Precio unitarios del material aislante para Fachada 1-2 [Fuente ITeC]

El precio total de la Fachada 1-2, una vez añadidos los demás materiales, es:

Fachada 1-2	
	€/m ²
Ladrillo cara vista 24x11,5x5	65,88
Revestimiento intermedio - mortero	18,7
Aislamiento térmico - EPS	13,95
Fábrica de ladrillo hueco	28,63
Revestimiento interior - yeso	5,09
	132,25

8.3.3. Fachada 1-3

E7C3_01 - AÏLLAMENT AMB PLAQUES DE POLIURETÀ (PUR) (E)

Codi	U.A.	Definició	€
E7C3C601	m2	Aïllament amb plaques d'escuma de poliuretà, de densitat 40 kg/m3, 60 mm de gruix , col·locades no adherides	17,16

Precio unitarios del material aislante para Fachada 1-3 [Fuente ITeC]

El precio total de la Fachada 1-3, una vez añadidos los demás materiales, es:

Fachada 1-3	
	€/m ²
Ladrillo cara vista 24x11,5x5	65,88
Revestimiento intermedio - mortero	18,7
Aislamiento térmico – PUR	17,16
Fábrica de ladrillo hueco	28,63
Revestimiento interior - yeso	5,09
	135,46

8.3.4. Fachada 1-4

E7C5_01 - AÏLLAMENT AMB PLAQUES DE SURO AGLOMERAT (ICB) (E)

Codi	U.A.	Definició	€
E7C51803	m2	Aïllament amb plaques de suro aglomerat (ICB), de densitat 110 kg/m3, de 80 mm de gruix i amb cantell recte, col·locades amb morter adhesiu	19,43

Precio unitarios del material aislante para Fachada 1-4 [Fuente ITeC]

El precio total de la Fachada 1-4, una vez añadidos los demás materiales, es:

Fachada 1-4	
	€/m ²
Ladrillo cara vista 24x11,5x5	65,88
Revestimiento intermedio - mortero	18,7
Aislamiento térmico – PANEL CORCHO	19,43
Fábrica de ladrillo hueco	28,63
Revestimiento interior - yeso	5,09
	137,73

8.3.5. Fachada 1-5

Coef. Cond. térmica λ (W/m.°C) 0,041 W/m.k.

13,01 €

Densidad: 30 Kg/m³.

Grosor:

80 mm

Grososores: 40 - 60 - 80 - 100mm

Referencia:

CAN111

Precio unitarios del material aislante para Fachada 1-5 [Fuente Bioklima Nature]

En este caso el distribuidor únicamente especifica el precio de material. Para que pueda ser comparable a las demás tipologías, necesitamos los precios de la colocación y ejecución. Para ello, tomaremos como referencia los precios de la Fachada 1-4 donde se cambiará la placa de corcho por el cáñamo.

E7C5_01 - AÏLLAMENT AMB PLAQUES DE SURO AGLOMERAT (ICB) (E)						
E7C51803 m2 Aïllament amb plaques de suro aglomerat (ICB), de densitat 110 kg/m3, de 80 mm de gruix i 19,43 € (J,MA) amb cantell recte, col·locades amb morter adhesiu						
Codi	U.A.	Definició	Preu	Quantitat	€	Més Info
A0122000	h	Oficial 1a paleta	23,38000	0,1000	2,33800	
A0140000	h	Manobre	19,52000	0,0500	0,97600	
B0711010	kg	Adhesiu cimentós tipus C1 segons norma UNE-EN 12004	0,28000	0,3003	0,08408	(MA,ON,ART)
B7C51800	m2	Placa de suro aglomerat (ICB) per a aïllaments, de densitat 110 kg/m3, de 80 mm de gruix i amb cantell recte	15,22000	1,0500	15,98100	(MA,ON)
A%AUX001	%	Despeses auxiliars sobre la mà d'obra	3,31400	0,0150	0,04971	

Así pues, el precio total de la Fachada 1-5, una vez añadidos los demás materiales, es:

Fachada 1-5	
	€/m ²
Ladrillo cara vista 24x11,5x5	65,88
Revestimiento intermedio - mortero	18,7
Aislamiento térmico – ROLLO CÁÑAMO	16,45

Fábrica de ladrillo hueco	28,63
Revestimiento interior - yeso	5,09
	134,76

8.3.6. Fachada 1-6

Código	Espesor mm	Dimensiones	m ² /rollo	Precio €/m ²
LANOF	FIELTRO	15000 X 100	15,00	3,60
LANO40	40	10000 X 600	6,00	6,30
LANO60	60	10000 X 600	6,00	7,68
LANO80	80	10000 X 600	6,00	10,20
LANO100	100	9000 X 600	5,40	12,48

Precio unitarios del material aislante para Fachada 1-6 [Fuente Bioklima Nature]

Igual que el caso anterior, el distribuidor únicamente especifica el precio de material. Para que pueda ser comparable a las demás tipologías, necesitamos los precios de la colocación y ejecución. Para ello, tomaremos como referencia los precios de la Fachada 1-4 donde se cambiará la placa de corcho por la lana de oveja.

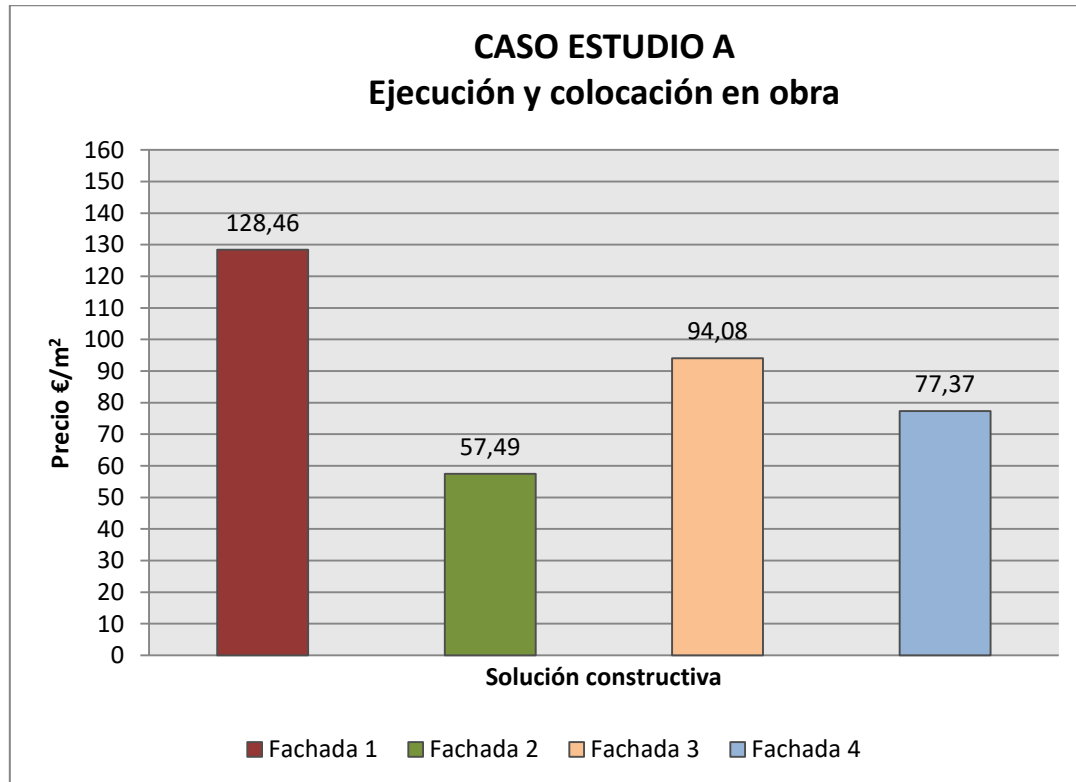
El precio total de la Fachada 1-6, una vez añadidos los demás materiales, es:

Fachada 1-6	
	€/m ²
Ladrillo cara vista 24x11,5x5	65,88
Revestimiento intermedio - mortero	18,7
Aislamiento térmico – LANA OVEJA	13,65
Fábrica de ladrillo hueco	28,63
Revestimiento interior - yeso	5,09
	131,95

8.4. Comparativa e interpretación de los resultados

8.4.1. Caso de estudio A

Figura 53. Precio según tipología de fachada



Los resultados del gráfico anterior (*Figura 53*) nos indican que la Fachada Tipo 1 es la solución constructiva que presenta mayor coste en lo que respecta a la ejecución y la colocación en obra. Este encarecimiento se debe fundamentalmente a los materiales de cerramiento, ya que se trata de una fachada de dos hojas de fábrica cerámica y, en concreto, a la capa exterior con acabado cara vista. La Fachada Tipo 4, que también cuenta con dos hojas de cerramiento, muestra un precio menor debido a que una de ellas está conformada con bloques de hormigón.

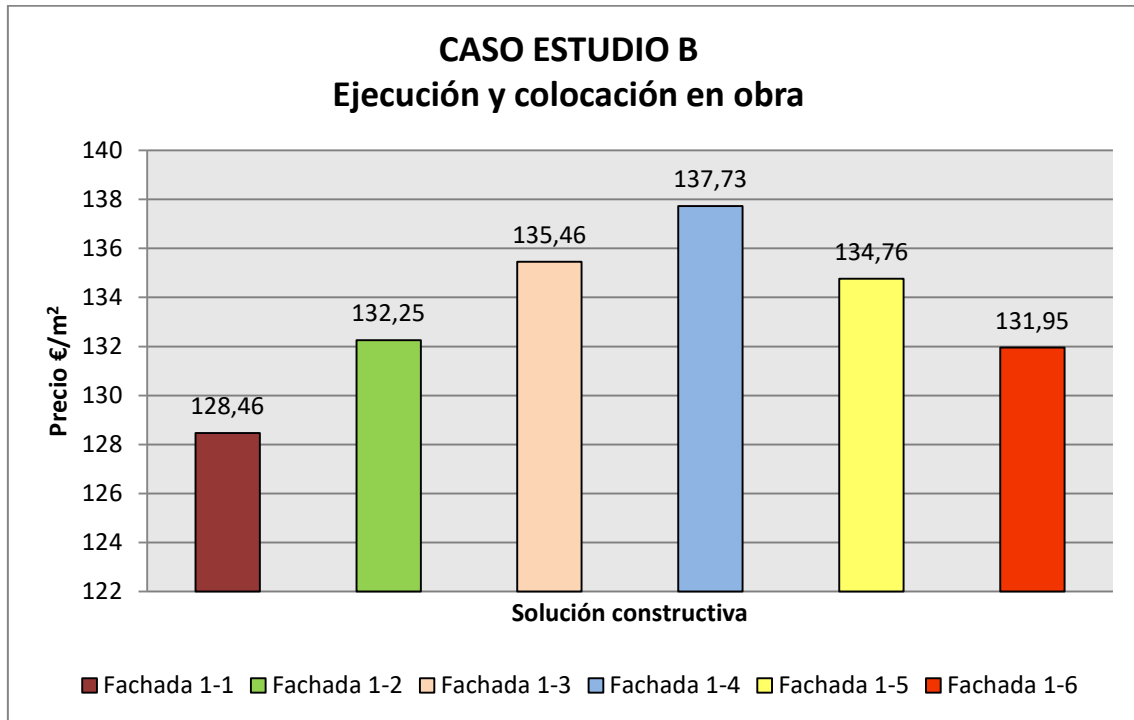
Respecto a la Fachada Tipo 3, es la segunda con mayor coste y esto se debe a la colocación de las placas de yeso laminado que conforman la hoja interior del conjunto del cerramiento.

Finalmente, y en referencia a la Fachada Tipo 2, es la solución constructiva con un menor precio de ejecución. El motivo es debido a que, pese a que el material que conforma la hoja principal del cerramiento también es fábrica cerámica, solamente

cuenta con una hoja. Es por eso que se deduce que el precio de la Fachada Tipo 1 es más del doble que la Fachada Tipo 2. El rango de precios oscila entre 55 €/m² y 130 €/m².

8.4.2. Caso de estudio B

Figura 54. Precio según tipología de fachada



A diferencia del anterior caso de estudio, los datos obtenidos en éste son más homogéneos debido a que no hay tanta diferencia entre ellos. Al tratarse de la misma solución base, el único factor que influye en el precio es el material que actúa como aislante térmico, independientemente del número de hojas que conforme el cerramiento o el material de éstas.

Así pues, se observa que las soluciones con menor coste son la Fachada 1-1 (fachada base del estudio) y la Fachada 1-6. La primera está conformada con lana de roca, de origen mineral, mientras que la segunda lo hace con lana de oveja, de origen animal.

Por el contrario, la solución con un mayor coste es la Fachada 1-4, que utiliza paneles de corcho como material aislante. Es un aislante de origen vegetal, con un proceso de obtención que se considera natural, pero a la vez costoso. Este podría ser el motivo de

que sea la fachada con el precio más elevado. Pese a que la Fachada 1-5 disponga también de un aislante de origen vegetal como es el cáñamo, ésta tiene un precio inferior.

Finalmente, la Fachada 1-2 y 1-3 disponen de aislantes de origen sintético (EPS y PUR), y ambas tienen un precio similar. Se encuentran en un intervalo medio de coste en comparación con el resto de las fachadas, aunque como ya se ha puntualizado anteriormente, en este segundo estudio no existe una variación significativa de precio. El rango de precios oscila entre 125 €/m² y 140 €/m² (*Ver Figura 54*).

9. CONCLUSIONES

En este trabajo se han alcanzado satisfactoriamente los objetivos propuestos. Una vez realizada la comparativa ambiental y la económica individualmente, y obtenidos los resultados de sus respectivos análisis, se procede a la comparación de ambos resultados.

Figura 55. Comparación ambiental de todas las tipologías de fachada analizadas en los dos casos de estudio

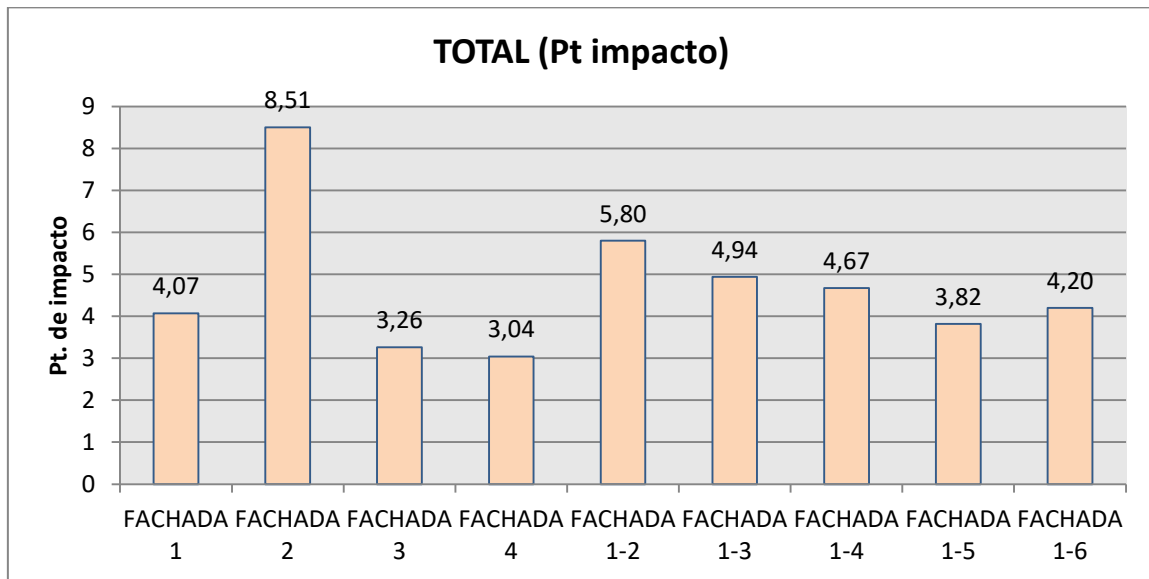
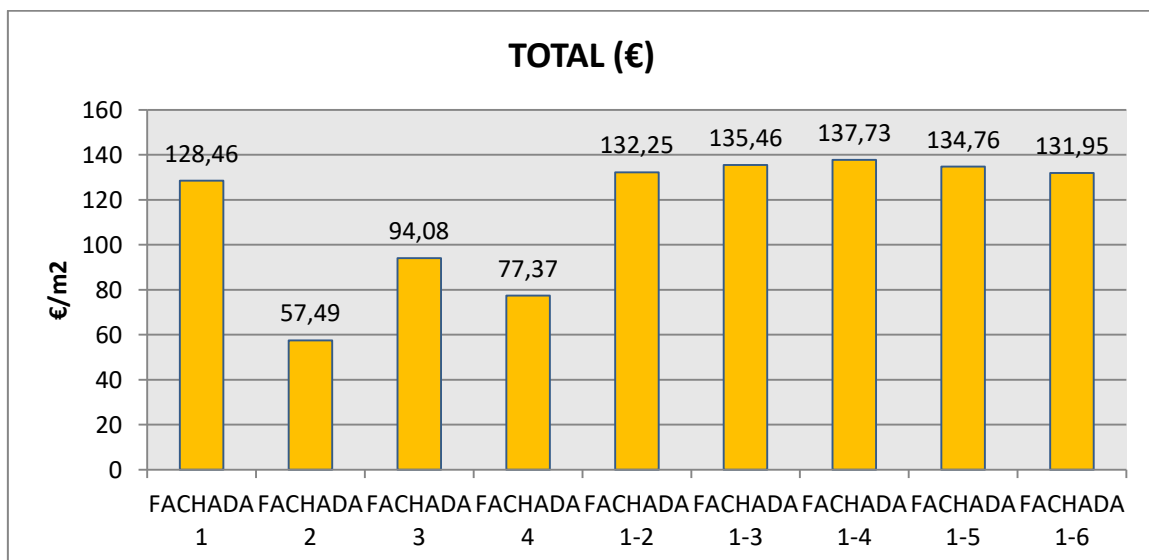


Figura 56. Comparativa económica de la ejecución y colocación en obra de todas las tipologías de fachada analizadas en los dos casos de estudio



Los gráficos anteriores muestran los resultados de cada comparativa realizada en este estudio por separado. Así pues, se observa que la fachada con más impacto ambiental es la Fachada Tipo 2, con 8,51 puntos de impacto (*Ver Figura 55*). En cuanto a la comparativa económica, la tipología de fachada con un precio mayor es la Fachada 1-4, con un coste total de ejecución de 137,73 €/m² (*Ver Figura 56*).

Tras estas observaciones, se llega a la conclusión de que el valor del impacto ambiental no se relaciona necesariamente con el valor económico. Para poder realizar la comparativa de ambos aspectos a la vez, se ha realizado la siguiente tabla:

Figura 57. Combinación entre ambas comparativas

		IMPACTO AMBIENTAL		IMPACTO ECONÓMICO		REPERCUSIÓN TOTAL %	ORDEN	Pt. impacto x Precio	ORDEN
		Pt. impacto	%	Precio (€/m ²)	%				
ESTUDIO A	FACH. 1	4,07	47,83	128,46	93,27	70,55	7	522,83	5
	FACH. 2	8,51	100,00	57,49	41,74	70,87	6	489,24	7
	FACH. 3	3,26	38,31	94,08	68,31	53,31	8	306,70	8
	FACH. 4	3,04	35,72	77,37	56,18	45,95	9	235,20	9
ESTUDIO B	FACH. 1-2	5,8	68,16	132,25	96,02	82,09	1	767,05	1
	FACH. 1-3	4,94	58,05	135,46	98,35	78,20	2	669,17	2
	FACH. 1-4	4,67	54,88	137,73	100,00	77,44	3	643,20	3
	FACH. 1-5	3,82	44,89	134,76	97,84	71,37	5	514,78	6
	FACH. 1-6	4,2	49,35	131,95	95,80	72,58	4	554,19	4

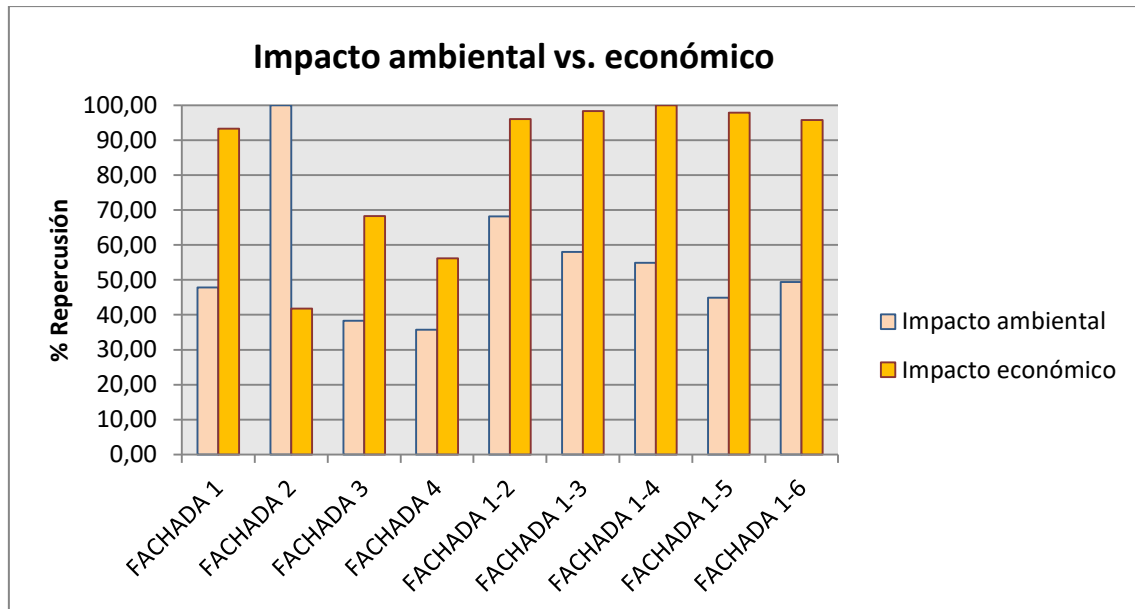
Para el cálculo de los valores anteriores se ha tomado como repercusión del 100% el valor más alto en cada comparativa, actuando entonces como valor de referencia para calcular el porcentaje de las demás soluciones constructivas. En cuanto a la repercusión total, se ha obtenido mediante la media ponderada de la puntuación obtenida en el apartado de impacto ambiental y en el de impacto económico, dando así el valor del 50% a cada comparativa (*Ver Figura 57*). El resultado de unificar los valores de las dos comparativas nos muestra que tener el mayor impacto ambiental no supone tener el coste más alto y viceversa.

Además de realizar la comparativa según la repercusión de cada fachada, se ha realizado una segunda combinación, multiplicando el impacto por el precio. El objetivo es realizar un símil con los kg de material y los km en la fase de transporte. Se

observa como varía ligeramente el orden de repercusión en comparación al análisis en tanto por ciento. Sin embargo, las tipologías de fachadas con mayor y menor impacto, tanto ambiental como económico, siguen siendo las mismas.

Los resultados de la tabla anterior se representan en estas gráficas:

Figura 58. Repercusión en tanto por ciento de cada tipología según impacto ambiental o económico

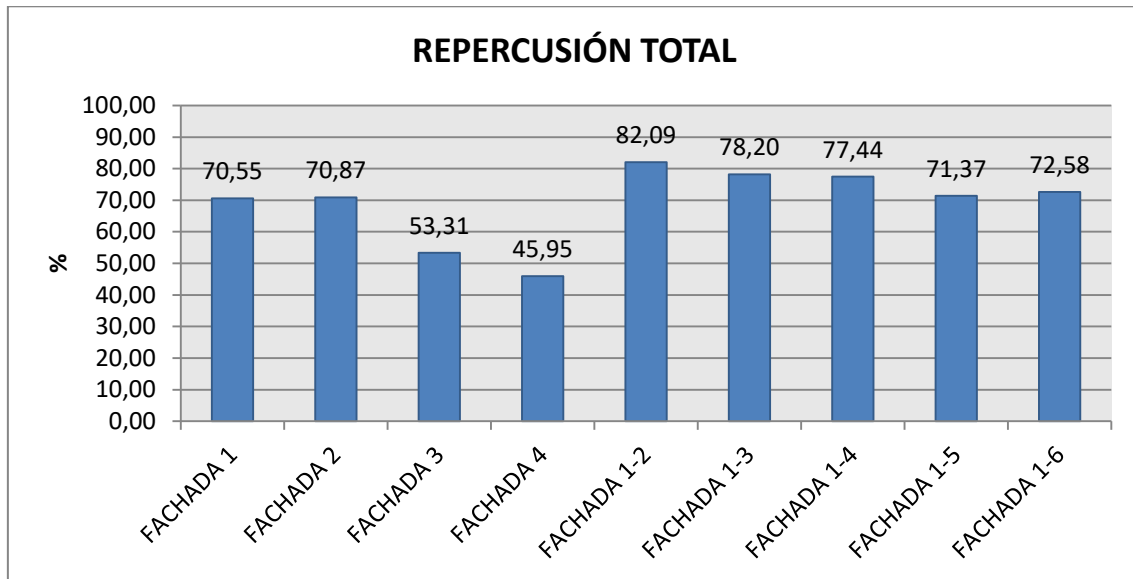


Como ya se ha comentado, en cada estudio de comparación se ha equiparado al 100% la solución con mayor impacto, sirviendo de referencia para el cálculo de la repercusión de las demás soluciones. Individualmente, la Fachada Tipo 2 era la de mayor impacto ambiental y la Fachada 1-4 la de mayor coste económico. El gráfico anterior muestra la repercusión en tanto por ciento de cada tipología de fachada, según su impacto (Ver Figura 58).

Se obtiene como conclusión que existe mayor variación en el impacto ambiental que en el impacto económico, dado que existen varias soluciones constructivas con coste similar.

Finalmente, se muestra un gráfico tras unificar las dos comparativas con un solo valor en tanto por ciento.

Figura 59. Unificación de ambas comparativas



La Fachada 4 es la solución constructiva que en su conjunto resulta la más adecuada, con un 45,95% de repercusión final (Ver Figura 59). Recordemos que se trata de una fachada de dos hojas, con hoja exterior de fábrica de bloque de hormigón con acabado de cara vista. Tiene cámara de aire ventilada y PUR como aislamiento por la cara exterior de la hoja interior. Sin embargo, remarcar que si esta solución constructiva dispusiera de otro material como aislante, tendría incluso menor impacto ambiental, ya que el PUR no es uno de los más sostenibles.

Por el contrario, la fachada con peor repercusión es la Fachada 1-2 con un valor total de 82,09%, aunque seguida de muy cerca por la Fachada 1-3 (78,20%) y la Fachada 1-4 (77,44%). Se trata de una fachada de dos hojas, con hoja exterior de fábrica cerámica con acabado de cara vista. Sin cámara de aire y con aislamiento (EPS) por la cara exterior de la hoja interior. De todas las tipologías propuestas en este informe, es la segunda con mayor repercusión a nivel de impacto ambiental, y la tercera con mayor coste económico.

10. BIBLIOGRAFÍA

- [1] Wadel, G. (n.d). *Huella ecológica comparada. Potencial en España*.
- [2] Anink, D. (1996). Handbook of sustainable building: an environmental preference method for selection of materials for use in construction and refurbishment. London: James & James.
- [3] Potencial de rehabilitación energética (2012) [online]. Disponible en: <http://www.arquitecturasostenible.org/energia/rehabilitacion/> [Fecha consulta: 5 Mayo 2017].
- [4] Curran, M.A. (2012). Life Cycle Assessment Handbook: A Guide for Environmentally Sustainable Products. Hoboken, N.J.: Wiley.
- [5] Lechón, Y. (2011). Módulo 1. Introducción al Análisis del Ciclo de Vida. Dpto. Energía, CIEMAT.
- [6] Grup d'investigació en Gestió Ambiental - Pere Fullana i Palmer (2010). Introducción al ACV. Col·legi Oficial d'Enginyers Industrials de Catalunya.
- [7] Curran, M.A. (2012). Life Cycle Assessment Handbook: A Guide for Environmentally Sustainable Products. Hoboken, N.J.: Wiley.
- [8] Luna Corento, J. (2013). Certificación Energética de edificios. [online] ¿Qué es la envolvente térmica?. Disponible en: <http://certificacio-energetica.com/que-es-la-envolvente-termica/> [Fecha consulta: 27 Mayo 2017].
- [9] BlueMouse GmbH. Ecoinvent.org [online]. What do the shortcuts, such as CH, RER, RoW and Glo mean? Disponible en: <http://www.ecoinvent.org/support/faqs/methodology-of-ecoinvent-3/what-do-the-shortcuts-such-as-ch-rer-row-and-glo-mean.html>



11. ANEXOS



ANEXO I

ESTUDIO A

Cálculo de Transmitancias Térmicas de las Soluciones Base

FACHADA TIPO 1

	Espesor (m)	Conductividad térmica (W/m·K)	Resistencia térmica R (m ² ·K/W)
Ladrillo cara vista 24x11,5x5	0,115	0,85	0,14
Revestimiento intermedio - mortero	0,015	1,3	0,01
Aislamiento térmico - lana de roca	0,06	0,031	1,94
Fábrica de ladrillo hueco	0,07	-	0,16
Revestimiento interior - yeso	0,015	0,4	0,04
		Σ=	2,28

Espesor total = 0,275

Rsi	Rse	Rtotal (m ² ·K/W)
0,13	0,04	2,45

U₁fachada (W/m²·K) 0,41

FACHADA TIPO 2			
	Espesor (m)	Conductividad térmica (W/m·K)	Resistencia térmica R (m²·K/W)
Mortero adhesivo (3 capas)	0,03	1	0,03
Aislante térmico - ESP	0,06	0,039	1,54
Fábrica de bloque cerámico aligerado	0,29	-	0,68
Revestimiento interior - yeso	0,015	0,4	0,04
		Σ=	2,29

Espesor total = 0,395

Rsi	Rse	Rtotal (m²·K/W)
0,13	0,04	2,46

U₂fachada (W/m²·K) 0,41

FACHADA TIPO 3			
	Espesor (m)	Conductividad térmica (W/m·K)	Resistencia térmica R (m²·K/W)
Mortero monocapa	0,02	1,3	0,02
Bloque hormigón celular*	0,14	0,21	0,67
Aislamiento - Lana de roca	0,05	0,031	1,61
Placa de yeso laminado	0,015	0,25	0,06
		Σ=	2,35

Espesor total = 0,225

Rsi	Rse	Rtotal (m²·K/W)
0,13	0,04	2,52

U₃fachada (W/m²·K) 0,40

FACHADA TIPO 4			
	Espesor (m)	Conductividad térmica (W/m·K)	Resistencia térmica R (m²·K/W)
Fábrica de bloque de hormigón	0,14	-	0,19
Cámara de aire ventilada	0,1	-	-
Aislamiento térmico - PUR	0,05	0,028	1,79
Fábrica de ladrillo hueco	0,07	-	0,16
Revestimiento interior - yeso	0,02	0,4	0,05
		Σ=	2,19

Espesor total = 0,38

Rsi	Rse	Rtotal (m²·K/W)
0,13	0,04	2,36

U₄fachada (W/m²·K) 0,42



ANEXO II

ESTUDIO B

Cálculo de Transmitancias Térmicas

FACHADA TIPO 1			
	Espesor (m)	Conductividad térmica (W/m·K)	Resistencia térmica R (m²·K/W)
Ladrillo cara vista 24x11,5x5	0,115	0,85	0,14
Revestimiento intermedio - mortero	0,015	1,3	0,01
Aislamiento térmico - lana de roca	0,06	0,031	1,94
Fábrica de ladrillo hueco	0,07	-	0,16
Revestimiento interior - yeso	0,015	0,4	0,04
		Σ=	2,28

Espesor total = 0,275

Rsi	Rse	Rtotal (m²·K/W)
0,13	0,04	2,45

U₁fachada (W/m²·K) 0,41

FACHADA TIPO 1-2			
	Espesor (m)	Conductividad térmica (W/m·K)	Resistencia térmica R (m²·K/W)
Ladrillo cara vista 24x11,5x5	0,115	0,85	0,14
Revestimiento intermedio - mortero	0,015	1,3	0,01
Aislamiento térmico - EPS	0,08	0,039	2,05
Fábrica de ladrillo hueco	0,07	-	0,16
Revestimiento interior - yeso	0,015	0,4	0,04
		Σ=	2,40

Espesor total = 0,295

Rsi	Rse	Rtotal (m²·K/W)
0,13	0,04	2,57

U₁₋₂ fachada (W/m²·K) 0,39

FACHADA TIPO 1-3			
	Espesor (m)	Conductividad térmica (W/m·K)	Resistencia térmica R (m²·K/W)
Ladrillo cara vista 24x11,5x5	0,115	0,85	0,14
Revestimiento intermedio - mortero	0,015	1,3	0,01
Aislamiento térmico – PUR	0,06	0,028	2,14
Fábrica de ladrillo hueco	0,07	-	0,16
Revestimiento interior - yeso	0,015	0,4	0,04
		Σ=	2,49

Espesor total = 0,275

Rsi	Rse	Rtotal (m²·K/W)
0,13	0,04	2,66

U₁₋₃ fachada (W/m²·K) 0,38

FACHADA TIPO 1-4			
	Espesor (m)	Conductividad térmica (W/m·K)	Resistencia térmica R (m²·K/W)
Ladrillo cara vista 24x11,5x5	0,115	0,85	0,14
Revestimiento intermedio - mortero	0,015	1,3	0,01
Aislamiento térmico – CORCHO	0,08	0,042	1,90
Fábrica de ladrillo hueco	0,07	-	0,16
Revestimiento interior - yeso	0,015	0,4	0,04
		Σ=	2,25

Espesor total = 0,295

Rsi	Rse	Rtotal (m²·K/W)
0,13	0,04	2,42

U₁₋₄ fachada (W/m²·K) 0,41

FACHADA TIPO 1-5			
	Espesor (m)	Conductividad térmica (W/m·K)	Resistencia térmica R (m²·K/W)
Ladrillo cara vista 24x11,5x5	0,115	0,85	0,14
Revestimiento intermedio - mortero	0,015	1,3	0,01
Aislamiento térmico – CÁÑAMO	0,08	0,041	1,95
Fábrica de ladrillo hueco	0,07	-	0,16
Revestimiento interior - yeso	0,015	0,4	0,04
		Σ=	2,30

Espesor total = 0,295

Rsi	Rse	Rtotal (m²·K/W)
0,13	0,04	2,47

U₁₋₅ fachada (w/m²·K) 0,41

FACHADA TIPO 1-6			
	Espesor (m)	Conductividad térmica (W/m·K)	Resistencia térmica R (m²·K/W)
Ladrillo cara vista 24x11,5x5	0,115	0,85	0,14
Revestimiento intermedio - mortero	0,015	1,3	0,01
Aislamiento térmico – LANA DE OVEJA	0,08	0,04	2,00
Fábrica de ladrillo hueco	0,07	-	0,16
Revestimiento interior - yeso	0,015	0,4	0,04
		Σ=	2,34

Espesor total = 0,295

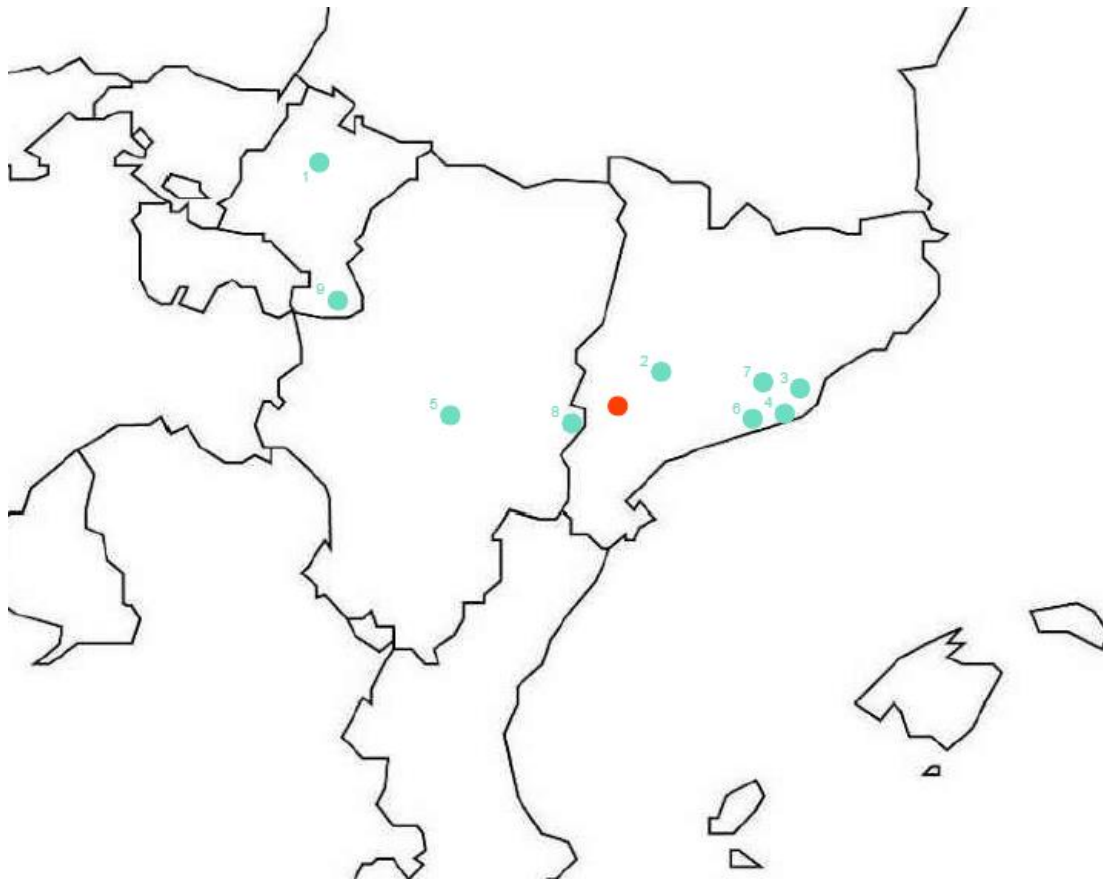
Rsi	Rse	Rtotal (m²·K/W)
0,13	0,04	2,51

U₁₋₆ fachada (w/m²·K) 0,40



ANEXO III

Ubicación geográfica de los distribuidores



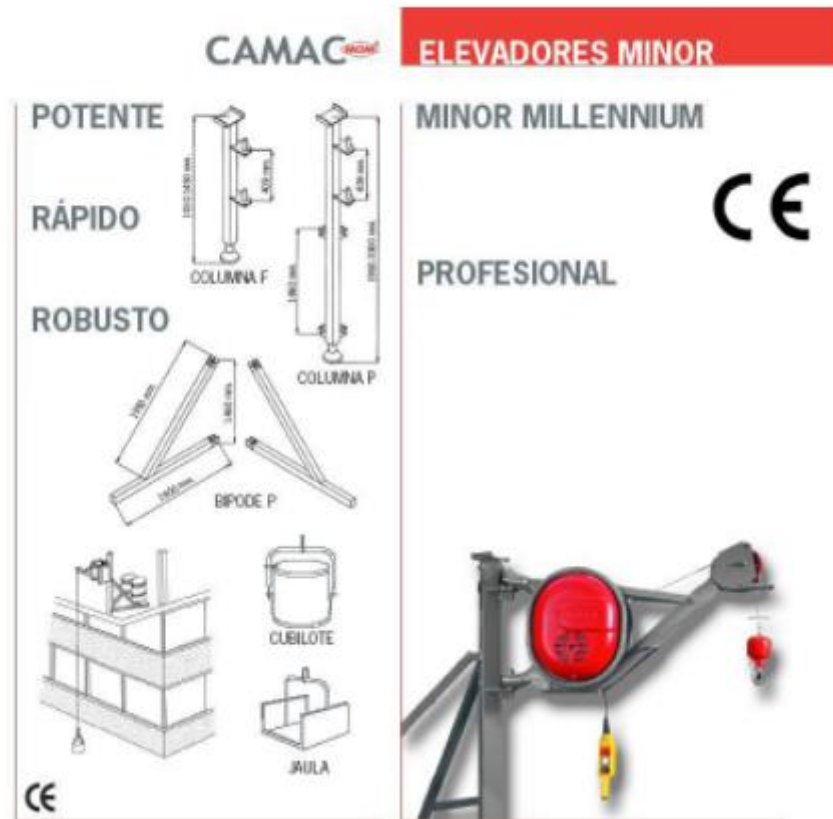
1. BIOKLIMA NATURE	Oricáin, NAVARRA
2. CERÁMICA LA COMA S.A.	Balaguer, LLEIDA
3. SAINT-GOBAIN WEBER	Montcada i Reixac, BARCELONA
4. ROCKWOOL PENINSULAR S.A.U.	BARCELONA
5. PLACO SAINT-GOBAIN	Gelsa, ZARAGOZA
6. STOTHERM ESPAÑA	Sant Boi de Llobregat, BARCELONA
7. ANFAPA	Sant Cugat del Vallés, BARCELONA
8. PREFRAGA	Fraga, HUESCA
9. GRUPO AISMAR	Ribaforada, NAVARRA



ANEXO IV

Ficha técnica elevador

Descripción del producto



CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Potencia elevación	Kgs. 325/300
Velocidad elevación	m/min. 24
Longitud del cable	m. 30
Diámetro del cable	mm. 5
Carga de rotura del cable	Kgs. 1980
Potencia motor	c.v. 2
Tensión motor monofásico	v. 220
Tensión maniobra	v. 48
Radio giro	mm. 950/1160
Ángulo de giro	° 200
Peso	Kg. 60
Medidas: Ancho	mm. 400
Largo	mm. 1060
Alto	mm. 640
Volumen	m³. 0,27

- Estructura innovadora más ligera.
- Mástil reforzado.
- Mayor velocidad de elevación.
- Motor eléctrico de nuevo diseño más compacto y ligero.
- Freno electromagnético de gran seguridad.
- Paro final de carrera.
- Maniobra por botonera, a baja tensión 48V lo que da una respuesta instantánea y una mayor seguridad de maniobra.
- Amplia gama de elementos de sustentación (para azoteas, ventanas, columnas, pisos y andamios).
- Mínimo mantenimiento.
- Conforme a las normas europeas de seguridad.



ANEXO V

Presupuesto Caso Estudio A

Fachadas Base

PRESUPUESTO

Fecha: 22/06/17

Pág.: 1

OBRA 01 PRESSUPOST 00
 CAPÍTULO 11 FACHADA TIPO 1

NUM	CÓDIGO	UM	DESCRIPCIÓN	PRECIO	MEDICIÓN	IMPORTE
1	E6122F3W	m2	Paret de tancament passant de gruix 11,5 cm, de maó massís d'elaboració manual, HD, de 240x115x50 mm, d'una cara vista, categoria I, segons la norma UNE-EN 771-1, col·locat amb morter per a ram de paleta industrialitzat M 7,5 (7,5 N/mm ²) de designació (G) segons norma UNE-EN 998-2 (P - 2)	65,88	1,000	65,88
2	E81135K1	m2	Arrebossat reglejat sobre parament vertical exterior, a 3,00 m d'alçària, com a màxim, amb morter mixt 1:2:10, deixat de regle (P - 12)	18,70	1,000	18,70
3	E7C9T843	m2	Aïllament amb placa rígida de llana mineral de roca, segons UNE-EN 13162, de densitat 66 a 85 kg/m ³ de 60 mm de gruix, amb una conductivitat tèrmica <= 0,034 W/mK, resistència tèrmica >= 1,765 m ² .K/W, col·locada amb morter adhesiu (P - 10)	10,16	1,000	10,16
4	E612L11V	m2	Paret de tancament recolzada de gruix 7 cm, de totxana, LD, de 240x70x115 mm, per a revestir, categoria I, segons la norma UNE-EN 771-1, col·locat amb morter per a ram de paleta industrialitzat M 5 (5 N/mm ²) de designació (G) segons norma UNE-EN 998-2 (P - 3)	28,63	1,000	28,63
5	E8121112	m2	Enguixat a bona vista sobre parament vertical interior, a 3,00 m d'alçària, com a màxim, amb guix B1, acabat lliscat amb guix C6 segons la norma UNE-EN 13279-1 (P - 13)	5,09	1,000	5,09
TOTAL	CAPÍTOL		01.11			128,46

OBRA 01 PRESSUPOST 00
 CAPÍTULO 12 FACHADA TIPO 2

NUM	CÓDIGO	UM	DESCRIPCIÓN	PRECIO	MEDICIÓN	IMPORTE
1	E81115D0	m2	Arrebossat esquerdejat sobre parament vertical exterior, a 3,00 m d'alçària, com a màxim, amb morter de ciment 1:6 (P - 11)	14,04	1,000	14,04
2	E4BCJ322	m2	Armadura pel control de la fissuració superficial en bancades amb malla electrosoldada de barres corrugades d'acer ME 10x10 cm D:3-3 mm 6x2,2 m B500T UNE-EN 10080 (P - 1)	2,38	1,000	2,38
3	E7C25601	m2	Aïllament amb planxes de poliestirè expandit EPS, de 60 kPa de tensió a la compressió, de 60 mm de gruix, de 1,55 m ² .K/W de resistència tèrmica, amb cares de superfície llisa i cantell llis, col·locades no adherides (P - 8)	8,68	1,000	8,68
4	E613441EK83H	m2	Paret tancament de 29 cm de gruix de bloc de 300x190x290 mm de ceràmica d'argila alleugerida, LD, categoria I, segons la norma UNE-EN 771-1, col·locat amb morter de ciment 1:4. Article: ref. BL29 de la serie Gamma Convencional d'ALPICAT (P - 4)	27,30	1,000	27,30
5	E8121112	m2	Enguixat a bona vista sobre parament vertical interior, a 3,00 m d'alçària, com a màxim, amb guix B1, acabat lliscat amb guix C6 segons la norma UNE-EN 13279-1 (P - 13)	5,09	1,000	5,09
TOTAL	CAPÍTOL		01.12			57,49

OBRA 01 PRESSUPOST 00

PRESUPUESTO

Fecha: 22/06/17

Pág.: 2

CAPÍTOL 13 FACHADA TIPO 3

NUM	CÓDIGO	UM	DESCRIPCIÓN	PRECIO	MEDICIÓN	IMPORTE
1	E881Q186	m2	Arrebossat amb morter monocapa (OC) de ciment, de designació CSIII W2, segons la norma UNE-EN 998-1, col·locat manualment sobre paraments sense revestir i acabat llis (P - 14)	14,14	1,000	14,14
2	E61BC311	m2	Paret per a tancament de gruix 15 cm amb bloc de formigó cel·lular curat en autoclau HCA, encadellat, categoria I, segons UNE-EN 771-4, de 500x150x250 mm i densitat >1000 kg/m3, per a revestir, col·locat amb morter per a ram de paleta (T) segons UNE-EN 998-2 (P - 6)	34,16	1,000	34,16
3	E7C9T843	m2	Aïllament amb placa rígida de llana mineral de roca, segons UNE-EN 13162, de densitat 66 a 85 kg/m3 de 60 mm de gruix, amb una conductivitat tèrmica <= 0,034 W/mK, resistència tèrmica >= 1,765 m2.K/W, col·locada amb morter adhesiu (P - 10)	10,16	1,000	10,16
4	E6524A4D	m2	Envà de plaques de guix laminat format per estructura senzilla normal amb perfil·leria de planxa d'acer galvanitzat, amb un gruix total de l'envà de 78 mm, muntants cada 400 mm de 48 mm d'amplària i canals de 48 mm d'amplària, 1 placa estàndard (A) de 15 mm de gruix en cada cara, fixades mecànicament i aïllament de plaques de llana mineral de roca de resistència tèrmica >= 1,111 m2.K/W (P - 7)	35,62	1,000	35,62
TOTAL	CAPÍTOL		01.13			94,08

OBRA 01 PRESSUPOST 00

CAPÍTOL 14 FACHADA TIPO 4

NUM	CÓDIGO	UM	DESCRIPCIÓN	PRECIO	MEDICIÓN	IMPORTE
1	E6184D2Q	m2	Paret de tancament passant d'una cara vista de 15 cm de gruix de bloc foradat de morter ciment, de 400x150x200 mm, llis, gris amb components hidrofugants, categoria I segons la norma UNE-EN 771-3 col·locat amb morter ciment amb additiu hidròfug 1:6 de ciment pòrtland amb filler calcari (P - 5)	26,75	1,000	26,75
2	E7C33501L89W	m2	Aïllament amb plaques d'escuma de poliuretà, de densitat 32 kg/m3, 50 mm de gruix, amb recobriments multicapa kraft-alumini 2 cares, col·locades no adherides. Article: ref. PUR AL 50mm de la serie Planxes revestides de POLIURETANOS (P - 9)	16,90	1,000	16,90
3	E612L11V	m2	Paret de tancament recolzada de gruix 7 cm, de totxana, LD, de 240x70x115 mm, per a revestir, categoria I, segons la norma UNE-EN 771-1, col·locat amb morter per a ram de paleta industrialitzat M 5 (5 N/mm2) de designació (G) segons norma UNE-EN 998-2 (P - 3)	28,63	1,000	28,63
4	E8121112	m2	Enguixat a bona vista sobre parament vertical interior, a 3,00 m d'alçària, com a màxim, amb guix B1, acabat lliscat amb guix C6 segons la norma UNE-EN 13279-1 (P - 13)	5,09	1,000	5,09
TOTAL	CAPÍTOL		01.14			77,37