

PROPUESTA DE UN PRODUCTO ECOEFICIENTE DE FIBRAS DE POLIÉSTER RECICLADO PARA SU APLICACIÓN EN REHABILITACIÓN ENERGÉTICA

Realizado por: Carmen Serrano Quijada

Tutor: Ignacio Vioque Romero

Equipo Docente: Paloma Rubio de Hita

Enrique D. Fernández Nieto

Diego Frustaglia



Curso: 2019/2020

TFG H

ETSA Sevilla

GRADO EN FUNDAMENTOS DE ARQUITECTURA

TRABAJO FIN DE GRADO



[Figura 1: "Nadando en plásticos", de Troy Mayne, Oceanic Imagery Publications. Fuente: Greenpeace]

PRÓLOGO

AGRADECIMIENTOS

RESUMEN. PALABRAS CLAVE

ABSTRACT. KEY WORDS

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN

- 1.1.¿Qué es el plástico?
- 1.2.Propiedades generales de los plásticos
- 1.3.Tipos de plásticos
- 1.4.El problema de los plásticos y el medio ambiente

2. ESTADO DE LA CUESTIÓN

- 2.1.Origen de la industria textil. Introducción al poliéster
- 2.2.Poliéster
- 2.3.Por qué su aplicación en la industria textil
- 2.4.Problemática del poliéster

3. ESTUDIOS REALIZADOS CON FIBRAS RECICLADAS

- 3.1.Panel con residuos textiles que mejora las condiciones térmicas y acústicas de las edificaciones.
- 3.2.Caracterización térmica de materiales textiles reciclados para su utilización como aislante térmico.
- 3.3.Aislamiento térmico ecoeficiente y respetuoso con el medio ambiente a partir de textiles reciclados.
- 3.4.Estudio realizado sobre fibras de poliéster en la construcción y su comportamiento frente a la radiación gamma

4. OBJETIVOS

- 4.1.Objetivos generales
- 4.2.Objetivos específicos

5. HIPÓTESIS DE PARTIDA

6. METODOLOGÍA DE TRABAJO

7. PROPUESTA DE UN NUEVO PRODUCTO DE AISLAMIENTO TÉRMICO PARA EDIFICACIÓN

- 7.1.Rehabilitación energética en edificación
- 7.2.Rehabilitación energética por insuflado de poliéster reciclado
- 7.3.Fabricación de la lana de poliéster reciclada
- 7.4.Comparativa del poliéster reciclado con la lana mineral del producto original

8. APLICACIÓN A UN CASO PRÁCTICO

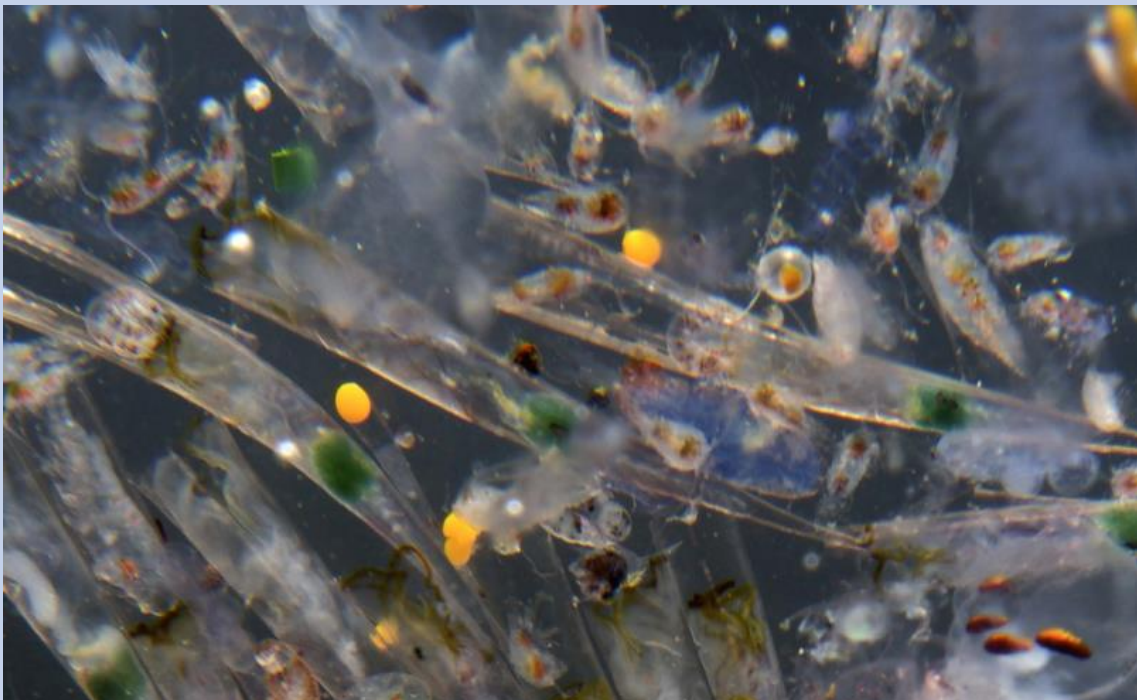
- 8.1.Descripción del edificio
- 8.2.Aproximación a los datos térmicos del edificio

9. CONCLUSIONES SOBRE EL PRODUCTO

ANEXOS

FICHA TÉCNICA SISTEMA INSUVER

DECLARACIÓN AMBIENTAL DEL PRODUCTO INSUVER



[Figura 2: "Plásticos en los océanos", de C. Parsons, 2018. Fuente: Greenpeace]

AGRADECIMIENTOS

No habría sido posible realizar este trabajo de investigación sin el incansable apoyo del equipo docente de este grupo de TFG, que a pesar de las circunstancias han sabido empujarnos a conseguir el objetivo que perseguíamos desde el inicio.

RESUMEN

El objeto de estudio de esta investigación se centra en el desarrollo de un producto de construcción conformado a partir del uso de materia no biodegradable que permita obtener propiedades térmicas óptimas y que contribuya a la reducción de la huella del impacto medioambiental.

La industria textil y la utilización de fibras plásticas provocan un grave problema de generación de residuos tras su uso. Esta situación, deriva en el pensamiento del empleo de estas fibras para concebir un producto que reduzca este problema y sea sostenible, en concreto mediante el reciclaje de fibras de poliéster. El objetivo de esto es reducir el impacto medioambiental del residuo generado.

El producto está diseñado con objeto de emplearse como aislamiento térmico de edificios para rehabilitación energética, suponiendo su aplicación un incremento del ciclo de vida del residuo plástico, así como una mejora en la eficiencia energética de edificios.

Finalmente, se realiza una comparación con otro material utilizado en el mismo sistema, la lana mineral, para ver las diferencias y mejoras que supone el uso del nuevo producto frente al tradicional. El estudio refleja resultados muy favorables para la solución elaborada a base de fibras de poliéster recicladas.

PALABRAS CLAVE

Residuos textiles
Poliéster reciclado
Aislamiento térmico
Aislamiento insuflado
Rehabilitación energética

ABSTRACT

The investigation aims to develop a product which consists in the use of an unbiodegradable matter in order to obtain material with optimum thermal properties and to reduce the environmental trace.

Nowadays, plastic fibers are used by textile industry causing damage as a result of the amount of waste generated. Therefore, the use of this product, created by the recycled polyester fiber, is thought to be a solution to the environmental problem and to create a sustainable material.

This product is created to be implemented in buildings as a heat isolation, thus its use in old architecture not only supposes an increase in building's energy efficiency, but also provides a longer life cycle to plastic waste.

In conclusion, the use of this product over traditional material is a model of progression, recycling and efficiency as the differences and improvements between mineral wool and the recycled one make clear the decision to choose the recycled polyester fiber-based material at any case.

KEY WORDS

textile waste
recycled polyester
heat isolation
insufflation of insulation
energy rehabilitation

El contenido expuesto en el apartado 1 corresponde con la fase previa de investigación realizada en grupo con mis compañeras Inmaculada Marmolejo García, Julia Ramírez Fernández y Fátima Heras Saldaña.

El contenido expuesto en los apartados 2, 3, 4 y 5 corresponde con el trabajo realizado con Inmaculada Marmolejo García, por tanto, este contenido será común para los dos trabajos.

1. INTRODUCCIÓN



[Figura 3: "Plásticos en las costas". Fuente: Greenpeace]

1.1 ¿QUÉ ES EL POLIÉSTER?

El plástico es una gama de materiales sintéticos o semisintéticos que en la actualidad tienen un gran ámbito de utilización. Podemos encontrar plástico en los envases de alimentos, en los edificios, en la ropa, etc.

“Los plásticos son materiales orgánicos, igual que la madera, el papel o la lana. Las materias primas que se utilizan para producir plástico son productos naturales como la celulosa, el carbón, el gas natural, la sal y, por supuesto, el petróleo.” [1]

La procedencia del término “plástico” viene del griego “plastikos” que evidencia una de sus principales propiedades: se puede moldear.

1.2 PROPIEDADES GENERALES DE LOS PLÁSTICOS

El plástico es uno de los materiales más utilizados en todo mundo por sus propiedades y bajo coste de producción, como su baja densidad. También es un producto que presenta propiedades impermeables y aislantes tanto térmica como acústicamente [2].

1.3 TIPOS DE PLÁSTICO

Existen dos grandes tipos de plástico:

Los termoplásticos, que no sufren cambios en su estructura química cuando se le aplica calor. Esto quiere decir que se pueden fundir y moldear cuando se calientan. Este proceso es reversible y se puede realizar todas las veces que se desee.

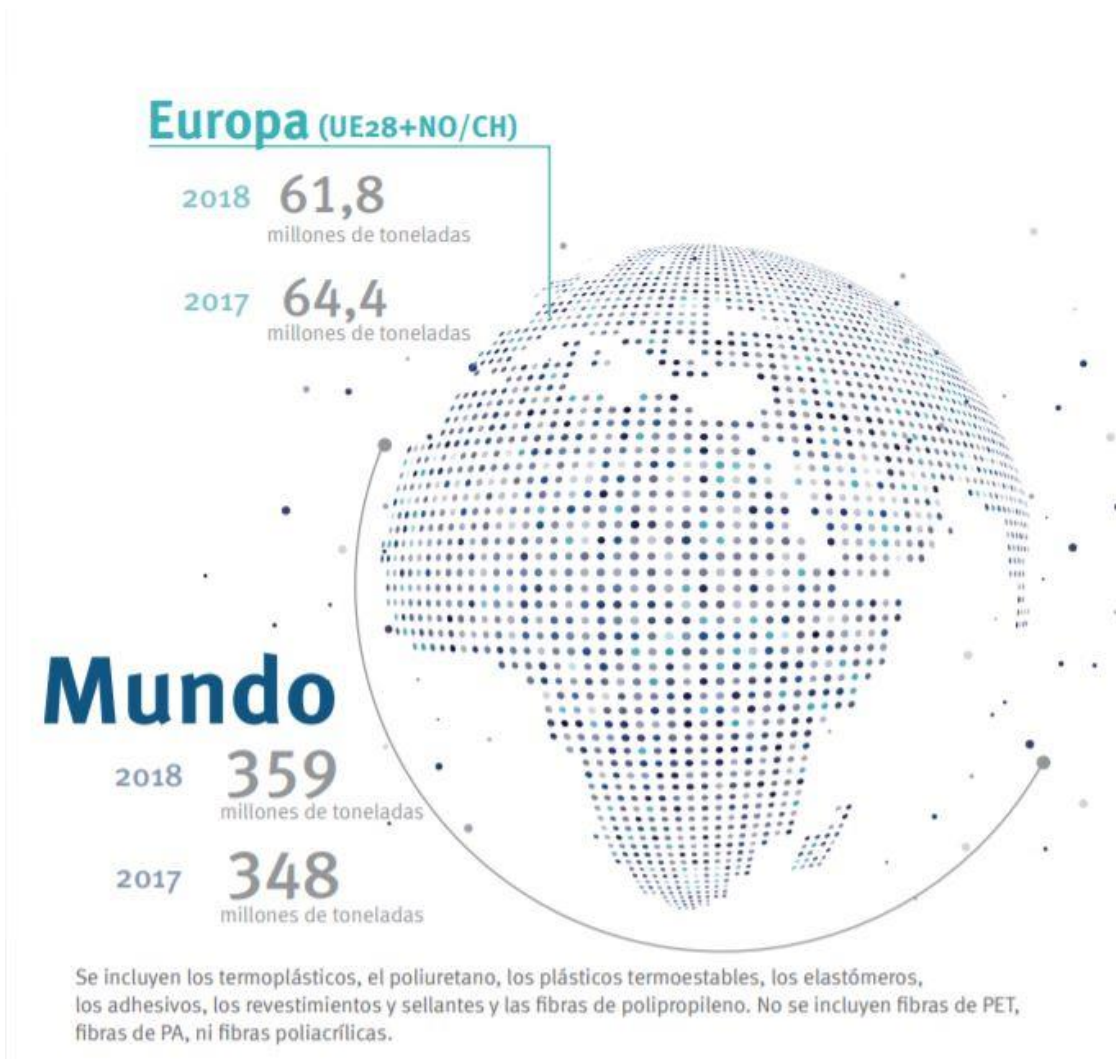
En este grupo se encuentra el polietileno (PE), el polipropileno (PP), el poliestireno (PS), el poliestireno expandido (EPS), el policloruro de vinilo (PVC), el politereftalato de etilenglicol (PET), las poliamidas (PA), el policarbonato (PC), el polimetacrilato de metilo (PMMA), los elastómeros termoplásticos (TPE), etc.

Los termoestables son la familia de plásticos que sufren un cambio químico cuando se calientan creando una red tridimensional. Es decir, que una vez calentados y moldeados no se pueden volver a modificar.

En este grupo se encuentra el poliuretano (PUR), los poliésteres insaturados, las resinas epoxi, los ésteres de vinilo, la silicona, la resina de melamina, las resinas fenólicas, etc. [3] [4].

1.4 EL PROBLEMA DE LOS PLÁSTICOS Y EL MEDIO AMBIENTE

El plástico ha inundado nuestra vida diaria: podemos encontrarlo en envases de productos, ingredientes de cosméticos, el textil de la ropa, materiales de construcción y todo tipo de usos.



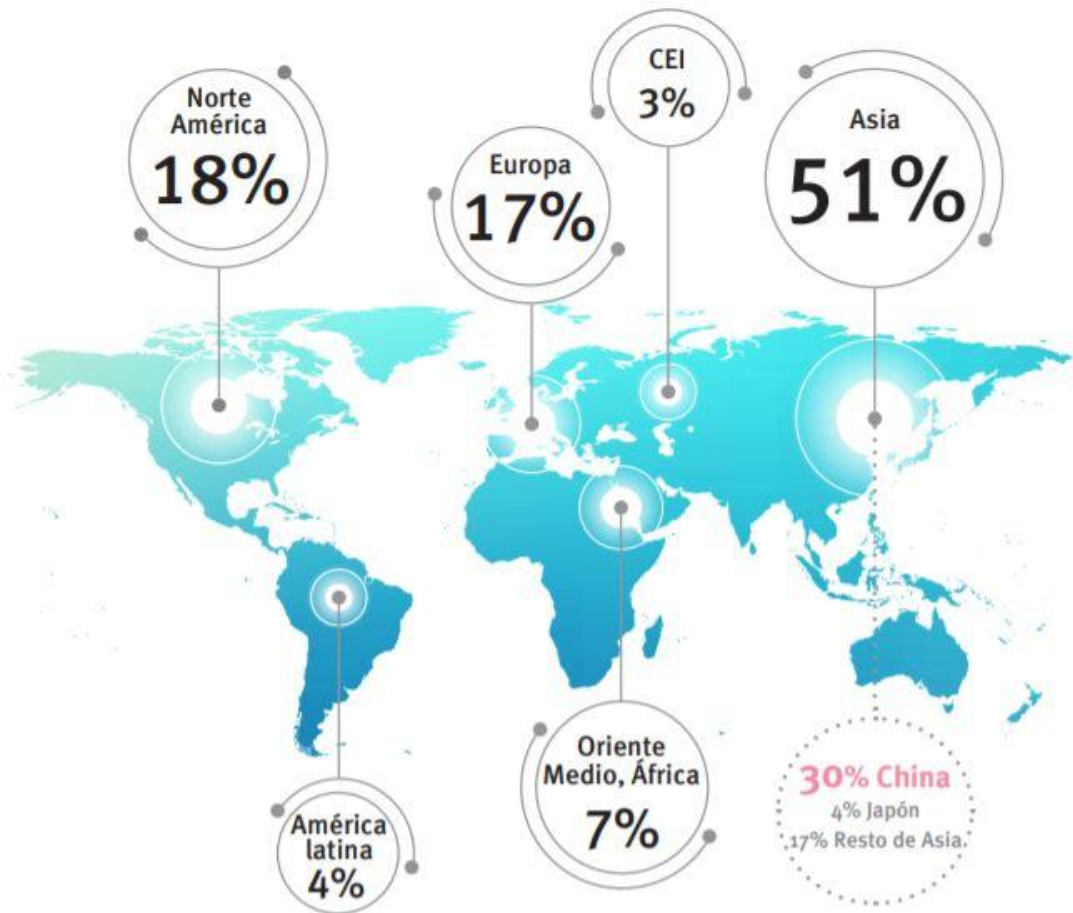
[Figura 4: Datos sobre la producción de plásticos en la UE y en el mundo (2018-2019). Fuente: PlasticsEurope]

Una de las principales causas de la contaminación por plástico son sus buenas propiedades, destacando su bajo coste que permite una mayor producción del material.

En las [figuras 4 y 5], obtenidas de PlasticsEurope, podemos ver la producción mundial de plásticos y su proporción de producción por continentes, donde Asia tiene más del 50% que luego distribuye al resto del mundo.

“Pese a que este material se produce a partir de productos químicos derivados del petróleo, el gas natural y el carbón, todos recursos naturales no renovables, la forma desacelerada en la que la sociedad lo transformó en desechable lo convirtió en un desastre ambiental. En la actualidad, casi la mitad de los plásticos se convierten en desechos en menos de tres años.” [5].

Debido a que el plástico es un material muy resistente y se dispersa fácilmente, podemos encontrar plásticos en todos los rincones del planeta.



* Se incluyen los termoplásticos, el poliuretano, los plásticos termoestables, los elastómeros, los adhesivos, los revestimientos y sellantes y las fibras de polipropileno. No se incluyen fibras de PET, fibras de PA, ni fibras poliacrílicas.

[Figura 5: Distribución de la producción de plásticos global (2018). Fuente: PlasticsEurope]

2. ESTADO DE LA CUESTIÓN



[Figura 6: La industria textil. Fuente: María Estela Raffino]

2.1 ORIGEN DE LA INDUSTRIA TEXTIL E INTRODUCCIÓN AL POLIÉSTER

El hombre primitivo tuvo muy pronto la idea de vestirse con pieles de animales. Aprendió a coser las pieles con tendones, tiras de piel y tripas; más tarde fabricó hilos con fibras animales y vegetales (lana, lino, seda). El día en que las pesadas pieles fueron sustituidas por materias hechas con hilos muy apretados y entrecruzados, se acababa de inventar el tejido.

El hilado y el tejido de los textiles aparecen muy pronto en la historia:

- El lino se remonta en la Edad de Piedra
- La lana en la Edad de Bronce
- La Seda en la Antigua China, hace 5000 años.

La industria textil fue la primera industria en desarrollarse. De hecho, la producción de telas era desde hacía siglos una importante actividad económica en Gran Bretaña, tanto de tejidos elaborados a partir de lana como de algodón (ambas fibras naturales). A lo largo del siglo XVIII la industria textil conocerá importantes innovaciones técnicas. La mayor parte de las cuales serán realizadas por artesanos sin especiales conocimientos científicos. La innovación continúa y acelera, frente a técnicas y herramientas artesanas que habían permanecido casi inmutables durante siglos. En apenas cincuenta años unos pocos inventos acabarán con herramientas centenarias y abrirán paso a la producción en masa

La primera producción a escala comercial de una fibra manufacturada fue alcanzada por el químico francés conde Hilaire de Chardonnet. En 1889, sus tejidos de "seda artificial" causaron sensación en la Exposición de París y dos años más tarde se construyó la primera planta de rayón comercial en Besançon, Francia.

Después de la aparición en el mercado de varias fibras manufacturadas como el rayón en 1910, el acetato en 1924 y el nylon en 1931, aparece el poliéster. Éste se examinó, ese mismo año, por primera vez como parte de la investigación de Wallace Carothers, quien ya había descubierto el nylon con ayuda de la compañía DuPont; atrayendo así un nuevo interés en la CalicoPrinter's Association Ltd, una empresa de estampación de textiles de calidad, en Gran Bretaña. Allí, JT Dickson y JR Whinfield produjeron una fibra de poliéster mediante polimerización por condensación de etilenglicol con ácido tereftálico.

DuPont posteriormente en 1946, adquirió los derechos de patente para los Estados Unidos y la Imperial Chemical Industries para el resto del mundo [6].

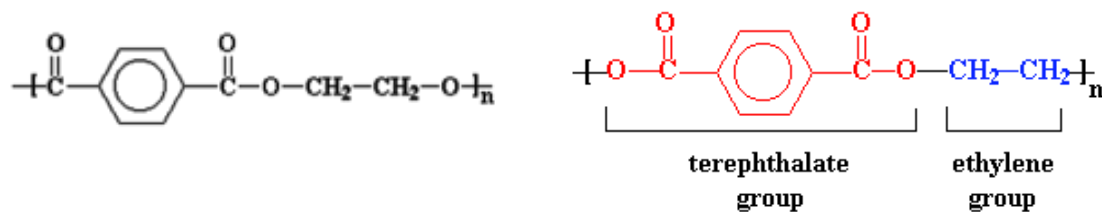
2.2 POLIÉSTER

Durante estos años, Du Pont, buscaba multiplicar las propiedades técnicas del poliéster, texturizando filamentos y creando napas sintéticas (fiberfil para rellenos) que, superponiéndolas, se utilizaban para sacos de dormir y anoraks, ya que tienen mejor resultado que la pluma natural.

El poliéster se fabrica a partir de productos químicos derivados del petróleo o del gas natural y requiere la utilización de recursos no renovables y de grandes cantidades de agua, para el proceso de enfriamiento. Sin embargo, se puede considerar un tejido químico respetuoso con el entorno ya que, si no está mezclado, se puede fundir y reciclar [figura 7].

En 1952 comenzó a emplearse en forma de film para el envase de alimentos, sin embargo, la aplicación, la cual le significó su principal mercado fue en envases rígidos a partir de 1976 y gracias a ello pudo abrirse para el embotellado de bebidas carbonatadas.

Es el polímero para el cual los fabricantes de máquinas internacionales han dedicado el mayor esfuerzo técnico y comercial. Efectivamente, los constructores han diseñado ex profeso y con inversiones cuantiosas, equipos y líneas completas perfectamente adaptadas a los parámetros de transformación del PET, cuya disponibilidad accesible a todos los embotelladores, unida a la adecuada comercialización de la materia prima, permitió la expansión de su uso en todo el mundo [7] [8].



[Figura 7: Estructura del poliéster, Los poliésteres tienen cadenas hidrocarbonadas que contienen uniones éster, de ahí su nombre.]

2.3 POR QUÉ SU APLICACIÓN EN LA INDUSTRIA TEXTIL

La Revolución del “Wash and Wear”

En el año 1951, los medios mostraron el poliéster al público norteamericano como un tipo de tela que no era necesario planchar; por esta razón, los productos fabricados con este material pasaron a clasificarse bajo el nombre de “wash and wear” (lavar y usar). No tardaron en salir a la luz ciertos aspectos negativos del poliéster, como que producía irritación en la piel; además, algunas personas no encontraban agradable su textura al tacto.

El hecho de que el poliéster sea un material económico de producir tiene dos consecuencias opuestas: por un lado, resulta tentador para los consumidores que buscan invertir poco dinero en sus prendas de vestir; para aquellos que usan la ropa como un medio de ostentación, sin embargo, este aspecto dista de ser positivo. Para evitar la percepción poco favorable de esta última porción del público, algunos fabricantes intentaron mezclar el poliéster con otras telas, entre otras tácticas de mercado para no tener que nombrarlo directamente.

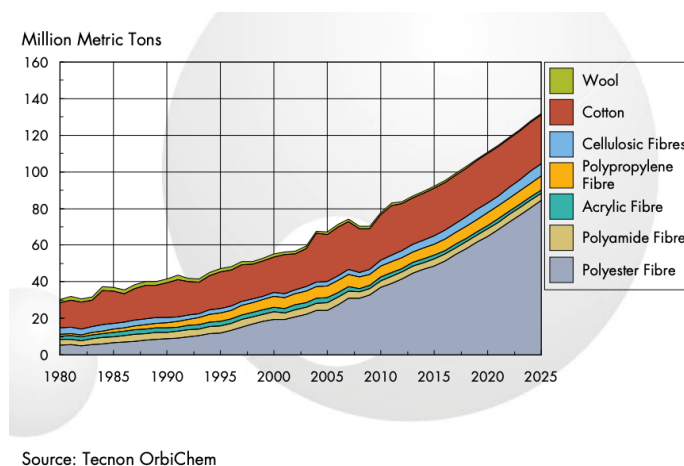
Una de las más importantes innovaciones derivadas de este material fueron las microfibras, que se descubrieron recientemente y permitieron a las empresas manipular la textura para producir telas más durables, livianas y muy suaves al tacto. Las microfibras tienen una apariencia más similar a la seda, lo cual las vuelve más atractivas a la vista.

Las telas de poliéster no sólo son especialmente económicas, sino que también son muy resistentes, pesan poco, no se percibe la humedad al tocarlas y su punto de fusión (la temperatura a la cual comienza a fundirse un material) es muy alto. Como si esto fuera poco, las manchas no se le adhieren con facilidad, no se estira ni se encoge, se seca en poco tiempo, no se arruga, es sencillo de lavar y resiste los solventes y las tinturas, entre otros productos químicos.

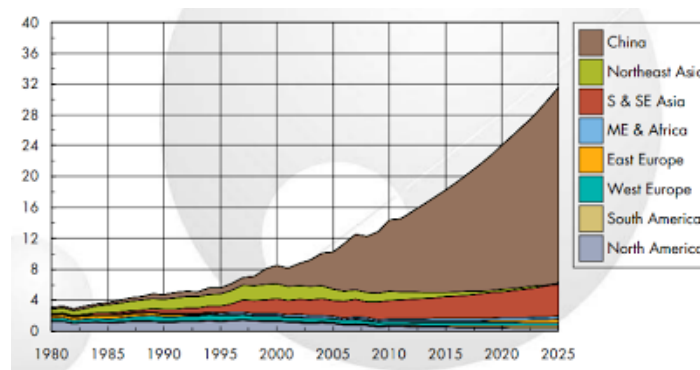
2.4 PROBLEMÁTICA DEL POLIÉSTER

Crear poliéster implica un uso de grandes cantidades de petróleo, microplásticos que no son biodegradables y que contaminan océanos y tierras [9]. Según un artículo publicado en Forbes, que cita un estudio de WorldResourcesInstitute, el poliéster de textiles generó solo en 2015 6.8 trillones de kilogramos cúbicos de gases de invernadero y a pesar de ello es ahora uno de los materiales más utilizados para textiles y otros elementos debido a su bajo coste y de fácil manipulación a diferencia del algodón. Y es que solo entre 1980 y 2007 el poliéster producido anualmente incrementó de 5.8 millones de toneladas a 34 millones de toneladas de acuerdo a un estudio de TecnonOrbichem. De seguir a este ritmo las cantidades alarmantes se proyectan hacia el año 2025, donde se estima que la producción se triplique a 99.8 millones de toneladas. Básicamente a la demanda de ropa que sigue creciendo y, a pesar que los avances científicos que ayudan a la producción de algodón y nuevas fibras, esto no llega a competir aún contra el poliéster.

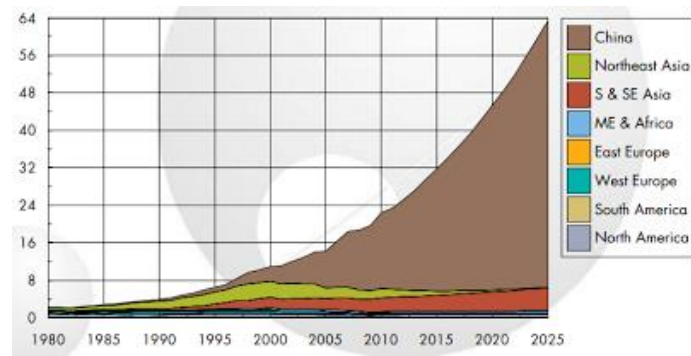
Estos son algunos datos sobre la producción mundial de fibras poliéster y de su comparación con la producción de otras fibras [figuras 8, 9 y 10].



[Figura 8. Producción mundial de fibras 1980-2025. Millón de toneladas métricas]



[Figura 9. Producción de poliéster de fibra cortada mundial. Millón de toneladas métricas (China domina la situación mundial, que supuso el 65% del total global en 2010, y otros países asiáticos (juntos el 90%)]



[Figura 10. Producción mundial de filamento de poliéster. Millón de toneladas métricas (La producción de filamento Global se esperan cultivar en una trifa media anual del 7.2% hasta 2025, conducido por China y en un grado menor India.)]

La industria textil se encuentra entre los principales contaminadores de agua limpia del mundo, y el teñido y el tratamiento de textiles representan el 20% de toda la contaminación industrial del agua [figura 11].



[Figura 11. Gráfico sacado del "Green europeanjournal, open future", haciendo referencia a la gran cantidad de agua que requiere una única prenda de ropa y la posterior contaminación de la misma por el uso de materiales altamente contaminantes y tóxicos]

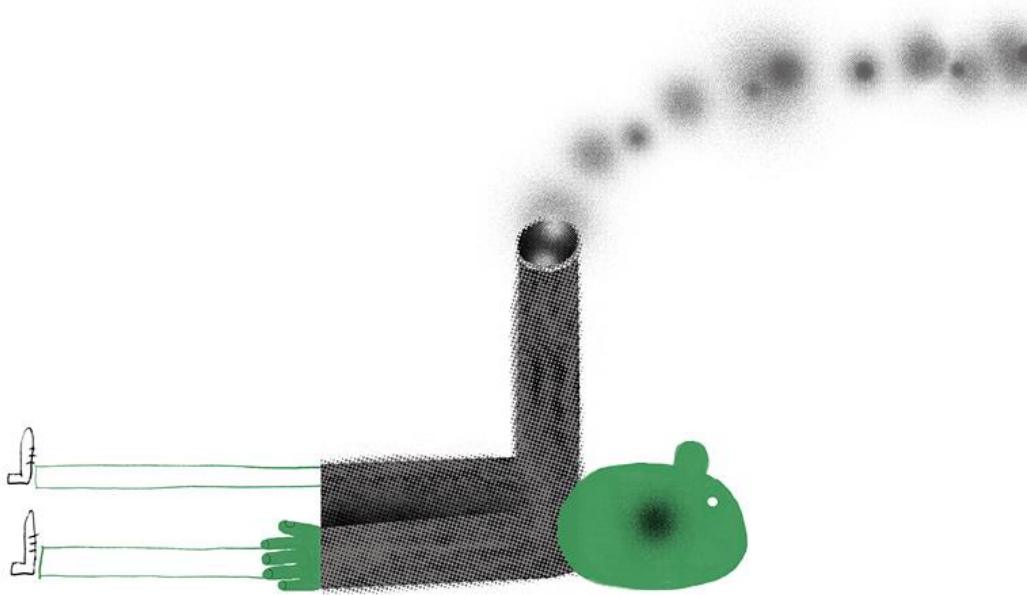
Es así como llegamos a la etiqueta "Hecho en Bangladesh" en los vaqueros ajustados y económicos de cualquiera. La subcontratación, por parte de muchas compañías de moda, de la producción a fábricas en países en desarrollo, donde las regulaciones ambientales se observan de forma relajada. Los peligrosos productos químicos a menudo son vertidos, sin tratamiento alguno, en vías fluviales sensibles, donde contaminan el agua subterránea con contaminantes bioacumulativos, disruptores hormonales y cancerígenos.

Asimismo, los países donde se dan los más bajos salarios son famosos por los abusos de los derechos laborales. Se estima que 40 millones de personas cosen más de 1.500 millones de prendas de vestir en 250.000 fábricas y talleres de explotación cada año, a los que se niega a innumerables trabajadores, derechos básicos, salarios justos y condiciones de trabajo éticas.

No obstante, si la etiqueta “Hecho en Europa” podría suscitar unas mejores condiciones, muchos trabajadores textiles en Europa oriental y sudoriental afrontan de manera similar la pobreza, las condiciones peligrosas y las distintas formas de explotación, como las horas extra forzadas.

Al encontrarse las fábricas lejos de los mercados de consumo más prósperos, muchas prendas deben recorrer grandes distancias en barcos, aviones y camiones que consumen petróleo, y arrojan dióxido de carbono a la atmósfera. Por lo que unos simples vaqueros habrán viajado a través del mundo desde Bangladesh a Finlandia; lo cual supone más de 6000 kilómetros de distancia, siendo el coste de este viaje ridículamente barato, aproximadamente 20 céntimos. Es un hecho bien sabido que muchas prendas están diseñadas en un país, hiladas en otro, cosidas y terminadas en otro, y finalmente enviadas al minorista, dejando una huella a su paso, de emisiones de transporte.

En el desenlace de su viaje, un artículo que ha viajado miles de kilómetros podría no venderse, terminando triturado o incinerado como desperdicio de ropa 'deadstock' [figura 12].



[Figura 12. Gráfico sacado del “Green europeanjournal, open future”, hace referencia a la contaminación que conlleva el transporte de una prenda para su posterior consumo.]

Otras de las problemáticas que generan los textiles con fibras de poliéster es que éste material, es un producto derivado del petróleo. Esto se traduce en que las telas sintéticas como el poliéster

requieren un lavado más frecuente que las fibras naturales, ya que las bacterias que transmiten olores son dadas a adherirse mejor en una prenda de poliéster sudorosa. Pero cuando el poliéster se lava en una lavadora doméstica, exacerba otro grave problema global: la contaminación plástica oceánica.

Las telas de poliéster, nylon y acrílico son todos productos plásticos derivados del petróleo; cada vez que se lavan, se filtran al medio ambiente, siendo estimado que una sola carga de ropa, se liberan cientos de miles de fibras. Estas fibras son filtradas a través de las plantas de tratamiento de aguas residuales, a las vías fluviales y, finalmente, al océano, donde son ingeridas por la vida marina y ascendiendo así por la cadena alimentaria.

Los desechos no hacen más que aumentar año tras año. Después de lavar una camiseta barata cinco veces, ya ha perdido su forma y color, por lo que se tiende a renovarla. Hasta el 75 por ciento de la ropa de moda, se vende a precios de descuento, esto se debe a que los consumidores tienen menos tiempo y más ingresos disponibles que generaciones anteriores, por lo que es más barato y más fácil, comprar un artículo nuevo que remendar los viejos.

La Unión Europea actualmente restringe una gran cantidad de productos químicos utilizados en productos textiles comercializados en Europa. La mayoría de estas restricciones se encuentran enumeradas en el reglamento REACH de la UE, donde en el Anexo XVII de REACH, el cual se ha modificado recientemente, se prohíben los niveles peligrosos de sustancias clasificadas como cancerígenas, mutagénicas o tóxicas para la reproducción.

La Comisión Europea está trabajando actualmente en el etiquetado de origen, obligatorio para los textiles. Aunque aún no existe una legislación en toda la UE sobre el uso de símbolos para las instrucciones de lavado y otros cuidados de artículos textiles.

Podríamos sugerir que otra buena medida reguladora sería un impuesto al carbono para fomentar la eficiencia energética en las fábricas y fomentar así el uso de poliéster reciclado, que tiene una huella de carbono mucho menor que el poliéster virgen. Por ahora, sin embargo, el poliéster reciclado es prohibitivamente caro [10] [11] [12] [13].

En un estudio realizado por El Centro de Tecnología Ambiental Alimentaria y Toxicológica (TecnATox) de la Universitat Rovira i Virgili (URV) se ha comprobado finalmente los riesgos del uso de este material. En el análisis de las prendas se encontraron diferentes metales que son los causantes de irritaciones en la piel, alergias, infecciones e incluso enfermedades más graves relacionadas con el aparato reproductor, el tracto gastrointestinal, etc. Joaquim Rovira, miembro del TecnATox explicó que los hallazgos de antimonio en la mayor parte de las prendas se deben a que este químico se usa como catalizador de fibras de poliéster. Se comprobó además que los textiles poseen tóxicos con niveles superiores a lo permitido por la Unión Europea. [14] [15].

A pesar de que ya se han iniciado diversas campañas, por parte de grandes marcas textiles como "Adidas" o "Zara" para el reciclaje en textiles y la reducción en la producción de este tipo de material para prendas de vestir, nos queda un largo camino hacia la ropa ecológica y no dañina para nuestra salud.

3. ESTUDIOS REALIZADOS CON FIBRAS RECICLADAS



[Figura 13: Fibra de lana puesta en obra como material aislante. Fuente: Wadel, G. 2009. Aislamientos térmicos renovables y reciclados de lana de oveja y algodón: un aporte a la construcción sostenible. Revista de Arquitectura 15(20): 27.]

El uso de materiales reciclados contribuye significativamente a la reducción del consumo energético derivado de la fabricación de materiales, al tiempo que reduce el impacto ambiental de su incineración o de su almacenamiento en vertederos. [16]

Debido a la problemática que generan los textiles a base de fibras de poliéster que no son reciclables y en busca de una alternativa al mero almacenamiento en vertederos e incineraciones altamente contaminantes, se han sucedido varias propuestas para el reciclaje de ésta fibra y así extender su vida útil.

El reciclaje de textiles para otro uso que no sea la producción de nuevos textiles, es un mundo aún inexplorado. A pesar de ser una de las industrias que más contaminan ya sea por los residuos que genera, el consumo de materias primas no renovables o el proceso de embalaje, no se ha investigado en gran profundidad las posibles aplicaciones que puedan tener estos residuos textiles fuera de la moda.

A continuación se nombran algunos ejemplos de reciclaje de textiles para un nuevo uso:

- Para material destinado a la edificación, como aislante térmico y acústico
- Como relleno de muebles y colchones
- Elaboración de nuevos tejidos.
- Parte aislante de vehículos, filtros para techo, revestimientos de paredes.

Estos son algunos casos de reciclajes de textiles para su aplicación en la edificación.

3.1 PANEL CON RESIDUOS TEXTILES QUE MEJORA LAS CONDICIONES TÉRMICAS Y ACÚSTICAS DE LAS EDIFICACIONES

Una de las aplicaciones del reciclaje de tejido ha sido investigada para la elaboración de un panel de partición interior con buenas capacidades térmicas y acústicas.

Tres investigadoras de la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de la Universidad Politécnica de Madrid (UPM) han llevado a cabo una investigación en la que han utilizado materiales textiles para obtener paneles para divisiones interiores que pueden ser utilizados tanto en obra nueva como en la rehabilitación de edificios. Los paneles obtenidos con este método tienen un peso menor respecto a otros similares del mercado y mejores prestaciones térmicas y acústicas. [17]

Así, el objetivo de la investigación que se ha llevado a cabo en la UPM ha sido la reintroducción de estos residuos textiles en la cadena productiva para la obtención de paneles para divisiones interiores en la construcción.

Es importante resaltar que los residuos empleados no precisan ningún tratamiento especial puesto que son restos de productos con control de calidad: retales de fabricación o restos de hilos, entre otros, como se muestra en la [figura 14].

Por otra parte, en la producción de paneles es común el uso de aglomerantes químicos que presentan la desventaja de las emisiones contaminantes en espacios interiores y su toxicidad, además de su comportamiento frente al fuego. En este sentido, se propone la recuperación de un conglomerante de bajo consumo energético asociado y de excelentes propiedades frente al fuego o frente a las emisiones de contaminantes como es la cal.



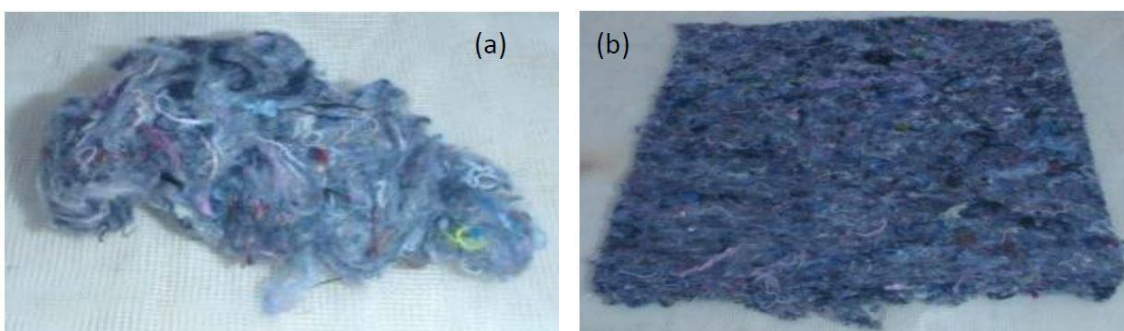
[Figura 14: Residuos textiles utilizados para elaborar el panel y panel de fibras textiles conglomeradas con cal hidráulica natural. Fuente: investigación llevada a cabo por: BARBERO BARRERA, M.M.; POMBO, O.; NAVACERRADA, M.A.2016, Universidad politécnica de Madrid]

Con estas premisas, se ha desarrollado un panel de fibras textiles conglomeradas con cal hidráulica natural. De acuerdo con los ensayos realizados, se observa que los paneles con residuos textiles presentan menor densidad respecto a otros comparables del mercado, lo que redonda en una menor penalización estructural y en el aligeramiento de los sistemas de sustentación de los paneles. Al mismo tiempo, dichos paneles mejoran el comportamiento térmico de tal forma que reducen hasta dos veces la conductividad térmica de otros materiales comerciales. Por su parte, la introducción de fibras textiles también mejora el comportamiento acústico de los paneles en términos de absorción sonora. [17]

3.2 CARACTERIZACIÓN TÉRMICA DE MATERIALES TEXTILES RECICLADOS PARA SU UTILIZACIÓN COMO AISLANTE TÉRMICO

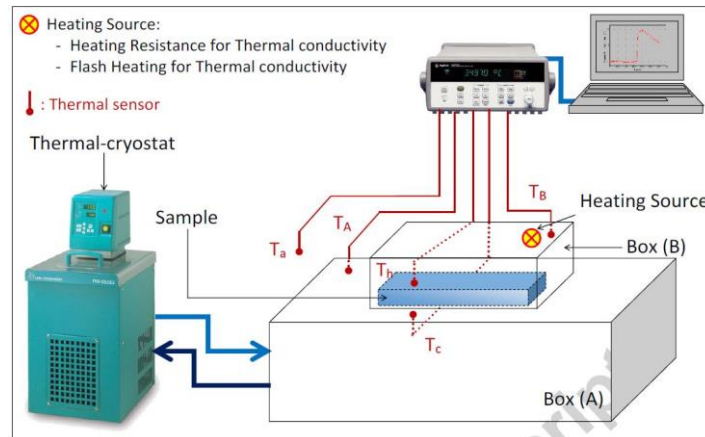
Este estudio realizado por AbderrazakHadded, SofienBenltoufa, FatenFayala y AbdelmajidJemni en 2015 en la Universidad de Monastir, en Túnez, trabaja la caracterización física y térmica de materiales textiles reciclados para utilizarlos en la construcción como aislamiento térmico. Proporciona la base para una nueva vía de procesamiento para reutilizar los residuos textiles como materiales de construcción enfocados en el aislamiento térmico.

En primer lugar extrajeron dos muestras de residuos textiles: “linters” y “tablecloth”. Estas muestras fueron trituradas y mezcladas sus fibras para realizar su estudio de propiedades. [Figura 15]



[Figura 15: Residuos textiles utilizados en el estudio: (a) linters, (b) tablecloth]

Se obtienen datos sobre la conductividad de los materiales y su difusividad a través de del “box method”. Este método consiste en colocar la muestra de material en un ambiente caliente y en un ambiente frío utilizando un intercambiador de calor atravesado por agua glicol enfriado por un criostato. [Fig. 16]



[Figura 16: Box Method]

Después se establece el estado de equilibrio y de esta manera se calcula su conductividad. Para calcular la difusividad térmica han utilizado la ecuación de Parker y la ecuación de Degiovanni.

Estas propiedades calculadas se han comparado con otros aislantes que se comercializan y se utilizan en la actualidad en la construcción. Estos resultados nos muestran que la conductividad del tablecloth es de 0,033 W/mK y la del linters de 0,039 W/mK, y la difusividad térmica de $5,8 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{h}$ y de $3,8 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{h}$ respectivamente. [Fig. 17]

Materials		Density (Kg/m3)	Thermal conductivity(W/m. K)	Thermal diffusivity(m ² /h.10 ⁻³)
Tablecloth textile waste (W _T)		53.31	0.033	5.758 (Parker equation) 5.826(Degiovanni equation)
Linters textile waste (W _L)		53.31	0.039	3.720(Parker equation) 3.840 (Degiovanni equation)
Other insulators	Glass wool	13-100	0.03-0.045	1.4-5.2
	Stone wool	30-180	0.033-0.045	1.3-4.7
	Extruded polystyrene	20-80	0.025-0.035	-.-
	Expanded polystyrene	18-50	0.029-0.041	3.14-11.29
	Polyurethane foam	30-80	0.020-0.027	1.89

[Figura 17: Resultados del estudio térmico y comparación con otros materiales comerciales.]

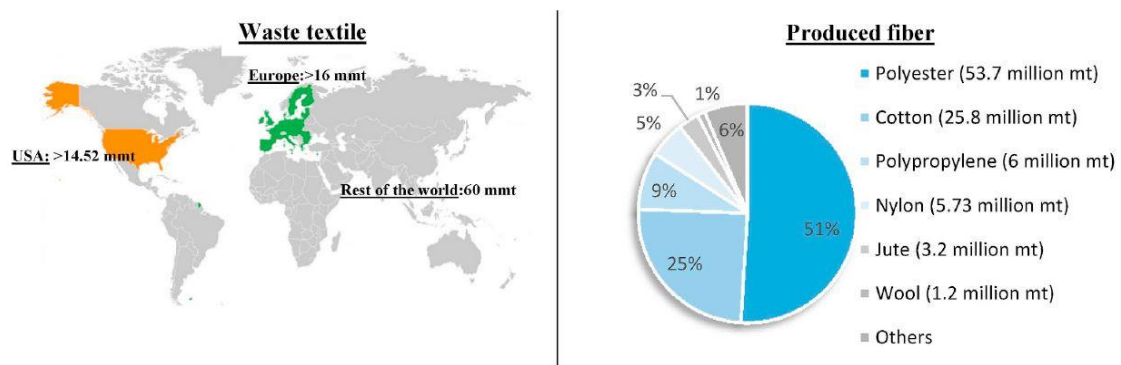
Por lo tanto, con este estudio descubrimos que los materiales textiles reciclados que se estudian tienen unas propiedades térmicas muy similares a las de los materiales comercializados que se utilizan en la actualidad como aislamiento térmico en edificios.

Sin embargo este estudio deja en el aire el efecto negativo que puede crear la humedad sobre las propiedades térmicas del nuevo material a partir de reciclado que será parte de otra investigación. [18]

3.3 AISLAMIENTO TÉRMICO ECOEFICIENTE Y RESPETUOSO CON EL MEDIO AMBIENTE A PARTIR DE TEXTILES RECICLADOS

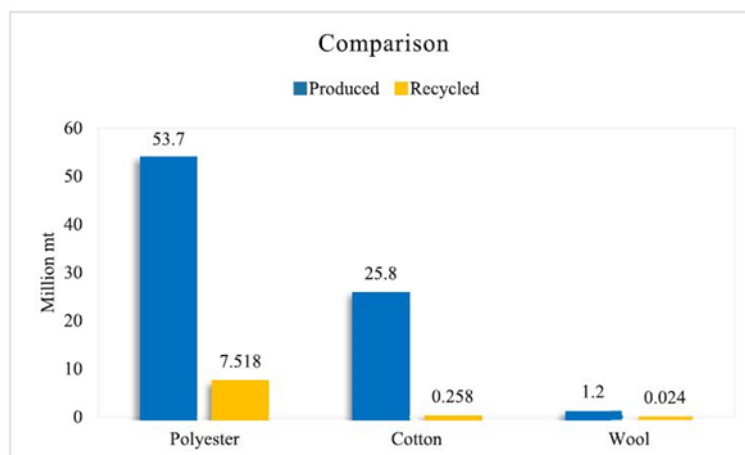
Este estudio realizado por Shafiqul Islam en la Universidad de Georgia, USA, se enfoca en el ahorro de energía y disminución de la contaminación ambiental aumentando el uso de los materiales reciclados en la construcción tratados mediante procesos respetuosos con el medio ambiente.

Los materiales textiles contribuyen en gran medida a la acumulación de residuos no biodegradables ya que la mayoría de estos productos están realizados con fibras plásticas que se desechan después de su uso. Sin embargo estos materiales, que parecen poco valiosos en su primera vida, son muy valiosos cuando se reciclan y se utilizan para producir otros materiales como aislamiento térmico y acústico.



[Figura 18 Producción mundial de residuos textiles y producción de fibras textiles.]

En concreto se habla del poliéster como la fibra que más se utiliza en las prendas de vestir y textiles en general que ha aumentado hasta un 500% desde 1990 hasta la actualidad, con 53,7 millones de toneladas solo en 2017, más del 50% de la producción global de fibras, y sin embargo su tasa de reciclaje es muy baja. [Figuras 18 y 19]



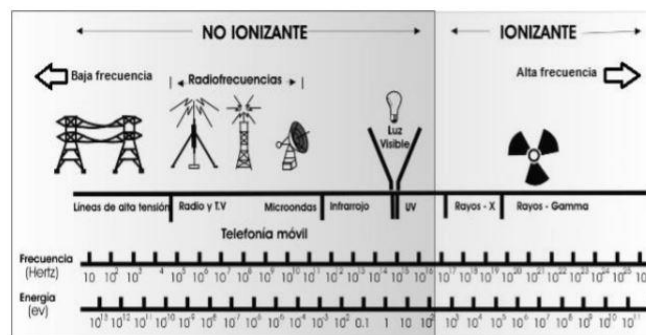
[Figura 19: Comparación de la producción y reciclaje de las principales fibras textiles en la actualidad.]

Se hace referencia a un estudio realizado en 2017 por Trajković, Jordeva, Tomovska y Zafirova donde se utilizaron recortes de textiles de poliéster para aplicarlos directamente como una manta aislante para techos y paredes de edificios y se observaron resultados favorables donde la conductividad térmica se encontraba entre 0,0520 y 0,0603 W/mK y el coeficiente de reducción de ruido entre el 54,71 y el 74,77 %.

Sin embargo se sigue observando que los materiales producidos a partir de fibras recicladas son más porosos y actúan como tubos capilares en los que la humedad se queda estancada en su interior produciendo corrosión y degradación biológica cuando la exposición a la humedad es prolongada. Como resultado se ven afectadas sus propiedades mecánicas y disminuyen sus propiedades aislantes tanto térmicas como acústicas. [19]

3.4 ESTUDIO REALIZADO SOBRE FIBRAS DE POLIÉSTER EN LA CONSTRUCCIÓN Y SU COMPORTAMIENTO FRENTE A LA RADIACIÓN GAMMA

Existen diversos métodos de reciclaje para los plásticos: mecánico, químico y energético. En este estudio se propone un nuevo método alternativo a los existentes a través del uso de la radiación Gamma. Con esta técnica, es posible modificar las propiedades químicas y físicas de un material polimérico, en este caso las fibras de poliéster recuperadas de prendas de vestir. Posteriormente se elaboran diferentes materiales compuestos de las fibras irradiadas para realizar diversos análisis que demuestren dicha teoría. [Figura 20]



[Figura 20: Clasificación de radiaciones: ionizante y no ionizantes]

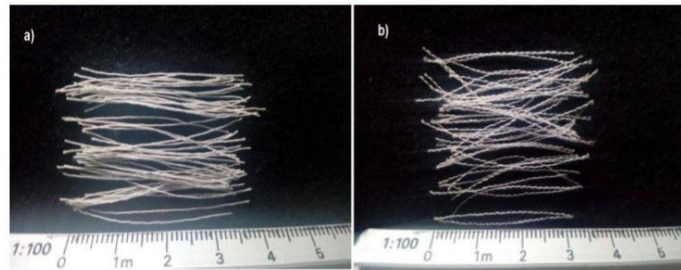
La radiación es una forma de manifestación de la energía que se transmite a través del espacio en forma de partículas u ondas electromagnéticas.

La radiación Gamma es el proceso de mayor energía dentro del espacio electromagnético debido a su alta frecuencia y longitud de onda, producida por elementos radiactivos como el cobalto 60 y el cesio 137. La radiación Gamma tiene tanto poder de penetración que solo es detenida por una gruesa pared de plomo.

En la actualidad existen varias investigaciones relacionadas con el reciclaje del poliéster y su posterior utilización en la construcción, pero sus procedimientos de reciclaje son generalmente

de naturaleza mecánica o química, los cuales establecen una serie de inconvenientes que impiden la perfecta adecuación del material reciclado.

Para desarrollar el estudio experimental se ha obtenido el material textil de las prendas de poliéster. Se han lavado y secado dichas prendas y se han triturado hasta conseguir piezas de 20x20 mm. Se procede al corte manual para la obtención de los filamentos de poliéster y se cortan a 1 cm de largo. [Figura 21]



[Figura 21: Fibras de poliéster antes y después de su separación]

Para realizar la radiación, se colocan las fibras preparadas en bolsas de plástico de 5x5 cm y se les aplica unas dosis de 0, 50, 100 y 150 kGy. [Figura 22]



[Figura 22: Fibras de poliéster para la irradiación]

La conclusión respecto a las pruebas de resistencia mecánica es un aumento de la resistencia a compresión comparando el compuesto de fibras irradiadas con el compuesto de fibras no irradiadas. La radiación Gamma produce el rompimiento de las cadenas poliméricas de las fibras creando superficies más rugosas y por tanto, mayor adherencia con la matriz polimérica. En consecuencia, se consigue una mayor resistencia del compuesto polimérico.

También se observa que los compuestos con fibras irradiadas aumentan su módulo de elasticidad dinámico.

Con este estudio se confirma que las fibras de poliéster procedentes del reciclaje pueden modificar su estructura molecular al ser sometidas a una radiación Gamma. Estas modificaciones se ven reflejadas en las propiedades mecánicas de los materiales compuestos de dichas fibras y favorece su aplicación en la construcción. [20]

4 . OBJETIVOS



[Figura 23: Vista desde una isla de plástico en el Pacífico. Fuente: ONG OceanSociety]

Debido a la gran problemática global en cuanto a la gestión de residuos que existe, es de nuestro interés el estudio y la investigación de la dinámica de los mismos a nivel mundial y de manera más concreta y específica en el mundo de la construcción. Para ello, procedemos a acercarnos más a lo que se está haciendo actualmente con los residuos, en este caso plásticos, para así saber abordar de una mejor forma la que a nosotros como profesionales de la construcción nos concierne y preocupa.

4.1 OBJETIVOS GENERALES

Desde un punto de vista más amplio y de forma general se podrían establecer los siguientes puntos como objetivos generales del presente trabajo de investigación

- Conseguir nuevos materiales para la construcción fabricados con desechos plásticos, reciclándolos y, logrando así edificios más ecoeficientes y respetuosos con el medio ambiente.
- Encontrar una posible solución al problema existente con respecto a la gestión y eliminación de estos residuos plásticos, con el objetivo de alargar su ciclo de vida y encontrar su reutilización óptima.
- Sentar un precedente para el desarrollo de metodologías que empleen residuos como materia prima en el sector de la construcción.
- Revalorizar el potencial del uso de residuos como materia prima para el desarrollo de productos de construcción.

4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Haciendo enfoque en el nuevo material elaborado, se planteará:

- Entrar en profundidad en el mejor conocimiento del PET como material plástico dentro de la industria textil así como su inclusión dentro de la economía circular para su uso como posible sustituto o complementario a otros materiales dentro de la construcción, con la consecuente reducción de materias primas y extendiendo su vida útil.
- Motivar hacia una nueva generación de investigaciones centradas en el aprovechamiento de las materias textiles plásticas para su aplicación en la construcción.
- Conseguir un gran nivel de definición para su futura aplicación como nuevo sistema constructivo en edificaciones.
- Aplicar el producto propuesto a un caso práctico y estudiar los resultados. Establecer una comparación entre el producto propuesto y el que se utiliza actualmente con la misma finalidad.

5. HIPÓTESIS DE PARTIDA



[Figura 24: Voluntarios de la ONG Ocean Conservancy en una recogida de desechos. Fuente: OceanConservancyReport]

En base la investigación realizada sobre el material de estudio podemos suponer que el reciclado de las fibras sintéticas de poliéster para su utilización en los materiales de construcción puede ofrecernos una serie de propiedades que mejoren sus capacidades térmicas.

Hablamos de un material que de manera propia tiene una baja conductividad térmica. Esto nos ofrece la posibilidad de convertirlo en un material aislante, por lo tanto no solo ayudaremos al medio ambiente reduciendo los residuos no biodegradables del planeta, sino que también reduciremos el consumo eléctrico al mejorar el aislamiento térmico del nuevo sistema constructivo

Por otro lado, el formato de fabricación de las fibras textiles permite un manejo del material compatible con la producción de materiales aislantes con un mínimo de actuación.

Estas mejoras en la producción de materiales aislantes harán de este nuevo sistema uno más sostenible y con mejoras para la calidad de vida.

6. METODOLOGÍA DE TRABAJO



[Figura 25: Un mar de plástico. Fuente: El País]

El proceso de estudio asociado al desarrollo de materiales de construcción implica una comprobación y mejora constante de los mismos. Su reinterpretación, haciendo partícipes a los nuevos valores por los que la sociedad se rige, da lugar al desarrollo de estudios que expresen al máximo la creatividad y capacidad científica de los que trabajan con estos materiales.

En la actualidad, el reciclaje forma parte de los procesos creativos con los que se desarrollan y mejoran los productos que utilizamos en el día a día, por ello la incorporación de esta idea al desarrollo de materiales de construcción puede dar lugar a potenciales mejoras en las capacidades de algunos de estos.

La implicación del reciclaje en la idea de crear un nuevo material, da lugar a cuestiones como la incorporación de residuos plásticos como las fibras de poliéster en materiales de construcción para que, apoyados en un proceso de estudio previo, obtengamos información acerca de la capacidad de estos residuos de mejorar las propiedades de elementos ya testeados.

Los estudios previos realizados plantean la posibilidad de mejora en cuanto a aislamiento térmico de los materiales a los que se les incorpora este residuo y por ende, el interés que despierta en su aplicación a la edificación. El análisis de los estudios permite obtener una cantidad de información suficiente con la que hacer una aproximación con respecto a los datos que podrían obtenerse al realizar una serie de ensayos sobre el material con las herramientas adecuadas en un laboratorio. Para realizar una predicción del comportamiento del nuevo material nos basaremos en datos obtenidos en las fichas técnicas de materiales ya existentes destinados al aislamiento térmico de la industria de la construcción, junto con los estudios considerados en el apartado número tres de este trabajo.

7. PROPUESTA DE UN NUEVO PRODUCTO DE AISLAMIENTO TÉRMICO PARA EDIFICACIÓN



[Figura 26: Los daños ambientales del "fast fashion". Fuente: Oxfam Intermón]

El producto que se propone consiste en la reinterpretación de materiales constructivos mediante la incorporación de fibras de poliéster reciclado y su empleo será fundamentalmente en obras de edificación con carácter de rehabilitación.

El valor adquirido con esta mejora no solo significa un incremento de las propiedades del material, sino que también supone un ahorro energético que se evidencia tanto en su producción como aplicación.

La arquitectura que suele intervenir en procesos de rehabilitación no cuenta con aislamiento térmico, por lo tanto, la aplicación del material con propiedades térmicas supondrá, previo a un estudio de los sistemas constructivos, una mejora sustancial de las capacidades energéticas del edificio. Además, el empleo del reciclaje en su proceso de producción y las mejoras que los residuos que se le incorporan suponen, es un plus para su elección frente a otros materiales tradicionales.

7.1 REHABILITACIÓN ENERGÉTICA EN EDIFICACIÓN

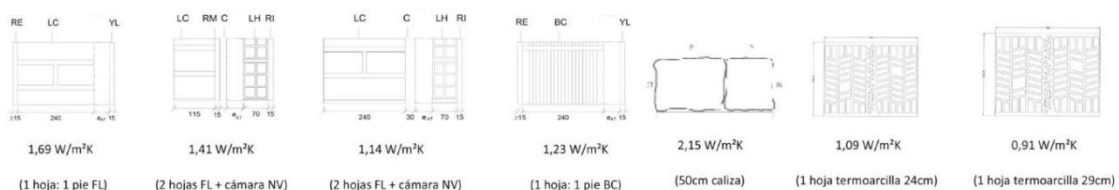
El término rehabilitación en la edificación es sinónimo de la recuperación o traslado al presente-futuro de valores de la arquitectura. Se trata del conjunto de operaciones que se llevan a cabo en la construcción para devolver su habitabilidad y capacidad de uso a una obra, ya sea para recuperar la imagen y usos originales o para su readaptación a un nuevo uso, siempre teniendo en cuenta el pasado y las necesidades actuales.

La rehabilitación de edificios ha de suponer una mejora en las capacidades energéticas del mismo, y por lo tanto, el estudio de las envolventes de estas construcciones es primordial para obtener información a la hora de desarrollar un nuevo material aislante térmico.

El estudio del edificio es necesario para realizar una recopilación de datos sobre la situación actual del mismo, un análisis constructivo y un análisis energético que permita una optimización del consumo de energía. Estos datos se utilizan para desarrollar una propuesta de mejora de las soluciones existentes y, por ende, obtener un sistema más eficiente.

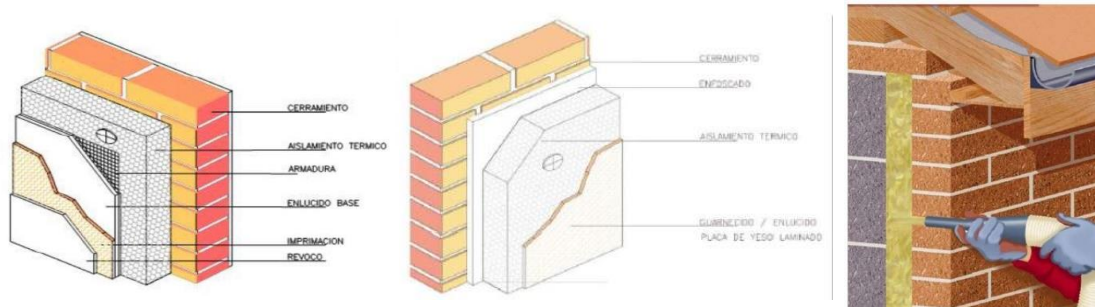
Esta investigación, propone el desarrollo de un nuevo producto de aislamiento térmico a partir de las fibras de poliéster recicladas y su aplicación estará dirigida a la superficie opaca de las fachadas. Su empleo resolverá cuestiones de eficiencia energética en edificaciones que no presenten un aislamiento térmico previo, donde se encuentre en mal estado o que sea insuficiente para las necesidades de aislamiento actuales.

Los sistemas constructivos de fachadas más característicos en las obras de rehabilitación son los que se muestran en la [Figura 27]. Los datos de transmitancia que presentan, teniendo en cuenta que no existe ningún tipo de aislamiento térmico, servirán para reconocer la necesidad y beneficios que supondrá la aplicación de este material en estos.



[Figura 27: Detalle constructivo de los sistemas de fachada más comunes en rehabilitación. Fuente: Temario Construcción V, ETSA Sevilla]

Existen tres estrategias generales para la disposición del aislamiento térmico en muros ya existentes: Rehabilitación energética de fachadas por la cara exterior, por la cara interior o por insuflado en cámaras [Figura 28] [21].



[Figura 28: Disposición del aislamiento para muros ya existentes en rehabilitación. A) Por la cara exterior, B) por la cara interior, C) por inyección a la cámara de aire. Transmitancia térmica sin aislamiento. Fuente: temario de Construcción V de la ETSA Sevilla]

Para desarrollar el producto aislante de poliéster reciclado nos centraremos en la estrategia que requiere de una intervención menos incómoda y que se realiza sin apenas efectuar obras en el sistema constructivo existente: el insuflado en cámara de aire. [Figura 29]



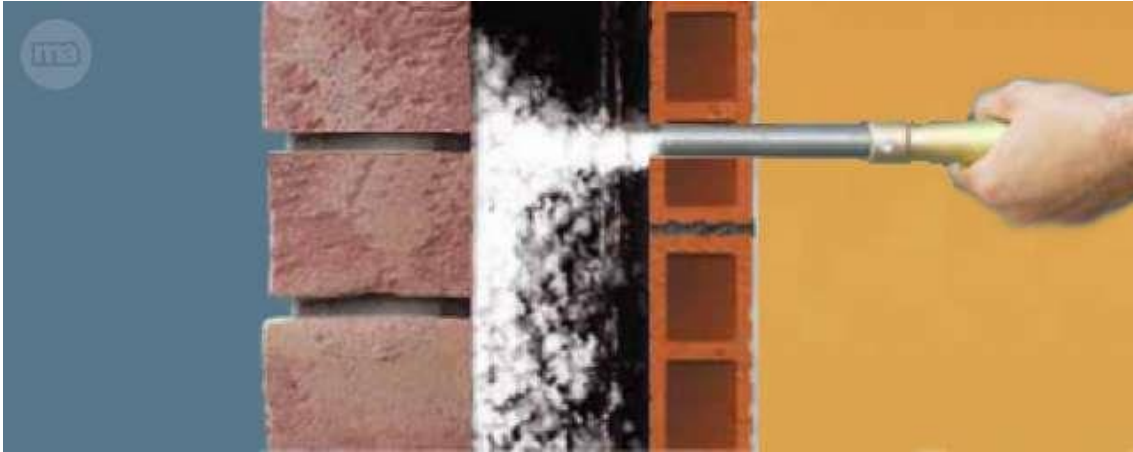
[Figura 29: Insuflado de aislamiento térmico en cámara de aire. Fuente: certificadosenergéticos.com]

7.2 REHABILITACIÓN ENERGÉTICA POR INSUFLADO DE POLIÉSTER RECICLADO

En los últimos años hemos vivido un aumento de la eficiencia energética de los edificios, que han provocado un interés por mejorar el aislamiento térmico de los edificios.

Una de las soluciones más adecuada de intervenir en los edificios anteriores a los años 80, con la actuación constructiva más sencilla y eficaz, es incorporando el aislamiento térmico por insuflado.

Esta técnica consiste en la introducción del material aislante a presión en las cámaras de aire de los cerramientos de la envolvente del edificio que necesiten una mejora en su eficiencia energética. [Figura 30]



[Figura 30: Insuflado de aislamiento térmico en cámara de aire. Fuente: Mil Anuncios]

El procedimiento se realiza de manera muy fácil y con una intervención de menos de 24 horas. Tampoco supone una pérdida de espacio útil de la vivienda, lo cual supone una gran diferencia con los demás sistemas de rehabilitación energética. No implica una variabilidad en la apariencia de los elementos constructivos, ni por el exterior ni por el interior del edificio.

Para ejecutar este tipo de aislamiento es necesaria un previo estudio del inmueble. Es imprescindible que el edificio tenga una cámara de aire, ya sea original del sistema constructivo o instalado con placas de yeso laminado, y que esta se encuentre en buen estado, evitando la presencia de cascotes e instalaciones y favoreciendo la continuidad de la misma.

El material se introduce a través de unas perforaciones en el muro hasta completar el total de la cámara de aire o hasta conseguir la cantidad de material aislante necesaria para garantizar la eficiencia energética en esa fachada.

VENTAJAS

- No disminuye la superficie útil del edificio.
- No modifica la estética de la fachada
- Solución económica.
- No modifica la impermeabilidad del muro.
- Se puede realizar tanto por el interior como por el exterior del edificio.

DESVENTAJAS

- No evita los puentes térmicos
- No se puede saber si el aislamiento se ha repartido homogéneamente.
- El espesor del aislamiento insuflado depende del espesor de la cámara de aire y este puede no ser suficiente.
- Es complicado deshacer esta intervención en el futuro.

Los materiales que se suelen utilizar para el insuflado en cámara de aire son la celulosa, la lana de roca, las perlas de EPS, la fibra de madera, las perlas de grafito o la lana mineral. Esta última será la más similar en sus propiedades a la fibra de poliéster reciclada por lo que será la referencia para el estudio práctico. [Figura 31] [22][23][24]

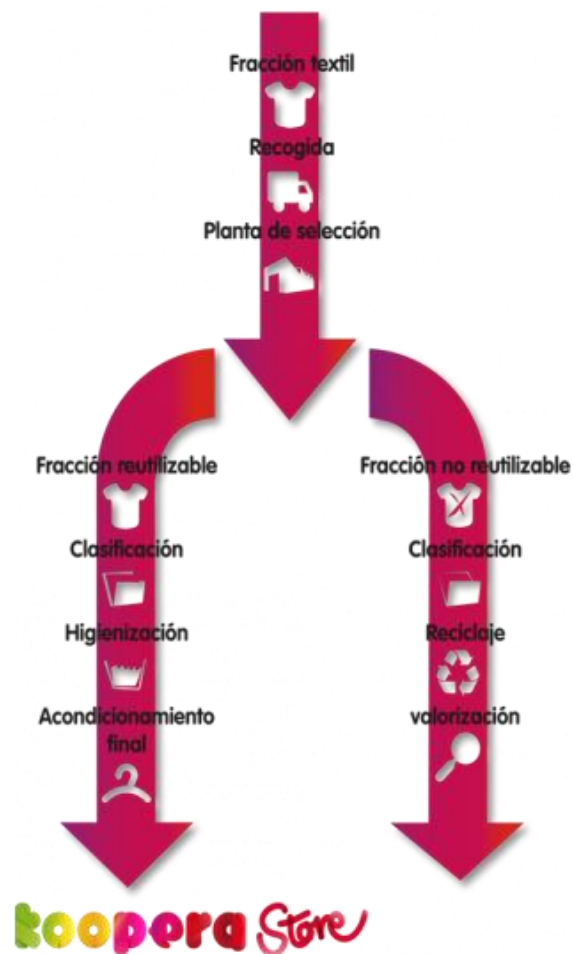


[Figura 31: Borrás de lana mineral. Fuente: bioaisla.com]

7.3 FABRICACIÓN DE LANA DE POLIÉSTER RECICLADA

En la actualidad, existen empresas que se dedican a la recogida de elementos textiles para tratarlos y conseguir reutilizarlos para numerosos fines.

La fracción textil recolectada en los puntos de recogida es llevada a la planta de selección donde se separa para darle una segunda vida. [Figura 32]



[Figura 32: Procedimiento de reciclaje de textiles. Fuente: Koopera]

En primer lugar se clasifica según el estado de la prenda textil que ha sido reciclada para ponerla en el mercado de nuevo, tal y como se entregó. Si el estado de la prenda no es el adecuado se pasa a la fracción textil no reutilizable donde se clasifica según el material del que esté compuesto. [24]

Es aquí donde el poliéster reciclado es tratado en función del elemento final que se deba conseguir. Previamente pasa por un proceso de limpieza y preparación para la fabricación del producto final.

En el caso de la obtención de lana de poliéster para el insulado de aislamiento, el proceso de fabricación sería mínimo. En primer lugar se rompen las prendas seleccionadas en trapos que más tarde pasan por un mecanismo de seis tambores con púas metálicas que rompen las fibras y forman las borras. Estas se comprimirían en paquetes para su transporte. [25] [Figura 33]



[Figura 33: Maquinaria "el Diablo"; borras de poliéster. Fuente: Hilaturas Coydi]

7.4 COMPARATIVA DEL POLIÉSTER RECICLADO CON LA LANA MINERAL DEL PRODUCTO ORIGINAL

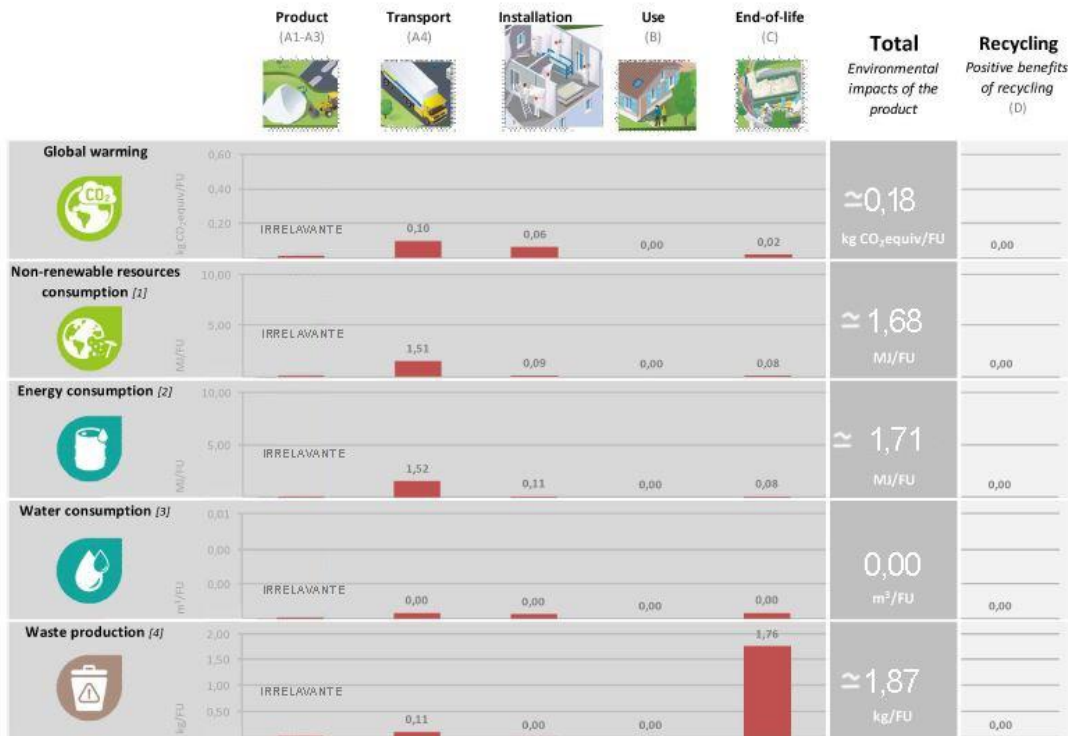
Al contrario que la fabricación de la lana mineral, la lana de poliéster reciclada tiene un impacto ambiental irrelevante en su etapa de construcción. Si comparamos la producción de la lana mineral con la lana de poliéster reciclada podemos comprobar la gran mejora a nivel de impacto ambiental que supondría su sustitución. [Figura 34][Ver ANEXO]

Por lo tanto, podemos concluir que la etapa de producción del producto aislante de lana mineral es la que presenta un mayor impacto en el medio ambiente, superando el 70 % del total de su ciclo de vida, mientras que con el reciclado del material de poliéster podemos ahorrar casi toda la energía y los recursos aplicados a la fase de producción del producto. [Figura 35]

IMPACTOS AMBIENTALES															
Parámetros	Etapas de Product	Etapas de Proceso de Construcción			Etapas de Uso							Etapas de Fin de Vida			D Potencial de Reutilización, Recuperación y Reciclaje
	A1/A2/A3	A4 Transporte	A5 Instalación	B1 Uso	B2 Mantenimiento	B3 Reparación	B4 Sustitución	B5 Rehabilitación	B6 Uso de energía en Servicio	B7 Uso de Agua en Servicio	C1 Deconstrucción/Desmontaje	C2 Transporte	C3 Tratamiento de Residuos	C4 Vertido de Residuos	
Potencial de Calentamiento global (GWP) kg CO ₂ equiv/UF	Irrelevante	9,82E-02	6,14E-02	0	0	0	0	0	0	0	Irrelevante	4,89E-03	0	1,25E-02	MND ²
Contribución total de calentamiento global resultante de la emisión de una unidad de gas a la atmósfera con respecto a una unidad de gas de referencia, que es el dióxido de carbono, al que se le asigna un valor de 1.															
Agotamiento de la Capa de Ozono (ODP) kg CFC 11 equiv/UF	Irrelevante	7,17E-09	7,58E-10	0	0	0	0	0	0	0	Irrelevante	3,57E-10	0	3,74E-09	MND
Destrucción de la capa de ozono estratosférico que protege a la tierra de los rayos ultravioletas (perjudiciales para la vida). Este proceso de destrucción del ozono se debe a la ruptura de ciertos compuestos que contienen cloro y bromo (clorofluorocarbonos o halones) cuando éstos llegan a la estratosfera, causando la ruptura catalítica de las moléculas de ozono.															
Potencial de Acidificación del suelo y de los Recursos del agua (AP) kg SO ₂ equiv/UF	Irrelevante	3,26E-04	3,33E-05	0	0	0	0	0	0	0	Irrelevante	1,62E-05	0	7,40E-05	MND
La lluvia ácida tiene impactos negativos en los ecosistemas naturales y el medio ambiente. Las principales fuentes de emisiones de sustancias acidificantes son la agricultura y combustión de combustibles fósiles utilizados para la producción de electricidad, la calefacción y el transporte.															
Potencial de Eutrofización (EP) kg (PO ₄) ³⁻ equiv/UF	Irrelevante	7,84E-05	5,51E-06	0	0	0	0	0	0	0	Irrelevante	3,90E-06	0	1,82E-05	MND
Efectos biológicos adversos derivados del excesivo enriquecimiento con nutrientes de las aguas y las superficies continentales															
Potencial de Formación de Ozono Troposférico (POPC) Kg etano equiv/UF	Irrelevante	1,40E-05	1,37E-06	0	0	0	0	0	0	0	Irrelevante	7,00E-07	0	2,73E-06	MND
Reacciones químicas ocasionadas por la energía de la luz del sol. La reacción de óxidos de nitrógeno con hidrocarburos en presencia de luz solar para formar ozono es un ejemplo de reacción fotoquímica.															
Potencial de agotamiento de Recursos Abióticos para Recursos No Fósiles (ADP-Elementos) kg Sb equiv/UF	Irrelevante	3,10E-07	4,19E-09	0	0	0	0	0	0	0	Irrelevante	1,54E-08	0	0	MND
Potencial de agotamiento de Recursos Abióticos para Recursos Fósiles (ADP-combustibles fósiles) MJ/UF	Irrelevante	1,51E+00	9,12E-02	0	0	0	0	0	0	0	Irrelevante	7,51E-02	0	1,15E-04	MND
Consumo de recursos no renovables con la consiguiente reducción de disponibilidad para las generaciones futuras.															

² MND=Módulo No Declarado

[Figura 34: Tabla de Impactos Ambientales de la lana de poliéster reciclada. Esta tabla es obtenida originalmente de ISOVER para su producto INSUVER y modificada con datos hipotéticos para la lana de poliéster. Fuente: ISOVER y propia]



[1] This indicator corresponds to the abiotic depletion potential of fossil resources.

[2] This indicator corresponds to the total use of primary energy.

[3] This indicator corresponds to the use of net fresh water.

[4] This indicator corresponds to the sum of hazardous, non-hazardous and radioactive waste disposed.

[Figura 35: Tabla resumen de la interpretación del ACV de la lana de poliéster reciclada. Esta tabla es obtenida originalmente de ISOVER para su producto INSUVER y modificada con datos hipotéticos para la lana de poliéster. Fuente: ISOVER y propia]

Teniendo en cuenta los datos térmicos de ambos aislantes, presentan una capacidad de resistencia térmica muy similar, teniendo la lana mineral una conductividad térmica de $\lambda = 0,035$ W / m · k mientras que la lana de poliéster reciclado presenta una conductividad térmica de $\lambda = 0,039$ W / m · k. El resultado de la lana mineral es más favorable que el del poliéster reciclado, pero como para este nuevo producto no es necesario producir el material como un material nuevo, la importancia en la diferencia de espesor puede despreciarse.

Por último, el precio por el que podemos obtener el producto a base de lana de poliéster reciclada es mucho más económico que el de la lana mineral.

Realizamos el epígrafe de mediciones para un aislamiento insuflado de lana de roca frente a otro de lana de poliéster reciclada. [Figura 36][Figura 37]

CÓDIGO	RESUMEN	UNIDADES	LONGITUD (m)	ANCHURA (m)	ALTURA (m)	PARCIALES (m ²)	CANTIDAD (m ²)	PRECIO (€/m ²)	IMPORTE €
NAE020	m² Aislamiento térmico en cámaras de aire de cerramiento de doble hoja de fábrica, por insuflación desde el interior. Aislamiento térmico en cerramientos de doble hoja de fábrica, rellenando el interior de la cámara de aire de 50 mm de espesor medio, por insuflación, desde el interior, de nódulos de lana de vidrio Insuver "ISOVER", según UNE-EN 14064-1, no aptos como soporte nutritivo para el desarrollo de hongos ni bacterias, densidad 50 kg/m ³ y conductividad térmica 0,035 W/(mK). Ejecutado según la normativa CTE. DB-HE Ahorro de energía. Superficie medida según documentación gráfica de Proyecto.								
		-	-	-	-	-	-	14,36 €	- €

Código	Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
1 Materiales					
mt16lvi100a	kg	Nódulos de lana de vidrio Insuver "ISOVER", según UNE-EN 14064-1, no aptos como soporte nutritivo para el desarrollo de hongos ni bacterias, densidad 50 kg/m ³ y conductividad térmica 0,035 W/(mK), Euroclase A1 de reacción al fuego según UNE-EN 13501-1, capacidad de absorción de agua a corto plazo ≤ 1 kg/m ² , calor específico 800 J/kgK y factor de resistencia a la difusión del vapor de agua 1; para relleno de cámaras por insuflación.	2,875	2,80	8,05
mt09moe080a	kg	Mortero de cemento, color gris, compuesto de cemento, áridos seleccionados y aditivos, tipo GP CSIII W2 según UNE-EN 998-1.	0,600	0,21	0,13
			Subtotal materiales:		8,18
2 Equipo y maquinaria					
mq08mpa010	h	Maquinaria para insuflación de aislamiento en cámaras de aire.	0,100	13,00	1,30
			Subtotal equipo y maquinaria:		1,30
3 Mano de obra					
mo030	h	Oficial 1º aplicador de productos aislantes.	0,125	18,89	2,36
mo068	h	Ayudante aplicador de productos aislantes.	0,125	17,90	2,24
			Subtotal mano de obra:		4,60
4 Costes directos complementarios					
%		Costes directos complementarios	2,000	14,08	0,28
			Costes directos (1+2+3+4):		14,36

[Figura 36: Precios descompuestos del aislamiento insuflado de lana de vidrio. Fuente: Presto Generador de Precios]

CÓDIGO	RESUMEN	UNIDADES	LONGITUD (m)	ANCHURA (m)	ALTURA (m)	PARCIALES (m ²)	CANTIDAD (m ²)	PRECIO (€/m ²)	IMPORTE €
NAE020	m² Aislamiento térmico en cámaras de aire de cerramiento de doble hoja de fábrica, por insuflación desde el interior. Aislamiento térmico en cerramientos de doble hoja de fábrica, rellenando el interior de la cámara de aire de 50 mm de espesor medio, por insuflación, desde el interior, de nódulos de lana de poliéster reciclado. Ejecutado según la normativa CTE. DB-HE Ahorro de energía. Superficie medida según documentación gráfica de Proyecto.								
		-	-	-	-	-	-	6,31 €	- €

Código	Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
1 Materiales					
mt16lvi100a	kg	Nódulos de lana de poliéster reciclado, según UNE-EN 14064-1, no aptos como soporte nutritivo para el desarrollo de hongos ni bacterias, densidad 50 kg/m ³ y conductividad térmica 0,039 W/(mK), Euroclase A1 de reacción al fuego según UNE-EN 13501-1, capacidad de absorción de agua a corto plazo ≤ 1 kg/m ² , calor específico 800 J/kgK y factor de resistencia a la difusión del vapor de agua 1; para relleno de cámaras por insuflación.	0,00	0,00	0,00
mt09moe080a	kg	Mortero de cemento, color gris, compuesto de cemento, áridos seleccionados y aditivos, tipo GP CSIII W2 según UNE-EN 998-1.	0,600	0,21	0,13
			Subtotal materiales:		0,13
2 Equipo y maquinaria					
mq08mpa010	h	Maquinaria para insuflación de aislamiento en cámaras de aire.	0,100	13,00	1,30
			Subtotal equipo y maquinaria:		1,30
3 Mano de obra					
mo030	h	Oficial 1º aplicador de productos aislantes.	0,125	18,89	2,36
mo068	h	Ayudante aplicador de productos aislantes.	0,125	17,90	2,24
			Subtotal mano de obra:		4,60
4 Costes directos complementarios					
%		Costes directos complementarios	2,000	14,08	0,28
			Costes directos (1+2+3+4):		6,31

[Figura 36: Precios descompuestos del aislamiento insuflado de lana de poliéster reciclado. Fuente: Presto Generador de Precios y modificaciones propias]

8 . APLICACIÓN A UN CASO PRÁCTICO



[Figura 38: El verdadero (y urgente) reto de la industria textil mundial: sostenibilidad... O muerte. Fuente: FleetPeople]

Para aproximarnos a datos más reales del funcionamiento y repercusiones del producto vamos a analizar un conjunto de edificios y su comportamiento con la aplicación del aislante de lana de poliéster reciclado.

8.1 DESCRIPCIÓN DEL EDIFICIO

El edificio que se ha empleado para desarrollar el estudio se trata de varios bloques de viviendas plurifamiliares de construcción en la década de 1960 en la zona este de Sevilla. [Figura 39]

Fueron construidos como lo que ahora conocemos como vivienda protegida.

El planteamiento del edificio resolvía una cuestión de necesidad y por lo tanto, la solución constructiva que se propuso dista mucho de lo que sería la de un edificio eficiente energéticamente, este caso presenta las características idóneas para la aplicación de nuestro producto, no solo como un caso específico sino como un modelo tipo para una tipología edificatoria muy extendida en España.



[Figura 39: Situación del edificio en Sevilla. Fuente: Google Earth]

El edificio está situado en la barriada Madre de Dios de Sevilla, donde esta tipología edificatoria está presente en todo el barrio. [Figura 40]



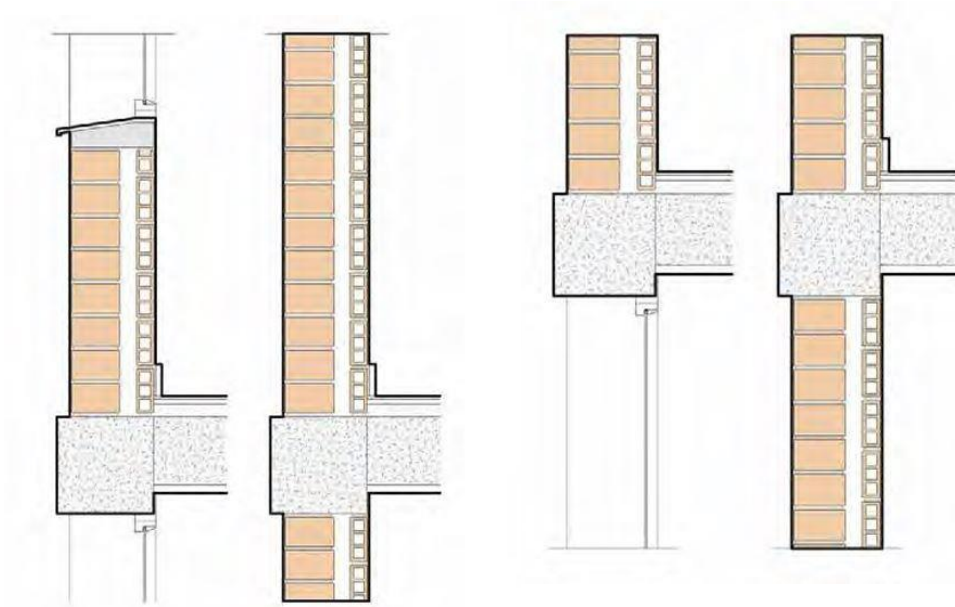
[Figura 40: Situación del edificio en la barriada Madre de Dios, Sevilla. Fuente: La envolvente térmica de la vivienda social. El caso de Sevilla, 1939 a 1979]

La tasación media de estas viviendas oscila entre los 35.000 - 40.000 euros, teniendo en cuenta que estamos en la capital, se trata de viviendas de calidad baja en las que el acondicionamiento, aire acondicionado y calefacción, se ha ido instalando individualmente por los inquilinos, así como todas las modificaciones de mejora que se hayan implementado. [Figura 41 y 43]

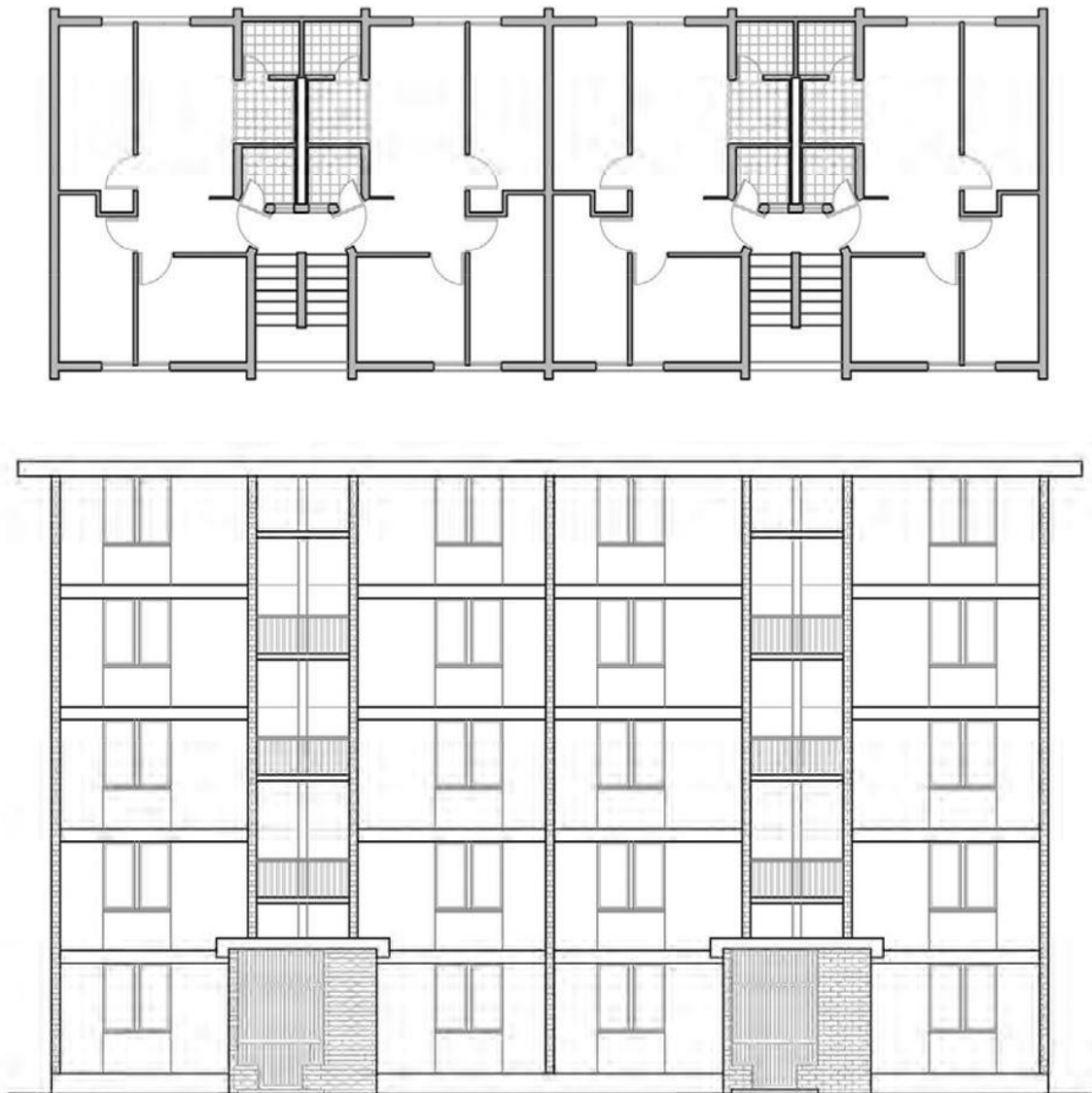


[Figura 41: Imágenes del bloque de viviendas en la barriada Madre de Dios, Sevilla. Fuente: La envolvente térmica de la vivienda social. El caso de Sevilla, 1939 a 1979]

La sección constructiva consta de las siguientes capas: fábrica de ladrillo con capa de enfoscado de mortero de cemento e imprimación de pintura plástica en la hoja exterior, seguido de una cámara de aire de 5 cm de espesor, con posterior trasdosado de fábrica de ladrillo interior revestido con enlucido de yeso. [Figura 42]



[Figura 42: Detalles constructivos del sistema de fachada del edificio en Madre de Dios, Sevilla. Fuente: La envolvente térmica de la vivienda social. El caso de Sevilla, 1939 a 1979]



[Figura 43: Planimetría del bloque de viviendas en la barriada Madre de Dios, Sevilla. Fuente: La envolvente térmica de la vivienda social. El caso de Sevilla, 1939 a 1979]

8.2 APROXIMACIÓN A LOS DATOS TÉRMICOS DEL EDIFICIO

Para realizar la comparativa térmica con el nuevo producto de aislamiento, en primer lugar es necesario conocer la transmitancia térmica que presenta el sistema constructivo existente en la actualidad. [Figura 27]

El muro de cerramiento del edificio correspondería con el segundo sistema constructivo descrito en la [Figura 27], concluyendo con una transmitancia térmica de $1,41 \text{ W/m}^2\text{K}$ ($R = 0,71 \text{ m}^2\text{K/W}$).

Procedemos con el cálculo de la transmitancia térmica máxima permitida, según las exigencias del CTE, en las envolventes de dos zonas climáticas diferentes: la original, Sevilla, que es la zona climática B4 y la de Asturias, la zona climática D3, para comparar el comportamiento del textil reciclado como aislamiento en situaciones diferentes. [Figuras 44 y 45]

D.2.8 ZONA CLIMÁTICA B4

Transmitancia límite de muros de fachada y cerramientos en contacto con el terreno

$U_{Mlim}: 0,82 \text{ W/m}^2\text{K}$

Transmitancia límite de suelos

$U_{Slim}: 0,52 \text{ W/m}^2\text{K}$

Transmitancia límite de cubiertas

$U_{Clim}: 0,45 \text{ W/m}^2\text{K}$

Factor solar modificado límite de lucernarios

$F_{Llim}: 0,28$

% de huecos	Transmitancia límite de huecos $U_{Hlim} \text{ W/m}^2\text{K}$				Factor solar modificado límite de huecos F_{Hlim}					
	N/NE/NO	E/O	S	SE/SO	Baja carga interna			Alta carga interna		
					E/O	S	SE/SO	E/O	S	SE/SO
de 0 a 10	5,4	5,7	5,7	5,7	-	-	-	-	-	-
de 11 a 20	3,8	4,9	5,7	5,7	-	-	-	-	-	-
de 21 a 30	3,3	4,3	5,7	5,7	-	-	-	0,55	-	0,57
de 31 a 40	3,0	4,0	5,6	5,6	0,55	-	0,58	0,42	0,59	0,44
de 41 a 50	2,8	3,7	5,4	5,4	0,45	-	0,48	0,34	0,49	0,36
de 51 a 60	2,7	3,6	5,2	5,2	0,39	0,55	0,41	0,29	0,42	0,31

[Figura 44: Limitación de transmitancia térmica en zona climática B4. Fuente: CTE DB-HE]

$$U = 1/R$$

$$R = e/\lambda$$

U = transmitancia térmica ($\text{W/m}^2\text{K}$)

R = Resistencia térmica ($\text{m}^2\text{K/W}$)

e = espesor del material (m)

λ = conductividad térmica (W/mK)

La transmitancia máxima permitida en la zona B4 es de 0'82 W/m²K, por lo tanto, el muro completo del edificio debe tener una resistencia térmica mínima de 1'22 m²K/W. Teniendo en cuenta los ejemplos vistos anteriormente y cogiendo los datos de uno de ellos para realizar la comparación:

$$R_{\text{muro}} = 0'71 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R_{\text{aislante}} = 0,51 \text{ m}^2\text{K/W (mínimo)}$$

Sabiendo que la conductividad térmica de la lana mineral es de $\lambda = 0,035 \text{ W / m} \cdot \text{k}$ y la del poliéster es de $\lambda = 0,039 \text{ W / m} \cdot \text{k}$:

LANA MINERAL	FIBRAS DE POLIÉSTER
$e = \lambda \cdot R$	$e = \lambda \cdot R$
$0'035 \cdot 0,51 = 0,018 \text{ m}$	$0'039 \cdot 0,51 = 0,020 \text{ m}$
1'8 cm de espesor	2'0 cm de espesor

La comparación denota una diferencia mínima entre el espesor exigido necesario de los dos materiales, que además es bastante reducido por su gran capacidad térmica.

ZONA CLIMÁTICA D3

Transmitancia límite de muros de fachada y cerramientos en contacto con el terreno
Transmitancia límite de suelos
Transmitancia límite de cubiertas
Factor solar modificado límite de lucernarios

$U_{\text{Mlim}}: 0,66 \text{ W/m}^2\text{K}$
 $U_{\text{Slim}}: 0,49 \text{ W/m}^2\text{K}$
 $U_{\text{Clim}}: 0,38 \text{ W/m}^2\text{K}$
 $F_{\text{Lim}}: 0,28$

% de superficie de huecos	Transmitancia límite de huecos ⁽¹⁾ U_{Hlim} W/m ² K				Factor solar modificado límite de huecos F_{Hlim}					
	N	E/O	S	SE/SO	Carga interna baja			Carga interna alta		
					E/O	S	SE/SO	E/O	S	SE/SO
de 0 a 10	3,5	3,5	3,5	3,5	-	-	-	-	-	-
de 11 a 20	3,0 (3,5)	3,5	3,5	3,5	-	-	-	-	-	-
de 21 a 30	2,5 (2,9)	2,9 (3,3)	3,5	3,5	-	-	-	0,54	-	0,57
de 31 a 40	2,2 (2,5)	2,6 (2,9)	3,4 (3,5)	3,4 (3,5)	-	-	-	0,42	0,58	0,45
de 41 a 50	2,1 (2,2)	2,5 (2,6)	3,2 (3,4)	3,2 (3,4)	0,50	-	0,53	0,35	0,49	0,37
de 51 a 60	1,9 (2,1)	2,3 (2,4)	3,0 (3,1)	3,0 (3,1)	0,42	0,61	0,46	0,30	0,43	0,32

La transmitancia máxima permitida en la zona D3 es de 0'66 W/m²K, por lo tanto, el muro completo del edificio debe tener una resistencia térmica mínima de 1'52 m²K/W. Teniendo en cuenta los ejemplos vistos anteriormente y cogiendo los datos de uno de ellos para realizar la comparación:

$$R_{\text{muro}} = 0'71 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R_{\text{aislante}} = 0'81 \text{ m}^2\text{K/W (mínimo)}$$

Sabiendo que la conductividad térmica de la lana mineral es de $\lambda = 0,035 \text{ W / m} \cdot \text{k}$ y la del poliéster es de $\lambda = 0,039 \text{ W / m} \cdot \text{k}$:

LANA MINERAL	FIBRAS DE POLIÉSTER
$e = \lambda \cdot R$	$e = \lambda \cdot R$
$0'035 \cdot 0'81 = 0,028 \text{ m}$	$0'039 \cdot 0'81 = 0,032 \text{ m}$
2'8 cm de espesor	3'2 cm de espesor

En este caso, el espesor mínimo exigido es mayor al de la zona climática B4, tratándose este de un clima más frío situándose al norte de España. La diferencia entre los dos espesores sigue siendo insignificante teniendo en cuenta las comparaciones medioambientales y económicas.

Para visualizar la repercusión del uso de material aislante a partir de poliéster reciclado, se ponen en comparación la medición y presupuesto del material aislante que se pondría en la rehabilitación energética de los bloques de viviendas de estudio, y como conclusión, el peso final de residuos plásticos que le ahorramos al planeta.

Como cada bloque dispone de unas dimensiones diferentes, haremos una aproximación simplificada del gasto económico que supondría aislar toda la barriada de bloques de viviendas plurifamiliares con el sistema de insuflado de lana mineral, frente al gasto que implicaría la utilización del poliéster reciclado.

Como resolución, obtendremos los kilogramos de residuos plásticos que se retirarían de la gran aglomeración que tiene del planeta.

CÓDIGO	RESUMEN	UNIDADES	LONGITUD (m)	ANCHURA (m)	ALTURA (m)	PARCIALES (m²)	CANTIDAD (m²)	PRECIO (€/m²)	IMPORTE €
NAE020	m² Aislamiento térmico en cámaras de aire de cerramiento de doble hoja de fábrica, por insuflación desde el interior.								
	Aislamiento térmico en cerramientos de doble hoja de fábrica, rellenando el interior de la cámara de aire de 50 mm de espesor medio, por insuflación, desde el interior, de nódulos de lana de vidrio Insuver "ISOVER", según UNE-EN 14064-1, no aptos como soporte nutritivo para el desarrollo de hongos ni bacterias, densidad 50 kg/m³ y conductividad térmica 0,035 W/(mK). Ejecutado según la normativa CTE. DB-HE Ahorro de energía. Superficie medida sin deducir huecos.								
	2	10			18	180			
	2	50			18	900			
							2.160	14,36 €	31.017'60 €

CÓDIGO	RESUMEN	UNIDADES	LONGITUD (m)	ANCHURA (m)	ALTURA (m)	PARCIALES (m²)	CANTIDAD (m²)	PRECIO (€/m²)	IMPORTE €
NAE020	m² Aislamiento térmico en cámaras de aire de cerramiento de doble hoja de fábrica, por insuflación desde el interior.								
	Aislamiento térmico en cerramientos de doble hoja de fábrica, rellenando el interior de la cámara de aire de 50 mm de espesor medio, por insuflación, desde el interior, de nódulos de lana de poliéster reciclado. Ejecutado según la normativa CTE. DB-HE Ahorro de energía. Superficie medida sin deducir huecos								
	2	10			18	180			
	2	50			18	900			
							2.160	6,31 €	13.629'60 €

El precio del aislamiento térmico por insuflado de poliéster reciclado supone una reducción del 56,05% del precio original con lana mineral. El coste de producción del material de poliéster es de 0,00 euros [Figura 36], pero la mano de obra y la maquinaria sigue siendo un factor con gran proporción económica en el precio final de la intervención.

Por otro lado, calculando el precio total de la intervención en la barriada. Para realizar el cálculo aproximado se establece el precio de la instalación por cada metro cuadrado de suelo, ya que toda la barriada tiene una altura de edificio de 5 plantas.

Precio de intervención con lana mineral: $31.017'60 \text{ €} / 500 \text{ m}^2 = 62,03 \text{ €} / \text{m}^2$ de superficie construida.

$$62,03 \text{ €} / \text{m}^2 \times 8.725 \text{ m}^2 = \mathbf{541.211,75 \text{ €}}$$

Precio de intervención con lana poliéster reciclado: $13.629'60 \text{ €} / 500 \text{ m}^2 = 27'25 \text{ €} / \text{m}^2$ de superficie construida.

$$27'25 \text{ €} / \text{m}^2 \times 8.725 \text{ m}^2 = \mathbf{237.836,52 \text{ €}}$$

Si la densidad de las borras de poliéster reciclado es de 50 kg/m^3 :

$$50 \text{ kg/m}^3 \cdot 37.692 \text{ m}^2 \cdot 0,05 \text{ m} = \mathbf{94.230 \text{ kg de poliéster}}$$

Esta cifra corresponde a los kilogramos totales de residuos de poliéster que serían empleados en completar eficazmente el sistema constructivo de los bloques de viviendas.

9 . CONCLUSIONES SOBRE EL PRODUCTO



[Figura 45: La industria textil, la segunda más contaminante del planeta. Fuente: XLsemanal]

La presente investigación ha tenido el requerimiento personal, desde el proceso creativo, de tener conciencia ecológica en el desarrollo del producto. El respeto al ciclo de la vida de un producto es primordial, la actitud actual de la mayoría de empresas con respecto a la generación de residuos plásticos es de inacción y esto provoca la contaminación de nuestro planeta como principal problema. Por lo tanto, se plantea el desarrollo de una metodología para el reciclaje de los residuos de fibras de poliéster para su aplicación a la construcción.

El desarrollo de un producto, a través del reciclaje de residuo plástico, cuyo objetivo sea su empleo en construcción tiene una fuerte ligazón con la promoción de arquitectura sostenible, no solo de manera directa, sino que también responde a unos criterios medioambientales en su proceso de fabricación.

La rehabilitación y aprovechamiento de la arquitectura existente es la línea a seguir en el progreso de las ciudades frente a la edificación de nueva planta. El respeto medioambiental ha de hacerse latente en el desarrollo de nuevas tipologías de crecimiento urbano, por lo tanto, la idea de desarrollar metodologías y productos que faciliten el reciclaje y reacondicionamiento de lo existente es fundamental en nuestra labor como arquitectos.

La importancia de tomar esta línea de progreso se fundamenta en documentos como el publicado por el Instituto de Diversificación y Ahorro de la Energía (IDEA) que indica que el 60% de las viviendas (25 millones) en territorio español en 2013 fueron construidas en 1970. Estas viviendas carecen de un aislamiento apropiado y esto da lugar al inmenso derroche energético que supone su acondicionamiento que podría subsanarse mediante la aplicación de productos como el que plantea el estudio en estas tipologías edificatorias.

El producto que se plantea consiste en nódulos de fibras de poliéster reciclado, residuo obtenido principalmente de la industria textil. Su aplicación consiste en la introducción del material aislante a presión en las cámaras de aire del cerramiento mediante pequeños orificios que no requieren de una gran intervención en el inmueble.

Ante la disyuntiva que plantean los edificios a rehabilitar, se plantea la cuestión de qué productos son los más idóneos para el aislamiento de las viviendas. Enfrentando sistemas tradicionales como la colocación de lana mineral y el nuevo producto de fibras de poliéster reciclado, sacamos varias conclusiones:

1. El uso de lana mineral supone una mejora mínima frente al uso del producto reciclado.
2. La huella medioambiental del proceso de fabricación del producto reciclado es prácticamente nula y frente al proceso contaminante del producto tradicional.
3. La extensión del ciclo de vida de los residuos plásticos supone una reducción en la contaminación directa del planeta.
4. El precio del producto reciclado es significativamente más económico que cualquier producto que requiera de un proceso de producción.

En conclusión, el producto de fibras de poliéster reciclado no es una solución definitiva a un problema energético global, sino que sienta un precedente para el desarrollo de nuevas metodologías, que propongan el reciclado de productos con una gran carga residual para el planeta para que se empleen como solución a problemas extendidos que dañen el medioambiente.

10 . BIBLIOGRAFÍA



[Figura 46: Vertedero textil. Fuente: GettyImages]

- [1] PlasticEurope **“¿Qué son los plásticos?”** <https://www.plasticseurope.org/es/about-plastics/what-are-plastics>
- [2] B. Eduarda, 2012. ABC Color. **“Propiedades del plástico”** <https://www.abc.com.py/edicion-impresa/suplementos/escolar/propiedades-del-plastico-407352.html>
- [3] Cámara Argentina de la Industria Plástica **“¿Qué sabemos sobre los materiales plásticos?”** <https://www.caip.org.ar/tipos-de-plasticos/>
- [4] PlasticsEurope (10/2019) **“Plásticos. Situación en 2019”** https://www.plasticseurope.org/download_file/force/3570/632
- [5] Redacción de Medio Ambiente de El Espectador, 2019 **“Por segundo año consecutivo, Coca Cola es el mayor contaminante de plástico en el mundo”** <https://www.elespectador.com/noticias/medio-ambiente/por-segundo-ano-consecutivo-coca-cola-es-el-mayor-contaminante-de-plastico-en-el-mundo-articulo-897432>
- [6] 2017 Palermo. **“Industria textil, historia y evolución”,** https://fido.palermo.edu/servicios_dyc/blog/docentes/trabajos/39726_149027.pdf
- [7] 2005, Textos Científicos **“¿Qué es el PET?”.** <https://www.textoscientificos.com/polimeros/pet>
- [8] 2013, **“Fibras sintéticas y artificiales, el poliéster y sus características”.** <http://thepoliestiren.blogspot.com/2013/02/el-poliester-y-todas-sus-caracteristicas.html>
- [9] A. Carrasco Rozas, 2017, **“Tóxicos textiles: El poliéster en la moda y sus efectos”.** <https://fashionunited.es/noticias/moda/toxicos-textiles-el-poliester-en-la-moda-y-sus-efectos/2017122225121>
- [10] S. Kudel, 2019, **“What to wear? Why Fast Fashion is Costing the Earth”.** <https://www.greeneuropeanjournal.eu/what-to-wear-why-fast-fashion-is-costing-the-earth/>
- [11] Ellen Macarthur Foundation, 2017, **“ Redesigning fashion’s future”.** <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/publications/a-new-textiles-economy-redesigning-fashions-future>
- [11] Ellen Macarthur Foundation, 2017, **“ Make fashion circular”.** <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/es/act/make-fashion-circular>
- [12] 2019, Clean Clothes Campaign, **“Made in Europe: Living wages in Europe” .** <https://cleanclothes.org/campaigns/living-wages-in-europe>
- [13] Bridget Casey, 2013, **“Frugal fashion just say no to polyester” .** <https://www.moneyaftergraduation.com/frugal-fashion-just-say-no-to-cheap-fabrics/>

- [14] Centro de Tecnología Ambiental Alimentaria y Toxicológica (TecnATox) de la Universitat Rovira i Virgili (URV), Blanco J, Lafuente D, Gómez M, García T, Domingo JL, Sánchez DJ., 2017, **"Polyvinyl pyrrolidone-coated silver nanoparticles in a human lung cancer cells: time- and dose-dependent influence over p53 and caspase-3 protein expression and epigenetic effects.** Arch Toxicol". http://www.iispv.cat/recerca/areas_de_investigacion/23/tecnatox-laboratori-de-toxicologia-i-salut-mediambiental-ltsm#linies
- [15] A. Carrasco Rozas, 2017, **"Tóxicos textiles: El poliéster en la moda y sus efectos"** <https://fashionunited.es/noticias/moda/toxicos-textiles-el-poliester-en-la-moda-y-sus-efectos/2017122225121>
- [16] ECOEMBES, **"La economía circular en España"** <https://www.ecoembes.com/es/ciudadanos/envases-y-proceso-reciclaje/la-economia-circular-en-espana>
- [17] BARBERO BARRERA, M.M.; POMBO, O.; NAVACERRADA, M.A. **"Textile fibre waste bindered with natural hydraulic lime"**. Composites Part B-engineering 94:: 26-33. DOI: 10.1016/j.compositesb.2016.03.013. June 1 2016 https://www.upm.es/Investigacion?fmt=detail&prefmt=articulo&id=8e00c41d04636510VgnVCM10000009c7648a_____
- [18] Abderrazak Hadded, Sofien Benltoufa, Faten Fayala and Abdelmajid Jemni, **"ThermoPhysical Characterization of Recycled Textile Materials Used for Building Insulating"**, Journal of Building Engineering.
- [19] Shafiqul Islam, Gajanan Bhat, **"Environmentally-friendly thermal and acoustic insulation materials from recycled textiles"** Journal of Environmental Management.
- [20] Nepomuseno Samaniego, N. (2018). **"Estudio de los efectos de la radiación ionizante en poliéster de desecho"**. <http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/99531/norberto%20tesis%20final%2005jul18.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- [21] Departamento de Construcción V de la ETSA Sevilla (2019) **"Rehabilitación energética: Envolvertes"**
- [22] Certificados Energéticos.com **"Mejora de la calificación energética de inmuebles existentes con aislante térmico insuflado"** <https://www.certificadosenergeticos.com/mejora-calificacion-energetica-inmuebles-existent-aislante-termico-insuflado>
- [23] Bioaisla **"Aislamiento insuflado, en menos de 24 horas y sin obras"** <http://www.bioaisla.com/aislamiento-termico-insuflado-andalucia>
- [23] Silja, Certicalia **"Aislamiento por insuflado"** <https://www.certicalia.com/blog/aislamiento-por-insuflado>
- [24] Kooperera.org **"Preparación para la reutilización"** <https://www.kooperera.org/preparacion-para-la-reutilizacion/>
- [25] Hilaturas Coydi **"Producción"** http://www.hilaturascoydi.com/_esp/produccion.htm

11. FIGURAS



[Figura 47: La flora marina se mezcla con envases de plástico en la superficie del agua. Debajo, una tortuga verde se aleja de la basura. Fuente: NationalGeographic]

- [Figura 1] Nadando en plásticos, Troy Mayne, Oceanic Imagery Publications. Fuente: Greenpeace
- [Figura 2] Plásticos en los océanos, C. Parsons, 2018. Fuente: Greenpeace
- [Figura 3] Plásticos en las costas. Fuente: Greenpeace
- [Figura 4] Datos sobre la producción de plásticos en la UE y en el mundo (2018-2019). Fuente: PlasticsEurope
- [Figura 5] Distribución de la producción de plásticos global (2018). Fuente: PlasticsEurope
- [Figura 6] La industria textil. Fuente: María Estela Raffino
- [Figura 7] Estructura del poliéster.
- [Figura 8] Producción mundial de fibras 1980-2025. Millón de toneladas métricas.
- [Figura 9] Producción de poliéster de fibra cortada mundial. Millón de toneladas métricas.
- [Figura 10] Producción mundial de filamento de poliéster. Millón de toneladas métricas.
- [Figura 11] Gráfico sobre la gran cantidad de agua que requiere la fabricación de una prenda de ropa y su contaminación. Fuente: Green europeanjournal, open future.
- [Figura 12] Gráfico sobre la polución que conlleva el transporte de las prendas. Fuente: Green europeanjournal, open future.
- [Figura 13] Fibra de lana puesta en obra como material aislante. Fuente: Wadel, G. 2009
- [Figura 14] Residuos textiles utilizados para elaborar el panel y panel de fibras textiles conglomeradas con cal hidráulica natural. Fuente: investigación llevada a cabo por: BARBERO BARRERA, M.M.; POMBO, O.; NAVACERRADA, M.A.2016, Universidad politécnica de Madrid
- [Figura 15] Residuos textiles utilizados en el estudio: (a) lintens, (b) tablecloth, Fuente: Journal of BuildingEngineering.
- [Figura 16] Box Method. Fuente: Journal of BuildingEngineering.
- [Figura 17] Resultados del estudio térmico y comparación con otros materiales comerciales. Fuente: Journal of BuildingEngineering.
- [Figura 18] Producción mundial de residuos textiles y producción de fibras textiles. Fuente: Journal of Environmental Management.
- [Figura 19] Comparación de la producción y reciclaje de las principales fibras textiles en la actualidad. Fuente: Journal of Environmental Management.
- [Figura 20] Clasificación de radiaciones: ionizante y no ionizantes. Fuente: Nepomuseno Samaniego, N. (2018). "Estudio de los efectos de la radiación ionizante en poliéster de desecho".
- [Figura 21] Fibras de poliéster antes y después de su separación. Fuente: Nepomuseno Samaniego, N. (2018). "Estudio de los efectos de la radiación ionizante en poliéster de desecho".

- [Figura 22] Fibras de poliéster para la irradiación. Fuente: Nepomuseno Samaniego, N. (2018). “Estudio de los efectos de la radiación ionizante en poliéster de desecho”.
- [Figura 23] Vista desde una isla de plástico en el Pacífico. Fuente: ONG OceanSociety
- [Figura 24] Voluntarios de la ONG OceanConservancy en una recogida de desechos. Fuente: OceanConservancyReport
- [Figura 25] Un mar de plástico. Fuente: El País
- [Figura 26] Los daños ambientales del “fast fashion”. Fuente: Oxfam Intermón
- [Figura 27] Detalle constructivo de los sistemas de fachada más comunes en rehabilitación. Fuente: Temario Construcción V, ETSA Sevilla
- [Figura 28] Disposición del aislamiento para muros ya existentes en rehabilitación. A) Por la cara exterior, B) por la cara interior, C) por inyección a la cámara de aire. Transmitancia térmica sin aislamiento. Fuente: temario de Construcción V de la ETSA Sevilla
- [Figura 29] Insuflado de aislamiento térmico en cámara de aire. Fuente: certificadosenergéticos.com
- [Figura 30] Insuflado de aislamiento térmico en cámara de aire. Fuente: Mil Anuncios
- [Figura 31] Borrás de lana mineral. Fuente: bioaisla.com
- [Figura 32] Procedimiento de reciclaje de textiles. Fuente: Kooperera
- [Figura 33] Maquinaria “el Diablo”; borras de poliéster. Fuente: Hilaturas Coydi
- [Figura 34] Tabla de Impactos Ambientales de la lana de poliéster reciclada. Esta tabla es obtenida originalmente de ISOVER para su producto INSUVER y modificada con datos hipotéticos para la lana de poliéster. Fuente: ISOVER y propia
- [Figura 35] Tabla resumen de la interpretación del ACV de la lana de poliéster reciclada. Esta tabla es obtenida originalmente de ISOVER para su producto INSUVER y modificada con datos hipotéticos para la lana de poliéster. Fuente: ISOVER y propia.
- [Figura 36] Precios descompuestos del aislamiento insuflado de lana de vidrio. Fuente: Presto Generador de Precios
- [Figura 37] Precios descompuestos del aislamiento insuflado de lana de poliéster reciclado. Fuente: Presto Generador de Precios y modificaciones propias
- [Figura 38] El verdadero (y urgente) reto de la industria textil mundial: sostenibilidad... O muerte. Fuente: FleetPeople
- [Figura 39] Situación del edificio en Sevilla. Fuente: Google Earth
- [Figura 40] Situación del edificio en la barriada Madre de Dios, Sevilla. Fuente: La envolvente térmica de la vivienda social. El caso de Sevilla, 1939 a 1979
- [Figura 41] Imágenes del bloque de viviendas en la barriada Madre de Dios, Sevilla. Fuente: La envolvente térmica de la vivienda social. El caso de Sevilla, 1939 a 1979

- [Figura 42] Detalles constructivos del sistema de fachada del edificio en Madre de Dios, Sevilla. Fuente: La envolvente térmica de la vivienda social. El caso de Sevilla, 1939 a 1979
- [Figura 43] Planimetría del bloque de viviendas en la barriada Madre de Dios, Sevilla. Fuente: La envolvente térmica de la vivienda social. El caso de Sevilla, 1939 a 1979
- [Figura 44] Limitación de transmitancia térmica en zona climática B4. Fuente: CTE DB-HE
- [Figura 45] La industria textil, la segunda más contaminante del planeta. Fuente: XLSemanal
- [Figura 46] Vertedero textil. Fuente: GettyImages
- [Figura 47] La flora marina se mezcla con envases de plástico en la superficie del agua. Debajo, una tortuga verde se aleja de la basura. Fuente: NationalGeographic
- [Figura 48] Vasos, pajitas y botellas de plástico gigantes contra la contaminación del Mediterráneo. Fuente: Greenpeace

ANEXOS



[Figura 48: Vasos, pajitas y botellas de plástico gigantes contra la contaminación del Mediterráneo. Fuente: Greenpeace]

FICHA TÉCNICA SISTEMA INSUVER



Sistema Insuver

La solución para rehabilitación de fachadas

Descripción

Insuver son nódulos de Lana Mineral. Se presenta comprimida en sacos y se insufla mecánicamente con máquinas específicas tanto por el exterior como por el interior de la vivienda.

Aplicaciones

Excelente aislamiento térmico y acústico para la rehabilitación de fachadas de ladrillo con cámara. El insuflado se realiza a través de perforaciones que no modifican la fachada.

- Obra nueva y rehabilitación.
- Edificios de uso residencial y no residencial.
- Aplicable a cámaras de al menos 4 cm de espesor.

CTE Propiedades técnicas

Símbolo	Parámetro	Icono	Unidades	Valor	Norma
λ_D	Conductividad térmica declarada		W/m·K	0,035	EN12667
C_p	Calor específico aproximado		J/kg·K	800	-
AF_R	Resistencia al flujo de aire		kPa·s/m²	> 5	EN29053
—	Reacción al fuego		Euroclase	A1	EN13501-1
WS	Absorción de agua a corto plazo		kg/m²	< 1	EN1604
MU	Resistencia a la difusión de vapor de agua, μ		m²·h·Pa/mg	1	EN14064-1
—	Asentamiento		-	S1	EN14064-1
—	Densidad de aplicación recomendada		kg/m³	50	-

Espesor mm	Resistencia térmica declarada R_D , m²·K/W	Promedio de cantidad necesaria (sacos por 100m²)	Código de designación
—	EN 12667	EN 14064-1	EN 14064-1
40	1,1	11,4	MW-EN14064-1-S1-AF5-WS-MU1
50	1,4	14,3	
60	1,7	17,1	
70	2,0	20,0	
80	2,2	22,9	
90	2,5	25,7	
100	2,8	28,6	
110	3,1	31,4	
120	3,4	34,3	
140	4,0	40,0	

Presentación



Kg/saco	Kg/palet	Kg/camlón
17,50	175	9.100

Ventajas del producto

- Mejora del aislamiento térmico del edificio.
- Mejora de la eficiencia energética de la vivienda y el ahorro económico de la factura de calefacción y refrigeración.
- Prestaciones acústicas.
- La barrera de aislamiento no se asienta con el paso de los años.
- Producto sostenible con composición en material reciclado superior al 50%. Material reciclable 100%.
- Material inerte que no es medio adecuado para el desarrollo de microorganismos.
- Mantiene las prestaciones del sistema inalteradas durante toda la vida útil del edificio, no se degradan con el tiempo.

Ventajas del sistema

- Instalación fácil, rápida y económica.
- Apta para la intervención por el interior y el exterior de la vivienda.
- Las intervenciones individuales no necesitan licencia de obra.
- La máquina se conecta directamente a la red eléctrica doméstica.
- La máquina no hace más ruido que un aspirador doméstico.
- Solución no invasiva.

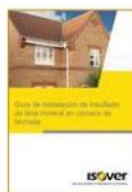


Certificados



Guía de instalación

Información adicional disponible en: www.isover.es



www.isover.es
ISOVERblog.es
 @ISOVERes
 ISOVERaislamiento

ISOVERaislamiento
 ISOVERes
 ISOVER Aislamiento
 ISOVER Aislamiento

ISOVER
SAINT-GOBAIN

DECLARACIÓN AMBIENTAL DEL PRODUCTO INSUVER



DECLARACIÓN AMBIENTAL DE PRODUCTO

Según la Norma Europea EN 15804 y conforme a la Norma Internacional ISO 14025

INSUVER

Fecha de publicación: 09-11-2015

Fecha de verificación: 06-11-2018

Válido hasta: 05-11-2023

Basado en la PCR 2012:01 Construction products and construction services v2.2 y en la Sub-PCR-I Thermal insulation products

Alcance de la EPD®: España y Portugal

Versión: 2



Nº registro The International EPD® System: S-P-00758
Nº registro Ecoplatform: ECO EPD 00000246



Información General

Fabricante: Saint Gobain Isover Ibérica SL. Avenida del Vidrio S/N. 19200 Azuqueca de Henares.

Programa utilizado: The International EPD® System. Más información en www.environdec.com

Número de registro EPD®: S-P-00758

Número de registro Ecoplatform: ECO EPD 00000246

Identificación PCR: PCR 2012:01 Construction products and construction services v2.2 y Sub-PCR-I Thermal insulation products

Nombre del producto y fabricante representado: Insuver; Saint Gobain Isover Ibérica SL

Propietario de la declaración: Saint Gobain Isover Ibérica SL

EPD® diseñada por: Nicolás Bermejo y Alfonso Díez (Saint Gobain Isover Ibérica SL)

Contacto: Nicolás Bermejo, Alfonso Díez (Saint Gobain Isover Ibérica SL).

Email: nicolas.bermejo@saint-gobain.com, alfonso.diez@saint-gobain.com

Declaración emitida: 09-11-2015, **Válido hasta:** 05-11-2023

Operador del programa EPD	The International EPD® System. Operado por EPD® International AB. www.environdec.com .
Revisión PCR realizada por	El comité técnico de The International EPD® System
ACV y EPD® desarrollados por Saint Gobain Isover Ibérica SL	
Verificación independiente de la declaración medioambiental y datos de acuerdo con la norma EN ISO 14025:2010	
Interna <input type="checkbox"/>	Externa <input checked="" type="checkbox"/>
Verificador Marcel Gómez Ferrer Marcel Gómez Consultoría Ambiental (www.marcelgomez.com) Tif 0034 630 64 35 93 Email: info@marcelgomez.com	
www.isover.es	

Descripción del producto

Descripción del producto y de su uso:

Esta Declaración Ambiental de Producto (EPD®) describe los impactos ambientales de 1 m² de lana mineral con una resistencia térmica igual a 1,0 K.m².W-1.

La planta de producción de Saint Gobain Isover Ibérica SL., Azuqueca (España) utiliza materias primas de origen natural que destacan por su abundancia en la corteza terrestre (como por ejemplo la roca volcánica o la arena de sílice, en función del producto deseado) para, mediante técnicas de fusión y fibrado, obtener productos de lana mineral. Los productos obtenidos en forma de lanas minerales se caracterizan por su ligereza, dada su estructura con gran contenido de aire que permanece inmóvil entre los filamentos entrelazados.

En la Tierra, el mejor aislante es el aire seco inmóvil. A 10 °C su factor de conductividad térmica, λ , es de 0,025 W/(m·K) (vatios por metro y grado Kelvin). La conductividad térmica de la lana mineral es muy parecida a la conductividad del aire inmóvil, y se le asocian valores de λ que varían desde los 0,030 W/(m·K) para las lanas más eficientes hasta valores de 0,044 W/(m·K) para los productos menos eficientes.

Debido a su estructura entrelazada, la lana mineral es un material poroso que atrapa el aire, lo que lo convierte en uno de los mejores materiales para aislamiento. La estructura porosa y elástica de la lana también absorbe el ruido y los golpes, ofreciendo una buena corrección acústica en el interior de los edificios. Las lanas minerales contienen fundamentalmente materiales inorgánicos por lo que se consideran no combustibles y no propagadores de llama.

Los aislantes de lana mineral de Isover (Lana de Vidrio, Lana de Roca etc.) se utilizan tanto en edificación como en instalaciones industriales. Así se garantiza un alto nivel de confort, una reducción de los costes energéticos derivados del uso de la vivienda, se minimizan las emisiones de dióxido de carbono (CO₂) a la atmósfera, se evitan pérdidas de calor a través de cubiertas, techos, paredes, suelos, tuberías y calderas, se reduce la contaminación acústica y se protegen viviendas e instalaciones industriales de los riesgos de incendio.

La duración de los productos de lana mineral alcanza el mismo tiempo de vida media asociado al edificio en el que se instala (cuyo valor se establece habitualmente en 50 años), o el tiempo que dicho componente aislante sea parte del edificio.

Datos técnicos/características físicas:

La Conductividad Térmica de la lana mineral es de: **0,035 W/(m·K)**

Reacción al Fuego: **Euroclase A1** (UNE EN 13501-1)

Propiedades Acústicas: **N.D.**

Transmisión del vapor de agua: **μ=1**(UNE EN 12086)

Descripción de los principales componentes y/o materiales constituyentes del producto 1 m² de lana mineral con una resistencia térmica de 1 K.m².W⁻¹ para el cálculo de la EPD®:

PARÁMETRO	VALOR
Cantidad de lana por 1 m ² de producto	1,75 Kg
Espesor de la lana	35 mm
Revestimiento	“Sin revestimiento (desnudo)”
Embalaje para la distribución y el transporte	Polietileno Palé de madera Papel para etiquetas
Producto utilizado para la instalación:	Ninguno

Durante el ciclo de vida del producto no se utilizan sustancias peligrosas listadas en “Candidate List of Substances of Very High Concern (SVHC) for authorisation¹” en un porcentaje mayor al 0,1% del peso del producto.

¹ http://echa.europa.eu/chem_data/authorisation_process/candidate_list_table_en.asp

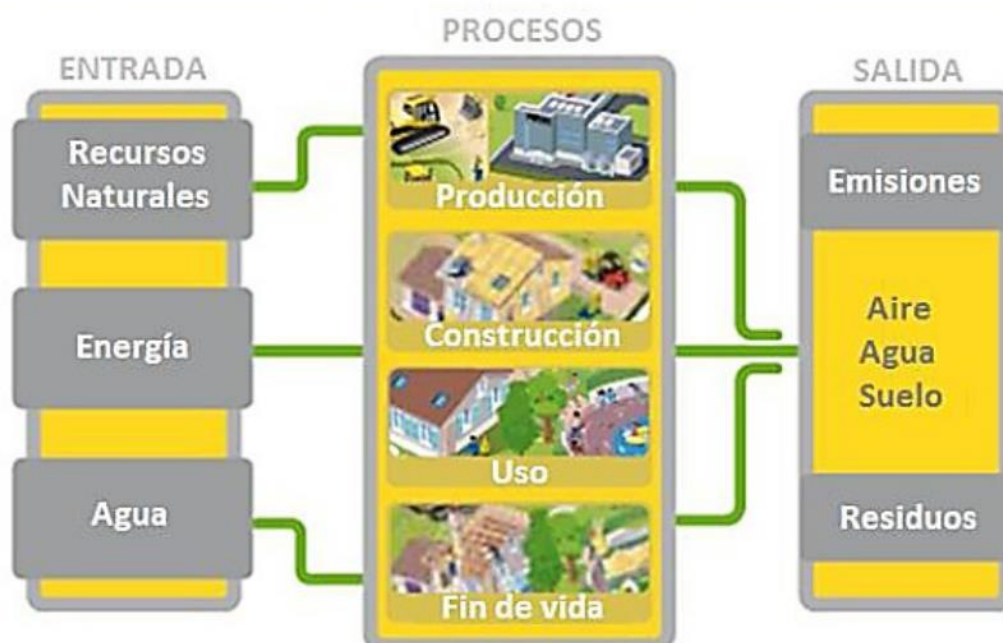
Información para el Cálculo del ACV

UNIDAD FUNCIONAL (DE REFERENCIA)	Proporciona el aislamiento térmico de 1 m ² de producto con una resistencia térmica de 1.00 K.m ² .W ⁻¹
LÍMITES DEL SISTEMA	“Cuna a Tumba”: Etapas obligatorias = A1-3, A4-5, B1-7, C1-4. No se ha incluido el Módulo D en los límites del sistema.
VIDA ÚTIL DE REFERENCIA (RSL)	50 años
REGLAS DE CATEGORIZACIÓN DE PRODUCTO (RCP)	<p>En el caso de que no se disponga de información suficiente, se podrán excluir aquellas entradas y salidas de masa y energía del proceso que representen menos del 1% del total de energía y masa utilizados en el mismo y siempre y cuando no provoquen impactos ambientales relevantes. La suma total de las entradas y salidas no incluidas en un proceso serán inferiores al 5% de la energía y masa totales utilizadas.</p> <p>Los flujos relacionados con las actividades humanas, como por ejemplo los empleados de transporte, quedan excluidos.</p> <p>Asimismo, quedan exentos los flujos relacionados con la construcción de las plantas productivas, de las máquinas de producción y de los sistemas de transporte. Los citados flujos se consideran despreciables en comparación con la fabricación del producto de construcción (si lo comparamos teniendo en cuenta el tiempo de vida útil de los sistemas).</p>
ASIGNACIONES	Los criterios de asignación se basan en la masa de producto.
COBERTURA GEOGRÁFICA PERÍODO	España y Portugal 2014

- “EPDs de productos de construcción pueden no ser comparables si no cumplen con los requerimientos de compatibilidad establecidos en la norma EN 15804”
- “EPDs dentro de la misma categoría de producto de diferentes programas pueden no ser comparables”

Etapas del Ciclo de Vida

Diagrama de flujo del Ciclo de Vida



Etapa de Producto, A1-A3

Descripción de la etapa: La "etapa de producto" de los productos de lana mineral se subdivide en 3 módulos, A1, A2 y A3, que representan el "suministro de materias primas", el "transporte" y la "fabricación", respectivamente.

La unificación de los módulos A1, A2 y A3 es una posibilidad que contempla la norma estándar EN 15804. En la presente DAP se aplica esta regla.

Descripción de los escenarios y de otra información técnica adicional:

A1, Suministro de Materias Primas

Este módulo tiene en cuenta la extracción y el procesado de las materias primas y la energía que se produce anteriormente al proceso de fabricación bajo estudio.

En concreto, el suministro de materias primas abarca desde la producción de los componentes aglutinantes (resina) hasta las fuentes de origen (cantera) de las materias primas (p. ej. Basalto, escoria, arenas...) para la producción de la lana. Además de estas materias primas, también se utilizan como flujos de entrada otros materiales reciclados (aglomerados).

A2, Transporte a la Fábrica

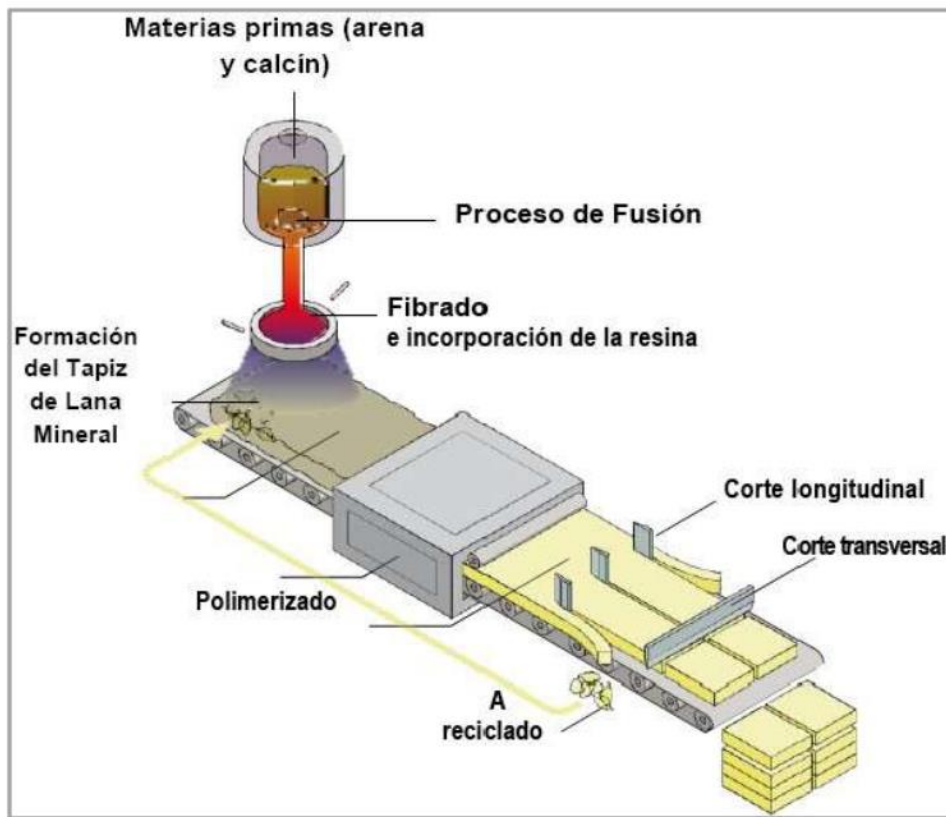
Las materias primas se transportan a la planta de fabricación. En nuestro caso, el modelo incluye el transporte por carretera (valores medios) de cada una de las materias primas.

A3, Fabricación

Este módulo incluye la fabricación de productos y de envases/embalajes. En concreto, cubre la producción de vidrio vitrificable, la producción de resina, la fabricación de lana mineral (incluyendo los procesos de fusión y fibraje que se muestran en el diagrama de flujo) y el embalaje.

Se tiene en cuenta en esta etapa la producción de material de embalaje.

Producción de Lana de Vidrio



Etapa de proceso de construcción, A4-A5

Descripción de la etapa: El proceso de construcción se divide en 2 módulos: "transporte a la obra", A4, e "instalación", A5.

A4, Transporte a la Obra: En este módulo se incluye el transporte desde la puerta de la fábrica hasta el lugar de la obra donde se instalará el producto.

El transporte se calcula sobre la base de un escenario cuyos parámetros característicos se describen en la tabla siguiente.

PARÁMETRO	VALOR/DESCRIPCIÓN
Tipo de combustible y consumo del vehículo o tipo de medio de transporte utilizado, por ejemplo si se trata de un camión de larga distancia, un barco, etc.	Camión con remolque con una carga media de 24t y un consumo diesel de 38 litros a los 100 km
Distancia	450 km
Capacidad de uso (incluyendo el retorno del transporte sin carga)	100 % de la capacidad, en volumen 30 % de retornos vacíos
Densidad aparente del producto transportado*	20-200 kg/m ³
Factor de capacidad de uso, en volumen	1 (predeterminado)

**Los productos Isover presentan un factor de compresión de 1 a 4. Para un volumen medio de camión de 65 m³ y los m² de producto especificados en la tarifa.*

A5, Instalación en el edificio: en este módulo se incluyen:

- Los residuos o desechos derivados de los productos (consultar el valor en porcentaje en la tabla que se muestra a continuación). Estas pérdidas se envían a vertedero (consultar el modelo de vertedero para lana mineral en el capítulo de Fin de Vida).
- Procesos de producción adicionales para compensar las pérdidas.
- Procesado de los residuos derivados de envases y embalajes, que son al 100% recogidos y al 100% transformados y reducidos a sus componentes elementales (material recuperado)

PARÁMETRO	VALOR/DESCRIPCIÓN
Desperdicio de materiales en el lugar de la obra, antes del procesado de residuos, generados durante la instalación del producto (especificados por tipo)	5 %
Flujo de salida de materiales (especificados por tipo) resultantes del procesado de residuos en el lugar de la obra, por ejemplo durante la recogida para su reciclaje, recuperación (valorización) energética o vertido (especificando la ruta)	Los residuos del embalaje del producto son 100% recogidos y transformados en material recuperado. Se ha considerado por un principio de prudencia que las pérdidas o desechos de lana mineral se llevan a vertedero, si bien los productos de lana mineral son 100% reciclables y/o reutilizables.

Fase de Uso (excluyendo posibles ahorros), B1-B7

Descripción de la etapa: La etapa de utilización del producto se subdivide en los siguientes módulos:

- B1: Uso
- B2: Mantenimiento
- B3: Reparación
- B4: Sustitución
- B5: Rehabilitación
- B6: Energía de uso operacional
- B7: Agua de uso operacional

Descripción de Escenarios e Información Técnica Adicional:

Una vez que la instalación se ha completado, el producto no precisa de ninguna acción u operación técnica hasta la etapa de fin de la vida. Por lo tanto los productos aislantes de lana mineral no tienen impacto (excluyendo posibles ahorros de energía) en esta etapa.

Etapa de Fin de Vida, C1-C4

Descripción de la etapa: en esta fase se incluyen los diferentes módulos que se detallan a continuación:

C1, Deconstrucción, desmantelamiento, demolición

La deconstrucción y/o desmantelamiento de productos aislantes forma parte de la demolición entera de un edificio. En nuestro caso, se asume que el impacto medioambiental asociado es muy pequeño, tanto que puede despreciarse.

C2, Transporte del producto desechado hasta el lugar de procesado

Se aplica el modelo usado para el transporte.

C3, Procesado de residuos para su reutilización, recuperación y/o reciclaje

Se consideran vertidos que van directamente a vertedero sin reutilizar, recuperar o reciclar.

C4, Vertido (eliminación), pre-tratamiento físico y gestión

El 100% de los residuos de lana mineral se conducen a vertedero.

Descripción de los Escenarios e Información Técnica Adicional: (ver tabla a continuación)

Fin de Vida:

PARÁMETRO	VALOR/DESCRPCIÓN
Proceso de recogida de residuo especificado por tipo	1.750 g (mezclado con el resto de residuos de la construcción)
Sistema de recuperación especificado por tipo	No hay reutilización, reciclado o recuperación de energía
Vertido especificado por tipo	1.750 g enviados a vertedero
Supuestos para el desarrollo del escenario (ej, transporte)	Camión con remolque con una carga media de 24t y un consumo diesel de 38 litros a los 100 km 25km de distancia media al vertedero

Reutilización/recuperación/reciclaje potencial, D

Descripción de la etapa: no se ha tomado en cuenta el Módulo D.

Resultados del ACV

El modelo del ACV, el registro de datos y el impacto medioambiental se han calculado utilizando el software TEAM™ 5.1. El método impacto CML v 4.2 ha sido utilizado, junto con las bases de datos de ACV DEAM (2006) y Ecoinvent 2.3 para la obtención de los datos de inventario de los procesos genéricos.

Los datos sobre la cantidad de materias primas utilizadas así como el consumo de energía y distancias de transporte han sido tomados directamente de la planta de fabricación de Saint-Gobain Isover España en 2014.

A continuación se adjunta las tablas que resumen detalladamente los resultados del ACV, correspondientes a un espesor del producto de 35 mm. Este espesor, si bien no corresponde a un producto real, corresponde a una $R=1 \text{ K.m}^2.W^{-1}$ facilitando de esta manera la comparación entre diferentes materiales aislantes.

Fin de Vida:

PARÁMETRO	VALOR/DESCRPCIÓN
Proceso de recogida de residuo especificado por tipo	1.750 g (mezclado con el resto de residuos de la construcción)
Sistema de recuperación especificado por tipo	No hay reutilización, reciclado o recuperación de energía
Vertido especificado por tipo	1.750 g enviados a vertedero
Supuestos para el desarrollo del escenario (ej, transporte)	Camión con remolque con una carga media de 24t y un consumo diesel de 38 litros a los 100 km 25km de distancia media al vertedero

Reutilización/recuperación/reciclaje potencial, D







Descripción de la etapa: no se ha tomado en cuenta el Módulo D.

Resultados del ACV

El modelo del ACV, el registro de datos y el impacto medioambiental se han calculado utilizando el software TEAM™ 5.1. El método impacto CML v 4.2 ha sido utilizado, junto con las bases de datos de ACV DEAM (2006) y Ecoinvent 2.3 para la obtención de los datos de inventario de los procesos genéricos.











Los datos sobre la cantidad de materias primas utilizadas así como el consumo de energía y distancias de transporte han sido tomados directamente de la planta de fabricación de Saint-Gobain Isover España en 2014.

A continuación se adjunta las tablas que resumen detalladamente los resultados del ACV, correspondientes a un espesor del producto de 35 mm. Este espesor, si bien no corresponde a un producto real, corresponde a una $R=1 \text{ K.m}^2.W^{-1}$ facilitando de esta manera la comparación entre diferentes materiales aislantes.




Parámetros	Etapa de Product	Etapa de Proceso de Construcción		Etapa de Uso							Etapa de Fin de Vida				D Potencial de Recuperación y Reciclaje	
		A1 / A2 / A3	A4 Transporte	A5 Instalación	B1 Uso	B2 Mantenimiento	B3 Reparación	B4 Sustitución	B5 Rehabilitación	B6 Uso de energía en Servicio	B7 Uso de Agua en Servicio	C1 Deconstrucción/Demolición	C2 Transporte	C3 Tratamiento de Residuos		C4 Vertido de Residuos
 Potencial de Calentamiento global (GWP) kg CO ₂ equiv/UF	4,32E-01	9,82E-02	6,14E-02	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4,89E-03	0	1,25E-02	MND ²
	Contribución total de calentamiento global resultante de la emisión de una unidad de gas a la atmósfera con respecto a una unidad de gas de referencia, que es el dióxido de carbono, al que se le asigna un valor de 1.															
Agotamiento de la Capa de Ozono (ODP) kg CFC 11 equiv/UF	4,06E-08	7,17E-09	7,58E-10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3,57E-10	0	3,74E-09	MND
	Destrucción de la capa de ozono estratosférico que protege a la tierra de los rayos ultravioletas (perjudiciales para la vida). Este proceso de destrucción del ozono se debe a la ruptura de ciertos compuestos que contienen cloro y bromo (clorofluorocarbonos o halones) cuando éstos llegan a la estratosfera, causando la ruptura catalítica de las moléculas de ozono.															
 Potencial de Acidificación del suelo y de los Recursos del agua (AP) kg SO ₂ equiv/UF	2,24E-03	3,26E-04	3,33E-05	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,62E-05	0	7,40E-05	MND
	La lluvia ácida tiene impactos negativos en los ecosistemas naturales y el medio ambiente. Las principales fuentes de emisiones de sustancias acidificantes son la agricultura y combustión de combustibles fósiles utilizados para la producción de electricidad, la calefacción y el transporte.															
 Potencial de Eutrofización (EP) kg (PO ₄) ³⁻ equiv/UF	3,32E-04	7,84E-05	5,51E-06	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3,90E-06	0	1,82E-05	MND
	Efectos biológicos adversos derivados del excesivo enriquecimiento con nutrientes de las aguas y las superficies continentales															
 Potencial de Formación de Ozono Troposférico (POPC) Kg etano equiv/UF	9,65E-05	1,40E-05	1,37E-06	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7,00E-07	0	2,73E-06	MND
	Reacciones químicas ocasionadas por la energía de la luz del sol. La reacción de óxidos de nitrógeno con hidrocarburos en presencia de luz solar para formar ozono es un ejemplo de reacción fotoquímica.															
 Potencial de agotamiento de Recursos Abióticos para Recursos No Fósiles (ADP-elementos) kg Sb equiv/UF	1,61E-07	3,10E-07	4,19E-09	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,54E-08	0	0	MND
	Consumo de recursos no renovables con la consiguiente reducción de disponibilidad para las generaciones futuras.															
 Potencial de agotamiento de Recursos Abióticos para Recursos Fósiles (ADP-combustibles fósiles) M/UF	8,19E+00	1,51E+00	9,12E-02	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7,51E-02	0	1,15E-04	MND
	Consumo de recursos no renovables con la consiguiente reducción de disponibilidad para las generaciones futuras.															

² MND=Módulo No Declarado





USO DE RECURSOS

Parámetros	Etapa de Producto A1 / A2 / A3	Etapa de Construcción		Etapa de Uso								Etapa de Fin de Vida				D Potencial de Reciclaje y Reutilización, Recuperación y Reciclaje	
		A4 Transporte	A5 Instalación	B1 Uso	B2 Mantenimiento	B3 Reparación	B4 Sustitución	B5 Rehabilitación	B6 Uso de energía en Servicio	B7 Uso de Agua en Servicio	C1 Deconstrucción/ Demolición	C2 Transporte	C3 Tratamiento de Residuos	C4 Vertido de Residuos			
 Uso de energía primaria renovable excluyendo los recursos de energía primaria renovable utilizada como materia prima - MJ/UF	1,12E+00	9,65E-03	1,89E-02	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4,79E-04	0	7,08E-04	MND
 Uso de energía primaria renovable utilizada como materia prima - MJ/UF	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
 Uso total de energía primaria renovable (energía primaria y recursos de energía primaria renovable utilizada como materia prima) - MJ/UF	1,12E+00	9,65E-03	1,89E-02	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4,79E-04	0	7,08E-04	MND
 Uso de energía primaria no renovable, excluyendo los recursos de energía primaria no renovable utilizada como materia prima - MJ/UF	8,19E+00	1,51E+00	9,12E-02	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
 Uso de energía primaria no renovable utilizada como materia prima - MJ/UF	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
 Uso total de energía primaria no renovable (energía primaria y recursos de energía primaria no renovable utilizada como materia prima) - MJ/UF	8,19E+00	1,51E+00	9,12E-02	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7,51E-02	0	3,65E-01	MND
 Uso de materiales secundarios - kg/UF	4,76E+00	0	4,62E-03	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	MND
 Uso de combustibles secundarios renovables - MJ/UF	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
 Uso de combustibles secundarios no renovables - MJ/UF	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
 Uso neto de recursos de agua corriente - m ³ /UF	3,81E-03	3,30E-04	2,37E-04	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3,35E-04	0	0	MND

CATEGORÍAS DE RESIDUOS

Parámetros	Etapa de Producto		Etapa de Proceso de Construcción		Etapa de Uso								Etapa de Fin de Vida				D Potencial de Reutilización, Recuperación y Reciclaje
	A1/A2/A3		A4 Transporte	A5 Instalación	B1 Uso	B2 Mantenimiento	B3 Reparación	B4 Sustitución	B5 Rehabilitación	B6 Uso de energía en Servicio	B7 Uso de Agua en Servicio	C1 Deconstrucción/Demolición	C2 Transporte	C3 Tratamiento de Residuos	C4 Vertido de Residuos		
 Residuos peligrosos vertidos kg/FU	1,15E-05		1,75E-06	6,46E-07	0	0	0	0	0	0	0	Irrelevante	1,13E-07	0	1,28E-07	MND	
 Residuos no peligrosos vertidos kg/FU	3,30E-02		1,13E-01	1,77E-03	0	0	0	0	0	0	0	Irrelevante	0	0	1,76E+00	MND	
 Residuos radiactivos vertidos kg/FU	3,70E-05		8,19E-06	2,40E-06	0	0	0	0	0	0	0	Irrelevante	9,52E-08	0	1,58E-07	MND	

OTROS FLUJOS DE SALIDA

Parámetros	Etapa de Producto		Etapa de Proceso de Construcción		Etapa de Uso								Etapa de Fin de Vida				D Potencial de Reutilización, Reciclaje y Recuperación y
	A1 / A2 / A3	A4 Transporte	A5 Instalación	B1 Uso	B2 Mantenimiento	B3 Reparación	B4 Sustitución	B5 Rehabilitación	B6 Uso de energía en Servicio	B7 Uso de Agua en Servicio	C1 Deconstrucción/ Demolición	C2 Transporte	C3 Tratamiento de Residuos	C4 Vertido de Residuos	MND		
 Componentes para su reutilización kg/FU	0	0	1,50E-03	0	0	0	0	0	0	0	Irrelevante	0	0	0	MND		
 Materiales para el reciclaje kg/FU	0	0	5,21E-02	0	0	0	0	0	0	0	Irrelevante	0	0	0	MND		
 Materiales para valorización energética (recuperación de energía) kg/FU	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	MND		
 Energía Exportada (eléctrica, térmica, ...) MJ/FU	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	MND		

Interpretación del ACV

La etapa de Producto (A1-A3) es la que presenta un mayor impacto, ya que representa más del 70% del impacto del producto a lo largo de su ciclo de vida para los siguientes indicadores de impacto: Calentamiento global, Consumo de recursos no renovables consumo de energía y agua.

La producción de residuos se atribuye principalmente a la etapa de finalización de vida útil (92% del impacto total). Esto es debido a que el 100% del producto se deposita en vertedero (controlado) al final de su vida útil.



[1] This indicator corresponds to the abiotic depletion potential of fossil resources.

[2] This indicator corresponds to the total use of primary energy.

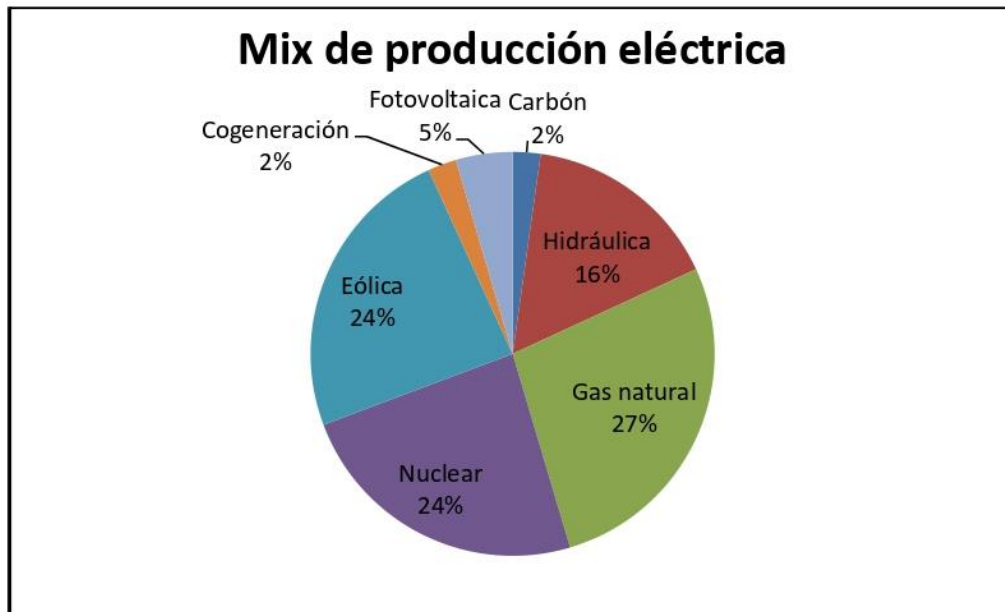
[3] This indicator corresponds to the use of net fresh water.

[4] This indicator corresponds to the sum of hazardous, non-hazardous and radioactive waste disposed.

Información adicional

El modelo de producción de energía eléctrica considerado para el modelado de la planta de Saint-Gobain es el mix de producción en España en el año 2013³.

En el siguiente gráfico se indica la composición de producción eléctrica utilizada.



Modificaciones realizadas en la EPD[®] respecto a su versión anterior

- La presente EPD[®] ha sido adaptada a los requerimientos indicados en la Sub-PCR-I Thermal insulation products.
- Se ha trasladado la tabla de conversión al impacto de los diferentes espesores del producto al anexo I.
- Se ha introducido una explicación de la tabla indicada en el punto anterior, así como de que el espesor correspondiente a la Unidad Funcional (con $R=1 \text{ K}\cdot\text{m}^2\cdot\text{W}^{-1}$) no corresponde a un espesor vendido comercialmente (UF utilizada con el fin de facilitar la comparación entre diferentes tipos de aislante).

³ Fuente: Red Eléctrica Española.

Bibliografía

- ISO 14040:2006: Environmental Management-Life Cycle Assessment-Principles and framework.
- ISO 14044:2006: Environmental Management-Life Cycle Assessment-Requirements and guidelines.
- ISO 14025:2006: Environmental labels and declarations-Type III Environmental Declarations-Principles and procedures.
- PCR 2012:01 Construction products and construction services v2.2 y Sub-PCR-I Thermal insulation products.
- UNE-EN 15804:2012: Sustainability of construction works - Environmental product declarations - Core rules for the product category of construction products.
- General Programme Instructions for the International EPD® System, version 3.0.
- UNE-EN 12667:2002: Thermal performance of building materials and products. Determination of thermal resistance by means of guarded hot plate and heat flow meter methods. Products of high and medium thermal resistance.
- UNE-EN 13501-1; 2010: Fire classification of construction products and building elements - Part 1: Classification using data from reaction to fire tests.
- UNE-EN ISO 354:2004: Acoustics - Measurement of sound absorption in a reverberation room.
- UNE-EN 12086:1998: Productos aislantes térmicos para aplicaciones en la edificación. Determinación de las propiedades de transmisión del vapor de agua.
- UNE-EN 15978:2012 Sostenibilidad en la construcción. Evaluación del comportamiento ambiental de los edificios. Método de cálculo.

Anexo I Impacto sobre el medio ambiente del ciclo de vida de diferentes espesores de producto

La presente EPD® cubre la gama de espesores de 40 mm a 300 mm, de 10 mm en 10 mm, utilizándose un factor de multiplicación para determinar sus impactos ambientales individuales. Con el fin de calcular los factores de multiplicación, se ha seleccionado una unidad de referencia (valor $R = 1 \text{ m}^2 \cdot \text{K} / \text{W}$ por 35 mm), espesor al que hacen referencia los resultados indicados.

La siguiente tabla muestra los factores de multiplicación para cada espesor individual en la familia de productos. Con el fin de determinar los impactos ambientales asociados con un espesor de producto determinado, se deben multiplicar los resultados expresados en la presente EPD® por el factor de multiplicación correspondiente. Para la obtención de dicho factor se ha seguido un principio conservativo, siendo el impacto real del producto ligeramente inferior al indicado en la tabla.

ESPELOR DEL PRODUCTO (MM)	FACTOR DE MULTIPLICACIÓN
35	1,00
40	1,14
50	1,43
60	1,71
70	2,00
80	2,29
90	2,57
100	2,86
110	3,14
120	3,43
130	3,71
140	4,00
150	4,29
160	4,57
170	4,86
180	5,14
190	5,43
200	5,71
210	6,00
220	6,29
230	6,57
240	6,86
250	7,14
260	7,43
270	7,71
280	8,00
290	8,29
300	8,57

