



industriales
etsii

Escuela Técnica
Superior
de Ingeniería
Industrial

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CARTAGENA

Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial

“Materiales Compuestos con posibles aplicaciones en el ámbito de la construcción.”

TRABAJO FIN DE GRADO

GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA

Autor: IVÁN BARRADO PÉREZ

Director: RAMÓN PAMIES PORRAS

Codirector: DIEGO ALCARAZ LORENTE



Universidad
Politécnica
de Cartagena

Cartagena, 14 de Junio del 2018

Índice

1 Introducción	Pag.4
1.1 Materiales tradicionales.....	Pag.6
1.2 Materiales compuestos	Pag.9
1.3 Casas prefabricadas	Pag.13
1.4 Construcción tradicional frente a construcción industrializada	Pag.16
1.5 Tipos de reformas.....	Pag.19
1.5.1 Obra seca	Pag.19
1.5.2 Obra húmeda	Pag.21
1.6 Estructuras tipo sándwich, propiedades y características.....	Pag.25
1.6.1 Comportamiento acústico y térmico.....	Pag.30
1.6.2 Comportamiento frente a sismos	Pag.34
1.6.3 Durabilidad	Pag.36
1.7 Impacto ambiental de las construcciones	Pag.39
2 Objetivos	Pag.42
3 Materiales y métodos	Pag.43
3.1 SolidWorks.....	Pag.43
3.2 CES Edupack 2010.....	Pag.44
4 Resultados	Pag.49
4.1 Diseño de la nave industrial.	Pag.49
4.2 Diseño de una vivienda planta baja.....	Pag.53
4.3 EcoAuditoria nave industrial.....	Pag.56
4.4 Análisis económico	Pag.68
5 Sinterización del plan de empresa	Pag.72
6 Resumen, conclusiones y futuras líneas de trabajo	Pag.82
7 Bibliografía	Pag.85
8 Anexos	Pag.88

Índice de tablas y figuras

<i>Tabla1. Comparativa de construcción industrializada contra tradicional.....</i>	<i>Pag.17</i>
<i>Tabla2. Comparativa de plazos de construcción</i>	<i>Pag.18</i>
<i>Tabla3. Comparativa de precios según el tipo de construcción</i>	<i>Pag.19</i>
<i>Tabla4. Tabla comparativa de características de obra seca y húmeda.....</i>	<i>Pag.25</i>
<i>Figura5. Representación de un panel de sándwich.....</i>	<i>Pag.26</i>
<i>Tabla6. Características de rigidez frente a espesor del core.....</i>	<i>Pag.26</i>
<i>Figura7. Tipos de materiales que forman un material compuesto.....</i>	<i>Pag.26</i>
<i>Figura8. Tensión normal, cortante y momento flector.....</i>	<i>Pag.30</i>
<i>Figura9. Perdidas en % de calor, según la zona</i>	<i>Pag.32</i>
<i>Figura10. Transmisión de calor por conducción.....</i>	<i>Pag.32</i>
<i>Figura11. Incidencia de ondas sonoras contra un material</i>	<i>Pag.33</i>
<i>Figura12. Comportamiento frente a terremoto.....</i>	<i>Pag.34</i>
<i>Figura13. Gráfica de ensayo de tracción.....</i>	<i>Pag.35</i>
<i>Figura14. Factor de degradación.....</i>	<i>Pag.37</i>
<i>Figura15. Primer paso CES_Edupack.....</i>	<i>Pag.46</i>
<i>Figura16. Segundo paso CES_Edupack.....</i>	<i>Pag.46</i>
<i>Figura17. Tercer y cuarto paso CES_Edupack</i>	<i>Pag.47</i>
<i>Figura18. Ejemplo de informe obtenido de ecoauditoría de CES Educpack.....</i>	<i>Pag.48</i>
<i>Figura19. Vista aérea de Nave Industrial.....</i>	<i>Pag.49</i>
<i>Figura20. Diseño de estructura principal de la nave</i>	<i>Pag.50</i>
<i>Figura21. Plano del interior de la nave. (Distribución de espacios)</i>	<i>Pag.50</i>
<i>Figura22. Diseño zona de oficinas.....</i>	<i>Pag.51</i>
<i>Figura23. Ensamblaje de zona de oficinas y estructura</i>	<i>Pag.51</i>
<i>Figura24. Estimación de peso SolidWorks. (Ladrillo).....</i>	<i>Pag.52</i>

<i>Figura25. Pesos específicos de ladrillos.....</i>	<i>Pag.52</i>
<i>Figura26. Estimación de peso SolidWorks. (Panel Sándwich)</i>	<i>Pag.52</i>
<i>Figura27. Representación de los tabiques a cambiar.....</i>	<i>Pag.53</i>
<i>Tabla28. Ahorro de peso respecto al Ladrillo perforado</i>	<i>Pag.54</i>
<i>Tabla29. Ahorro de peso respecto al Cemento</i>	<i>Pag.55</i>
<i>Figura30. Imagen ladrillo hueco</i>	<i>Pag.56</i>
<i>Figura31. Pesos específicos de arenas</i>	<i>Pag.57</i>
<i>Figura32. Estimación de masas SolidWorks.....</i>	<i>Pag.57</i>
<i>Tabla33. Paso 1 Edupack material A.....</i>	<i>Pag.58</i>
<i>Tabla34. Paso 1 Edupack simplificando estudio material A.....</i>	<i>Pag.58</i>
<i>Tabla35. Paso 1 Edupack material B.....</i>	<i>Pag.59</i>
<i>Tabla36. Elección de final de vida.....</i>	<i>Pag.60</i>
<i>Tabla37. Elección de transporte material A</i>	<i>Pag.60</i>
<i>Tabla38. Elección de transporte material B</i>	<i>Pag.60</i>
<i>Tabla39. Elección de durabilidad.....</i>	<i>Pag.61</i>
<i>Tabla40. Gráfica obtenida material A.</i>	<i>Pag.62</i>
<i>Tabla41. Gráfica obtenida material B</i>	<i>Pag.63</i>
<i>Tabla42. Comparativa de energía y CO₂ material.....</i>	<i>Pag.64</i>
<i>Figura43. Clasificación de emisión de CO₂ según material.</i>	<i>Pag.65</i>
<i>Figura44. Clasificación del contenido de energía según material.</i>	<i>Pag.66</i>
<i>Figura45. Comparativa de energía y CO₂ procesos de fabricación.</i>	<i>Pag.66</i>
<i>Figura46. Comparativa de energía procesos de fabricación.....</i>	<i>Pag.67</i>
<i>Tabla47. Desglose del precio de pared de ladrillo por m².....</i>	<i>Pag.69</i>
<i>Tabla48. Desglose del precio de pared de panel sándwich por m².....</i>	<i>Pag.70</i>

Prólogo:

En este proyecto se va a elaborar un estudio para introducir materiales compuestos en el ámbito de la construcción. Para ello se van a comparar distintos tipos enfrentándolos a los materiales usados convencionalmente para ese uso específico. Además, se realizará una eco-auditoría, ya que estoy seguro de que obtendremos una buena defensa con los resultados de esta. Por otra parte, se propondrá un diseño de una vivienda y una zona de oficinas en una nave industrial, para realizarle los estudios pertinentes de estructuras y mostraremos otras aplicaciones centradas en cerramientos de espacios con estos materiales.

1 Introducción:

Desde el comienzo de la civilización, los materiales junto con la energía han sido utilizados por el hombre para mejorar su condición. Según la RAE, los materiales son las sustancias que componen cualquier cosa o producto. Las primeras edades en las que se clasifica nuestra historia llevan sus nombres de acuerdo con el material desarrollado y significó una época en nuestra evolución, como por ejemplo la Edad de Piedra o la Edad de Bronce. Los productos de los que se ha servido el hombre a lo largo de la historia para mejorar su nivel de vida o simplemente para subsistir han sido y son fabricados a base de materiales, se podría decir que estos están alrededor de nosotros estemos donde estemos. De ellos depende en parte nuestra existencia. Hay muchos más materiales de los que utilizamos día a día, los que vemos en las ciudades o los que utilizamos en nuestro quehacer diario. [7]

Día a día y cada vez más, se están implementando los nuevos materiales a todas las tecnologías actuales, pero hay un ámbito donde se tienen que implementar en mayor medida estos nuevos materiales, hago referencia al sector de la construcción.

En la historia humana el hombre ha usado diferentes materiales para construir su vivienda. Entre estos encontramos algunos de tipo primitivo como el uso del barro o arcilla, muy usado por nuestros indígenas, la piedra, la paja para los techos, etc... Otros son más de tipo geográfico dependiendo del sitio. Los materiales son las sustancias que componen cualquier cosa o producto. Desde el comienzo de la civilización, los materiales junto con la energía han sido utilizados por el hombre para mejorar su condición. Las primeras edades en las que se clasifica nuestra historia llevan sus nombres de acuerdo con el material desarrollado y significó una época en nuestra evolución. Los productos de los que se ha servido el hombre a lo largo de

la historia para mejorar su nivel de vida o simplemente para subsistir han sido y son fabricados a base de materiales, se podría decir que estos están alrededor de nosotros estemos donde estemos. De ellos depende en parte nuestra existencia. Hay muchos más materiales de los que utilizamos día a día, los que vemos en las ciudades o los que utilizamos en nuestro quehacer diario.

Centrándonos en los materiales compuestos novedosos, comparado con otros sectores productivos, en el sector de la construcción la expansión de los materiales compuestos no ha sido tan generalizada ni tan rápida como se podía esperar. Se trata de un sector cuyo conservadurismo histórico se ha visto reflejado numerosas veces cuando se han tratado de introducir importantes cambios. De todos modos, con el tiempo los materiales compuestos están siendo introducidos, y actualmente son considerados como un tipo de material a tener en cuenta en un futuro muy cercano. De hecho, la aparición de nuevas construcciones que han usado algún tipo de material compuesto es siempre una señal de que la industria de estos materiales va siendo aceptada poco a poco por el sector. [8]

Sin duda, a nivel internacional es en Estados Unidos donde más se ha investigado y más avanzadas se encuentran las aplicaciones en la construcción de los materiales compuestos (MC). El Infrastructure Composites Report – 2001 (Julio 2001) pronosticó un crecimiento de un 525% en el uso de MC en construcción en todo el planeta desde el año 2001 hasta el 2010. Así mismo, pronosticó que este crecimiento sería del 750% en Estados Unidos en los próximos 10 años.

Para demostrar que ya se han utilizado los materiales compuestos en la edificación me dispongo a mostrar ciertas construcciones hechas con estos, de las que ya han pasado ciertos años y siguen intactas:

A principios de los noventa la compañía “Neste Oy Chemicals company” establecida en Helsinki (Finlandia), desarrolló y construyó una casa experimental llamada “Nesthaus”, como banco de pruebas de la posible utilización de **materiales poliméricos** en el sector de la construcción.

En 1992, un puente de **materiales compuestos** fue inaugurado en la localidad escocesa de Aberfeldy, el puente situado sobre el río Tay. Está considerado como una de las mejores obras de materiales compuestos, y sus dimensiones son de 2 metros de anchura por 120 metros de longitud. [9]

En el año 2000 se construyó en la autopista interestatal 86, cerca de San Diego (California), el puente llamado “The King Stormwater Bridge”. Este puente fue nombrado puente estelar de la construcción de los Estados Unidos de América. Este está realizado a base de materiales compuestos. Concretamente 12 estructuras cilíndricas de **carbono CSS** de 355 mm de diámetro y 9,5 mm de espesor rellenos de hormigón, que constituyen el sistema de refuerzo longitudinal del puente. La luz es 20,1 m y la anchura 12,8 m. El tablero está formado por 6 paneles de tipo “**Duraspan**” de 12,8 m de anchura y 3,3 m de longitud. No es el puente más largo construido, pero si el más transitado y el que más carga debe soportar.

El Milenium Dome (Londres, 2000). Es la mayor cúpula del mundo con una superficie de 80.000 m² y 50m de altura. La membrana está realizada en tejido de **fibra de vidrio y matriz de teflón**.

En cuanto a las últimas tendencias que se centran en los materiales compuestos para la construcción, destacar que se pide al material compuesto más prestaciones y menor coste. Se pide al proceso de fabricación más rapidez y más precisión. Todo ello pasa por una optimización de los moldes utilizados, la automatización los procesos, en utilizar nuevas fibras y combinaciones, en combinar los materiales compuestos con materiales tradicionales y en potenciar las matrices reciclables y las fibras naturales.

Para que se haga más notable la variabilidad de productos utilizados vamos a mostrar la trazabilidad que está habiendo en los materiales tradicionales frente a los de nuevo uso.

1.1 Los materiales tradicionales

El **material de construcción** es una materia prima o, con más frecuencia, un producto elaborado empleado en la construcción de edificios u obras de ingeniería civil.

Los materiales de construcción son los componentes de los elementos constructivos y arquitectónicos de una edificación.

Desde sus comienzos, el ser humano ha modificado su entorno para adaptarlo a sus necesidades. Para ello ha hecho uso de todo tipo de materiales naturales que, con el paso del tiempo y el desarrollo de la tecnología, se han ido transformando en distintos productos mediante procesos de manufactura de creciente sofisticación. Los materiales naturales sin procesar (piedra, madera, arcilla, metal, agua) se denominan materias primas, mientras que los productos

elaborados a partir de ellas (yeso, cemento, acero, vidrio, ladrillo) se denominan materiales de construcción. [1]

No obstante, en los procesos constructivos algunas materias primas se siguen utilizando con poco o ningún tratamiento previo. En estos casos, estas materias primas se consideran también materiales de construcción propiamente dichos.

Por este motivo, es posible encontrar un mismo material englobado en distintas categorías: por ejemplo, la arena puede encontrarse como material de construcción (lechos o camas de arena bajo algunos tipos de pavimento), o como parte integrante de otros materiales de construcción (como los morteros), o como materia prima para la elaboración de un material de construcción distinto (el vidrio, o la fibra de vidrio).

Los primeros materiales empleados por el hombre fueron el barro, la piedra, y fibras vegetales como madera o paja.

Los primeros "materiales manufacturados" por el hombre probablemente hayan sido los ladrillos de barro (adobe), que se remontan hasta el 13 000 a. C, mientras que los primeros ladrillos de arcilla cocida que se conocen datan del 4000 a. C.

Entre los primeros materiales habría que mencionar también tejidos y pieles, empleados como envolventes en las tiendas, o a modo de puertas y ventanas primitivas.

Los materiales tradicionales algo más modernos están divididos en tres grupos principales: materiales metálicos, poliméricos, y cerámicos. [4]

Materiales metálicos: Estos son sustancias inorgánicas compuestas de uno o más elementos metálicos, pudiendo contener algunos elementos no metálicos, como el carbono. (Hierro, cobre, aluminio, níquel y titanio).

Materiales cerámicos: Los materiales de cerámica, como los ladrillos, el vidrio la loza, los aislantes y los abrasivos, tienen escasa conductividad tanto eléctrica como térmica y aunque pueden tener buena resistencia y dureza son deficientes en ductilidad y resistencia al impacto.

Materiales poliméricos: En estos se incluyen el caucho (el hule), los plásticos y muchos tipos de adhesivos. [3]

Los principales materiales que queremos sustituir son el **cemento y el ladrillo** así que nos centraremos en los paneles de cemento y el ladrillo que forman los cerramientos de cualquier construcción:

Los paneles de cemento constituyen una base sólida, resistente al agua, hidrófuga, incombustible, de fácil aplicación y rápida instalación, lo que las hace aptas para exterior, como sistemas de fachadas, techos o suelos, tanto en obra nueva como en rehabilitación.

➤ **Ventajas**

-Como una caja de respaldo de baldosas, los paneles de cemento tienen un mejor rendimiento a largo plazo, ya que no enfrentan los principales daños de algunos productos, como el papel o el yeso.

-Además no produce moho ni hongos y no se descomponen físicamente en la presencia continua de humedad o filtraciones.

-Los paneles de cemento no son realmente resistentes al agua, pero son altamente resistentes a la humedad que absorbe y tiene excelentes propiedades de secado. En las zonas expuestas continuamente al agua (es decir, duchas) se recomienda una barrera de impermeabilización detrás de los tableros o como un producto con llana, aplicado a la cara de las juntas detrás del sistema de acabado.

➤ **Desventajas:**

-Una desventaja importante de la placa de cemento es el peso por metro cuadrado. Es aproximadamente el cuádruple de las placas de yeso, por lo que el manejo por una persona es difícil.

-El corte de la placa de cemento también se debe hacer con puntas de carburo, herramientas y hojas de sierra. Debido a su dureza, la perforación previa de elementos de sujeción es recomendada.

-La placa de cemento es inicialmente más cara que el panel de yeso resistente al agua, pero pueden proporcionar mayor valor a largo plazo.

Un ladrillo es un material de construcción, normalmente cerámico y con forma ortoédrica, cuyas dimensiones permiten que se pueda colocar con una sola mano por parte de

un operario. Se emplea en albañilería para la ejecución de fábricas en general. Con respecto a las paredes de ladrillo tenemos lo siguiente:

➤ **Ventajas:**

- La superficie de los muros es uniforme y lisa.
- Es un sistema económico en edificaciones de gran metraje.
- El proceso constructivo es “relativamente” rápido.
- Por lo “general” es una obra limpia.

➤ **Desventajas:**

- Una vez construidos los muros estos no pueden ser modificados ni retirados.
- El costo inicial del encofrado metálico hace que no sea económico en edificaciones pequeñas.
- Para la construcción de los muros se requieren equipo especial (encofrados, mezcladora, vibrador, etc...)
- Se requiere personal calificado.
- Se requiere mayor control en obra.

1.2 Los materiales compuestos

Dentro de los materiales compuestos, los más utilizados son, sin lugar a duda, los formados por refuerzos de fibra de vidrio y fibra de carbono. Los materiales compuestos reforzados con fibras de carbono suelen ser utilizados en las industrias aeroespacial y aeronáutica, mientras que los reforzados con fibras de vidrio presentan usos más generales, y su principal aplicación se encuentra en el ámbito de la construcción (elementos no estructurales). Por este motivo se introduce de forma muy superficial la situación en el mercado de los materiales compuestos reforzados con fibra de vidrio. [10]

En general las fibras son las responsables de las propiedades resistentes, mientras que la matriz envuelve a las fibras configurando geoméricamente el elemento, transmite los esfuerzos entre las fibras y las protege de posibles daños mecánicos o ambientales.

En el refuerzo de estructuras se utilizan habitualmente fibras de carbono y vidrio. En algunas aplicaciones específicas se utilizan también otras fibras como aramida, o vegetales, minerales, etc... Las fibras de carbono poseen propiedades superiores a las de la fibra de vidrio, pero son bastante más caras. Todas las fibras tienen un comportamiento elástico lineal hasta rotura. Las resinas **epoxi**, poliéster y viniléster son las matrices más comúnmente utilizadas en los FRP. Se trata de polímeros termoestables con buena resistencia química.

Estos materiales compuestos con aplicaciones en el ámbito de la construcción ya han dado el salto a la comercialización. A continuación, se enumeran alguno de los ejemplos que podemos encontrar en España:

Compoplak: Se trata de una patente mundial del grupo Valero que consiste en un sistema innovador de construcción mediante fibras y composites: fibra de vidrio, de carbono, kevlar... Su uso habitual suele ser como cerramiento, división interior y/o cubierta. Además, es compatible con todos los sistemas constructivos existentes hasta ahora en el mercado. [16]

La firma Sonex: lanzó al mercado los paneles modulares tipo “sándwich”, que comercializará su nueva división “Acusterm”. Las principales características y beneficios de los nuevos paneles modulares “residen en su calidad superior respondiendo a las más exigentes normas internacionales. Además de su homogeneidad, rigidez, propiedades isotérmicas y acústicas, se destaca la comprobada resistencia al fuego certificada bajo estrictas normas internacionales”, según afirman los fabricantes. Completa los beneficios su máxima vida útil, facilidad y rapidez de colocación.

Paneles modulares PIR: están conformados por dos láminas metálicas unidas por la novedosa espuma “PIR”, de reciente lanzamiento internacional, y “son fabricados por un controlado proceso industrial de colada continua, lo que garantiza su absoluta homogeneidad”, explican sus fabricantes. Son recomendados para cubiertas, fachadas e instalaciones especiales, y se presentan en varios colores, con superficies onduladas o acanaladas.

Ventajas y desventajas de los materiales compuestos con aplicaciones en el ámbito de la construcción:

➤ **Ventajas:**

En su construcción los materiales compuestos proporcionan alta capacidad de carga con bajo peso de material. Esta característica de los materiales compuestos evita gastos con equipamientos pesados y reduce considerablemente el tiempo de instalación. Los materiales

compuestos son también muy durables, muchos no se corroen como el acero ni se pudren como la madera, de modo que los costos de reposición y manutención son significativamente reducidos. Otras ventajas son “la calidad superior de las terminaciones, la reducción de costos de mantenimiento y el gran ahorro energético que representan”.

Entre las principales ventajas que ofrecen los materiales compuestos en comparación con los materiales tradicionales destacaríamos algunas:

- **Alta resistencia mecánica:** Los materiales compuestos son muy eficaces en su empleo como elementos que proporcionan una alta resistencia. Pueden ser diseñados para proporcionar intervalo específico de propiedades mecánicas, como resistencia a la tracción, a flexión, impacto y resistencia a la compresión. Además, las piezas de composite pueden ser fabricadas con refuerzos con una determinada orientación que proporcionen una resistencia adicional donde el diseño así lo requiera.
- **Estética:** Proporcionan nuevas posibilidades estéticas gracias a su capacidad de moldear formas complejas, fluidas y creativas, además de la capacidad de integrar acabados superficiales especiales y una amplia variedad de efectos, incluyendo la simulación de los materiales tradicionales.
- **Resistencia a la corrosión:** Los materiales compuestos no se oxidan ni se corroen. Existen multitud de sistemas de matriz polimérica que proporcionan resistencia a largo plazo para la mayoría de los entornos de temperatura y ambientes químicos. Las piezas de material compuesto diseñadas correctamente tienen una larga vida útil y un mantenimiento mínimo en comparación con los materiales tradicionales de construcción.
- **Ligereza:** Los composites tienen una resistencia específica más alta que la mayoría de los materiales utilizados en aplicaciones similares. Éstos pueden ofrecer más fuerza por peso que la mayoría de las aleaciones de metales.
- **Esperanza de vida:** ¿Cuánto tiempo duran los composites? Hay referencias de duración de más de cincuenta años y contando. Los composites de matriz polimérica son materiales relativamente recientes en comparación con los materiales que a menudo sustituye, como el hormigón, el acero y la madera, por lo que su *esperanza de vida* aún no se ha alcanzado en muchos de los componentes en uso.

- **Flexibilidad de diseño:** Los materiales compuestos se pueden obtener con casi cualquier forma: puede ser compleja en la configuración, grande o pequeña, estructural, decorativa, o una combinación de éstas. Los composites liberan la mente de los arquitectos y diseñadores para probar nuevos conceptos, desde el prototipo hasta la producción. Debido a esta flexibilidad, piezas individuales de material compuesto pueden sustituir conjuntos de unidades complejas que requieren de múltiples elementos de fijación cuando se fabrican con materiales tradicionales como la madera, el acero y el aluminio.
- **Estabilidad dimensional:** Los materiales compuestos de FRP mantienen su forma y funcionalidad incluso bajo tensiones mecánicas y ambientales severas.
- **Comportamiento dieléctrico:** Los materiales compuestos de matriz polimérica tienen excelentes propiedades de aislamiento eléctrico.
- **Elevada temperatura de servicio:** Las piezas fabricadas con la matriz polimérica y cargas adecuadas pueden comportarse muy bien en aplicaciones de alta temperatura.
- Producen **100 veces menos residuos que el ladrillo tradicional** y son reciclable al 100%.

➤ Desventajas

El tejido industrial relacionado con la fabricación de materiales compuestos está constituido sobre todo por pequeñas y medianas empresas. Entre proveedores de materias primas de gran tamaño que aplican altos precios con reducidas cantidades compradas y grandes clientes que pueden imponer sus exigencias (imperativos cruzados entre proveedores y clientes), estas empresas de pequeño y mediano tamaño, además dispersas, sufren importantes presiones sobre los precios. Para hacer frente a ello y acceder a mercados europeos, estas empresas deben desarrollar estrategias de valorización, innovación y asociación industrial. Algunas innovan poniendo en los mercados nuevos productos: resinas y nuevos semiproductos más seguros y más rápidos. Otros desarrollan nuevos procedimientos poniendo a punto métodos o herramientas más rápidas y más potentes. Finalmente, las empresas deben innovar poniendo en práctica herramientas de diseño eficaces. Sin embargo, el reducido desarrollo en España de los procesos de fabricación en general y de la pultrusión (proceso de conformado de perfiles de plástico termoestable reforzado. Este proceso consiste en el arrastre de las fibras mojadas a través de un molde. La palabra **pultrusión** proviene del inglés “to pull”, que literalmente

significa “tirar”.) en particular, constituyen un hándicap notable para la expansión de estos materiales, particularmente para el mercado de la construcción.

La problemática española se concreta mediante el registro de patentes, ya que en el año 2000 se registraron por parte de los laboratorios públicos o privados españoles varias decenas de patentes relacionadas con materiales compuestos, en contraposición a las 800 de EE.UU., 200 en Alemania y 200 en Japón. Evaluar las prestaciones de los materiales compuestos, desarrollar los medios y procedimientos para caracterizar los productos, y validar las tecnologías de reciclaje de los materiales compuestos, son tres retos importantes de la investigación y desarrollo. Para las empresas del sector, el trabajo en asociación es necesario para hacer frente a tales retos. [11]

Además del cambio de materiales en la construcción también se está implementando un nuevo tipo de construcción llamada construcción modular.

1.3 Casas prefabricadas

Si todavía no las tienes todas contigo acerca de las **viviendas modulares** estas son algunas de las ventajas de construir una casa modular:

- Son **más económicas** y permiten un control del gasto energético más preciso que la vivienda habitual.
- Su **construcción** es **más rápida**, por lo que ahorrarás un tiempo valioso que te permitirá entrar a vivir en tu nueva casa prefabricada en muy poco tiempo a partir de su compra.
- Son viviendas modulares que **respetan el medio ambiente**, aprovechando la inercia térmica del hormigón obteniendo un mejor confort térmico y bioclimático, con el consiguiente **ahorro en el consumo energético del edificio**.
- Si dispones de un terreno rústico, en lugar de una casa, puedes instalar un módulo móvil considerado como bien mueble, te aportaremos nuestro **Certificado de Desmontabilidad y Proceso de Trazabilidad** de Fabricación cuando lo necesites. [13]

Puntos que tener muy en cuenta en este tipo de fabricaciones:

➤ **Ahorro energético:**

1. Gracias al planteamiento bioclimático de las casas prefabricadas, podemos explotar el ahorro energético aprovechando al máximo cada Euro invertido en calefacción. El magnífico aislamiento mantiene protegido el interior de las viviendas modulares ante los agentes externos (lluvia, el viento o el ruido) gracias a la aplicación de productos especiales en la unión de los paneles de hormigón que mantienen su continuidad inalterable.
2. Además, las viviendas prefabricadas de MH tienen la posibilidad de incorporar avanzados sistemas energéticos autónomos, como paneles solares fotovoltaicos, autogeneradores geotérmicos, ideales para este sistema de viviendas modulares.
3. Posibilidad de futuras ampliaciones de la vivienda.
4. Las casas prefabricadas de hormigón ofrecen un hogar que crece con usted, ajustándose a sus necesidades de espacio actuales y futuras. Su modularidad le permite emprender ampliaciones posteriores con el mismo sistema sin afectar cambios en su estructura.

➤ **Rapidez de instalación, alta capacidad estructural con un bajo mantenimiento.**

1. La ejecución es rápida ya que gran parte del trabajo se hace en fábrica y se planifica previamente. Los operarios tienen todo a su disposición para realizar su trabajo y dentro de una cadena de producción diseñada para reducir el tiempo de cada operación al máximo. El montaje de los paneles se puede hacer fácilmente con dos operarios y un simple andamio, de manera que una estructura de vivienda de 100 m² podemos tenerla en un sólo día. Esta misma vivienda de 100 m² podemos tenerla en apenas una semana (la parte estructural).
2. Por otra parte, también se piensa en proteger la vivienda cuando usted no está en ella. Por eso incluye en la construcción sólidos cerramientos que, unidos a los cristales de seguridad, permiten sellarla al exterior. Esto la convierte en la opción ideal a la hora de ubicarla en zonas aisladas, o si va a permanecer largo tiempo deshabitada. [12]

➤ **Personalización de las casas prefabricadas.**

La personalización de las distribuciones interiores a gusto del cliente es una ventaja competitiva del sistema constructivo modular. Nuestro proceso de fabricación permite fabricar piezas a medida y se realiza un estudio de cada casa, teniendo en cuenta la existencia de una fluida relación con el entorno, permitiendo que la edificación se integre y se armonice. [17]

Hay empresas que permiten a sus clientes hacer una **casa personalizada** sin tener que realizar un pedido mínimo de viviendas y a un **precio muy competitivo**.

En España, el concepto de casa modular, y todo lo que este conlleva, está cada vez más presente. Sus ventajas, respecto a la obra tradicional, han conseguido que a día de hoy se hayan convertido en la mejor opción. Aun así, existen ciertas dudas en torno a este tipo de construcciones. Un claro ejemplo, es todo lo relacionado con la cimentación, desde su propia existencia hasta su resistencia, materiales y calidad.

Las *casas modulares* no necesitan una obra para su colocación, siempre y cuando el suelo sobre el que vaya asentada sea firme y compacto, es decir, que sea plano y a nivel, para así evitar que pueda moverse. Estas casas pueden construirse personalizándolas a los gustos y necesidades de quienes vayan a habitarlas, pero en su diseño habrá que adaptarse al clima de cada lugar, por ello habrá que estudiar con detalle las prestaciones que queramos incluir en su diseño. [19]

Antes de su colocación será conveniente realizar una mínima preparación del terreno que, sin constituir una obra en sí misma, servirá para limpiar la zona de tierra y restos vegetales. Para ello echaremos una capa de unos 15 a 20 centímetros de zahorra o de material compacto. La zahorra se nivela, se humedece y se compacta con una excavadora. Una vez compactado quedará muy duro, impidiendo que se forme barro aunque se moje. Sobre esta superficie, se coloca la casa modular utilizando unos pies de apoyo metálicos, que harán el mismo papel de una solera de hormigón.

No todas las casas las casas modulares prefabricadas necesitan que hagamos una cimentación para su colocación. Algunas se pueden colocar directamente sobre el terreno utilizando pies de apoyo regulables, siempre que el terreno esté plano, sea consistente y cuente, además, con un desnivel máximo de un dos por ciento. [18]

Si optamos por la cimentación de la vivienda, en primer lugar, elaboraremos un estudio geotécnico del terreno y a continuación pondremos en marcha el proyecto. Tenemos varias

opciones, podemos realizar una cimentación superficial, profunda, o recuperable. Esta última de vigas de cimentación y riostras prefabricadas unidas con tornillos, con lo que se pueden recuperar en caso de tener que desmontar la casa. Para realizar la cimentación habrá que tener en cuenta el tipo de terreno y la construcción elegida, así podemos realizar la cimentación de losa de cimentación, de zapatas corridas o aisladas, de forjado sanitario, de losa más sótano o losa más planta baja, de zapatas prefabricadas superficiales, etcétera. La cimentación más utilizada es el forjado sanitario aislado, con este sistema se consigue que la vivienda quede totalmente aislada del terreno. Para una vivienda de dos plantas, que necesite soportar un peso mayor, se puede construir una estructura de cimentación de hormigón armado, la cual estará formada por pilares, unidos por viga de arriostre y terminada con placas de anclaje de acero.

1.4 Construcción tradicional frente a construcción industrializada

La construcción que en general se percibe como inmovilista, está en plena transformación. Por un lado, la revolución verde nos recupera conceptos antiguos de Arquitectura pasiva, con materiales más ecológicos y las energías limpias que aportan calidad de vida y por otro, la construcción industrializada que nos da nuevas ventajas con respecto a la construcción tradicional.

En esta parte nos vamos a centrar en comprender lo que nos aportan los diferentes sistemas constructivos desde la perspectiva de la construcción tradicional e industrializada. Analizaremos ventajas, desventajas y costes de cada una de las dos formas de construir, pero siempre desde premisas de vivienda eficiente y bioclimática.

➤ **Calidad constructiva:**

Se debe partir de un buen diseño eficiente y bioclimático en ambas tipologías como el estudio de huecos y protecciones, mejora del aislamiento, de carpinterías, ventilación cruzada, detalles constructivos buenos sobre todo para eliminar los puentes térmicos. Este último punto es muy importante, porque no vale de nada mejorar en aislamiento y carpintería exterior y mejorar la calidad de los detalles constructivos sino se eliminan los puentes térmicos que nos crearán pérdidas graves de calor y condensaciones en las carpinterías. Técnicamente para solucionar los puentes térmicos se tiende a colocar el aislamiento en la cara exterior del cerramiento, lo que en la construcción tradicional crea un sobre coste en su colocación y dificultad de ejecución puesto que los que suelen ejecutarlos son equipos de obra poco especializados. Tanto este punto como la falta de premarcos en la carpintería exterior (ayuda a

la buena ejecución del encuentro entre carpintería y muro exterior) son los máximos problemas para una buena ejecución de las soluciones constructivas que se plantean para solucionar los puentes térmicos.

CONSTRUCCIÓN	Equipo de trabajo	Detalles constructivos	Materiales	Ejecución
TRADICIONAL	Poco especializado. Muy pocos cuerpos con conocimiento la mano de obra durante la burbuja inmobiliaria bajo todavía más el nivel.	Cada arquitecto tiene los suyos y va perfeccionándolos. Difícil control de calidad en obra.	Ladrillo, adobe, hormigón. Estructura metálica, madera y hormigón. Es más fácil el uso de material de la zona.	Realización mucho más compleja, tanto en ejecución como en tiempos, con aumento de costes.
INDUSTRIALIZADA	Altamente cualificado tanto en fabrica como en el solar.	Muy contrastados. Existen arquitectos y técnicos del sistema y arquitectos y técnicos que utilizan el sistema. Alto grado de control de calidad de fábrica.	Madera y hormigón. Estructura, metálica, madera y hormigón. Existe mucha importación de maderas con garantías y poco uso de las locales.	Detalles ejecutados al milímetro. Ahorrando costes y tiempos.

Tabla1. Comparativa de construcción industrializada contra tradicional

➤ **Tiempos:**

Los **tiempos de diseño** son los mismos en los dos tipos de construcciones. Depende de cada Arquitecto, su proceso y tiempo de diseño. Esta fase es fundamental para adecuar el diseño a las necesidades tanto estéticas, de uso y económicas de los promotores. Es dónde se toman la mayoría de las decisiones trascendentes del proceso.

Aun así, en los sistemas industrializados, como los detalles constructivos generales vienen definidos por el sistema elegido, se pueden definir los costes de forma más temprana. Podemos decir por lo tanto que el **ajuste presupuestario** es más sencillo con una construcción industrializada.

Los **Tiempos de construcción en obra** sí que son muy variables:

- **Tradicional:** 8-12 meses. Todo se ejecuta en obra y los tiempos están expuestos a las inclemencias de tiempos y a la buena organización de los diferentes equipos implicados en el desarrollo de la obra.
- **Pre-industrializado:** 4-6 meses. En este caso parte de la construcción se ejecuta en fábrica durante la fase de proyecto de ejecución y la otra parte se desarrolla en obra una vez obtenida la licencia de obra.
- **Industrializado:** 15 días a 1 mes. Suele ser una construcción modular que viene prácticamente terminada de fábrica, lo que no implica que los diseños sean personalizables, aunque la mayoría de las empresas tienen tipologías de viviendas más ajustadas en coste.

Plazos en la construcción tradicional:																			
Meses	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Diseño	■																		
Análisis presupuestario					■	■													
Fábrica																			
Obra							■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

Plazos de la construcción Pre-Industrializada:																			
Meses	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Diseño	■																		
Análisis presupuestario			■	■															
Fábrica						■	■												
Obra							■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

Plazos de la construcción industrializada:																			
Meses	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Diseño	■																		
Análisis presupuestario			■																
Fábrica						■	■												
Obra							■												

Tabla2. Comparativa de plazos de construcción.

➤ **Costes:**

Este tema es muy delicado, pero vamos a intentar acercar un poco de luz. Lo primero que debemos valorar es el precio de ejecución material (PEM) de la vivienda con acabados de calidad media.

Tipo de construcción	Precio de construcción Final	Notas
Tradicional sin mejoras en eficiencia energética y pasivas	750-850€/m ²	Viviendas de la burbuja de los últimos años con CTE INCORPORADA
Tradicional con mejoras energéticas y pasivas 5-10% MÁS CARA	825-935 €/m ²	Incorpora muchas mejoras pero es complejo tener un control de la calidad adecuado
Pre-industrializado: 10-20% MÁS CARA	900-1.050 €/m ² para vivienda pasiva 1.100-1.200 €/m ²	Aporta la mejor calidad constructiva y de vida
Industrializado	825-935 €/m ²	Incorpora muchas mejoras pero existen más restricciones de diseño

Tabla elaborada por Bioclimax

Tabla3. Comparativa de precios según el tipo de construcción.

Estos sobrecostes iniciales no se pueden valorar de forma tan sencilla. Para entender económicamente el ahorro real habrá que valorar al menos 10 años de operación, dónde se analizarán, y los costes año a año (incluyendo los consumos en energía) que nos darán los costes acumulados para ver si la inversión sale rentable y en cuánto tiempo se amortiza el sobrecoste.

Aun así, no se puede nunca olvidar que la calidad de vida en este tipo de viviendas industrializadas es siempre muy superior. [26]

1.5 Tipos de reformas

Una vez finalizada una construcción, a la hora de reformar existen dos tipos de obras para iniciar la reforma:

1.5.1 Obra seca

Hay dos razones fundamentales que mueven a una persona a considerar una obra seca. La primera es la necesidad de un trabajo rápido, que no requiera construcción ni deje escombros en la propiedad. La segunda es el ahorro económico que existe en algunos casos. Ya que, en general, los materiales son asequibles y la movilización del personal es menor.

El microcemento, la resina, los paneles sándwich, tarima flotante, los **vinilos y el pladur** son materiales que cobran popularidad por su fácil manejo en obras secas. Estos se pueden pegar o clavar sin inconvenientes y con posibilidades infinitas de creación.

Según la web *Habitissimo*, el 90% de las personas se inclinan por trabajos en seco al reformar sus pisos, la principal razón es ahorrar tiempo y dinero.

Las obras secas no requieren de construcción ni derrumbes. Y como la misma palabra lo señala tampoco de un tiempo de secado para estar listos. Para familias con niños pequeños y personas ocupadas resulta un alivio poder reformar sin tener que supervisar por días e incluso meses a las personas en su hogar. En el mercado son cada vez más comunes los materiales de fácil instalación y resistente.

Al momento de realizar la reforma debe manifestar su deseo de hacerlo en obra seca y **pedir su presupuesto** en base a ello. Para espacios importantes como la cocina y el cuarto de baño representa un ahorro importante en tiempo y materiales.

Los principales beneficios de realizar una obra seca

Las obras en seco son un gran paso en las reformas modernas, las hace más asequibles para personas que buscan soluciones rápidas o que tienen bajo presupuesto. El mercado de los materiales enfoca su atención en el desarrollo de mejores productos que optimicen la construcción sin perder eficiencia. Con **planificación** y una meta clara es posible obtener resultados elegantes en la vivienda.

Los materiales utilizados en las obras de este tipo son ligeros y a la vez resistentes por lo que no debe preocuparse de que se caigan. Antes de instalar es recomendable hacer un estudio previo de la estructura para solucionar problemas de fisuras o inestabilidad. La inspección es importante tanto en casas antiguas como modernas.

Otro beneficio de realizar una obra seca en su casa es que no habrá personas trabajando por prolongados periodos. Tendrá acceso a todos los espacios de su hogar sin incomodidad y en pocos días podrá visualizar la reforma. Es práctico y simple.

Lo recomendable tanto en obras secas como en húmedas es contar con personal capacitado. Estos materiales fáciles de colocar representan una tentación para los amantes del bricolaje. Pero, una mala instalación puede ocasionar accidentes, desprendimiento y roturas.

Si va a realizar alguna tarea por su cuenta pueden ser los **trabajos de pintura** y reciclaje de decoraciones. Para suelos, paredes, encimeras y muros es mejor contar con especialistas.

➤ **Ventajas**

- **Más rápida:** las reformas con obra seca son más rápidas de hacer porque los materiales vienen listos para colocar y no se emplean morteros húmedos.

- **Más limpia:** Al ser materiales prefabricados y listos para colocar, generan muchos menos escombros. Es menos engorrosa y molesta de ejecutar.
- **Más baratas:** Al ser más rápidas y limpias, se necesita menos mano de obra y durante menos tiempo, y los materiales, son más baratos. Todo ello, abarata el coste total de tu reforma.
- **Flexibilidad:** Al ser materiales prefabricados, que se colocan con sistemas como el encastrado o el clavado, se pueden modificar de forma más flexible a lo largo del tiempo.

➤ **Inconvenientes:**

Calidad cuestionada: la obra seca se puede practicar a distintos niveles de calidad. Según cuál sea el objetivo y el presupuesto, se puede hacer un apaño transitorio o algo de mayor calidad. Pero materiales como el pladur o el vinilo aún **tienen cierta fama de materiales baratos para proyectos low cost, aunque no sea del todo cierto.**

- **Profesionalidad:** que sean materiales fáciles y rápidos de poner, no quiere decir que no se hagan auténticas chapuzas. La **profesionalidad de la mano de obra** es fundamental para no restarle prestaciones a este tipo de reformas, que ya son rápidas de por sí.

1.5.2 Obra húmeda

Es el sistema de construcción más usado en nuestro país y el más antiguo. Basa su éxito en la solidez, la nobleza y la durabilidad.

Constituido por estructura de paredes portantes (ladrillos, piedra, o bloques etc.); u hormigón armado. Paredes de mampostería: ladrillos, bloques, piedra, o ladrillo portante, etc. revoques interiores, instalaciones de caños metálicos o plásticos y techo de tejas cerámicas, chapa, o losa plana.

Es un sistema de obra húmeda, en su construcción se utiliza agua para el amasado del hormigón; para la preparación de mezclas y revoques entre otros. Es el sistema de mezcla y cuchara

➤ **Ventajas**

- **Solidez y perdurabilidad:** No nos engañemos, por más que el pladur tenga muchísimas ventajas y prestaciones, hay quién sigue pensando que es para reformas de bajo presupuesto y baja calidad. Ciertamente, hay materiales nobles que son caros y se trabajan mediante la obra tradicional, porque son “para toda la vida”.
- **La única alternativa:** a veces, simplemente, lo que se quiere reformar no se puede hacer de otra forma que no sea mediante la obra tradicional. Como por ejemplo, si quieres tener un suelo de barro cocido estilo rústico.

➤ **Inconvenientes**

- **Más larga:** Al utilizar materiales que necesitan morteros húmedos los trabajos con obra tradicional tardan más en hacerse. Si, además, hay que picar suelos o paredes para colocar los nuevos materiales, el proyecto va sumando días.
- **Más cara:** Por el simple hecho de necesitar más tiempo para ejecutar la obra, ésta se encarece. Y según la envergadura del proyecto, requiere más mano de obra, y por lo tanto, más dinero. Es una cuestión de causa- efecto.
- **Más engorrosa:** En la mayoría de las ocasiones, la obra tradicional implica picar suelos y paredes, lo que genera muchos escombros. Y aunque no fuere así, preparar morteros como el cemento, también genera polvillo y suciedad.

Ahora entraremos en una comparativa en profundidad que enfrentará los dos tipos de obras:

1. Con la obra seca se obtiene una **reducción del tiempo de obra que varía entre el 30 y el 60%** con respecto a la misma construcción realizada en obra húmeda. Esto se debe a que varias operaciones pueden realizarse en taller, independizándolas del clima. Por otra parte, al no existir tiempos de fragüe y mezclas de materiales húmedos, la velocidad en el proceso constructivo es muy superior.

2. En la obra seca, los aislamientos (generalmente lana de vidrio y/o poliestireno expandido) se colocan en los espacios que existen entre los perfiles, logrando valores de resistencia térmica y acústica elevados sin incrementar el espesor de los muros, lo que **significa poder contar con mayor superficie útil**. Con diversas configuraciones de muros, la obra seca es posible alcanzar

los valores de aislamiento térmico exigidos por la Ley y demás ordenanzas de nuestro país, con espesores mucho menores que los muros de obra húmeda equivalentes en aislación. Esto redundará en un ahorro significativo de calefacción en invierno y refrigeración en verano, lo que significa a su vez un **ahorro concreto en las facturas de servicios de gas y electricidad**.

3. Los sistemas de construcción en seco logran aislamiento y confort acústico gracias a ser un sistema de capas (placas, aislantes, placas) y no un mampuesto macizo. Un muro liviano de construcción en seco (debidamente aislado) puede alcanzar **más de 70% de aislamiento acústico** que uno (4 veces más pesado) de ladrillos.

4. Las estructuras que soportan los paneles de la obra seca, están compuestas por perfiles metálicos livianos, cuya seguridad estructural puede ser perfectamente definida mediante un cálculo, siguiendo los lineamientos de los reglamentos del código técnico vigente; con los cuales también se puede calcular la estructura de obras húmedas.

5. La construcción húmeda es más sucia ya que utiliza, por ejemplo, cemento, cal, y áridos. Asimismo, genera muchos residuos y desperdicios. La obra seca produce una **cantidad mucho menor de desperdicios**, ya que sus componentes principales, los perfiles de acero galvanizado que sirven de apoyo para los paneles sándwich, pueden adquirirse cortados a las longitudes necesarias para cada proyecto. La limpieza de obra seca también es posible gracias a que no se realizan mezclas húmedas, lo que redundará en la **posibilidad de habitar la vivienda desde el minuto cero de haber sido finalizada**; mientras que la obra húmeda continúa emitiendo polvillo y humedad luego de varias semanas de haber sido terminada.

6. En la obra seca, al ser un sistema liviano, existe un **menor riesgo de lesiones o accidentes**. La obra húmeda trabaja con elementos (maquinaria, grúas, bolsas de cemento, etc.) de gran tamaño y peso que pueden ser determinantes a la hora de producir lesiones a un trabajador.

7. Las remodelaciones o ampliaciones en obra seca son simples, rápidas y limpias, ya que no es necesario picar y generar escombros. Con la obra húmeda se producen mayores inconvenientes y molestias a los propietarios, generando además gran cantidad de residuos y suciedad. La construcción en seco, en cambio, **permite adaptar las viviendas de manera rápida y sencilla a nuevas funcionalidades**, conforme al deseo de los habitantes o al cambio en la cantidad de integrantes de la familia.

8. Aunque la mampostería tiene una resistencia al fuego algo mayor que los paneles sándwich, **ambos sistemas tienen buena resistencia al fuego con una adecuada utilización de**

materiales; brindando un tiempo más que prudencial para una posible evacuación. Por otra parte, al ser los paneles un sistema compuesto por materiales livianos, un posible colapso ocasionará daños muchísimo menores que aquellos que puedan ocasionarse por el colapso de muros pesados, atentando contra la seguridad de sus habitantes.

9. La obra seca con paneles sándwich es ideal para zonas sísmicas ya que **su reducida masa disminuye las fuerzas sísmicas** que son proporcionales a ella. Por otra parte, la obra húmeda requiere refuerzos estructurales que incrementan su costo.

10. La durabilidad de ambos sistemas constructivos, siempre y cuando estén correctamente ejecutados, es prolongada y similar. En la obra seca con paneles de sándwich, los perfiles que componen la estructura poseen un recubrimiento de zinc que asegura una **durabilidad superior a los 200 años**, aún en condiciones de emplazamiento agresivas (como pueden ser zonas costeras), si se cumple con los correspondientes requisitos de estanqueidad. Así lo demuestra una gran cantidad de construcciones con más de 100 años en Ushuaia, por sólo citar un ejemplo. **Que la obra seca sea rápida y liviana, no significa que no sea durable.**

11. En el sistema de obra seca los costos de reparaciones son sensiblemente menores, ya que existe un acceso inmediato y sencillo a las instalaciones, **evitando las roturas de paredes y el uso de materiales húmedos** que conlleva largas esperas para poder luego aplicar las pinturas. Con la obra seca las reparaciones son rápidas, y se puede aplicar la pintura de terminación 48 horas. después de efectuada la reparación. **Cero escombros, mayor rapidez.**

12. La obra seca acompaña el concepto de una **arquitectura sustentable y respetuosa del medio ambiente** y de los recursos naturales. Así, el agua no se utiliza, el proceso es completamente en seco.

13. La obra en seco de panel de sándwich resulta un sistema competitivo en costos para construcciones de hasta dos pisos. Para mayor cantidad de pisos, suele ser conveniente realizar una estructura primaria de hormigón o metálica pesada, utilizando el panel de sándwich para realizar los cerramientos exteriores y las particiones interiores. De esta forma se reducen las cargas muertas por reducción del peso de los tabiques, redundando en una estructura primaria más liviana, y por ende, más económica. Asimismo, el sistema es **ideal para ampliaciones en altura de viviendas existentes** (realizadas en mampostería), dado que su escaso peso estructural permite ampliar hacia arriba sin comprometer la losa existente.

	Obra seca	Obra húmeda
1 - Tiempos de ejecución.		
2 - Aislamiento térmico con mayor superficie útil.		
3 - Confort acústico.		
4 - Resistencia estructural.		
5 - Limpieza de obra.		
6 - Menores riesgos de accidentes.		
7 - Rapidez, facilidad y limpieza en remodelaciones.		
8 - Resistencia al fuego.		
9 - Adecuado comportamiento ante sismos.		
10 - Durabilidad.		
11 - Mantenimiento y prevención de patologías.		
12 - Consumo de agua durante el proceso constructivo.		
13 - Posibilidad de construir en altura.		
14 - Acceso a créditos hipotecarios.		

Tabla4. Comparativa de características de obra seca y húmeda

Una vez visto todo lo que involucra la selección de materiales en una construcción, vamos a centrarnos en un material, para ello vamos a ir viendo las necesidades y propiedades que tiene el material elegido, el panel de sándwich.

1.6 Estructuras tipo sándwich, propiedades y características

Las primeras estructuras de materiales compuestos fueron tipo "sándwich", y se obtenían ensamblando por pegado (o soldadura) dos láminas delgadas y de alta resistencia, denominadas pieles, y una placa gruesa de material ligero, denominada núcleo, de bajas características mecánicas. Es uno de los materiales más atractivos para la creación de pisos y paredes en lugares donde se requiere soportar cargas con un gran ahorro de peso en su estructura. Esta tecnología se pretende desarrollar para su uso masivo disminuyendo costos con la simplificación de los procesos y utilización de materiales más económicos. [27]

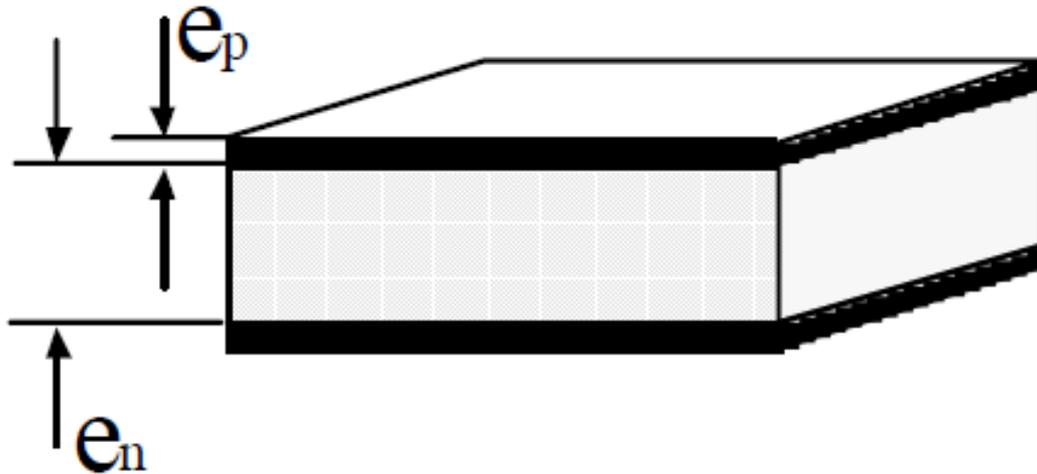


Figura5. Representación de un panel de sándwich.

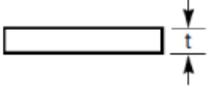
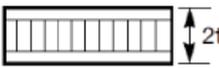
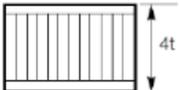
	Sólido	Material Compuesto Tipo Sándwich.	Material Compuesto Tipo Sándwich.
			
Rigidez Relativa	100	700 7 veces más rígido	3700 37 más rígido
Fuerza Relativa	100	350 3.5 más fuerte	925 9.25 más fuerte
Peso Relativo	100	103 3% de aumento del peso	106 6% de aumento del peso

Tabla6. Características de rigidez frente a espesor del core.

Los revestimientos o pieles se definen como los laminados de material compuesto que encierran al núcleo en un sándwich. Asimismo, un material compuesto se puede describir como la unión de una resina, que constituye la matriz, con otro material más resistente, las fibras. De forma esquemática:

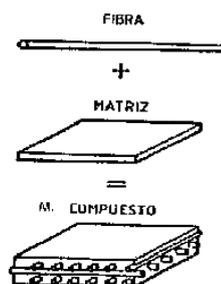


Figura7. Tipos de materiales que forman un material compuesto.

Se suele definir el material compuesto como la combinación a escala macroscópica de dos o más materiales con interfases de separación entre ellos para formar un nuevo material.

Las pieles están constituidas de material compuesto reforzado con fibras en dos direcciones. A estas láminas con refuerzo bidireccional entrelazados en direcciones perpendiculares se les denomina tejidos. Las propiedades mecánicas vienen determinadas por las direcciones de los refuerzos, trama y urdimbre. La trama es perpendicular al borde longitudinal del preimpregnado, mientras que la urdimbre es paralela al mismo.

Las propiedades mecánicas de un tejido vienen definidas por las direcciones de trama y urdimbre, y normalmente son más bajas que las de un preimpregnado tipo cinta en la dirección de las fibras, en los cuáles las fibras van en una sola dirección.[29]

Las características que suelen ser de interés en los materiales compuestos son:

- Alta rigidez específica
- Baja densidad
- No conductores eléctricos
- Resistentes a la corrosión
- Larga vida a fatiga
- Amortiguan vibraciones
- Aislamiento térmico y acústico
- Resistencia a la abrasión
- Posibilidad de diseñar y modificar las propiedades mecánicas en base a su anisotropía

Como inconvenientes se puede hacer mención de:

- Elevado coste del material
- Alta sensibilidad de las propiedades mecánicas ante variaciones de temperatura y humedad.
- Procesos de fabricación tecnológicamente complejos
- Equipos e instalaciones de fabricación de elevado coste
- Posibilidad de inducir corrosión galvánica en contacto con materiales metálicos
- Elevado esfuerzo en procesos de control de procesos

El núcleo se puede definir como aquel elemento de baja densidad y bajas características mecánicas que separa los revestimientos en una estructura sándwich. Suele denominarse núcleo o core.

Con el fin de unir la piel al núcleo se suele colocar una capa de adhesivo entre ellos.

Dependiendo del procedimiento que se emplee para la fabricación del sándwich se suele utilizar un film de adhesivo o no. Si se lleva a cabo un procedimiento de precurado, en el cual se forman los empilados de fibra en una primera fase y después se unen al núcleo, es necesario emplear una capa de adhesivo entre cada revestimiento y el núcleo. En cambio, si se fabrica mediante curado no es necesario emplear una capa de adhesivo, ya que la resina de las láminas de fibra puede actuar como medio de unión entre los revestimientos y el núcleo.

La “piel” de nuestro material estará formada por fibra de vidrio ordenada de un espesor aproximado de 2mm, y el “núcleo” estará formado por una espuma de alta densidad.

Una de las cosas importantes es que las resinas poliésteres que curan la fibra de vidrio atacan a las espumas de poliestireno por lo que nos decantamos por una resina epoxy que además es ignífuga.

➤ **Fabricación:**

En cuanto a la fabricación de las estructuras sándwich, los revestimientos se pueden curar separadamente y pegar posteriormente al núcleo, cocurar con el núcleo en una única operación o se pueden combinar ambos métodos. El primer tipo de procedimiento asegura un buen acabado superficial de los revestimientos, pero puede presentar problemas de ajuste entre los revestimientos y el núcleo. El segundo tipo de procedimiento, por el contrario, suele presentar un pobre acabado superficial, aunque el ajuste con el núcleo es mucho mejor. El acabado superficial se puede mejorar utilizando un segundo revestimiento cocurado con el primero o curado en un ciclo posterior. Los revestimientos cocurados suelen presentar peores propiedades mecánicas.

➤ **Comportamiento mecánico:**

En este tipo de estructuras las caras de material compuesto resisten casi todas las cargas en el plano y los momentos de flexión fuera del plano, proporcionan casi toda la rigidez a flexión porque tienen un módulo de elasticidad más alto que el del núcleo, y están situadas a

una mayor distancia del eje neutro de la estructura. El núcleo proporciona distancia entre las caras y les transmite el cortante como una flexión alrededor del eje neutro de la estructura. El núcleo también suministra la rigidez a cortante a través del espesor y estabiliza las cargas en las caras, así las caras se pueden cargar a niveles de tensión más altos que los que puede soportar cualquier placa delgada sometida a cargas de pandeo. [33]

La idea básica que permite entender la funcionalidad, en cuanto a resistencia mecánica en este tipo de estructuras, es que al separar los revestimientos se consigue aumentar la rigidez a flexión. Los revestimientos actúan de forma similar a las alas de una viga en I, soportando las cargas de flexión mediante tracción del ala inferior y compresión del ala superior (suponiendo una carga de flexión que tracciona el ala inferior y comprime el superior). El núcleo hace una función similar al alma de la viga, resistiendo las cargas de cortadura transversal. [22]

Por tanto, las siguientes hipótesis son las tenidas en cuenta en las estructuras sándwich en cuanto al comportamiento mecánico:

- Los revestimientos resisten todas las cargas en el plano y los momentos flectores.
- El núcleo separa los revestimientos y transmite cortadura entre ambos de manera que se pueden considerar efectivos respecto de un eje neutro común. Otra misión del núcleo es evitar que los revestimientos pandeen por separado.
- Las cargas fuera del plano se suponen reaccionadas por el núcleo.

Aunque la rigidez a flexión se ve incrementada significativamente con respecto a una construcción monolítica con el mismo peso, no ocurre lo mismo con la rigidez plana y la resistencia.

Para entender la forma de trabajo de un panel tipo sándwich es necesario diferenciar las formas de trabajo de las pieles y el núcleo. Las pieles soportan las cargas inducidas por la flexión y el núcleo el esfuerzo cortante que actúa sobre el panel. Es decir, las pieles trabajan como laminados solicitados por cargas en su plano, soportando el momento flector que aparece sobre el panel. [30]

Las pieles trabajan en su plano sometidas a compresión -la piel superior- y a tracción la inferior. La tensión σ se considera constante a través del espesor de la piel y no se producen estados de cizalladura fuera del plano de esta. El núcleo trabaja a cortante: no sufre ninguna deformación por flexión. Adicionalmente se supone que, la tensión tangencial T , es constante

a través del espesor del núcleo. Los valores de las tensiones σ y τ pueden calcularse, en función de los esfuerzos que parecen, como:

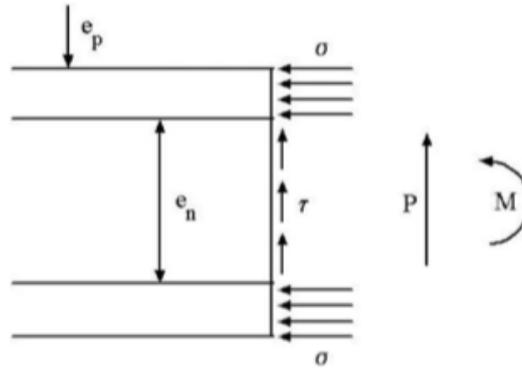


Figura8. Tensión normal, cortante y momento flector.

1.6.1 Comportamiento acústico y térmico

El aislamiento térmico y acústico de una casa es un tema crucial, un punto clave desde todos los puntos de vista: energético, económico, de confort, de higiene... Sea cual sea el presupuesto que se destine a este concepto, la inversión, si se hace bien planificada, siempre resultará rentable.

Aislar nuestra vivienda es fundamental para que resulte confortable y cálida. Ese aislamiento se refiere básicamente a dos factores: ruido y frío. **Lo bueno del caso es que algunas de las posibles soluciones lo son para ambos problemas.** Una casa mal aislada necesita más producción de calor para mantener su temperatura, aumentando su consumo energético. En nuestra vivienda, pequeñas mejoras en el aislamiento pueden conllevar ahorros energéticos y económicos de hasta un **30%**. Aislarse de los ruidos, una solución bastante habitual son los techos y suelos flotantes. Se coloca un falso suelo o falso techo sobre el original, colocando entre medias un material aislante. Esta solución es bastante eficaz, sobre todo en el caso de los suelos flotantes ya que es capaz de atenuar el 90% de los ruidos. Los aglomerados de madera y las fibras requieren menos obra. Las soluciones que requieren menos obra son los aglomerados de madera y las fibras minerales: de vidrio o lana de roca, poliestireno expandido, vidrio celular, espuma de poliuretano o espumas fenólicas. Uno de los materiales más utilizados es la lana de roca, un material fabricado a partir de rocas volcánicas. Es un material incombustible que, además de aislar del ruido, es un buen aislante térmico por lo que también nos ayudará a ahorrar energía. Un punto especialmente vulnerable de las casas son las ventanas,

ya que son un puente de paso para el ruido exterior. Elegir un vidrio del grosor adecuado o laminado y sobretodo un perfil que garantice el aislamiento acústico es imprescindible.

Frente a las pérdidas de calor o entradas del frío exterior estos son más los puntos a tener en cuenta. En cualquier caso, muchas de las medidas que adoptemos también servirán para combatir los ruidos del exterior.

Ventanas: Los sistemas de doble cristal o doble ventana reducen prácticamente a la mitad la pérdida de calor con respecto al acristalamiento sencillo. Las mejores carpinterías para el marco son las denominadas de rotura de puente térmico, que contienen material aislante entre la parte interna y externa del marco.

Persianas: procura que los cajetines de las persianas no tengan rendijas y estén convenientemente aislados. Utiliza láminas adhesivas de algún material plástico transparente para pegarlas a marcos y acristalamientos.

Puertas: Conviene utilizar burletes para mejorar el cierre de las puertas.

Juntas: Usa aislantes detrás de los zócalos, donde la pared y el suelo se juntan, así como en las coyunturas de los marcos de las puertas y paredes. Para tapar las rendijas y disminuir las infiltraciones de aire de puertas y ventanas, puedes emplear medios sencillos y baratos, como la silicona, la masilla o el burlete. Ahorrarás entre un 5% y un 10% de energía.

Paredes: La instalación de una capa de tres centímetros de corcho, fibra de vidrio o poliuretano tiene la misma capacidad aislante que un muro de piedra de un metro de espesor. Sin embargo, los ladrillos huecos siguen siendo para muchos profesionales el mejor aislante.

Techos: Suponen la superficie por la que más calor se pierde en una vivienda, hasta el punto de que su aislamiento puede llegar a reducir en un 35% los gastos en calefacción. Se puede aislar con láminas de fibra mineral, como lana de piedra o fibra de vidrio. También pueden cubrirse con pinturas especiales, que desvían el calor hacia otro punto.

Suelos: También existen aislantes de fibras minerales para estas superficies. Las alfombras permiten reducir la pérdida de calor por el suelo, aunque la instalación de la calefacción vaya por ahí.

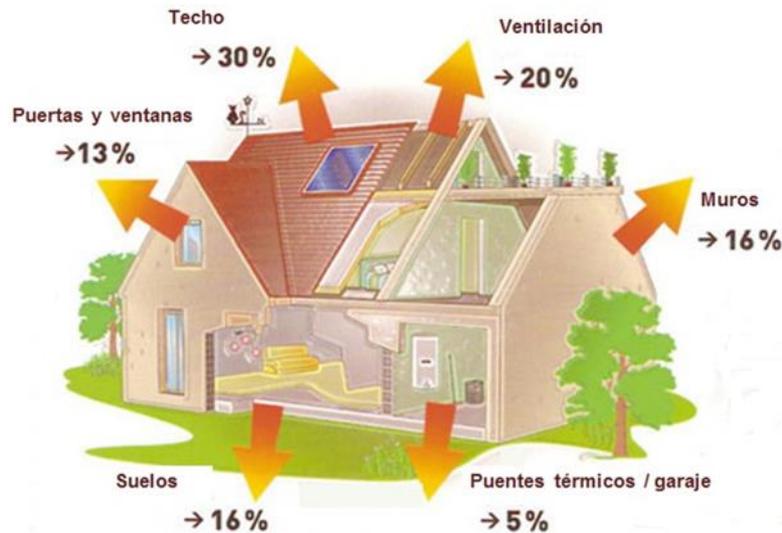


Figura9. Pérdidas en % de calor, según la zona.

En general podemos decir que las estructuras tipo sándwich nos van a dar un:

- Un buen aislamiento puede suponer ahorros energéticos de hasta un 30%.
- Aislar el techo puede llegar a reducir en un 35% el gasto en calefacción.
- Los techos y suelos flotantes pueden llegar a atenuar el 90% de los ruidos.

El core de nuestro material está formado por poliestireno expandido, en construcción se utiliza como material para aligerar y como aislamiento térmico. Se encuentra con muchos espesores y densidades que van desde 10 hasta 30 kg/m³, con una conductividad térmica de entre 0,029 y 0,053 W/(mK).[23]

Esta buena capacidad de aislamiento térmico se debe a la propia estructura del material que esencialmente consiste en aire ocluido dentro de una estructura celular conformada por el poliestireno. Aproximadamente un 98% del volumen del material es aire y únicamente un 2% materia sólida (poliestireno), siendo el aire en reposo es un excelente aislante térmico.

Los gases son muy malos conductores del calor, por eso, el aire contenido entre los poros de poliestireno constituye un método muy eficaz para reducir las pérdidas de calor a través de ellas.

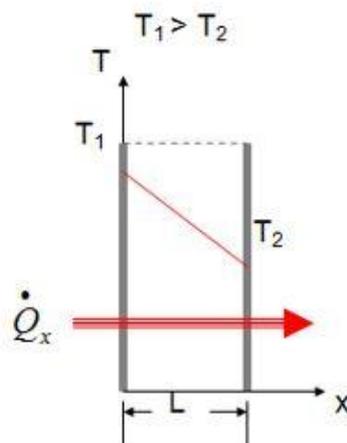


Figura10. Transmisión de calor por conducción.

Los materiales tipo sándwich tiene gran capacidad aislante. Comparando una placa metálica, de 2 mm de espesor y un panel tipo sándwich de 7 mm de espesor, siendo el núcleo de espesor de 5 mm; las potencias caloríficas que se transmitirían serían de 1 Mw para la placa metálica y de 300 w para la placa sándwich, lo que demuestra la capacidad de aislamiento térmico que ofrecen estos materiales tipo sándwich.

En cuanto al aislamiento acústico, cuando el sonido incide sobre una superficie, éste es reflejado, absorbido y transmitido por esa superficie.

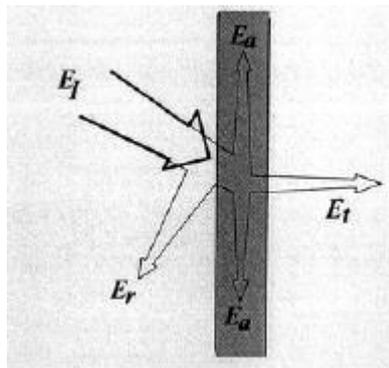


Figura 11. Incidencia de ondas sonoras contra un material.

$$E_i = E_r + E_a + E_t$$

Dónde:

- E_i : Energía sonora incidente.
- E_r : Energía sonora reflejada.
- E_a : Energía sonora absorbida.
- E_t : Energía sonora transmitida.

La absorción acústica se refiere a la amortiguación de las reflexiones en el interior de una habitación. Los materiales “duros” reenvían el ruido. Los materiales “blandos absorben el ruido”. Al amortiguar las reflexiones, se obtiene una impresión sonora menos resonante y más agradables. Esto hace referencia a la impedancia acústica, que es la característica del medio que mide la oposición o inercia de éste a que se propague la onda sonora.

Hay dos aplicaciones fundamentales en las que el Poliestireno Expandido es muy conocido: como amortiguador en suelos flotantes y como desolidarizador, que es una lámina flexible de polietileno reticulado de celda cerrada que proporciona al producto una estructuración interna elástica, en bandas resilientes bajo elementos verticales. En ambos casos destacan las mejoras conseguidas en los últimos años en cuanto a la rigidez dinámica y la clase de compresibilidad del producto.

Parece demostrado que, en paredes dobles de albañilería, el principal flujo de transmisión de ruido se forma a través de la unión de las hojas con los elementos de flanco, lo que ha puesto de relevancia la importante misión de las bandas resilientes y su papel fundamental, que deja en un segundo plano la importancia del material de la cámara. Del mismo modo, los ensayos arrojan unos resultados fantásticos en soleras flotantes para complementar el aislamiento a ruido aéreo y de impacto de cualquier tipo de forjado o losa.

1.6.2 Comportamiento frente a seísmos

Cerca del punto donde se origina el sismo (epicentro) se perciben movimientos intensos tanto verticales como horizontales; mientras que en lugares alejados cientos de kilómetros, el movimiento predominante es el horizontal.

Las estructuras se dimensionan, normalmente, para cargas de tipo gravitatorio, es decir, cargas estáticas que actúan sobre un elemento. Las acciones sísmicas, así como otras acciones no gravitatorias, son cargas dinámicas.

Cuando se somete una construcción a movimiento horizontal del terreno, se generan fuerzas laterales (fuerzas de inercia o fuerzas sísmicas). Las fuerzas a que es sometida la estructura dependen de su masa y de su altura; mientras más peso en la parte superior, mayor es la fuerza lateral que se generará en la construcción.

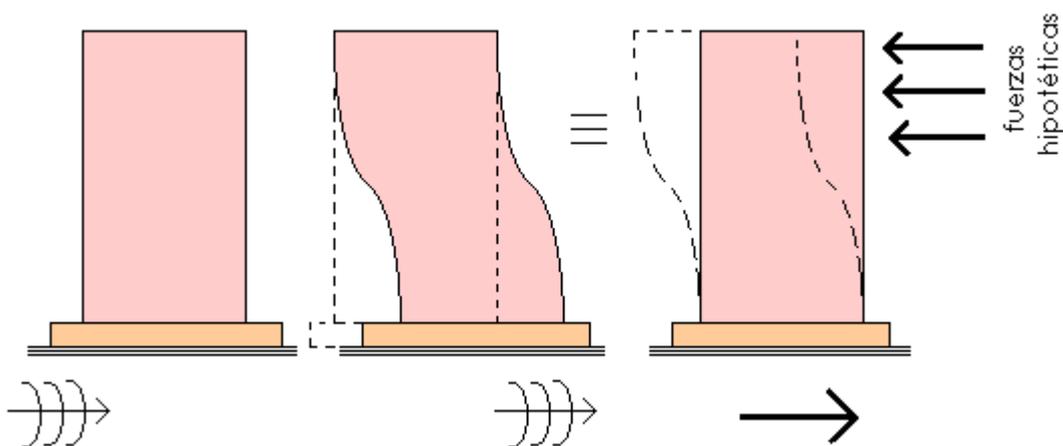


Figura12. Comportamiento frente a terremoto.

El movimiento que generan los terremotos consiste en una vibración en la superficie de la tierra cuya dirección contiene las tres componentes espaciales: dos horizontales y una vertical. Ese movimiento vibratorio produce unas fuerzas de inercia que sacuden los edificios horizontal y verticalmente, y en algunas ocasiones también se generan fuerzas de rotación que complican todavía más el comportamiento y la estabilidad de la estructura.

Realmente, la componente horizontal de la acción sísmica (en cierto modo similar a la del viento) es mucho más importante que la vertical, ya sea la estructura de mampostería, ladrillo, hormigón o acero. Aunque en algunos terremotos de gran magnitud se han llegado a registrar aceleraciones horizontales próximas a la de la gravedad, movimientos más pequeños pueden producir daños muy graves en los elementos verticales de los edificios (pilares, columnas, muros...), que son los que más influyen en su estabilidad, por lo que un fallo en ellos pueden hacer colapsar el edificio. Por tanto, se requiere que la seguridad sismorresistente sea superior en los nudos que en sus piezas -vigas o pilares- y que la de estos últimos sea superior a la de las vigas (viga débil – pilar fuerte). [20]

Si se sobrepasa el régimen elástico de algún material puede deformarse sin tender a recuperar su forma (régimen plástico) o si responde frágilmente, romperse. Desde este punto de vista los materiales de construcción más seguros son los elásticos y coherentes (como la madera y el hormigón armado).

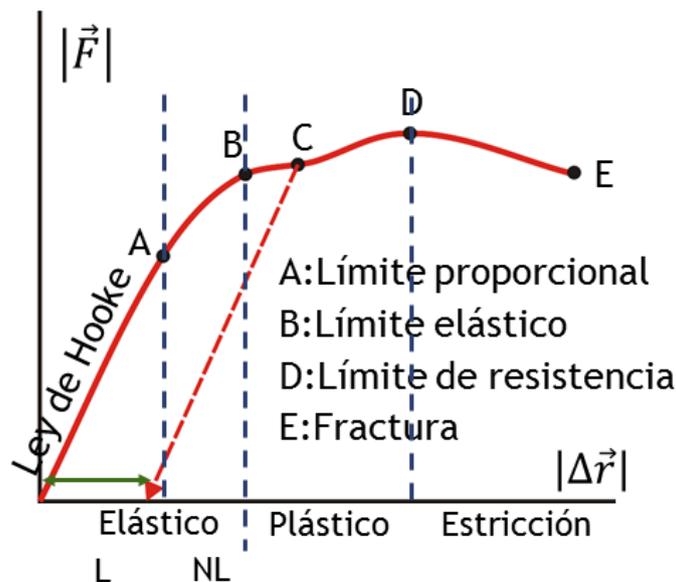


Figura13. Gráfica de ensayo de tracción.

En caso de que coincida la frecuencia de la onda sísmica y la frecuencia de oscilación del edificio se produce el fenómeno de la resonancia. Esto producirá, probablemente, el derrumbe del edificio. Normalmente, sin embargo, se originan grandes deformaciones y la rotura de algunas partes del edificio varía su frecuencia de oscilación por lo que la construcción tenderá a estabilizarse.

Una de las dudas más comunes, en cuanto a las **viviendas modulares** se refiere, tiene que ver con la **resistencia frente a incendios y terremotos**. En el momento de compra, y antes, esta duda asalta a todos los clientes.

La construcción de la vivienda permite el desplazamiento de los módulos, y los posibles movimientos producidos por el sismo, las dilataciones y contracciones, sin que estos sufran daños. Estamos hablando de una unión flexible y limitada, que permite estas holguras. Lejos de los grandes monolitos hormigón extremadamente rígidos, y por supuesto, evitando también desplazamiento por el efecto de reptar de los módulos.

En la filosofía de la casa prefabricada moderna ésta utiliza materiales tecnológicamente avanzados y que por tanto **tienen prestaciones y requerimientos de mantenimiento mucho más eficientes y sencillos que materiales más clásicos** utilizados habitualmente en la construcción tradicional. Por ejemplo, frente a los cerramientos de ladrillo que sufren desgaste a la humedad, sol, frío y tienen un comportamiento frágil, se puede utilizar elementos de construcción en seco, que permiten absorber las deformaciones habituales de las viviendas sin que nos aparezcan las tan molestas grietas en los cerramientos.

1.6.3 Durabilidad

El tiempo de vida que se le exige a un elemento utilizado en una edificación puede variar de una aplicación a otra. Para edificaciones industriales puede ser suficiente un tiempo de vida de 25 años o menos, ya que se comprende que los cambios en la actividad industrial precisan de frecuentes reconstrucciones. En otros casos el requerimiento puede ser mucho mayor, pudiendo llegar a los 50 años o más.

En un documento elevado al CEN (*Comité Europeo de Normalización*) se trató la propuesta de que el periodo de vida exigible debería ser de 25 años para aquellos productos que se pueden reparar o reemplazar (con cierta laboriosidad) en la mayor parte de las

construcciones. Este sería el caso de los paneles sándwich. Para productos que no son reemplazables, el requisito para el producto es el mismo que para el edificio en sí mismo, es decir un rango de 10 a 100 años.

Cuando se desarrollan nuevos materiales estructurales no se pueden esperar 50 años, por ejemplo, para comprobar si tienen un periodo de vida adecuado. Existe una necesidad de encontrar un camino más rápido para estimar ese periodo de vida y por lo tanto resulta necesario predecir la durabilidad en el largo plazo mediante el uso de métodos de envejecimiento acelerado. Es imperativo dar también a los clientes alguna garantía de que la duración de un producto novedoso es la suficiente.

Por lo tanto existe una imperiosa necesidad de disponer de métodos apropiados para predecir y controlar la durabilidad de los elementos estructurales en general y de los paneles sándwich en particular, en especial cuando la experiencia demuestra que en el caso del sándwich la unión adhesiva entre el núcleo y las caras conlleva problemas de durabilidad. Por lo tanto en los últimos años se han desarrollado diversos procedimientos de ensayo o comprobación.

El efecto de la degradación progresiva se puede medir mediante la observación de la evolución de la resistencia durante el envejecimiento. La durabilidad, por tanto, se mediría en términos de lo que en ocasiones se denomina *factor de durabilidad* y en otras ocasiones se llama *factor de degradación*, que se define como la relación entre la resistencia a tracción perpendicular después de envejecimiento con respecto a la resistencia a tracción instantánea sin envejecer. [14]

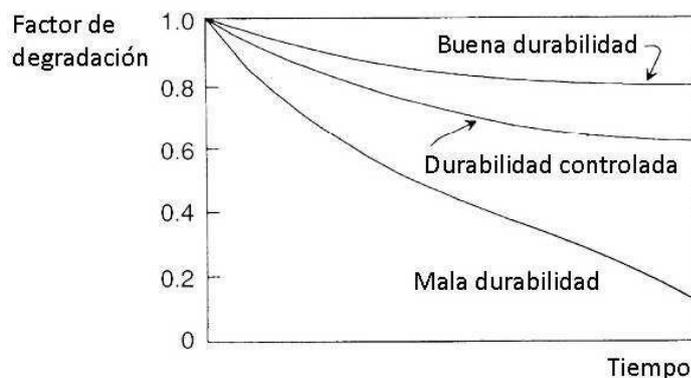


Figura14. Factor de degradación.

No existen, en la actualidad, ni métodos ni criterios aceptados que permitan predecir el periodo de vida de un elemento de construcción, pero se pueden hacer ciertos razonamientos teóricos que permiten centrar el problema. En primer lugar, podría decirse que un elemento alcanza su límite de durabilidad o por razones mecánicas o no mecánicas.

Límite de durabilidad por razones mecánicas:

En un elemento de construcción se plantea una relación antagónica entre su resistencia y la carga que ha de soportar. Sea $S_d(t)$ el valor de diseño de la carga, que será función del tiempo; en el caso del panel sándwich esta carga puede ser una carga permanente o viento, nieve o una combinación de todas ellas. Generalmente los valores de diseño de la nieve o del viento se estiman considerando un periodo de tiempo de 30 a 50 años, de tal manera que en un tiempo t , la vida que queda al elemento es ese número de años menos t . Entonces, para cargas de origen natural, la carga máxima que se podría esperar que aconteciera decrece según va disminuyendo la vida que le queda al elemento.

Entonces, se alcanzará el límite de durabilidad de un elemento cuando el valor de la acción que sufre el elemento supera a la resistencia, de manera que el elemento ya no es capaz de soportar la carga de diseño.

El problema es que no se conoce bien cómo cambia la resistencia $R(S, t)$ con respecto al tiempo y con respecto a diferentes acciones. Tampoco se conoce con certeza la evolución de las acciones $S(t)$ con respecto al tiempo. Por lo tanto no es posible, actualmente, resolver la ecuación, planteada, de la durabilidad. Lo único que se puede hacer, y así se hace, es tratar de desarrollar y probar métodos de ensayo acelerados de laboratorio y usarlos para estimar una relación entre la resistencia y las acciones de carga.

Los métodos de ensayo acelerado permiten validar elementos de construcción novedosos mediante la comparación con otros elementos tradicionales de reconocido buen funcionamiento de los que hay un conocimiento histórico acumulado. Obviamente estos métodos de ensayo acelerado no deben requerir tiempos excesivamente largos para proporcionar resultados.

Límite de durabilidad por razones no mecánicas

Además de alcanzarse el límite de durabilidad por razones estrictamente mecánicas, no hay que olvidar que también se puede alcanzar ese límite por otras razones: físicas, económicas,

culturales u otras: el aislamiento térmico ya no es suficiente, o la protección contra inclemencias del tiempo ya no es adecuada, o el aspecto estético de la estructura se ha vuelto inaceptable.

1.7 Impacto ambiental de las construcciones

Un hábitat sano es fundamental para preservar y mantener la salud. Por tanto es imperativo incorporar el concepto de que la contaminación ambiental no sólo causa desequilibrio en ecosistemas naturales o urbanos, sino que también se introduce en los espacios interiores de todo edificio u obra construida.

Existen muchos factores que inciden para que un ambiente interior logre un bajo impacto ambiental: el emplazamiento, la orientación, la ventilación, las instalaciones eléctricas, las aguas negras, la calidad de la construcción, el origen de los materiales y los componentes del edificio.

Exponemos aquí la influencia sobre el medio ambiente, y de manera general, de los componentes de un edificio y materiales de construcción, su influencia nociva o toxicidad nombrando algunos materiales alternativos.

Para concretar una construcción más sostenible, debemos conocer primero el impacto de los edificios en el medio ambiente. Dicho impacto puede analizarse desde diferentes puntos de vista. Por ejemplo, según la escala de su incidencia, local o regional. [2]

Cuando se examina el consumo energético de una casa se suele prestar atención a su diseño, a su climatización, a su equipamiento, al uso de energías renovables. Sin embargo, a menudo se suele obviar la propia casa en sí, es decir, la cantidad de energía requerida para producir cada uno de sus componentes: ladrillos, vigas, cemento, tejas, baldosas...

Esta información resulta muy interesante y puede producir algunas sorpresas. Como que una vivienda diseñada con criterios de eficiencia luego no lo sea tanto cuando se analiza lo que hay por dentro de las paredes. O que el gasto de energía para construir una plaza de aparcamiento subterránea pueda llegar a ser equiparable a la del uso del coche que está aparcado en ella. Y es que, como incide el investigador Ignacio Zabalza, del Centro de Investigación de Recursos y Consumos Energéticos (CIRCE), cada metro cuadrado habitable construido de un edificio convencional requiere de un total de 2,3 toneladas de materiales. Si se considera el peso

de los recursos afectados por el proceso de fabricación, entonces esta cifra se multiplica por tres: 6 toneladas por m².

¿Hasta qué punto son importantes los materiales de construcción en el balance energético de una vivienda? Imaginemos una casa unifamiliar de 222 m² situada en Zaragoza, que es donde la coloca este ingeniero aragonés en un estudio publicado en la revista científica *Building and Environment*. Si se introducen los datos de esta hipotética vivienda en un programa de simulación que cumpla la actual normativa de certificación energética de edificios (RD 47/2007), el resultado que se obtiene es que va a generar cerca de 1,6 toneladas de CO₂ al año, lo que corresponde a una clase B. Ahora bien, esto es teniendo en cuenta sólo el uso de la casa a lo largo de 50 años de vida (el gasto en calefacción, aire acondicionado, agua caliente, iluminación...), si se analizan los materiales utilizados en su construcción, entonces habría que añadir otras 57 toneladas de CO₂. [6]

Estas 57 toneladas adicionales supondrían el 41% del total de emisiones generadas **por** la casa a lo largo de 50 años. O dicho de otra forma, tendrían que pasar 35 años para que las emisiones producidas por el uso de esa vivienda en Zaragoza igualasen a las de su construcción. Paradójicamente, no son tenidas en cuenta por la normativa que evalúa la eficiencia energética de esa vivienda, cuando su impacto es mucho mayor que el de otros factores a los que se les da mucha mayor importancia.

Como explica Zabalza, se está desaprovechando una gran oportunidad de actuar en la eficiencia de las casas desde la propia elección de los materiales para su construcción. Un ejemplo de ello es el ladrillo, fabricado fundamentalmente a partir de arcilla extraída de canteras. Este investigador ha estimado que para fabricar un kilo de ladrillos en España se requiere consumir 3,56 MJ equivalentes de energía primaria, gastar 1,89 litros de agua y emitir a la atmósfera 270 gramos de CO₂. Sin embargo, existen algunas variantes que reducen de forma considerable estos impactos. Es el caso del ladrillo de arcilla aligerada (compuesto por un 85% de arcilla y un 15% de paja) y de los ladrillos silico-calcáreos (con arena de sílice). Sustituir unos ladrillos por otros puede resultar mucho más efectivo que otras medidas de diseño o de equipamiento de las que se habla mucho más.

Otra forma de disminuir mucho el impacto ambiental de una vivienda sería si se pudiesen reutilizar algunos de estos materiales al final de la vida útil de la casa. Esto es hoy en día muy difícil, pues cuando se derriba un edificio lo que queda es una montaña de escombros en la que

resulta muy complicado separar materiales. Por ello, este ingeniero aboga por un cambio radical en el diseño de la construcción para favorecer el desamblaje de algunos de sus componentes. “Esto es un cambio de mentalidad importante, pero habría que pensar en uniones que fueran atornilladas para facilitar la recuperación de materiales”.

Este tipo de análisis puede crear controversia, pero daría un enfoque muy interesante de la edificación. Y también evitaría que, como ocurre a menudo hoy en día, se pusiese la etiqueta de “ecológico” a edificaciones que en realidad van a seguir incrementando las emisiones de CO₂ por los materiales de construcción utilizados o por los desplazamientos para llegar hasta ellas.

Ahora que se habla tanto de rehabilitación de edificios para mejorar la eficiencia de las viviendas a la vez que se reactiva el empleo, puede ser útil realizar este tipo de cálculos. “En España, el parque edificatorio es ineficiente, y está claramente sobredimensionado e infrutilizado”, detalla el investigador, que considera que a pesar del “boom” del ladrillo en los años anteriores a la crisis, existen 12 millones de pisos con más de 30 años y 6 millones de más de 50 años. ¿Compensa realmente la rehabilitación desde el punto de vista energético? “Yo creo que sí es una oportunidad, pues hay muchas viviendas antiguas sin aislamiento que consumen mucha energía”. Ahora bien, según Zabalza, los resultados podrían ser muy distintos en función de cómo se hiciera. “La rehabilitación de un edificio supone generalmente un ahorro energético del 60% respecto a su derribo para volver a construirlo”, destaca el ingeniero, que cree que una selección adecuada de los materiales utilizados en la rehabilitación permitiría disminuir aún más los impactos energéticos globales. [24]

2 Objetivos

El objetivo principal de este Proyecto de Fin de Carrera es llevar a cabo un análisis mediante el uso de una EcoAuditoria, a partir de la cual evaluar los efectos de un cambio de material para la construcción.

El primer paso consiste en la utilización de una herramienta informática que permita generar un modelo de comparación entre los materiales, válido para cada situación posible que se plantee. Esta herramienta será **CES EduPack2010**. Dicha herramienta debe responder a una serie de requisitos en cuanto a la obtención de datos de cada material.

Una vez elegida dicha herramienta, se define un modelo de construcción, de manera que los resultados obtenidos confirmen que es viable cambiar los materiales de fabricación. Los resultados obtenidos sirven de situación de referencia con la que comparar las posibles particularidades que aparezcan al introducir nuevos materiales en la construcción.

Posteriormente se establece un diseño elaborado en **SolidWorks** para poder cuantificar la cantidad de material reemplazado, definiendo unas dimensiones predeterminadas para cada tipo de construcción, de manera que se simulen distintos tipos de construcciones.

Se deben observar las posibles modificaciones introducidas, en términos de energía ecológica y reducción de residuos de la construcción.

Con el objetivo de acotar los patrones de comportamiento que se observen, se adjuntara las gráficas más representativas del estudio para establecer los datos que le den cuerpo y soporte al trabajo.

Además, gracias a una labor de búsqueda de información, vamos a demostrar con datos porque es mejor llevar a cabo el cambio de materiales tradicionales de la construcción por unos más innovadores.

Finalmente, a modo de recapitulación, se establece una serie de conclusiones globales del proyecto, atendiendo a los principales efectos observados, así como las posibles contribuciones de cara a trabajos futuros.

3 Materiales y métodos

3.1 SolidWorks

La primera herramienta que vamos a utilizar es el programa **SOLIDWORKS**.

 SolidWorks
Software

SolidWorks es un programa de diseño mecánico en 3D que nos permite crear geometría 3D usando sólidos paramétricos, la aplicación está enfocada a diseño de producto, diseño mecánico, ensamblajes, y dibujos para taller. SolidWorks tiene un formato de diseño que va dejando un historial de operaciones para que se pueda hacer referencia a ellas en cualquier momento.

Este software incluye soluciones para industrias de plásticos, lámina delgada, eléctrica, simulación y análisis por elementos finitos, el programa contiene un módulo inteligente de detección de errores de diseño y módulos para diseño sustentable. Como herramienta de diseño 3D me parece bastante intuitivo, colabora con el ingeniero mecánico y el diseñador industrial en su desempeño diario.

Con SolidWorks se pueden diseñar piezas mecánicas en 3D, evaluar ensamblajes de varias piezas y producir dibujos de fabricación para el taller, además podemos manejar los datos de diseño en su sistema de administración PDM y llevar un control de las versiones de dibujos.

Estos diseños nos permiten evaluar su impacto ambiental, simular virtualmente las condiciones y análisis del diseño en situaciones reales y optimizar su desempeño. El programa está basado en un motor de modelado de sólidos y también contiene comandos de creación, edición de superficies complejas, además es asociativo entre los modelos 3D y sus dibujos.

3.2 CES_Edupack2010

La segunda herramienta que vamos a utilizar es el programa **CES EduPack**.



CES Selector es una aplicación para PC que permite a los expertos en materiales y a los desarrolladores de producto encontrar, explorar y aplicar datos sobre propiedades de materiales.

CES Selector te permite tomar mejores decisiones en las todas las fases de diseño y en la selección y sustitución de materiales; adelantarte a los problemas y aumentar la confianza en tus decisiones; comunicar recomendaciones y reducir el tiempo de respuesta en todas las cuestiones relacionadas con materiales.

ECO diseño

Primeramente, vamos a definir que es una ECO Auditoría; En cualquier ámbito, una ecoauditoría o auditoría ambiental es un instrumento de evaluación y mejora ambiental. En el campo de la empresa el concepto de ecoauditoría está bien establecido. Un reglamento de la Unión Europea (junio 1993) lo define como un "instrumento de gestión que comprende una evaluación sistemática, documentada, periódica y objetiva de la eficacia de la organización, el sistema de gestión y los procedimientos destinados a la protección del medio y que tiene por objeto:

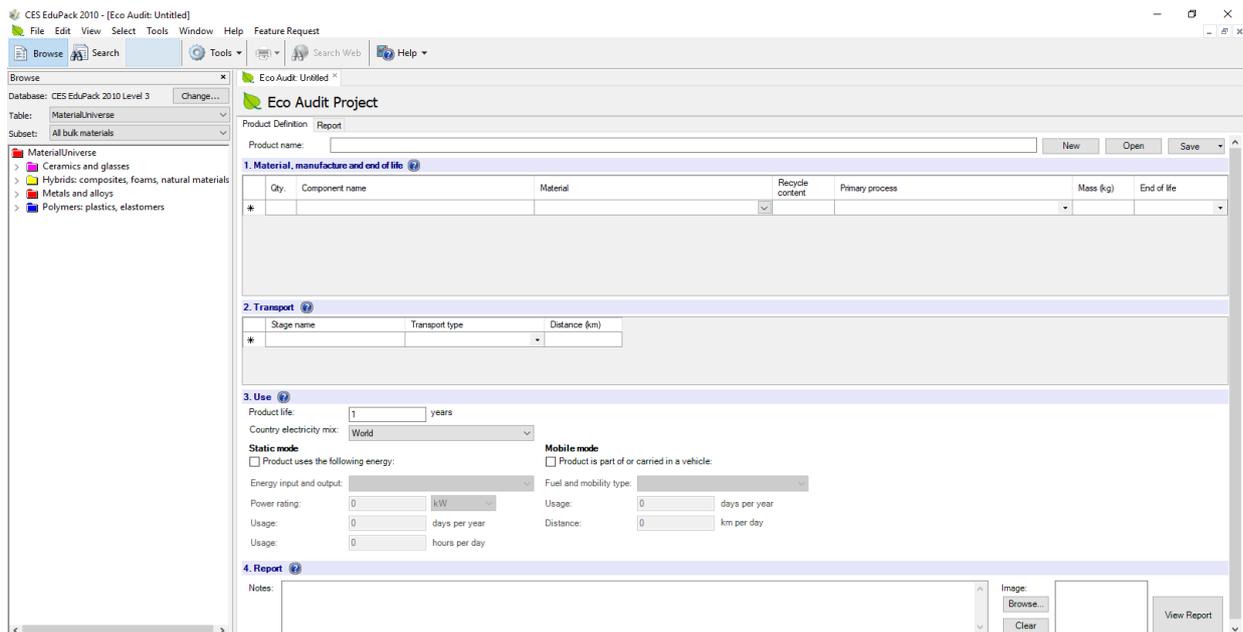
- 1) Facilitar el control de las prácticas que pueden tener efecto sobre el medio ambiente,
- 2) Evaluar su adecuación a las políticas medioambientales de la empresa"

La herramienta Eco audit calcula la energía usada y el CO₂ producido durante cinco fases dominantes de la vida de un producto (material, fabricación, transporte, uso, y finales de la vida) y las identifica cual sea la fase dominante. Éste es el principio para el diseño de producto eco-enterado, como identifica que los parámetros necesitan ser apuntados para reducir la eco-huella del producto.

CES Selector integra la metodología eco Audit™ de Granta con potentes capacidades de selección y sustitución de materiales, datos sobre las propiedades medioambientales y el riesgo de sustancias restringidas para guiar el diseño de productos en etapas tempranas.

- Minimizar el costo y esfuerzo requerido para cumplir con los requerimientos reglamentarios y objetivos de desempeño ambiental corporativo
- Reduce el impacto ambiental de sus productos, que a menudo también reduce la fabricación y el costo de producto a través de en la vida del material poder integrar el diseño ecológico en su proceso existente y comunicar claramente los beneficios de sus decisiones de diseño.
- Considerar el riesgo asociado con el uso de sustancias restringidas al elegir y comparar los materiales.

La interfaz del programa es la siguiente:



Pasos que realizar con **CESEduPack2010** para realizar la Ecoauditoría:

La **huella de carbono** de un material de construcción son las emisiones de dióxido de carbono (CO₂) desde la obtención de materias primas hasta el tratamiento como desperdicios o descomposición, pasando por la fabricación, manufacturación y su transporte hasta obra.

- Material, fabricación, y finales de la vida. Listas de los materiales, de las técnicas de proceso primarias, y de finales de la vida.

Quantity	Component name	Material	Recycle content	Primary process	Mass (kg)	End of life
100	Botella	PET	0%	Moldeo	0.04	Recycle
		<ul style="list-style-type: none"> Universe Materials ▶ Ceramics and glasses ▶ Hybrids: composites, etc ▶ Metals and alloys ▶ Polymers and elastomers <ul style="list-style-type: none"> ▶ Elastomers ▶ Polymers <ul style="list-style-type: none"> ▶ Thermoplastics <ul style="list-style-type: none"> PET 	<ul style="list-style-type: none"> 0% 100% 	<ul style="list-style-type: none"> Moldeo Extrusión 		<ul style="list-style-type: none"> Landfill Combust Downcycle Recycle Re-engineer Reuse
100	Tapón	PP	0%	Moldeo	0.001	Combust
100	Agua				1	

Figura15. Primer paso CES_Edupack.

- Transporte del sitio de la fabricación al punto de venta.

Stage name	Transport type	Distance (km)
Planta de embotellamiento al punto de venta	14 tonne truck	550
	<ul style="list-style-type: none"> Sea freight Rail freight 14 tonne truck Air freight - long haul ... 	

Figura16. Segundo paso CES_Edupack.

➤ **Uso Vida del producto y ubicación del uso**

Vida del producto y ubicación del uso

Product life: years

Country electricity mix: ▼

- France
- Germany
-
- ...

Modo estático

Energía usada para refrigerar el producto en el punto de venta (energía media requerida para refrigerar 100 botellas a 4°C = 0.12 kW)

Product uses the following energy:

Energy input and output: ▼

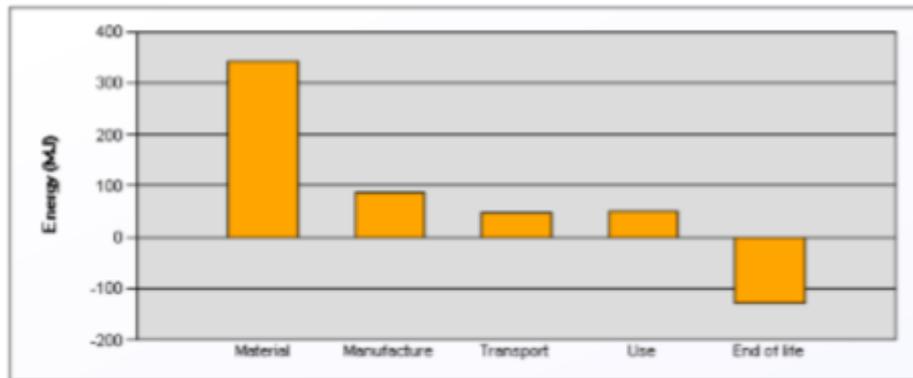
Power rating: ▼

Usage: days per year

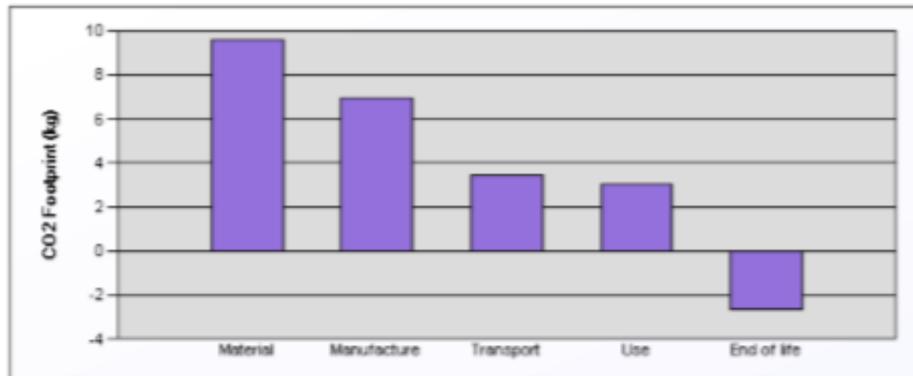
Usage: hours per day

- Fossil fuel to thermal, enclosed system
- Fossil fuel to electric
- Electric to thermal
-
- ...

Figura17. Tercer y cuarto paso CES_Edupack.



[Energy Details...](#)



[CO2 Details...](#)

Phase	Energy (MJ)	Energy (%)	CO2 (kg)	CO2 (%)
Material	344	85.7	9.6	47.1
Manufacture	96.8	21.6	6.94	34.1
Transport	48.7	12.1	3.46	17.0
Use	50.8	12.7	3.05	15.0
End of life	-129	-32.1	-2.66	-13.2
Total	401	100	20.4	100

Figura18. Ejemplo de informe obtenido mediante ecoauditoría de CES Educpack.

4. Resultados

Vamos a dividir el estudio en dos diseños, uno de los diseños se centrará en una nave industrial donde es necesario hacer unos cerramientos para crear una zona de oficinas. El otro será una vivienda unifamiliar donde sustituiremos los cerramientos de ladrillo no estructurales de una casa por el nuevo material.

4.1 Diseño de la nave industrial.

Para el diseño, vamos a comenzar con una nave industrial de 420 m², que es un edificio de uso industrial que alberga la producción y/o almacena los bienes industriales, junto con los obreros, las máquinas que los generan, el transporte interno, la salida y entrada de mercancías, etcétera. Los requerimientos y tipos de construcción que debe poseer la nave varían en función de las innumerables actividades económicas que se pueden desarrollar en su interior, lo que ha conducido al desarrollo de un gran número de soluciones constructivas. Por ejemplo, en las naves que albergan cadenas de producción la longitud suele ser la dimensión predominante de la construcción. En este caso, el diseño está basado en una empresa real cuya situación geográfica es: C/Zagreb Parcela 3,21 Polígono industrial Cabezo Beaza.

Las dimensiones reales de la nave industrial se han obtenido simplemente de una fotografía tomada vía satélite gracias a la herramienta de GoogleMaps.



Figura19. Vista aérea de Nave Industrial.

Una vez conocidos los datos de altura, anchura y longitud, vamos a diseñar la nave.

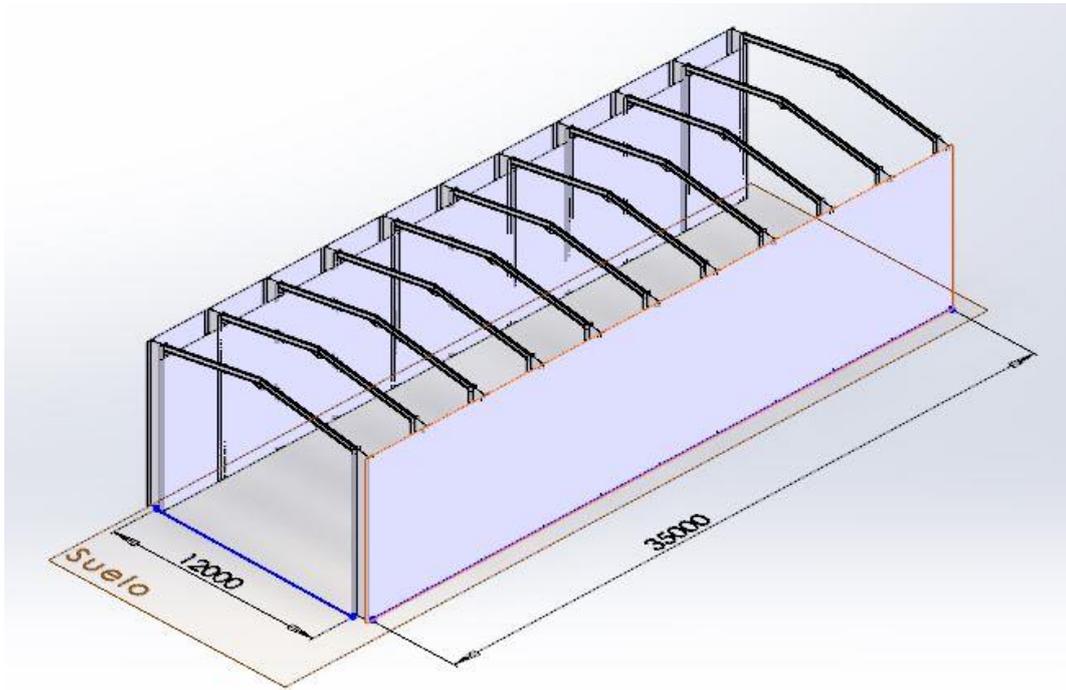


Figura20. Diseño de estructura principal de la nave.

El plano del interior del edificio ha sido facilitado por el departamento de riesgos laborales de la empresa y es el que se utiliza para elaborar en plan de evacuación. Este plano se puede consultar en la figura 21. Con toda esta información se puede elaborar el diseño de las oficinas en las que se compartimenta actualmente el edificio. Este diseño es el que nos sirve de punto inicial para comparar los diferentes tipos de materiales con los que se puede llevar a cabo.



Figura21. Plano del interior de la nave. (Distribución de espacios).

En la figura 22 aparece representado el diseño en el que se tienen en cuenta, no sólo las dimensiones de la nave, sino las necesidades internas de compartición actuales de la empresa. Los cerramientos nos dividen este espacio en cuatro zonas de oficinas, dos baños y tres almacenes pequeños:

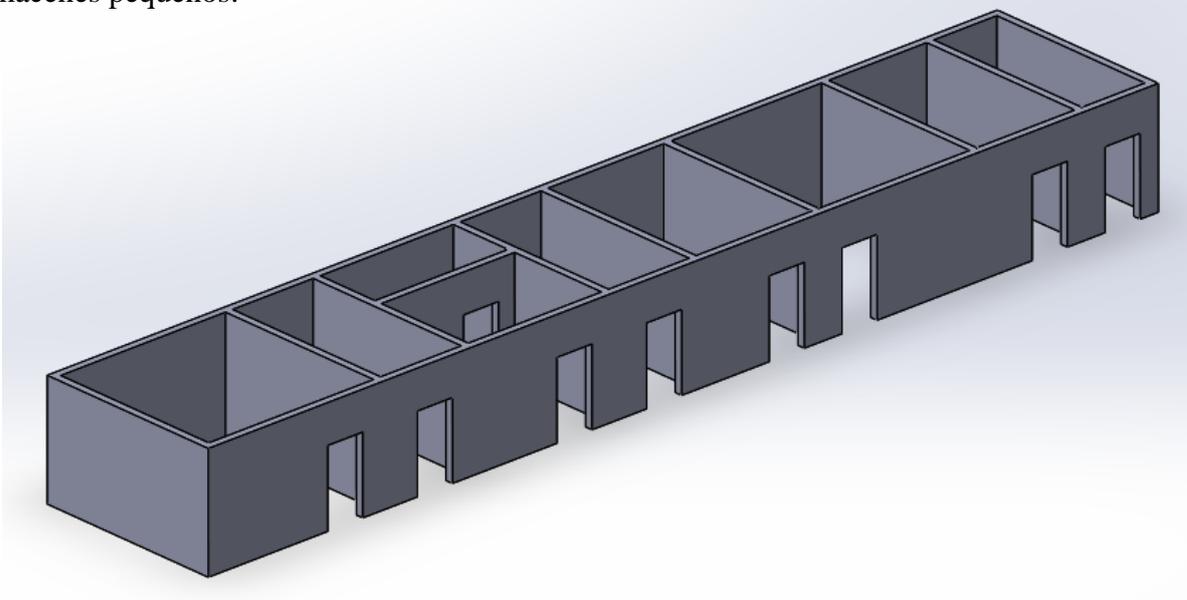


Figura22. Diseño zona de oficinas.

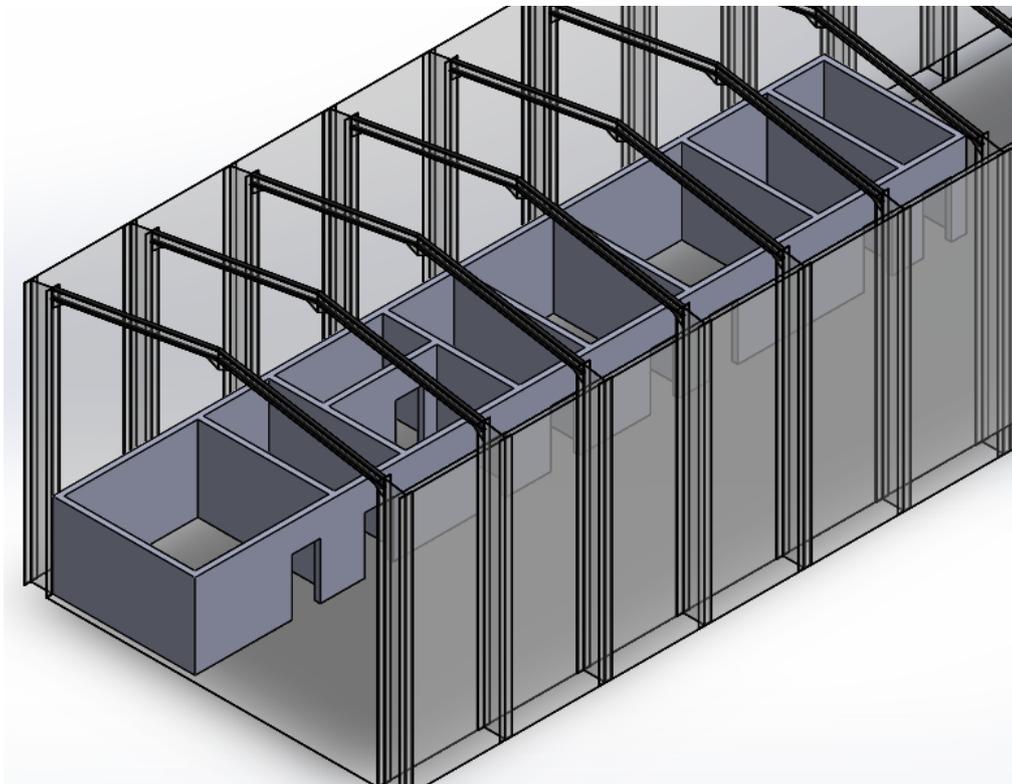


Figura23. Ensamblaje de zona de oficinas y estructura.

La combinación de la figura 20 y la figura 22 nos da el diseño final que se puede observar en la figura 23, en la que se ilustra el ensamblaje entre la zona con los cerramientos y la nave industrial objeto de estudio.

Una vez que ya tenemos nuestro diseño base establecido, con SolidWorks vamos a evaluar la diferencia de peso de los materiales de construcción según nuestras elecciones. En la figura 25, se ilustra el peso específico según el tipo de ladrillo o bloques utilizados, observando que se puede reducir desde los 1800 kg/m³ del ladrillo cerámico macizo, hasta 1000 kg/m³ si usamos bloques huecos de yeso. En nuestro caso, la situación actual que estableceremos como punto de partido, tenemos unos muros compuestos de ladrillo cerámico perforado. Una vez que modificamos este diseño y empleamos los paneles de materiales compuestos para fabricar los cerramientos de la zona de oficinas, podemos observar unas reducciones cercanas al 94 % en peso.

Propiedades de masa de oficinas	
Configuración:	Predeterminado
Sistema de coordenadas:	-- predeterminado --
Densidad =	1500.00 kilogramos por metro cúbico
Masa =	47095.42 kilogramos
Volumen =	31.40 metros cúbicos
Área de superficie =	590.45 metros cuadrados
Centro de masa: (metros)	
X =	-2.34
Y =	1.53
Z =	-0.16

Figura24. Estimación de peso SolidWorks. (Ladrillo)

Pesos Específicos de Fábrica de Ladrillos y de Bloques	
Tipo de Fábrica	Peso Específico (kg/m ³)
Fábrica de ladrillo cerámico macizo	1800
Fábrica de ladrillo cerámico perforado	1500
Fábrica de ladrillo cerámico hueco	1200
Fábrica de ladrillo silicocalcáreo cerámico	2000
Fábrica de bloque hueco de mortero (pesado)	1600
Fábrica de bloque hueco de mortero (ligero)	1300
Fábrica de bloque hueco de yeso	1000
-	-

Figura25. Pesos específicos de ladrillos.

Propiedades de masa de oficinas	
Configuración:	Predeterminado
Sistema de coordenadas:	-- predeterminado --
Densidad =	30.00 kilogramos por milímetro cúbico
Masa =	2802.00 kilogramos
Volumen =	56040000000.00 milímetros cúbicos
Área de superficie =	597760000.00 milímetros cuadrados
Centro de masa: (milímetros)	
X =	-2291.25
Y =	1532.12
Z =	-153.82

Figura26. Estimación de peso SolidWorks. (Panel Sándwich)

Gracias a la opción de propiedades físicas (figura 24 y 26) que nos proporciona SolidWorks podemos obtener de una forma rápida datos de masa, volumen y área. Sustituyendo nosotros una densidad específica y obteniendo el peso del diseño.[21]

4.2 Diseño de una vivienda planta baja.

En esta sección se va a proceder al diseño de una vivienda unifamiliar con las siguientes características:

- Número de habitaciones: 2
- Número de baños: 2
- Número de trasteros: 2
- Número de cocinas: 1
- Número de salones: 2

En la figura 27 se ha señalado en azul las paredes que no van a soportar esfuerzos mecánicos considerables y serían en los que sustituiría el material propuesto.

Una pared es una obra de albañilería vertical que limita un espacio arquitectónico. Su forma suele ser prismática y sus dimensiones horizontales (largo) y vertical (alto) son sensiblemente mayores que su espesor (ancho). En construcción se suelen denominar muros si tienen función estructural, y tabiques si se utilizan para compartimentar espacios arquitectónicos. [25]

Pueden construirse con diversos materiales, sin embargo, actualmente los materiales más empleados son el ladrillo y el cartón yeso, siendo menos frecuentes la madera y sus derivados.

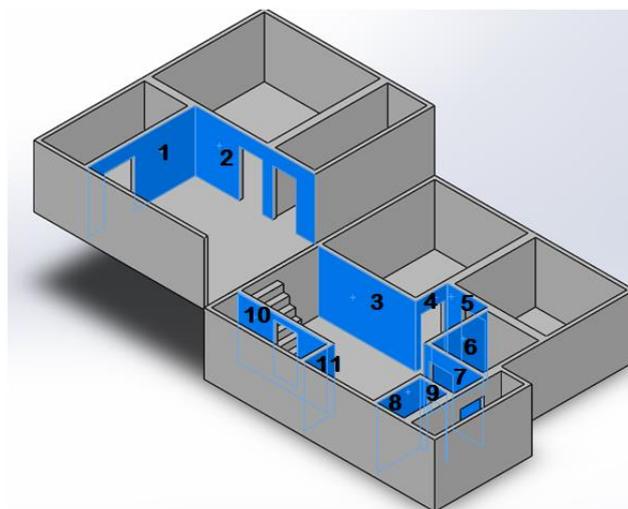


Figura27. Representación de los tabiques a cambiar

En la figura 28 aparece el cálculo que nos facilita obtener la cantidad de material en unidad de peso, para poder obtener rápidamente el total de material que necesitaría para introducir dichos datos en una Eco Auditoría con CES Edupack.

De esta forma se pueden comparar fácilmente los pesos de los materiales tradicionales para estos usos con el panel sándwich propuesto.

El primer ejemplo introducido es el **Ladrillo Perforado** cuyos datos han sido los siguientes:

Material de estudio		Ladrillo perforado		
Unidades	m ³	m ³	m ³	
Cerramiento	Dimensiones (m3)	Huecos(Puertas)m3	Resultante	
1	3,2	0,8	2,4	
2	4,032	1,6	2,432	
3	3,2	0	3,2	
4	1,0752	0,8	0,2752	
5	1,3568	0,8	0,5568	
6	2,144	0	2,144	
7	1,984	0,8	1,184	
8	1,6	0	1,6	
9	1,0752	0,8	0,2752	
10	3,2	0,8	2,4	
11	1,024	0	1,024	
Metros cúbicos para calcular el reemplazo			17,4912	Unidades m ³
Densidad del panel sándwich		kg/m ³	30	kg/m ³
Densidad de Material		kg/m ³	1500	kg/m ³
Peso de cerramiento en toneladas			26,2368	ton
Peso de cerramiento con panel sándwich			0,524736	ton
Ahorro de peso			98	%

Otro de los ejemplos que voy a introducir es el **cemento** cuyos datos han sido los siguientes:

Tabla28. Ahorro de peso respecto al Ladrillo perforado.

Material de estudio	Cemento
---------------------	---------

Unidades	m ³	m ³	m ³
Cerramiento	Dimensiones (m3)	Huecos(Puertas)m3	Resultante
1	3,2	0,8	2,4
2	4,032	1,6	2,432
3	3,2	0	3,2
4	1,0752	0,8	0,2752
5	1,3568	0,8	0,5568
6	2,144	0	2,144
7	1,984	0,8	1,184
8	1,6	0	1,6
9	1,0752	0,8	0,2752
10	3,2	0,8	2,4
11	1,024	0	1,024

Metros cúbicos para calcular el reemplazo			17,4912	Unidades m ³
Densidad del panel sandwich	kg/m ³		30	kg/m ³
Densidad de Material	kg/m ³		1700	kg/m ³
Peso de cerramiento en toneladas			29,73504	ton
Peso de cerramiento con panel sandwich			0,524736	ton
Ahorro de peso			98,2352941	%

Tabla29. Ahorro de peso respecto al Cemento.

En la figura 28 y 29 hemos realizado el cálculo considerando las paredes, rectángulos y restándole el hueco que ocupa la puerta en el caso de que la contenga. Una vez calculado el volumen total, sustituyendo datos de densidad obtenemos el peso y con una regla de tres obtenemos el ahorro de peso con respecto a las dos densidades distintas.

4.3 EcoAuditoria nave industrial.

Comenzamos por la Ecoauditoría de la zona de oficinas de la nave industrial, cuyo material será ladrillo. Como los pasos los hemos explicado anteriormente solo haremos referencia a ellos con el número de orden que tienen.

1. Cálculo de materiales pared de ladrillo: (Paso 1 para material A)

El cálculo de materiales es una de las cosas que, al oficial albañil, o en cualquier otro oficio, da más prestigio, ya que si falla el cliente deberá ir a comprar materiales una o más de una vez, con la pérdida de tiempo que esto conlleva. Pero si se pasa, como sucede en la mayoría de los casos, al cliente no le gustará mucho y no estará muy conforme con su trabajo. Entonces ahora le enseñaré como hacer el cálculo de materiales para hacer una pared.

Ladrillos para una pared medianera

Una pared es de 3 metros de altura estándar, pero también depende si el cliente la quiere más alta o más baja. Nosotros haremos el cálculo de una pared de esta altura, y de 3 metros de largo y para calcular la cantidad de ladrillos, tendremos en cuenta que en 1 metro cuadrado de superficie entraran X cantidad de ladrillos de los comunes.

La cantidad de ladrillos por metro cuadrado depende principalmente del tipo de ladrillo y el tamaño de los mismos (En nuestro caso usaré un ladrillo de estas dimensiones: 102,5x215x70mm). Por lo que mientras más pequeños sean mayor será la cantidad que se encuentren en un metro, igualmente de manera inversa. En este caso los cálculos están realizados para una cantidad de 66 unidades de ladrillo por metro cuadrado. [5]

Ladrillo hueco

Con perforaciones en el canto o en la testa, lo que reducen el volumen del material utilizado y con esto su peso. Se utilizan en tabiques que no requieran soportar mucha carga.



Figura30. Imagen ladrillo hueco.

Peso de ladrillos por metro cuadrado: 79,76 kg

Los materiales que usaremos en la construcción de una pared, además de los ladrillos serán: cal, cemento, arena y agua. Con estos materiales haremos una mezcla para pegar los ladrillos.

La cal sirve para unir los espacios que quedan vacíos entre los granos de arena y le da plasticidad a la mezcla. El agua inicia el proceso de fraguado.

La arena: Generalmente tiene diferentes granulometrías y se utilizan según la tarea a realizar. Por ejemplo, para terminaciones se usa arena con una granulometría fina así cuando uno pase el fratacho los granos gruesos no rayen la terminación.[32]

Cálculo de cal, cemento y arena

Por metro cuadrado de pared:

1 Cal = 3 kg

1/8 Cemento = 0,78 kg

3 Arena = 0,015 m³

Multiplicando estos datos por la cantidad de metros cuadrados de la pared. (Tomando de espesor de muro 115mm)

Cal 3·590,45= **1771,35kg**

Cemento 0,78·590,45= **460,551kg**

Arena 0,015·590,45= **8,85675m³**

Utilizando la densidad de la arena seca obtendríamos un peso de arena de: **14170.8kg**

<u>Pesos Específicos de Materiales a Granel</u>	
Material	Peso Específico (kg/m³)
Tierra seca	1330
Tierra húmeda	1800
Tierra saturada	2100
Arena seca	1600
Arena húmeda	1860
Arena saturada	2100

Figura31. Pesos específicos de arenas.

Propiedades de masa de oficinas
Configuración: Predeterminado
Sistema de coordenadas: -- predeterminado --
Densidad = 1500.00 kilogramos por metro cúbico
Masa = 47095.42 kilogramos
Volumen = 31.40 metros cúbicos
Área de superficie = 590.45 metros cuadrados
Centro de masa: (metros)
X = -2.34
Y = 1.53
Z = -0.16

Figura32. Estimación masa de ladrillos necesarios SolidWorks.

La relación **agua-cemento** se puede definir como la razón entre el contenido efectivo de agua y el contenido de cemento en masa del hormigón fresco. (Para los que desconocen, el contenido efectivo de agua es la diferencia entre el agua total presente en el hormigón fresco y el agua absorbida por los áridos, mientras que el contenido de cemento en masa del hormigón se trata más bien de los kilos de cemento.) [34]

El contenido en cemento habitual de un m³ de hormigón proyectado está entre 400-450 kg/m³. Para simplificar, tomemos un valor intermedio de 425 kg/m³ y una relación agua-cemento de 0,45. Esto significa que en 1 m³ de hormigón tenemos:

- Cemento 425 kg
- Agua: 425 kg cemento x 0.45 kg agua/kg cemento = **207.2475 kg agua**

Eco Audit Project

Qty.	Component name	Material	Recycle content	Primary process	Mass (kg)	End of life
1	Nave idustrial material 1	Ladrillo	Virgin (0%)	Ensamblaje y construcción	4,71E+04	Landfill
2	Nave idustrial material 1	Caliza	Virgin (0%)	Ensamblaje y construcción	1,771	Landfill
3	Nave idustrial material 1	Cemento	Virgin (0%)	Ensamblaje y construcción	460,6	Landfill
4	Nave idustrial material 1	Arenisca	Virgin (0%)	Ensamblaje y construcción	1,417E+04	Landfill
▶ 5	Nave idustrial material 1				0	
*						

Tabla33. Paso 1 Edupack material A.

Viendo la biblioteca de materiales de CES hemos podido comprobar que el material: **Cemento Portland** contiene los tres materiales (Cemento, Cal y Arena) por lo que nos simplifica la operación.

Material	Recycle content	Primary process	Mass (kg)	End of life
Cement (ordinary Portland)	Virgin (0%)	Assembly / Construction	1,64E+04	Landfill
Brick (common, hard)(2.03)	Virgin (0%)	Assembly / Construction	4,709E+04	Landfill

Tabla34. Paso 1 Edupack simplificando estudio material A.

2. Materiales pared de panel de sándwich: (Paso 1 para material B)

En nuestro caso, hemos seleccionado un panel formado por un núcleo aislante térmico de espuma de poliestireno expandido (EPS), densidad 30 kg/m³, con recubrimiento en ambas caras de plancha epoxi reforzada con fibra de vidrio.

Características Físicas

Material flexible y de gran resistencia mecánica. Sometido a esfuerzo de tracción, se deforma proporcionalmente, o sea, que cumple con la Ley de Hooke, la rotura se produce sin presentar fluencia previa. Su peso específico (30kg/m³) es mucho menor que los materiales tradicionales.

Por lo que hablando de cantidades hay que dividir en los dos materiales:

Poliestireno expandido + Fibra de vidrio: $31,40 \text{ m}^3 \cdot 30 \text{ kg/m}^3 = 942 \text{ kg}$ estimado contando los paneles en su totalidad.

Fibra de vidrio: 377 kg 40% del panel

EPS: 565kg 60% del panel

En principio, por cada capa de un metro cuadrado de material de gramaje fibra de vidrio necesitan unos 750 gramos de resina.

Dependiendo del gramaje de la fibra de vidrio, de que sea material o tejido, absorberá más o menos resina. La fibra debe quedar total y perfectamente empapada, pero sin excesos por lo que consideraremos esa estimación.

Resina de epoxi: $590,45 \text{ m}^2 \cdot 0,75 \text{ kg/m}^2 = 442 \text{ kg}$

1. Material, manufacture and end of life

Qty.	Component name	Material	Recycle content	Primary process	Mass (kg)	End of life
1	Nave industrial material 2	CFRP, matriz epoxi (isotropico)	Virgin (0%)	Proyección de resina	377	Landfill
1	Nave industrial material 2	Espuma de polímero rígido (LD)	Virgin (0%)	Extrusión de polímeros	565	Landfill
1	Nave industrial material 2	Epoxis	Virgin (0%)	Moldeo de polímeros	442	Landfill

Tabla35. Paso 1 Edupack material B.

Realmente al diseñar los paneles para que sean completamente reutilizables podríamos cambiar la pestaña de final de vida por esta opción:

End of life	
Reuse	▼
Reuse	▼
Reuse	▼

Tabla36. Elección de final de vida.

Para que se aumente la diferencia energética aún más, que es lo que va a producir ese único cambio.

Para comenzar el estudio de la producción de CO² en el transporte hay que estandarizar una distancia, que debe de ser la misma para los dos casos. Así el estudio será válido, ya que si establecemos una zona en cada estudio las distancias a las que tendrán que transportar los materiales serán distintas según las fábricas productoras de cada material que elijamos.

Por otra parte, estandarizaremos el tipo de transporte de los materiales hasta esta zona, para crear una igualdad entre ambos materiales, así que el transporte se realizará de forma terrestre.

1. Calculo en el transporte: (Paso 2 para material A y B)

La distancia escogida será de 200 km y el transporte en camión.

Material A: Total de producto en kg ---> 63492,701 kg

Por lo que se necesitarían dos camiones:

2. Transport ?			
	Stage name	Transport type	Distance (km)
		32 tonne truck ▼	250
		32 tonne truck ▼	250

Tabla37. Elección de transporte material A.

Material B: Total de producto en kg ---> 1384 kg

2. Transport ?			
	Stage name	Transport type	Distance (km)
		14 tonne truck ▼	200

Tabla38. Elección de transporte material B

Recordatorio del apartado esperanza de vida: El tiempo de vida que se le exige a un elemento utilizado en una edificación puede variar de una aplicación a otra. Para edificaciones industriales puede ser suficiente un tiempo de vida de 25 años o menos, ya que se comprende

que los cambios en la actividad industrial precisan de frecuentes reconstrucciones. En otros casos el requerimiento puede ser mucho mayor, pudiendo llegar a los 50 años o más.

1. Estimación de la esperanza de vida: (Paso 3 para material A y B)

Así que entre ese rango estableceremos unos 40 años de durabilidad.

3. Use 

Product life: years

Country electricity mix:

Static mode Product uses the following energy:

Energy input and output:

Power rating: kW

Usage: days per year

Usage: hours per day

Mobile mode Product is part of or carried in a vehicle:

Fuel and mobility type:

Usage: days per year

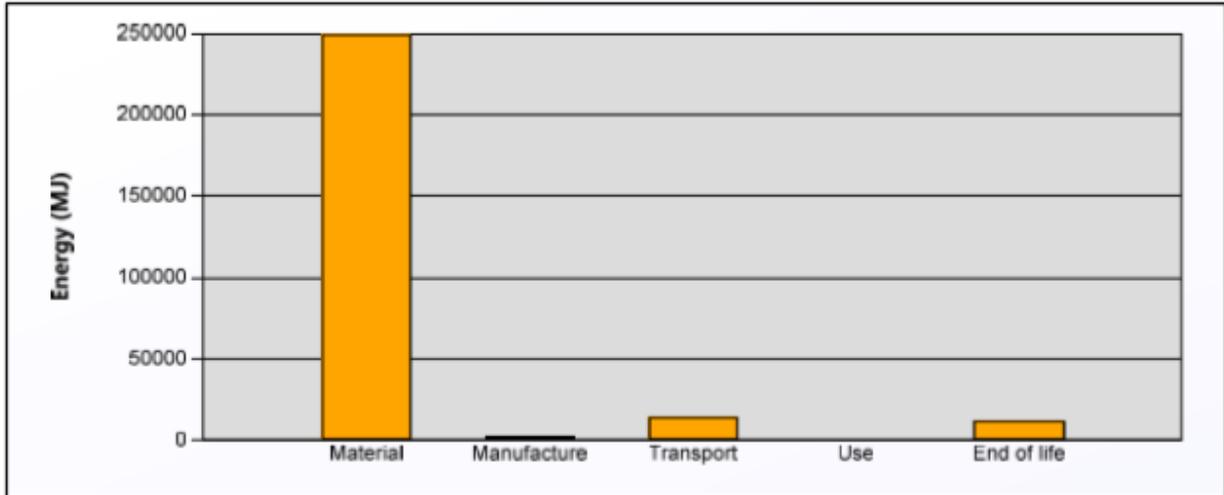
Distance: km per day

Tabla39. Elección de durabilidad.

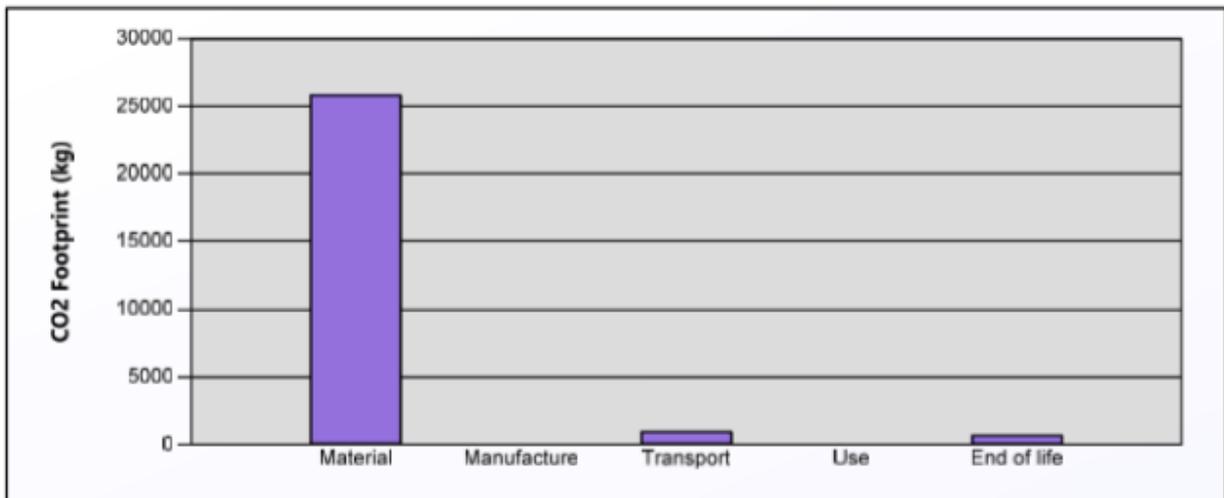
Resultados Ecoauditoría CES_Edupack:

Por parte de los materiales tradicionales obtenemos esta gráfica:

Energy and CO2 Footprint Summary:



[Energy Details...](#)

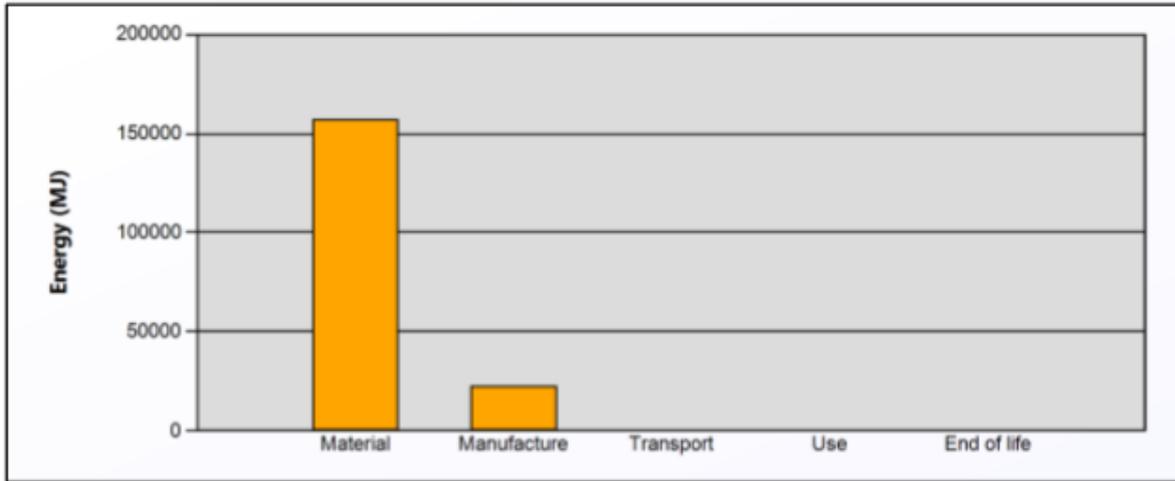


[CO2 Details...](#)

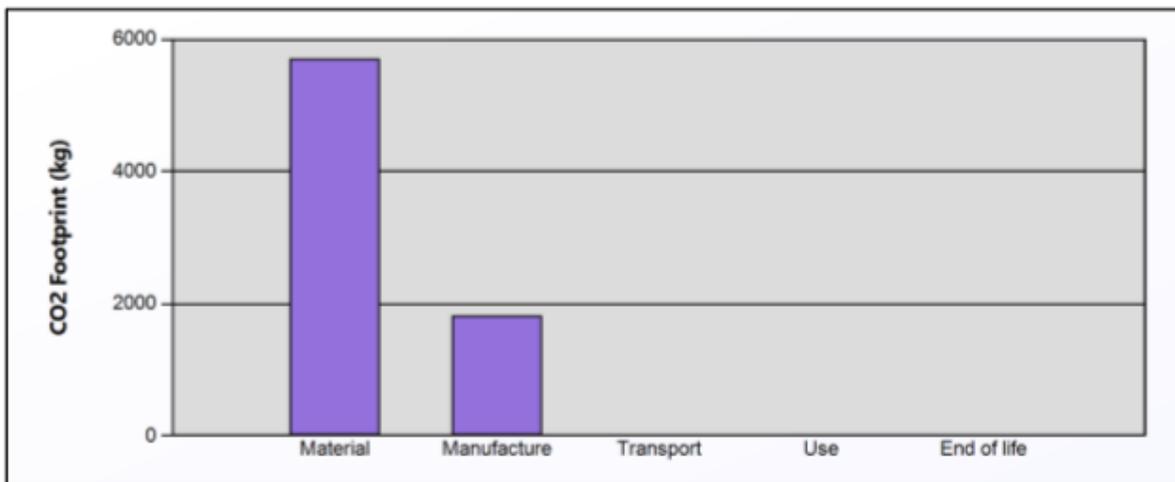
Phase	Energy (MJ)	Energy (%)	CO2 (kg)	CO2 (%)
Material	2.5e+05	89.1	2.58e+04	92.6
Manufacture	3.15e+03	1.1	252	0.9
Transport	1.46e+04	5.2	1.04e+03	3.7
Use	0	0.0	0	0.0
End of life	1.27e+04	4.5	762	2.7
Total	2.8e+05	100	2.78e+04	100

Tabla40. Gráfica obtenida material A.

Por parte de los materiales compuestos obtenemos esta gráfica:



[Energy Details...](#)



[CO2 Details...](#)

Phase	Energy (MJ)	Energy (%)	CO2 (kg)	CO2 (%)
Material	1.57e+05	87.0	5.7e+03	75.4
Manufacture	2.31e+04	12.7	1.83e+03	24.1
Transport	294	0.2	20.9	0.3
Use	0	0.0	0	0.0
End of life	277	0.2	16.6	0.2
Total	1.81e+05	100	7.57e+03	100

Tabla41. Gráfica obtenida material B.

Comenzando con la comparativa, vamos a centrarnos en aquellos datos que sean importantes, en los que se genere una gran diferencia de consumo de energía y emisiones de CO₂

Material:

Los datos obtenidos en producción de CO₂ y energía son los siguientes:

Phase		Energy (MJ)	Energy (%)	CO2 (kg)
Material	Tradicional	2.5e+05	89.1	2.58e+04
Phase		Energy (MJ)	Energy (%)	CO2 (kg)
Material	Compuesto	1.57e+05	87.0	5.7e+03

Tabla42. Comparativa de energía y CO₂ material.[31]

La elección de los materiales compuestos supondría un ahorro de 93.000 MJ y 20.100 kg de CO₂.

- CO₂:

La construcción es uno de los mayores consumidores de materias primas. El sector cementero es responsable de **alrededor del 5% de las emisiones de CO₂**, principal gas productor del efecto invernadero y cambio climático. El hormigón es el material de construcción más empleado en el mundo: cada año, la industria del hormigón emplea 1.6 billones de toneladas de cemento. Cada tonelada de cemento en su fabricación emite 1 tonelada de CO₂ a la atmósfera. Además, durante el proceso de construcción es habitual el empleo de maquinaria pesada que genera la mayor cantidad de emisiones de dióxido de carbono. El transporte de los materiales al lugar constituye un 6-8% de las emisiones totales de gases de efecto invernadero para un proyecto.

El **sector de la construcción comercial y residencial** representa el 39% del dióxido de carbono (CO₂) emitido a la atmósfera la vez que genera el 30% de los residuos sólidos y el 20% de la contaminación de las aguas. Por lo que podríamos concluir que la mitad del CO₂ expulsado a la atmósfera está relacionado con la construcción de edificios a lo largo de todas sus fases: construcción, uso y posterior demolición. En consecuencia, el sector de la construcción tiene que desempeñar un papel importante en la reducción de la amenaza del cambio climático.

Realmente los materiales compuestos en su proceso de obtención generan más CO₂ que los materiales tradicionales como demuestra esta tabla obtenida en CES_Educpack:

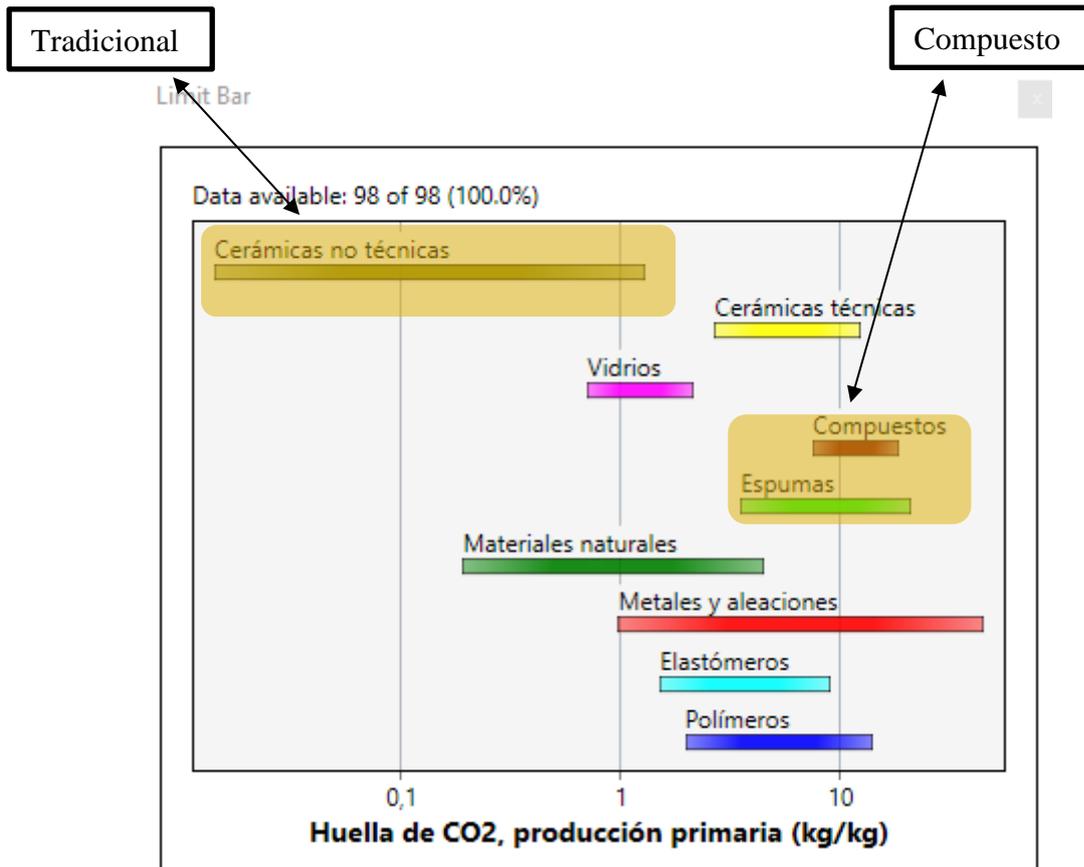


Figura43. Clasificación de emisión de CO₂ según material.

Por lo que la gran diferencia se genera por el peso de los materiales tradicionales que es muchísimo mayor.

- Energía:

Comprende la energía empleada en los procesos de extracción de materia prima, fabricación, transformación, transportes asociados, puesta en obra, mantenimiento y eliminación.

No comprende la energía empleada en la construcción y mantenimiento de las infraestructuras, los medios precisos para ejecutar las infraestructuras y la energía humana de la mano de obra.

La transformación en energía primaria es inmediata multiplicando el peso de cada material por los datos de energía primaria contenidos en la tabla que se adjunta. El cálculo que describo tiene un carácter meramente orientativo y se plantea como ayuda a las grandes decisiones de proyecto en cuanto a materiales y sistemas constructivos.

Con este sistema es posible realizar cálculos que nos permiten valorar –en relación a la energía primaria consumida– que un edificio ligero construido con acero y aluminio reciclados y con muy buen aislamiento térmico es más interesante energéticamente que otro de la misma superficie y geometría construido con materiales convencionales como el ladrillo (pocos kilos

de un material con energía primaria media o alta versus muchos kilos de un material con energía primaria baja o muy baja).

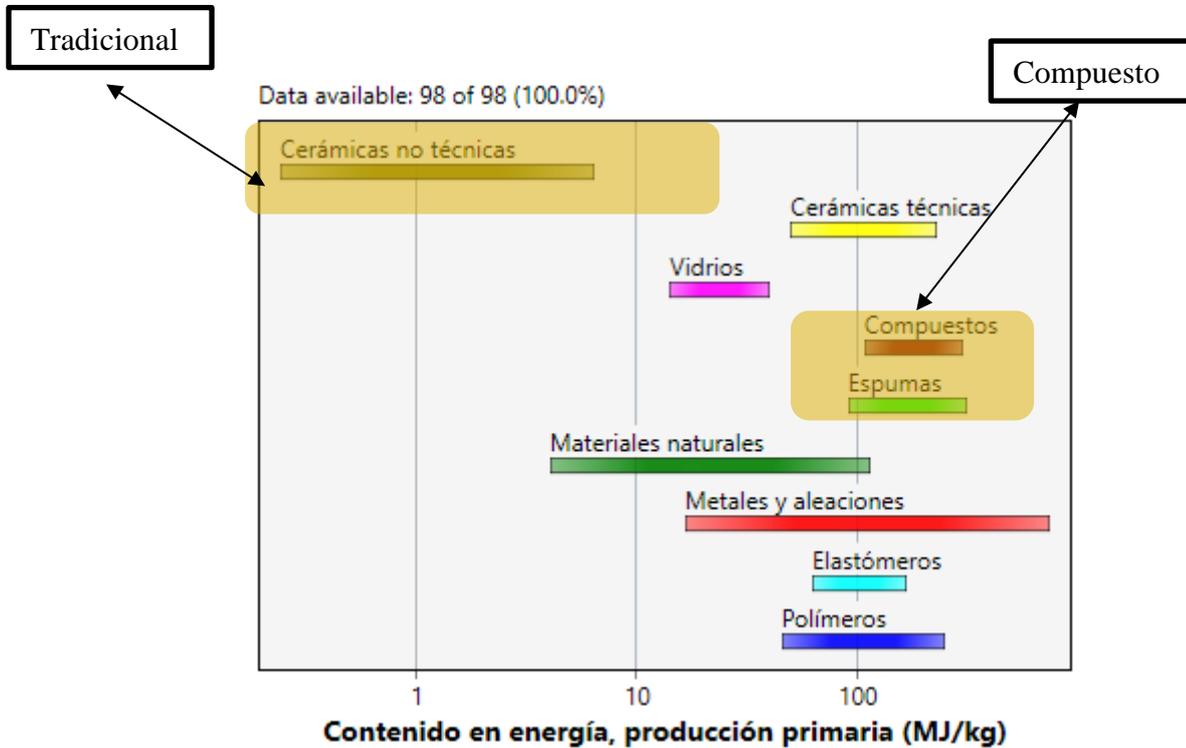


Figura44. Clasificación del contenido de energía según material.

La explicación es igual a lo comentado anteriormente de la diferencia de pesos.

- **Fabricación:**

Un proceso industrial o proceso de fabricación es el conjunto de operaciones unitarias necesarias para modificar las características de las materias primas. Dichas características pueden ser de naturaleza muy variada tales como la forma, la densidad, la resistencia, el tamaño o la capacidad.

Los datos obtenidos en producción de CO₂ y energía son los siguientes:

Phase		Energy (MJ)	Energy (%)	CO2 (kg)	CO2 (%)
Manufacture	Tradicional	3.15e+03	1.1	252	0.9
Phase		Energy (MJ)	Energy (%)	CO2 (kg)	CO2 (%)
Manufacture	Compuesto	2.31e+04	12.7	1.83e+03	24.1

Figura45. Comparativa de energía y CO₂ procesos de fabricación.

La elección de los materiales compuestos supondría un aumento de 19.950 MJ y 1.578 kg de CO₂. La explicación es la siguiente:

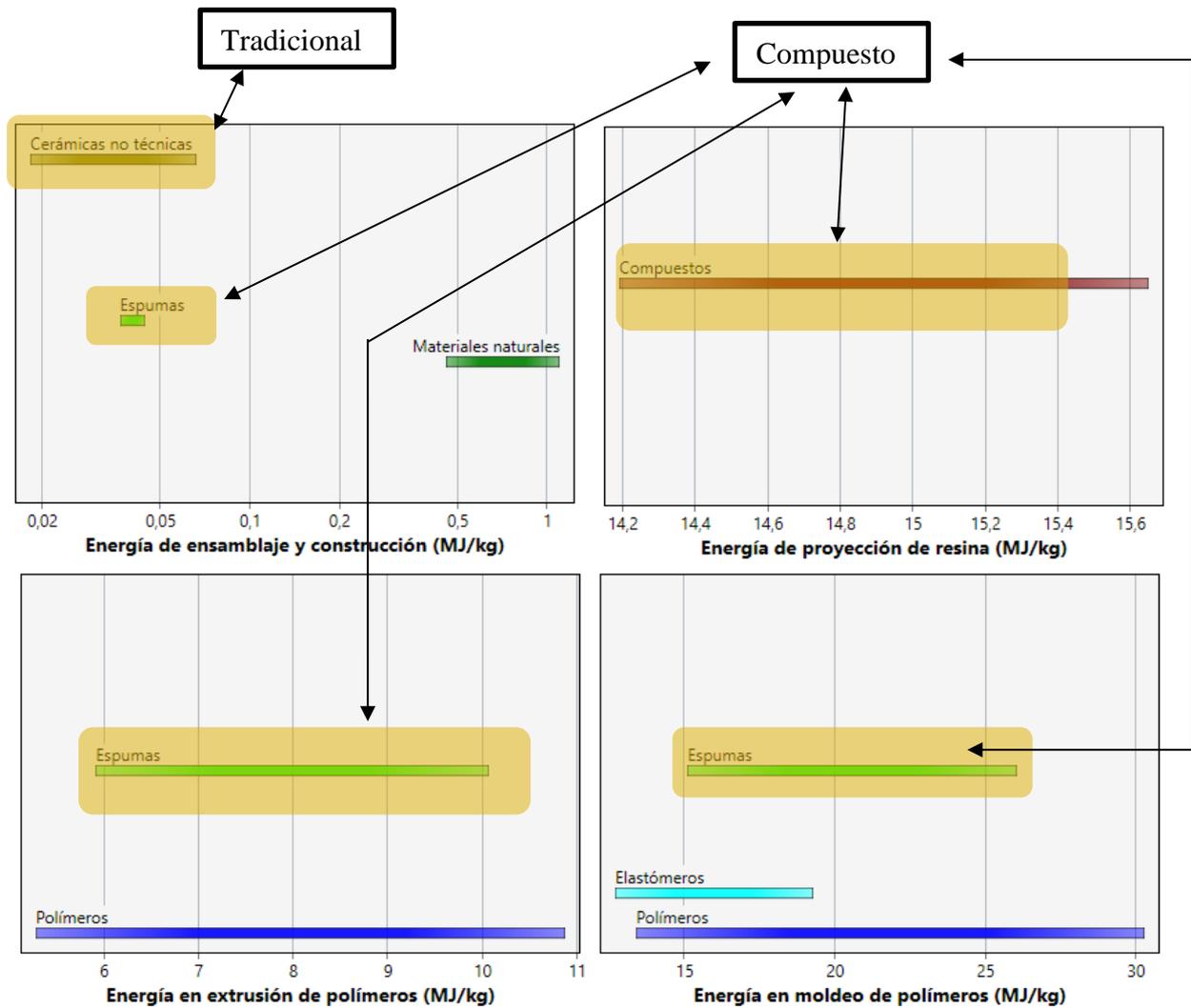


Figura46. Comparativa de energía procesos de fabricación.

Esto se debe a que los procesos de fabricación de los materiales compuestos necesitan de una maquinaria más novedosa y cara, también consta de diversos pasos hasta obtener el producto final.

- **Transporte:**

El tema del transporte es algo que no voy a entrar en profundidad ya que supone un 5% para los materiales tradicionales y un 0,2% de los materiales compuestos del resultado final.

Después de todo esto sigue siendo muy viable el cambio del material.

4.4 Análisis económico

Cuando hablamos de costos nos referimos a la suma de todos los gastos imputables directa o indirectamente a un proyecto determinado. La administración total de costos en la industria de la construcción es una labor habitual para las empresas con mayor experiencia, gracias al manejo de modelos matemáticos y a las relaciones comerciales establecidas con proveedores selectos a través del tiempo. Sin embargo, gran parte de lo que se requiere para construir está ligado a las variables del mercado internacional. Con base en el comportamiento de la oferta y la demanda, los ciclos de inversión pública, así como las fluctuaciones cambiarias, todo es cuestión de prever un valor realista de los insumos y servicios, y al mismo tiempo vigilar la vigencia de los convenios, contratos y tratados. Para lograr este nivel de eficacia se requiere un equipo multidisciplinario de profesionistas en arquitectura, ingeniería civil, ingeniería económica, despacho aduanal, finanzas, contabilidad, control de proyectos y optimización. Tampoco hay que perder de vista que la construcción se moderniza todos los días, de manera que, la investigación y el uso de nuevas tecnologías deben ser prácticas comunes en este negocio, ya que dichos avances con frecuencia conllevan ahorros significativos.

Para algunas empresas, el uso de materiales de bajo costo puede parecer una buena oportunidad para lograr algunos ahorros, y no me refiero a operaciones fraudulentas en las que alguien resulta engañado, sino a situaciones de común acuerdo donde la reducción de costos beneficia al cliente final. En éste y en todos los casos, los bienes raíces deben estar concebidos para perdurar con un nivel de mantenimiento razonable, así que cualquier beneficio inmediato ligado a este tipo de ahorros, debe ser analizado en forma integral, para tomar una decisión que también resulte inteligente en el largo plazo.

Una constructora debe tomar en cuenta las condiciones y exigencias de sus clientes y debe ser capaz de identificar todos los factores que impactan un presupuesto de inversión desde sus primeras fases, ya que los cambios inesperados pueden poner en riesgo el alcance, y en algunos casos, la conclusión de los proyectos. Nunca deben subestimarse ciertos rubros que podrían parecer secundarios, como el pago de derechos, los gastos financieros, administrativos y márgenes de comercialización. Se permiten hacer conjeturas, supuestos y estimados con un cierto grado de exactitud, y posteriormente tomar las medidas necesarias para que se cumplan, y eso sólo es posible a través de un control estricto durante la obra. La administración de

suministros de acuerdo a un plan de adquisiciones bien estructurado es la única forma de garantizar que los recursos serán canalizados adecuadamente.

Con la administración total de costos no sólo se trata de minimizar la inversión económica, sino de protegerla, y es por eso que un proyecto de construcción debe dejarse siempre en manos de expertos.

Estableciendo unos costos fijos de materiales, no expuestos a las variabilidades del mercado vamos a ver la diferencia de los costos entre elegir un material u otro:

Coste de las paredes de ladrillo: Según el PREOC 2010, el precio por metro cuadrado es:

TABICÓN DE LADRILLO m² H/D 9 cm espesor de ladrillo hueco doble de 25x12x7 cm, recibido con mortero M5 de cemento CEM II/A-L 32,5 N y arena de río, con plastificante, incluso replanteo, aplomado y recibido de cercos, humedecido de las piezas y limpieza; según CTE DB SE-F.

En cuanto a mano de obra se refiere. Los materiales también dependen un poco de la zona, pero para que te hagas una idea son de: 13,25 €/m². Estos precios incluyen, el aplomado, nivelado, humedecido de ladrillos, limpieza y andamios.

Esto es una estimación de precio medio hecho por uno de los muchos colegios de aparejadores o arquitectos que publican estudios de ese tipo. De todos modos, estos estudios son bastante precisos y no suelen equivocarse mucho. [15]

Desglose del precio de la mano de obra:

Detalle	Precio	Subtotal
0,320 h OFICIAL DE 1ª ALBAÑILERÍA	15,12	4,84
0,160 h PEÓN ESPECIAL	14,26	2,28
0,037 mu LADRILLO HUECO DOBLE 9 cm	98,28	3,64
0,019 m3 MORTERO DE CEMENTO M5 (1:6), CEM II/A-L 32,5 N + PLAST	51,28	0,97
Costes Directos		11,73€
13,00% Costes indirectos		1,52€
TOTAL		13,25€

Tabla47. Desglose del precio de pared de ladrillo por m²

Precio mano de obra 2017 – 2018 (trabajos básicos)

Coste de las paredes de panel de sándwich:

Sistema de partición interior, compuesto por panel sándwich, de 100 mm de espesor, 1200 mm de anchura y 2700 mm de longitud, formado por núcleo de poliestireno expandido (EPS), densidad 30 kg/m³, revestido por las dos caras con fibra de vidrio, de 450 g/m² y composite (WPC), con ranuras en los laterales para permitir el paso del perfil de conexión entre paneles; fijado con adhesivo bicomponente al perfil de acero galvanizado, previamente fijado al forjado con tornillos de cabeza hexagonal con arandela (4 ud/m²); refuerzo de juntas entre paneles mediante adhesivo bicomponente.

Unidad	Detalle	Precio unidad	Subtotal
m ²	Panel de 100 mm de espesor, 1200 mm de anchura y 2700 mm. *	24,00	8
m	Perfil de MDF de 3660x100x10 mm.	0,83	0,3
kg	Adhesivo bicomponente	9,17	0,73
m ²	Malla de fibra de vidrio	3,00	0,8
Ud	Anclaje mecánico o no fisurados.	0,29	0,2
h	0,08 Oficial 1 ^a montador.	16,50	1,32
h	0,08 Ayudante montador.	14,26	1,14
	Costes Directos		12,49€
	13,00% Costes indirectos		1,62€
	TOTAL		14,11€

Tabla48. Desglose del precio de pared de panel sándwich por m²

Coste de mantenimiento decenal: 7,96€ en los primeros 10 años.

* Formado por núcleo de poliestireno expandido (EPS), densidad 30 kg/m³, revestido por las dos caras con fibra de vidrio, de 450 g/m² y composite (WPC), con ranuras en los laterales para permitir el paso del perfil de conexión entre paneles; resistencia térmica 1,45 m²K/W, conductividad térmica 0,035 W/(mK), factor de resistencia a la difusión del vapor de agua 716, Euroclase E de reacción al fuego, resistencia a flexión 0,603 N/mm² y módulo de elasticidad 54,16 N/mm².

** Con tornillo de cabeza hexagonal con arandela, con estrella interior de seis puntas para llave Torx, de acero galvanizado, 6x40 5, de 6 mm de diámetro y 40 mm de longitud, para fijación sobre elementos de hormigón, fisurados.

Observando las figuras 34 y 35 nos damos cuenta que el precio final por m² es muy similar, el ahorro de precios en el panel de sándwich reside en el costo de la mano de obra, es decir, al ser mucho más rápido de montar, puedes construir más metros cuadrados con un menor número de horas de los operarios, lo que supone un ahorro de costes.

5. Sinterización del plan de empresa.

Gracias a la Oficina de emprendedores de la UPCT y al programa Explorer he desarrollado un plan de empresa para llevar a cabo la idea de esta TFG al mundo empresarial.



A continuación, iré mostrando un resumen de los puntos más influyentes del plan de empresa:



1. PRESENTACIÓN Y ANTECEDENTES

Modular Industry es un startup que se especializa en la venta e instalación de una modalidad de paneles para la construcción, centrada en los materiales compuestos. Modular Industry espera captar el interés de una base de clientes leales y habituales con su amplia variedad de productos de construcción. La empresa planea ocupar una posición importante en el mercado industrial, gracias a la experiencia en la industria de sus partners y el ambiente poco competitivo del área.

El objetivo de Modular Industry es ofrecer sus productos a un precio competitivo para satisfacer las exigencias de las constructoras y particulares del área del mercado nacional con un nivel de ingresos de medio a alto.

El problema de usar materiales tradicionales en la construcción como el ladrillo, cemento, hormigón etc.. es que son materiales que una vez instalados hay que destruirlos para poder modificarlos, es decir, destruir y construir de nuevo, lo que genera un gran impacto ambiental

en gran parte porque no son reutilizables. También se necesita de una gran infraestructura de hormigoneras, grúas y personal para comenzar la obra.

2. *EL PROBLEMA QUE SE RESUELVE*.....

Durante la construcción, los sitios se encuentran particularmente vulnerables a la alteración ambiental. A menudo la construcción es un proceso rápido y desordenado, con gran énfasis en completar el proyecto y no en proteger el medio ambiente. Por lo tanto, pueden darse impactos ambientales innecesarios y gravemente dañinos. La vegetación es eliminada, exponiendo el suelo a la lluvia, el viento, y otros elementos. La excavación y nivelación empeoran aún más esta situación. Aumenta el escurrimiento, resultando en la erosión y sedimentación. La maquinaria pesada y el almacenaje de materiales compactan el suelo, haciéndolo menos permeable y destruyendo su estructura. La vegetación no eliminada puede ser dañada por el equipo de construcción. La actividad de construcción afecta además a las cercanías inmediatas del sitio, por ejemplo, por la congestión de los caminos y puntos de acceso existentes y el mayor ruido y suciedad.

3. *SEGMENTO DE CLIENTES*.....

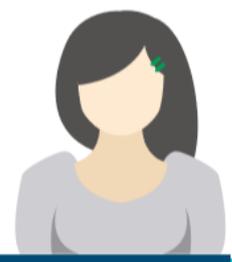
Tipos de clientes



Particulares
 A día de hoy, aun queda mucha gente que va a tiendas de bricolaje a comprar materias primas para hacer sus propias cosas. Damos la opción de poder fabricar cualquier pequeña construcción con nuestro producto.



Grandes empresas constructoras
 Cuando se comienza una gran obra podemos intervenir a la hora de instalar nuestro producto sustituyendo los materiales tradicionales en colaboración con las mismas.



Arquitectos y proyectistas
 Las personas que tienen poder y conocimientos para asesorar las construcciones, son un cliente muy positivo que nos puede ayudar a colocarnos en el mercado

4. TU SOLUCIÓN: TU PROPUESTA DE VALOR.....

Una forma de disminuir mucho el impacto ambiental de una construcción sería si se pudiesen reutilizar algunos de estos materiales al final de la vida útil de la misma. Esto es hoy en día muy difícil, pues cuando se derriba un edificio lo que queda es una montaña de escombros en la que resulta muy complicado separar materiales. Por ello, se aboga por un cambio radical en el diseño de la construcción para favorecer el desamblaje de algunos de sus componentes. Esto es un cambio de mentalidad importante, pero habría que pensar en uniones que fueran desmontables.

Mi empresa apuesta por el cambio de materiales como el ladrillo y el cemento por un material compuesto en forma de panel de sándwich que hará que las construcciones sean más rápidas, más eficientes y con una gran reducción de costes. Además, en un material reutilizable al 100% y que produce 100 veces menos de residuos que los materiales actuales.

También mejora a su vez el aislamiento térmico, acústico y el comportamiento ante terremotos de dichas construcciones. Por lo que no haría falta incorporar materiales extra para suplir estas características.

5. CÓMO VAS A GANAR DINERO. MODELO DE NEGOCIO.

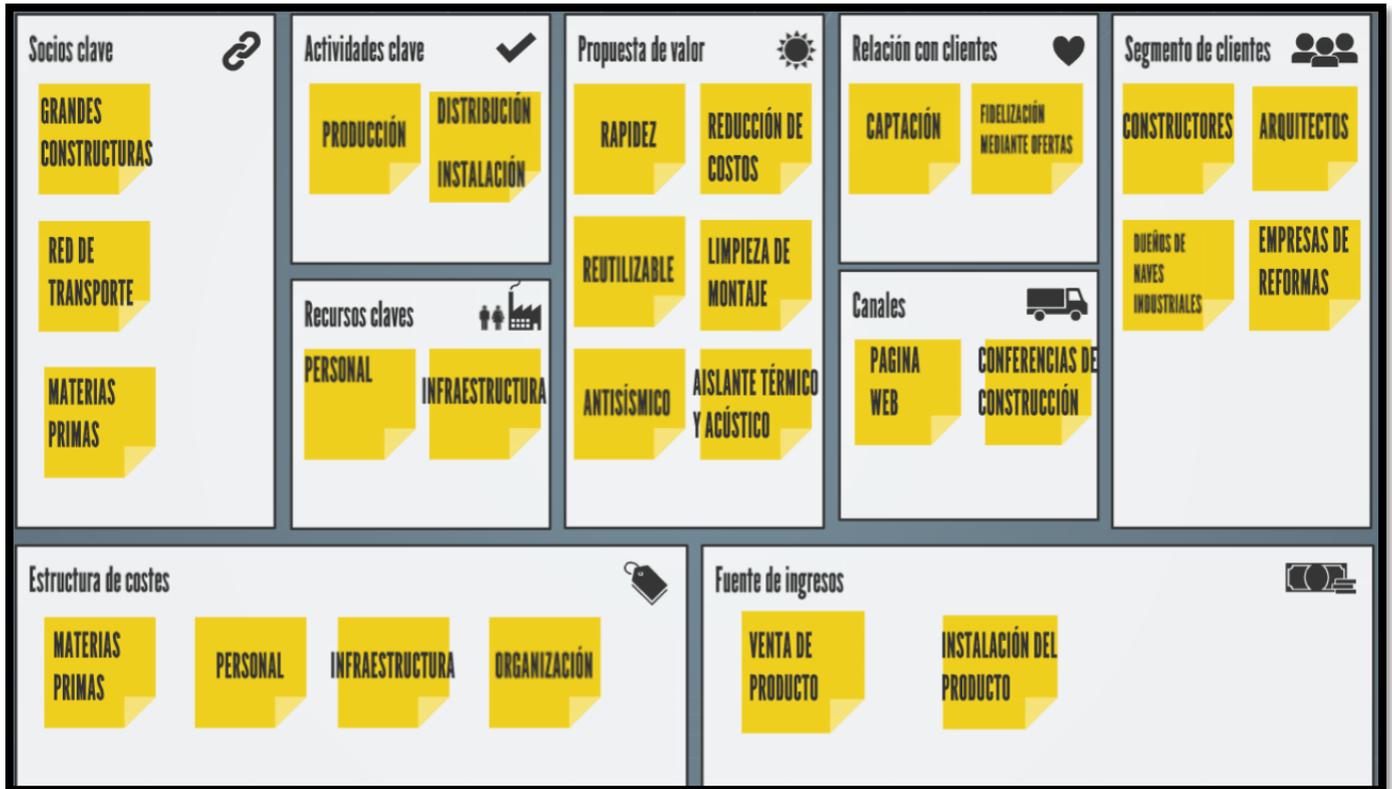
Modelo de negocio Multiplicativos: Ya que abarcamos productos y servicios especiales con valor agregado hacia el cliente:

- Producto: Venta del panel de sándwich.
- Servicio: Instalación de este.

Necesitamos personal más calificado pero la rentabilidad es mayor. Nos caracterizamos por crecer o extendernos hacia otras regiones mediante diversas naves industriales con zona de oficinas (albergando el material y teniendo técnicos en cualquier punto), para lograr atender a un número cada vez mayor de clientes.



6. LIENZO DEL MODELO DE NEGOCIO.....



7. DAFO DE LA EMPRESA.....

OPORTUNIDADES:

- Tendencia a construcciones más sostenibles.
- Uso masivo de materiales que no se pueden reciclar.
- Normativas mas estrictas para que las viviendas sean mas ecológicas.

AMENAZAS:

- Mucho conservadurismo a la hora de usar materiales pesados para la construcción.
- Disminución de la mano de obra al utilizar un método mas sencillo.

FORTALEZAS:

-Empresa pionera en acoplar un nuevo material en la modalidad de construcción modular de espacios industriales, mejorando las condiciones de habitabilidad.

DEBILIDADES:

-Empresa nueva no consolidada en el sector.
-Gran cantidad de materiales que no permite mejorar los actuales.

8. *ANÁLISIS DE LA COMPETENCIA: VENTAJA COMPETITIVA.*

Empresa	Nosotros sí podemos hacer , ellos no pueden hacer	Nosotros no podemos hacer, ellos sí pueden hacer.
Modular Industry	Instalación de una construcción in situ mediante nuestros paneles modulares.	Destinar mas recursos a I+D+i y Marketing digital.
Casas Prefabricadas FHS	Ofrecer una amplia gama de construcciones ya prefabricadas, que solo tendríamos que instalar.	Hacer la construcción totalmente personalizable.
ISOLAMUR S.L.	Especialidad en construcción de cámaras frigoríficas con paneles compuestos.	No tenemos mucha variabilidad ya que estamos centrados en un sector específico.
Panelya	Variedad de todo tipo de panel de sándwich.	No damos posibilidad de fabricación solo vendemos materia prima.

9. *HITOS Y MÉTRICAS.*

- Hipótesis: Creíamos que nuestros clientes tenían un problema ó necesidad a la hora de que las construcciones fuesen más rápidas, más eficientes y que generasen menos residuos.
- Experimentos: Realizamos 6 entrevistas personales.
- Resultados: Obtuvimos los siguientes resultados de estas:



- Hay bastantes problemas para modificar los materiales de una casa debido al Código Técnico.
- Se necesitaría un modelo de construcción que no fuese tan lento.
- Se genera demasiado escombros a la hora de construir y reformar.
- Poca utilización de materiales prefabricados, que en muchos casos acelerarían los procesos de construcción.
- Poca información para el cliente de que alternativas puede tomar a la hora de reformar su casa, con respecto a sustituir materiales.
- 0% de materiales reutilizables en las construcciones habituales, debido a que es más costoso separar los materiales del escombros generado, que obtenerlo de nuevo mediante la minería.
- En todas las entrevistas salió el problema del tiempo en las construcciones, que estaba ligado a los procesos de secado de los materiales. Además, en las construcciones que son al aire libre están sujetas a que haga buen tiempo y no llueva, por lo que a veces es difícil cumplir los plazos.
- La solución que hacía uno de ellos para ajustar el tiempo de la construcción era multiplicar por 1,25 el tiempo que ellos esperaban terminar la construcción para no pillarse las manos con el cliente.
- Donde más se falla en el tiempo es en una mala estimación del material, ya que muchas veces compran al por mayor para cada obra y la compra del material viene de fuera.
- Dinero: Cuando se retrasan en las construcciones tienen que asumir el coste de las horas de más, ya que con el cliente se establece una cifra inicial que no pueden ir variando según avanza la construcción. Disminuyendo el beneficio que iban a tener.
- Respecto a la problemática del tiempo: otra de las soluciones que me dijeron es que tenían obreros que iban por obras, es decir a la hora de tener una construcción se aumentaba plantilla para cumplir tiempos y cuando terminaba pues volvían a ser un equipo reducido.
- También habían empezado a optar por paneles prefabricados para ciertas zonas de la casa que no necesitaban estar muy aisladas acústicamente ni térmicamente.

10. VALIDACIÓN Y PRODUCTO MÍNIMO VIABLE.....

El proceso de validación de Modular Industry en el programa Explorer ha sido el siguiente:

- Primero se hizo un mapa del entorno comercial, en el que se iba a desarrollar la actividad de la empresa, se identificó cual iba a ser el modelo de negocio, la propuesta de valor, el segmento de cliente, el problema que resuelve. Todo ello con la ayuda del Business Model Canvas. Y una serie de preguntas para evaluar el diseño del modelo de negocio.

- En un segundo paso se hizo una identificación de hipótesis generales, sobre el segmento de cliente y sobre la propuesta de valor. Y se comenzaron con las entrevistas para ir validando la hipótesis a distintas partes dentro del modelo de negocio (usuarios potenciales, clientes potenciales, aliados potenciales). Y se fueron modificando aspectos del modelo de negocio y actualizando el Canvas. Algunas de las ideas claves.

Dos tipos de producto mínimo viable:

1 Crear un diseño en SolidWorks del panel de sándwich e importarlo a realidad virtual.

2 Crear un prototipo del tamaño de un ladrillo pero con el material propuesto.

El objetivo de estos dos PMV's son:

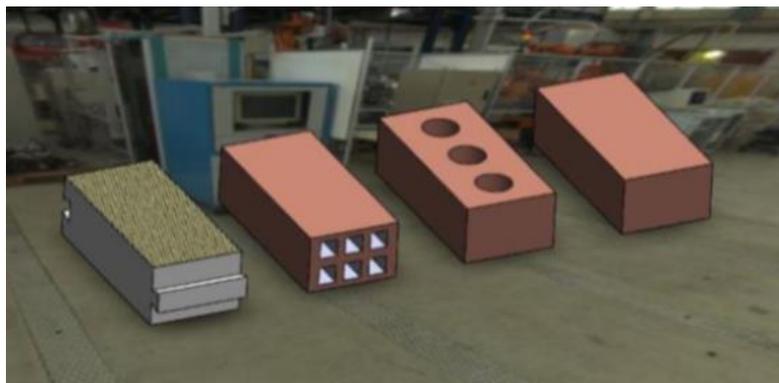
1 Hacer visual la idea del nuevo material con ayuda del 3D.

2 Hacer un prototipo para que la idea sea palpable por el cliente.

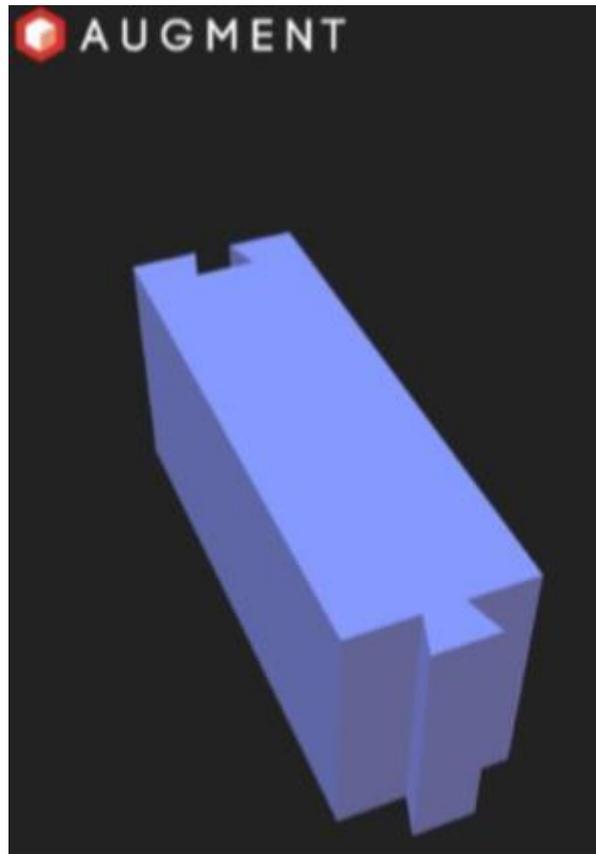
Lo que esperamos de los PMV's: • La opción dos es la hipótesis que más rápido obtendrá los resultados, ya que le mostrarías el prototipo al cliente y ya estaría viendo la idea con el tacto y la vista.

- La opción uno sería lo mismo que la anterior pero solo estaría viendo la idea sin poder hacerla tangible.

PRIMERO: Se muestra una comparativa de la evolución del ladrillo colocando en última posición nuestro producto:



Después se importó este diseño en realidad 3d con el programa AUGMENT.



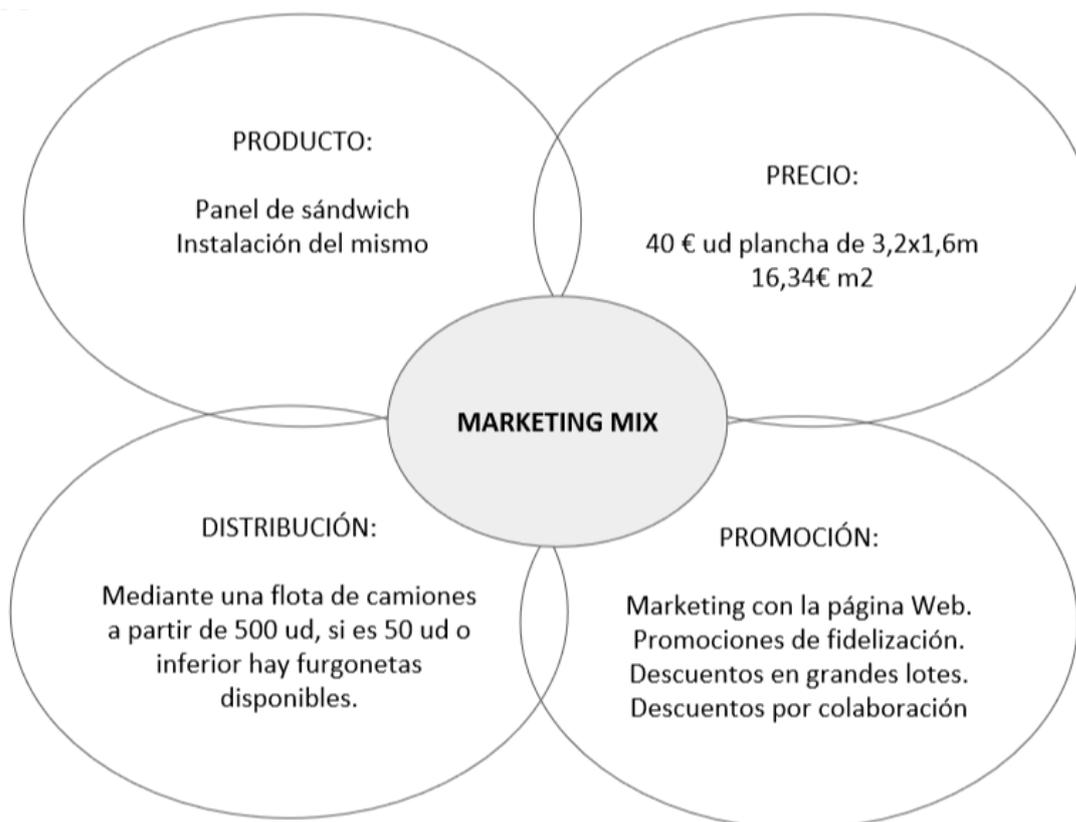
SEGUNDO: He fabricado un prototipo de dimensiones similares al ladrillo para que se pudiese comparar, no son exactamente los materiales que quiero implantar, pero son similares.



11. GANTT ESTABLECIDO DE PASOS A SEGUIR.....

Tarea	Plazo	Semanas													
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Investigación de mercados complementaria	2 semanas	■	■												
Constitución de la empresa	3 semanas	■	■	■											
Ejecución de las Inversiones	4 semanas				■	■	■					■	■	■	
Construcción de la infraestructura	6 semanas				■	■	■	■	■	■					
Montaje de maquinas	2 semanas										■	■			
Reclutamiento y selección de personal	3 semanas							■	■	■					
Inducción y capacitación de personal	2 semanas										■	■			
Preparación de campaña de lanzamiento	2 semanas										■	■			
Organización administrativa	4 semanas								■	■	■	■			
Inicio de operaciones	1 semana														■

12. PLAN DE MARKETING.....



13. OBJETIVOS DEL PLAN MARKETING.....

Esta es la tarea más difícil del plan de marketing y no hay que olvidar que todos los objetivos han de buscar la CONSOLIDACIÓN de la empresa, es decir:

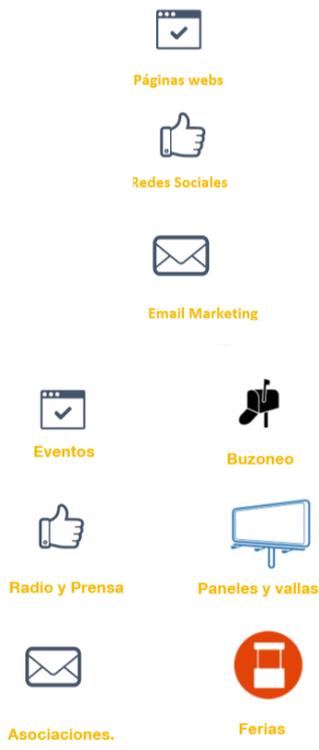
- ❖ SUPERVIVENCIA
- ❖ RENTABILIDAD
- ❖ CRECIMIENTO.



Los objetivos los podemos clasificar en:

- Cuantitativos. Son los que tienen metas medibles, entre ellos destacan:
 - ❖ Conseguir un porcentaje del mercado
 - ❖ Conseguir un volumen de ventas
 - ❖ Conseguir una cierta rentabilidad
- Cualitativos. Son metas más genéricas, como conseguir imagen o prestigio, etc.

14. ACCIONES DE MARKETING.....



✓ Acciones a realizar:

- ✓ Diseñar una estrategia SEO para tu Web / Blog.
- ✓ Posicionamiento de Marca.
- ✓ Investigar los resultados de tu competencia.
- ✓ Optimizar nuestra propuesta de valor.
- ✓ Planificación de Contenidos.
- ✓ Actualizar las Métricas de Evaluación.
- ✓ Evaluación del Coste – Beneficio.
- ✓ Uso de herramientas y recursos.

✓ Acciones a realizar:

- ✓ Directorios comerciales (locales).
- ✓ Acciones de marketing directo.
- ✓ El patrocinio de eventos.
- ✓ Papelería Corporativa para comunicarnos con nuestros clientes.
- ✓ Galerías en nuestra web con fotos del cliente con el producto.

6. Resumen, conclusiones y futuras líneas de trabajo

Después de generarse el análisis comparativo entre estos dos tipos de materiales se llegó a las siguientes conclusiones:

- Una construcción realizada con este tipo de panel de sándwich consigue el triple de aislamiento que una vivienda común, y un 30% más económicas que las de ladrillo.
- Una de las principales características del panel es que lleva el aislamiento incorporado, por lo que permite cerrar una vivienda al mismo tiempo que se aísla de manera hermética sin puentes térmicos, convirtiendo cualquier construcción con este material en ecoeficiente.
- Además, el sistema es totalmente compatible y adaptable a los sistemas constructivos existentes actualmente, por lo que hace del producto el material ideal no solo para construcción de obra nueva, sino también para remodelación, ampliación y/o rehabilitación de construcciones ya existentes, así como para vivienda social, viviendas modulares, construcciones móviles.
- Al tratarse de materiales sintéticos evitan la acción de roedores e insectos sobre la construcción, y prolonga su vida útil más allá que cualquier otro material existente en el mercado, siendo además 100% reciclable y evitando los costes derivados del cuidado y mantenimiento por el paso del tiempo.
- Para el aspecto de impacto medioambiental, las soluciones constructivas mediante MC presentan mejor comportamiento (menores impactos medioambientales) para todos los sistemas constructivos considerados.
- Se reducen los costos de mano de obra de construcción, por la rápida aplicación.
- En el sector de la construcción en general, los MC ya se están usando en la actualidad, pero mayoritariamente en elementos secundarios. Como tal se entiende elementos no estructurales, con lo que un fallo de estos no debería provocar daños catastróficos. Existe un gran desconocimiento entre los profesionales proyectistas, sobre la aplicación y ventajas de los MC en la construcción en general, y en la construcción industrial en particular.

- La conclusión general principal, en vistas de los resultados obtenidos, es que la aplicabilidad de los MC en forma de panel de sándwich en la construcción industrial es posible, y que hoy día, ya es parcialmente ventajosa respecto a otras soluciones consideradas tradicionales. La tendencia en los últimos años del mercado de MC ha sido la de bajar sus precios de venta al aumentar su producción. Ello implica que a corto-medio plazo se prevé que el coste dejará de ser un elemento desventajoso para este tipo de materiales, cobrando mayor importancia precisamente los aspectos ventajosos como son el tiempo, la seguridad y el impacto medioambiental del uso de estos materiales. Para todo ello, la tecnología usada por los MC debe avanzar para cubrir las necesidades del sector de la construcción. Así se pide al material compuesto más prestaciones y menor coste, se pide al proceso más rapidez y más precisión, pasando todo ello por una optimización de los moldes utilizados, por automatizar los procesos, por utilizar nuevas fibras y combinaciones, por combinar los materiales compuestos con materiales tradicionales, y por potenciar las matrices reciclables y las fibras naturales.
- Respecto al tema económico me gustaría destacar que existe una viabilidad, ya que los precios son muy parecidos a lo que ofrece el mercado a día de hoy.

Además, después de comparar entre dos tipos de obra se llegó a las siguientes conclusiones:

En nuestro país, el tipo de construcción tradicional sigue siendo el sistema húmedo, con los materiales clásicos: ladrillos, arena y cemento. Sin embargo, la construcción en seco viene ganando un importante terreno (como en otros países del mundo que pasó a ser el sistema tradicional,) ya que posee fuertes ventajas frente al sistema constructivo húmedo. Las más importantes: el tiempo de realización de los proyectos, costos, la inclusión de materiales ecológicos y que en la actualidad se hacen proyectos a medida según las necesidades de cada cliente.

La principal ventaja que presenta el sistema de construcción en seco es el tiempo de ejecución del proyecto, que es siempre menor en comparación. Esto permite bajar costos, ya que los plazos de la obra se acortan y se cumplen de forma estricta, aspecto difícil en la construcción tradicional. Las obras suelen tomar más tiempo del que se estipula, incrementando sobre todo los costos de mano de obra. Además, las obras de construcción en seco por definición son más limpias, sin escombros, algo valorado por quienes han estado en obra.

También es un mito, que el sistema de construcción en seco no ofrece posibilidades de diseño arquitectónico a medida, terminaciones y confort. La flexibilidad de diseño es una de las características principales de este sistema constructivo.

Los sistemas modulares presentan unas características diferenciadas de otros sistemas constructivos, como son una visión global e integrada de todo el proyecto, con un mayor énfasis en la fase de concepción y planificación de estos, de esta manera, se potenciará unas de las principales virtudes que es la celeridad de construcción.

En la actualidad, gracias a las innovaciones tecnológicas en construcción seca, ésta se convirtió en una opción de gran calidad a la hora de construir una casa, derribando antiguos paradigmas asociados con la construcción en seco de baja calidad.

Futuras líneas de investigación

- Se podría realizar una campaña de ensayos para “normalizar” distintos perfiles estructurales y proponer algún método simplificado de cálculo aproximado.
- Desarrollar la tecnología para la mejora de la fabricación de MC con matriz termoplástica. Ello implicaría la posibilidad del uso de esta tipología de materiales en los sistemas constructivos de los edificios industriales, facilitando el reciclaje al final de su vida útil.
- Estudiar nuevas tecnologías para la revalorización de los MC, sobre todo para los formados por matrices termoestables. Se pueden buscar posibles soluciones para reciclar, reusar o recuperar energéticamente los MC una vez terminado su ciclo de vida.
- Se podría continuar con la aplicabilidad y comparación con soluciones constructivas tradicionales de elementos formados de MC para otros sistemas constructivos como forjados, cerramientos interiores, carpintería, etc.
- Quiero indicar que otro posible trabajo de futuro sería la construcción física real de un edificio industrial, bajo los parámetros indicados en este TFG. Para demostrar lo planteado.
- Estudiando las posibilidades reales con miembros del CEEIC, la empresa va a lanzarse como startup en varios concursos de aceleradoras.

7. Bibliografía

- AreaTecnología <http://www.areatecnologia.com/TUTORIALES/MATERIALES%20PARA%20LA%20CONSTRUCCION.htm> ----- [1]
- EcoHabitar <http://www.ecohabitar.org/impacto-de-los-materiales-de-construccion-analisis-de-ciclo-de-vida/> ----- [2]
- Myprofetecnología <https://myprofetecnologia.wordpress.com/2011/07/31/materiales-de-construccion/> ----- [3]
- WikiEOI http://www.eoi.es/wiki/index.php/MATERIALES_DE_CONSTRUCCI%C3%93N_en_Construcci%C3%B3n_sostenible ----- [4]
- Termiser <http://www.termiser.com/materiales-para-la-construccion-de-un-edificio/> ----- [5]
- Francisco J. Arenas Cabello http://huespedes.cica.es/gimadus/17/03_materiales.html ----- [6]
- Evolución histórica de los materiales de construcción para viviendas <http://www.monografias.com/trabajos94/evolucion-historica-materiales-construccion-viviendas/evolucion-historica-materiales-construccion-viviendas.shtml> ----- [7]
- Estudio de la aplicabilidad de materiales compuestos avanzados en la construcción de edificios industriales <http://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/6162/04Xrr04de17.pdf> ----- [8]
- UTILIZACIÓN DE MATERIALES COMPUESTOS EN LA CONSTRUCCIÓN DE NUEVOS PUENTES <http://www.caminospaisvasco.com/Profesion/novedades/matcom> --- [9]
- Composite materials in building (Antonio Mira Vete) <http://materconstrucc.revistas.csic.es/index.php/materconstrucc/article/viewFile/491/539> [10]
- Aimplas (Instituto Tecnológico del plástico) <http://www.aimplas.es/blog/tipos-de-materiales-compuestos> ----- [11]
- Modular Home <https://www.modularhome.es/casas-prefabricadas/> ----- [12]
- Vida Modular <http://abcm modular.com/casas-prefabricadas-mitos> ----- [13]
- Durabilidad, bajo condiciones climáticas, del Panel Compuesto Ligero Autoportante, tipo sándwich (Estrada Martínez, Salvador) <http://digibuo.uniovi.es/dspace/handle/10651/13483> -- ----- [14]

- Generador de precios (CYPE Ingeniero S.A)
www.generadordeprecios.info/obra_nueva/Fachadas_y_particiones/Particiones_ligeras/Sistemas_de_particion_ligera/FIY010_Sistema_VALERO_COMPOPLAK_para_pa.html - [15]
- Compoplack(Grupo Valero S.L)
<https://www.construction21.org/espana/articulos/es/compoplack-economico-rapido-y-eficiente.html> ----- [16]
- DECOORA(Thermorecetas) <https://www.decoora.com/casas-en-poliestireno-economica-y-segura/casadepoliestileno>. ----- [17]
- Arquitectura de casas <http://www.arquitecturadecasas.info/casas-domo-de-poliestireno-expandido-en-japon/>----- [18]
- Cadena ser
http://cadenaser.com/programa/2016/05/07/hora_14_fin_de_semana/1462610074_517322.html ----- [19]
- Cómo preparar la casa para un tornado (Juan Pedro Chuet-Missé)
https://www.homify.es/libros_de_ideas/646164/como-preparar-la-casa-para-un-tornado-tornados ----- [20]
- Grab CAD <https://grabcad.com/library/house-8-x-12-m-1st-floor-1> ----- [21]
- Thermo Chip https://www.thermochip.com/por-que-el-poliestireno-extruido-es-el-mejor-aislante-en-paneles-sandwich/propiedades_mecanicas ----- [22]
- Textos Científicos <https://www.textoscientificos.com/polimeros/poliestireno-expandido> -- [23]
- BLOG CUTECMA <http://cutecma.es/wordpress/la-huella-de-co2-de-los-materiales-de-construccion/> ----- [24]
- BLOG SEPIN <https://blog.sepin.es/2016/04/servidumbre-medianeria/> ----- [25]
- Habitissimo <https://www.habitissimo.es/presupuestos/hacer-tabique-de-ladrillo>----- [26]
- Estudio de la aplicabilidad de materiales compuestos en la construcción de edificios industriales
(Roca Ramon, Xavier)
<https://www.tdx.cat/handle/10803/6162;jsessionid=334274AFB4AC7AE8E33AA368AB639A7F> ----- [27]
- Código Técnico de la Edificación. Marzo 2018----- [28]

William D. Callister, “ Introducción a la Ciencia e Ingeniería de los Materiales”, Reverté, 1996.
----- [29]

James G. Gere, “Timoshenko Resistencia de Materiales”, Thomson, 2002. ----- [30]

Materials ans the enviroment Eco-Informed Material Choice Second Edition. ----- [31]

CASAS FIGUEROA, Luis Humberto. Evaluación de sistemas constructivos. Santiago de Cali:
editorial CITCE, 2004. 127 p. ----- [32]

BROTO I COMERMA, Xavier. Patologías de los elementos constructivos. Edición 2006.
Barcelona, España: editorial structure, 2006. 486 p. ----- [33]

SALAS SERRANO, Julian. Viviendo y construyendo. Santafé de Bogotá: editorial escala,
1994, 296 p. ----- [34]

VILLASANTE SANCHEZ, Esteban. Mampostería y construcción. México: editorial trillas,
2008. 438 p. [35]

OROZCO, Enrique. (2008). Notas sobre materiales, técnicas y sistemas constructivos
<http://www2.scielo.org.ve/pdf/tyc/v24n2/art02.pdf> / (8 oct. 2013). ----- [36]

8. Anexos

Ecoauditorías al completo.

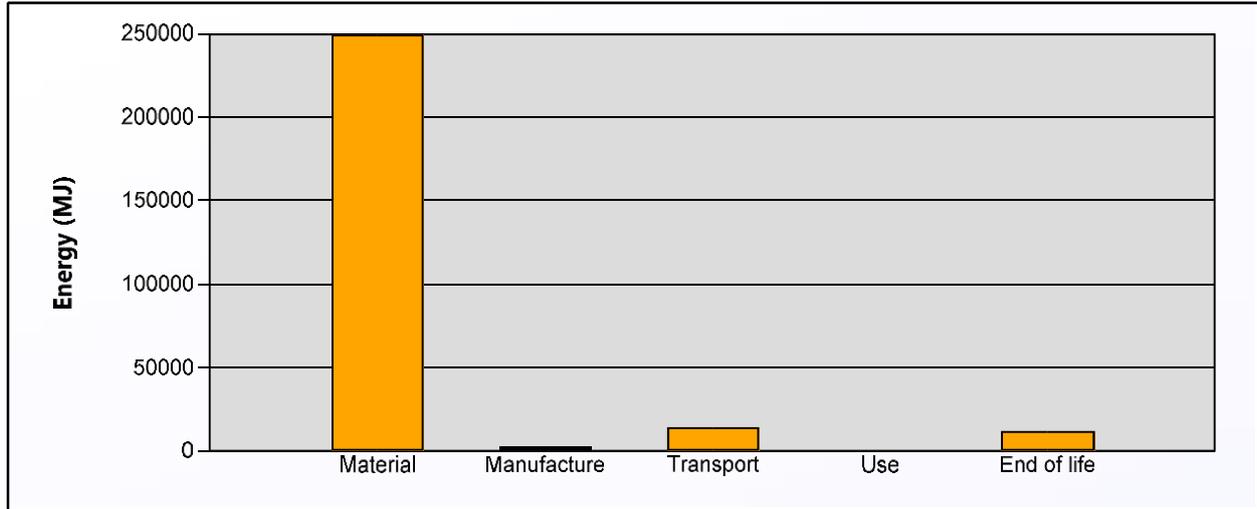


Eco Audit Report

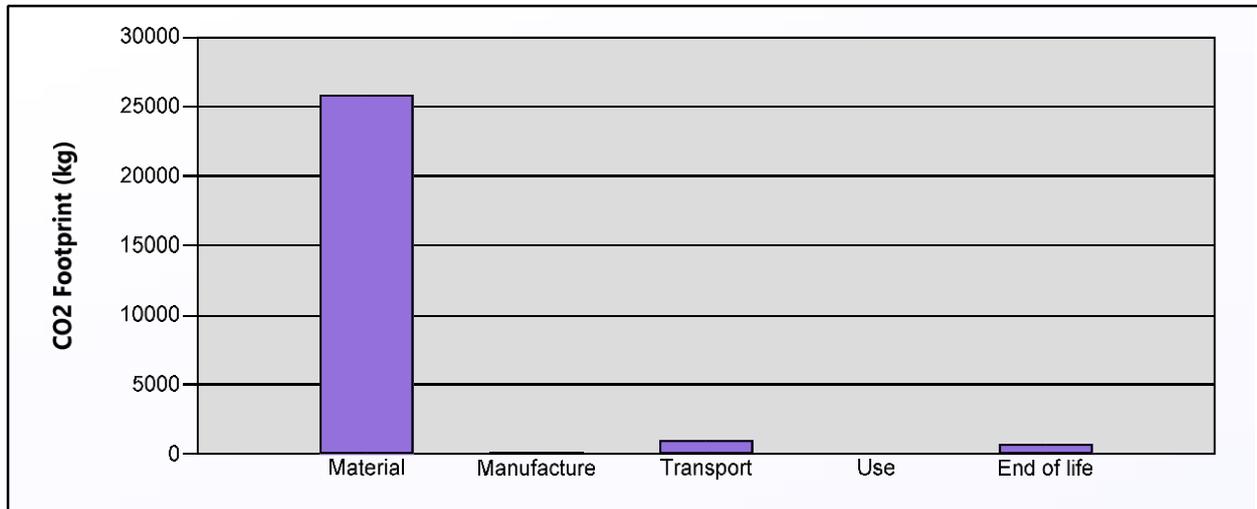
Product Name

Product Life (years) 40

Energy and CO₂ Footprint Summary:



[Energy Details...](#)



[CO₂ Details...](#)

Phase	Energy (MJ)	Energy (%)	CO ₂ (kg)	CO ₂ (%)
Material	2.5e+05	89.1	2.58e+04	92.6
Manufacture	3.15e+03	1.1	252	0.9
Transport	1.46e+04	5.2	1.04e+03	3.7
Use	0	0.0	0	0.0
End of life	1.27e+04	4.5	762	2.7
Total	2.8e+05	100	2.78e+04	100

NOTE: Differences of less than 20% are not usually significant.

[See notes on precision and data sources.](#)

Eco Audit Report

Energy Analysis

[Energy and CO2 Summary](#)

	Energy (MJ)/year
Equivalent annual environmental burden (averaged over 40 year product life):	7e+03

Detailed Breakdown of Individual Life Phases

Material:

[Energy and CO2 Summary](#)

Breakdown by component

Component	Material	Recycle content	Material Embodied Energy * (MJ/kg)	Total Mass (kg)	Energy (MJ)	%
Nave Industrial material 1	Cement (ordinary Portland)	Virgin (0%)	5.7	1.6e+04	9.3e+04	37.4
Nave Industrial material 1	Brick (common, hard) (2.03)	Virgin (0%)	3.3	4.7e+04	1.6e+05	62.6
Total				6.3e+04	2.5e+05	100

* Value accounts for specified recycle content

Mass and energy data for material phase

Component	Qty.	Part mass (kg)	Embodied Energy, primary (MJ/kg)	Embodied Energy, production	Recycle fraction in current supply (%)	Embodied Energy, recycling (MJ/kg)
Nave Industrial material 1	1	1.6e+04	5.7		1.2	0
Nave Industrial material 1	1	4.7e+04	3.3		17	0

Manufacture:

[Energy and CO2 Summary](#)

Breakdown by component

Component	Process	Processing Energy (MJ/kg)	Total Mass (kg)	Energy (MJ)	%
Nave Industrial material 1	Assembly / Construction	0.02	1.6e+04	3.3e+02	10.4
Nave Industrial material 1	Assembly / Construction	0.06	4.7e+04	2.8e+03	89.6
Total			6.3e+04	3.1e+03	100

Transport:

[Energy and CO2 Summary](#)

Breakdown by transport stage

Total product mass = 6.3e+04 kg

Stage Name	Transport Type	Transport Energy (MJ/tonne.km)	Distance (km)	Energy (MJ)	%
------------	----------------	--------------------------------	---------------	-------------	---

	32 tonne truck	0.46	2.5e+02	7.3e+03	50.0
	32 tonne truck	0.46	2.5e+02	7.3e+03	50.0
Total			5e+02	1.5e+04	100

Breakdown by components Total transport distance = 5e+02 km

Component	Total Mass (kg)	Energy (MJ)	%
Nave Industrial material 1	1.6e+04	3.8e+03	25.8
Nave Industrial material 1	4.7e+04	1.1e+04	74.2
Total	6.3e+04	1.5e+04	100

Use:

[Energy and CO2 Summary](#)

Relative contribution of static and mobile modes

Mode	Energy (MJ)	%
Static	0	
Mobile	0	
Total	0	100

End of life

[Energy and CO2 Summary](#)

Relative contributions of end of life options

Component	End of Life Route	Collection Energy (MJ/kg)	Potential End of Life 'Saving' (MJ/kg)	Total Mass (kg)	Total EoL Energy (MJ)	%
Nave Industrial material 1	Landfill	0.2	0	1.6e+04	3.3e+03	25.8
Nave Industrial material 1	Landfill	0.2	0	4.7e+04	9.4e+03	74.2
Total				6.3e+04	1.3e+04	100

Parameters and calculation factors for end of life phase

Collection Energy (MJ/kg)	0.2
Primary Sorting Energy (MJ/kg)	0.3
Secondary Sorting Energy (MJ/kg)	0.5
Combustion Efficiency (%)	0.3
Downcycle factor (β) - metals	0.5
Downcycle factor (β) - thermoplastics	0.2
Recycling factor (γ) - metals	0.2
Recycling factor (γ) - thermoplastics	0.4
Comminution factor (MJ/kg)	0.1
Re-Engineer Factor	0.8

Energy data for end of life phase

Component	Heat of Combustion (net) (MJ/kg)	Embodied Energy, recycling (MJ/kg)	Material Embodied Energy ** (MJ/kg)
Nave Industrial material 1	0	0	5.7
Nave Industrial material 1	0	0	3.3

** Value accounts for specified recycle content (specified in Material table)

Notes:

[Energy and CO2 Summary](#)



Eco Audit Report

CO2 Footprint Analysis

[Energy and CO2 Summary](#)

	CO2 (kg)/year
Equivalent annual environmental burden (averaged over 40 year product life):	696

Detailed Breakdown of Individual Life Phases

Material:

[Energy and CO2 Summary](#)

Breakdown by component

Component	Material	Recycle content	Material CO2 Footprint * (kg/kg)	Total Mass (kg)	CO2 Footprint (kg)	%
Nave Industrial material 1	Cement (ordinary Portland)	Virgin (0%)	0.95	1.6e+04	1.6e+04	60.5
Nave Industrial material 1	Brick (common, hard (2.03)	Virgin (0%)	0.22	4.7e+04	1e+04	39.5
Total				6.3e+04	2.6e+04	100

* Value accounts for specified recycle content

Mass and CO2 data for material phase

Component	Qty.	Part mass (kg)	CO2 Footprint, primary production (kg/kg)	Recycle fraction in current supply (%)	CO2 Footprint, recycling (kg/kg)
Nave Industrial material 1	1	1.6e+04	0.95	1.2	0
Nave Industrial material 1	1	4.7e+04	0.22	17	0

Manufacture:

[Energy and CO2 Summary](#)

Breakdown by component

Component	Process	Processing CO2 (kg/kg)	Total Mass (kg)	CO2 Footprint (kg)	%
Nave Industrial material 1	Assembly / Construction	0.0016	1.6e+04	26	10.4

Nave Industrial material 1	Assembly / Construction	0.0048	4.7e+04	2.3e+02	89.6
Total			6.3e+04	2.5e+02	100

Transport:

[Energy and CO2 Summary](#)

Breakdown by transport stage

Total product mass = 6.3e+04 kg

Stage Name	Transport Type	Transport Energy (MJ/tonne.km)	CO2 Footprint, source (kg/MJ)	Distance (km)	CO2 Footprint (kg)	%
	32 tonne truck	0.46	0.071	2.5e+02	5.2e+02	50.0
	32 tonne truck	0.46	0.071	2.5e+02	5.2e+02	50.0
Total				5e+02	1e+03	100

Breakdown by components

Total transport distance = 5e+02 km

Component	Total Mass (kg)	CO2 Footprint (kg)	%
Nave Industrial material 1	1.6e+04	2.7e+02	25.8
Nave Industrial material 1	4.7e+04	7.7e+02	74.2
Total	6.3e+04	1e+03	100

Use:

[Energy and CO2 Summary](#)

Relative contribution of static and mobile modes

Mode	CO2 Footprint (kg)	%
Static	0	
Mobile	0	
Total	0	100

End of life

[Energy and CO2 Summary](#)

Relative contributions of end of life options

Component	End of Life Route	Collection CO2 (kg/kg)	Potential End of Life 'Saving' (kg/kg)	Total Mass (kg)	Total EoL CO2 (kg)	%
Nave Industrial material 1	Landfill	0.012	0	1.6e+04	2e+02	25.8
Nave Industrial material 1	Landfill	0.012	0	4.7e+04	5.7e+02	74.2
Total				6.3e+04	7.6e+02	100

Parameters and calculation factors for end of life phase

Collection Energy (MJ/kg)	0.2
Primary Sorting Energy (MJ/kg)	0.3
Secondary Sorting Energy (MJ/kg)	0.5

Downcycle factor (β) - metals	0.5
Downcycle factor (β) - thermoplastics	0.2
Recycling factor (γ) - metals	0.2
Recycling factor (γ) - thermoplastics	0.4
Comminution factor (MJ/kg)	0.1
Re-Engineer Factor	0.8
CO2 factor (α) (kg/MJ)	0.06

CO2 data for end of life phase

Component	Combustion CO2 (kg/kg)	CO2 Footprint, recycling (kg/kg)	CO2 Footprint, primary production ** (kg/kg)
Nave Industrial material 1	0	0	0.95
Nave Industrial material 1	0	0	0.22

** Value accounts for specified recycle content (specified in Material table)

Notes:

[Energy and CO2 Summary](#)

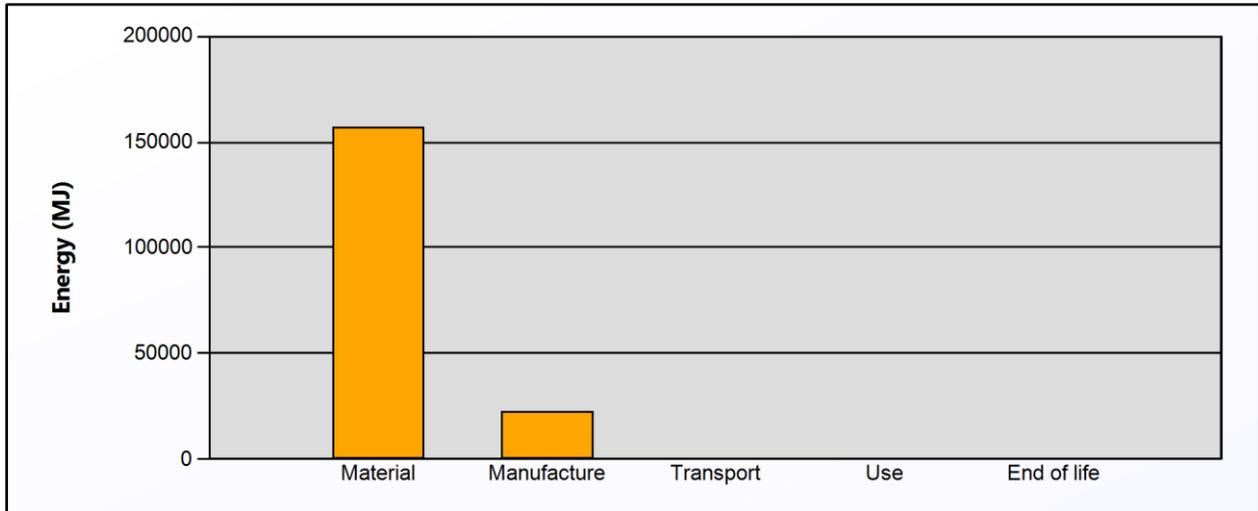


Eco Audit Report

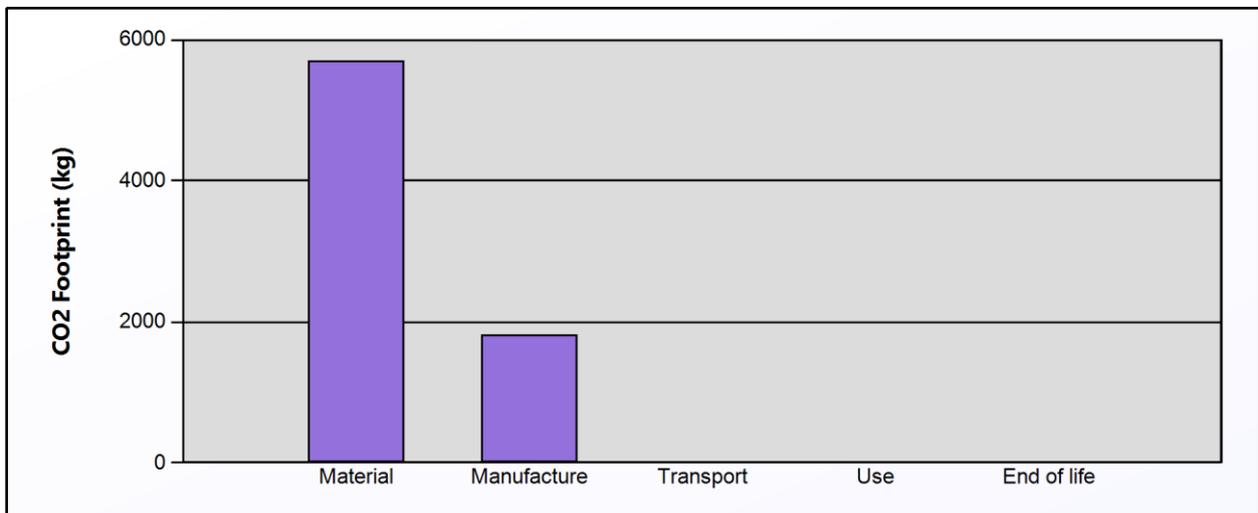
Product Name

Product Life (years) 40

Energy and CO2 Footprint Summary:



[Energy Details...](#)



[CO₂ Details...](#)

Phase	Energy (MJ)	Energy (%)	CO ₂ (kg)	CO ₂ (%)
Material	1.57e+05	87.0	5.7e+03	75.4
Manufacture	2.31e+04	12.7	1.83e+03	24.1
Transport	294	0.2	20.9	0.3
Use	0	0.0	0	0.0
End of life	277	0.2	16.6	0.2
Total	1.81e+05	100	7.57e+03	100

NOTE: Differences of less than 20% are not usually significant.

[See notes on precision and data sources.](#)



Eco Audit Report

[Energy and CO₂ Summary](#)

Energy Analysis

	Energy (MJ)/year
Equivalent annual environmental burden (averaged over 40 year product life):	4.53e+03

Detailed Breakdown of Individual Life Phases

Material:

[Energy and CO2 Summary](#)

Breakdown by component

Component	Material	Recycle content	Material Embodied Energy * (MJ/kg)	Total Mass (kg)	Energy (MJ)	%
Nave Industrial material 2	Epoxy (glass filler)	Virgin (0%)	1.2e+02	8.2e+02	9.7e+04	61.4
Nave Industrial material 2	PS foam (closed cell, 0.030)	Virgin (0%)	1.1e+02	5.7e+02	6.1e+04	38.6
Total				1.4e+03	1.6e+05	100

* Value accounts for specified recycle content

Mass and energy data for material phase

Component	Qty.	Part mass (kg)	Embodied Energy, primary production (MJ/kg)	Recycle fraction in current supply (%)	Embodied Energy, recycling (MJ/kg)
Nave Industrial material 2	1	8.2e+02	1.2e+02	0.1	0
Nave Industrial material 2	1	5.7e+02	1.1e+02	1	48

Manufacture:

[Energy and CO2 Summary](#)

Breakdown by component

Component	Process	Processing Energy (MJ/kg)	Total Mass (kg)	Energy (MJ)	%
Nave Industrial material 2	Polymer molding	23	8.2e+02	1.8e+04	80.1
Nave Industrial material 2	Polymer extrusion	8.1	5.7e+02	4.6e+03	19.9
Total			1.4e+03	2.3e+04	100

Transport:

[Energy and CO2 Summary](#)

Breakdown by transport stage Total product mass = 1.4e+03 kg

Stage Name	Transport Type	Transport Energy (MJ/tonne.km)	Distance (km)	Energy (MJ)	%
	14 tonne truck	0.85	2.5e+02	2.9e+02	100.0
Total			2.5e+02	2.9e+02	100

Breakdown by components Total transport distance = 2.5e+02 km

Component	Total Mass (kg)	Energy (MJ)	%
Nave Industrial material 2	8.2e+02	1.7e+02	59.2
Nave Industrial material 2	5.7e+02	1.2e+02	40.8
Total	1.4e+03	2.9e+02	100

Use:

[Energy and CO2 Summary](#)

Relative contribution of static and mobile modes

Mode	Energy (MJ)	%
Static	0	
Mobile	0	
Total	0	100

End of life

[Energy and CO2 Summary](#)

Relative contributions of end of life options

Component	End of Life Route	Collection Energy (MJ/kg)	Potential End of Life 'Saving' (MJ/kg)	Total Mass (kg)	Total EoL Energy (MJ)	%
Nave Industrial material 2	Landfill	0.2	0	8.2e+02	1.6e+02	59.2
Nave Industrial material 2	Landfill	0.2	0	5.7e+02	1.1e+02	40.8
Total				1.4e+03	2.8e+02	100

Parameters and calculation factors for end of life phase

Collection Energy (MJ/kg)	0.2
Primary Sorting Energy (MJ/kg)	0.3
Secondary Sorting Energy (MJ/kg)	0.5
Combustion Efficiency (%)	0.3
'RZQFFOHIDFWRUüPHWDOV	0.5
'RZQFFOHIDFWRUüWKHUPRSODVWLFV	0.2

5HF\FOLQJIDFWRUÛPHWDOV	0.2
5HF\FOLQJIDFWRUÛWKHUPRSODVWLFV	0.4
Comminution factor (MJ/kg)	0.1
Re-Engineer Factor	0.8

Energy data for end of life phase

Component	Heat of Combustion (net) (MJ/kg)	Embodied Energy, recycling (MJ/kg)	Material Embodied Energy ** (MJ/kg)
Nave Industrial material 2	12	0	1.2e+02
Nave Industrial material 2	41	48	1.1e+02

** Value accounts for specified recycle content (specified in Material table)

Notes:

[Energy and CO2 Summary](#)



Eco Audit Report

CO2 Footprint Analysis

[Energy and CO2 Summary](#)

	CO2 (kg)/year
Equivalent annual environmental burden (averaged over 40 year product life):	189

Detailed Breakdown of Individual Life Phases

Material:

[Energy and CO2 Summary](#)

Breakdown by component

Component	Material	Recycle content	Material CO2 Footprint * (kg/kg)	Total Mass (kg)	CO2 Footprint (kg)	%
Nave Industrial material 2	Epoxy (glass filler)	Virgin (0%)	4.4	8.2e+02	3.6e+03	63.0
Nave Industrial material 2	PS foam (closed cell, 0.030)	Virgin (0%)	3.7	5.7e+02	2.1e+03	37.0
Total				1.4e+03	5.7e+03	100

* Value accounts for specified recycle content

Mass and CO2 data for material phase

Component	Qty.	Part mass (kg)	CO2 Footprint, primary production (kg/kg)	Recycle fraction in current supply (%)	CO2 Footprint, recycling (kg/kg)
Nave Industrial material 2	1	8.2e+02	4.4	0.1	0
Nave Industrial material 2	1	5.7e+02	3.7	1	1.5

Manufacture:

[Energy and CO2 Summary](#)

Breakdown by component

Component	Process	Processing CO2 (kg/kg)	Total Mass (kg)	CO2 Footprint (kg)	%
Nave Industrial material 2	Polymer molding	1.8	8.2e+02	1.5e+03	80.9
Nave Industrial material 2	Polymer extrusion	0.62	5.7e+02	3.5e+02	19.1
Total			1.4e+03	1.8e+03	100

Transport:

[Energy and CO2 Summary](#)

Breakdown by transport stage Total product mass = 1.4e+03 kg

Stage Name	Transport Type	Transport Energy (MJ/tonne.km)	CO2 Footprint, source (kg/MJ)	Distance (km)	CO2 Footprint (kg)	%
	14 tonne truck	0.85	0.071	2.5e+02	21	100.0
Total				2.5e+02	21	100

Breakdown by components Total transport distance = 2.5e+02 km

Component	Total Mass (kg)	CO2 Footprint (kg)	%
Nave Industrial material 2	8.2e+02	12	59.2
Nave Industrial material 2	5.7e+02	8.5	40.8
Total	1.4e+03	21	100

Use:

[Energy and CO2 Summary](#)

Relative contribution of static and mobile modes

Mode	CO2 Footprint (kg)	%
Static	0	
Mobile	0	
Total	0	100

End of life

[Energy and CO2 Summary](#)

Relative contributions of end of life options

Component	End of Life Route	Collection CO2 (kg/kg)	Potential End of Life 'Saving' (kg/kg)	Total Mass (kg)	Total EoL CO2 (kg)	%
Nave Industrial material 2	Landfill	0.012	0	8.2e+02	9.8	59.2
Nave Industrial material 2	Landfill	0.012	0	5.7e+02	6.8	40.8
Total				1.4e+03	17	100

Parameters and calculation factors for end of life phase

Collection Energy (MJ/kg)	0.2
Primary Sorting Energy (MJ/kg)	0.3
Secondary Sorting Energy (MJ/kg)	0.5
'RZQFFOHIDFWRUÛPHWDOV	0.5
'RZQFFOHIDFWRUÛWKHUPRSODVWLFV	0.2
5HFVOLFQJIDFWRUÛPHWDOV	0.2
5HFVOLFQJIDFWRUÛWKHUPRSODVWLFV	0.4
Comminution factor (MJ/kg)	0.1
Re-Engineer Factor	0.8
&2IDFWRUÏNJ0-	0.06

CO2 data for end of life phase

Component	Combustion CO2 (kg/kg)	CO2 Footprint, recycling (kg/kg)	CO2 Footprint, primary production ** (kg/kg)
Nave Industrial material 2	0.99	0	4.4
Nave Industrial material 2	3.4	1.5	3.7

** Value accounts for specified recycle content (specified in Material table)

Notes:

[Energy and CO2 Summary](#)

Data sheet de los materiales elegidos en la ecoauditoría: [36]



Epoxy SMC (glass fiber)

Page 1 of 3

General properties

Designation

Epoxy (Glass Fiber, SMC)

Density	1.5e3	-	1.8e3	kg/m ³
Price	* 3.57	-	3.93	EUR/kg

Tradenames

AC EP; Ferropreg EP; Fiberite EP; Hexcel EP; Permaglas Epoxy; Scotchply; Tufinol Epoxy

Composition overview

Composition (summary)

Epoxy + glass filler

Base	Polymer			
Polymer class	Thermoset plastic			
Polymer type	EP			
Polymer type full name	Epoxy resin			
% filler (by weight)	15	-	50	%
Filler type	Glass fiber			

Composition detail

Polymer	50	-	85	%
Glass (fiber)	15	-	50	%

Mechanical properties

Young's modulus	13.8	-	27.6	GPa
Compressive modulus	* 13.8	-	27.6	GPa
Flexural modulus	13.8	-	20.6	GPa
Shear modulus	* 5.21	-	10.4	GPa
Bulk modulus	* 18.2	-	19.1	GPa
Poisson's ratio	0.313	-	0.342	
Shape factor	11			
Yield strength (elastic limit)	* 110	-	193	MPa
Tensile strength	138	-	241	MPa
Compressive strength	138	-	207	MPa
Flexural strength (modulus of rupture)	345	-	483	MPa
Elongation	0.5	-	2	% strain
Hardness - Vickers	* 33.1	-	57.8	HV
Hardness - Rockwell R	* 130	-	135	
Fatigue strength at 10 ⁷ cycles	* 55.2	-	96.4	MPa
Fracture toughness	* 7.76	-	23.3	MPa.m ^{0.5}
Mechanical loss coefficient (tan delta)	* 0.00392	-	0.00637	

Impact properties

Impact strength, notched 23 °C	160	-	200	kJ/m ²
Impact strength, unnotched 23 °C	* 190	-	200	kJ/m ²

Thermal properties

Glass temperature	* 67	-	167	°C
Heat deflection temperature 0.45MPa	* 286	-	343	°C
Heat deflection temperature 1.8MPa	261	-	316	°C
Maximum service temperature	* 170	-	190	°C
Minimum service temperature	* -123	-	-73	°C
Thermal conductivity	0.6	-	0.7	W/m.°C
Specific heat capacity	891	-	909	J/kg.°C
Thermal expansion coefficient	21.2	-	22	µstrain/°C

Processing properties

No warranty is given for the accuracy of this data. Values marked * are estimates.
CES Edupack 2010 (C) Granta Design Ltd

General properties

Designation

Clay brick

Density	2.1e3	-	2.4e3	kg/m ³
Porosity (closed)	* 0	-	0.01	%
Porosity (open)	* 0.06	-	0.2	%
Price	0.461	-	1.23	EUR/kg

Composition overview

Composition (summary)

Al₂O₃.2SiO₂

Base	Oxide
------	-------

Composition detail

Al ₂ O ₃ (alumina)	-1	%
SiO ₂ (silica)	-1	%

Mechanical properties

Young's modulus	50	-	80	GPa
Flexural modulus	* 50	-	80	GPa
Shear modulus	* 21	-	33	GPa
Bulk modulus	* 30	-	47	GPa
Poisson's ratio	* 0.2	-	0.23	
Shape factor	15			
Yield strength (elastic limit)	* 13	-	20	MPa
Tensile strength	13	-	20	MPa
Compressive strength	240	-	600	MPa
Flexural strength (modulus of rupture)	25	-	40	MPa
Elongation	* 0.02	-	0.04	% strain
Hardness - Vickers	* 108	-	120	HV
Fatigue strength at 10 ⁷ cycles	* 6.27	-	7.32	MPa
Fracture toughness	* 0.4	-	1	MPa ^m ^{0.5}
Mechanical loss coefficient (tan delta)	0.004	-	0.02	

Thermal properties

Melting point	930	-	1.2e3	°C
Maximum service temperature	680	-	930	°C
Minimum service temperature	-273			°C
Thermal conductivity	0.6	-	1.4	W/m.°C
Specific heat capacity	500	-	540	J/kg.°C
Thermal expansion coefficient	5	-	8	μstrain/°C
Latent heat of fusion	* 390	-	440	kJ/kg

Electrical properties

Electrical resistivity	* 1e14	-	1e18	μohm.cm
Dielectric constant (relative permittivity)	* 4	-	10	
Dissipation factor (dielectric loss tangent)	* 0.001	-	0.01	
Dielectric strength (dielectric breakdown)	* 7	-	10	MV/m

Optical properties

Color	Red/Buf
Transparency	Opaque

Durability: flammability

Flammability	Non-flammable
--------------	---------------

General properties

Designation

Epoxy resin (Glass Filler)

Density	1.9e3	-	2.1e3	kg/m ³
Price	* 2.78	-	3.06	EUR/kg

Tradenames

Araldite; Epikote; Epolite; Fiberite; Lytex; Stycast

Composition overview

Composition (summary)

aromatic epoxide resin + glass filler

Base	Polymer			
Polymer class	Thermoset plastic			
Polymer type	EP			
Polymer type full name	Epoxy resin			
% filler (by weight)	* 20	-	40	%
Filler type	Long glass fiber			

Composition detail

Polymer	* 60	-	80	%
Glass (unspecified)	* 20	-	40	%

Mechanical properties

Young's modulus	12	-	14	GPa
Compressive modulus	* 12	-	14	GPa
Flexural modulus	13	-	15	GPa
Shear modulus	* 4.4	-	5.1	GPa
Bulk modulus	* 10.2	-	10.7	GPa
Poisson's ratio	* 0.32	-	0.36	
Shape factor	13			
Yield strength (elastic limit)	65	-	70	MPa
Tensile strength	70	-	75	MPa
Compressive strength	110	-	160	MPa
Flexural strength (modulus of rupture)	80	-	100	MPa
Elongation	0.8	-	1	% strain
Hardness - Vickers	* 18	-	21	HV
Hardness - Rockwell M	110	-	120	
Hardness - Rockwell R	* 120	-	130	
Fatigue strength at 10 ⁷ cycles	* 30	-	35	MPa
Fracture toughness	* 0.8	-	1.1	MPa.m ^{0.5}
Mechanical loss coefficient (tan delta)	* 0.0054	-	0.0066	

Impact properties

Impact strength, notched 23 °C	2.11	-	3.82	kJ/m ²
Impact strength, unnotched 23 °C	7.85	-	8.66	kJ/m ²

Thermal properties

Glass temperature	* 67	-	167	°C
Heat deflection temperature 0.45MPa	260	-	280	°C
Heat deflection temperature 1.8MPa	150	-	170	°C
Maximum service temperature	122	-	138	°C
Minimum service temperature	* -43	-	7	°C
Thermal conductivity	0.3	-	1	W/m.°C
Specific heat capacity	* 1.2e3	-	1.4e3	J/kg.°C
Thermal expansion coefficient	22	-	24	µstrain/°C

No warranty is given for the accuracy of this data. Values marked * are estimates.
CES Edupack 2010 (C) Granta Design Ltd



Epoxy SMC (glass fiber)

Page 1 of 3

General properties

Designation

Epoxy (Glass Fiber, SMC)

Density	1.5e3	-	1.8e3	kg/m ³
Price	* 3.57	-	3.93	EUR/kg

Tradenames

AC EP; Ferroreg EP; Fiberite EP; Hexcel EP; Permaglas Epoxy; Scotchply; Tufinol Epoxy

Composition overview

Composition (summary)

Epoxy + glass filler

Base	Polymer			
Polymer class	Thermoset plastic			
Polymer type	EP			
Polymer type full name	Epoxy resin			
% filler (by weight)	15	-	50	%
Filler type	Glass fiber			

Composition detail

Polymer	50	-	85	%
Glass (fiber)	15	-	50	%

Mechanical properties

Young's modulus	13.8	-	27.6	GPa
Compressive modulus	* 13.8	-	27.6	GPa
Flexural modulus	13.8	-	20.6	GPa
Shear modulus	* 5.21	-	10.4	GPa
Bulk modulus	* 18.2	-	19.1	GPa
Poisson's ratio	0.313	-	0.342	
Shape factor	11			
Yield strength (elastic limit)	* 110	-	193	MPa
Tensile strength	138	-	241	MPa
Compressive strength	138	-	207	MPa
Flexural strength (modulus of rupture)	345	-	483	MPa
Elongation	0.5	-	2	% strain
Hardness - Vickers	* 33.1	-	57.8	HV
Hardness - Rockwell R	* 130	-	135	
Fatigue strength at 10 ⁷ cycles	* 55.2	-	96.4	MPa
Fracture toughness	* 7.76	-	23.3	MPa·m ^{0.5}
Mechanical loss coefficient (tan delta)	* 0.00392	-	0.00637	

Impact properties

Impact strength, notched 23 °C	160	-	200	kJ/m ²
Impact strength, unnotched 23 °C	* 190	-	200	kJ/m ²

Thermal properties

Glass temperature	* 67	-	167	°C
Heat deflection temperature 0.45MPa	* 286	-	343	°C
Heat deflection temperature 1.8MPa	261	-	316	°C
Maximum service temperature	* 170	-	190	°C
Minimum service temperature	* -123	-	-73	°C
Thermal conductivity	0.6	-	0.7	W/m·°C
Specific heat capacity	891	-	909	J/kg·°C
Thermal expansion coefficient	21.2	-	22	µstrain/°C

Processing properties

No warranty is given for the accuracy of this data. Values marked * are estimates.
CES Edupack 2010 (C) Granta Design Ltd