

Laminación de fibra de vidrio

S. Garrido, A. Hernández, P. Fernández, D. Ortego

E.T.S.I. de Caminos, Canales y puertos, Universidad Politécnica de Madrid, C/ Profesor Aranguren 3, E28040, Madrid, Spain

INFORMACIÓN

Información del Proyecto:

Entrega anteproyecto 20 febrero 2022

Entrega Proyecto 18 mayo 2022

Disponible online 15 septiembre 2022

Keywords:

Fibra de vidrio

Resina

Calidad

ABSTRACT

A pesar de los numerosos intentos para la obtención de un material compuesto de calidad como es la laminación de fibra de vidrio, y de los errores en el proceso de fabricación, los cuales han dado como resultado datos diferentes que niegan las hipótesis inicialmente creadas, se podrá obtener una gran gama de aplicaciones desde capas internas de una pared de vehículo para aislarlo de posibles golpes, hasta recubrimiento de cables contando con una completa lista de propiedades que aportan en su mayoría calidad (alta dureza, aislante eléctrico...), destacando también su fácil y rápida fabricación, un material que necesita de únicamente dos compuestos esenciales: resina y fibra de vidrio actuando como matriz y refuerzo del compuesto

© 2022 ESTRUMAT 2.0. All rights reserved.

1. Introducción

El porcentaje de materiales que se conocen y utilizan hoy en día es inmenso. Aunque disminuye el de aquellos que presentan unas propiedades necesarias y de fácil adquisición con un sencillo proceso de producción que se puede realizar personalmente para usos cotidianos (y que sean de bajo coste) como techados, recubrimientos y/o refuerzos para diferentes superficies. La ausencia de estas opciones nos ha invitado a la invención de un compuesto que se acople a las necesidades mencionadas.

La mejor propuesta trata sobre la recreación de laminación de fibra de vidrio. La resistencia y rigidez nos la aporta la fibra continua, y añadiendo la resina, que actúa como matriz, se proporciona una adecuada ductilidad y tenacidad. Además, se cuenta con propiedades hidrófobas, reforzando y consolidando los recubrimientos y techados, convirtiendo al compuesto en un buen ejemplo para solventar estas necesidades.

Nuestras expectativas son optimistas por su sencillo proceso de producción donde la única preocupación real es la separación de la lámina y de la base (en este caso usaremos una plancha de madera) a causa de la consolidación de la resina. Sin embargo, para remediar este problema se realizarán diferentes pruebas aplicando diversos productos cuya capacidad antiadherente, creemos, será suficiente para solucionarlo. Respecto a los resultados de los ensayos se realizarán unas láminas con gran grosor esperando así mejorar las propiedades mecánicas pese a que la resistencia pueda disminuir a causa de las posibles imperfecciones que puedan llegar a aparecer en el proceso de fabricación, así como burbujas de aire.

2. Materiales y métodos

2.1. Utensilios aplicados

Los componentes imprescindibles serán la fibra de vidrio y la resina. Aunque durante el proceso de producción se requiere de diferentes utensilios para la obtención del producto final, entre ellos una plancha

de madera (sin imperfecciones para evitar crear defectos de fabricación que produzcan tensiones acumuladas y afecten a los estudios a realizar) como base del molde y cinta de carroceros que nos permitirá finalmente conseguir la forma deseada (en este caso una lámina con el objetivo de crear probetas para los futuros ensayos). Por otro lado, para la elaboración de la resina necesitaremos de un recipiente metálico, jeringuillas de diferentes medidas y el EPI (gafas, guantes de trabajo y mascarillas) necesario por su toxicidad. Finalmente, como posibles materiales antiadherentes la aplicación de diferentes opciones: aceite, cera para madera y vaselina.



Fig. 1. Aceite, cera para madera y vaselina, utilizados como antiadherentes (izquierda), tablón de madera (derecha)

Dejando aparte los objetos utilizados en cada uno de los ensayos que se explicarán con mayor detenimiento en las siguientes páginas.

2.1.1. Fibra de vidrio

Material proveniente del vidrio que se obtendrá de someterlo a diferentes procesos para conseguir capas de hebras finas y largas que dispuestas de forma aleatoria componen la fibra. Al ser una fibra su coste comparado con otros materiales será mayor, sin embargo, es la más económica entre el resto de las fibras naturales y sintéticas, siendo su valor 12 € por 5 metros cuadrados (cantidad suficiente para el proyecto completo). Concretando sobre sus propiedades, tiene buenas capacidades, pero en solitario es obsoleta por su alta fragilidad dificultando la manipulación, es por ello por lo que se usa como refuerzo en los materiales compuestos. Siendo un factor importante porque consta de una alta capacidad de tensión de rotura, un elevado esfuerzo de comprensión y resistencia a la temperatura.

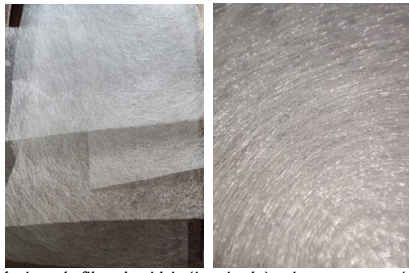


Fig. 2. Láminas de fibra de vidrio (izquierda), microestructura (derecha)

2.1.2. Resina epoxi

Polímero termoestable compuesto por un endurecedor y una resina, obtenidos en un conjunto donde su precio varía entre los 10-20€ los 800 gramos (siendo 500 gramos suficientes), dependiendo de la marca a elegir. Actúa como matriz de diferentes fibras por sus excelentes propiedades mecánicas, eléctricas y adhesivas, contando también con una buena resistencia a compuestos químicos

Tabla 1: datos representativos de la resina

Propiedades Mecánicas	Valores	Unidades
Módulo de Young	2.47	GPa
Resistencia a tracción	89.6	MPa
Dureza Vickers	22	HV
Tenacidad a fractura	0.63	MPa·m ^{0.5}
Límite elástico	71.7	MPa

2.1.3. Fabricación de la resina

La resina epoxi consiste en la mezcla de un endurecedor y de una resina. Se realiza en un recipiente (preferiblemente de metal) introduciendo ambos componentes hasta conseguir completa homogeneidad y realizando una proporción de 3 partes de resina por 1 de endurecedor con ayuda de dos jeringuillas. Tener especialmente cuidado con dejar reposar la mezcla sin aplicar, esta comenzará a solidificarse y con ello a desprender calor pudiendo ser dañino y tóxico.



Fig. 3. Proceso de creación de la resina epoxi, 3 partes de resina (centro) por 1 de endurecedor (izquierda), mezcla de los dos componentes en el recipiente metálico (derecha).

2.2. Métodos de producción

En presencia del inconveniente mencionado páginas anteriores (la separación de la lámina y la base del molde), se realizaron cuatro diferentes propuestas, puestas en prueba después de limpiar la madera y crear un molde con la cinta de carroceros. La primera de ellas, utilizar el aceite a modo de material antiadherente. Se comienza aplicando abundantemente el aceite por toda la base, a continuación, la resina extendiéndola con ayuda de un rodillo de pintura y habiendo ajustado un recorte de fibra de vidrio introducirlo en la mezcla recubriéndolo de nuevo con una fina capa de resina. Pasadas 24 horas de secado, ocasionado por la fragilidad y poco grosor de la lámina se imposibilitó realizar la separación de esta de la madera, eliminando al aceite como material adecuado para estas necesidades.



Fig. 4. Lámina fracasada realizada con aceite como material antiadherente, poca cantidad de resina y una sola lamina de fibra de vidrio

Observando los fallidos resultados de la primera prueba, la mejor elección para la siguiente fue aplicar capas de cera, realizando una pequeña película sobre la tabla y dejándola secar, para posteriormente limpiarla (este paso será ejecutado alrededor de seis veces). Una vez la madera haya adquirido una superficie untuosa al tacto la resina se precipitará en el interior del molde e inmediatamente una lámina de fibra sobre ella, para cubrirla después con otra fina capa de resina (hasta que la fibra parezca imperceptible). Pasado el tiempo de secado (24 horas) mediante diferentes métodos (con ayuda de un cúter, hilos...) la lámina se despegó, pero fue incapaz de hacerlo sin desprenderse de secciones de la misma, además seguía siendo frágil, de grosor parecido a un folio y translúcida.



Fig. 5. Creación de lámina con cera como material antiadherente (izquierda), extracción de esta (centro), microestructura (derecha)

Como tercera opción, ignorando los materiales antiadherentes optamos por el uso de plástico (habiendo comprobado antes sin fibra de vidrio que la resina se despegaba con facilidad). Para evitar posibles grietas por el arrugamiento del plástico, que provoquen cúmulos de tensión en el compuesto, pegamos con cinta de doble cara el plástico a la madera y repitiendo el proceso mencionado en los párrafos anteriores (limpieza de la tabla y creación del molde con cinta de carroceros), cambiando esta vez el grosor de la lámina y aumentando el del borde para una mayor aplicación de resina y dos láminas de fibra de vidrio, con objetivo de impedir la rotura por fragilidad. Antes del secado y posterior separación, se comenzaron a diferenciar zonas más transparentes, que indicaban que el plástico se había combado a pesar de estar pegado a la madera. Finalmente, al despegar la lámina la capa superior había quedado impoluta, sin embargo, la inferior (aquella que estaba junto al plástico) presentaba grandes arrugas dejando la zona muy débil. Además, aquellas zonas donde las arrugas eran más profundas la fibra de vidrio se diferenciaban a simple vista y la lámina presentaba una gran cantidad de burbujas de aire.



Fig. 6. Creación de la lámina con aumento del grosor del molde (izquierda), resultado final (centro), microestructura de una de las arrugas (derecha)

Conforme los intentos fallidos realizados anteriormente se acumulaban, la última posibilidad de manera inesperada fue la vaselina. Una vez repetido el mismo proceso (de resina y fibra) pero en este caso con una abundante capa de vaselina se realizó en pequeña proporción a modo de prueba obteniendo finalmente datos optimistas, siendo la separación sencilla y apresurada. A partir de los

nuevos resultados, repetir el mismo proceso a mayor escala, aplicando esta vez tres capas de fibra de vidrio y mayor cantidad de resina para finalmente obtener un grosor adecuado y sin puntos de tensión acumulados.



Fig. 7. Lámina realizada con vaselina como material antiadherente (izquierda), recortado de probetas (centro), microestructura (derecha)

A lo largo de las pruebas se observa un gran desarrollo en lo que a la calidad de la lámina respecta, inicialmente la fragilidad y la poca resistencia de la primera lámina limitaría el resto del proyecto, imposibilitándola a cumplir los requisitos por los que fue creada. Un mayor avance se obtuvo con la opción del plástico, pero sus desproporcionadas grietas disminuían considerablemente la calidad de esta pudiendo afectar a los ensayos a realizar, poseía también gran elasticidad. Finalmente, la vaselina presentó la adquisición de una lámina con grosor adecuado y de fácil extracción, sin embargo, aun cumpliendo todas las expectativas, en la cara pegada a la base con vaselina se observan los rastros de esta al ser aplicada creando pequeños y constantes fallos de producción en esta sección de la lámina. Aunque el problema más grave que presentó esta lámina fue el mal secado de la misma (observando zonas perfectamente consolidadas y otras que, aun cuando la cara interna era sólida, la superficie presentaba un tacto pegajoso), la creencia de la aparición de este error es por el mal mezclado de la resina. Como opción a solucionar el inconveniente se aplicó una capa de endurecedor sobre la zona afectada sin efectos positivos, desistiendo finalmente por ausencia de tiempo y gasto de materiales, utilizando esta lámina aún con pequeños defectos para los ensayos.

2.3. Ensayos

Para conocer mejor las propiedades del material se realizaron una serie de ensayos con una cantidad mínima de tres repeticiones por cada uno para evitar el posible intervalo de error que se pueda presentar.

2.3.1. Ensayo de tracción

El objetivo de este ensayo es obtener respuestas acerca de la resistencia y alargamiento del material creado.

Para ello se utilizará una barra de metal anclada entre dos paredes y sujeta de lado a lado. Fija a esta se colocarán unos alicates con seguro sirviendo como punto de sujeción de la probeta. Una vez colocado un extremo del material entre los alicates, el otro se sujetará con un cable (uno de carga para móviles) anclado a un mosquetón que sujetará una bolsa sobre la que se irá añadiendo peso para que el material a ensayar se vea obligado a ejercer resistencia y poder conocer su alargamiento y rotura ante la fuerza aplicada. Tener una alta tenacidad y ductilidad, serían los datos ideales y esperados por obtener.

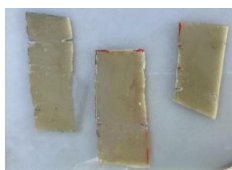


Fig. 8. Probetas para ensayar, con las marcas para la sujeción del cable y delimitando la zona calibrada (presentan forma irregular por la dificultad del recorte)



Fig. 9. Utensilios utilizados para el ensayo de tracción, pesos, bolsa, cable, mosquetón y alicates (en orden de izquierda a derecha y de arriba a abajo).

2.3.2. Ensayo de dureza

Consiste en evaluar la dureza (resistencia que opone un material a ser rayado por otro) del material mediante la aplicación de una carga sobre una sección de este, relacionando la realización de la huella creada con la fuerza necesaria aplicada para crearla. Para ello, utilizando una báscula como base para conocer el peso que se aplica, se sitúa la probeta en esta y con un destornillador de punta de estrella de medida ph1, aplicamos carga hasta realizar la huella.



Fig. 10. Destornillador con punta de estrella de medida ph1 (izquierda), bascula (derecha)

2.3.3. Ensayo de corrosión

Aprovechando pedazos de material (que en otro caso se hubiesen desechado) se exponen a diferentes sustancias químicas o tóxicas, en concreto, lejía, amoníaco y alcohol de 90% dejándolo reposar durante 72 horas. Conocer el comportamiento del producto a ataques de sustancias electroquímicas que podrían en algún momento mantener contacto con la lámina en los usos mencionados (aunque no a tan largo tiempo de exposición). A pesar de que el principal elemento al que va a estar en constante contacto es el oxígeno, el tiempo de disposición es reducido impidiendo conocer el comportamiento a largo plazo.



Fig. 11. Alcohol de 90%, lejía y amoníaco como sustancias químicas y/o tóxicas

2.3.4. Ensayo de conductividad eléctrica

A fin de saber si el material es conductor, se ejecutará este ensayo, empleando una pila de petaca, una pequeña bombilla y un cable de cobre (que servirá de enlace entre la pila, la bombilla y la probeta a ensayar). Se crea un pequeño circuito por donde la corriente de la pila se transmite inicialmente a través del cable a la probeta y posteriormente a la bombilla. Si el material es conductor la bombilla se encenderá, por lo contrario, ésta se mantendrá apagada. En este proyecto la importancia de este ensayo disminuye porque los fines con los que ha sido creado no es una cualidad imprescindible por conocer, sin embargo, para aumentar el conocimiento de sus capacidades y propiedades se le someterá a este proceso.



Fig. 12. Pila de petaca, voltímetro, cable de cobre y bombilla (utensilios necesarios para ensayo de conductividad eléctrica)

2.3.5. Ensayo de capacidad térmica

Se entiende por capacidad térmica a la habilidad del material para absorber calor, este ensayo es imprescindible para las aplicaciones del producto (techados y refuerzos que están largos periodos expuestos al calor del sol) por ello es importante la determinación de la temperatura máxima que es capaz de soportar antes de la fusión. Se espera obtener altas temperaturas por el grosor de lámina y por los compuestos por los que está formada, a pesar de la creencia de que la resina sea altamente inflamable se espera que soporte altas temperaturas. Sin embargo, hay que contar con el factor que puede influenciar en que esto no se produzca y es el mal secado de la lámina comentado anteriormente que puede llegar a rebajar en gran cantidad su temperatura de fusión. La realización debe ser en una zona cerrada (donde no haya exposición directa a los rayos del sol, ni viento) para que no afecte indirectamente al ensayo. Se necesitarán unos alicates con los que sujetar el material, un termómetro en forma de pistola capaz de determinar la temperatura de los cuerpos a ensayar y una fuente de calor (un mechero). Cuando el material comience a cambiar de estado (en este caso de sólido a líquido) se comprobará la temperatura determinando así la capacidad térmica.

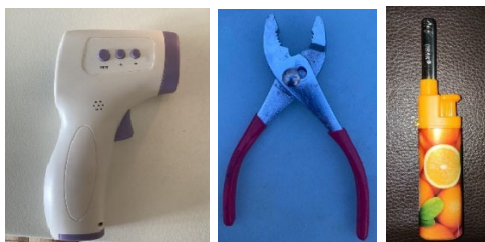


Fig. 13. Termómetro en forma de pistola (izquierda), alicates (centro) y mechero como fuente de calor (derecha)

Ensayo de tenacidad

Este ensayo emplea el Péndulo de Charpy, donde impactará sobre la probeta entallada y ensayada a flexión en tres puntos. Es creado en su totalidad de acero, empleando dos láminas, en las que se realizan dos agujeros en cada una con una broca del 8, una vez hechos los agujeros se sujeta a la barra larga (el eje), la barra pequeña (la que choca con la probeta) y las dos láminas con ayuda de unos tornillos. Una vez el péndulo se haya creado correctamente, se precipitará hacia el dorsal de la probeta y con el impulso y peso de este se romperá, además se puede calcular la energía absorbida en el proceso de fractura de la probeta, mediante la relación entre la altura inicial del péndulo (h) y la altura alcanzada tras el impacto (h'), empleando la siguiente fórmula (se desprecia algunas pérdidas por rozamiento)

$$\tau = P (h-h') \quad g = PI (\cos \beta - \cos \alpha) \quad g.$$



Fig. 14. Creación y resultado final de la estructura para la realización del ensayo (péndulo y base de sujeción)

3. Resultados

NOTA: Al no poder contar con ayuda externa o profesional, los resultados obtenidos podrían variar con el uso de una maquinaria especializada

3.1. Ensayo de tracción

Mediante los objetos mencionados anteriormente se realiza este ensayo y los resultados obtenidos son los siguientes:

Tabla 2. Datos obtenidos en el ensayo de tracción

	Datos (kg)	Datos (N)
Probeta 1	13,4	131,409
Probeta 2	14,4	141,216
Probeta 3	14,4	141,216

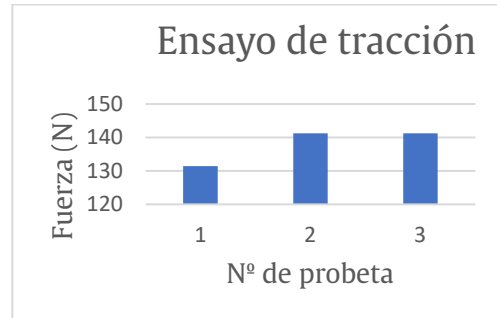


Fig. 15. Datos obtenidos del ensayo de tracción mostrados gráficamente

Partiendo de unos datos iniciales:

Tabla 3. Datos iniciales de las probetas ensayadas (L0: longitud inicial, b: ancho, e: espesor)

	L0 (cm)	b (mm)	e (mm)
Probeta 1	8,5	4,3	3,5
Probeta 2	8,7	4,6	3,5
Probeta 3	5,1	4,5	3,5

La primera probeta fue la que menos peso soportó, llegando a la rotura sin apenas deformación a los 13,4kg siendo este el menor valor obtenido.

La segunda y tercera probeta romperán a la exposición de un peso de 14.4 kg (141,216 en N), este esfuerzo fue suficiente para poner en aprieto al material llevándolo a la rotura. Una cualidad para observar es la diferencia de tamaños entre estas probetas no influye en los datos obtenidos ni en la carga que es capaz de soportar cada una de ellas, obteniendo la conclusión de que no importa cuál sea el tamaño puesto que cada sección comparte las mismas propiedades.

Ninguna de las tres probetas presentó apenas deformación elástica, ni plástica puesto que la distancia entre la zona calibrada antes y después de la rotura no aumentó alcanzando directamente la rotura, cumpliendo parcialmente las expectativas, con una alta tenacidad a fractura y ductilidad, aunque sin la posibilidad de conocer el grado de error que los defectos del molde (creados por la vaselina) han podido crear. Esta gran resistencia es aportada por la consolidación de la resina, pero en mayor grado la resistencia es aportada por el refuerzo, siendo en este material compuesto la fibra de vidrio. A pesar de no haber obtenido deformación plástica ni elástica, en la manipulación de las probetas y del material en sí, este presentaba cierta deformación elástica antes de alcanzar la rotura

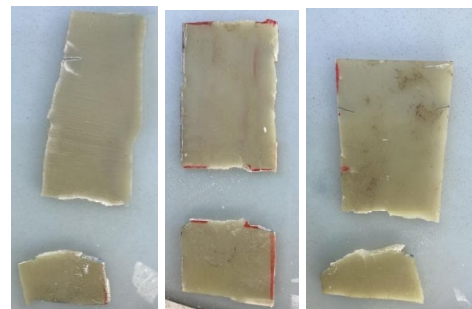


Fig. 16. Probetas fracturadas después del ensayo de tracción (numeradas de izquierda a derecha)

Se puede comprobar con las fotos realizadas antes y después que se ha alcanzado la rotura en las zonas por las que el cable estaba unido a la probeta (se realizaron dos pequeñas grietas una en cada lado para la sujeción de este sin la creencia de que estas influirían a gran escala al resultado del ensayo), por lo tanto, si se hubiesen realizado otro tipo de sujeción (como las de una máquina de tracción habitual) donde estas grietas (que actuando como zonas de tensión acumulada) no apareciesen quizá el material hubiese soportado mayor carga, a pesar de ello los datos obtenidos fueron óptimos.

3.2. Ensayo de dureza

Habiendo realizado las tres repeticiones, se obtienen los siguientes datos, al igual que en el ensayo de tracción los valores obtenidos son prácticamente idénticos dejando poco margen de error.

Tabla 4. Datos obtenidos en el ensayo de dureza. Nota: 1 Kilogramo-fuerza = 9,8067 Newtons

	Datos obtenidos (kg)	Datos obtenidos (kg)
Probeta 1	813,2	129,44
Probeta 2	13,16	129,056
Probeta 3	13,4	131,409

	Temperatura de fusión (C°)
Probeta 1	41
Probeta 2	44
Probeta 3	42

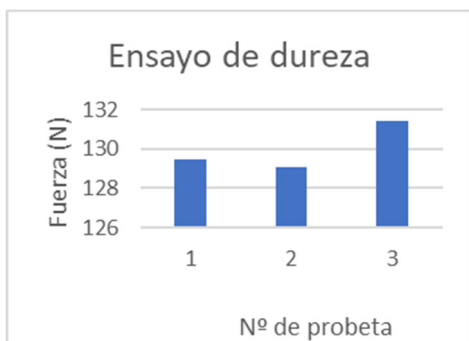


Fig. 17. Datos obtenidos del ensayo de dureza mostrados gráficamente

Huellas realizadas en las probetas con el destornillador:



Fig. 18. Huella de la probeta 1 con una carga de 129,44N (izquierda), huella de la probeta 2 con una carga de 129,056N (centro) y huella de la probeta 3 con una carga de 131,409N (derecha)

Realizando una comparación con el espesor y conformado de la pieza estos datos obtenidos son optimistas y adecuados para el producto y sus aplicaciones siendo lo suficientemente duro. Esta dureza superficial viene dada por la resina que recubre a la fibra de vidrio actuando como matriz.

3.3. Ensayo de conductividad eléctrica

Después de realizar el ensayo, el estudio de los datos obtenidos es sencillo, al no encenderse la bombilla y con ayuda además del voltímetro para comprobar que el material no conduce la electricidad, la conclusión es que el producto es buen aislante eléctrico, abriendo el abanico de usos en los que se puede aplicar este, puesto que al no conducir la electricidad unido a su dureza podría llegar a utilizarse como recubrimiento de cables.

3.4. Ensayo de capacidad térmica

Durante el desarrollo de este ensayo se presentaron diferentes dificultades, problemas precedentes del error en el proceso de producción comentado en páginas anteriores (mal mezclado de la resina) donde la superficie de la lámina presentaba un tacto pegajoso afectando en cierta medida al ensayo puesto que la temperatura ambiente a la que fue realizado era elevada y el material al contar con esta característica ya presentaba un ablandamiento sin la necesidad de aportar mayor temperatura.

Es por ello por lo que la hipótesis acerca de los resultados de este ensayo es errónea, se esperaba obtener una alta temperatura de fusión, sin embargo, se consiguió baja capacidad térmica. Los datos obtenidos fueron:

Las probetas después de la realización del ensayo:



Fig. 19. Probeta 1, 2 y 3 (de izquierda a derecha) tras el ensayo de capacidad térmica

La probeta número 1 fue expuesta al contacto con fuego directamente, para poder así conocer el comportamiento del material ante un incendio, las características obtenidas son que es altamente inflamable, adquiriendo un color negrizco y con una pequeña fuente de fuego se transmite a toda la probeta aumentando la llama y creándose fracturas en la zona quemada, y habiendo estudiado y comprobado que no es un material elástico, llega a la rotura (mediante estas grandes fisuras) sin deformación y sin llegar a fundirse. A pesar de estas hendiduras la estructura se mantenía y no perdía forma. También hay que destacar que a lo largo de todo el espesor de la probeta donde se encontraban las láminas de la fibra de vidrio aparecían pequeñas aberturas que provocaban el desprendimiento de las hebras (que se encontraban más cerca de estas rendijas) que componen la fibra quedando estas dispersas en el aire.

Al contrario, el número uno y dos fueron expuestas a una temperatura menor y de aumento constante, comprobando que si se mantiene a una fuente de calor continuamente y cerca de la temperatura de fusión se comienza a observar una pequeña curvatura de la probeta y específicamente en el extremo de la 3 cuando se alcanzó dicha temperatura de fusión y estuvo expuesta a ella durante unos minutos comenzó a deshacerse goteando resina fundida. Por lo tanto y a modo de conclusión se comprueba que es conductor térmico puesto que aplicando calor en un extremo este se transmite a toda la probeta, pero consta de una rápida velocidad de enfriamiento, hasta tal punto que en unos segundos es capaz de enfriarse habiendo aumentado los grados hasta la temperatura de fusión.

3.5. Ensayo de corrosión

Las probetas fueron introducidas en los diferentes recipientes con las variadas sustancias. Pasado el primer día no se observaba ningún cambio en ninguna de las secciones del material, lo mismo ocurrió las 48 horas siguientes y no fue hasta las 72 horas que el pedazo introducido en lejía comenzó a presentar pequeños círculos de color más oscuro que el material. Por otro lado, la probeta introducida en amoníaco no tenía cambios a simple vista, pero en el espesor de la lámina la zona donde se sitúa la fibra de vidrio se observa una pequeña



Fig. 20. Probeta después de ser introducida en lejía (izquierda) y en amoniaco (derecha)



Fig. 22. Probeta después de ser introducida en alcohol

Estudiando de nuevo las propiedades, las probetas expuestas al amoniaco y alcohol no se observaron cambios respecto a las del material creado en un principio, puesto que, aunque el amoniaco afectó a la estructura, en la dureza y elasticidad no se presentaron variaciones. Sin embargo, la introducida en lejía que absorbió la misma, comenzó a presentar deformación plástica creando una curvatura cambiando la estructura del esta llegando fácilmente a la rotura, por tanto, también perdió dureza por la influencia de esta sustancia tóxica. Sin embargo, los cambios adquiridos (que empeoran el material) tras la exposición a estas sustancias no crean grandes preocupaciones puesto que es difícil que se obtengan unas condiciones específicas de constante contacto (entre la lámina y estos químicos) durante un mínimo de 72 horas en las que se comienzan a observar cambios importantes.

3.6. Ensayo de dureza Charpy

Los resultados obtenidos de este ensayo no cumplieron con las expectativas establecidas, puesto que el peso aplicado en la estructura no fue suficiente y las probetas fueron incapaces de romper. Ante la imposibilidad de poder añadir más peso, las conclusiones obtenidas es que el material es capaz de soportar una masa de impacto mucho mayor al aplicado.

Tabla 6. Datos obtenidos en el ensayo de tenacidad

	Peso del péndulo	Energía absorbida (J)	Rotura
Probeta 1	2,7	1457	No
Probeta 2	2,7	1578	No
Probeta 3	2,7	1498	No

La energía absorbida calculada con la fórmula $\tau = P (h-h') g = Pl (\cos \beta - \cos \alpha) g$.



Fig. 23. Realización del ensayo de Charpy

3.7. Propiedades que no requieren de ensayo

Hay que añadir que el material presenta propiedades hidrófobas y no es magnético ni translucido. Otra cualidad para destacar es que a pesar de la realización de tres repeticiones en cada uno de los ensayos los resultados obtenidos en cada uno de ellos son muy similares dejando poco margen de error y cerciorando que el material posee las cualidades expuestas.

4. Conclusiones

Con los datos obtenidos en los ensayos realizados y los objetivos que en un principio se proponían, se ha determinado mediante ensayos descritos en páginas anteriores que el material es idóneo en un uso cotidiano como techados, a modo de aislante eléctrico, recubrimientos o empleado en tuberías (para tapar una posible fuga o para crear la propia tubería). También ha de tenerse en cuenta que es un material que no consta de una gran capacidad térmica (al menos el realizado con el error en la mezcla de resina), si se emplea en zonas con temperaturas elevadas o alguna actividad que lo pueda exponer a una elevada temperatura, contaría con ciertos problemas y necesitaríamos de otra solución.

Además, habiendo estudiado sus propiedades añadir que podría ser usado a manera de recubrimiento de cables o en zonas que puedan suponer un problema por una posible exposición eléctrica (además de por sus capacidades hidrófobas), como una capa interna de una pared de vehículo para aislarlo de la electricidad y habiendo estudiado su capacidad para absorber energía proporcionada por un impacto no solo funcionará como aislante eléctrico sino también como protector ante posibles golpes del vehículo.

¿Es asequible? Las resinas y la fibra que componen el material no son especialmente baratas, por tanto, el coste de obtención de los componentes del material a gran escala es medio, pero contando con las cualidades que este nos proporciona se puede confirmar que sería una buena inversión. Cabe destacar que es un producto que no requiere de difícil fabricación por ello se pueden conseguir grandes cantidades de manera sencilla y contando con el beneficio de que se puede adecuar el grosor y la forma a la deseada.

5. Agradecimientos

Agradecer a Russel Games Slayter (creador fibra de vidrio), a Pierre Castan y a S.O Grennlee (creadores de la resina) por haber creado unos materiales tan polivalentes que dependiendo de los compuestos con que los mezcles pueden ser buenos en una amplia gama de ámbitos.

6. Bibliografía

- [1] https://es.wikipedia.org/wiki/Fibra_de_vidrio
- [2] <https://www.ansys.com/products/materials/granta-edupack>
- [3] <https://elblogdelprofesordetecnologia.blogspot.com/2015/01/pila-de-petaca.html>
- [4] <https://distribucioneselectricas.com/toma-tierra/2558-cable-de-cobre-desnudo-1x35mm2-rollo-82-metros-25-kilos.html>
- [5] <https://www.shutterstock.com/es/search/volt%C3%ADmetro>