



POLITÉCNICA

Contents lists available at [ESTRUMAT 2.0](#)

IngeniaMateriales

Journal homepage: <https://moodle.upm.es>



# Material compuesto por barras de acero, resina epoxi y fibra de cristal

P. Fernández, E. Pérez, D. Martínez, B. Montaña, A. Camacho

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 24 Febrero 2019

Entrega Proyecto 15 Mayo 2019

Disponible online 20 Mayo 2019

### Keywords:

Material compuesto

Epoxy

Acero

Fibra de vidrio

## ABSTRACT

El artículo consistirá en la explicación de cómo se ha creado el material: los elementos usados, el proceso de fabricación y el resultado final del compuesto, protagonista en este trabajo, así como las pruebas y ensayos de las diferentes propiedades y capacidades a las que se ha sometido y los resultados obtenidos en dichas pruebas, apoyados por datos, tablas y gráficas que explican las características del material

© 2019 ESTRUMAT 2.0. All rights reserved.

## 1. Introducción

Este proyecto se centra en la creación de un material formado por elementos ya existentes que, una vez unidos, combinan sus propiedades características para formar un nuevo compuesto, siendo nuestra intención el llevarlo al campo de la construcción y con el que pretendemos mejorar distintos ámbitos de su aplicación sustituyendo materiales usados actualmente. Dichos objetivos se resumen en la utilización de este material como base para reparación de presas a temperaturas frías y mucha presión y sustituyente de tejados o tejas en los mismos.

Para nuestro proyecto hemos usado varillas de aluminio de (dimensiones), el cemento conocido como epoxi, y cintas de fibra de vidrio. Estos materiales unidos entre sí de diversas formas, las cuales explicaremos a lo largo del proyecto, dan lugar a un nuevo material muy apto para el refuerzo en una construcción.

Para comprobar las propiedades del material lo hemos sometido a varios ensayos diferentes dependiendo de qué propiedades queríamos comprobar y así, tras analizar e investigar con esos resultados, nos han permitido sacar las conclusiones del material que hemos creado comprobando si nuestras intenciones e hipótesis iniciales eran o no correctas.

## 2. Materiales y métodos

### 2.1. Fabricación del material

Los elementos empleados para la construcción del material compuesto:

- Varillas de acero. De dimensiones (dimensiones). Esta varilla inicial de gran longitud (poner aquí) se cortó en pequeños segmentos de 10 cm para colocarlos entrelazados formando una maya en el interior del material compuesto y darle así

mayor consistencia. Las propiedades de la varilla son (propiedades aquí, que se pueden buscar con el edupac)

- Lámina de fibra de vidrio: esta lámina, formada por pequeños filamentos de dióxido de silicio ( $\text{SiO}_2$ ) extremadamente finos, conforma una cinta muy delgada. Dicha cinta se ha usado como sustituyente de la maya de varilla de aluminio en algunos casos para variar sus propiedades.
- Cemento de epoxi: un polímero termoestable que se endurece cuando se mezcla con un agente catalizador o endurecedor. Este elemento lo hemos usado como el principal componente del material resultante, siendo el que agarre y endurezca todas las partes introducidas (como la maya de acero o de fibra de vidrio) y sirviendo de base para todo el bloque final.

### 2.2. Métodos empleados (pruebas y ensayos)

Los materiales y utensilios usados para ensayos y apoyo de fabricación han sido:

- Cartón
- Cinta de celo
- Tijeras y cúter
- Martillo
- Pesa de 10kg
- Congelador y horno
- Tablas de madera

#### 2.2.1. Ensayo en calor

Pretendíamos comprobar la temperatura a la cual el material compuesto empezaba a degradarse. El experimento consistió en meterlo en el horno desde una temperatura ambiente e ir subiendo

gradualmente hasta que el material se empezase a quemar o fundir. El ensayo fue grabado durante su proceso para analizar los resultados finales.

### 2.2.2. Ensayo de frío

Aquí queríamos ver si el material, una vez se le hubiera aplicado un frío constante, era más frágil que cuando estaba en temperatura ambiente. Para esto, lo introdujimos en un congelador a bajas temperaturas -20°C durante unas dos horas. Una vez sacado, fue sometido a fuertes golpes y a un peso constante. Con esto obtuvimos los resultados que se aclararán más abajo.

### 2.2.3. Ensayo de tracción y compresión

En este caso se comprueba la resistencia del material compuesto a un peso constante y a fuertes golpes. Para el primero, el material tenía que resistir un peso elevado durante un tiempo largo sin que este cediera. Para ello lo colocamos haciendo un puente entre dos superficies separadas y aplicando peso en la parte central. Para el segundo, el material fue sometido a fuertes golpes que se ejercieron con un mazo y máquinas de ejercicio, las cuales descubrimos que podían ejercer mucha fuerza en determinados puntos del material.

### 2.2.4. Ensayo de disolución

Por último, es necesario comprobar si el epoxi combinado con el resto de los elementos (fibra de vidrio y varillas de acero) era capaz de soportar la humedad del agua durante un periodo de tiempo, en este caso 24 horas.

## 3. Resultados y discusión

Con todos los datos recabados, pasamos a las conclusiones y si estas coincidían con nuestras hipótesis de partida.

### 3.1. Ensayo de calor

Al introducir el material compuesto en el horno y que la temperatura fuera subiendo desde la temperatura ambiente hasta los 250 °C aprox; se empezó a distinguir que el material empezaba a ennegrecerse, pero sin síntomas de fundición. Llegados a este punto se decidió sacar el material del horno y se comprobó que el material se rompía, desmenuzaba y cortaba con más facilidad; solo le daban algo de consistencia las mayas interiores, las cuales si se desmenuzaba mucho se extraían con facilidad. Por tanto, la conclusión final fue que el material, a temperaturas cercanas y superiores a 250 °C centígrados, se degrada mucho y desprende gases tóxicos.

### 3.2. Conclusiones del ensayo de frío

Tras sacar el material del congelador, el cual estuvo a una temperatura de -20 °C, se extrajo y se sometió a un peso constante y fuertes golpes. La conclusión, que coincidía con las hipótesis iniciales, fueron que el material, al contrario que a temperatura ambiente, se rompía y quebraba con mucha más facilidad que sin someterlo a bajas temperaturas. De hecho, un dato a recalcar fue que la maya de acero queda también afectada, llegando a combarse debido a la fuerza ejercida por la presión constante y los golpes.

### 3.3. Ensayo de impacto + compresión y tracción

En este ensayo, a pesar de someter el material a una presión constante de 85 kg, administrarle fuertes golpes con un mazo, dejarle caer una pesa de 10 kg, y de someterlo a un fuerte impacto con una máquina de ejercicio que simulaba un péndulo, el material apenas de rayó, y no sufrió ninguna deformación salvo un leve desgaste en las partes superficiales, pero sin destacar una gran abolladura o imperfección.

### 3.4. Ensayo de disolución

Como uno de los ensayos más importantes, teniendo en cuenta la aplicación de nuestro material a la construcción, es gratificante observar que tras 72 horas el epoxi con el refuerzo de acero no sufrió ningún tipo de cambio.

### 3.5. Aplicaciones

Con las siguientes gráficas y datos podemos obtener las distintas aplicaciones de nuestro material:

Tabla 1. Propiedades de los materiales utilizados. Obtenido de CESEdpack.

Fibra de vidrio			
<b>Thermal properties</b>			
Maximum service temperature	①	253	- 262 °C
Minimum service temperature	①	* -59	- -39 °C
<b>Epoxy</b>			
<b>Thermal properties</b>			
Maximum service temperature	①	122	- 138 °C
Minimum service temperature	①	* -43	- 7 °C
<b>Acero</b>			
<b>Thermal properties</b>			
Maximum service temperature	①	282	- 316 °C
Minimum service temperature	①	* -73	- -43 °C

Fibra de vidrio			
<b>Durability</b>			
Water (fresh)	①		Excellent
Water (salt)	①		Excellent
<b>Acero</b>			
<b>Durability</b>			
Water (fresh)	①		Excellent
Water (salt)	①		Excellent
<b>Epoxy</b>			
<b>Durability</b>			
Water (fresh)	①		Excellent
Water (salt)	①		Excellent
<b>Mechanical properties</b>			
Young's modulus	①	2,35	- 2,47 GPa
Specific stiffness	①	1,72	- 2,18 MN m/kg
Yield strength (elastic limit)	①	* 36	- 71,7 MPa
Tensile strength	①	45	- 89,6 MPa
Specific strength	①	* 28,5	- 58,2 kN m/kg
Elongation	①	3	- 6 % strain
Compressive modulus	①	* 2,35	- 2,47 GPa
Compressive strength	①	* 103	- 172 MPa
Flexural modulus	①	2,35	- 2,47 GPa
Flexural strength (modulus of rupture)	①	89,6	- 145 MPa

Gracias a estos datos entendemos que la efectividad del material será buena cuando cumpla ambas ecuaciones, siendo  $x$  una temperatura:

- $1 > 115 - x$
- $1 < 0 - x$

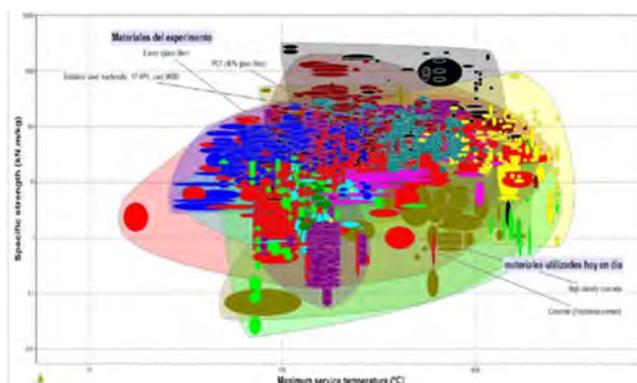


Fig. 1. Uso del material en presas

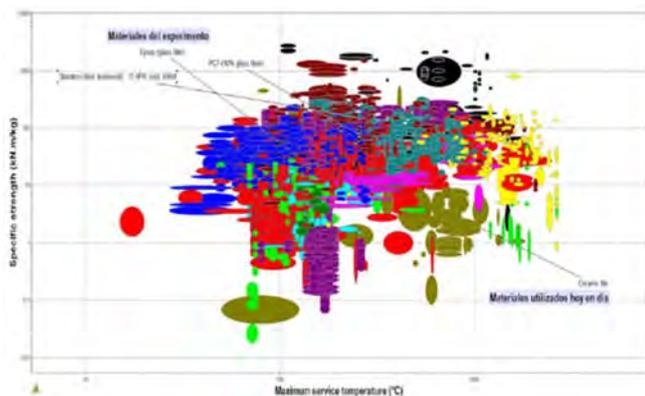


Fig. 2. Uso del material en tejados

#### 4. Conclusiones

El resultado final de nuestro experimento se puede resumir de manera sencilla en un material apto para la industria de la construcción, donde habría que tener en cuenta su vulnerabilidad a las temperaturas extremas.

Por ello afirmamos su utilidad como pilar base en un edificio, ya que en esta zona no hay que tener en cuenta su debilidad al calor, e incluso para la fabricación de presas, habiendo observado su perfecta resistencia al agua y a la presión. Otra aplicación útil sería su utilización para hacer tejados ya que tiene una alta dureza sin ser demasiado pesado y su resistencia a temperaturas ambientes o superiores.

#### 5. Agradecimientos

Debemos agradecer su ayuda al padre de Paula y a Paula Miranda por ayudarnos a cortar las barras de acero. A Elena Tejado ya que gracias a sus presentaciones obtuvimos la idea, a Jaime por enseñarnos a utilizar Edupack y al profesor José Ygnacio ya que sin esta asignatura no habríamos entendido el desarrollo de este experimento.

#### 6. Bibliografía

- [1] <https://grantadesign.com/es/education/ces-edupack/>
- [2] <https://www.ieca.es/presas/>
- [3] <http://www.hispalyt.es/cd2/materiales/mate.htm>
- [4] <https://moodle.upm.es/titulaciones/oficiales/login/login.php>
- [5] <https://www.tejasverea.com/teja-curva>
- [6] <https://curiosoando.com/que-son-las-resinas-epoxi>
- [7] <https://www.bricoblog.eu/todo-sobre-las-resinas-epoxi-o-poliepoxido/>