

## PROBLEMAS DE FABRICACIÓN: MATERIALES COMPUESTOS

Se desea fabricar un componente mediante el empleo de vía seca. Para ello se dispone de dos preimpregnados que se emplean de la siguiente forma:

- 4 capas de Prepreg-1
- 6 capas de Prepreg-2

Las características de ambos preimpregnados y de sus constituyentes se encuentran las tablas de este mismo enunciado. Nomenclatura Prepeg:

Tipo\_Fibra/Resina/Fracción\_Másica\_Resina/Tg(Curado 100 oC-1hora)/Espesor(mm)  
Prepreg-1: CWR-200/Bisphenol-A/34%/90 oC/0.20 Prepreg-2: 3K Plain Carbon  
Fiber/Bisphenol-A/34%/120 oC/0.30

DENSITY OF CONSTITUENT MATERIALS	
Constituent	Density (g/cm <sup>3</sup> )
Taiwan Ind. CWR-200 glass fiber	2.52
3K Plain Carbon Fiber Fabric	1.75
Bisphenol-A YUKALAC®LP1QEX	1.12

Se pide:

- Calcular la densidad final del preimpregnado fabricado, indicando claramente cualquier hipótesis que estime oportuna para poder realizar los cálculos.
- Se puede comprobar que hay una inconsistencia en los datos proporcionados para los prepreg-1 y prepreg- 2, explique cuál es razonadamente y por qué no puede darse.

## PROBLEMAS DE FABRICACIÓN: MATERIALES COMPUESTOS

Calcular el espesor teórico de un laminado compuesto por 3 capas de mat M4-450 (450 g/m<sup>2</sup>) y dos capas de tejido de 800 g/m<sup>2</sup>, ambos de fibra de vidrio, utilizando una resina de poliéster para un porcentaje en refuerzo de 32% en peso de fibra. ( $\rho_{\text{vidrio}}=2,6 \text{ g/cm}^3$  y  $\rho_{\text{poliéster}}=1,15 \text{ g/cm}^3$ ).

## PROBLEMAS DE FABRICACIÓN: MATERIALES COMPUESTOS

Se quiere hacer una plancha cuadrada de 500 mm de lado mediante 25 capas de fibra de carbono y resina epoxi. Además, la masa del compuesto es de 2 kg.

MATERIAL	DENIDAD [g/cm <sup>3</sup> ]	Tiempo gelificar [min]	Tensión del tejido [g/m <sup>2</sup> ]	Viscosidad [Pa*s]
Fibra	1,79		207	
Epoxi	1,14	43		600

¿Cuál es la densidad del compuesto?

## PROBLEMAS DE FABRICACIÓN: MATERIALES COMPUESTOS

Se realiza un ciclo de curado en 3 etapas (80°C , 150°C y 180 °C de 30, 60 y 60 minutos) para un material epoxi con fibra de carbono dentro de un autoclave. Conociendo la curva de viscosidad de la resina en función de la temperatura. Según la tabla, represente un gráfico con las curvas de temperatura y viscosidad en función del tiempo para el ciclo completo (150 min). Indique los cambios de pendiente.

$\mu$ (25 °C)	$\mu$ (80 °C)	$\mu$ (150 °C)	T.gel	Densidad
10 Pa*s	0.07 Pa*s	0.02 Pa*s	45 min	1.12 g/cm <sup>3</sup>

## PROBLEMAS DE FABRICACIÓN: MATERIALES COMPUESTOS

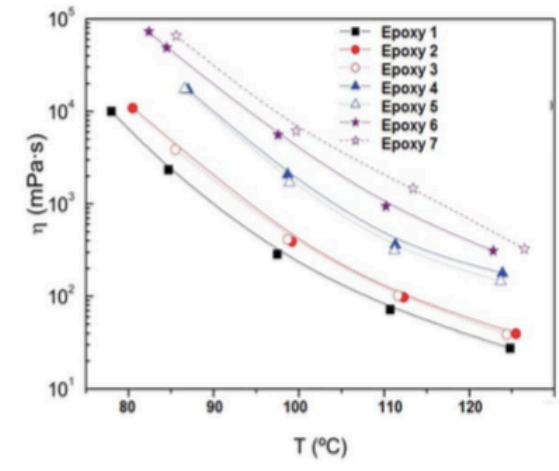
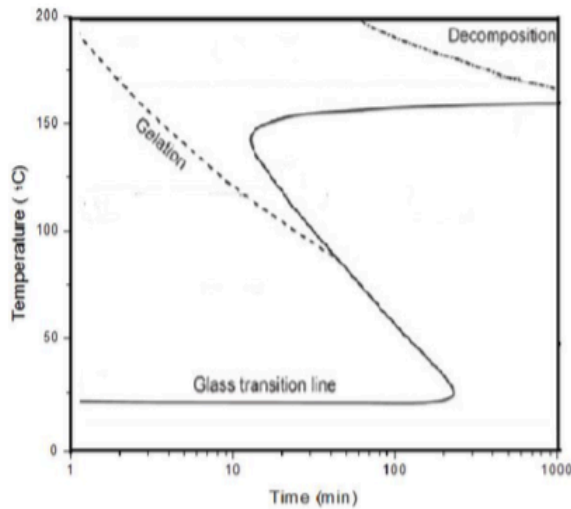
Se fabrica un panel 1x2 m, de material compuesto de resina epoxi y fibra de carbono unidireccional para una aplicación en la que no se debe superar deformaciones del 0.3% bajo tensiones de 420 MPa. Para ello se dispone de los materiales cuyas propiedades se detallan en la siguiente tabla:

	Módulo Elástico [GPa]	Resistencia a Tracción [MPa]	Deformación a Rotura [%]	Densidad [g/cm <sup>3</sup> ]	Temperatura Transición Vítrea [°C]
Fibra	231	4413	1,7	1,79	
Resina	3,4	70,2	9,5	1,16	120

- a. Calcular la fracción másica de fibra de carbono necesaria en el material compuesto para lograr el material en los requerimientos previos.
- b. Al medir la densidad del material compuesto se obtiene un valor de 1,48 g/cm<sup>3</sup> estimar la fracción volumétrica de poros presentes en el material.

## PROBLEMAS DE FABRICACIÓN: MATERIALES COMPUESTOS

Según los siguientes diagramas, conteste las cuestiones



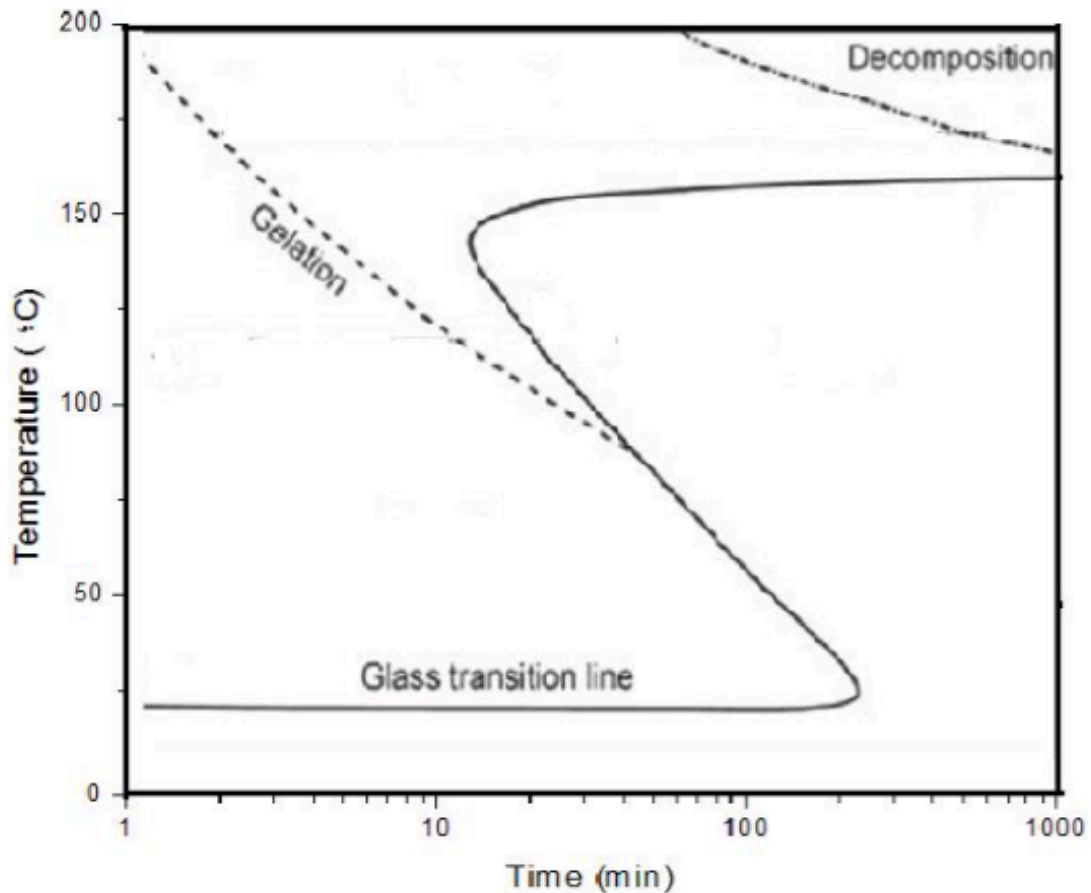
- Establecer cuál es el tiempo de procesamiento disponible a las siguientes temperaturas: 50°C, 100°C y 150°C.
- El proceso de RTM recomienda una viscosidad inferior a 0.5 Pa·s ¿Cuál sería la temperatura mínima a la que se tendría que procesar cada resina epoxi?
- ¿Cuál sería el máximo tiempo disponible para la fabricación con una viscosidad inferior a 0.5 Pa·s (indicar tanto el sistema epoxi como la temperatura)?
- Debido a las etapas del proceso, el mínimo tiempo necesario para realizar el impregnado es de 10 minutos (con viscosidades inferiores a 0.5 Pa·s). ¿Qué sistemas epoxi se pueden utilizar?
- ¿Cuál sería la máxima T<sub>g</sub> alcanzable para estas resinas epoxi?
- ¿Cómo se podría modificar la permeabilidad del sistema para reducir el tiempo de impregnado?

## **PROBLEMAS DE FABRICACIÓN: MATERIALES COMPUESTOS**

Calcular el espesor teórico de un laminado compuesto por 3 capas de mat M4-450 (450 g/m<sup>2</sup>) y dos capas de tejido de 800 g/m<sup>2</sup>, ambos de fibra de vidrio, utilizando una resina de poliéster para un porcentaje en refuerzo de 32% en peso de fibra. ( $\rho_{\text{vidrio}}=2,6 \text{ g/cm}^3$  y  $\rho_{\text{poliéster}}=1,15 \text{ g/cm}^3$ ). (Suponer un área de 1m<sup>2</sup>).

## PROBLEMAS DE FABRICACIÓN: MATERIALES COMPUESTOS

Teniendo en cuenta la figura que se muestra a continuación, contestad las siguientes preguntas:



¿Cuál sería aproximadamente la máxima temperatura en servicio de un componente fabricado con la resina? ¿Qué parámetro utilizarías para verificar esta temperatura?

Con el objeto de impedir o dificultar la reacción de polimerización, ¿a qué temperatura aconsejarías mantener la mezcla?

La resina se emplea para impregnar un tejido de fibra de carbono. Para asegurar un buen impregnado durante la infusión, la temperatura se debe elevar y, así, disminuir la viscosidad de la resina. Sin embargo, se requieren 25 minutos, como mínimo, para completar el impregnado. ¿Hasta qué temperatura se podría llegar cumpliendo este requisito?

En estado vítreo, el proceso de curado se ralentiza y, en consecuencia, se proponen en ocasiones ciclos con varias etapas a varias temperaturas. ¿Podría proponer de manera razonada un ciclo con dos etapas que permita trabajar 15 minutos antes de la gelificación y que obtuviera una Tg final de aproximadamente 150°C? ¿Y un ciclo para una Tg final de 180°C?



## PROBLEMAS DE FABRICACIÓN: MATERIALES COMPUESTOS

Se desea fabricar una placa plana para la estructura de un satélite con forma prismática, de dimensiones 1 x 0.6 m., que servirá como piel sobre la que se colocará un rigidizador posteriormente. El panel estará fabricado con un laminado unidireccional, con unos requerimientos de diseño de:

Módulo elástico en la dirección 0 de, al menos, 175 GPa.

El satélite estará expuesto a temperaturas de hasta 150 °C.

Escoger un material, indicando su densidad y módulo elástico final. Se debe indicar qué criterio se toma para desechar o seleccionar cada material

Materiales disponibles: (Resina / Contenido en masa de resina / Tipo de Tejido / Fibra)

M21/34%/UD194/ IM7-12K

M21/34%/ UD194/ AS7-12K

M91/34%/UD194/IM10-12K

M91/34%/UD194/AS7-12K

<b>MATERIAL</b>	<b>E (GPa)</b>	<b>Densidad (g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>T<sub>g</sub> (°C)</b>	<b>Ciclo Curado</b>
M21	3.5	1.28	155	2 horas – 145 °C ó 6 horas – 120 °C
M91	3.8	1.26	185	2 horas – 190 °C ó 6 horas – 140 °C
IM7-12k	276	1.78		
AS7-12k	248	1.79		
IM10-12k	310	1.78		

## PROBLEMAS DE FABRICACIÓN: MATERIALES COMPUESTOS

Un material compuesto consiste en un 50% (en volumen) de fibras de vidrio continuas y alineadas en una matriz de poliéster insaturado. Predecir la resistencia a la tracción del material compuesto en la dirección paralela a las fibras.

	Fibra de Vidrio	Poliéster
Resistencia a la tracción [MPa]	1.800	55
Módulo Elástico [GPa]	76	3

## PROBLEMAS DE FABRICACIÓN: MATERIALES COMPUESTOS

Preparamos dos materiales compuestos con la siguiente composición (en volumen):

1. Polipropileno reforzado con un 20% de fibra de vidrio.
2. Epoxi reforzado con un 25% de fibra de carbono y un 25% de fibra de Kevlar.

Encontrar en cada caso la masa de cada constituyente por unidad de masa de componente.

Densidad ( $\rho$ )	$\text{g/cm}^3$
Fibra de Vidrio	2,54
PP	0,90
Fibra de Carbono	1,79
Kevlar	1,45
Epoxi	1,30

## PROBLEMAS DE FABRICACIÓN: MATERIALES COMPUESTOS

Un material compuesto consiste en un 50% (en volumen) de fibras de carbono continuas y alineadas en una matriz epoxi. Predecir la tracción del composite en la dirección paralela a las fibras.

	Fibra de Carbono	Epoxi
Resistencia a la tracción [MPa]	3.200	60
Módulo Elástico [GPa]	230	2,4