

BLOQUE I. Tecnologías de fabricación primarias

Tema 03. Procesos de fabricación empleados en compuestos

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

- - -

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

¿Qué es un material compuesto?

Un material compuesto es la combinación de dos o más materiales, cuyos componentes son distinguibles macroscópicamente o microscópicamente, con diferentes y, generalmente mejoradas, propiedades respecto a las que se alcanzan con los materiales de partida por separado.

CONSTITUYENTES

Matriz y Refuerzo → A pesar de no ser un constituyente

MATRIZ: Componente que presenta continuidad en el material

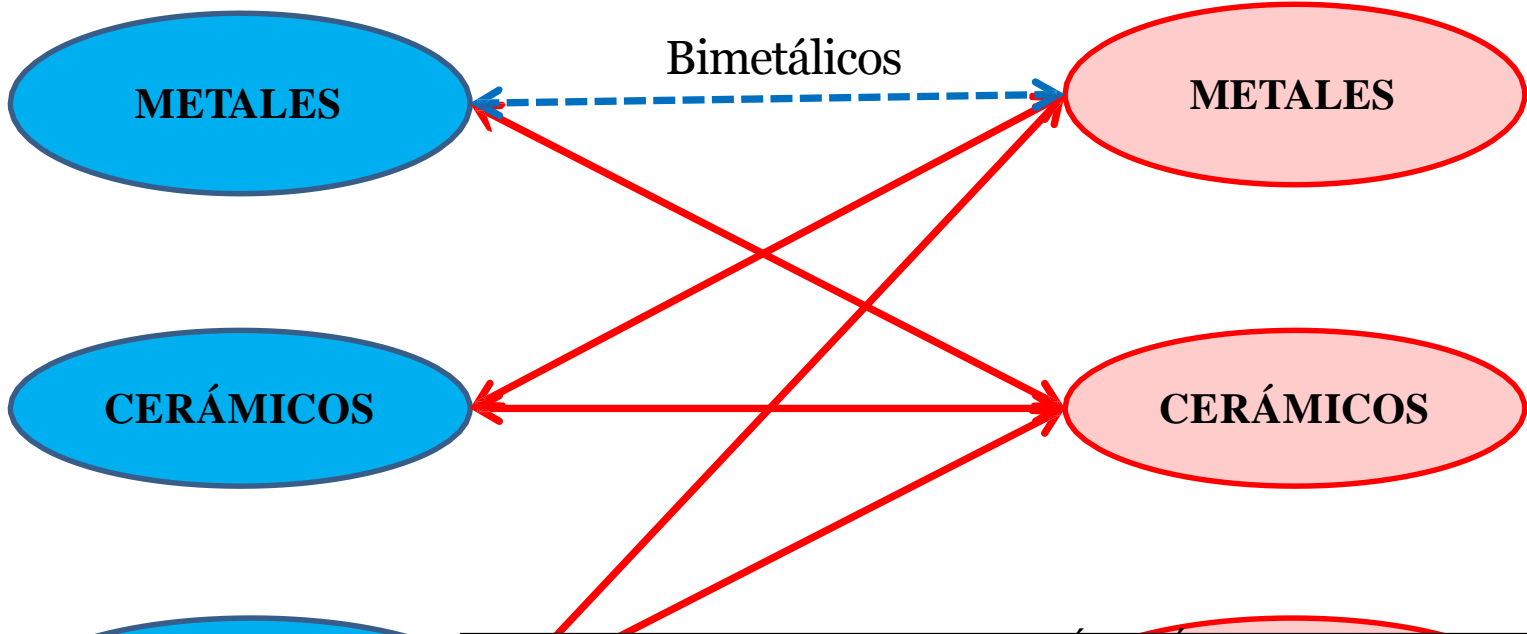


CLASES PARTICULARES, TUTORIAS TECNICAS ONLINE
LLAMA O ENVIA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70



TIPOS DE MATERIALES COMPUESTOS



Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70
- - -
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

CONSTITUYENTES - MATRIZ

La matriz tiene diferentes funciones dependiendo de la combinación de materiales elegida. En términos generales, algunas de estas funciones pueden ser:

- Transferencia de carga
- Separación entre refuerzos
- Cohesión

**RESISTENCIA
TÉRMICA**

DURABILIDAD

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

CONSTITUYENTES - REFUERZO

A. Refuerzo continuo:

aumenta rigidez y/o tenacidad
produce anisotropía

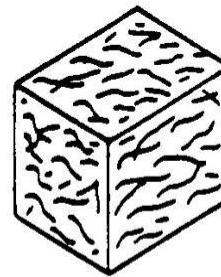
Monofilamento

Unidireccional (SCS6 – Ti)

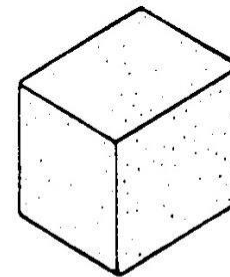
Fibra continua

Laminado (ExPAN – Epoxi)

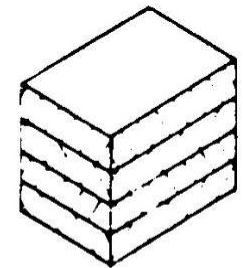
Tejido (Cerasep® SiC-SiC)



FIBER COMPOSITE



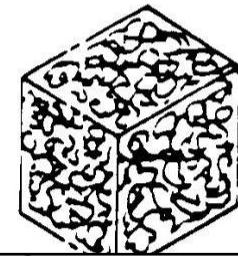
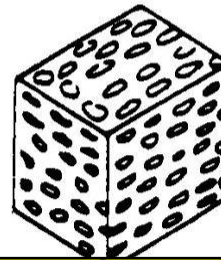
PARTICULATE COMPOSITE



LAMINAR COMPOSITE

B. Refuerzo discontinuo:

aumento de resistencia mecánica
o/y a la abrasión
propiedades cuasi-isótropas ó
isótropas



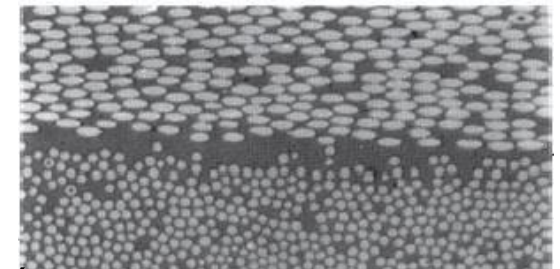
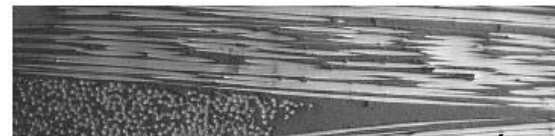
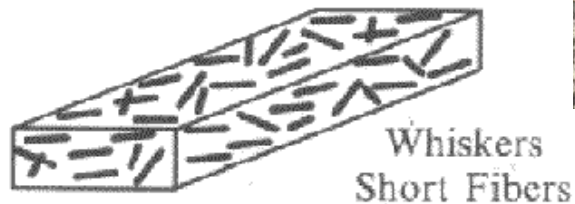
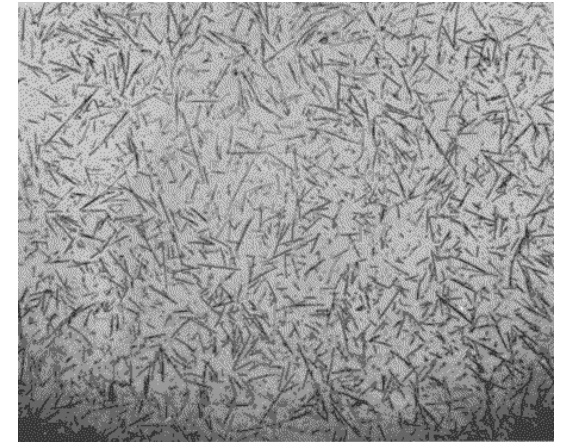
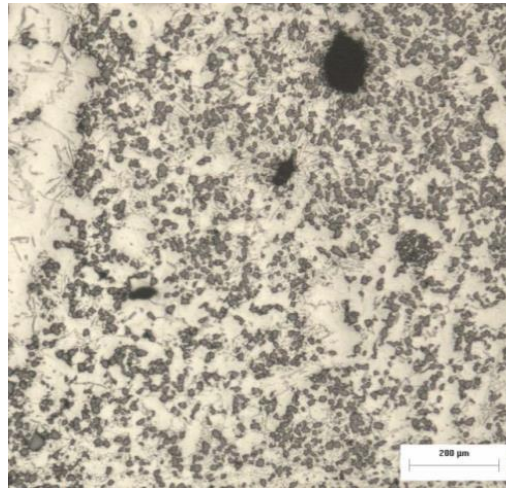
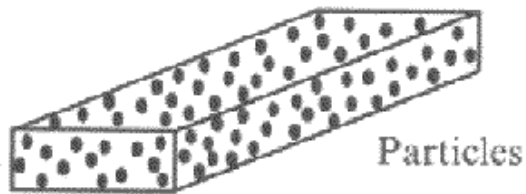
Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Rellenos (Caucho-polvo carbono)

MORFOLOGÍA DEL REFUERZO



Cartagena99

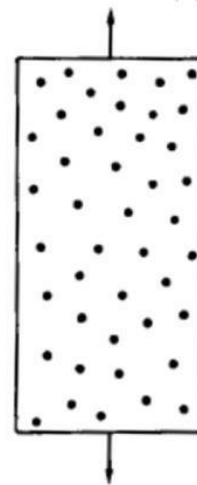
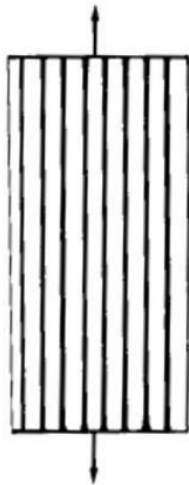
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

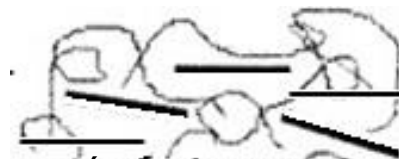
ORIENTACIÓN Y DISTRIBUCIÓN DEL REFUERZO

A. Orientación
Al azar
Preferente

Unidireccional
Bidireccional



B. Distribución
Homogénea
Heterogénea



Cartagena99

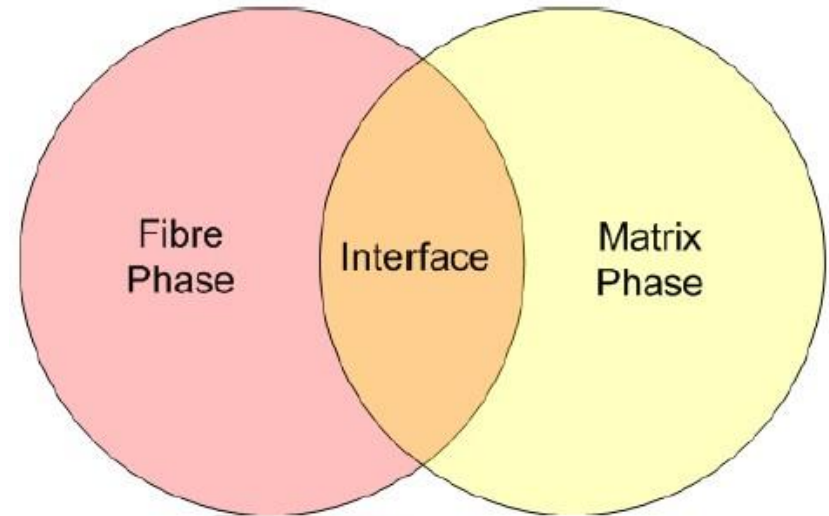
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

LA INTERCARA

Es la región de contacto entre la matriz y el refuerzo

Se forma durante el proceso de fabricación



RESISTENCIA A IMPACTO

TENACIDAD

Compatibilidad

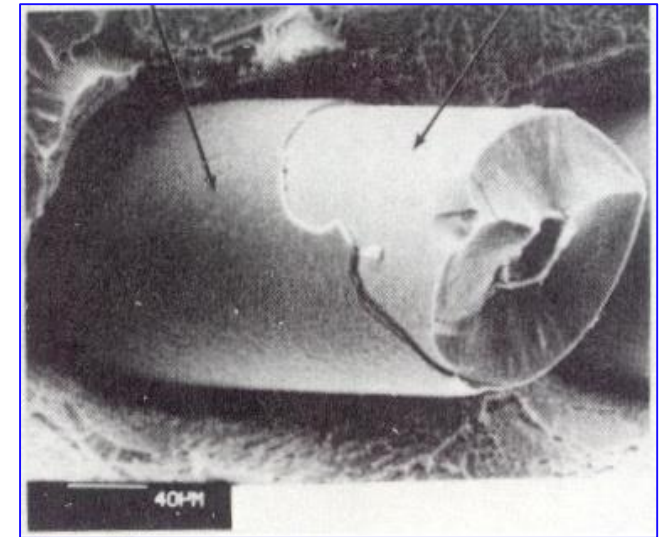
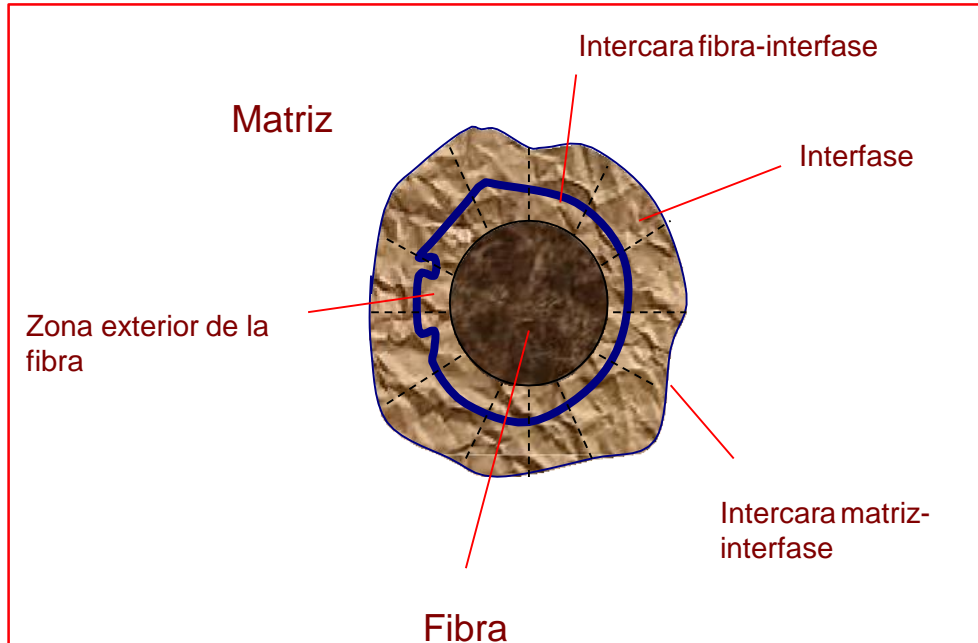
Cartagena99

superficial

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

LA INTERCARA



Cartagena99

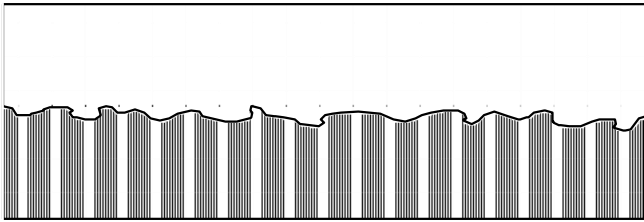
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

inducen deformaciones (plásticas, termofluencia)

LA INTERCARA

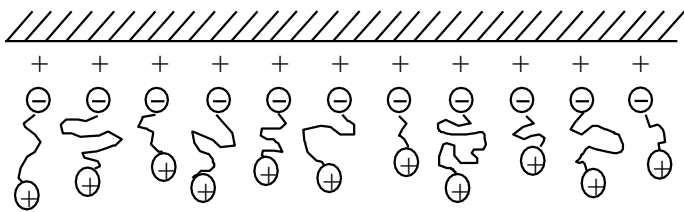
Unión mecánica



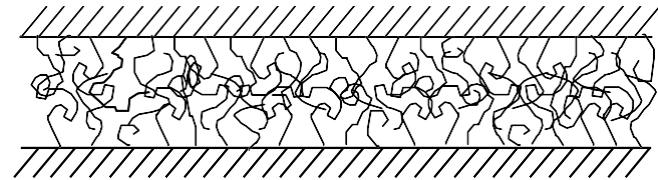
Resistencia mecánica mejorada (principalmente a cortante) debido al incremento en la superficie de contacto

Unión físico-química

Atracción electrostática



Interdifusión



Los diferentes mecanismos se pueden

CLASES PARTICULARES, TUTORIAS TECNICAS ONLINE
LLAMA O ENVIA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

fibras

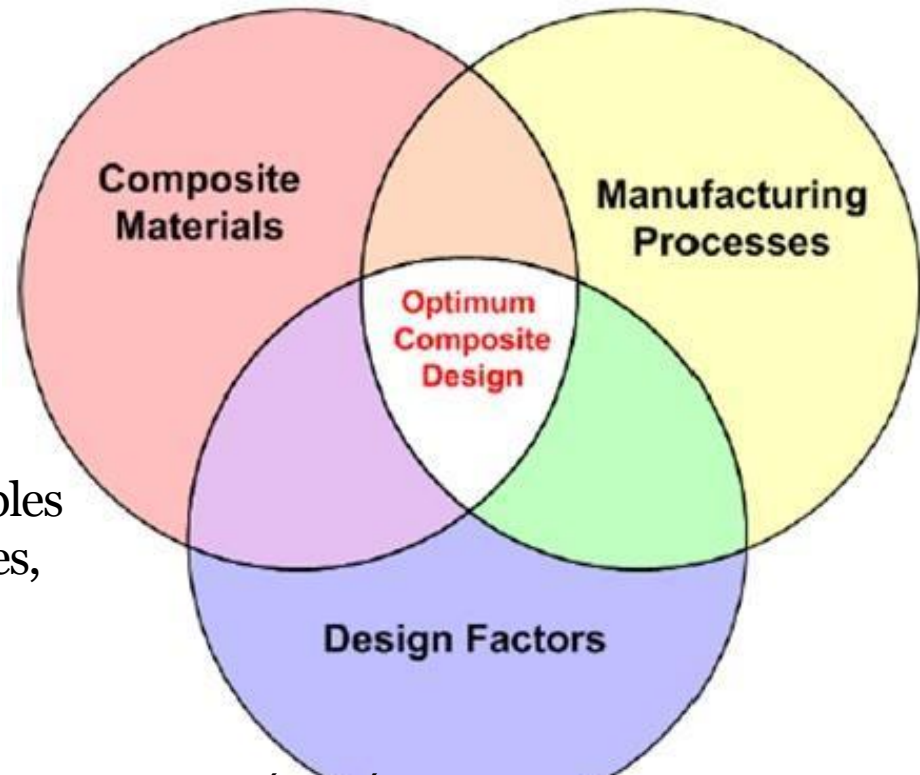
Cartagena99

COMPLEJIDAD DEL DISEÑO Y FABRICACIÓN

El diseño de materiales compuestos es fundamental

Numerosas posibilidades:

- Diversas morfologías
- Numerosos tipos de materiales
- Decenas de diferentes matrices disponibles
- Más de 30 procesos de fabricación (costes, tiempos, inversión)



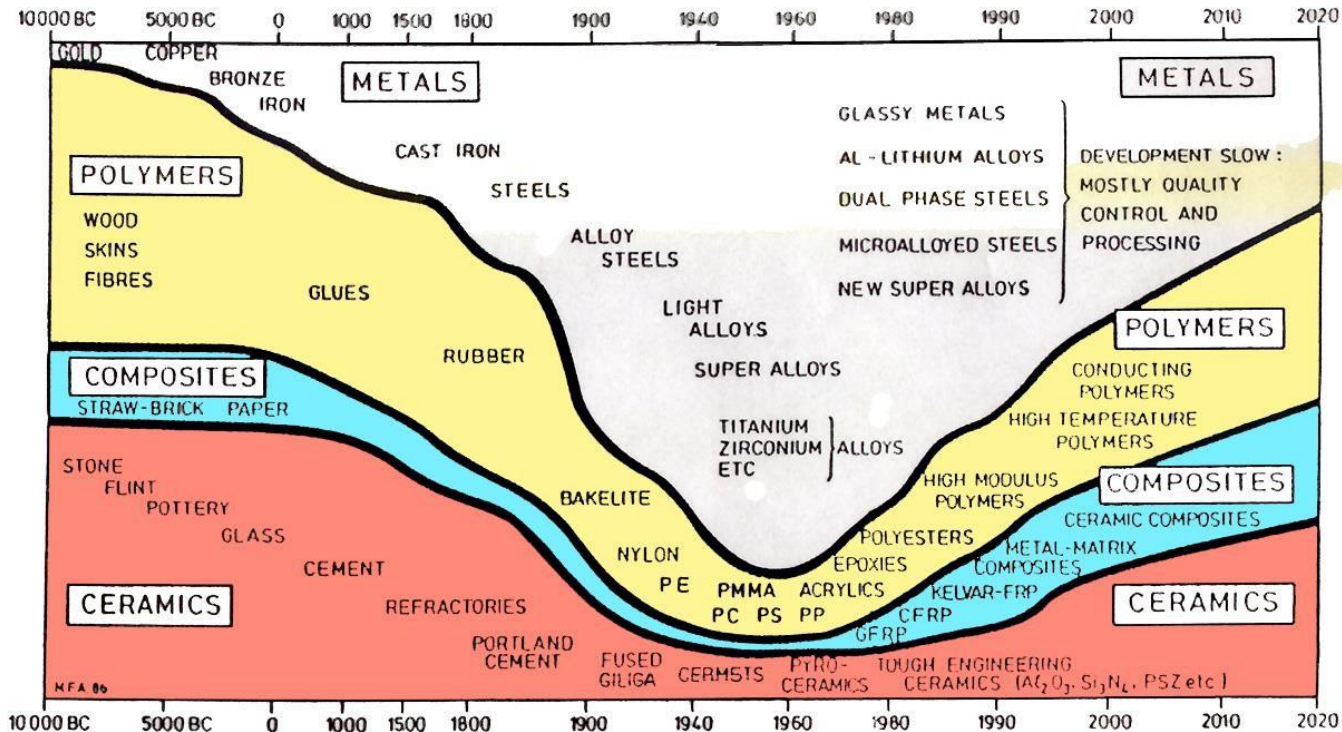
Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Introducción a los materiales compuestos

Empleo de Materiales Compuestos



Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

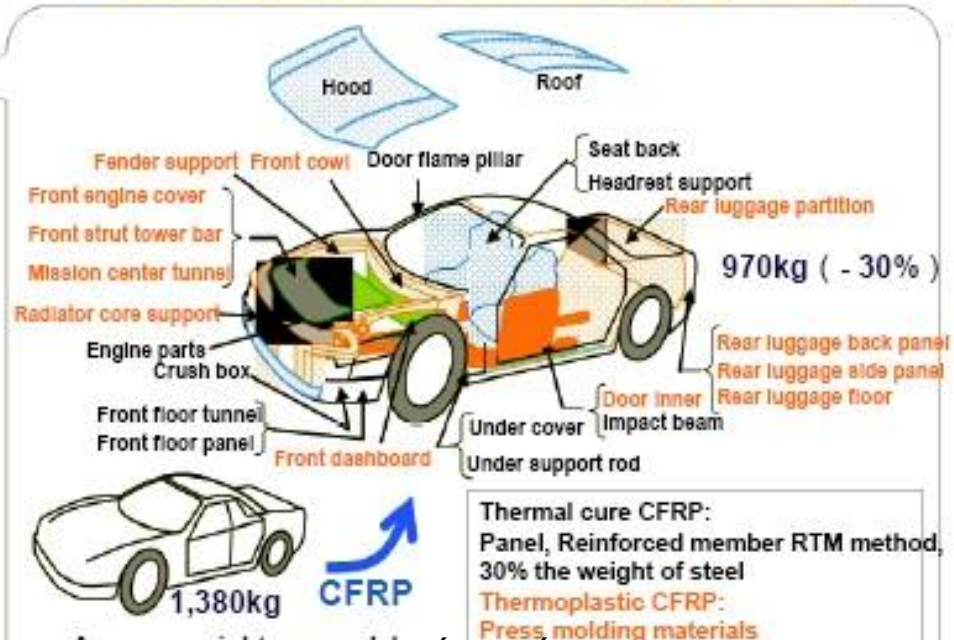
Empleo de Materiales Compuestos

SECTOR AUTOMOCIÓN

[CFRP effects]

- Weight saving**
Good Mileage → Ecology
- Better crash safety**
Energy-absorbing
- Lower assembly man-hour / expense**
Modularized by unification
- Better driving performance**
Better vibration damping
Natural vibration UP
- Safety improvement**
Improvement of material fatigue

Potential reduction of 400kg by CFRP



Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Empleo de Materiales Compuestos

SECTOR AUTOMOCIÓN

Trends in automotive industry

Environment / Energy

- Emission gas purification
- CO2 reduction
- Recycle
- Environment-friendly material

Safety / Comfort

- Fuel efficiency
- **Weight saving**
- Vibration, Noise
- Design
- Information-communication
- Playful spirit and fun

- Aspects** :
- Weight reduction (4kg compared to aluminum)
 - ↗ Improvement in fuel consumption rate
 - ↗ Better vehicle balance (handling-ability)
 - Advanced Materials ↗ More luxurious / High-performance

Weight saving project on main automobile manufacturer

	Project	Target	Outline
TOYOTA	Mass Innovation	10% weight saving by 2011 (Midsize sedan)	<ul style="list-style-type: none"> Selected CFRP as potential method Reduce component Resinification
Honda	*Vary by model	10% CO2 reduction by 2010	<ul style="list-style-type: none"> CO2 reduction by LCA (includes production). Ahead in using Aluminum Selected CFRP as potential method
NISSAN	Vision 2015	15% weight saving by 2015 (Average)	<ul style="list-style-type: none"> 40% CO2 reduction by 2015 (vs 2005) Completed main method for 10% mileage improvement
Mitsubishi	CLW30 (Challenge for Light Weight)	30% weight saving by 2010 (2010 model car)	<ul style="list-style-type: none"> Start accepting supplier's proposal for the development for next model



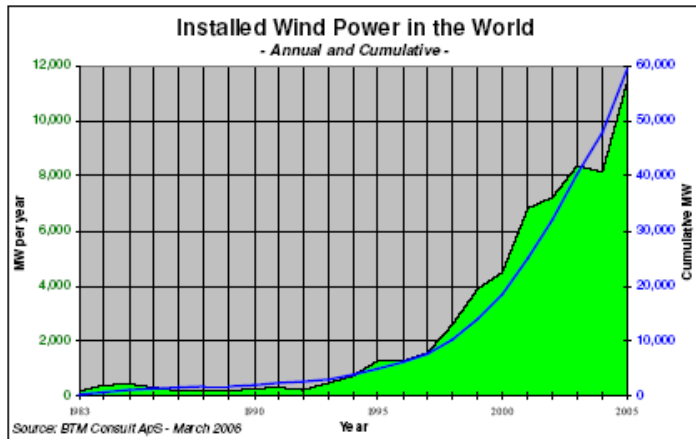
Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORIAS TECNICAS ONLINE
 LLAMA O ENVIA WHATSAPP: 689 45 44 70

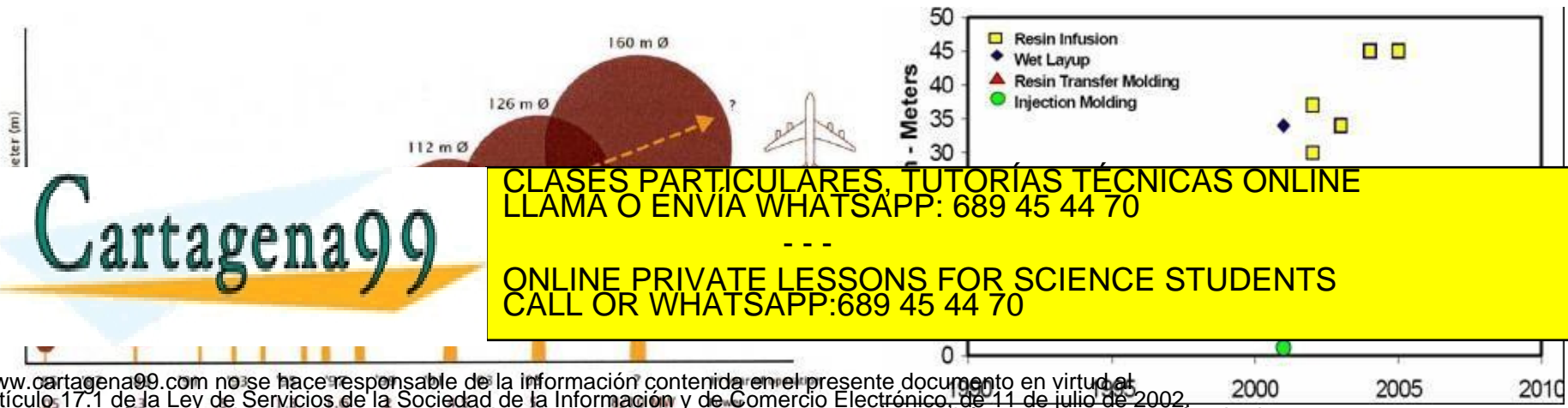
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
 CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Empleo de Materiales Compuestos

SECTOR EÓLICA



Proceso	Suministrador	Fabricante de pala/aerogenerador
Semipreg	Excel SP System EPO	Vestas Vestas Nordez, DeWind
VRIM	Devold BTI Saertex	LM, DeWind, A&D
Pultrusion	Fibre Force (UK) Excel (FIN) Epsilon (FR)	NEG Micon Rotors (Aero Laminates)
Apilamiento manual fibra impregnada (wet lay-up)		Abeking & R. ATV/Euros
Bobinado filamentos	LM Glasfiber CompoTech (CZ)	LM NEG



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
 CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Introducción a los materiales compuestos

Empleo de Materiales Compuestos

SECTOR AERONÁUTICO

Share of Composite Components



Structure Material Breakdown
(Engine, Landing gear not included)

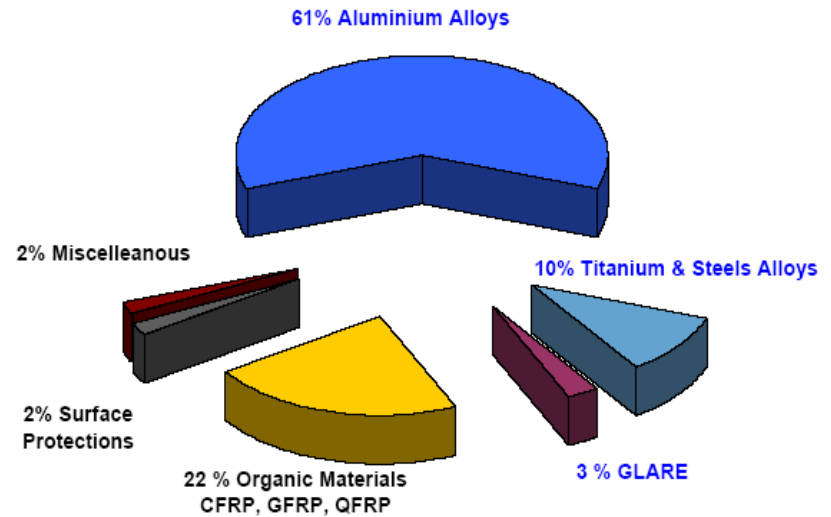


TABLE 4-1 NASA Flight-Service Components

Aircraft Model	Component	Material	Number of Parts	Entered Service
L-1011	Underwing fairing	Aramid/epoxy	18	1973

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

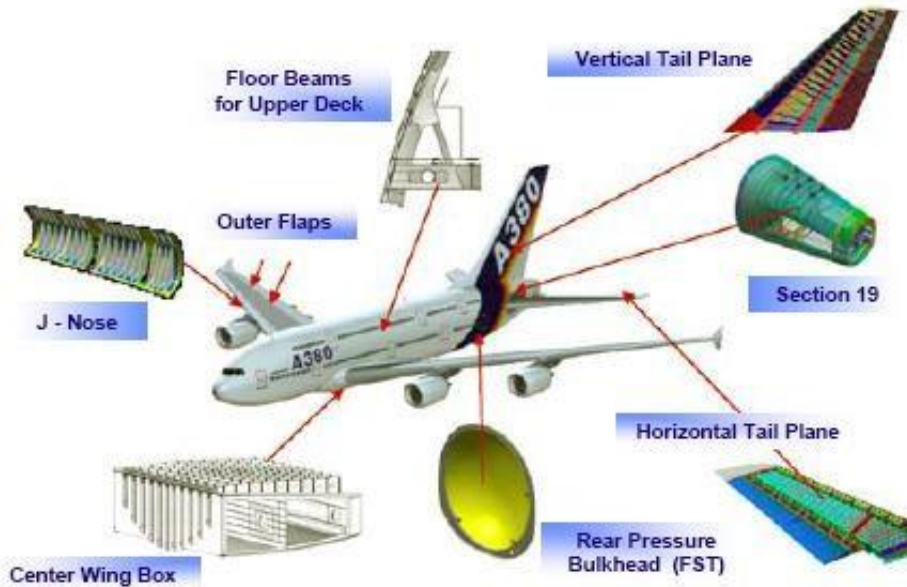
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

Cartagena99

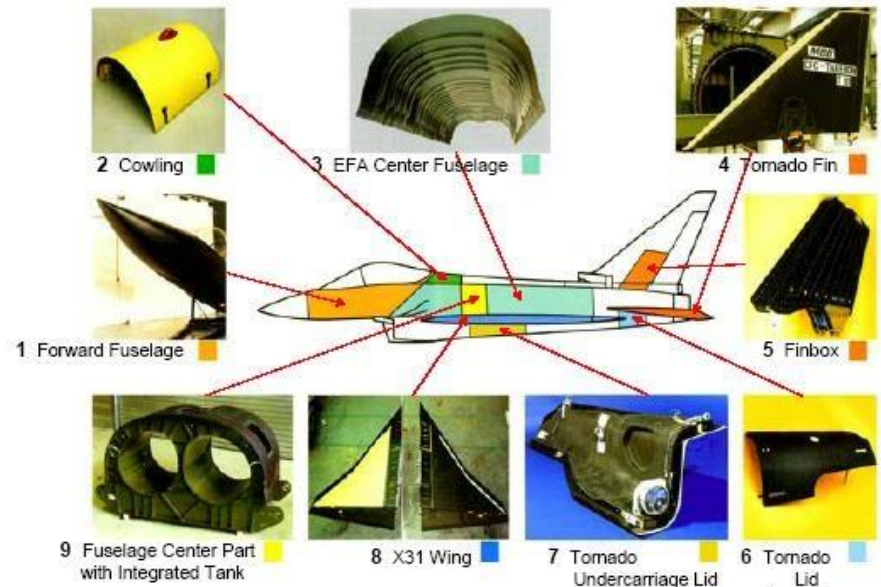
Empleo de Materiales Compuestos

SECTOR AERONÁUTICO

AVIACIÓN CIVIL



AVIACIÓN MILITAR



Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

MANTENIMIENTO

MATERIALES COMPUESTOS DE MATRIZ POLIMÉRICA CON REFUERZO CONTINUO (CFRP)

Son materiales que destacan por presentar unas excelentes propiedades mecánicas específicas y una elevada anisotropía → Su uso está recomendado cuando poseer una baja densidad con unas buenas prestaciones mecánicas compensa su coste

Un esquema general de los procesos sería:

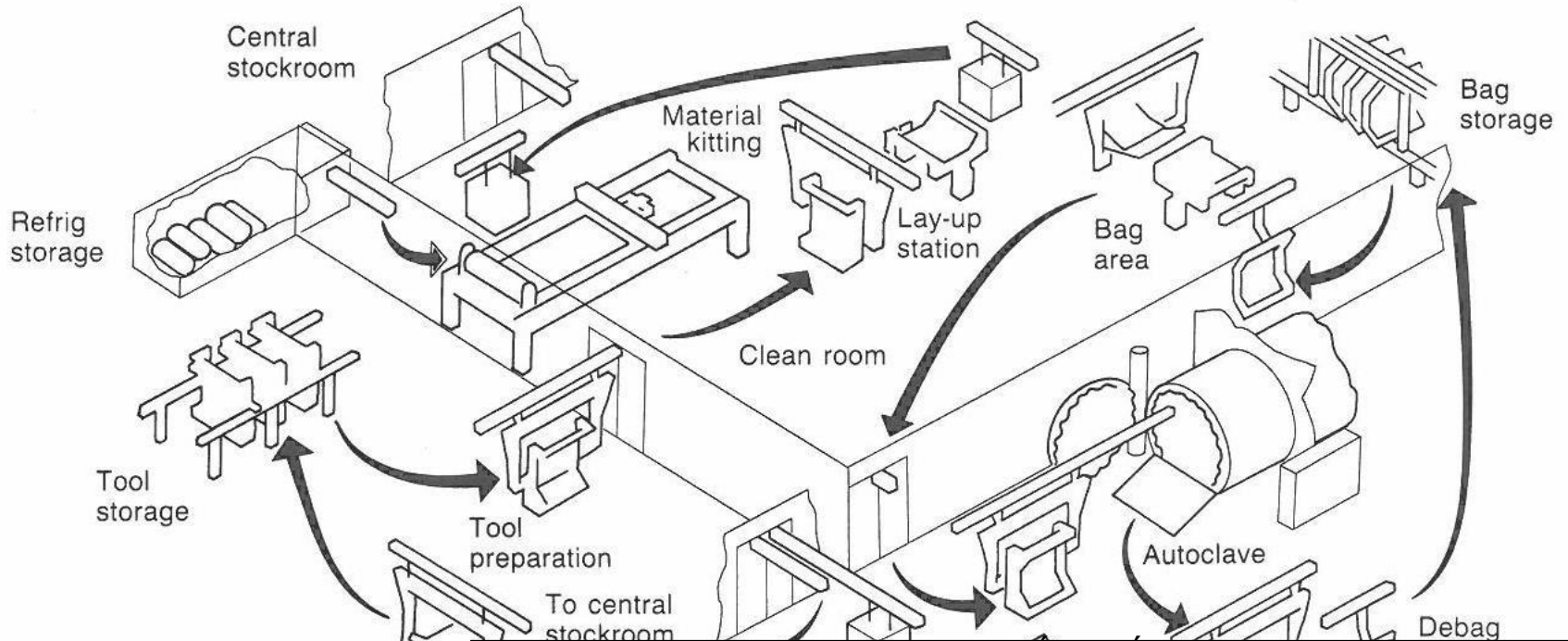


CLASES PARTICULARES, TUTORIAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Materiales auxiliares

MATERIALES COMPUESTOS DE MATRIZ POLIMÉRICA CON REFUERZO CONTINUO (CFRP)



Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORIAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

MATERIALES COMPUESTOS DE MATRIZ POLIMÉRICA CON REFUERZO CONTINUO (CFRP)

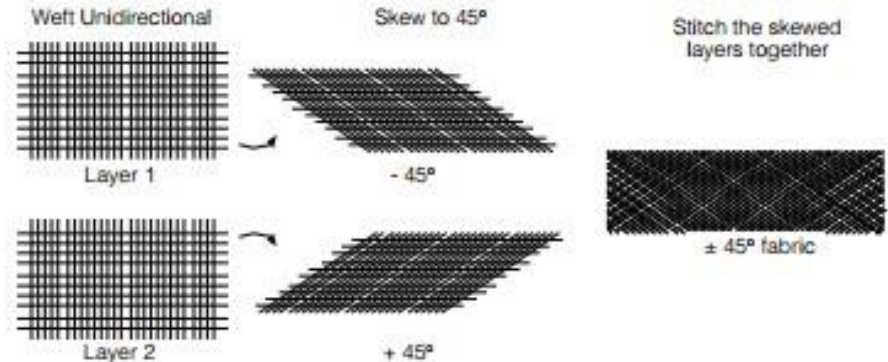
Dependiendo de los requerimientos y del diseño realizado existen varias alternativas de productos CFRP con los que trabajar:

MONOLÍTICOS

OTRAS
(p.e:sandwich)

LAMINADOS

3D COSIDAS



Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

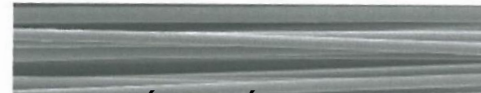
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

MATERIALES COMPUESTOS DE MATRIZ POLIMÉRICA CON REFUERZO CONTINUO (CFRP)

Las fibras son muy delgadas para poder manejarse con facilidad durante la fabricación de los materiales compuestos → Se agrupan formando mechas → 3k, 12k, 24k



Estas agrupaciones se comercializan posteriormente en diversas formas o productos como tejidos, simplemente mechas bobinadas, prepregs, etc.



Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

MATERIALES COMPUESTOS DE MATRIZ POLIMÉRICA CON REFUERZO CONTINUO (CFRP)

FILAMENTO 	ESTOPA 	MECHA 
TEJIDO 	TRENZADO 	FIBRA CORTA 
FIBRA MOLIDA 	FIELTRO 	PREIMPREGNADO 

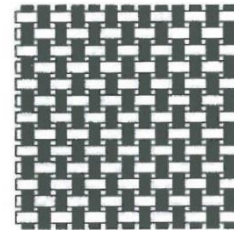
Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

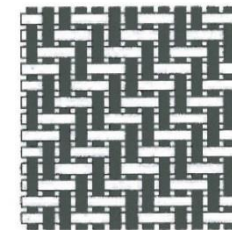
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

MATERIALES COMPUESTOS DE MATRIZ POLIMÉRICA CON REFUERZO CONTINUO (CFRP)

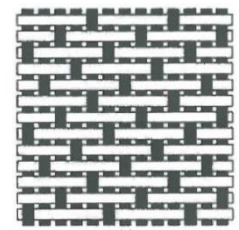
- Los tejidos más comunes son los tejidos 2D
- Presentan mechas tejidas en dos direcciones: Trama (dirección de tejido) and urdimbre (perpendicular a la trama)
- Weaving → Ondulación periódica de las fibras fuera del plano → Pérdida de rigidez y resistencia
- Aparte de las telas tejidas, existen telas sin tejer (*non-crimp-fabric*), y cosidas.
- Las estructuras 3D de fibra están formadas por tejidos y están disponibles hoy en día, aunque existe aún mucho



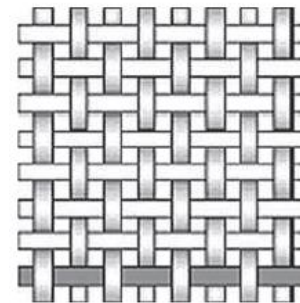
Plain weave –
1x1



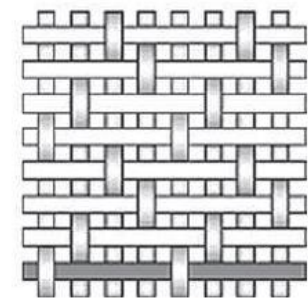
Twill – 2
x 2



Satin 5 H



Plain Weave



Satin Weave

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

MATERIALES COMPUESTOS DE MATRIZ POLIMÉRICA CON REFUERZO CONTINUO (CFRP)

Por su importancia, volumen de fabricación y coste, existen numerosos desarrollos en las tecnologías de fabricación empleadas en la fabricación de este tipo de materiales

Los procesos empleados se pueden dividir atendiendo a diferentes criterios:

VÍA HÚMEDA

PROCESOS DE PULTRUSIÓN

MOLDE ABIERTO

Cartagena99

**CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70**

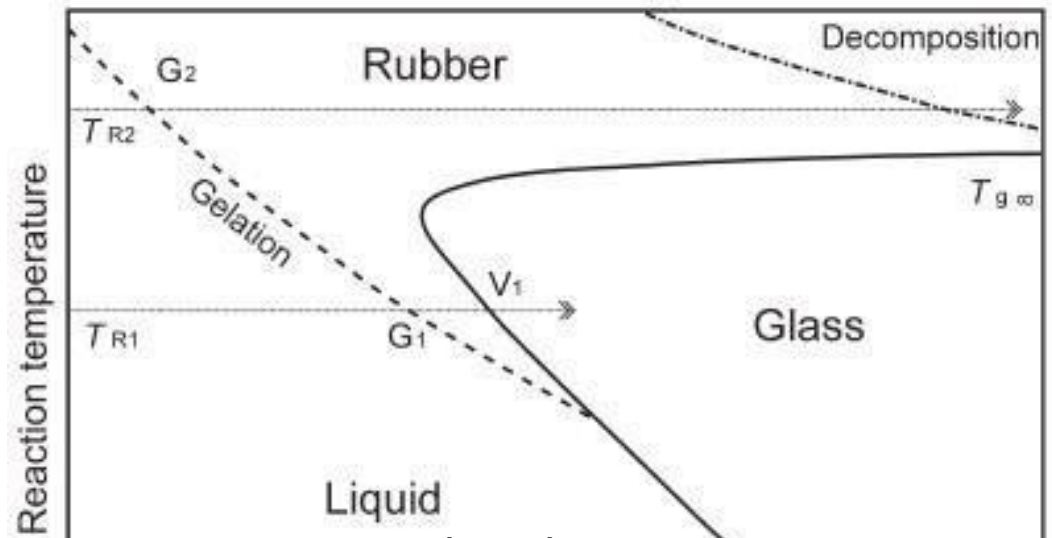
**ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70**

MATERIALES COMPUESTOS DE MATRIZ POLIMÉRICA CON REFUERZO CONTINUO (CFRP) – Via Húmeda

Recordatorio → Polimerización
Resinas termoestables

Gelificación: El material incrementa rápidamente su viscosidad al formar una red entrecruzada tridimensional. Irreversible.

Tiempo de gelificación: Tiempo desde el inicio de la reacción de polimerización hasta el punto de gelificación



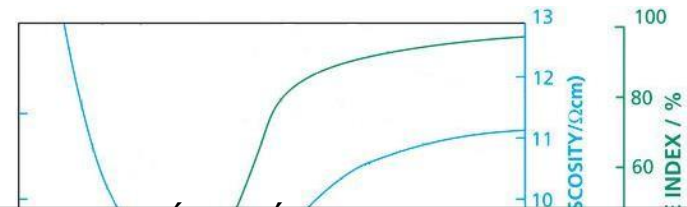
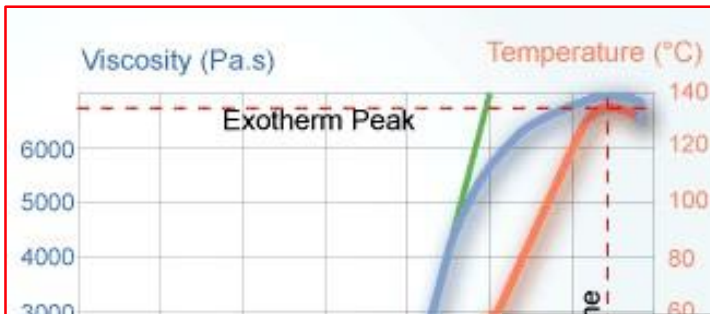
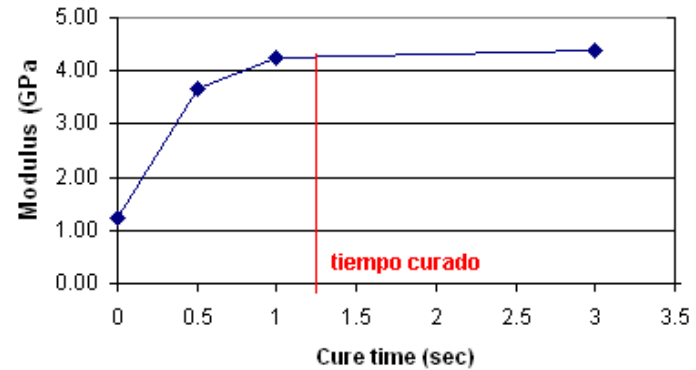
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Cartagena99

MATERIALES COMPUESTOS DE MATRIZ POLIMÉRICA CON REFUERZO CONTINUO (CFRP) – Via Húmeda

Recordatorio → Polimerización Resinas termoestables



Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

MATERIALES COMPUESTOS DE MATRIZ POLIMÉRICA CON REFUERZO CONTINUO (CFRP) – VÍA SECA (Prepregs)

Emplean fibras en sus diferentes formas que contienen ya impregnada la resina en las proporciones deseadas → Productos “listos para curar”

La resina se encuentra parcialmente curada (15 – 30%) → Estado B → Evitar la progresión de la reacción de polimerización → Almacenamiento (- 10 – 20 °C)

TACK

FLUJO

CONFORMABILIDAD

TIEMPO DE GELIFICACIÓN

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

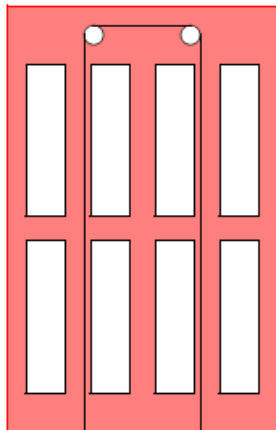
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70



MATERIALES COMPUESTOS DE MATRIZ POLIMÉRICA CON REFUERZO CONTINUO (CFRP) – VÍA SECA (Prepregs)

Fabricación del prepreg

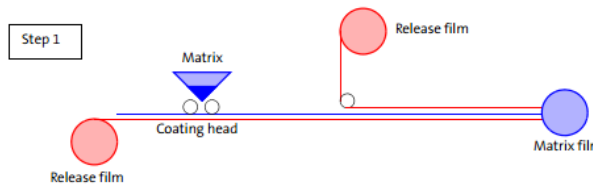
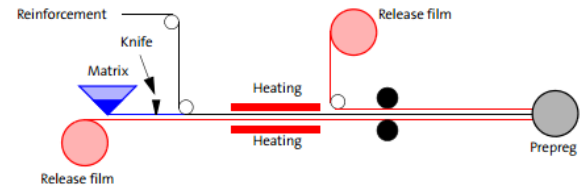
Solution Dip Method



Oven

Release film

Hot-Melt Techniques



Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Release film

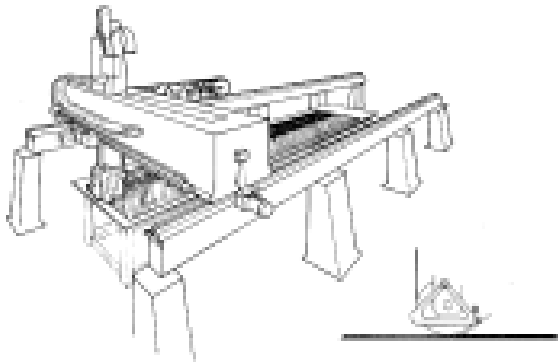
Heating

Prepreg

MATERIALES COMPUESTOS DE MATRIZ POLIMÉRICA CON REFUERZO CONTINUO (CFRP) – VÍA SECA (Prepregs)

Posicionamiento del refuerzo

Posicionamiento manual (*Hand Lay-Up*)



Posicionamiento automático de cintas - ATL



Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

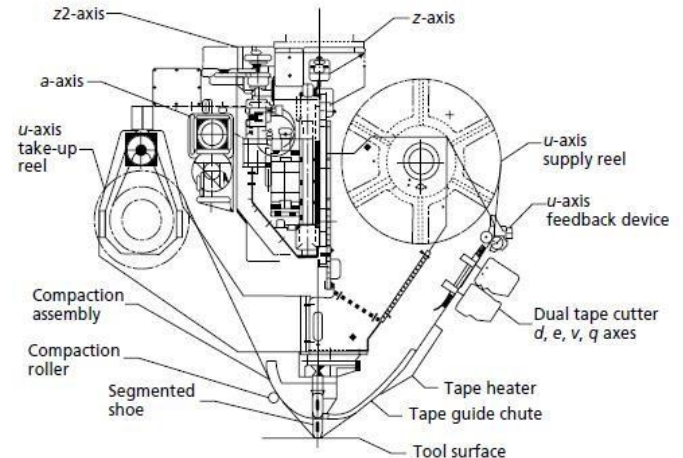
MATERIALES COMPUESTOS DE MATRIZ POLIMÉRICA CON REFUERZO CONTINUO (CFRP) – VÍA SECA (Prepregs)

ATL

Proceso automático de posicionamiento en componentes planos o con baja curvatura

Reducción del tiempo de fabricación con respecto al posicionamiento manual hasta el 70 – 85 %

Emplea cintas (75 – 300 mm) de prepreg que son depositadas por un cabezal por control numérico
→ Controla el número de capas y orientación



Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

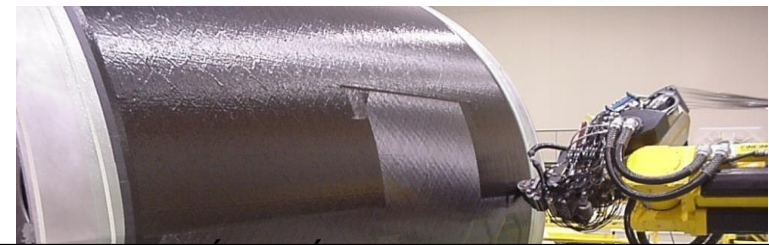
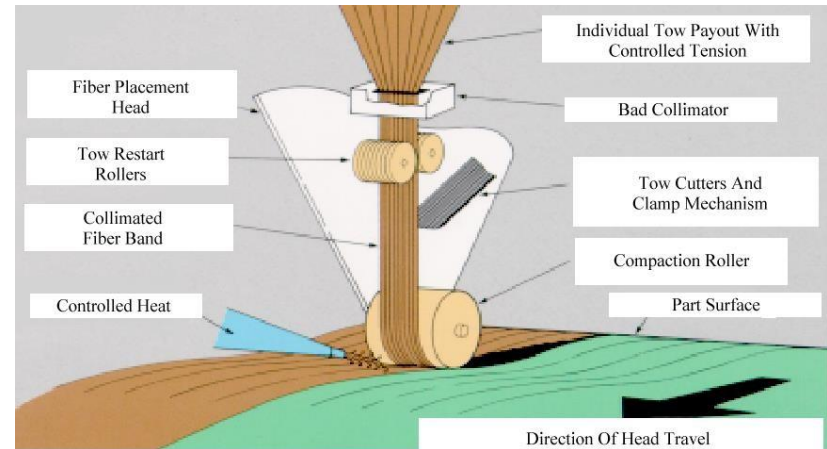
MATERIALES COMPUESTOS DE MATRIZ POLIMÉRICA CON REFUERZO CONTINUO (CFRP) – VÍA SECA (Prepregs)

FP

Proceso automático de posicionamiento de mechas preimpregnadas con mechas → mucho más estrechas que las cintas de ATL

Capacidad para controlar velocidad de suministro de cada mecha, orientación, etc. → Posibilidad de cubrir superficies más complejas (mayor curvatura)

Hasta 7 ejes, 3 posición, rotación y uno que sirve para girar el mandril → Asegurar que la



CLASES PARTICULARES, TUTORIAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Cartagena99

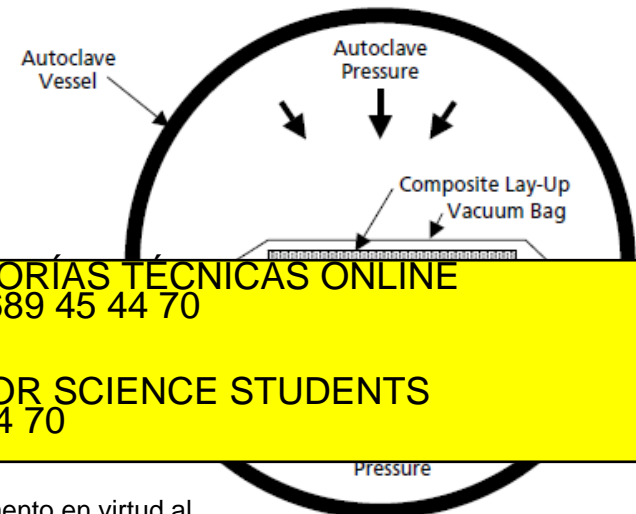
mechas

MATERIALES COMPUESTOS DE MATRIZ POLIMÉRICA CON REFUERZO CONTINUO (CFRP) – VÍA SECA (Prepregs)

Curado

La consolidación final de las capas se realiza durante el curado → Flujo de resina entre capas al elevar la temperatura

Autoclave: Cámara cerrada presurizada con control de la temperatura → Permiten aplicar presión, temperatura y vacío al mismo tiempo



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

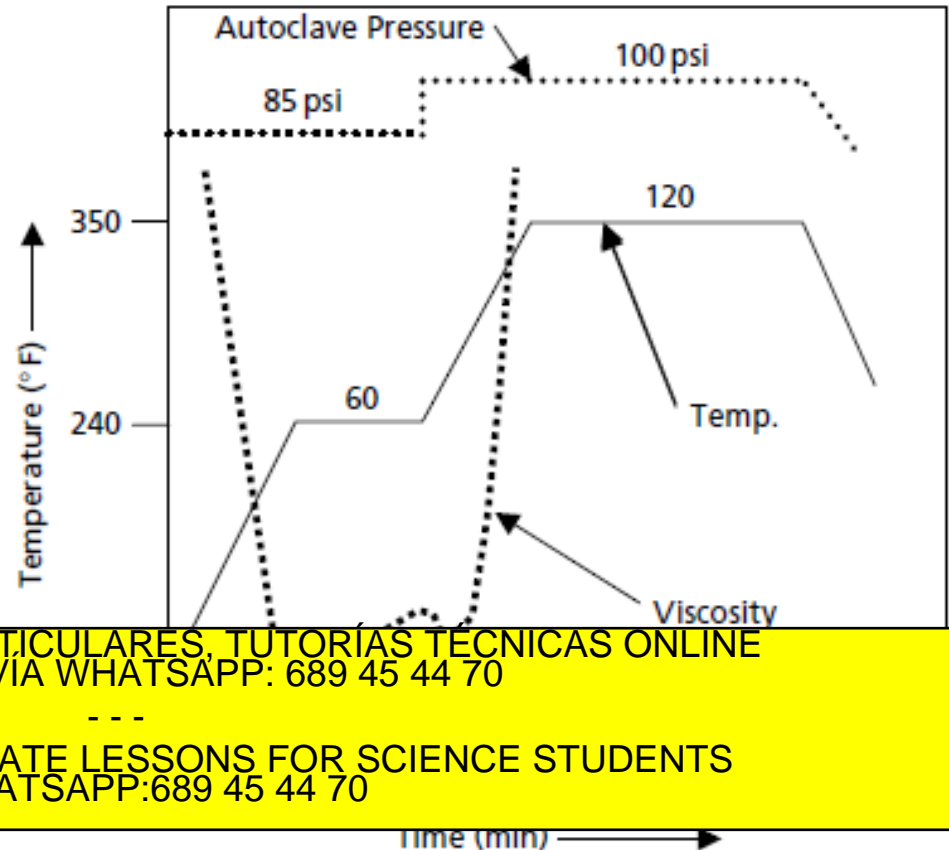
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Cartagena99

MATERIALES COMPUESTOS DE MATRIZ POLIMÉRICA CON REFUERZO CONTINUO (CFRP) – VÍA SECA (Prepregs)

Curado

Los ciclos pueden incluir diferentes presiones y temperaturas dependiendo del momento del ciclo → Consolidación inicial, diferencias



Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

Time (min) →

MATERIALES COMPUESTOS DE MATRIZ POLIMÉRICA CON REFUERZO CONTINUO (CFRP) – VÍA SECA (Prepregs)

Curado

Existen otras alternativas al curado en autoclave → Generalmente, peores propiedades mecánicas

Prensa de platos calientes

Presiones elevadas → Presiones de compactación elevadas

Existen limitaciones en cuanto a la cadencia, tamaño, geometría



Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Sólo se puede aplicar vacío → Porosidad

MATERIALES COMPUESTOS DE MATRIZ POLIMÉRICA CON REFUERZO CONTINUO (CFRP) – VÍA SECA (Prepregs)

Curado

Existen alternativas de curado menos implementadas industrialmente aunque hay desarrollos tecnológicos que los van implementando en determinados procesos

Procesos integrados de consolidación/curado:

- ULTRASONIDOS
- ELECTRON BEAM
- MICROONDAS
- INFRARROJO
- RADIOFRECUENCIA

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Curing Compactor1 US horn Compactor2

MATERIALES COMPUESTOS DE MATRIZ POLIMÉRICA CON REFUERZO CONTINUO (CFRP) – VÍA SECA (Prepregs)

VOLÁTILES Y AIRE ATRAPADO EN LA RESINA

FORMULACIÓN DE LA RESINA

PERIODO DE ALMACENAMIENTO LIMITADO (CADUCIDAD – 6 / 12 MESES)

AJUSTE DE LA PROPORCIÓN FIBRA/RESINA

MANEJO DE LAS PREFORMAS

LAS MEJORES PROPIEDADES SE CONSIGUEN MEDIANTE CURADO EN AUTOCLAVE

MENOR NECESIDAD DE MANO OPERACIONES MANUALES

Cartagena99

**CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70**

**ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70**

DESARROLADA

TRANSPORTE

MATERIALES COMPUESTOS DE MATRIZ POLIMÉRICA CON REFUERZO CONTINUO (CFRP) – Via Húmeda

Se basan en el empleo de tejido seco y resina líquida para impregnarlo → IMPREGNADO, CONSOLIDACIÓN Y CURADO

Existe trabajo en la actualidad en el diseño y mejora de estos procesos → ¿Motivación?

RTM

VARTM/VARIM

RFI

Manual

Procesos
diseñados

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Cartagena99

Formación

MATERIALES COMPUESTOS DE MATRIZ POLIMÉRICA CON REFUERZO CONTINUO (CFRP) – Via Húmeda

La resina se inyecta a presión en la preforma de fibra que está dentro de un molde cerrado

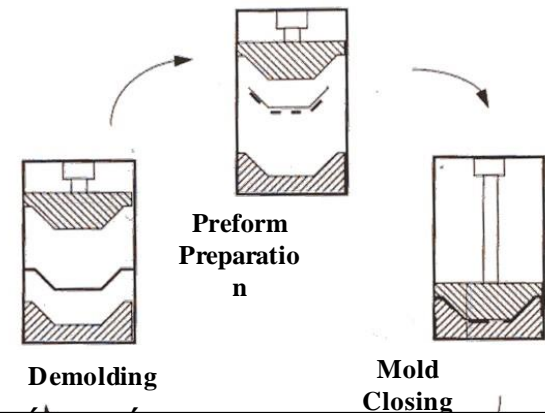
Parámetros importantes a controlar en el proceso: *Presión de inyección, geometría, viscosidad, temperatura, tiempo de gelificación, permeabilidad, flujo de la resina*

Preparación del molde

Colocación de la preforma

Desmoldeo

Inyección de resina



Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Curing

Injection

MATERIALES COMPUESTOS DE MATRIZ POLIMÉRICA CON REFUERZO CONTINUO (CFRP) – Via Húmeda

PARÁMETROS IMPORTANTES:

TIEMPO DE GEL

CICLO DE CURADO (POSTCURADO)

VISCOSIDAD

CAPACIDAD DE COMPACTACIÓN DE LA PREFORMA

PERMEABILIDAD

TENDENCIA A DEFORMARSE

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

MATERIALES COMPUESTOS DE MATRIZ POLIMÉRICA CON REFUERZO CONTINUO (CFRP) – Via Húmeda

PARÁMETROS IMPORTANTES:

$$\begin{Bmatrix} u_x \\ u_y \\ u_z \end{Bmatrix} = -\frac{1}{\mu} \begin{pmatrix} K_{xx} & K_{xy} & K_{xz} \\ K_{yx} & K_{yy} & K_{yz} \\ K_{zx} & K_{zy} & K_{zz} \end{pmatrix} \begin{Bmatrix} \partial P / \partial x \\ \partial P / \partial y \\ \partial P / \partial z \end{Bmatrix}$$

PERMEABILIDAD

DIFERENCIAL DE PRESIONES

VISCOSIDAD

Temperatura

Grado de Curado

Tamaño Porosidad

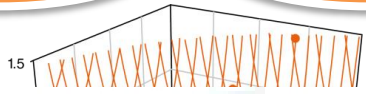
Presión Compactación

Tortuosidad Canales

Fracción Volumétrica

Longitud de los Canales

Espesor y secuencia apilamiento



Tejido abierto, alta K Tejido cerrado, baja K

Permeabilidad Resistencia

CLASES PARTICULARES, TUTORIAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVIA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Cartagena99



Tejido abierto Tejido cerrado

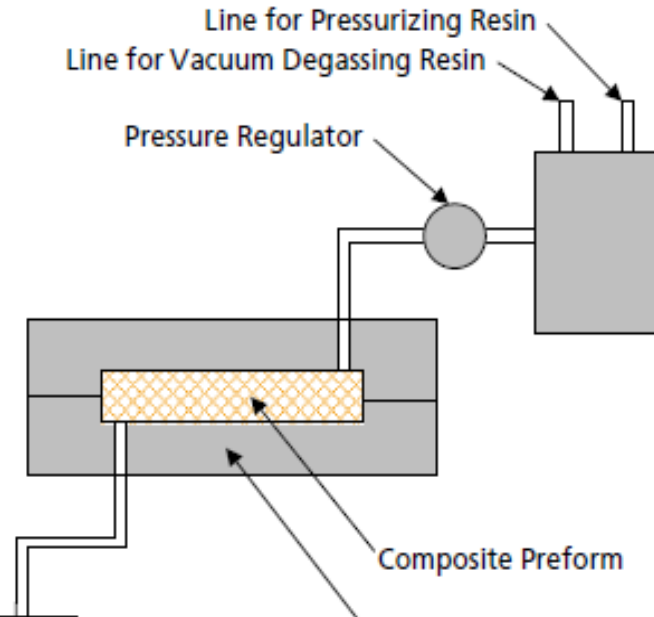
MATERIALES COMPUESTOS DE MATRIZ POLIMÉRICA CON REFUERZO CONTINUO (CFRP) – Via Húmeda

ETAPA DE INYECCIÓN

Debe controlarse durante la inyección que los componentes de la resina se inyecten en la proporción deseada

El diseño del molde, la preforma empleada y cantidad de resina, influirán sobre la fracción de fibra/resina final

La inyección puede ser diseñada en múltiples



Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

para favorecer la reducción de

porosidad final

MATERIALES COMPUESTOS DE MATRIZ POLIMÉRICA CON REFUERZO CONTINUO (CFRP) – Via Húmeda

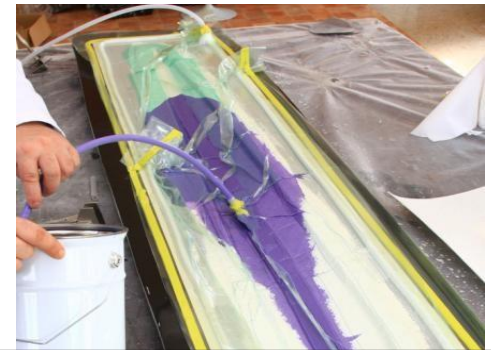
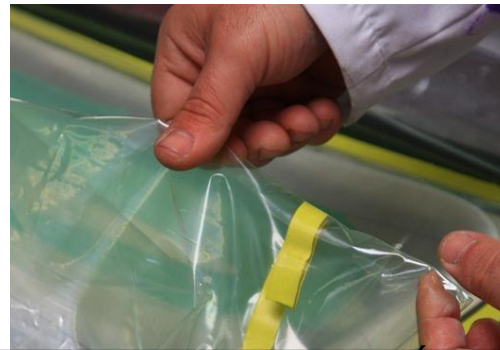
VARIM/VARTM

Mayor flexibilidad en la geometría

No requiere el empleo de moldes rígidos sellados

El empleo de vacío en lugar de presión, puede reducir la eficacia en el impregnado

Requiere el empleo de múltiples elementos auxiliares



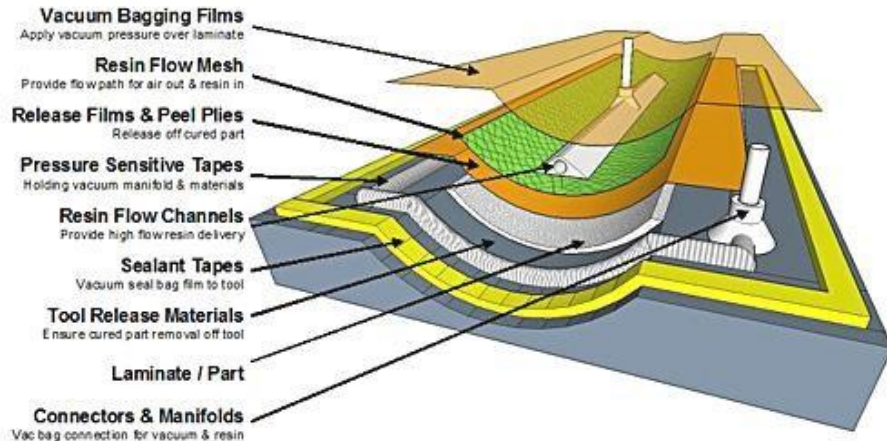
Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

MATERIALES COMPUESTOS DE MATRIZ POLIMÉRICA CON REFUERZO CONTINUO (CFRP) – Via Húmeda

VARIM/VARTM



El impregnado de la resina se lleva a cabo mediante la acción del vacío

Requiere una serie de pasos: colocación de la preforma, preparación del molde inferior, impregnado y curado

Generalmente se emplea un molde rígido y por encima es una bolsa de vacío flexible

Cartagena99

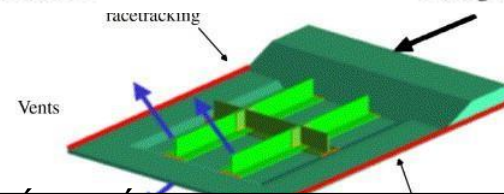
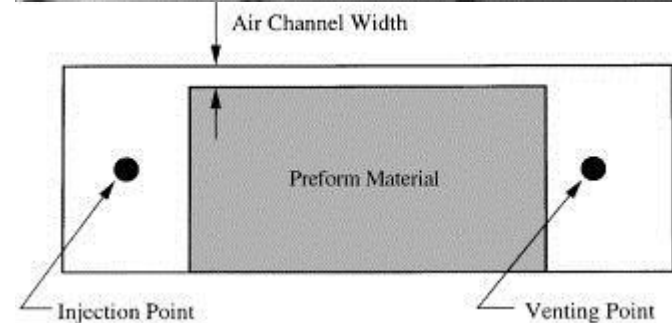
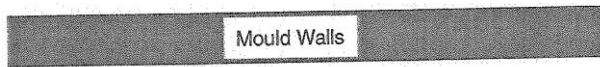
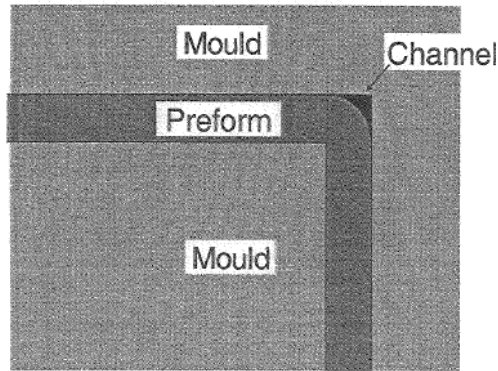
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

Pump

MATERIALES COMPUESTOS DE MATRIZ POLIMÉRICA CON REFUERZO CONTINUO (CFRP) – Via Húmeda

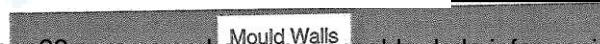
Consideraciones de las tecnologías de fabricación por vía húmeda



Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

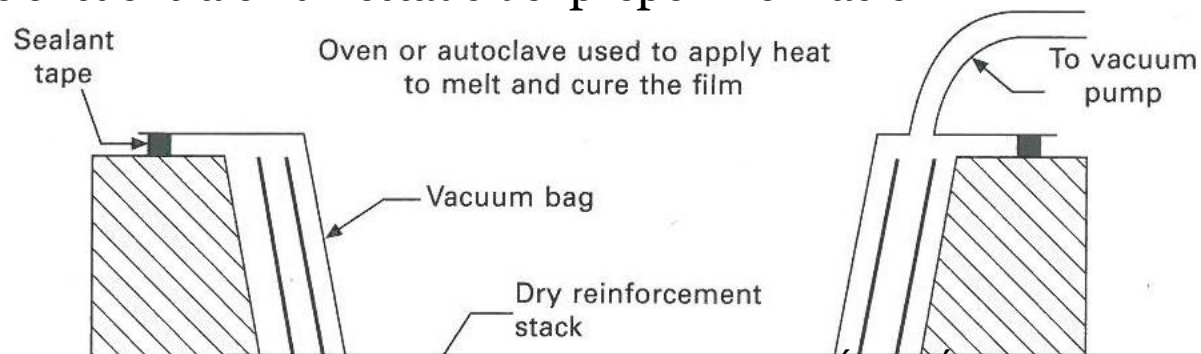
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70



MATERIALES COMPUESTOS DE MATRIZ POLIMÉRICA CON REFUERZO CONTINUO (CFRP) – Via Húmeda

RFI

- Se emplean secuencias de refuerzo y polímero en forma de película (*film*)
- Al incrementar la temperatura y mediante la acción de vacío se consigue el flujo de la resina a través de las diferentes capas
- La resina se encuentra en un estado de prepolimerización



Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Pre-catalysed resin in sheet form

MATERIALES COMPUESTOS DE MATRIZ POLIMÉRICA CON REFUERZO CONTINUO (CFRP)

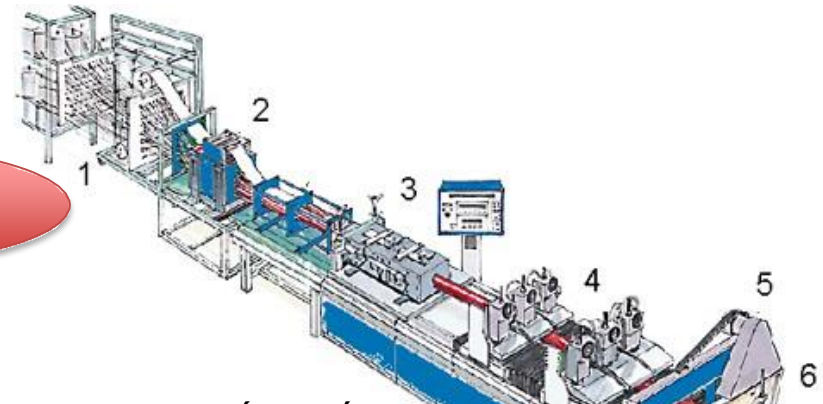
Pultrusión

Las fibras se impregnan y pasan por una matriz donde por estirado se moldean.

Sería un proceso análogo a la fabricación por extrusión o trefilado en metales o termoplásticos

Productividad

Sección constante



Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

5. Grupo de corte y pulido.

MATERIALES COMPUESTOS DE MATRIZ POLIMÉRICA CON REFUERZO CONTINUO (CFRP)

Pultrusión



Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

MATERIALES COMPUESTOS DE MATRIZ POLIMÉRICA CON REFUERZO CONTINUO (CFRP)

Pultrusión

Velocidad de curado

Viscosidad de la resina

Poliésteres

Epoxi

Alta velocidad de producción

Piezas de gran longitud y pared delgada posible

Coste relativamente bajo comparado con otros procesos

Sección constante

Propiedades mecánicas

Se emplean diferentes

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

obturgación de la entrada/salida

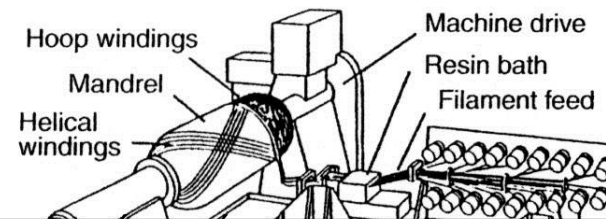
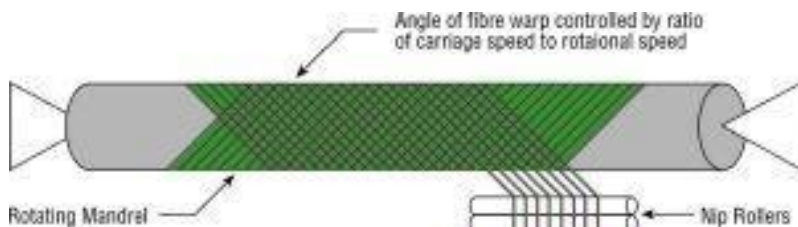
MATERIALES COMPUESTOS DE MATRIZ POLIMÉRICA CON REFUERZO CONTINUO (CFRP)

Bobinado de Filamentos

Consiste en la creación de piezas por enrollamiento de una cinta continua formada por fibras impregnadas en resina

Puede realizarse mediante la rotación del mandril o del cabezal

Se pueden variar las orientaciones de las fibras, así como el espesor de la pieza mediante el control del giro y desplazamiento o del número de pasadas



Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORIAS TECNICAS ONLINE
LLAMA O ENVIA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

MATERIALES COMPUESTOS DE MATRIZ POLIMÉRICA CON REFUERZO CONTINUO (CFRP)

Bobinado de Filamentos

Viscosidad de la resina

Mandriles (estructuras cerradas o abiertas)

Ciclo de curado

Amplias posibilidades en cuanto a tamaños de pieza

Permite cambios en el diseño de la orientación / **NO CAMBIOS EN UNA LÁMINA**

Se alcanzan altos contenidos de fibra

Alta repetitividad

El empleo de mandril

Geometría

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

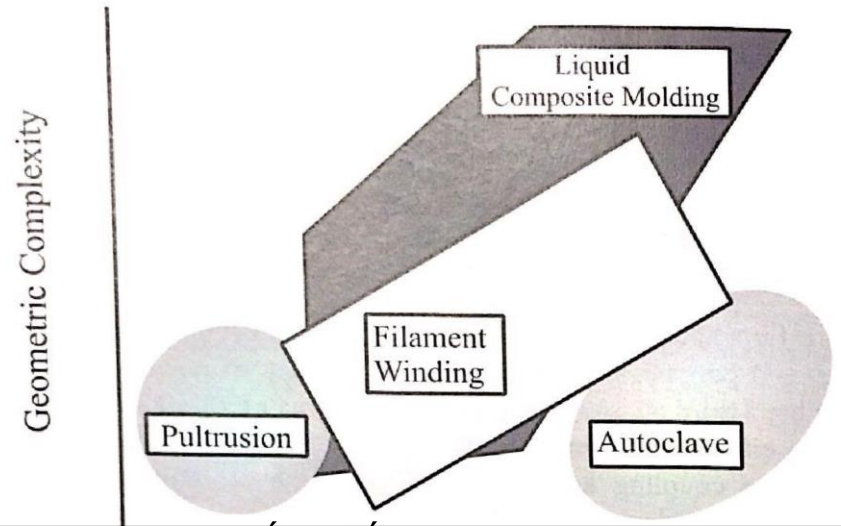
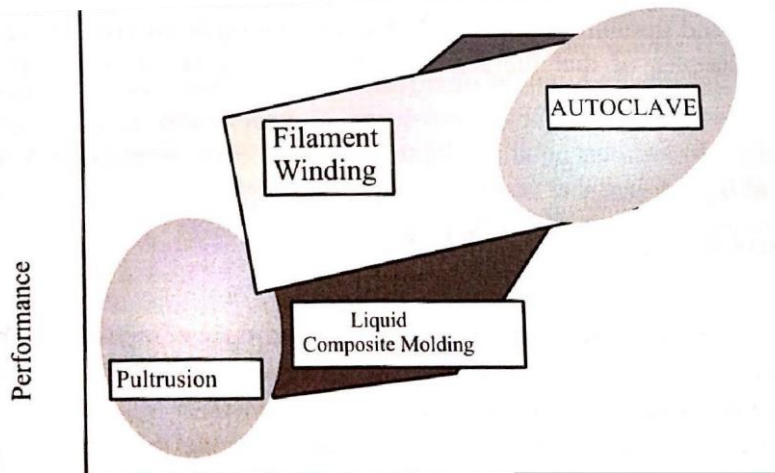
viscosidad y tiempo

media

del filamento, etc.) 47

MATERIALES COMPUESTOS DE MATRIZ POLIMÉRICA CON REFUERZO CONTINUO (CFRP) – Via Húmeda

Selección del proceso de fabricación



Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70