

BLOQUE I. Tecnologías de fabricación primarias

Tema 03. Procesos de fabricación empleados en compuestos

¿Qué es un material compuesto?

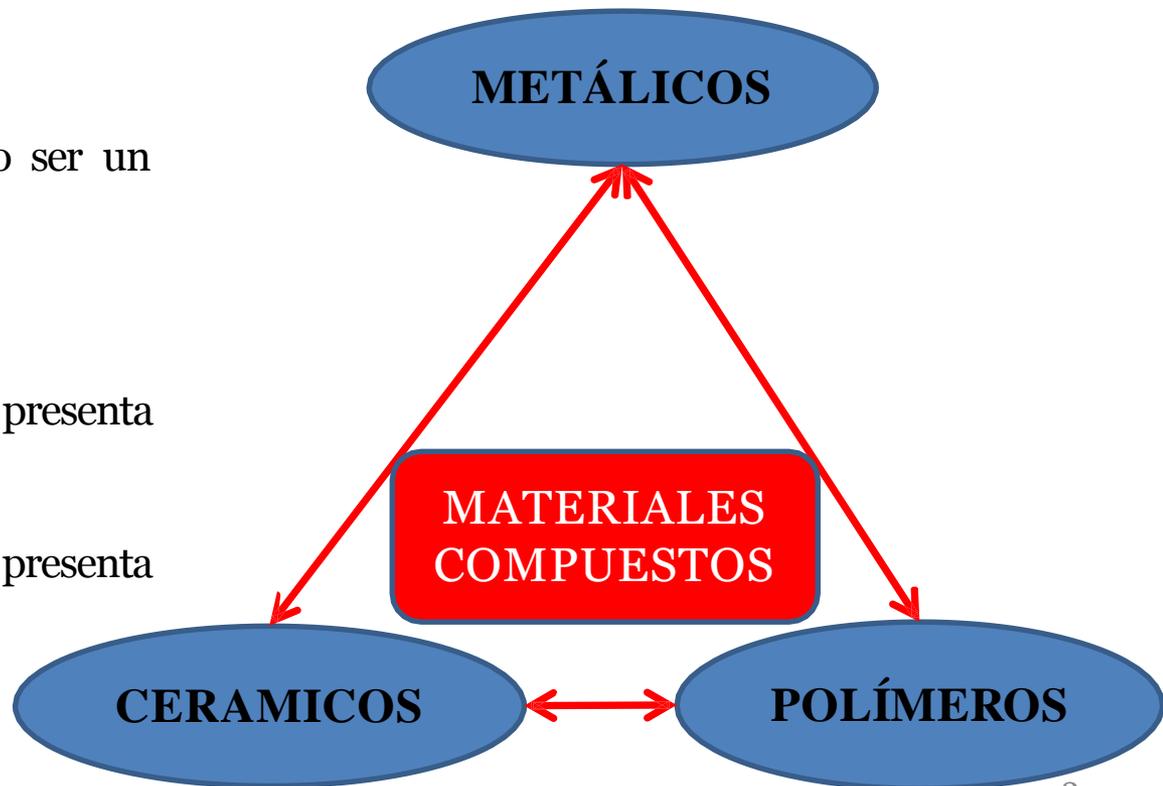
Un material compuesto es la combinación de dos o más materiales, cuyos componentes son distinguibles macroscópicamente o microscópicamente, con diferentes y, generalmente mejoradas, propiedades respecto a las que se alcanzan con los materiales de partida por separado.

CONSTITUYENTES

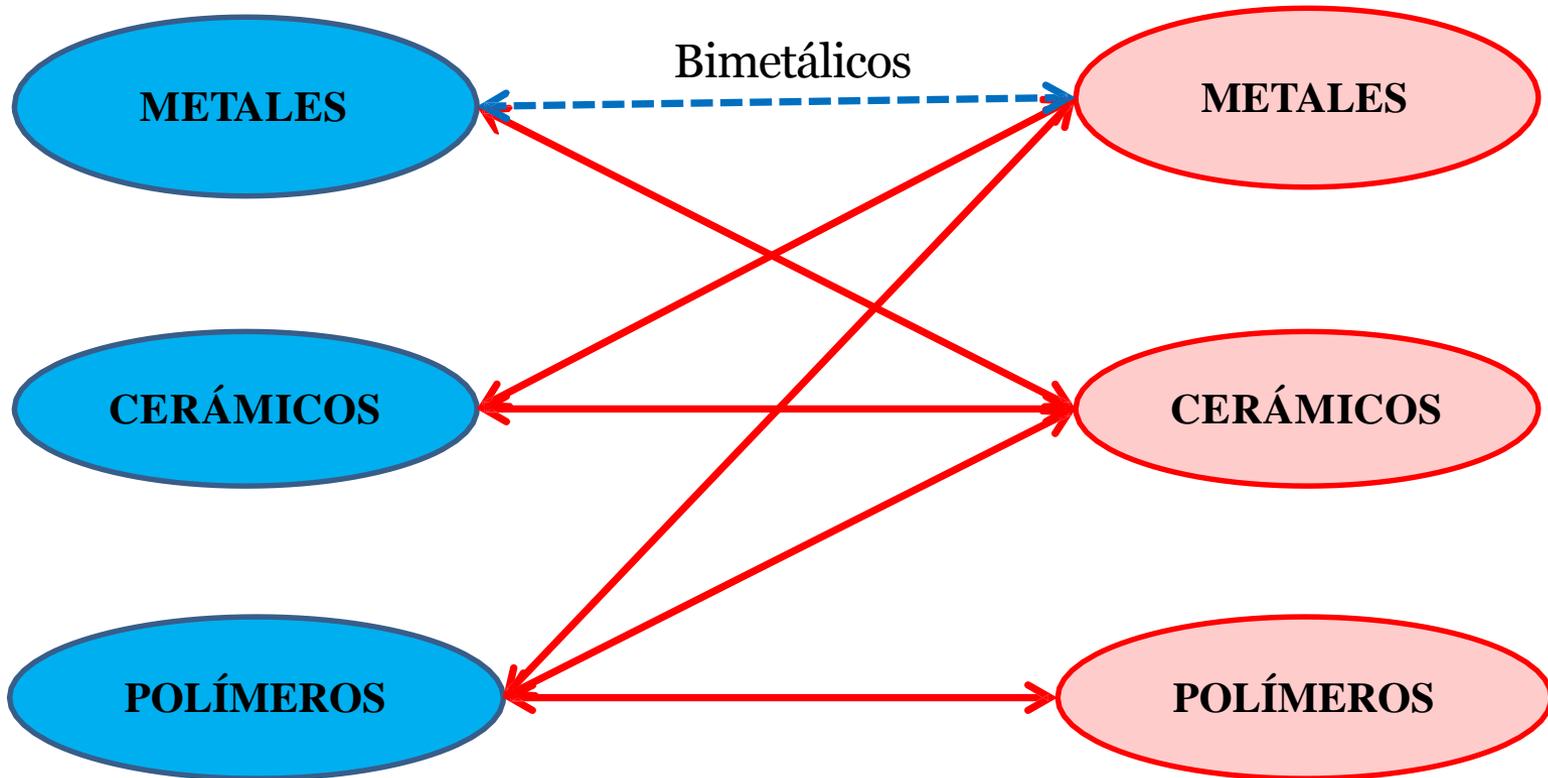
Matriz y Refuerzo → A pesar de no ser un constituyente

MATRIZ: Componente que presenta continuidad en el material

REFUERZO: Componente que presenta discontinuidad



TIPOS DE MATERIALES COMPUESTOS



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

**PROPIEDADES MECÁNICAS
EN DIRECCIÓN
TRANSVERSAL**

**RESISTENCIA
INTERLAMINAR**

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)

B. Refuerzo discontinuo:

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

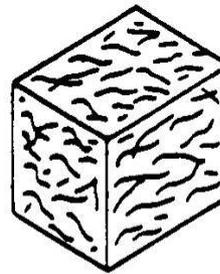
Partículas (Al - SiCp)

Fibra corta (Poliéster - fibra de
vidrio)

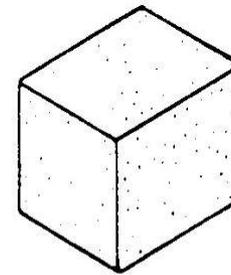
Whiskers (Al - SiCw)

Macropartículas planas (flakes)

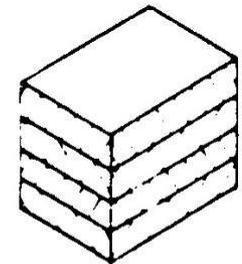
Rellenos (Caucho-polvo carbono)



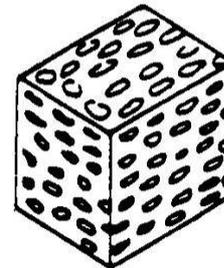
FIBER COMPOSITE



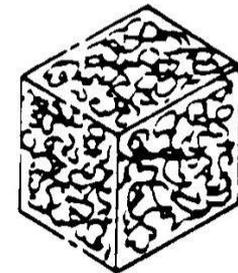
PARTICULATE COMPOSITE



LAMINAR COMPOSITE

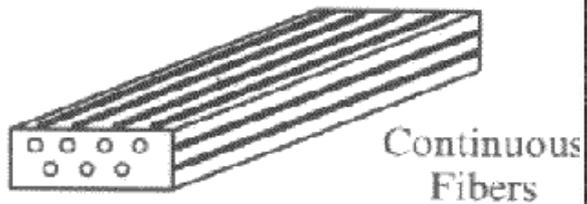
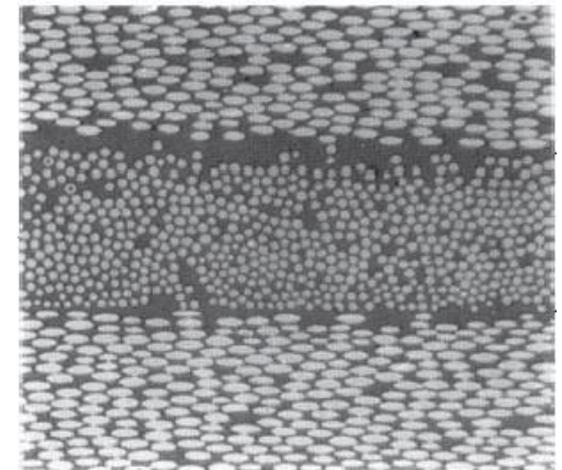
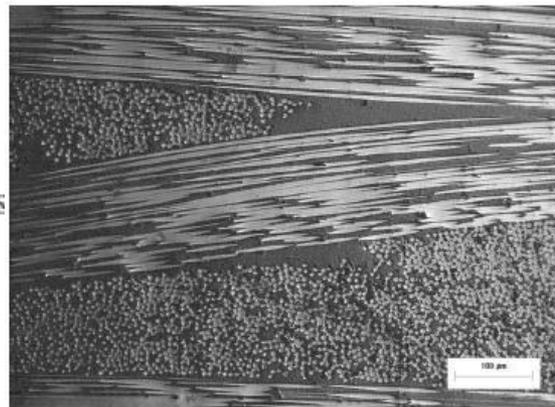
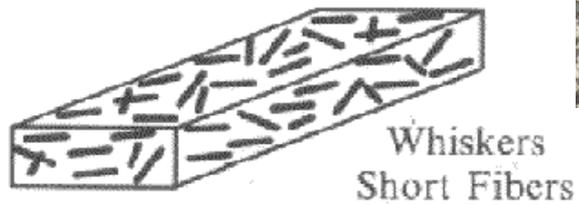
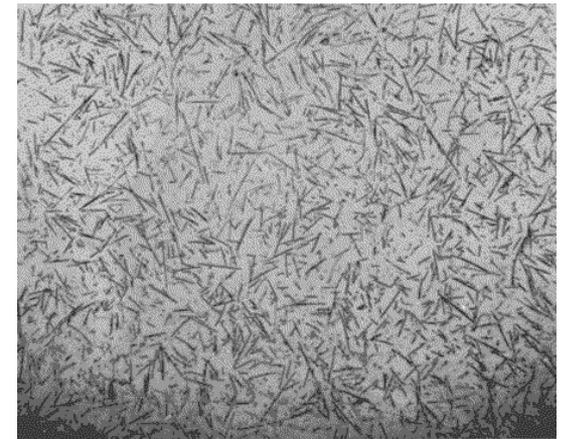
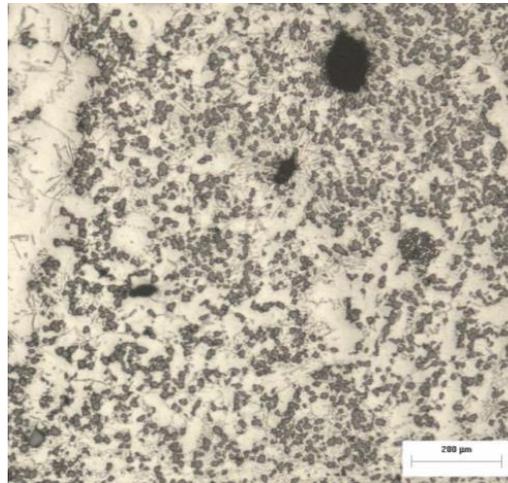
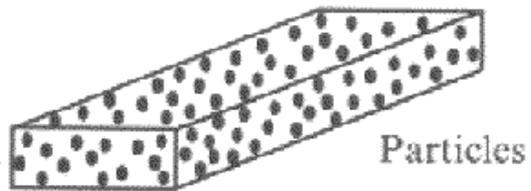


FLAKE COMPOSITE



FILLED COMPOSITE

MORFOLOGÍA DEL REFUERZO



ORIENTACIÓN Y DISTRIBUCIÓN DEL REFUERZO

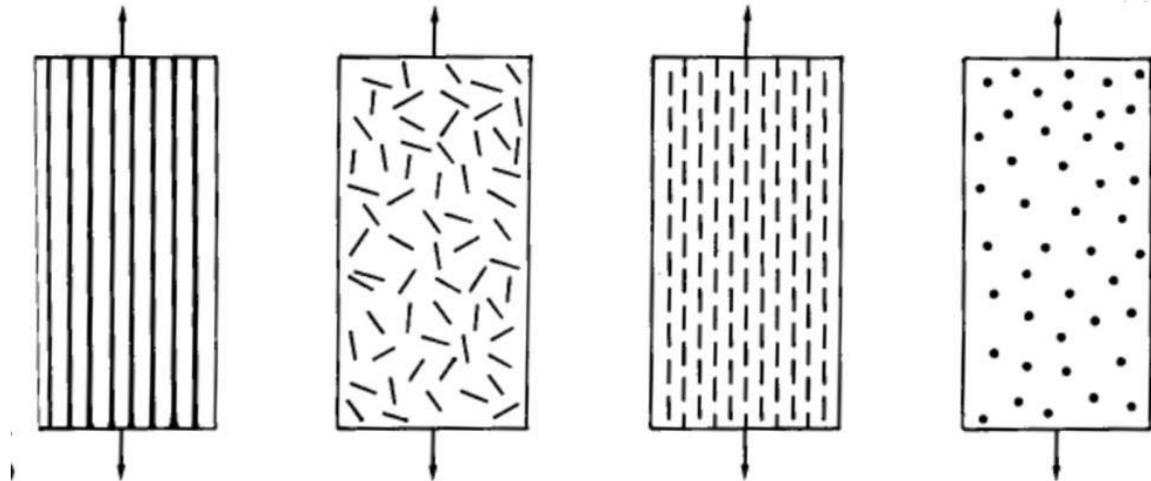
A. Orientación

Al azar

Preferente

Unidireccional

Bidireccional

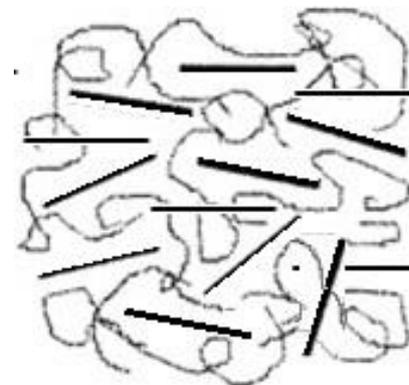
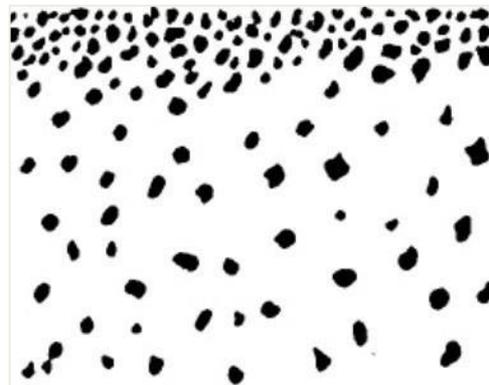


B. Distribución

Homogénea

Heterogénea

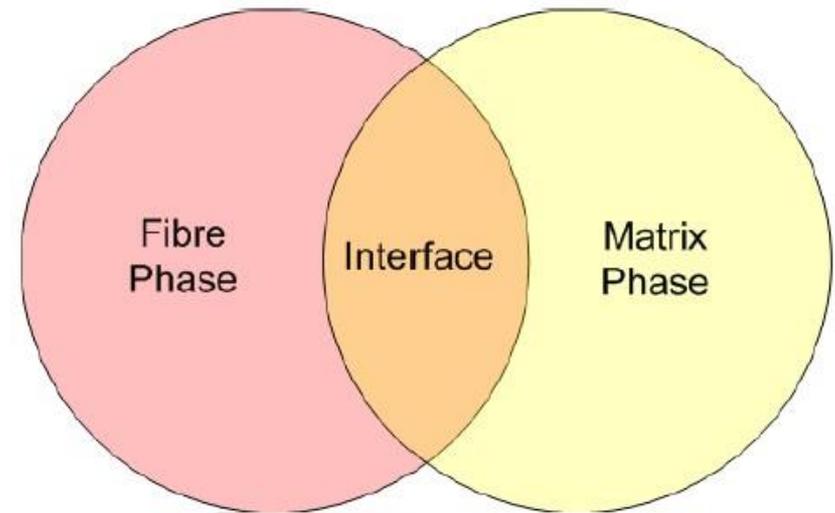
Graduada



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
matriz/ refuerzo**

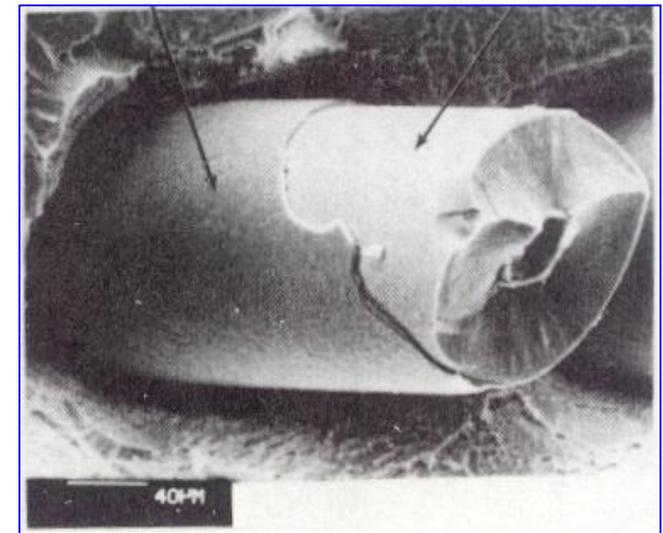
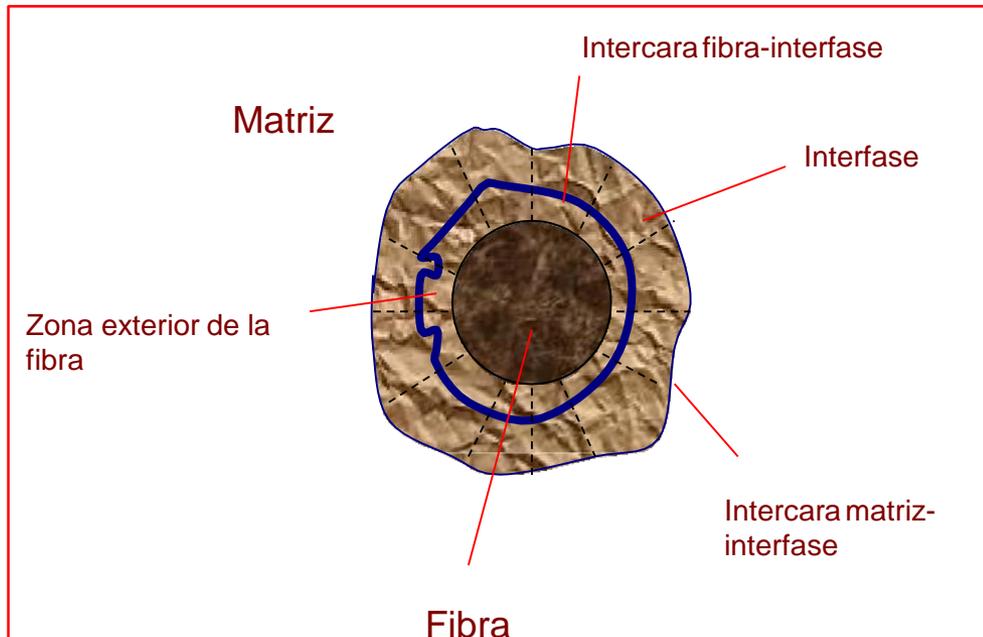
**Modificación
superficial**

Rugosidad

Recubrimientos

**Grupos
Químicos**

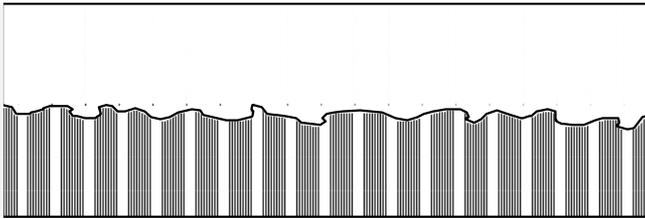
LA INTERCARA



De manera sencilla, la intercara está caracterizada por la adhesión entre refuerzo y matriz. La unión puede ser de naturaleza **mecánica, física o química**. La intercara se verá afectada por la mojabilidad cuando se cree en estado sólido/líquido. En interacciones sólido/sólido la intercara es más débil salvo si se inducen deformaciones (plásticas, termofluencia)

LA INTERCARA

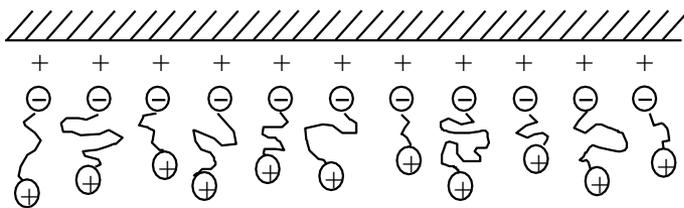
Unión mecánica



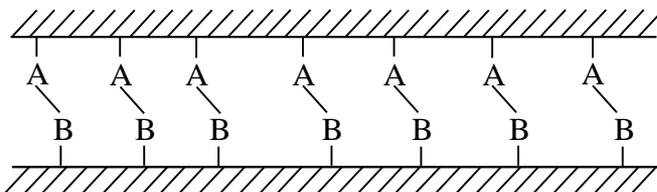
Resistencia mecánica mejorada (principalmente a cortante) debido al incremento en la superficie de contacto

Unión físico-química

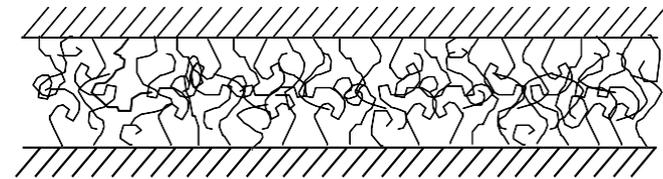
Atracción electrostática



Reacción Química



Interdifusión



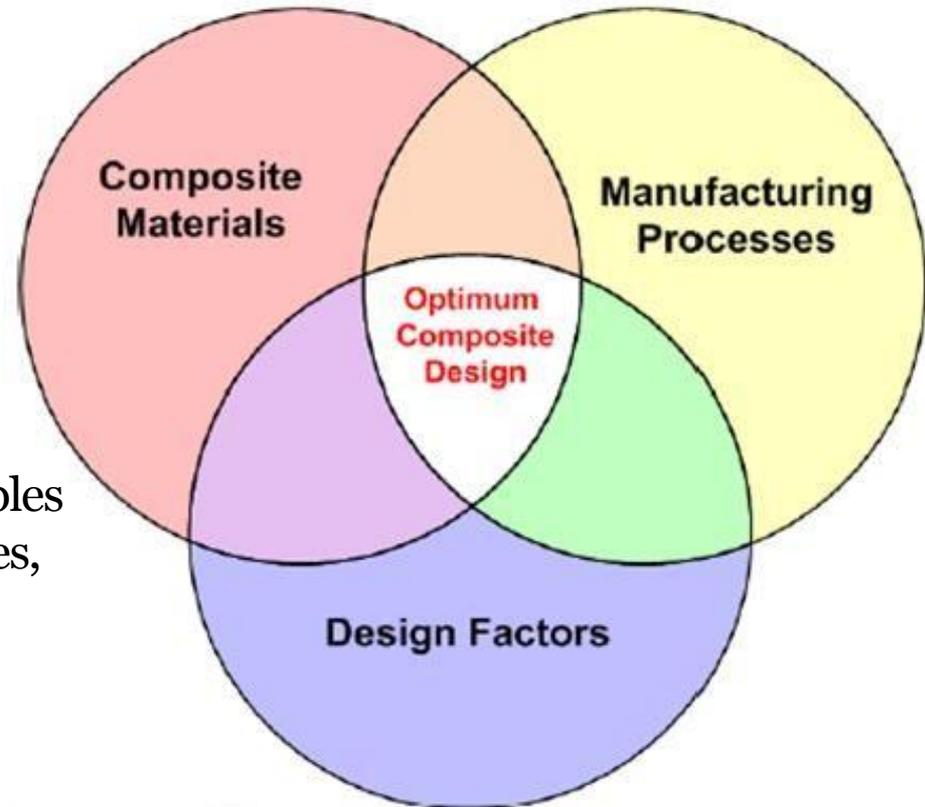
Los diferentes mecanismos se pueden favorecer o dificultar modificando la superficie del refuerzo durante la fabricación
→ Recubrimiento de partículas, ensimaje de fibras

COMPLEJIDAD DEL DISEÑO Y FABRICACIÓN

El diseño de materiales compuestos es fundamental

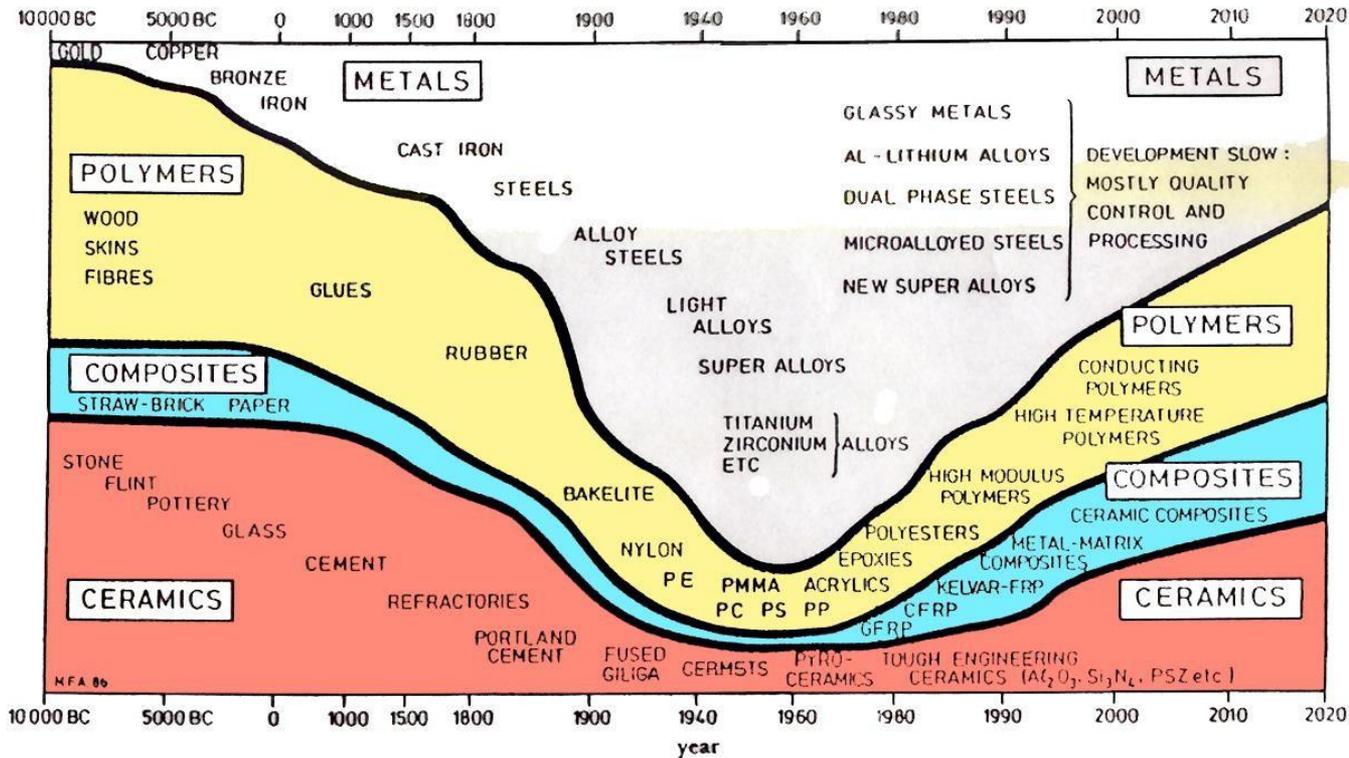
Numerosas posibilidades:

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



OPTIMIZACIÓN MEDIANTE HERRAMIENTAS DE DISEÑO

Empleo de Materiales Compuestos



INDUSTRIA DEPORTIVA

AEROSPAZIAL

AUTOMOCIÓN

NAVAL

OTRAS

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

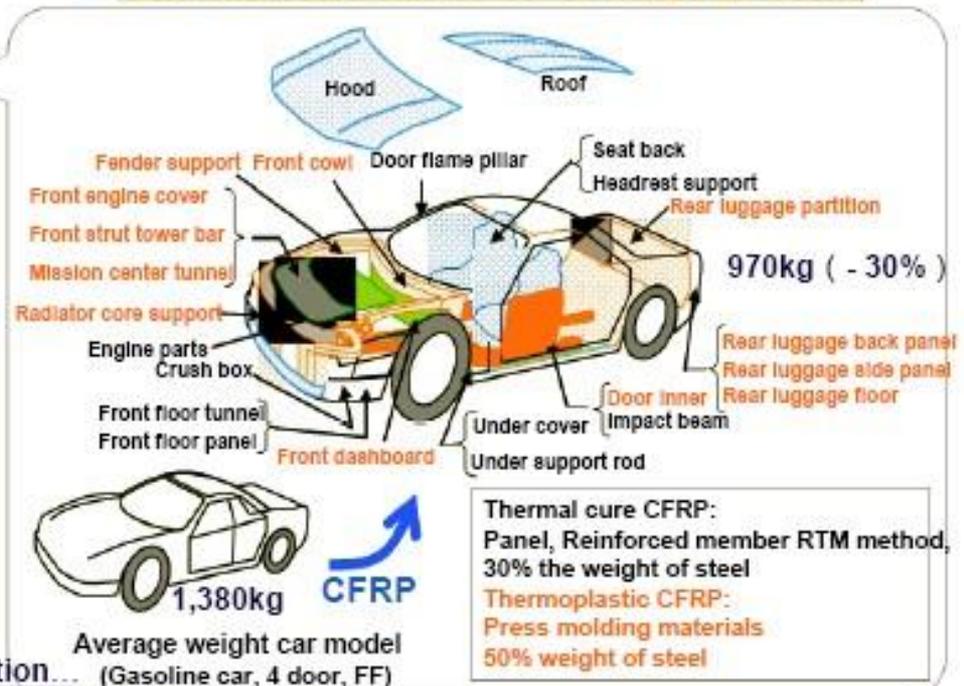
Better driving performance

Better vibration damping
Natural vibration UP

Safety improvement

Improvement of material fatigue

Potential reduction of 400kg by CFRP



■ Issues

- Total cost down
- Improvement of molding flexibility

■ Countermeasures

Integration and systematization of material

Combination with thermoplastic materials and joint technology, etc.

Solving issues, even as aiming for proposing new concepts by integration of CF characteristics (electromagnetic shielding, etc.) and those of other materials such as resin or IT-related materials.

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

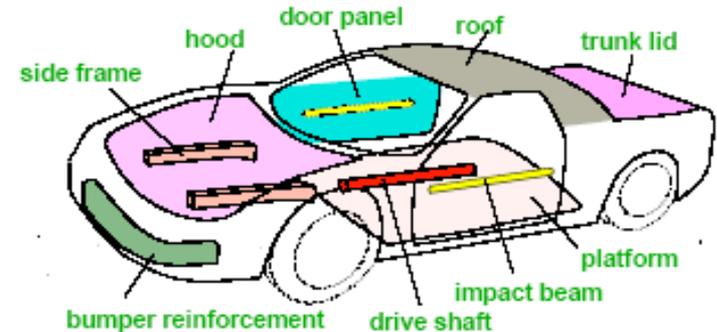
Weight saving project on main automobile manufacturer

	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

Carbon Hood



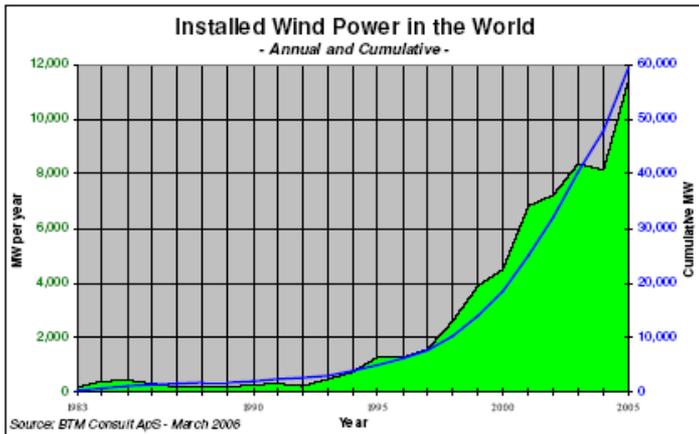
CFRP engine hood (Nissan Skyline GT-R)



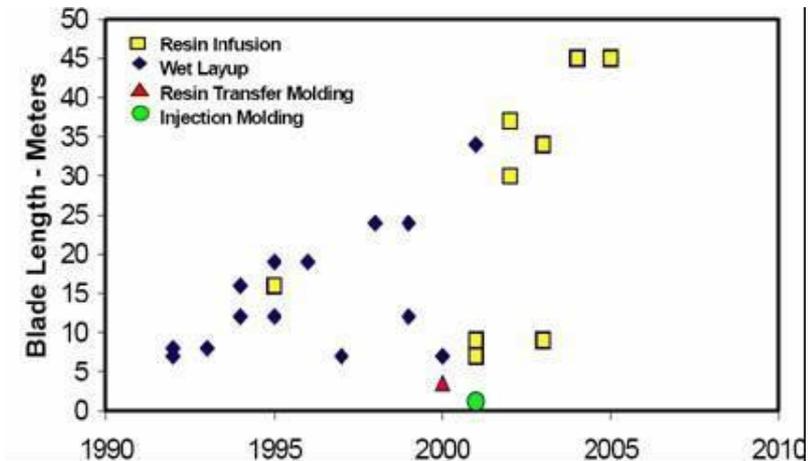
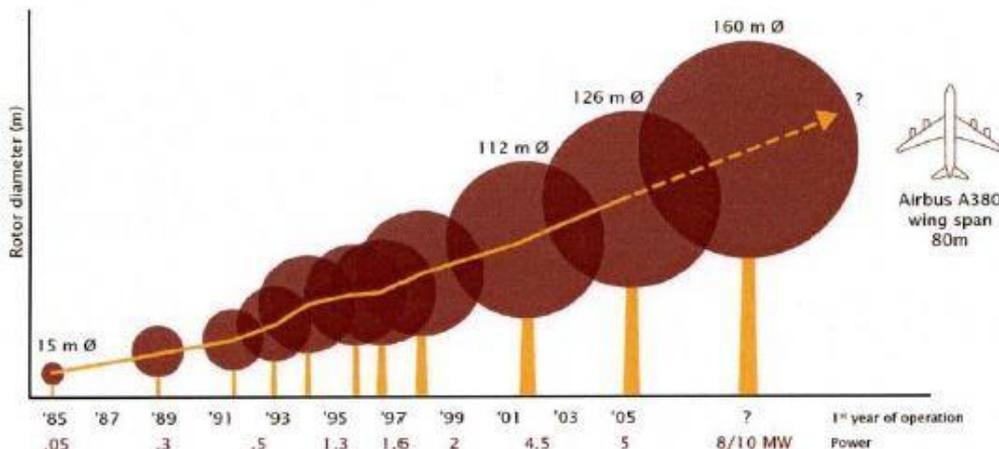
Introducción a los materiales compuestos

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

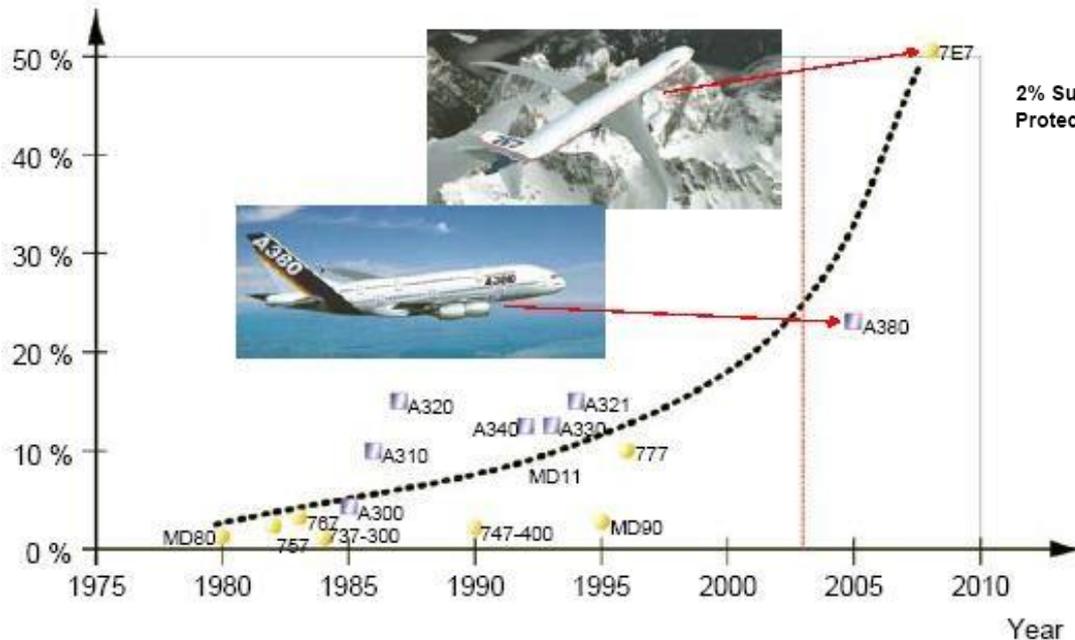


Introducción a los materiales compuestos

Empleo de Materiales Compuestos

SECTOR AERONÁUTICO

Share of Composite Components



Structure Material Breakdown
(Engine, Landing gear not included)

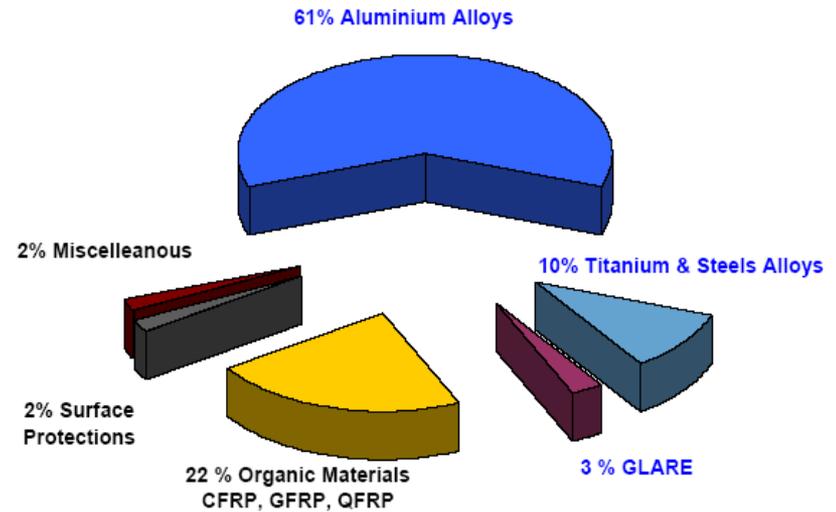


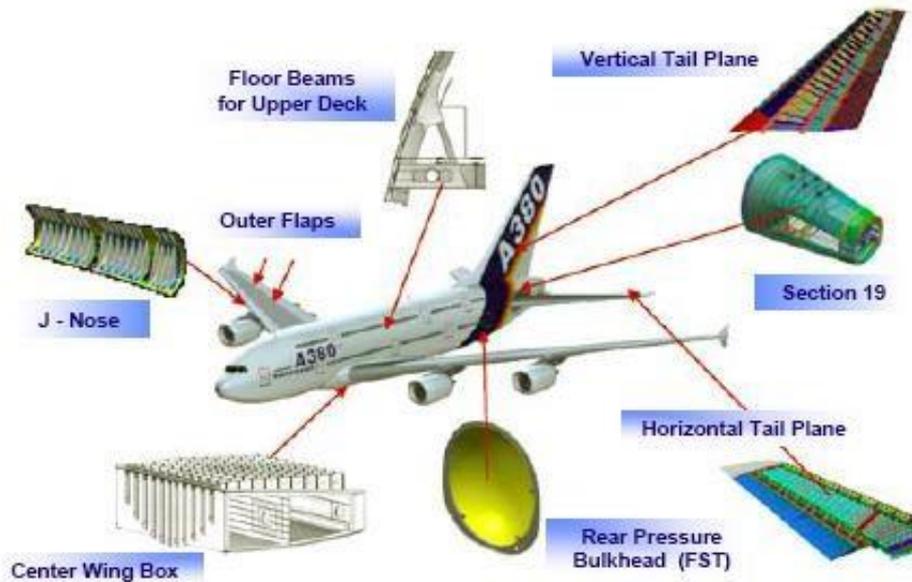
TABLE 4-1 NASA Flight-Service Components

Aircraft Model	Component	Material	Number of Parts	Entered Service
L-1011	Underwing fairing	Aramid/epoxy	18	1973
L-1011	Aileron	Carbon/epoxy	8	1982
DC-10	Upper aft rudder	Carbon/epoxy	15	1976
DC-10	Aft pylon skin	Boron/aluminum	3	1975
DC-10	Vertical stabilizer	Carbon/epoxy	1	1987
727	Elevator	Carbon/epoxy	10	1980
737	Spoiler	Carbon/epoxy	108	1973
737	Horizontal stabilizer	Carbon/epoxy	10	1984

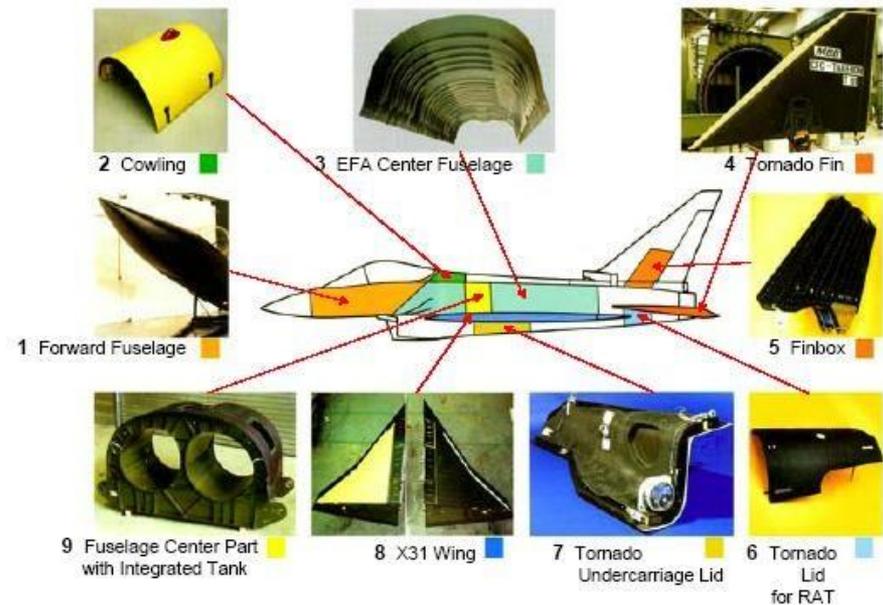
Empleo de Materiales Compuestos

SECTOR AERONÁUTICO

AVIACIÓN CIVIL



AVIACIÓN MILITAR



- Reducción en costes de operación
- Reducción de operaciones de mantenimiento

- Mayor capacidad de transporte
- Mayor capacidad de maniobra

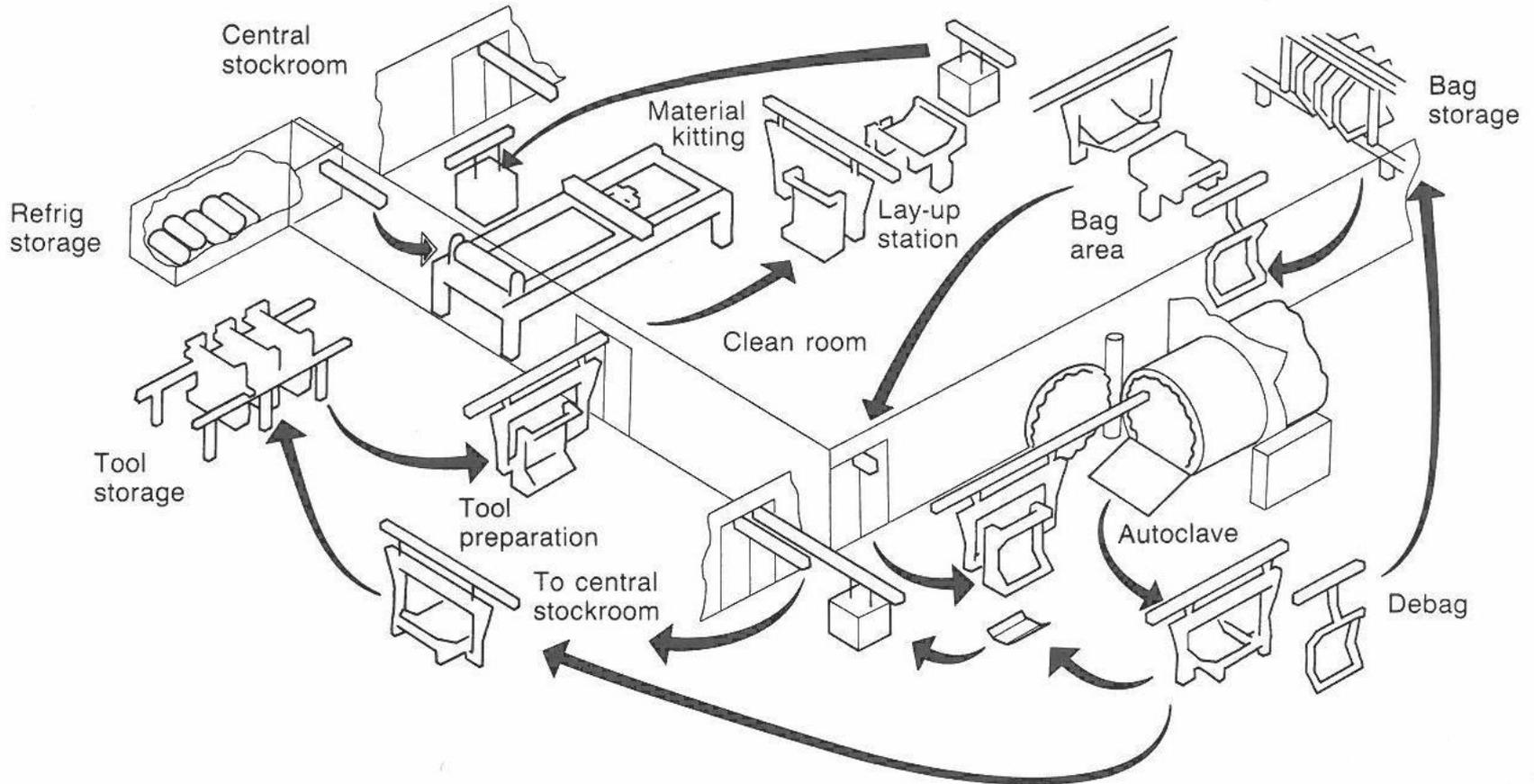
MATERIALES COMPUESTOS DE MATRIZ POLIMÉRICA CON REFUERZO CONTINUO (CFRP)

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:



MATERIALES COMPUESTOS DE MATRIZ POLIMÉRICA CON REFUERZO CONTINUO (CFRP)



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

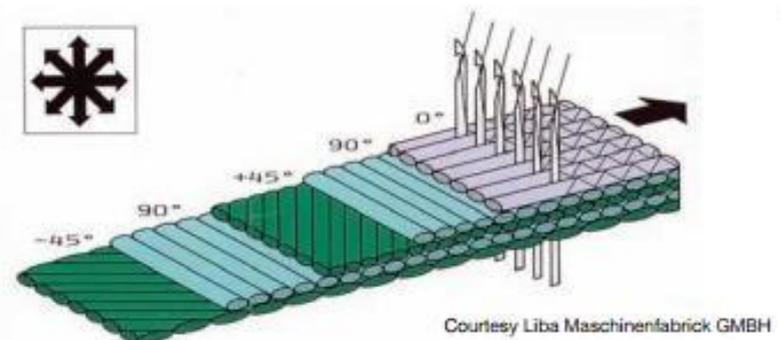
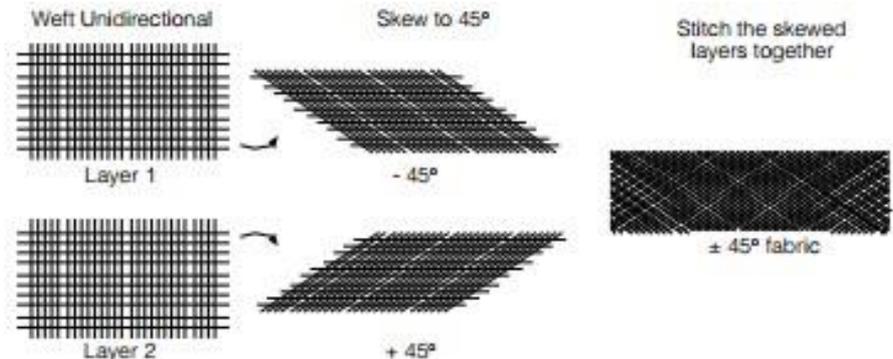
OTRAS
(p.e:sandwich)

LAMINADOS

3D COSIDAS

BASADOS EN TEJIDOS

HÍBRIDOS

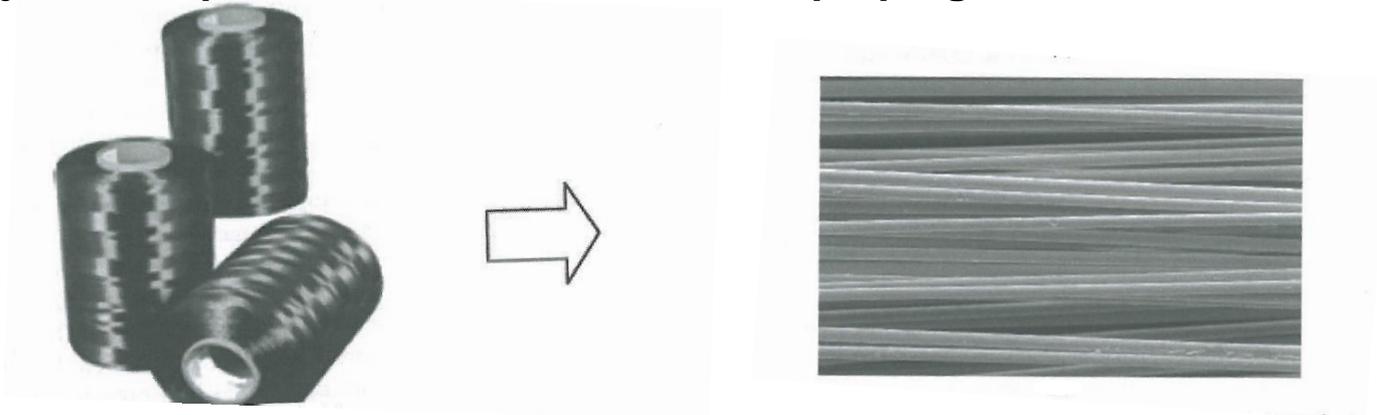


MATERIALES COMPUESTOS DE MATRIZ POLIMÉRICA CON REFUERZO CONTINUO (CFRP)

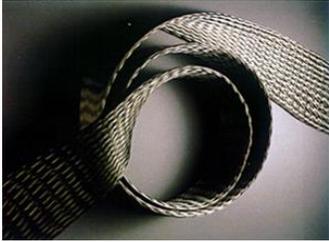
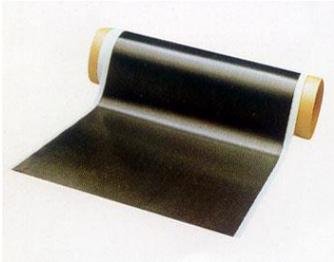
Las fibras son muy delgadas para poder manejarse con facilidad durante la fabricación de los materiales compuestos → Se agrupan formando mechas → 3k, 12k, 24k



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

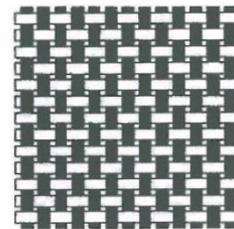


MATERIALES COMPUESTOS DE MATRIZ POLIMÉRICA CON REFUERZO CONTINUO (CFRP)

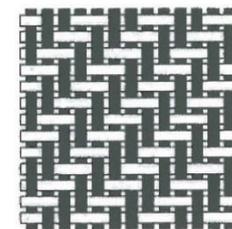
<p>FILAMENTO</p> 	<p>ESTOPA</p> 	<p>MECHA</p> 
<p>TEJIDO</p> 	<p>TRENZADO</p> 	<p>FIBRA CORTA</p> 
<p>FIBRA MOLIDA</p> 	<p>FIELTRO</p> 	<p>PREIMPREGNADO</p> 

MATERIALES COMPUESTOS DE MATRIZ POLIMÉRICA CON REFUERZO CONTINUO (CFRP)

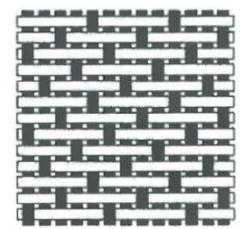
- Los tejidos más comunes son los tejidos 2D
- Presentan mechas tejidas en dos direcciones: Trama (dirección de tejido) and urdimbre (perpendicular a la trama)
- Weaving → Ondulación periódica de las fibras fuera del plano → Pérdida de rigidez y resistencia
- Aparte de las telas tejidas, existen telas 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 trabajo por hacer sobre ellas → Fibras en el espesor soportan las tensiones fuera del plano → Mejor tolerancia al daño que las convencionales



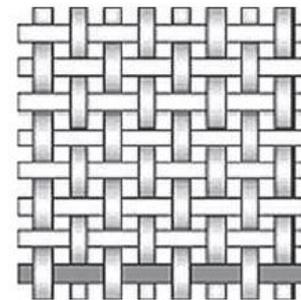
Plain weave –
1x1



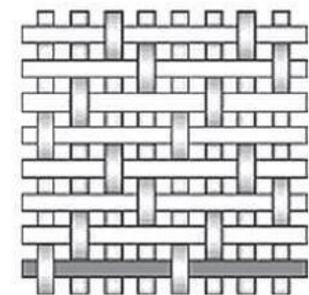
Twill – 2
x 2



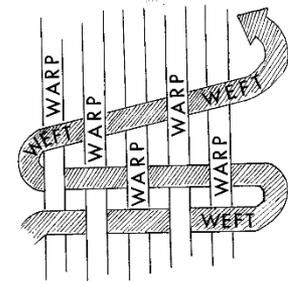
Satin 5 H



Plain Weave



Satin Weave



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

VÍA SECA

BOBINADO DE FILAMENTOS

MOLDE CERRADO

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

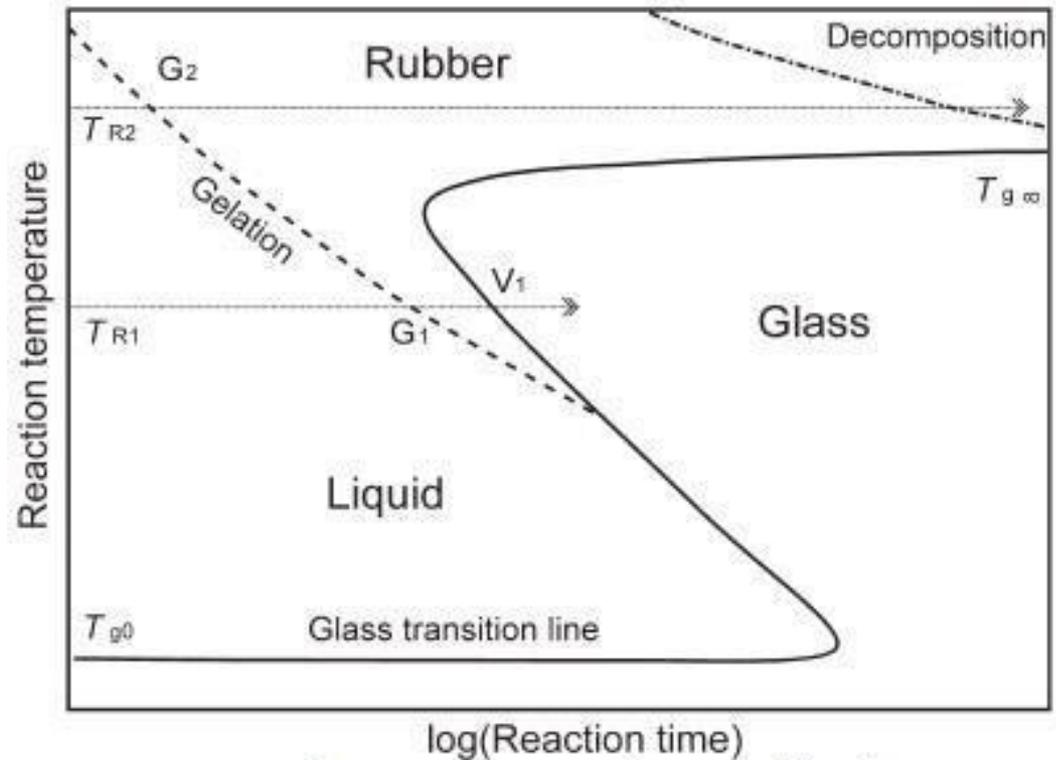
Recordatorio → Polimerización
Resinas termoestables

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

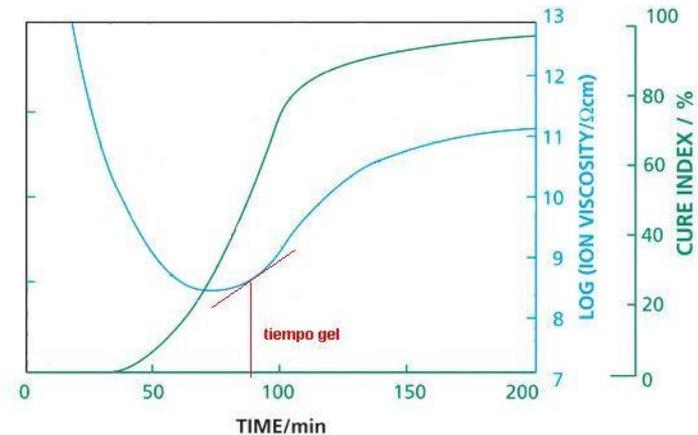
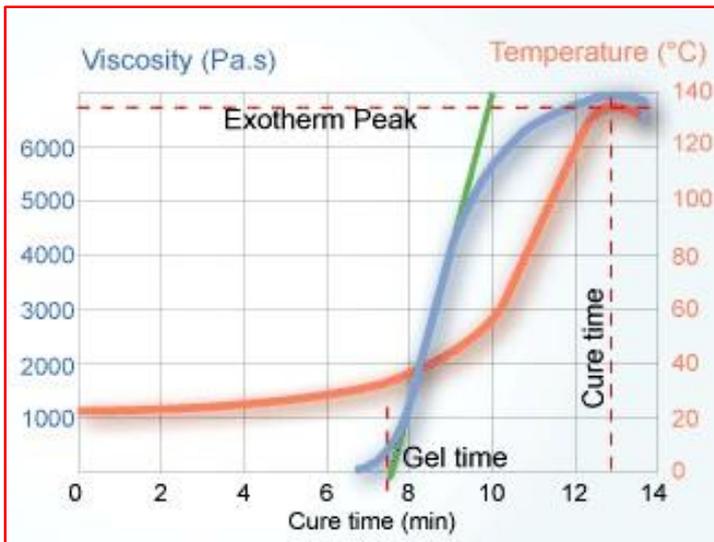
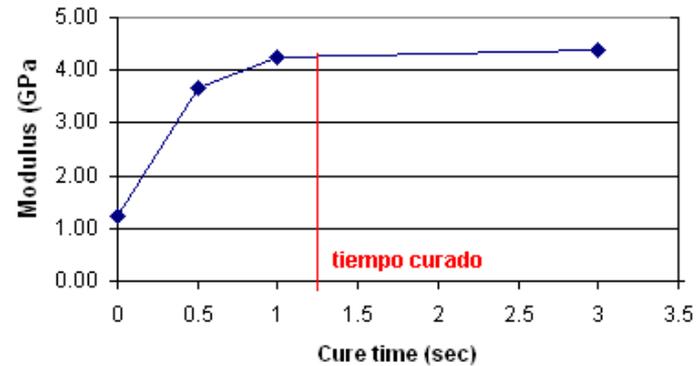
T_{g0} : Temperatura transición vítrea antes de curar

$T_{g\infty}$: Temperatura transición vítrea máxima



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

Recordatorio → Polimerización Resinas termoestables



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

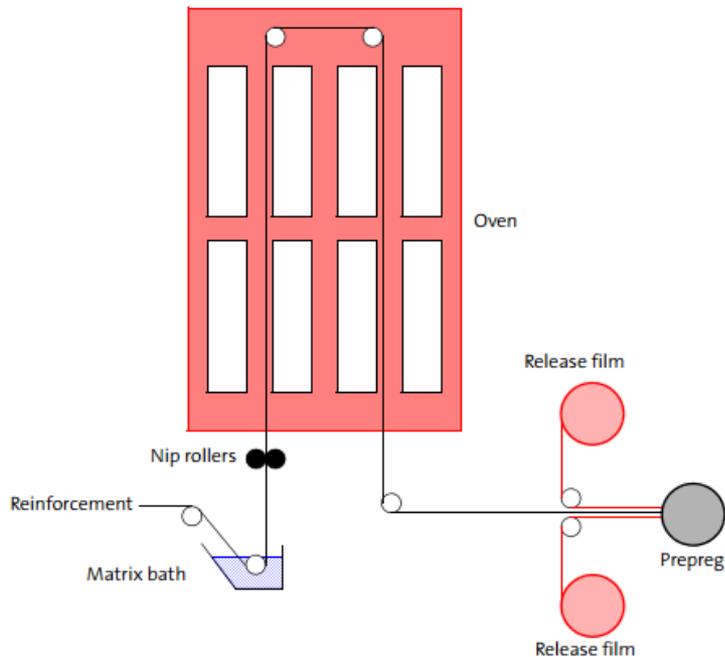
TIEMPO DE GELIFICACIÓN



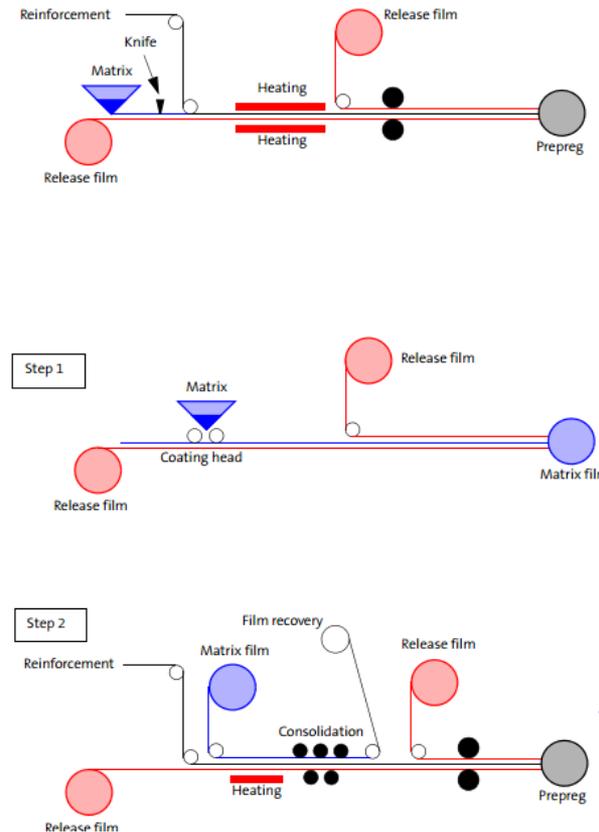
MATERIALES COMPUESTOS DE MATRIZ POLIMÉRICA CON REFUERZO CONTINUO (CFRP) – VÍA SECA (Prepregs)

Fabricación del prepreg

Solution Dip Method



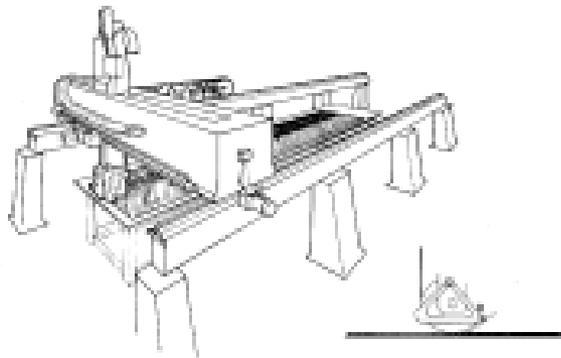
Hot-Melt Techniques



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

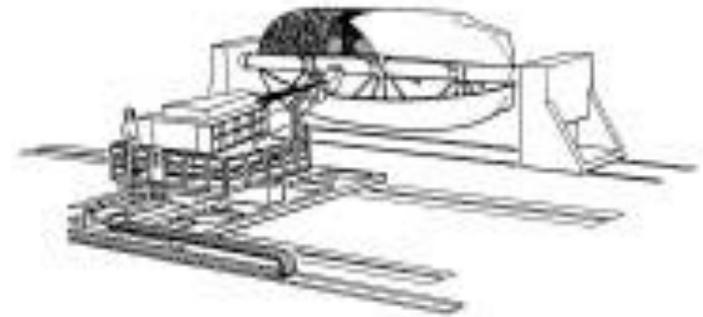
Posicionamiento del refuerzo

Posicionamiento manual (*Hand Lay-Up*)



Posicionamiento automático de cintas - ATL

Posicionamiento de fibras (FP)



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

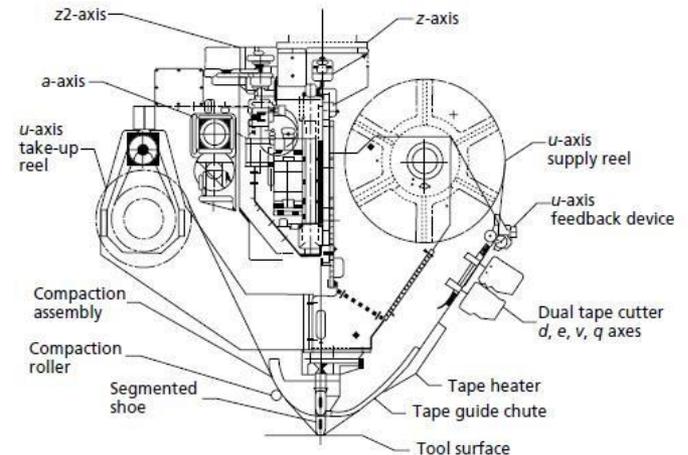
ATL

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 (cuchillas de corte y giro en varios ejes)

Compactación simultánea de las capas



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

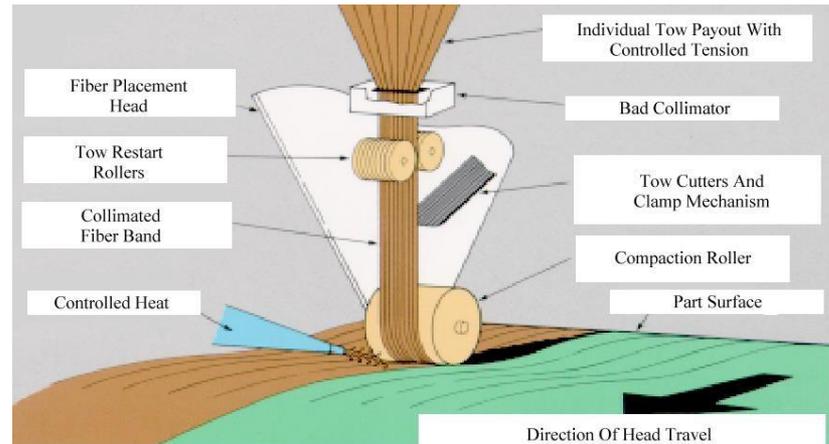
FP

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 fuerza aplicada es normal a la superficie

Es importante mantener tensionadas las mechas



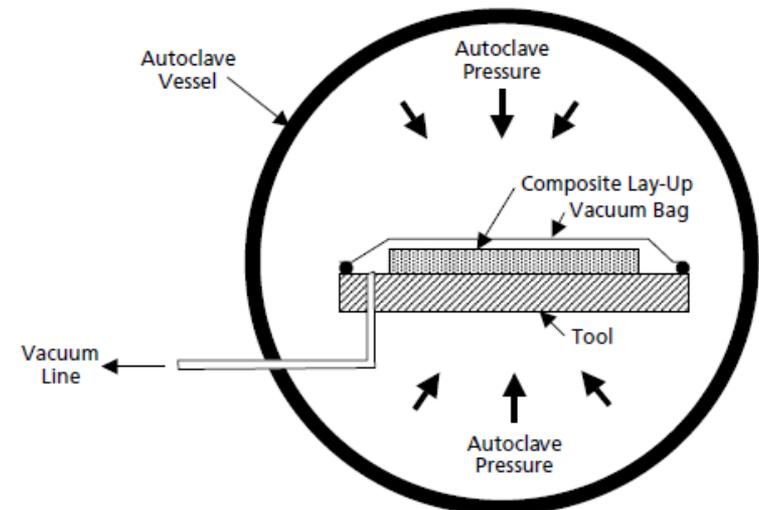
MATERIALES COMPUESTOS DE MATRIZ POLIMÉRICA CON REFUERZO CONTINUO (CFRP) – VÍA SECA (Prepregs)

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

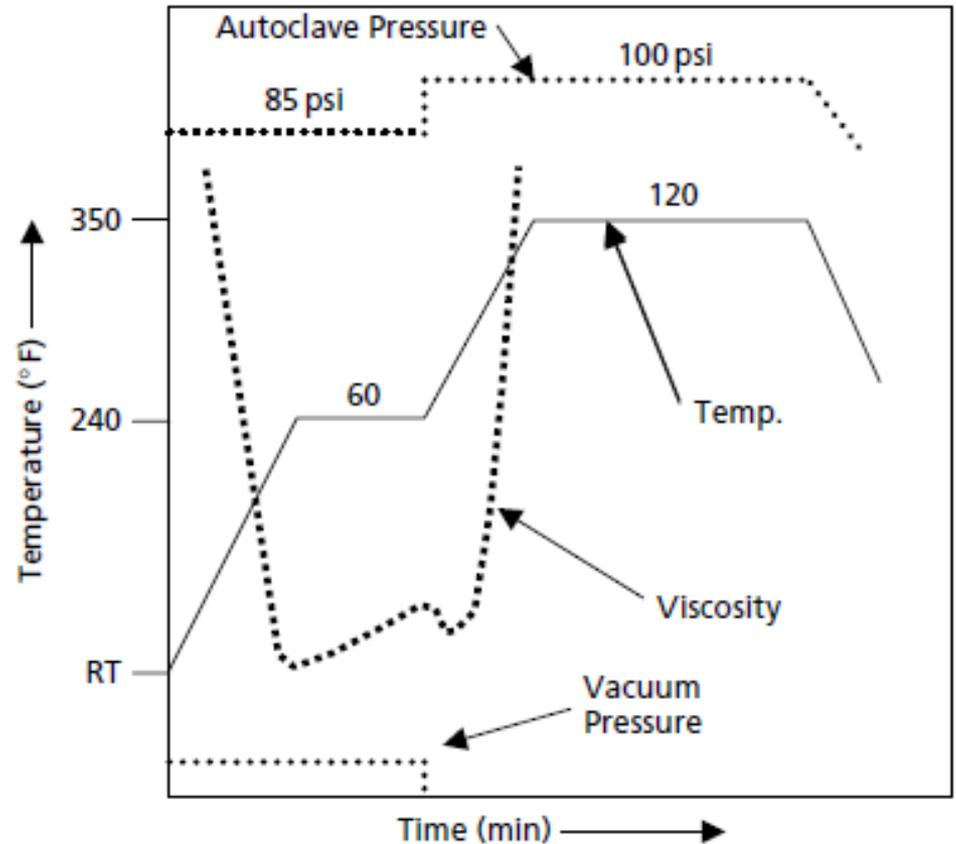
Este proceso da lugar a materiales con elevados contenidos de fibra (60 – 65 % en volumen) y de alta calidad



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 en la viscosidad de la resina



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

Horno conveccional

Precio muy competitivo

Sólo se puede aplicar vacío → Porosidad



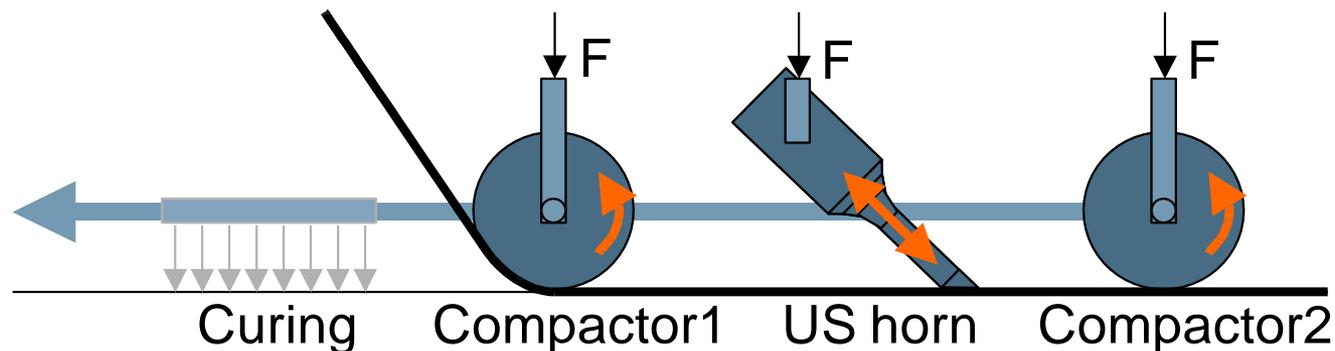
MATERIALES COMPUESTOS DE MATRIZ POLIMÉRICA CON REFUERZO CONTINUO (CFRP) – VÍA SECA (Prepregs)

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



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

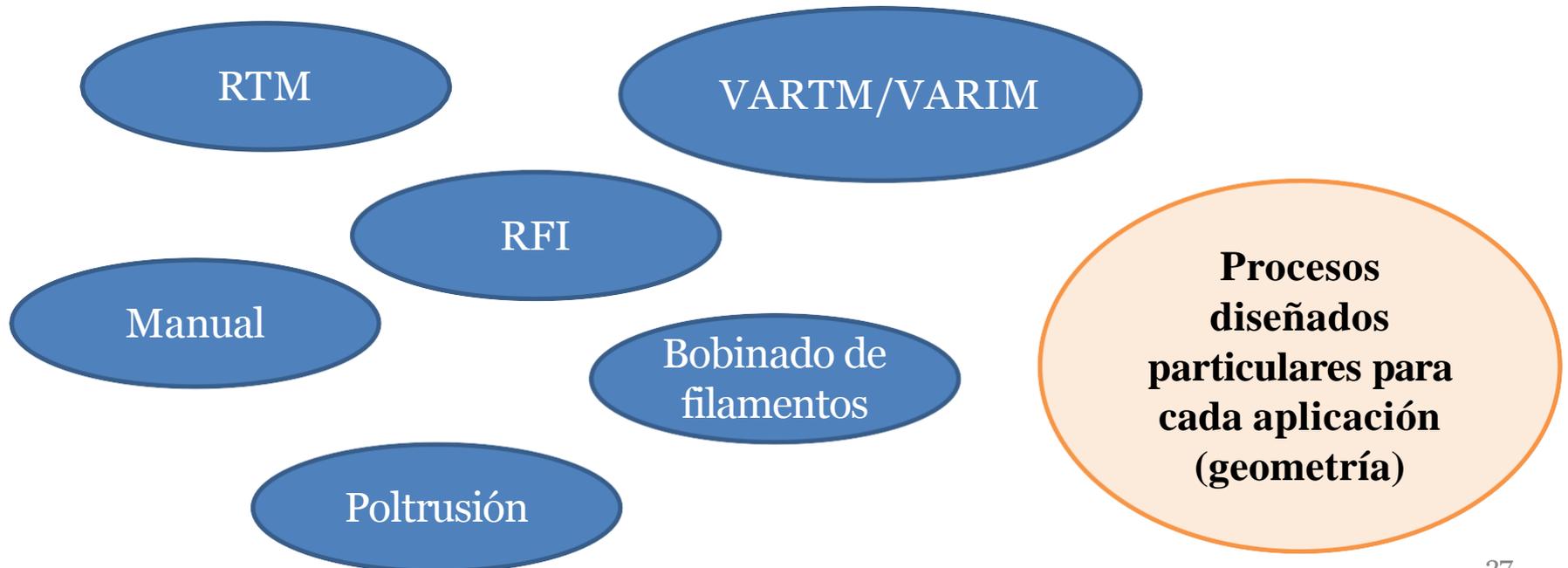
AUTOMATIZACIÓN DE PROCESOS MUY DESARROLADA

COSTES MÁS ELEVADOS DE ALMACENAMIENTO Y 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

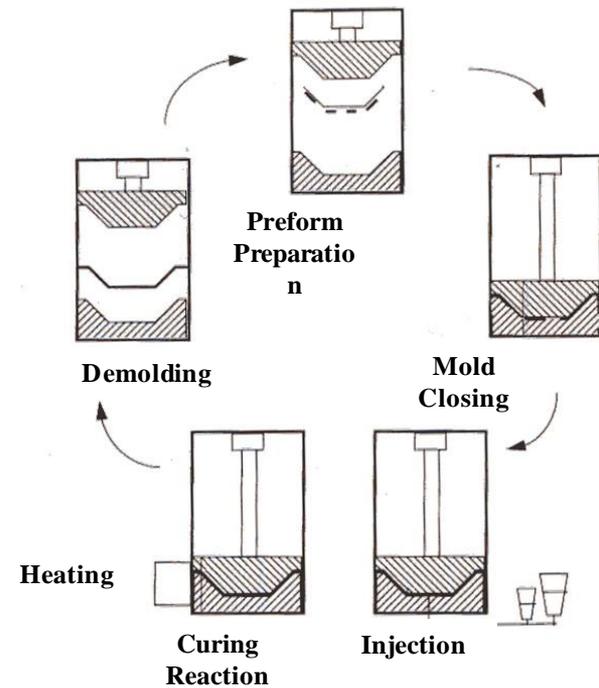
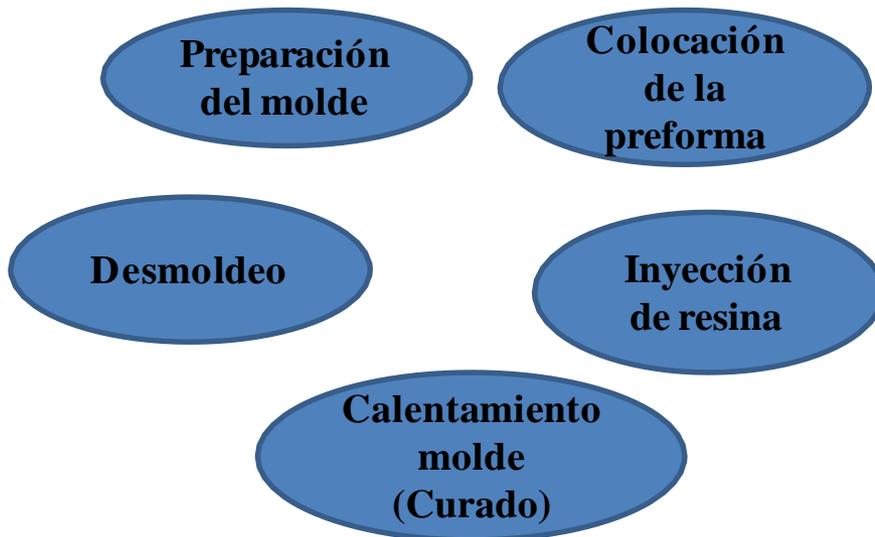
Existe trabajo en la actualidad en el diseño y mejora de estos procesos → ¿Motivación?



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*



**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**

DISEÑO DEL PROCESO: Punto de inyección, parámetros de la inyección

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

PARÁMETROS IMPORTANTES:

PERMEABILIDAD

DIFERENCIAL DE PRESIONES

VISCOSIDAD

Temperatura

Grado de Curado

Tamaño Porosidad

Presión Compactación

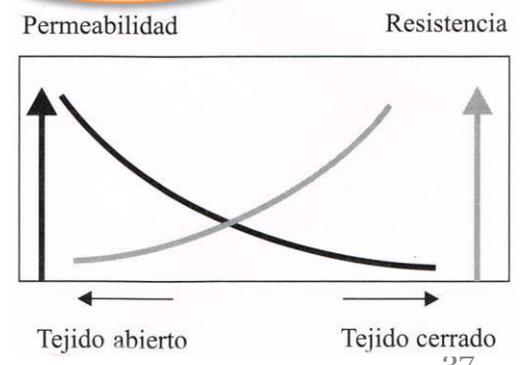
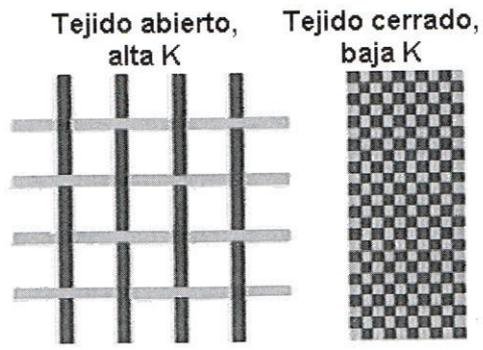
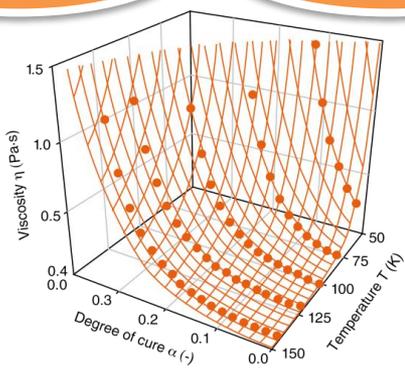
Tortuosidad Canales

Fracción Volumétrica

Longitud de los Canales

Espesor y secuencia apilamiento

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



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

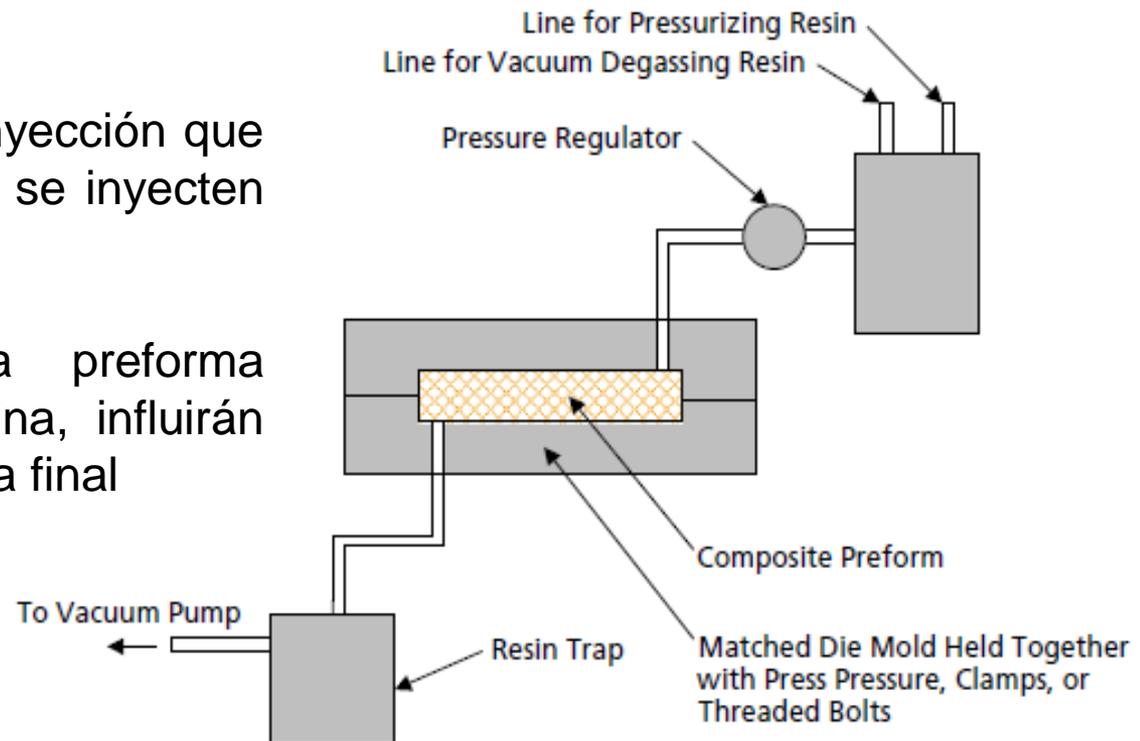
ETAPA DE INYECCIÓN

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 configuraciones diferentes

Se puede aplicar vacío previamente 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

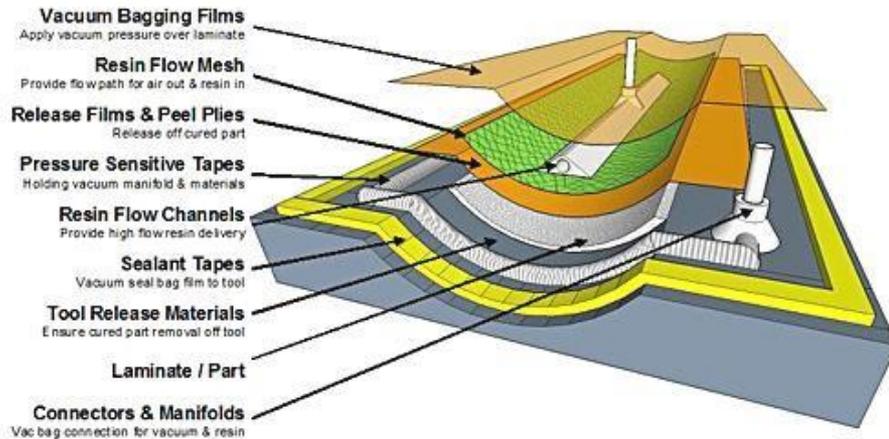
El empleo de vacío en lugar de presión, puede reducir la eficacia en el impregnado

Requiere el empleo de múltiples elementos auxiliares



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

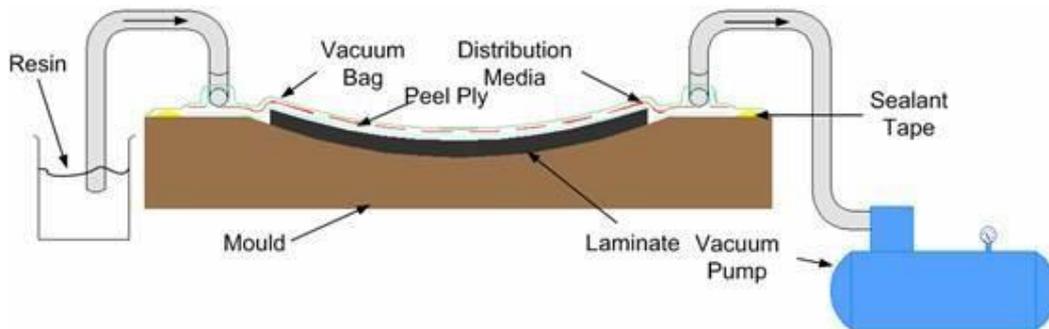
VARIM/VARTM



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

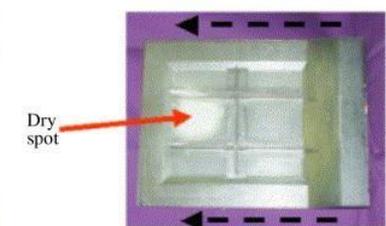
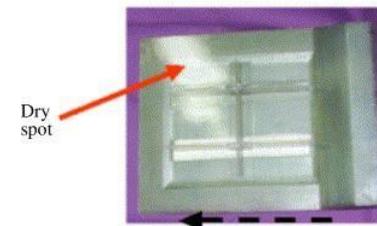
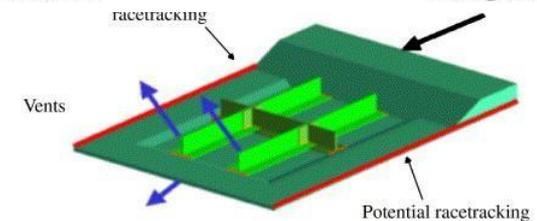
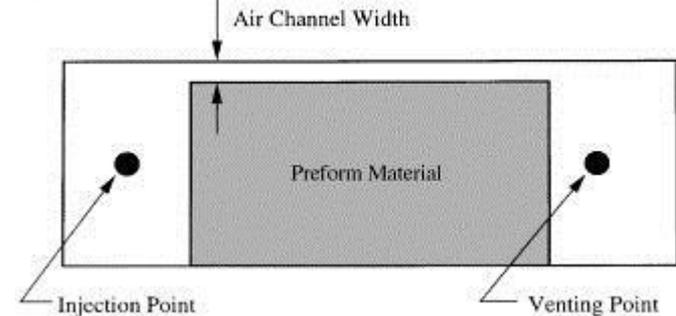
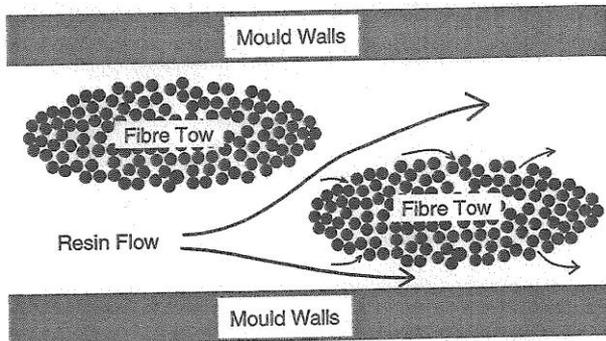
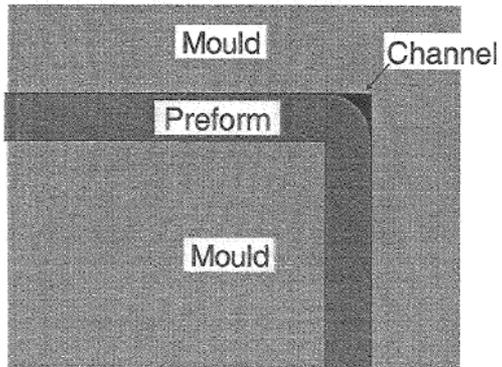
Requiere una serie de pasos: colocación de la preforma, preparación del molde inferior, impregnado y curado

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



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

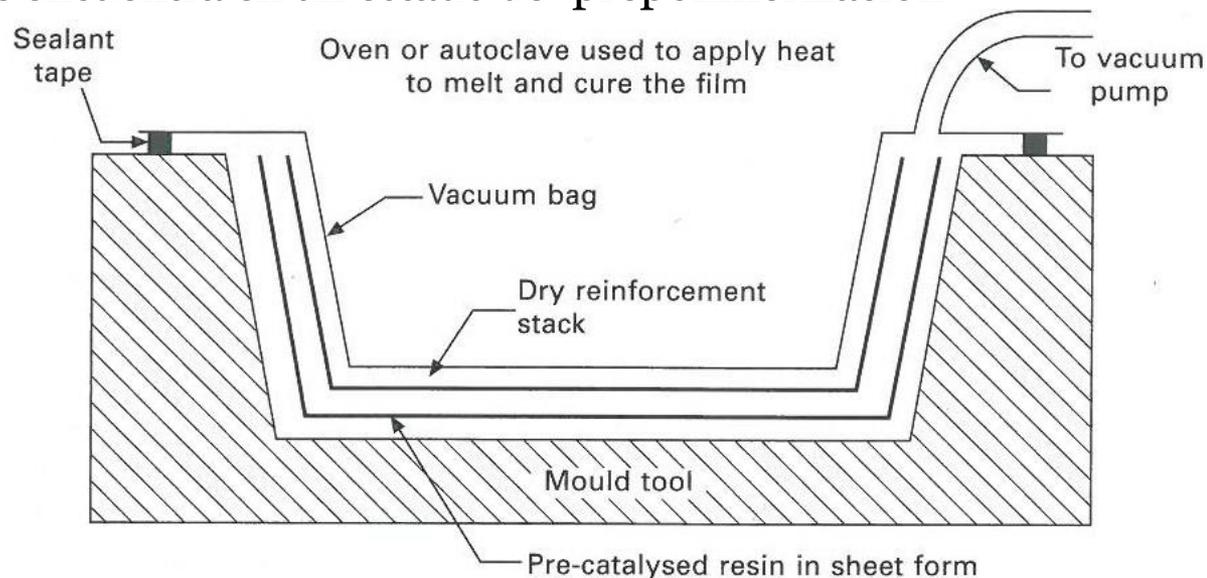
Consideraciones de las tecnologías de fabricación por vía húmeda



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



MATERIALES COMPUESTOS DE MATRIZ POLIMÉRICA CON REFUERZO CONTINUO (CFRP)

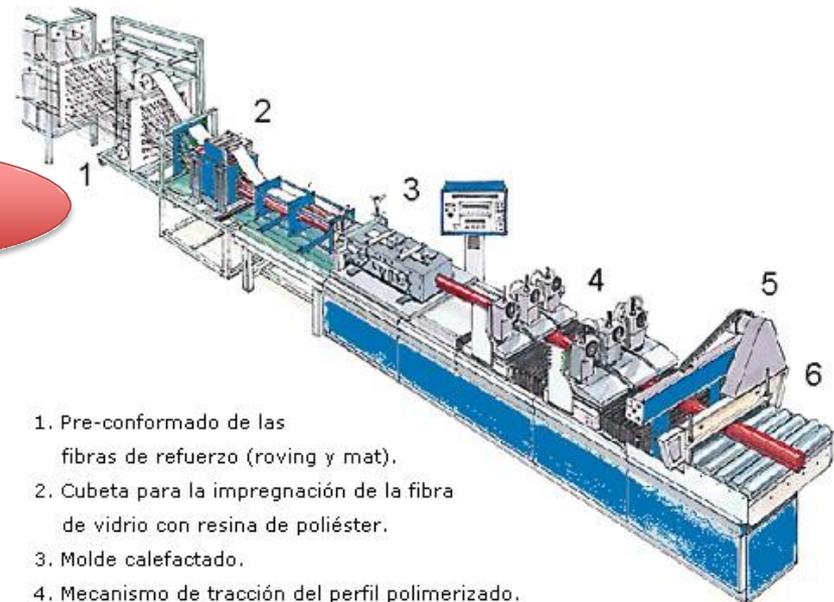
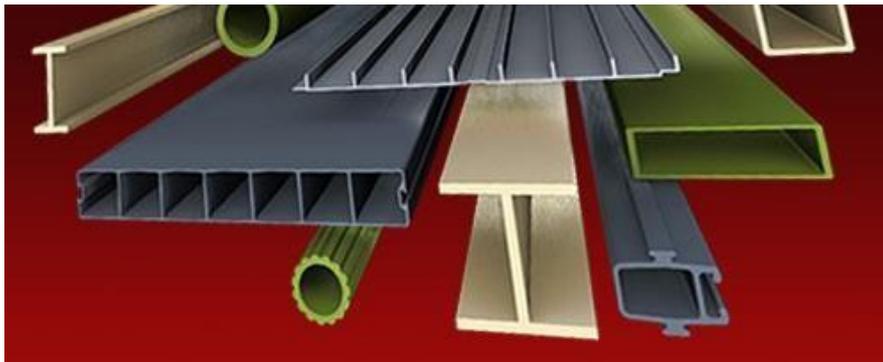
Pultrusión

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



1. Pre-conformado de las fibras de refuerzo (roving y mat).
2. Cubeta para la impregnación de la fibra de vidrio con resina de poliéster.
3. Molde calefactado.
4. Mecanismo de tracción del perfil polimerizado.
5. Grupo de corte y pulido.
6. Control de calidad, identificación y embalaje.

MATERIALES COMPUESTOS DE MATRIZ POLIMÉRICA CON
REFUERZO CONTINUO (CFRP)

Pultrusión



MATERIALES COMPUESTOS DE MATRIZ POLIMÉRICA CON REFUERZO CONTINUO (CFRP)

Pultrusión

Velocidad de curado

Viscosidad de la resina

Poliésteres

Epoxi

Se emplean diferentes formas/productos como refuerzo (mechas, tejidos) de diferente naturaleza

Alta velocidad de producción

Piezas de gran longitud y pared delgada posible

Coste relativamente bajo comparado con otros procesos

Sección constante

Propiedades mecánicas afectadas por ciclos de curado y fracción de resina

Problemas de fricción en el molde, obturación de la entrada/salida

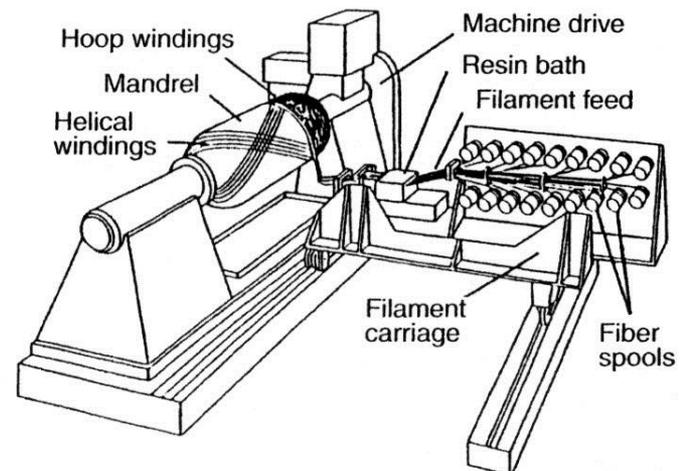
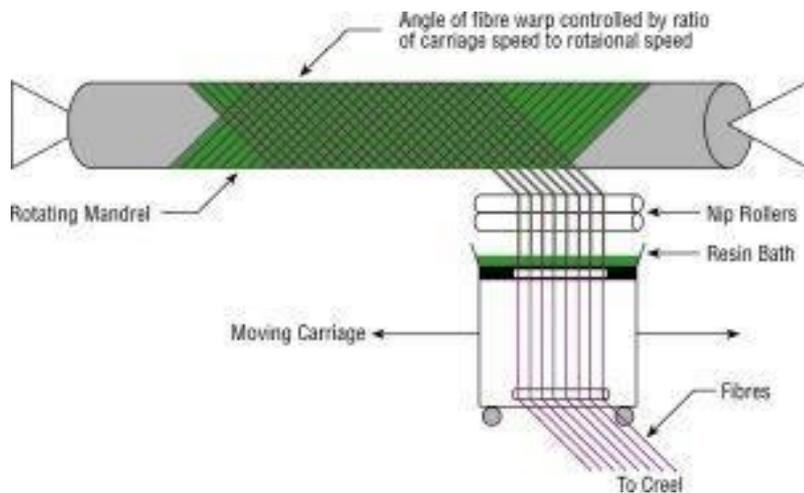
MATERIALES COMPUESTOS DE MATRIZ POLIMÉRICA CON REFUERZO CONTINUO (CFRP)

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



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 puede complicar/encarecer el proceso

Geometría limitada

Control estricto de la viscosidad y tiempo

Calidad superficial media

Control de parámetros adicionales (tensión del filamento, etc.)⁴⁷

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

Selección del proceso de fabricación

