



CONFERENCIA



Fabricación con Materiales Compuestos en la Industria Aeronáutica



Ciclo de Conferencias del Departamento de
Ingeniería Civil, de Materiales y Fabricación
UNIVERSIDAD DE MÁLAGA





ÍNDICE



- Introducción a los Materiales Compuestos
- Usos en la Industria Aeronáutica
- Procesos de fabricación
- Ejemplos LFYOP



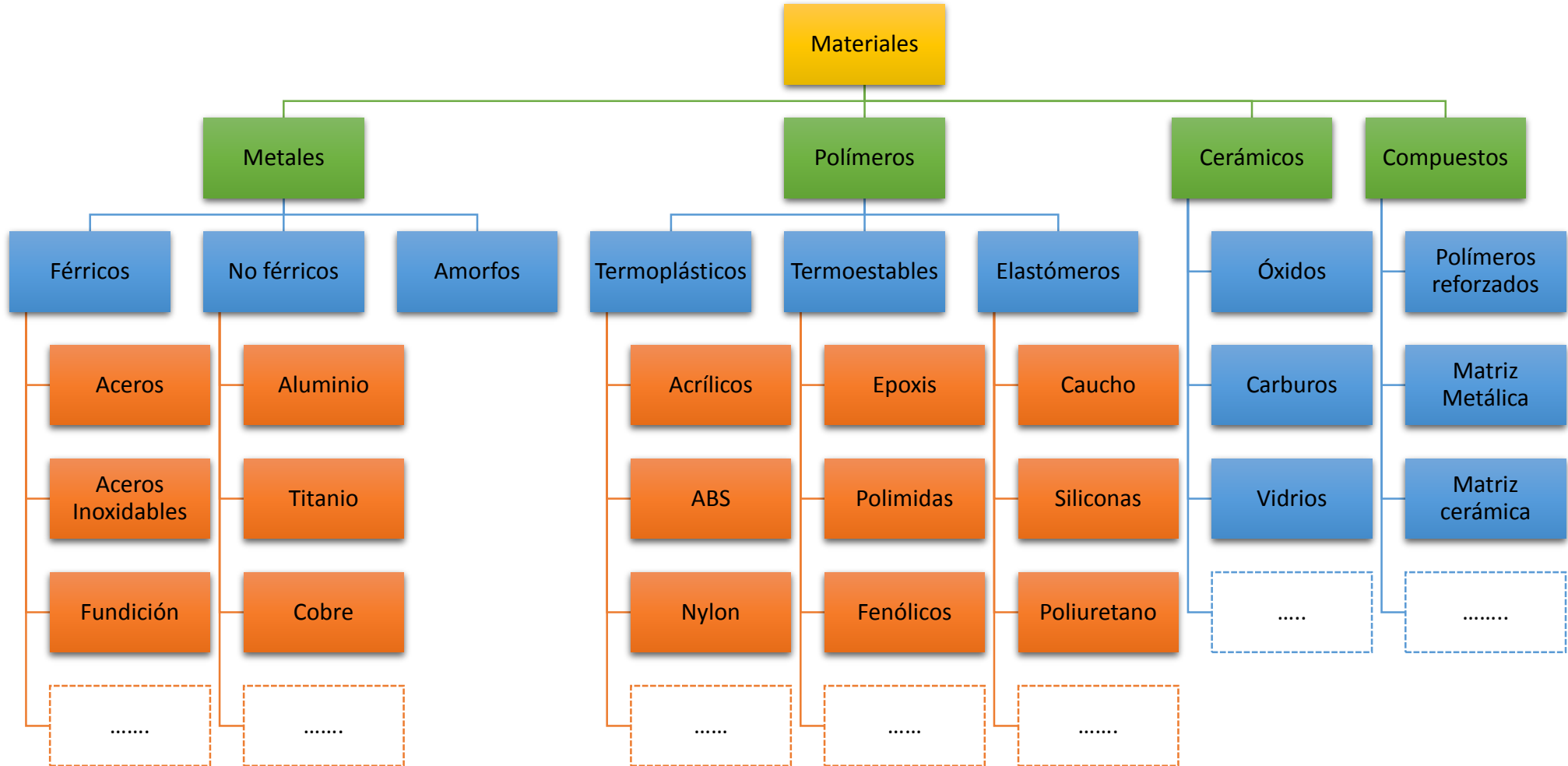


INTRODUCCIÓN A LOS MATERIALES COMPUESTOS





MATERIALES EN INGENIERÍA





MATERIAL COMPUESTO



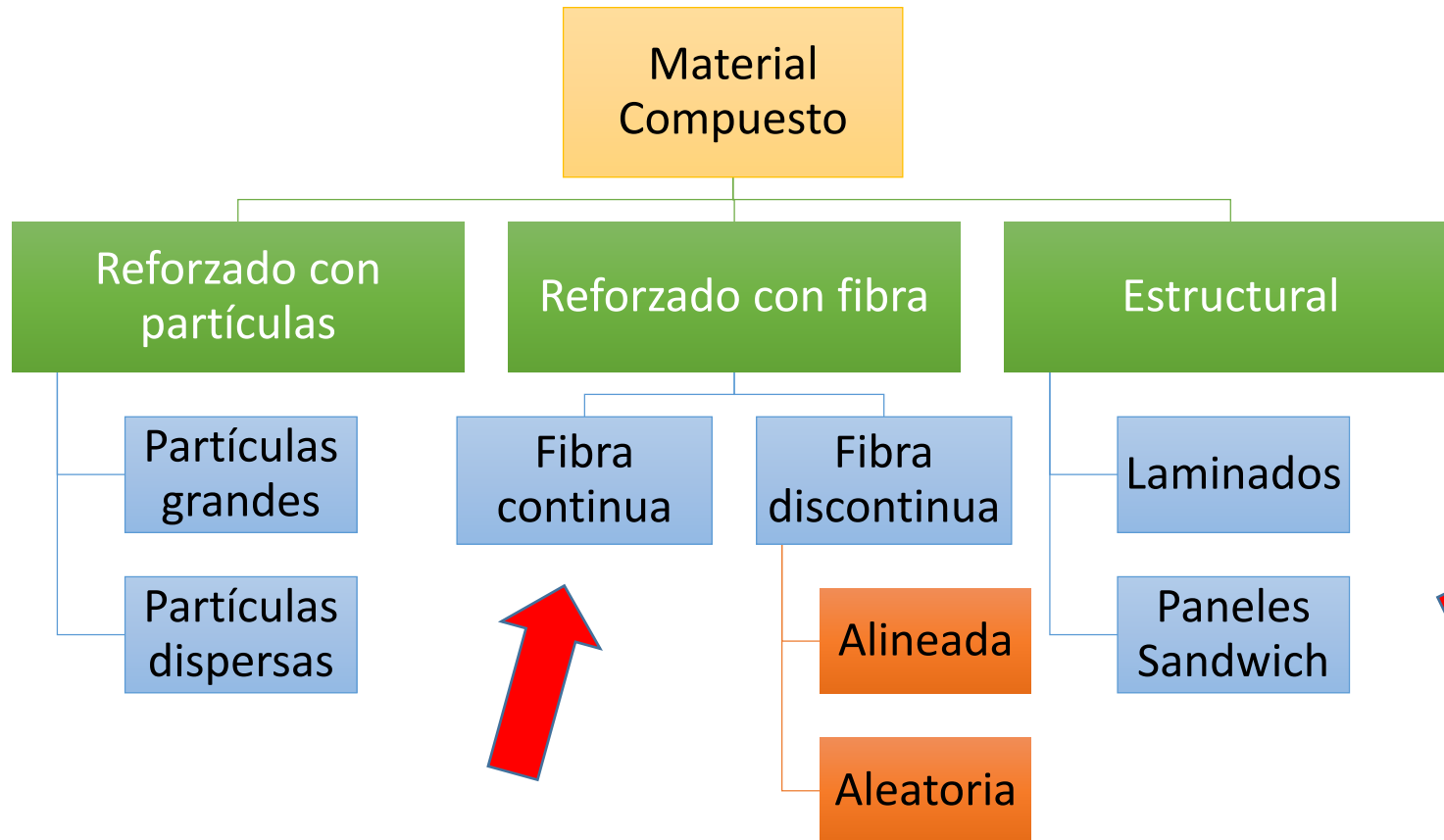
- **DEFINICIÓN**

- Está formado por **2 o más** componentes **distinguibles** físicamente y **separables** mecánicamente.
- Presenta varias fases químicamente distintas, completamente **insolubles** entre sí y separadas por una interfase.

- Sus propiedades mecánicas son superiores a la simple suma de las propiedades de sus componentes



CLASIFICACIÓN





MATRICES/FIBRAS



Matriz orgánica

Termoestables

Termoplásticos

Fibras:

Vidrio (GFRP)
Carbono (CFRP)
Aramida (AFRP)
Boro
Polietileno
Naturales

Matriz cerámica/vítrea
(CMC/GMC/CCC)

C, SiC, Vidrio

Fibras: C, SiC, Al₂O₃, Mo, W....

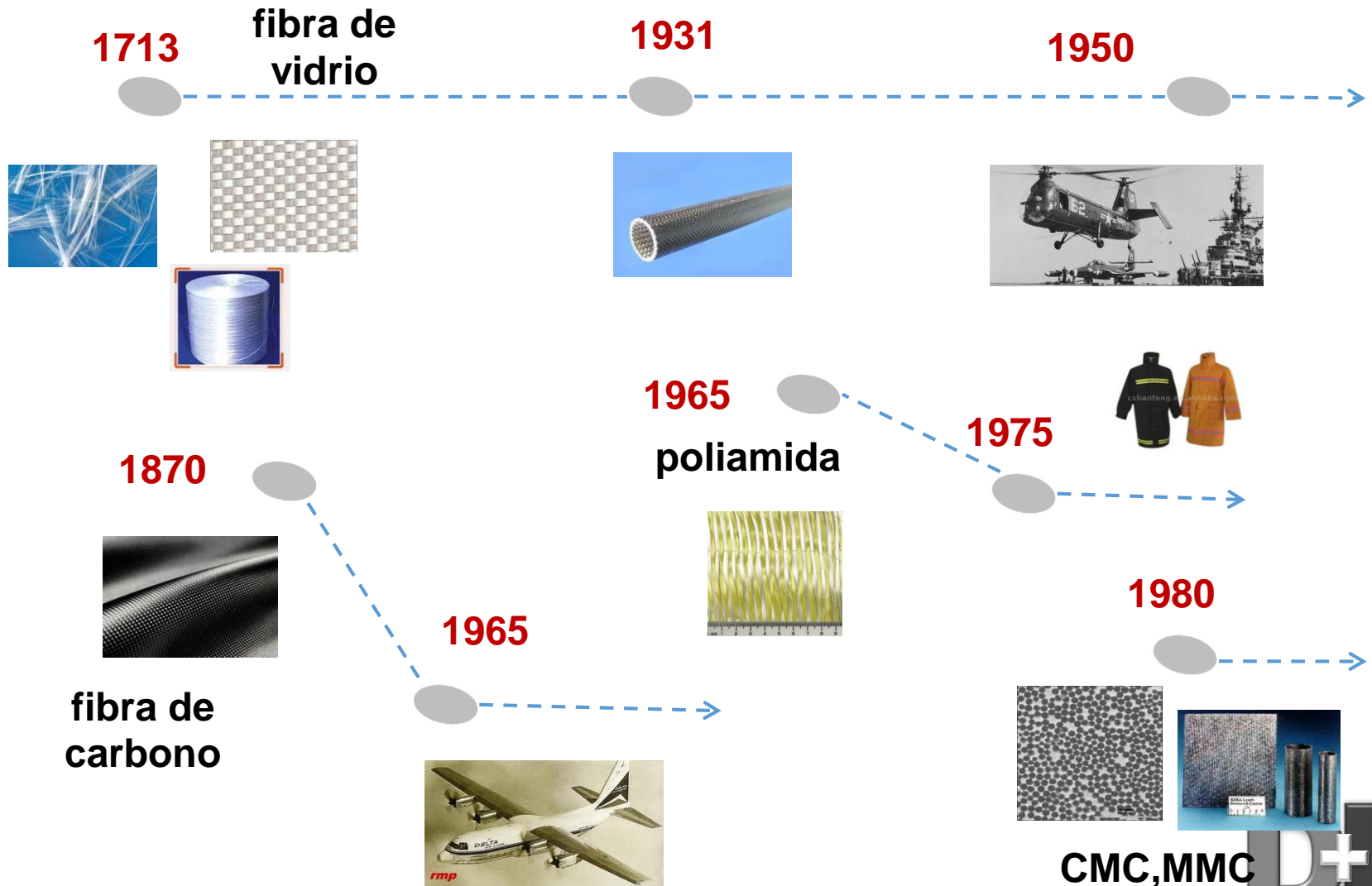
Matriz metálica
(MMC)

Al, Ti, Cu

Fibras: C, B, SiC, Al₂O₃, W....

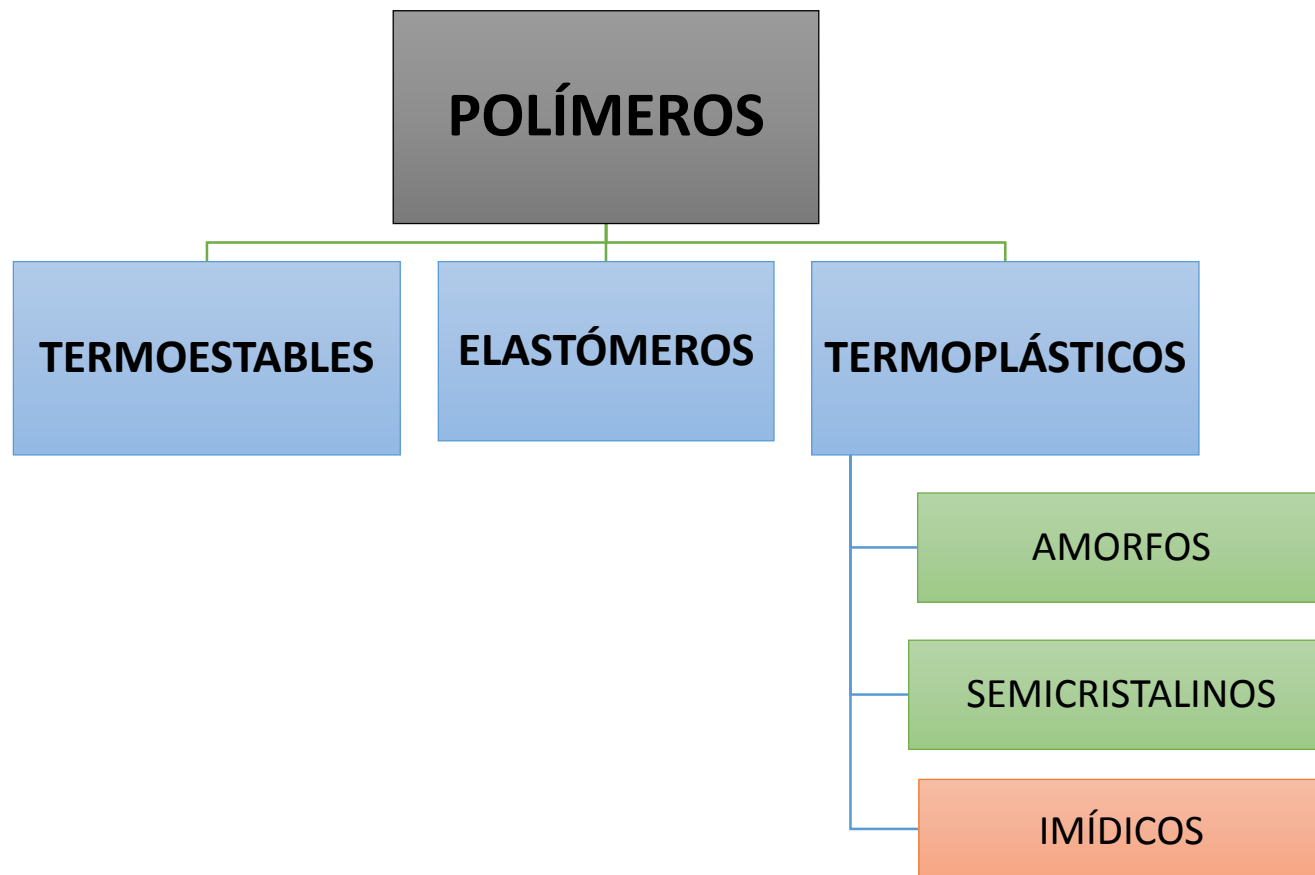


FIBRAS





MATRICES POLIMÉRICAS





TERMOESTABLES



CARACTERÍSTICAS

- Mantienen forma
- Ciclo de curado
- No se funden ni se disuelven.
- Red tridimensional espacial, con fuertes enlaces covalentes.
- Molécula “única”

MATERIALES

- **Baquelita**, resina tipo fenol-formaldehído (industria electrónica)
- **Duroplast**
- **Urea-Formaldehído** (imitaciones de madera)
- **Melamina** (tableros para trabajo)
- **Poliésteres insaturados**, reforzados con fibra de vidrio
- **Resinas epoxi**, (adhesivo y en plásticos reforzados).
- **Poliuretanos**
- **Siliconas**



ELASTÓMEROS



CARACTERÍSTICAS

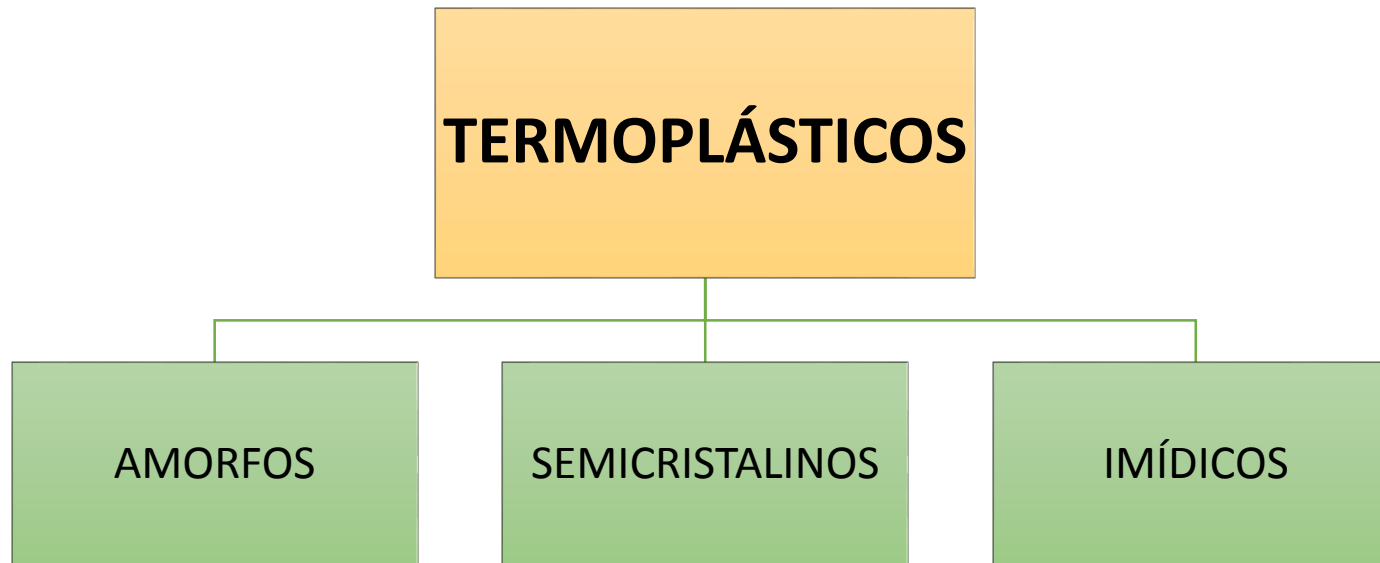
- Normalmente son termoestables
- Grandes elongaciones
- Recuperación de su forma original sin tensión residual
- Procesable como un material fundido a temperaturas elevadas.
- Ausencia de fluencia significativa

MATERIALES

- Caucho natural (NR)
- Poliisopreno (IR, forma artificial del caucho natural)
- Polibutadieno
- Neopreno (CR)
- Caucho etileno-propileno (EPM)
- Caucho acrílico (ACM)
- Polietileno clorado (CM)
- "Pebax", copolímero de poliamida y poliéster
- Elastómeros de poliuretano (AU y EU)



TERMOPLÁSTICOS





TERMOPLÁSTICOS



AMORFOS

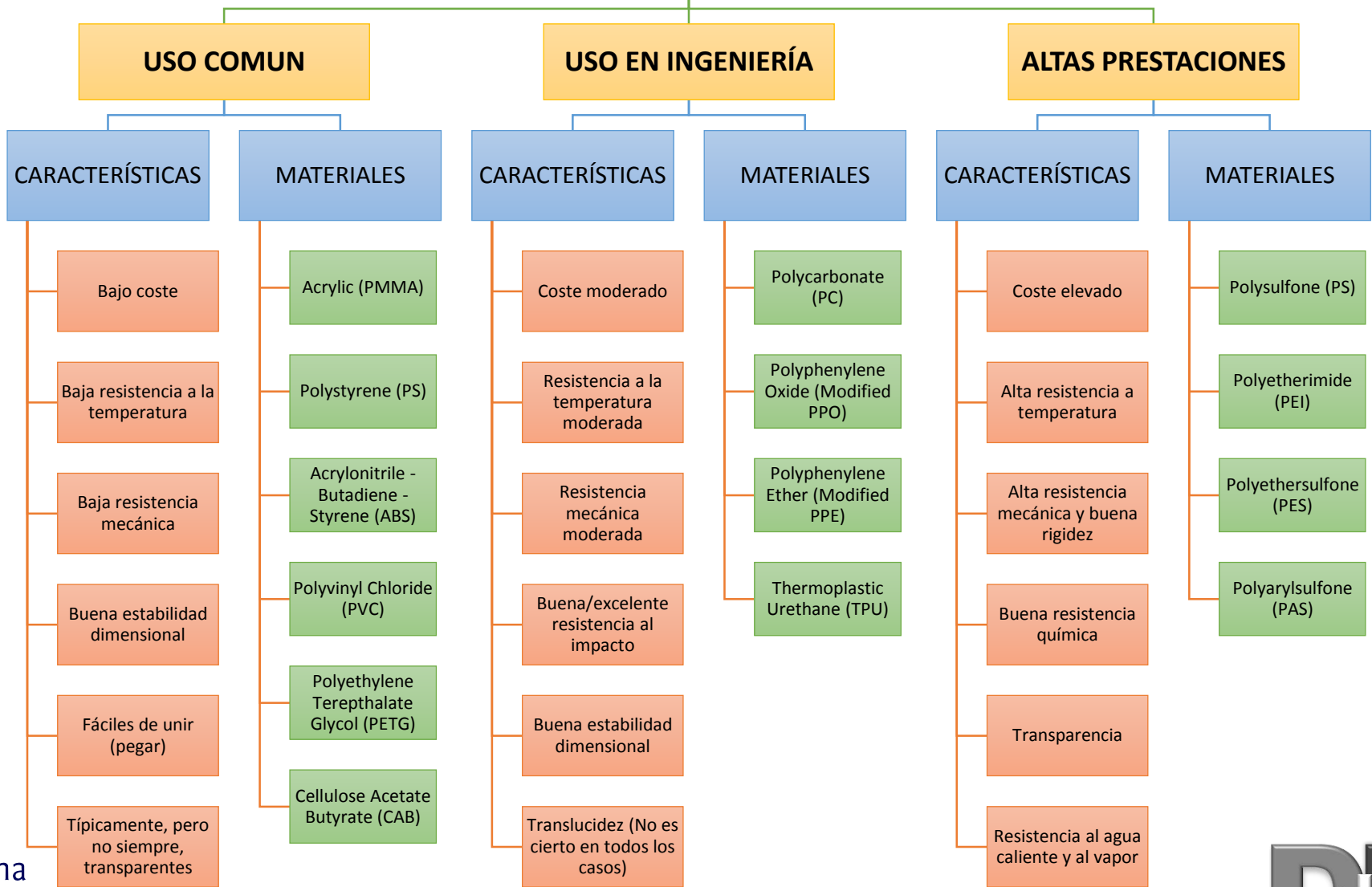
- Reblandecimiento en un amplio rango de temperaturas
- Fácil de termoconformar
- Tienden a ser transparentes
- Fácil unión mediante adhesivos y disolventes
- Propensos a agrietamiento por tensión (Stress Cracking)
- Escasa resistencia a la fatiga
- No válidos en aplicaciones estructurales
- No aptos para carga ni desgaste

SEMI-CRISTALINOS

- Punto de fusión elevado
- Difícil de termoconformar
- Tienden a ser opacos
- Difíciles de unir con adhesivos y disolventes
- Buena resistencia al agrietamiento por tensión (Stress Cracking)
- Buena resistencia a la fatiga
- Válidos en aplicaciones estructurales
- Aptos para la carga y el desgaste



AMORFOS



SEMICRISTALINOS

USO COMÚN

USO EN INGENIERÍA

ALTAS PRESTACIONES

CARACTERÍSTICAS

MATERIALES

CARACTERÍSTICAS

MATERIALES

CARACTERÍSTICAS

MATERIALES

Bajo coste

Baja resistencia a temperatura

Baja resistencia mecánica

Excelente resistencia química

Bajo coeficiente de rozamiento

Absorción de la humedad prácticamente nula

Muy buenas propiedades eléctricas

Buena tenacidad

High Density Polyethylene (HDPE)

Low Density Polyethylene (LDPE)

Polypropylene (PP)

Polymethylpentene (PMP)

Coste moderado

Resistencia a la temperatura moderada

Resistencia mecánica moderada

Buena resistencia química

Buen comportamiento con carga y al desgaste

Bajo coeficiente de rozamiento

Difíciles de unir por pegado

Nylon (PA)

Acetal (POM)

Polyethylene Terephthalate (PET)

Polybutylene Terephthalate (PBT)

Ultra High Molecular Weight Polyethylene (UHMW-PE)

Coste elevado

Buena resistencia a la temperatura

Buenas propiedades eléctricas y tenacidad

Excelente resistencia química

Bajo coeficiente de fricción (COF)

Polyvinylidene Fluoride (PVDF)

Polyvinylidene Fluoride (PVDF)

Polytetra Fluoroethylene (PTFE)

Ethylene-chlorotrifluoroethylene (ECTFE)

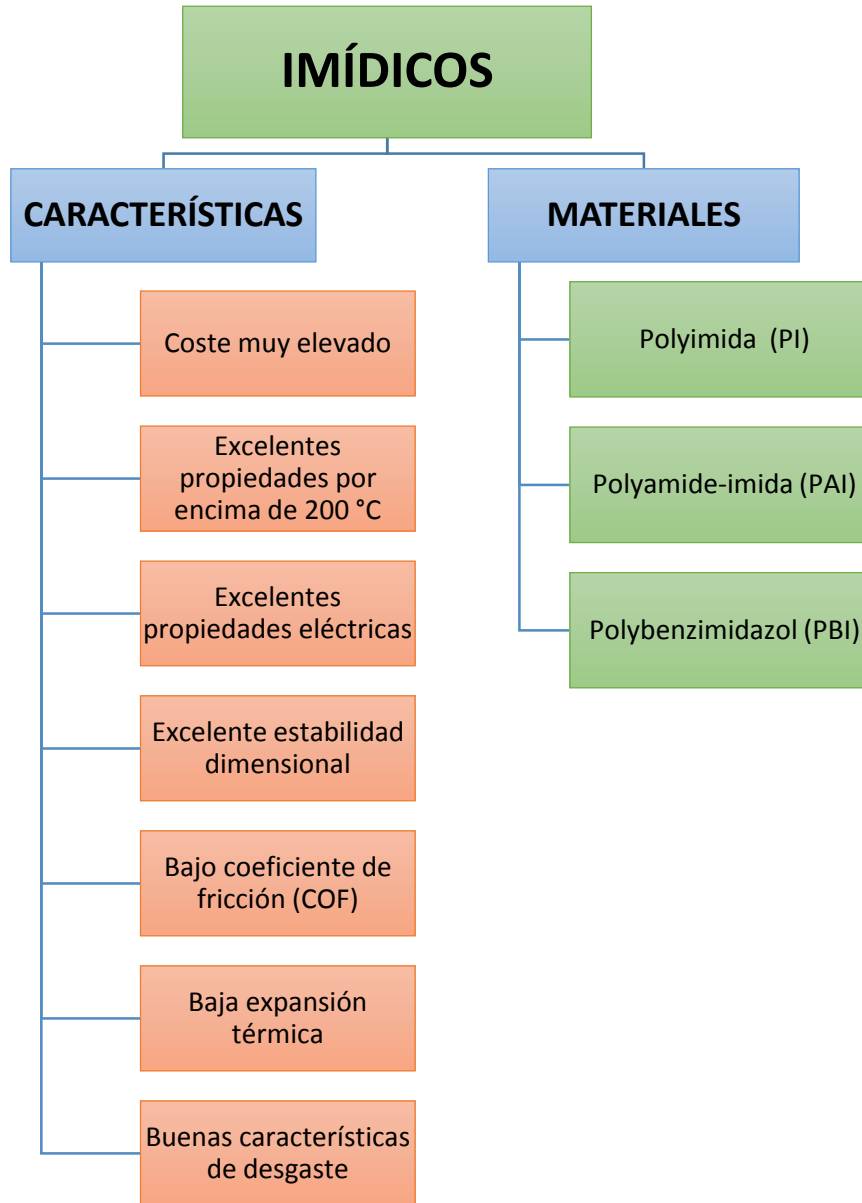
Fluorinated Ethylene Propylene (FEP)

Polychlorotrifluoroethylene (PCTFE)

Perfluoroalkoxy (PFA)

Polyphenylene Sulfide (PPS)

Polyetheretherketone (PEEK)





USO EN LA INDUSTRIA AERONÁUTICA



PROPIEDADES

Material	Densidad (g/cm ³)	Módulo de Young (GPa)	Resistencia a tracción (MPa)	Módulo de Young específico (GPa/gcm ⁻³)	Resistencia a tracción específica (MPa/gcm ⁻³)
Aleación de alta resistencia Al-Zn-Mg	2,8	72	503	25.7	180
Laminado Unidireccional V _f =60% epoxi/carbono // a las fibras	1,6	220	1400	135	865

Laminado Unidireccional V _f =60% epoxi/carbono ⊥ a las fibras	1,6	7	38	135	865
---	-----	----------	-----------	-----	-----



TAMAÑO



A 318

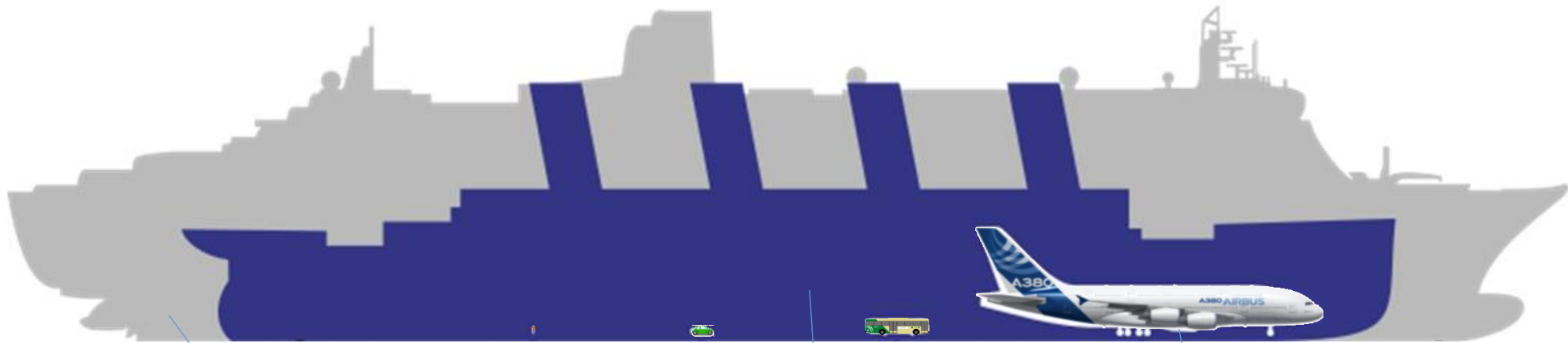
Dimensión	A318	A380
Longitud	31.44 m	72.72m
Envergadura	34.10 m	79.75 m
Fuselaje (ϕ)	3.95 m	7.14 m



A 380



TAMAÑO RELATIVO



Persona Coche Autobús

Queen Mary 2

345 m

Titanic

269 m

A 380

72.7 m

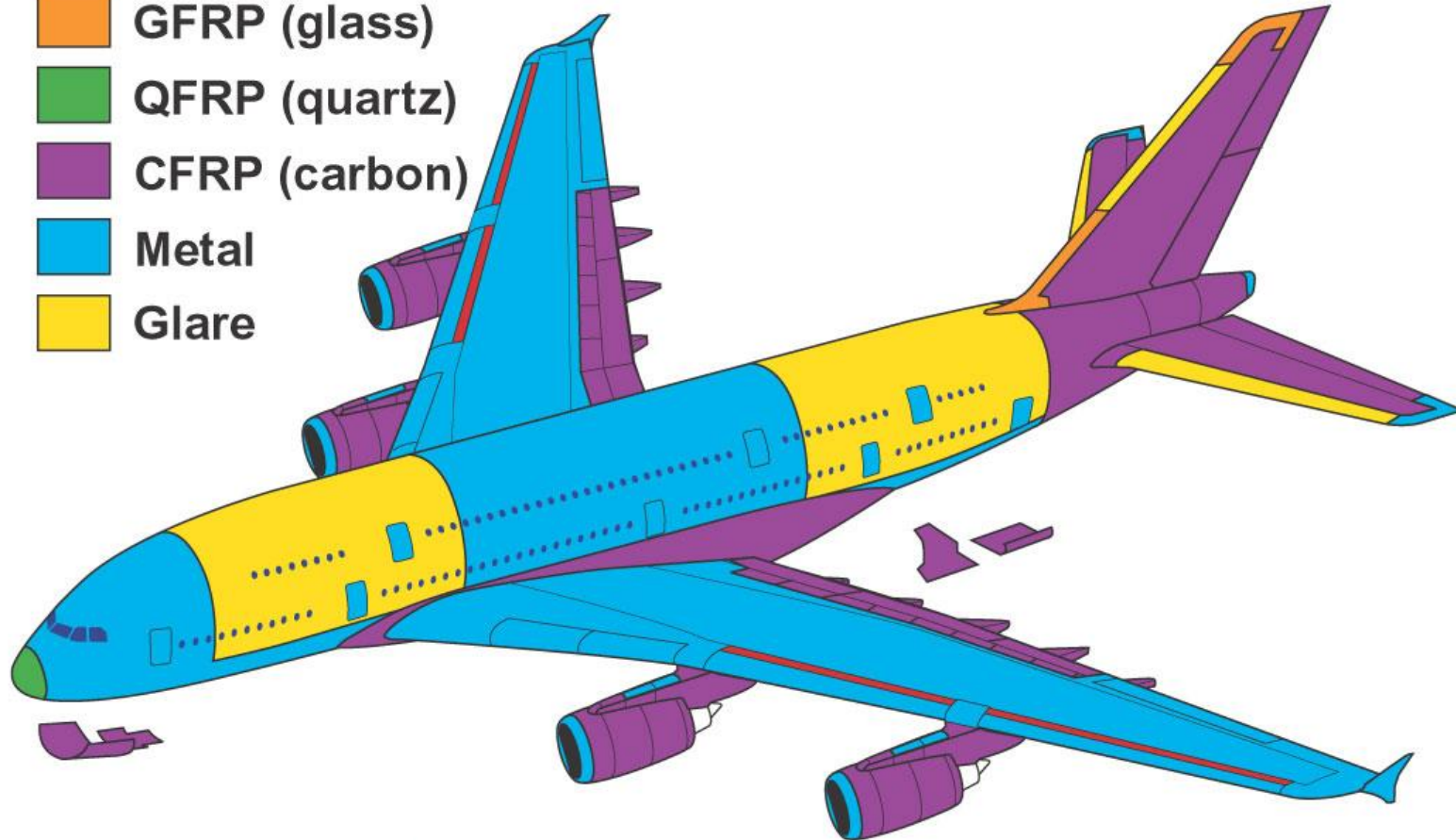




MATERIALES EN EL A380



-  GFRP (glass)
-  QFRP (quartz)
-  CFRP (carbon)
-  Metal
-  Glare

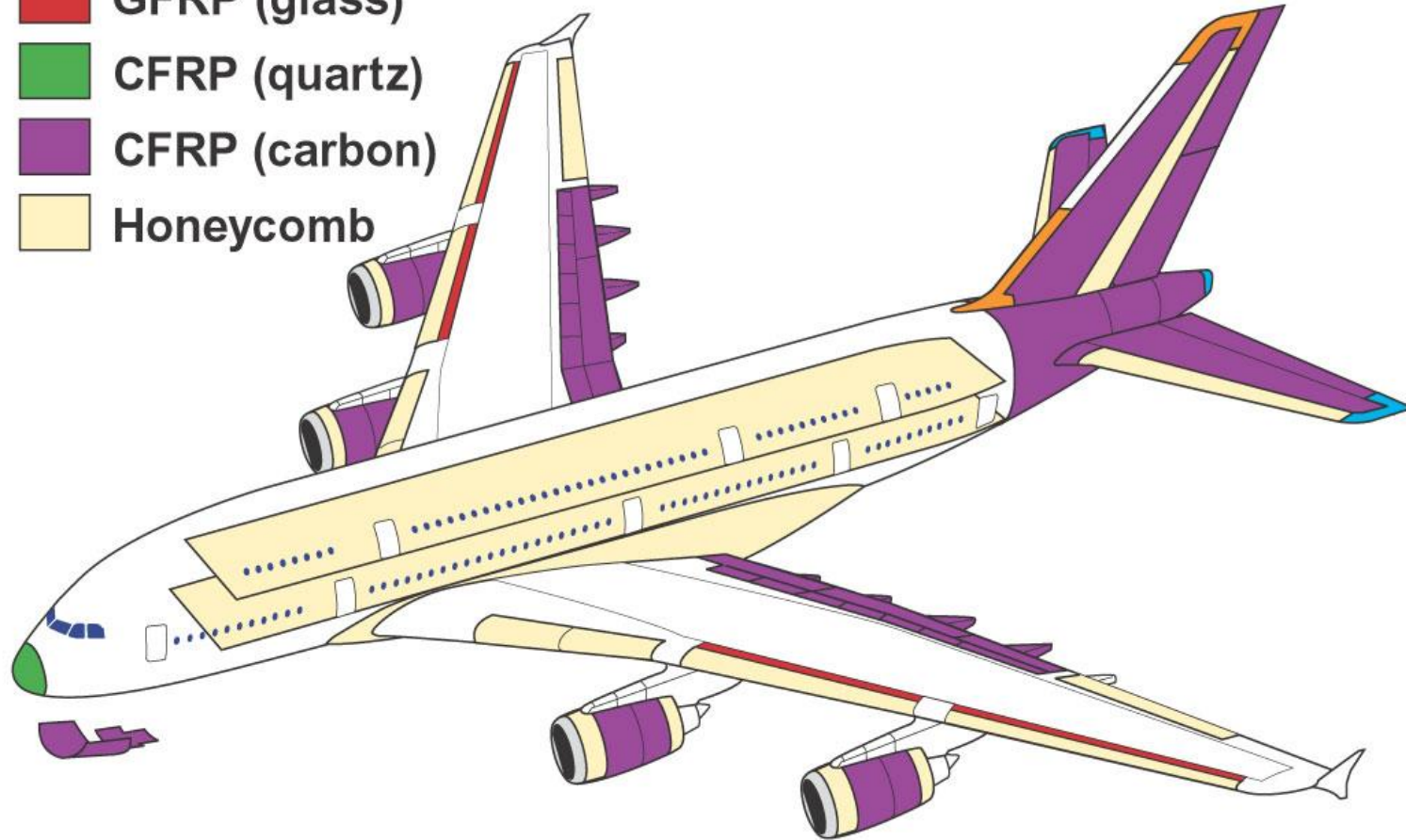




MATERIALES COMPUESTOS A380

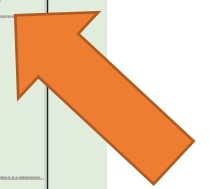
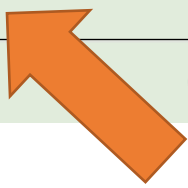
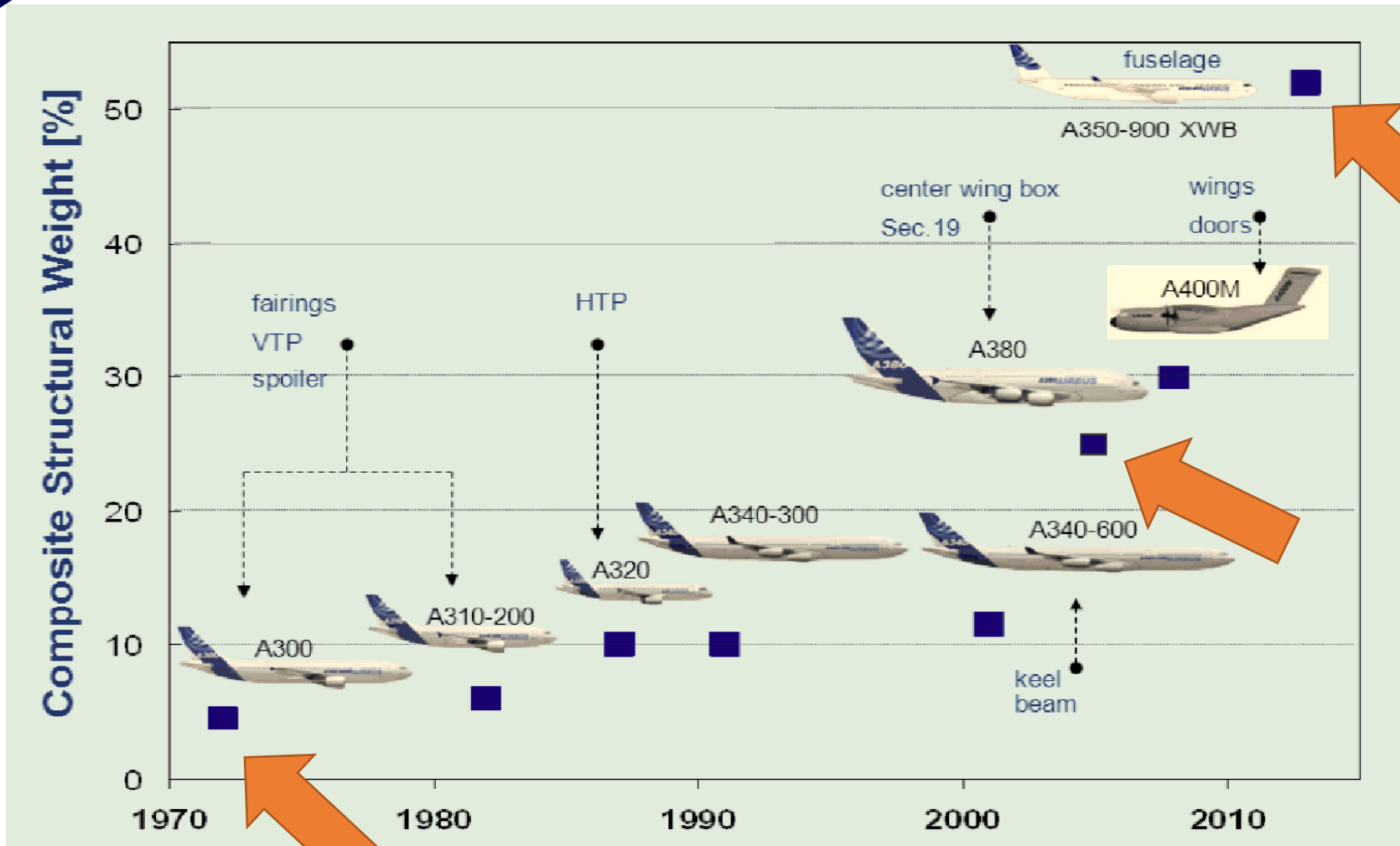


-  GFRP (glass)
-  CFRP (quartz)
-  CFRP (carbon)
-  Honeycomb





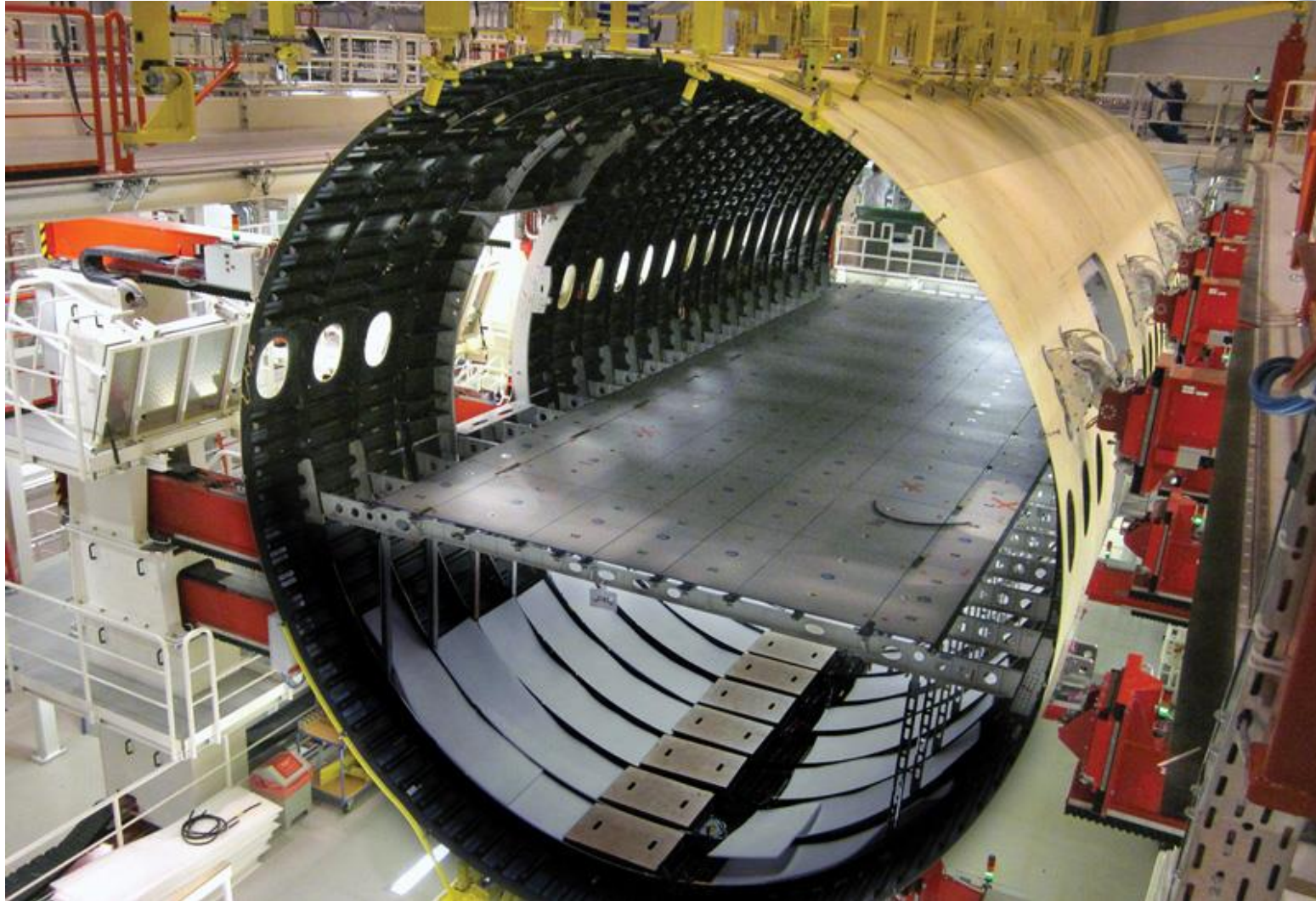
EVOLUCIÓN USO COMPOSITES













COPYRIGHT AIRBUS / CHR. BRINKMANN







PROCESOS DE FABRICACIÓN





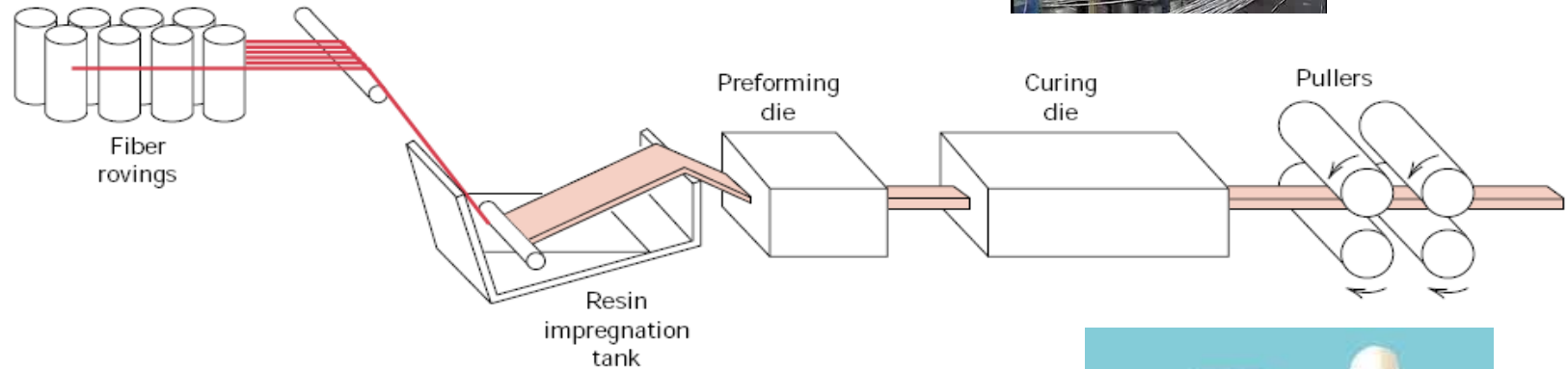
PROCESOS DE FABRICACIÓN



- Pultrusión
- Filament Winding
- Contacto con Preimpregnados
- Inyección (RTM)



PULTRUSIÓN



- Consiste en tirar de los refuerzos impregnados a través de una hilera o molde
- Método automático, grandes series, limitaciones en la orientación
- Se emplea para fabricar perfiles, tubos, etc.

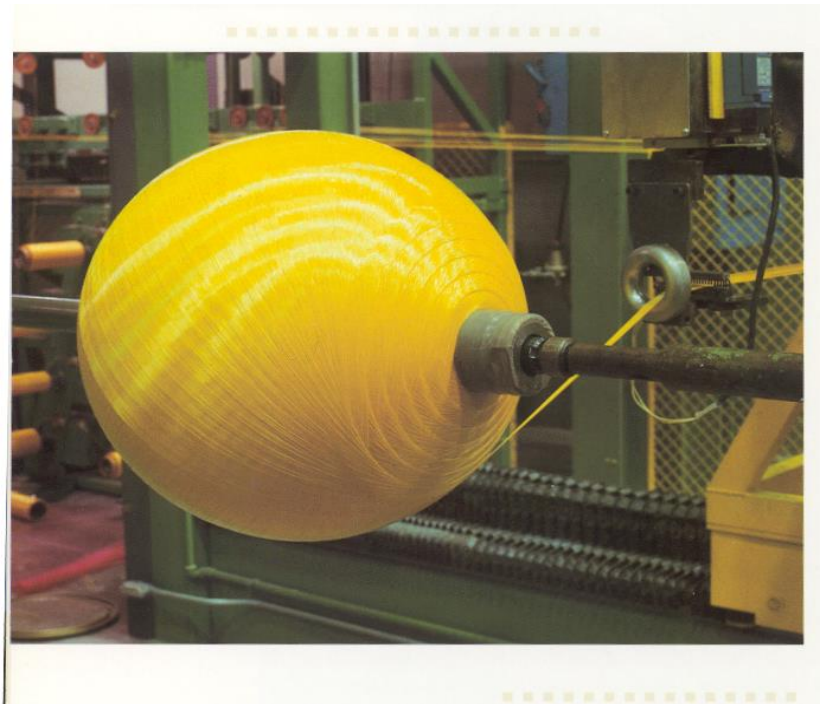




FILAMENT WINDING



- Colocación de un grupo de fibras sobre un eje que gira
- La fibra puede estar seca o mezclada con resina
- Las orientaciones posibles están limitadas a ciertos ángulos y sobre superficies desarrollables.

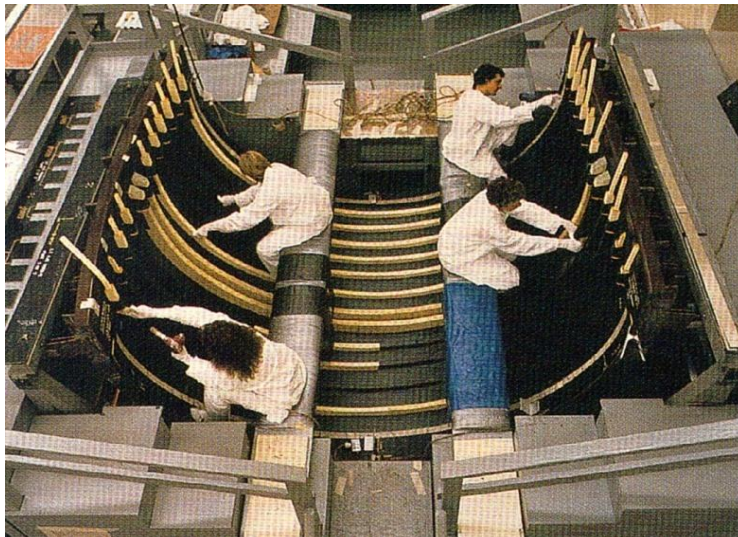
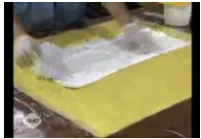
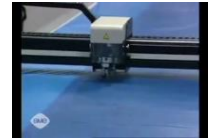




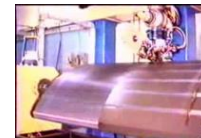
CONTACTO CON PREIMPREGNADOS (1)



- Se trabaja con un tejido (o cinta) preimpregnado con resina semicurada (PREPEG)
- El PREPEG se corta y se apila sobre un molde ó se deposita sobre el molde en forma de cinta



Apilado manual



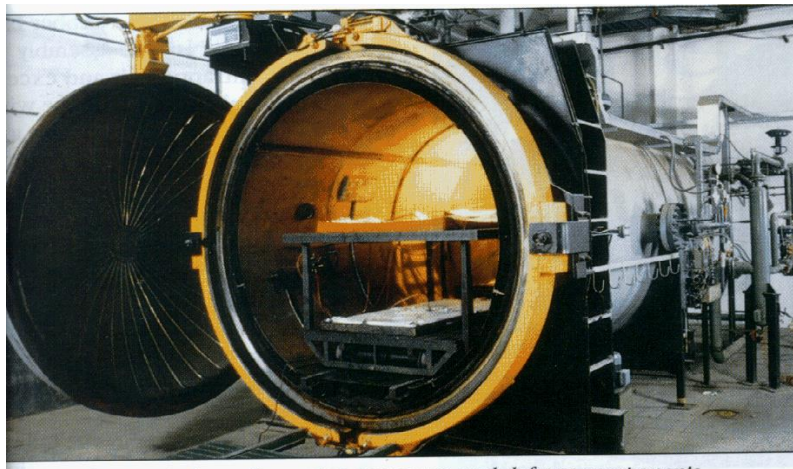
Encintado automático
(fiber placement)



CONTACTO CON PREIMPREGNADOS (II)



El molde con el tejido se cubre con una “bolsa de vacío”



El conjunto se introduce en el autoclave para la realización del ciclo de curado (2-14 bares)



CONTACTO CON PREIMPREGNADOS (III)

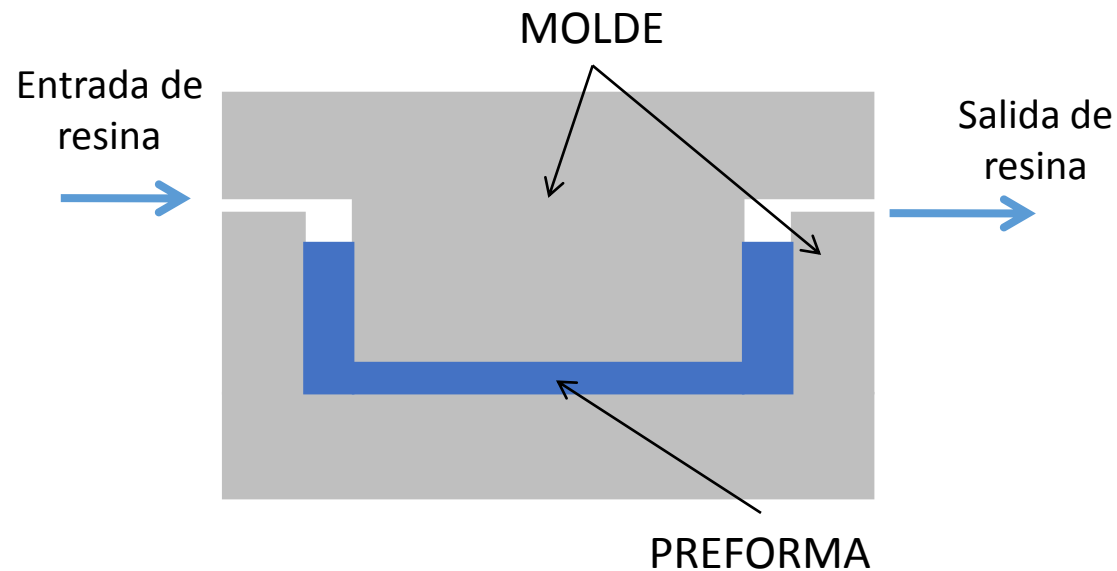




PROCESOS DE INYECCIÓN

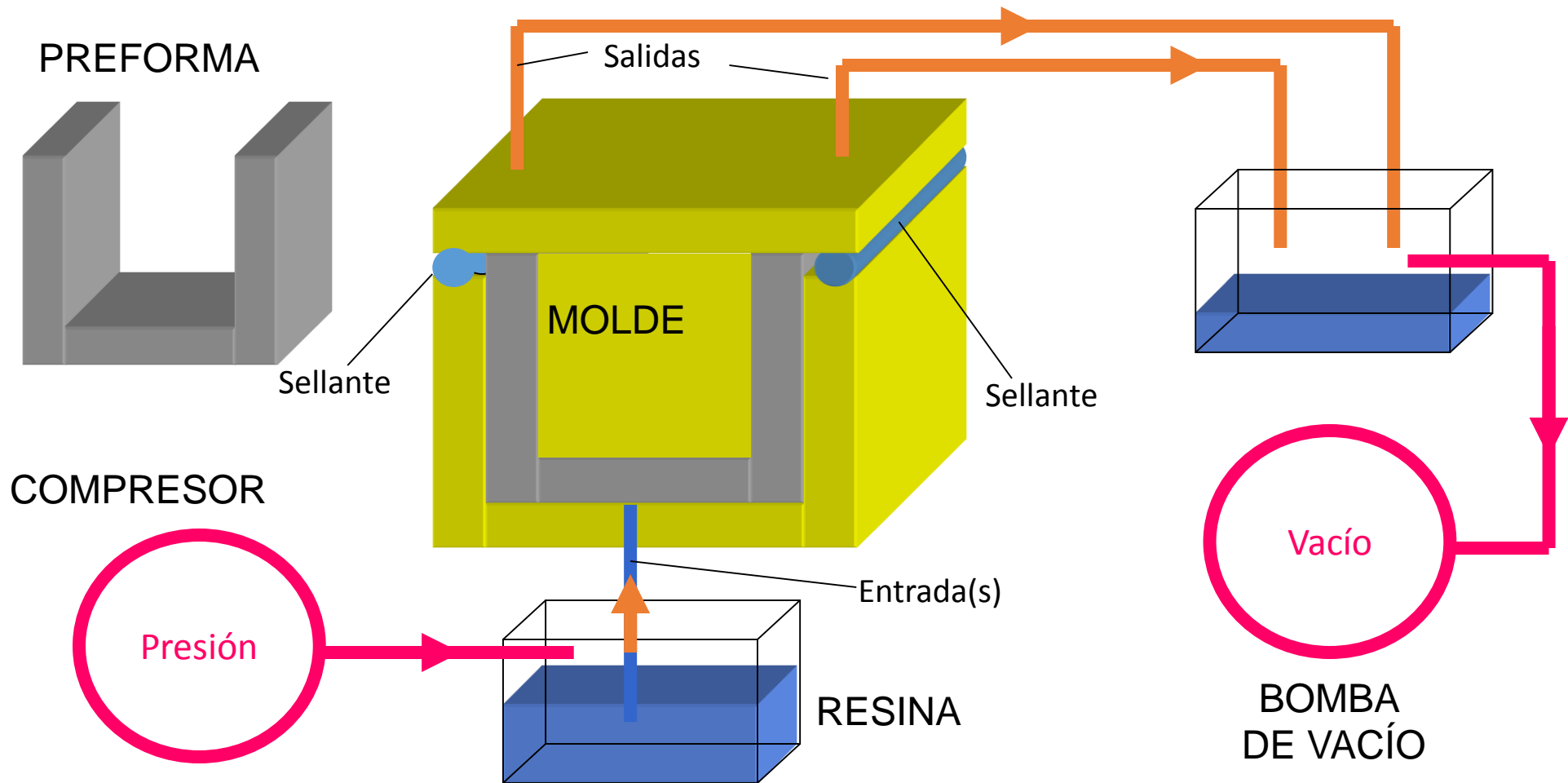


Consisten en la inyección resina líquida en el interior de un molde cerrado, en cuyo interior se ha colocado previamente la preforma de fibra





ESQUEMA DE PROCESO





APLICACIÓN AERONAUTICA Y AEROESPACIAL



Piezas **ESTRUCTURALES** con sollicitaciones **TRIDIMENSIONALES**

CONDICIÓN	Mínima	Ideal
Volumen de <u>fibra</u>	> 50%	> 70%
Volumen de <u>poros</u>	< 2%	< 1%



RTM vs PREPREGS



CARACTERÍSTICA	RTM	Prepregs
Cadencia productiva	+	-
Cualificación mano de obra	-	+
Piezas defectuosas	-	+
Necesidad de control dimensional	-	+
Incorporación de insertos	+	-
Complejidad de preformas	+	-
Coste de equipo y utillaje	+	- (no incluye autoclave)
Complejidad de utillaje	+	-



TENDENCIAS MC EN IA



- Piezas estructurales
- Termoplásticos reforzados
- Nanocomposites





ALGUNOS TRABAJOS REALIZADOS EN EL LFYOP



Instalaciones del Laboratorio de Fabricación Aeroespacial

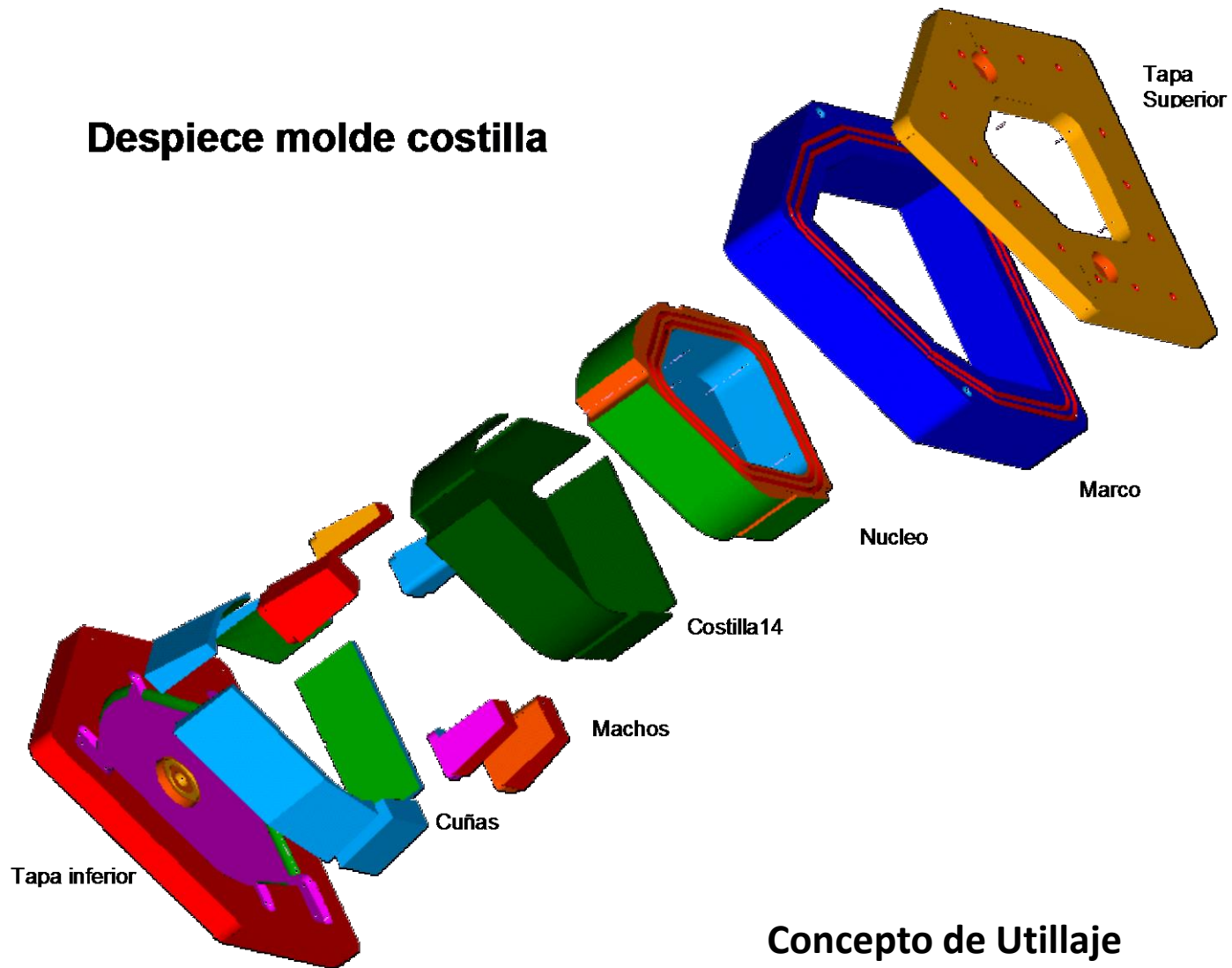


LFYOP



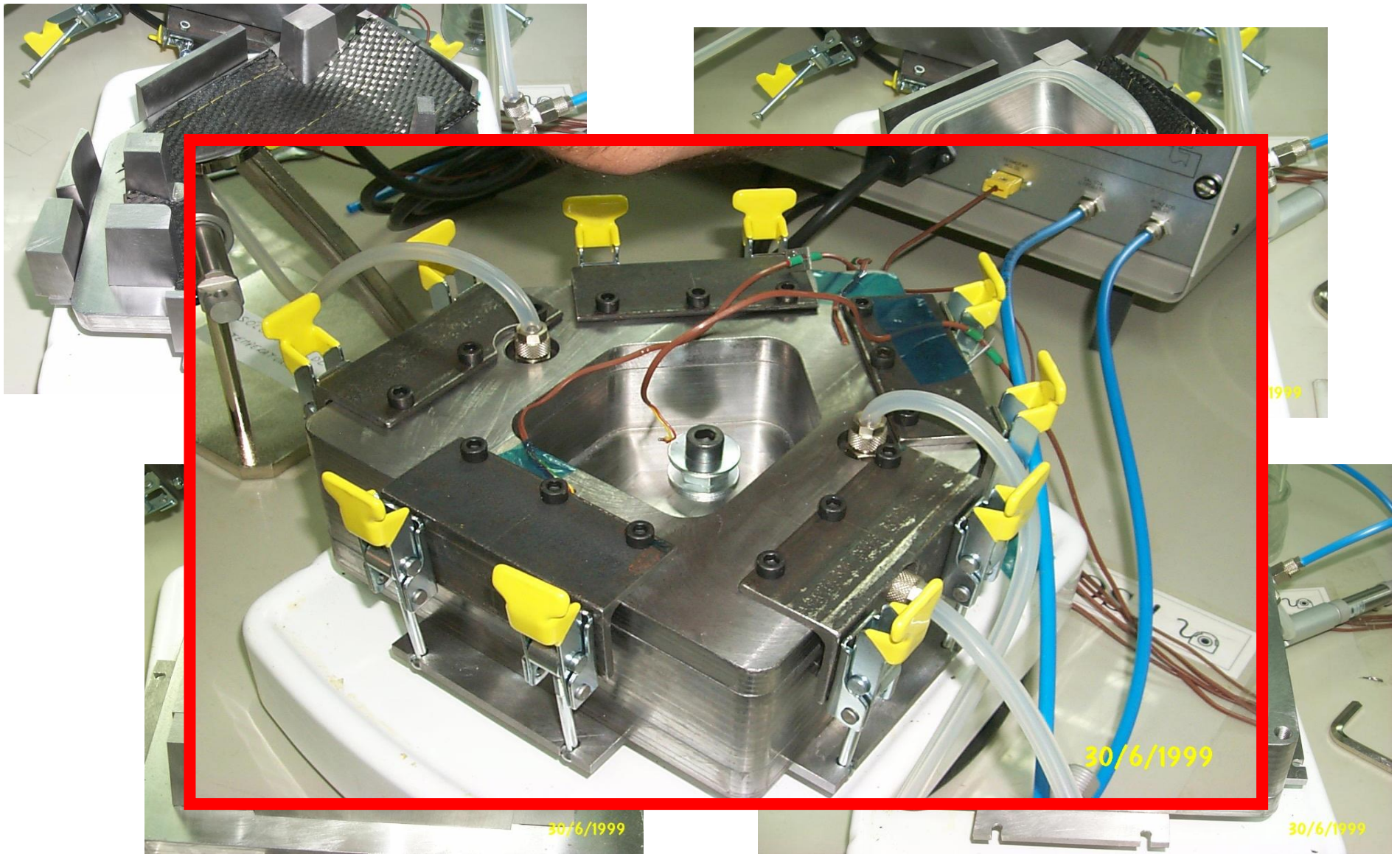
**Concepto de
equipo para RTM**

Despiece molde costilla

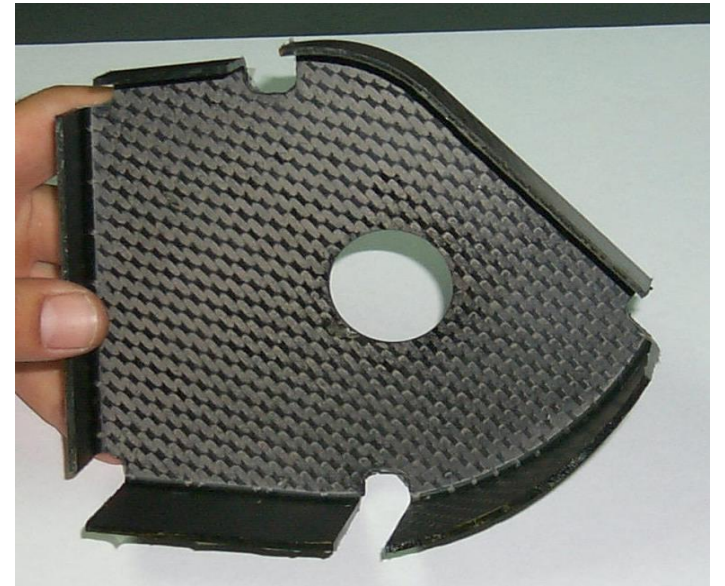
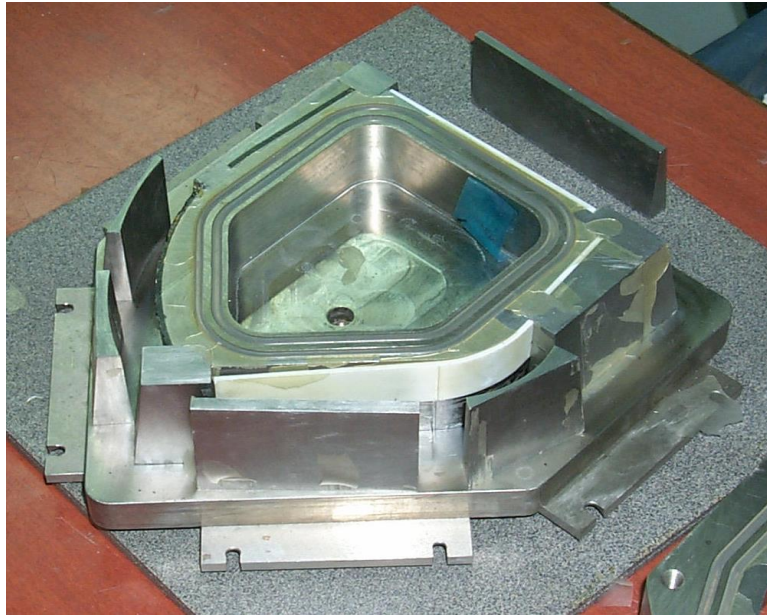
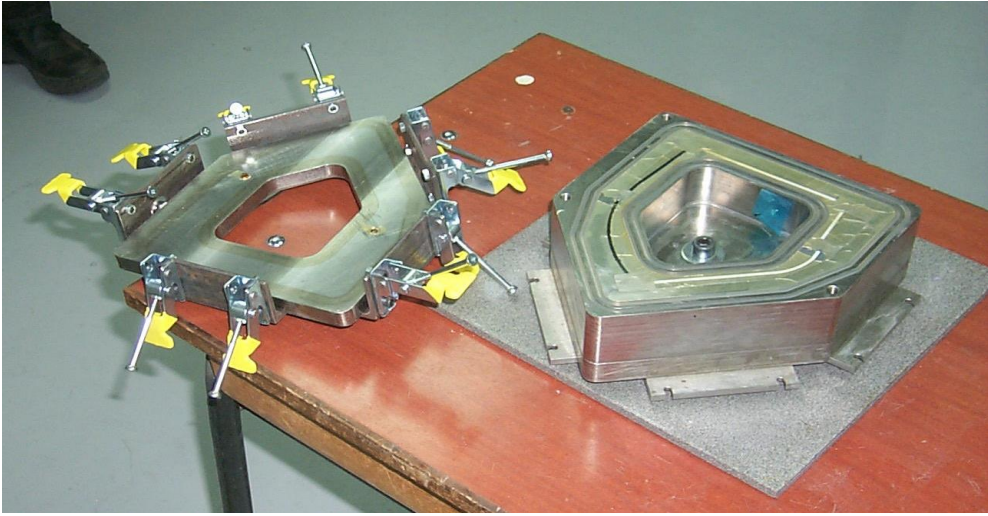


Concepto de Utillaje

Costilla AIRBUS 340-600

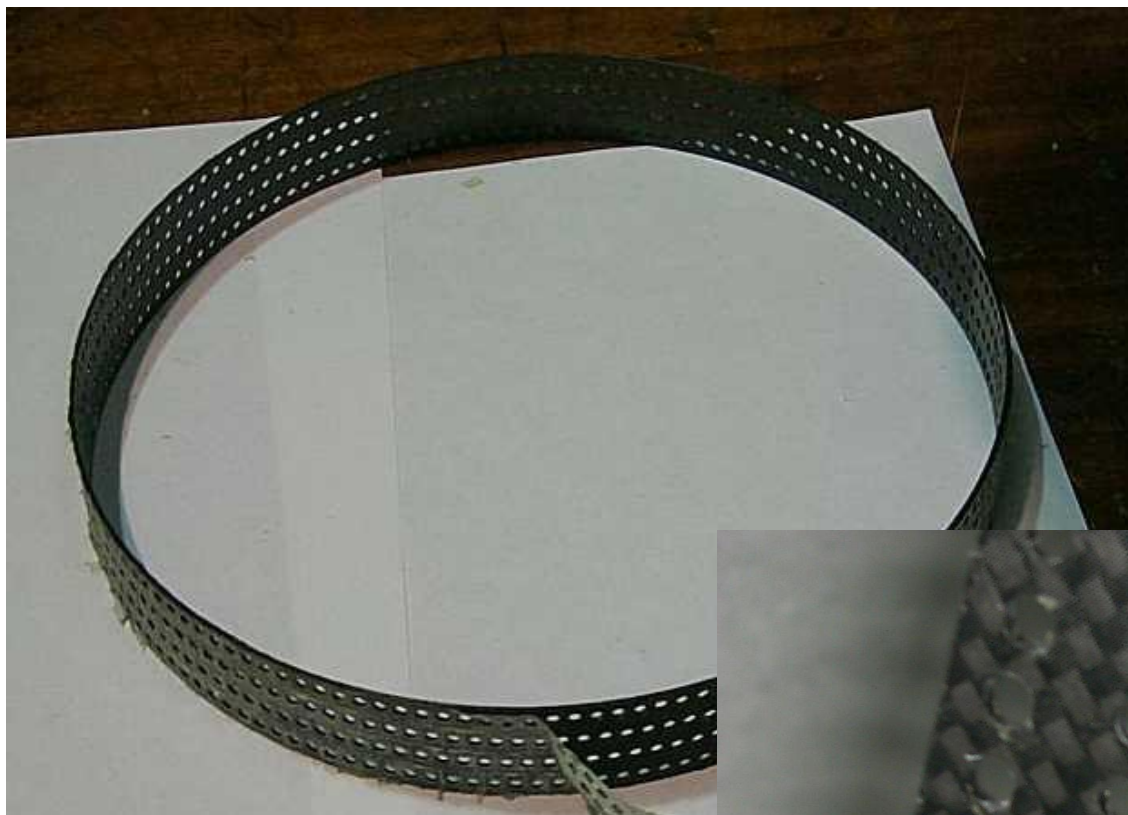


Fase de moldeo

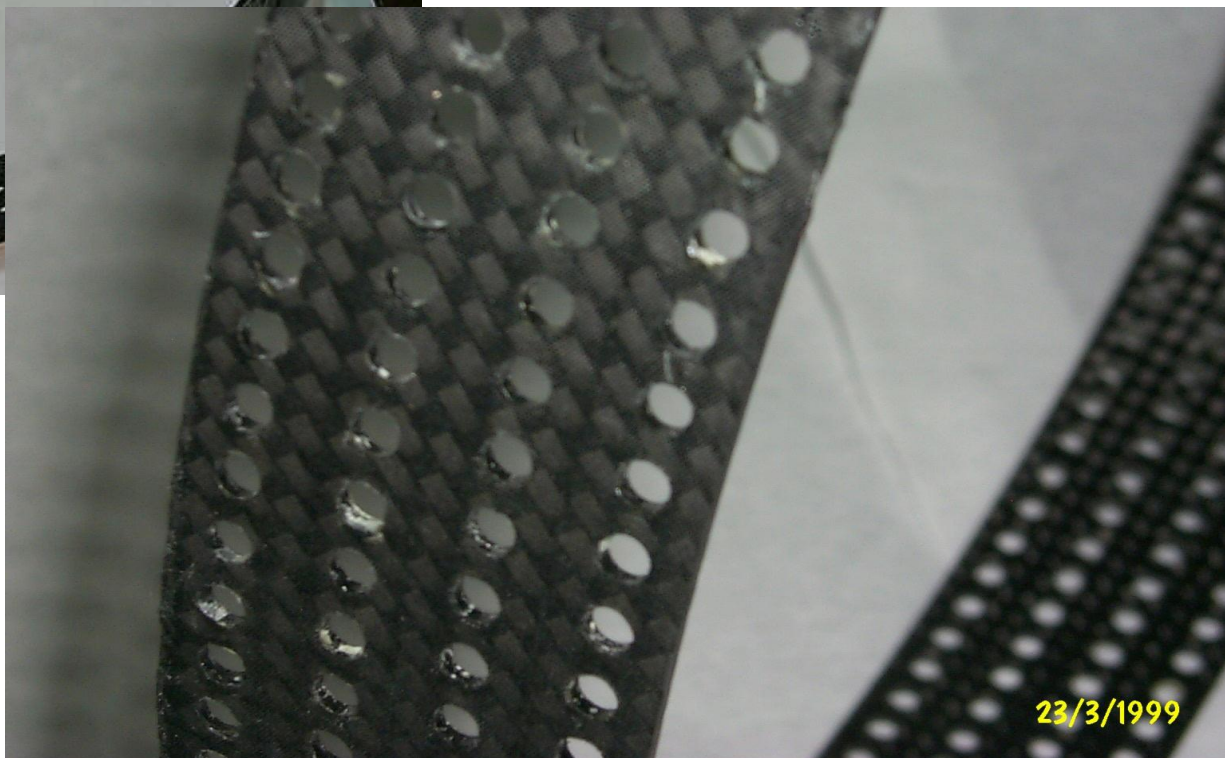


Desmoldeo

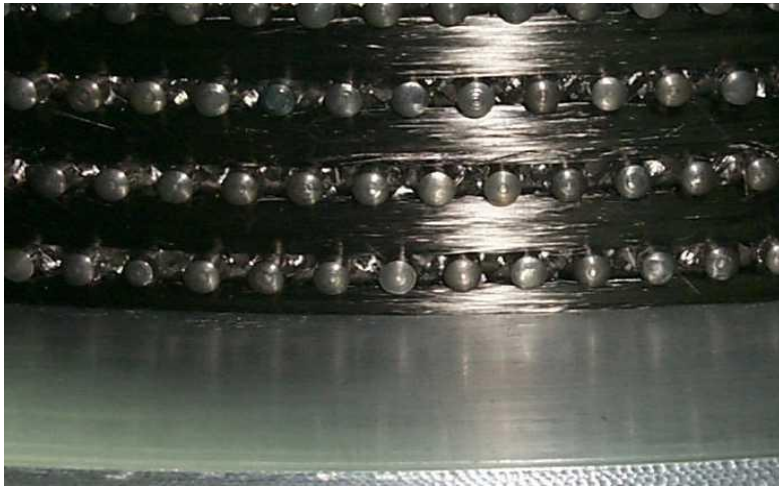




Anillo CERN

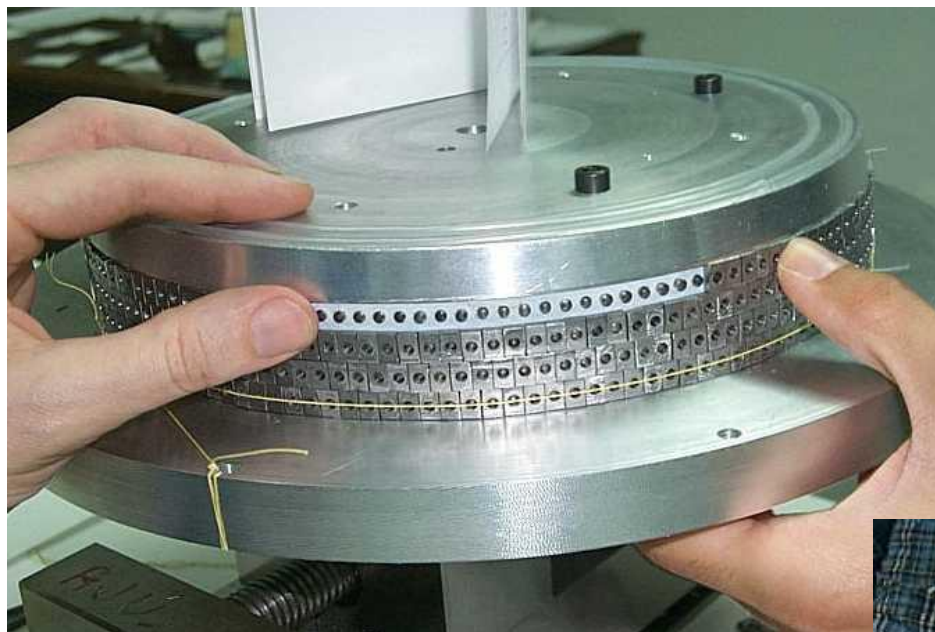


23/3/1999



Preforma

Anillo CERN

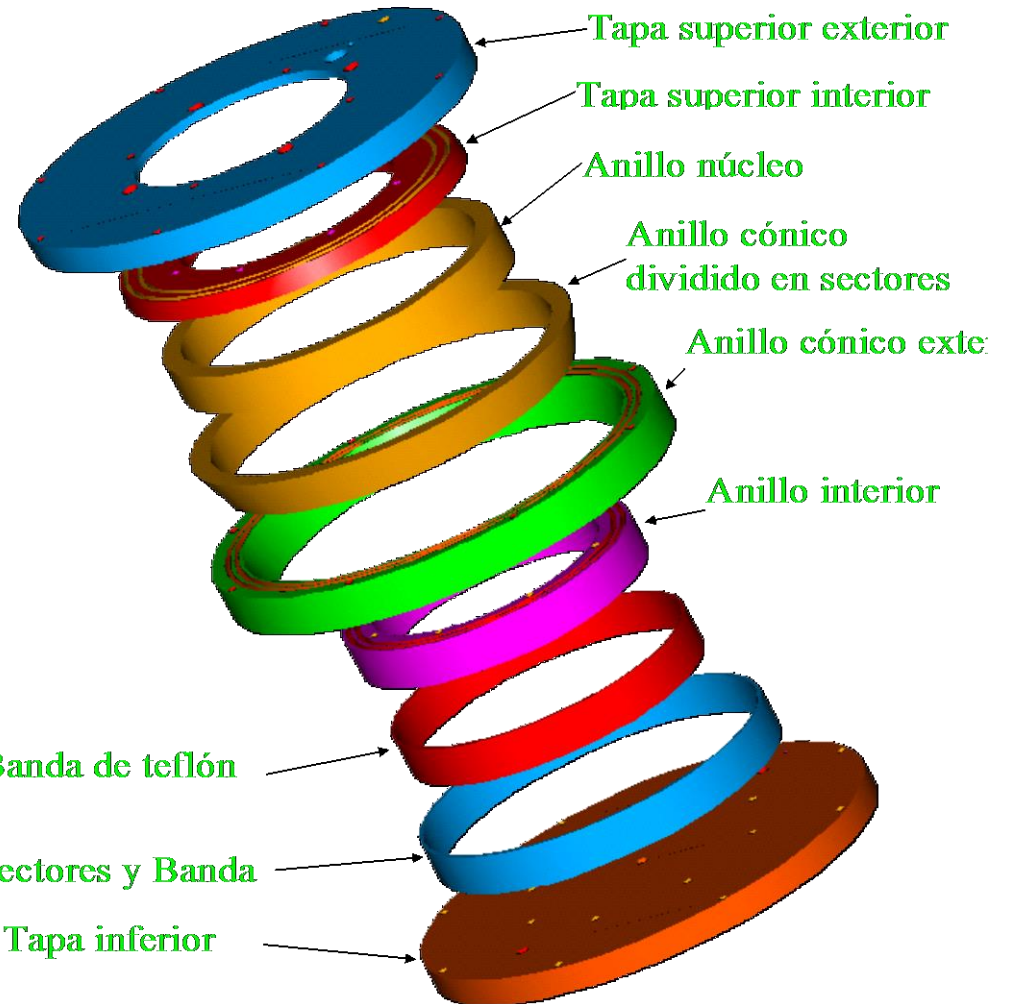
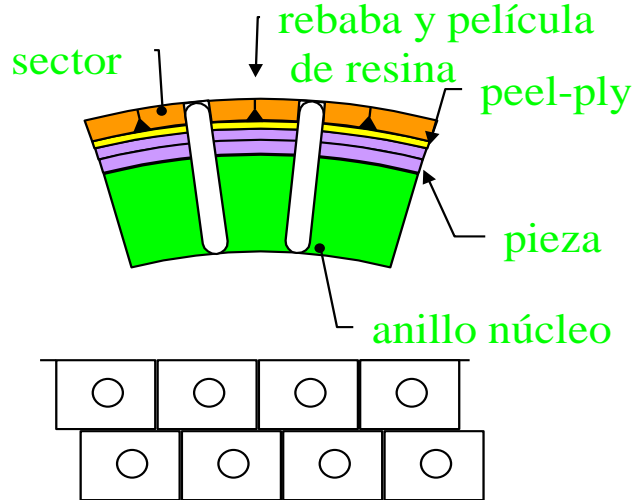
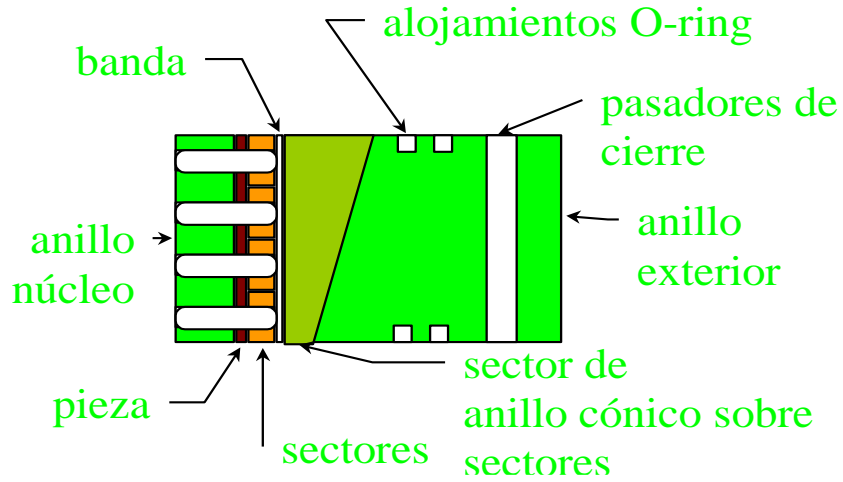


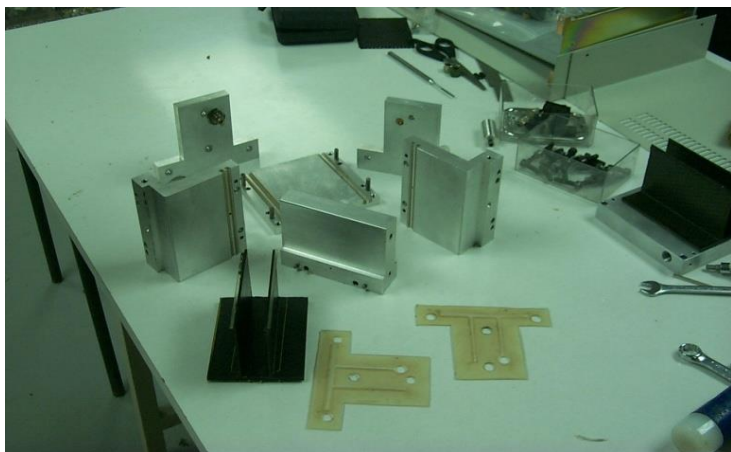
Montaje y cierre del útil



Anillo con orificios

LHC - CERN





Pieza “ π ”





Stitching



Muchas gracias

Alfredo Sanz Lobera
a.slobera@upm.es

