
Materiales compuestos



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

o 11 del libro de texto

ura:

mpuestos de matriz polimérica:

11.2: fibras de vidrio, de carbono, de aramida

11.3: matriz de poliéster y de epoxi / isodeformación e isoefuerzo

Procesado (secciones 11.4, molde abierto, 11.5 molde cerrado)

rmigón (11.6)

alto (11.7)

dera (11.8)

mpuestos de estructura sandwich (11.9)

mpuestos de matriz metálica (MMC) y cerámica (CMC) (11.10)



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

aprendemos a calcular

deformación e isoesfuerzo

modulos elásticos (rigidez y complianza) de compuestos

deformación y esfuerzo en materiales compuestos

pre-tensado del hormigón (básico, análogo al templado del vidrio)

propiedades medias volumétricas (densidad, conductividad, etc)

mezclas (diag. triangulares)



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

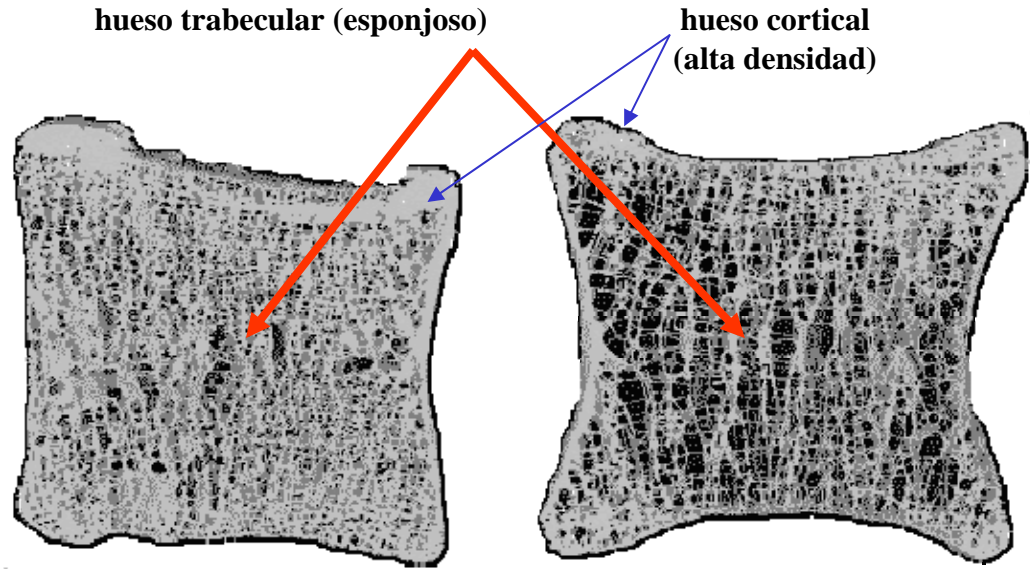


Materiales compuestos naturales

La naturaleza recurre con gran frecuencia al uso de materiales compuestos. El hueso es un ejemplo de adaptación a necesidades estructurales (huesos largos, etc.) y optimizados por evolución hasta el límite mecánico. Son materiales generalmente anisotrópicos y generalmente inhomogéneos.



estructura de hueso largo (p.ej. fémur)



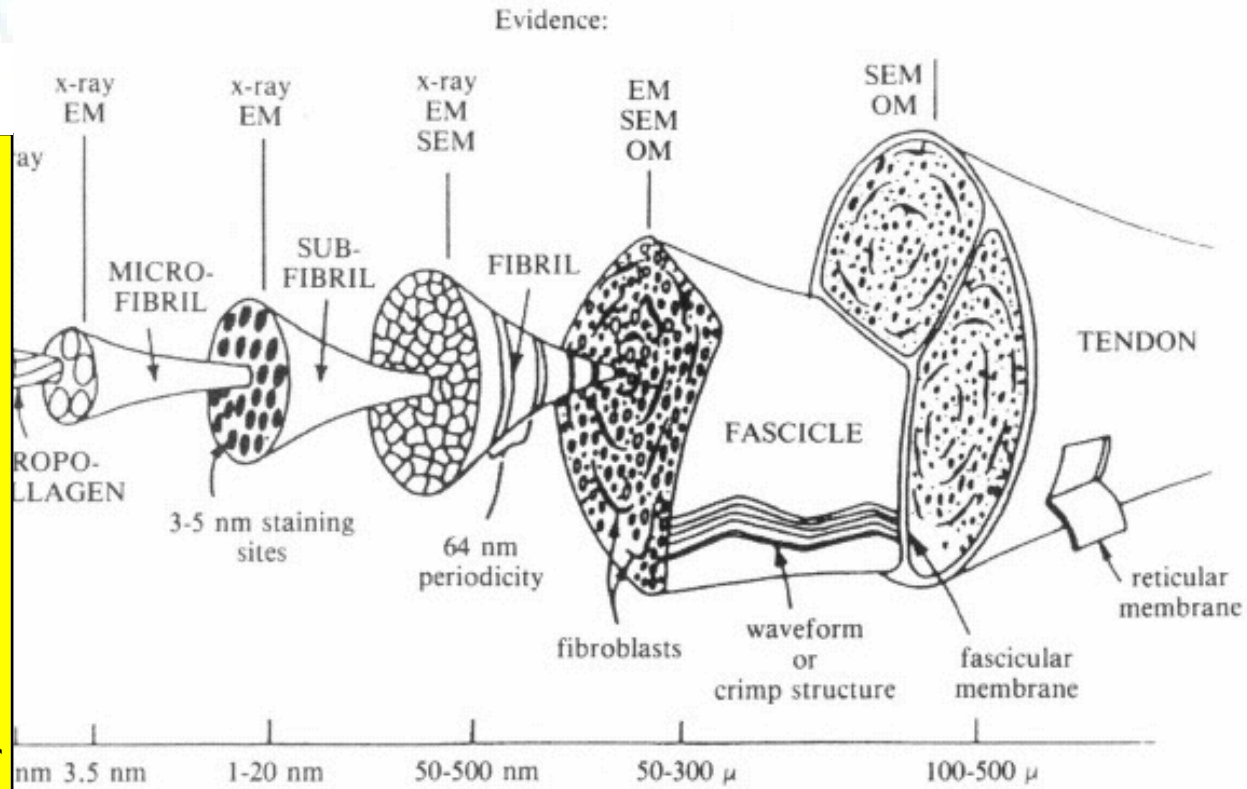
hueso corto (segmento vertebral) normal

hueso corto (segmento vertebral) de paciente con osteoporosis avanzada

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 naturales

donde:



**Estructura jerárquica de un tendón
(Kastelic & Baer, 1980)
(material compuesto a 5 niveles jerárquicos)**

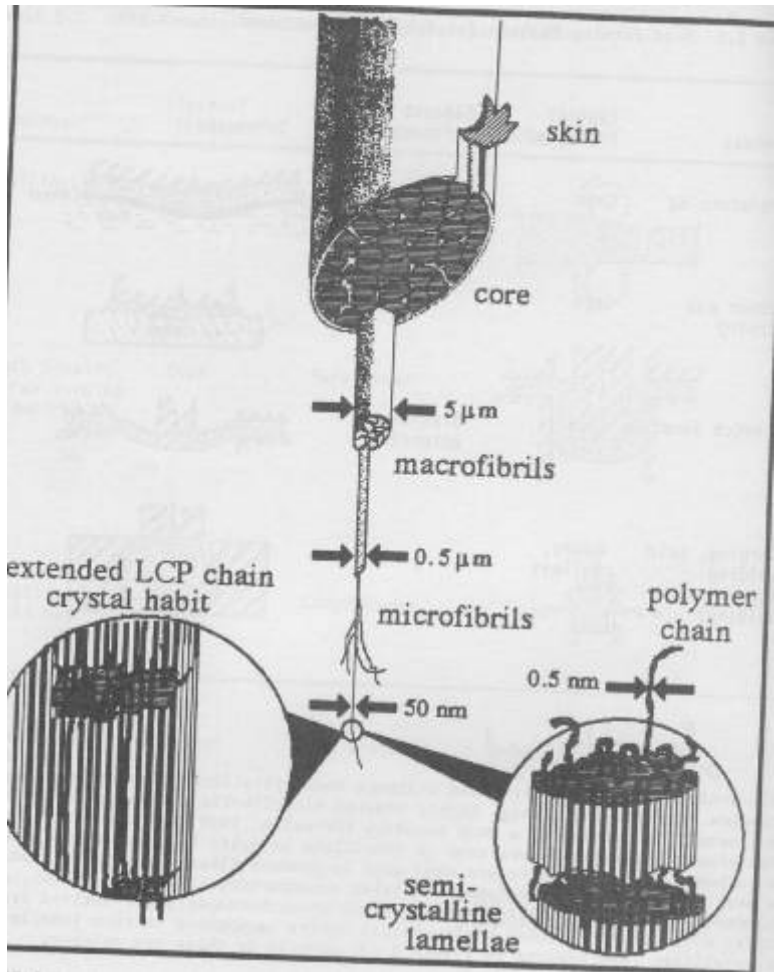
Cartagena99

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 naturales

as de cristales líquidos (Kevlar):



Cartagena99

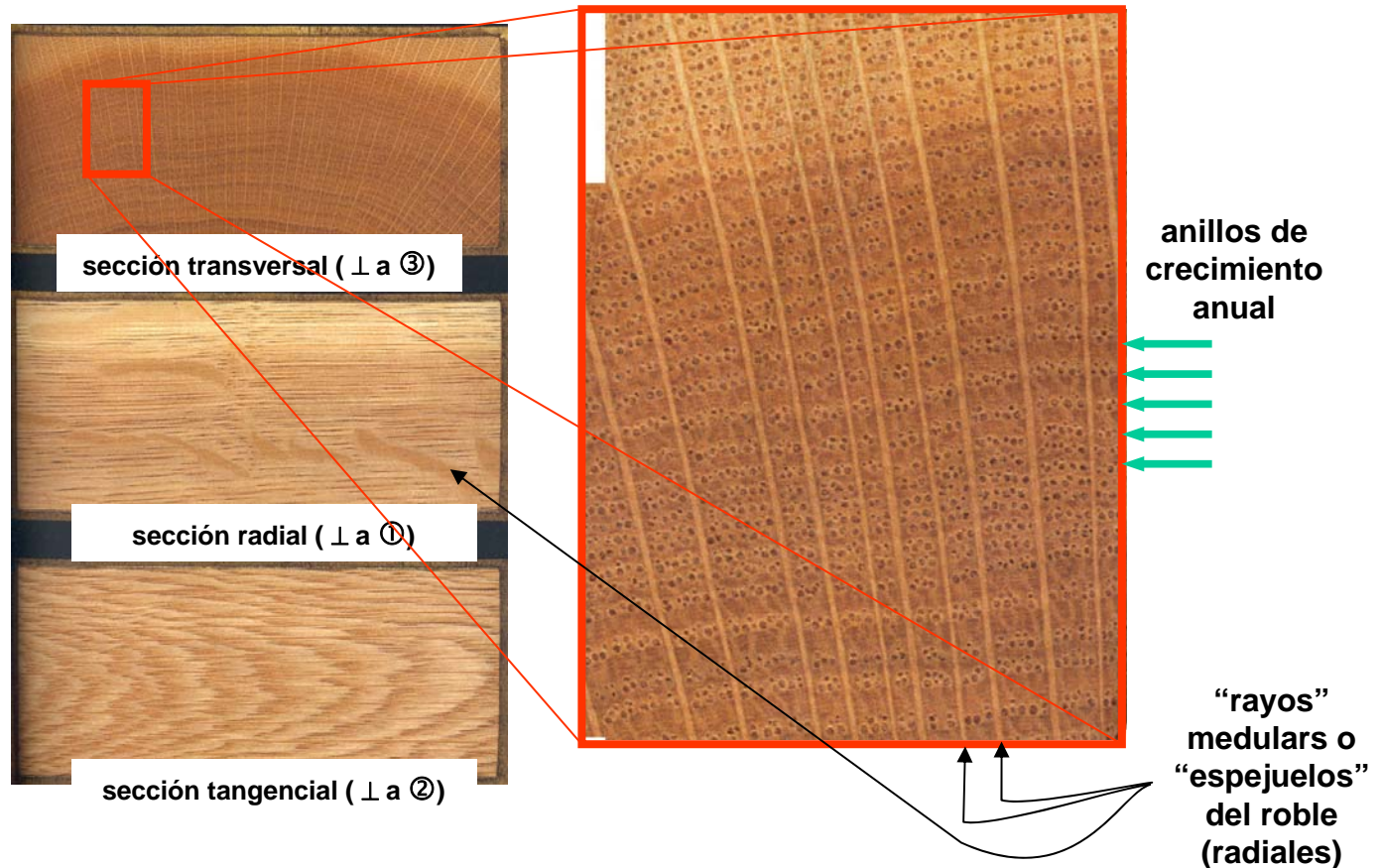
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70
--
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70



Materiales compuestos naturales

La madera es un material compuesto natural con extraordinarias propiedades mecánicas y es altamente anisotrópico.

Se desarrolló evolutivamente como material estructural (salvo la capa periférica del cambium, la corteza del tronco no contiene células vivas. Su función primaria es estructural)



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

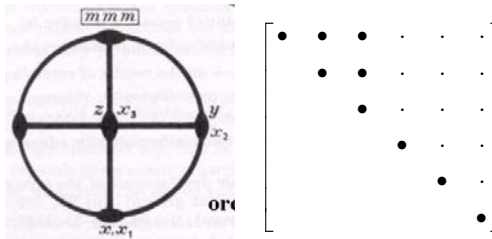
ión de mat. compuestos naturales a la aplicación

Cartagena99



Quercus rubra
(roble americano)
madera "normal"
(ortorrómbica
"ortotrópica" en ing. mecánica)

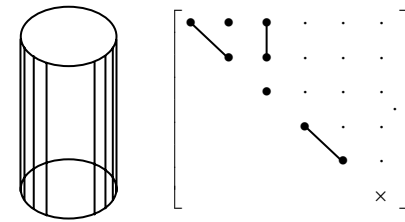
$m m m$



Phoenix dactylifera
(Palmera)

"madera" unidireccional, fibras alineadas

$\infty / m m$



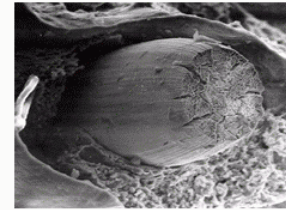
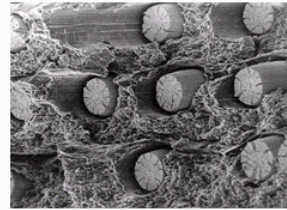
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70



ateriales compuestos artificiales

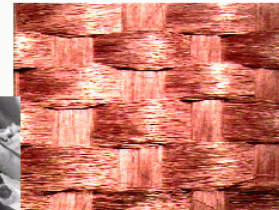
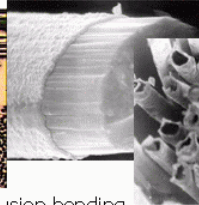
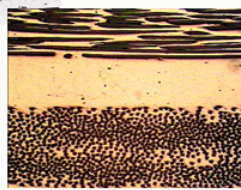
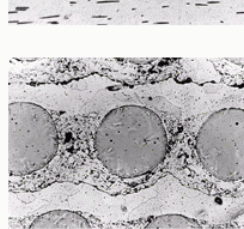
eriales de la fase discontinua (fibras, whiskers, pellets o esferas) han sido icialmente vidrios inorgánicos, fibras de carbono, partículas cerámicas y metálicas, etc.

Al matrix / short high modulus carbon fibres composite made by hot extrusion of powdered mixture



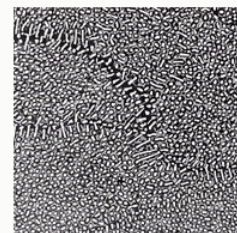
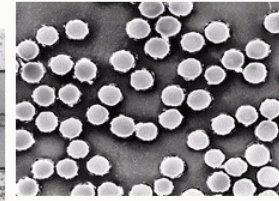
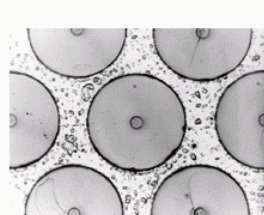
Cu matrix / W-wire composite prepared by vacuum diffusion bonding

Copper coating on carbon fibres



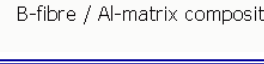
Copper coated carbon fibres woven into cross ply array

Maraging wire / Al-matrix composite made by diffusion bonding of plasma sprayed monolayers



Ni₃Al based intermetallics prepared by directional solidification

Composite material C-fibres / MgLi₂-matrix made by pressure infiltration

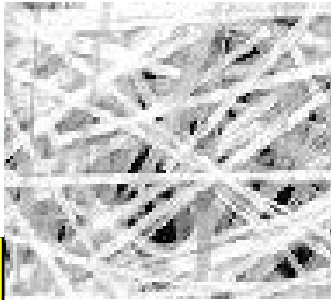


B-fibre / Al-matrix composite made by diffusion bonding of imprinted monolayers

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

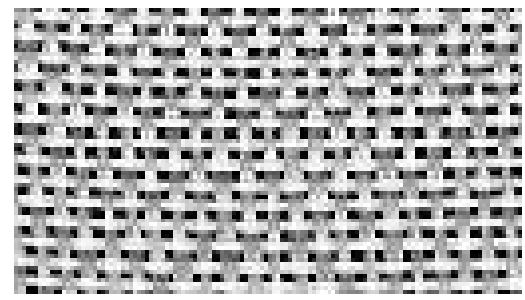
lateriales compuestos artificiales



“mat” de vidrio S

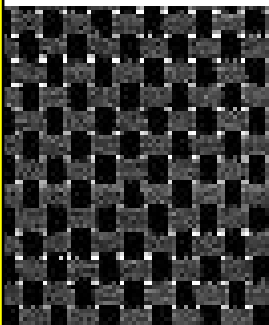


“mat” de vidrio S

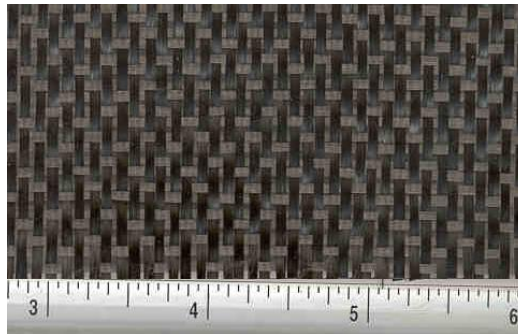


“mat” de vidrio E

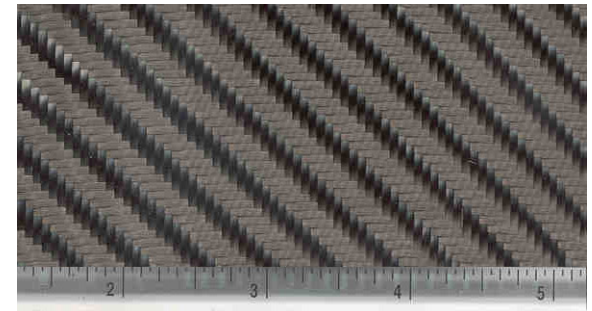
en una matriz,
típicamente homogénea e isótropa



estándar



satin de arnés



espiguilla (twill) 4x4

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

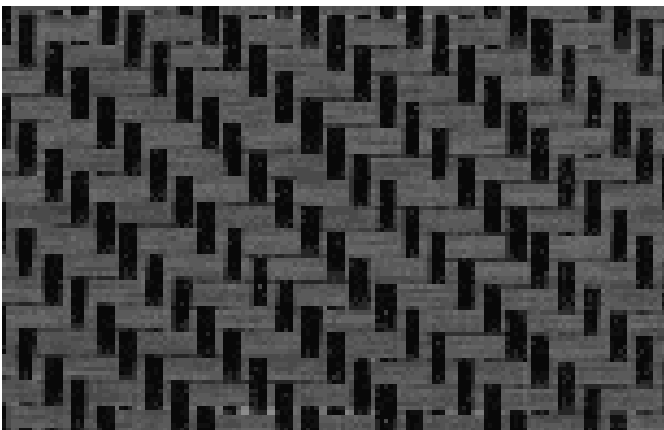




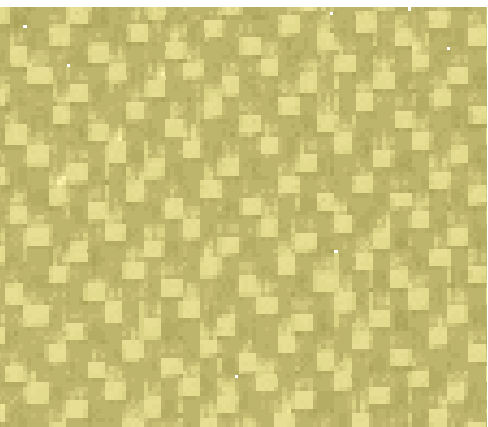
Cartagena99

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

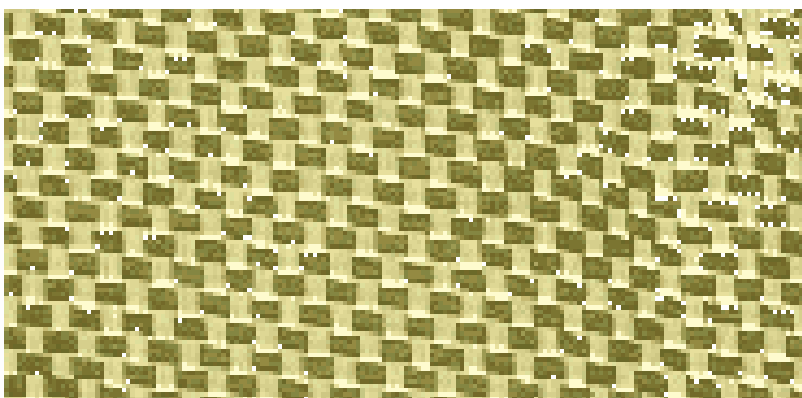
Material compuesto a 2 niveles



espiguilla de carbono



latín de Kevlar



urdimbre (warp) de carbon
trama (filling, weft) de Kevlar

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



Moldes típicos



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



Aplicación



aplicación manual

aplicación con brazo robot



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



Ejemplos comerciales de tejidos



DBM 1208 Knytex Biaxial

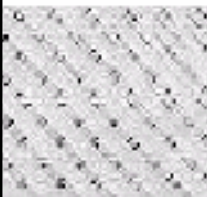
+/- 45degree

Contains double bias(12oz) stitched at 45degrees along with one layer of 3/4oz mat.

Thickness: 0.037"

Cat No.	Description	Price / Yard
FG-120850	50" Width	
Same	1 to 9 Yd	\$8.25
Same	10 to 24 Yd	7.75
Same	25 or More Yd	7.40
FG-120850R	Roll (95-105yd)	\$3.98/ Pound

Full rolls are sold by weight and can vary from 165 to 180 LBs.



Reinforcement common in construction. Used where high strength and build-up are necessary. Provides better formability than standard biaxial.

fibra de vidrio

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

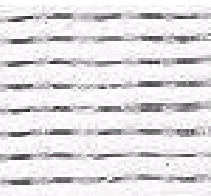
 ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
 CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70



Ejemplos comerciales de tejidos



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



18oz Biaxial

+/- 90 degree

Contains double bias(18oz) stitched at 90degrees along with one layer of 3/4oz mat.

Thickness: 0.048"

Cat No.	Description	Price / Yard
FG-180850	50" Width	
Same	1 to 9 Yd	\$6.70
Same	10 to 24 Yd	6.50
Same	25 or More Yd	6.15
FG-180850R	Roll (55-65yd)	Call

Full rolls are sold by weight and can vary from 120 to 135 LBs.

fibra de vidrio



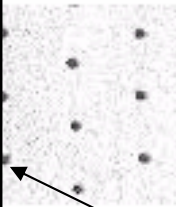
Ejemplos comerciales de tejidos

Cartagena99

Coremat®
Coremat® is a microsphere filled, random laid, chopped fiber polyester fabric with good conformability, that is used as a laminate bulking and print-control mat. Ideal for adding stiffness to laminates and molds.

Available in 2 MM or 4 MM thicknesses.
Both sold in 39.37" width

Cat No.	Description	Price / Yard
FG-CMD239	2 Millimeter Roll (538sq ft)	5.75 Call
FG-CMD439	4 Millimeter Roll (538sq ft)	8.75 Call



**combinación de tejido
con partículas esféricas**

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



Las posibilidades de combinación son prácticamente ilimitadas

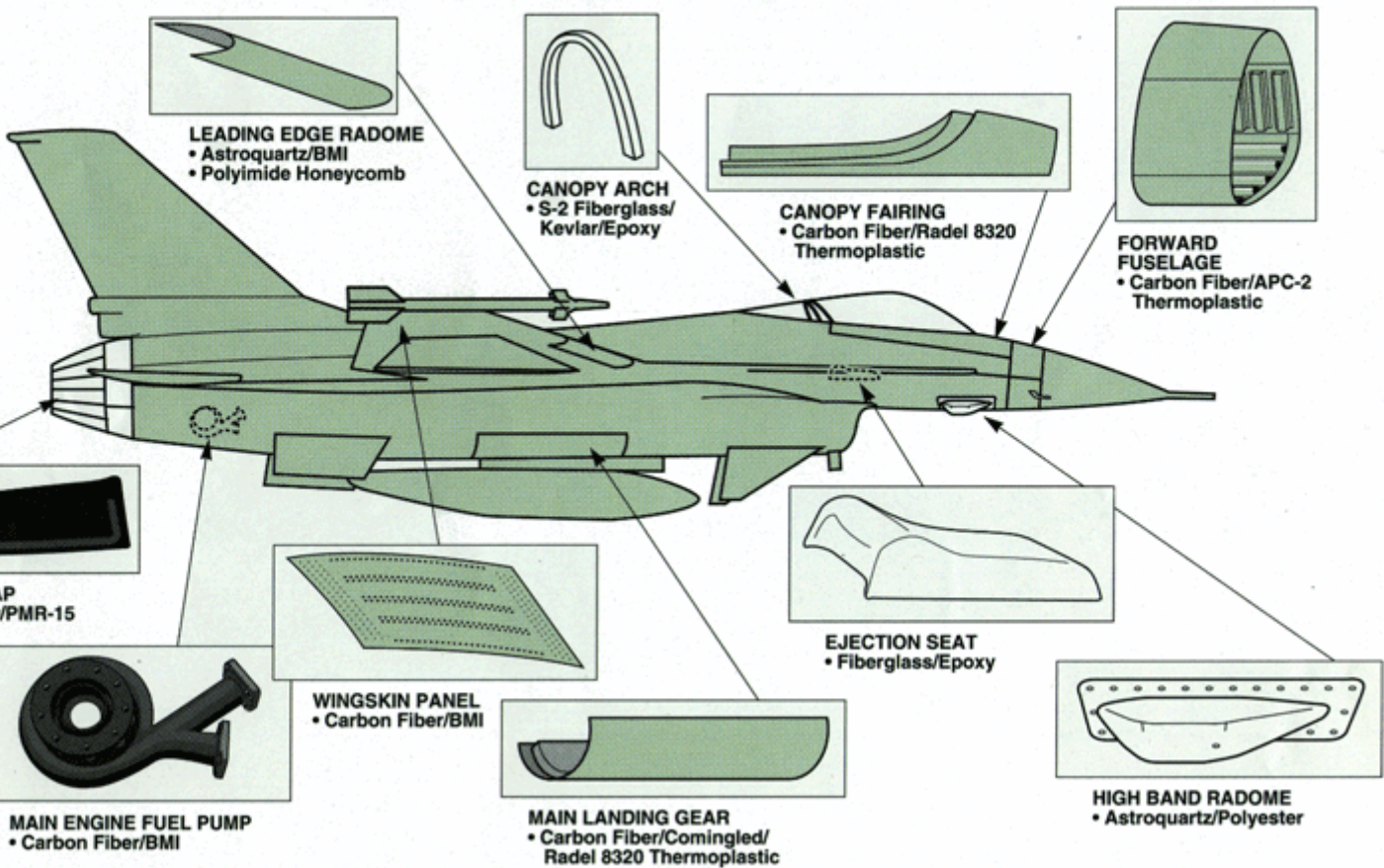
The logo for Cartagena99 features the word "Cartagena99" in a stylized, green, cursive font. The text is set against a light blue background that resembles a map of the city of Cartagena, with a yellow and orange arrow-like shape pointing downwards from the bottom left.

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



Aplicaciones en aviación militar

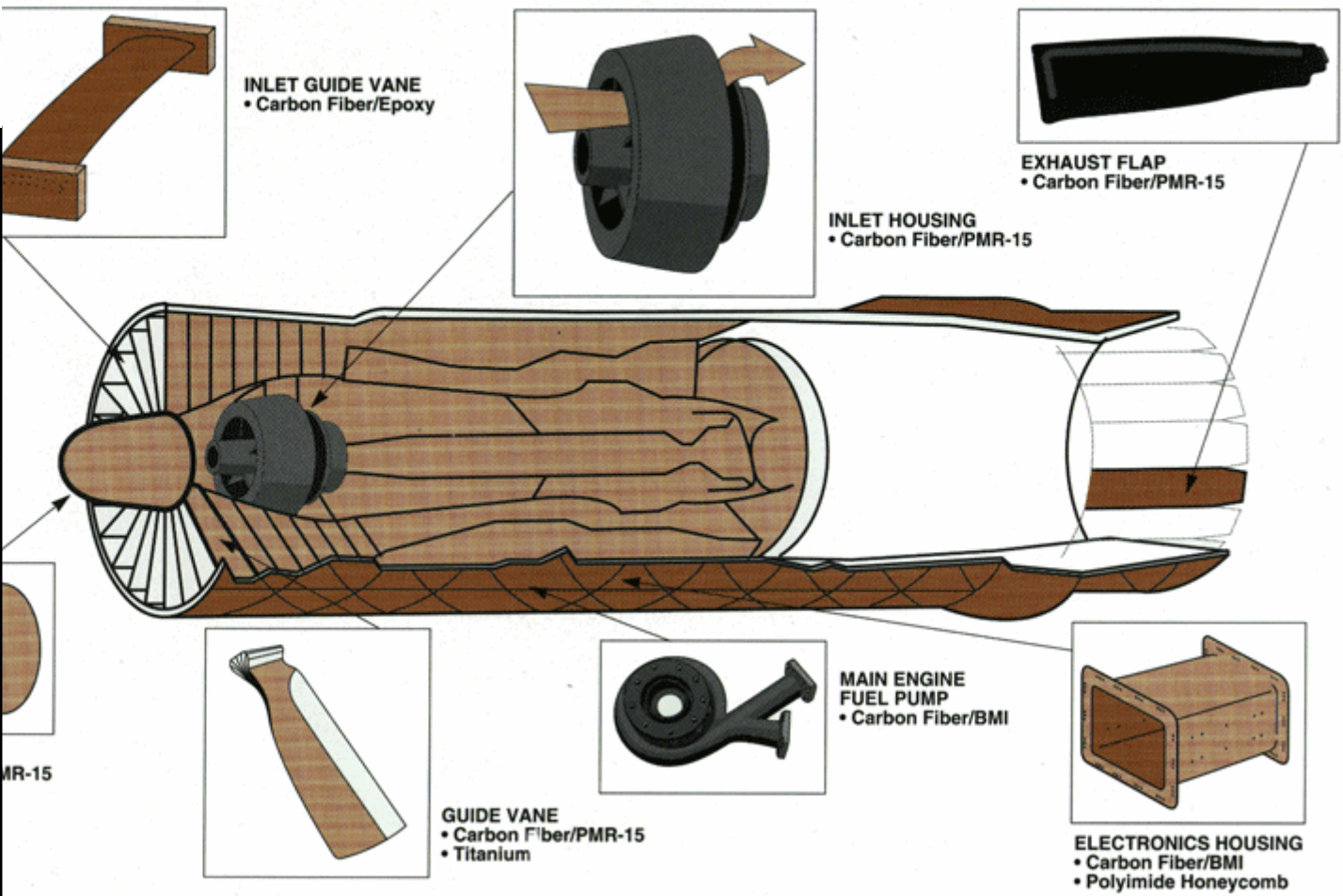


Cartagena99

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

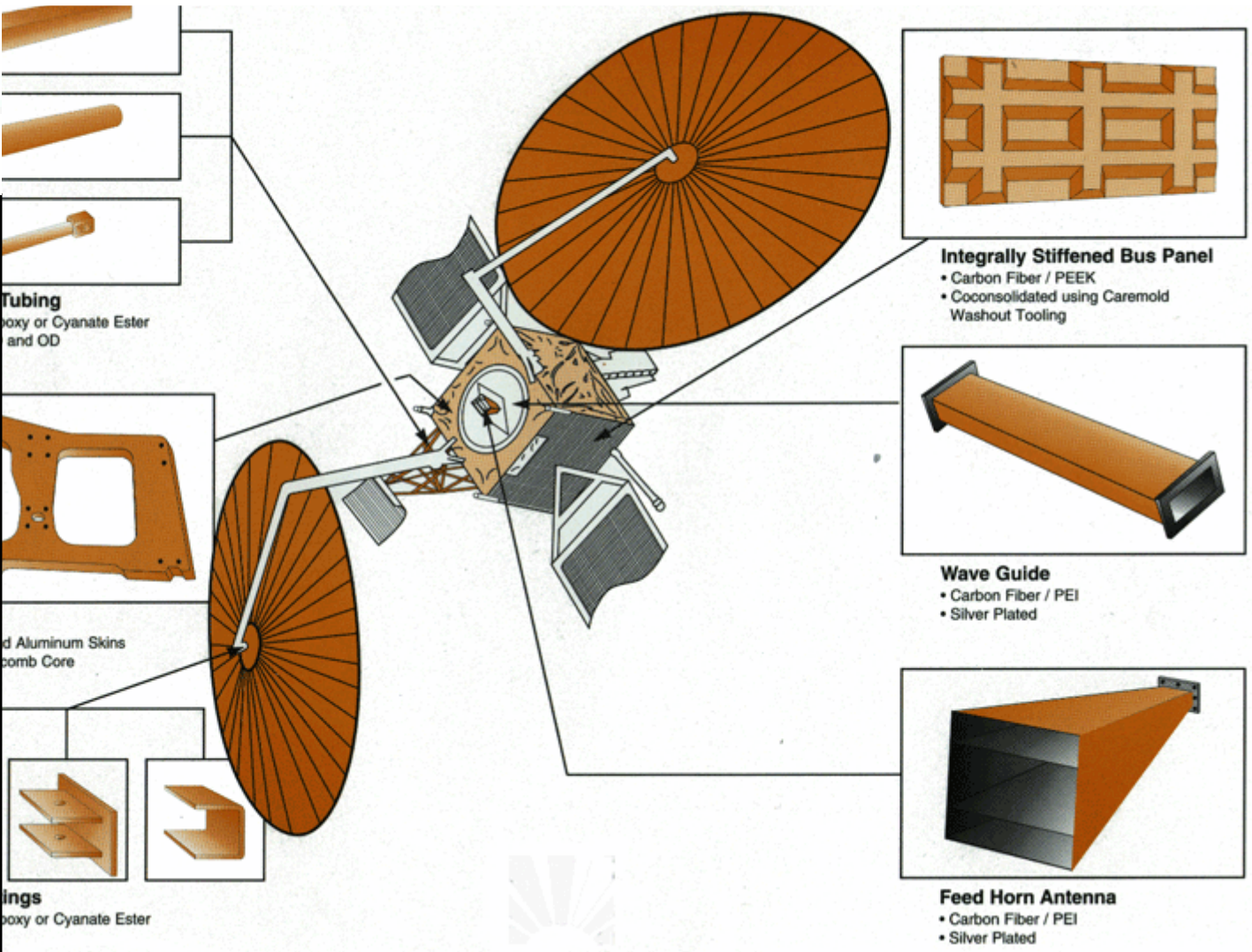


Aplicaciones en turbinas de aviación



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

Aplicaciones en técnica espacial



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



Aplicaciones en bienes de consumo

Cartagena99



bicicleta

bicicleta
(4600 g)



modelo de casco de velero para la
America's cup
(escala 1:15)

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

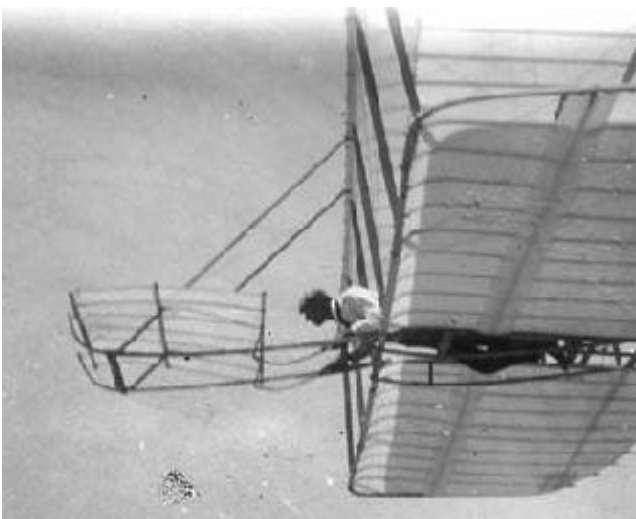


aciones en materiales “inteligentes”

Cartagena99



control de vuelo
por flexión de las alas
(sin alerones)

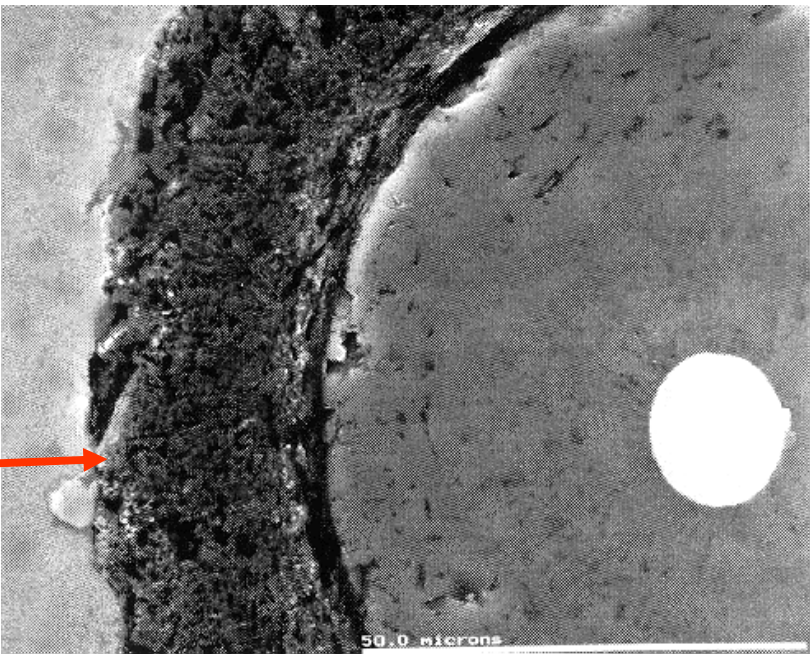
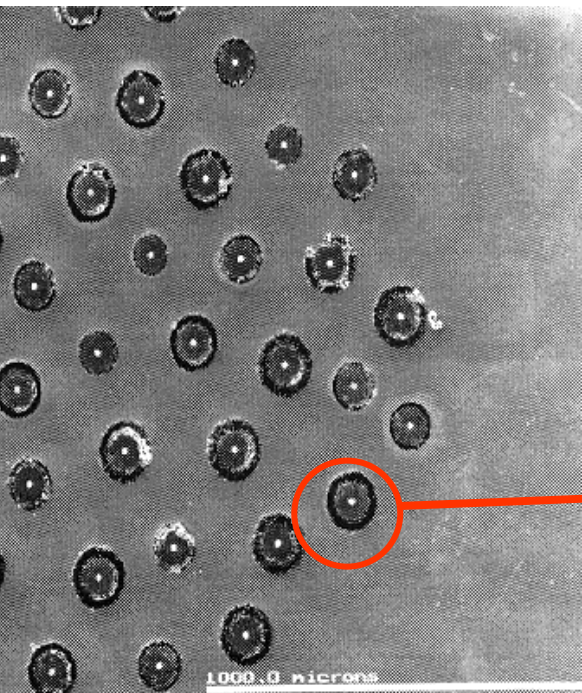


control de vuelo
por flexión de las alas
(sin alerones)

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



ateriales compuestos artificiales

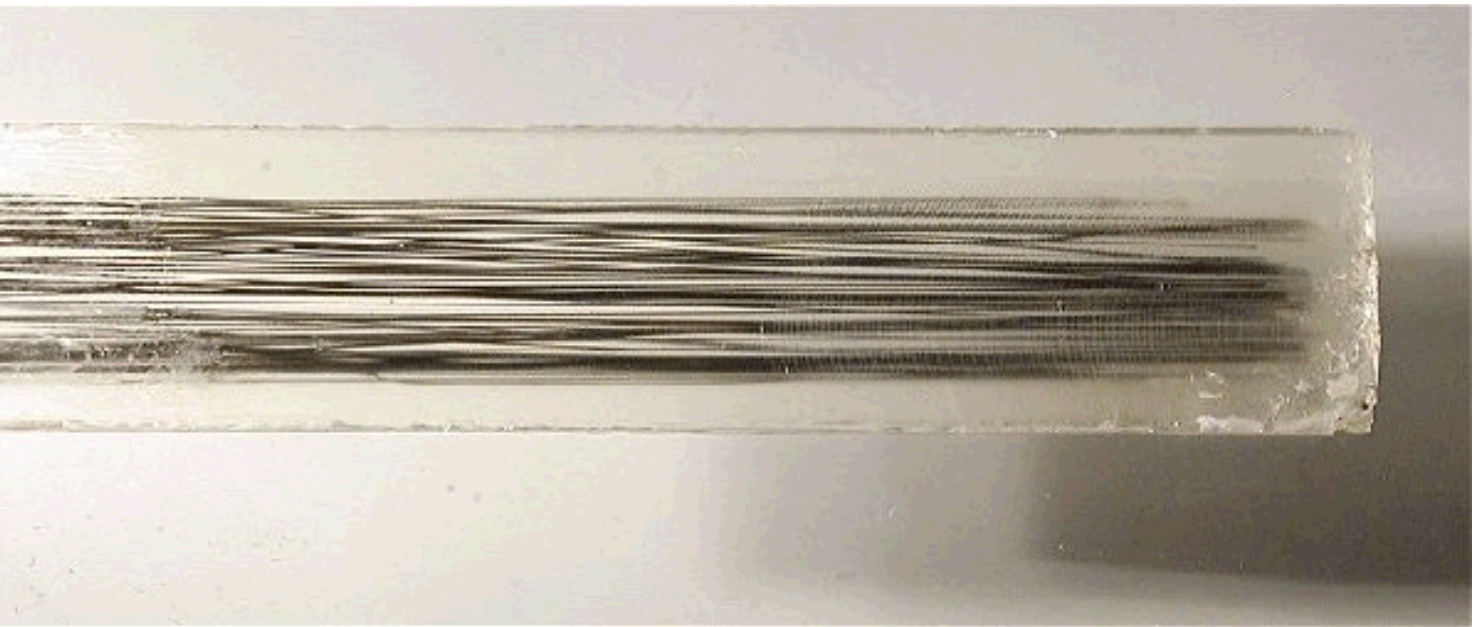


Compuesto de matriz en aleación de Ti con fibras de SiC recubiertas de diamante

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



lateriales compuestos artificiales



**Compuesto de matriz de PMMA con
aprox. 100 fibras de carbono
(100x20x5 mm, compuesto de fibras
orientadas unidireccionalmente) (2005)**

Cartagena99

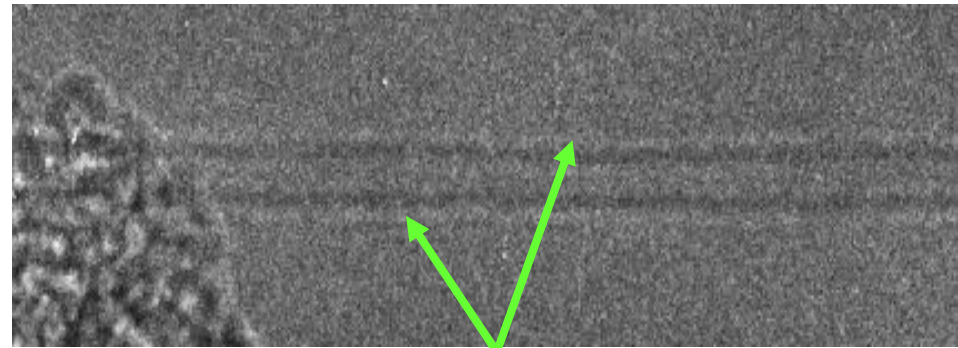
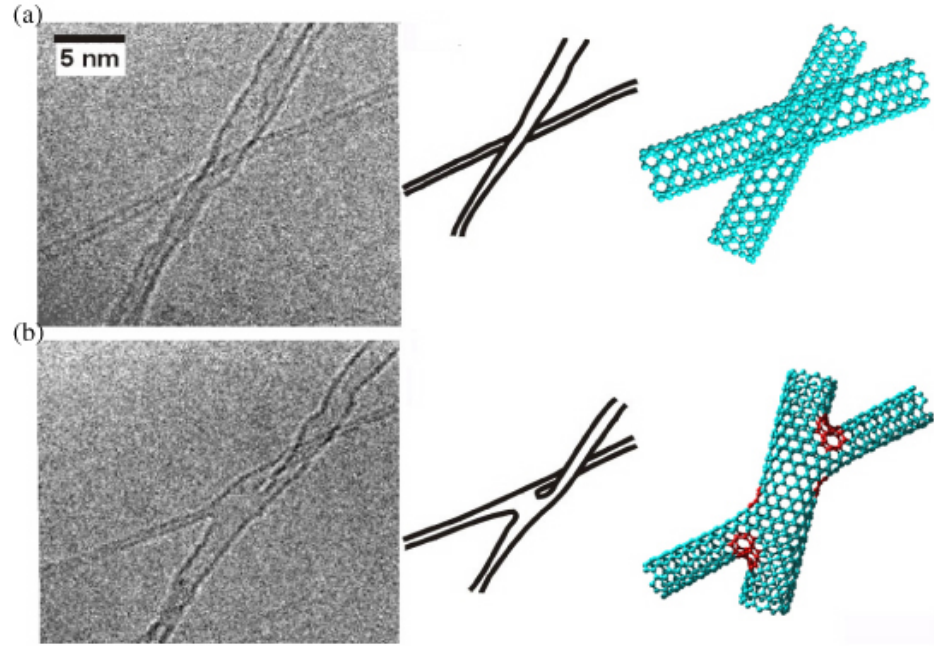
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

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

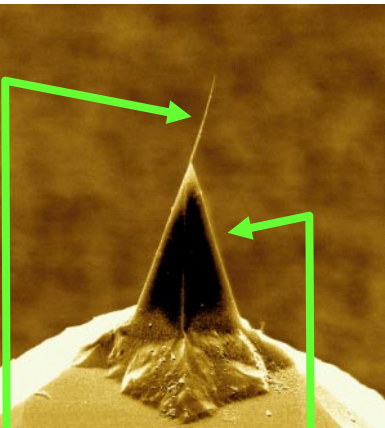


Materiales nanocompuestos

temente empiezan a se **nanotubos** y otros comateriales por sus cionales propiedades mecánicas.



SWNT (Single Wall NanoTube)



otubo sobre punta de n microscopio AFM

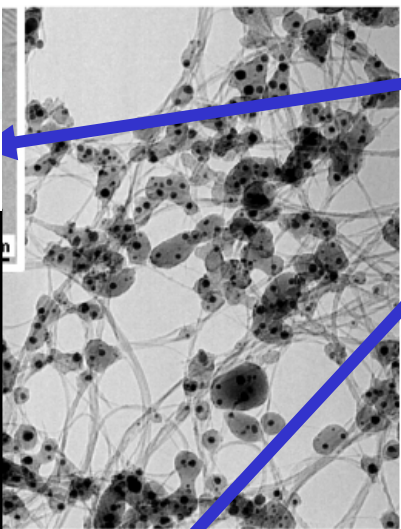
Cartagena99

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

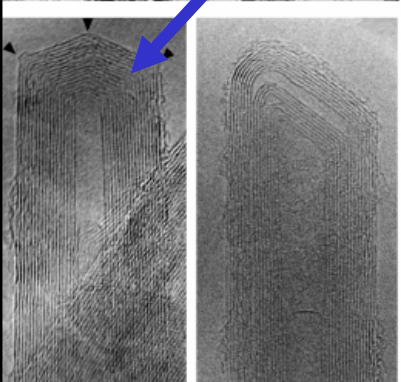


Materiales compuestos

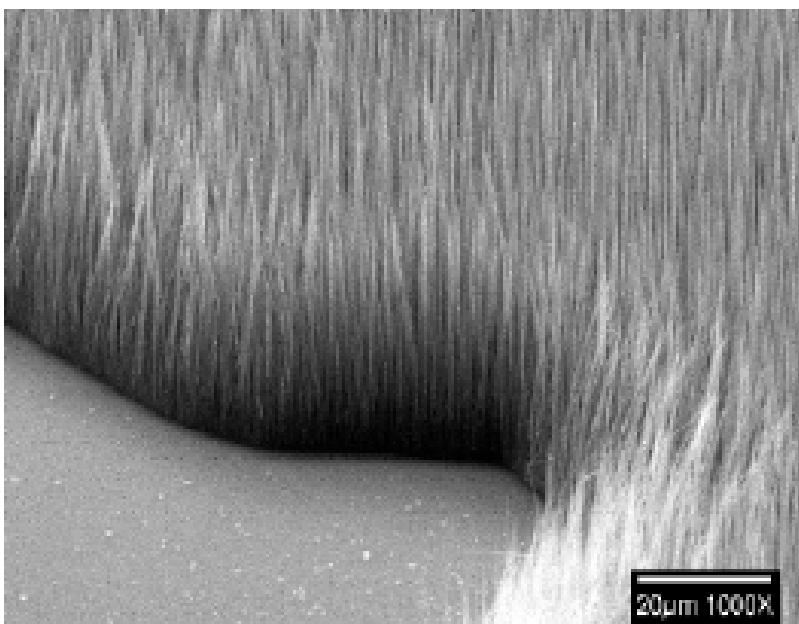
Cartagena99



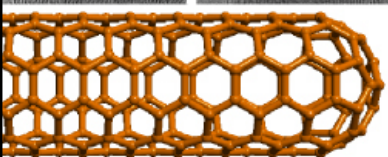
SWNTs en sección



MWNT (Multiple Wall NanoTube)
(grupo de nanotubos encerrados unos dentro de otros formando capas)



“alfombra” de nanotubos



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



Dos puntos esenciales

Desarrollo, diseño, uso, optimización de materiales compuestos hay cuestiones primordiales:

- 1) ***Saber tratarlos como materiales generalmente anisótropos***
- 2) ***Determinar las propiedades del compuesto a partir de las de los componentes (p.ej. matriz y fibra), de su composición y de su estructura (HOMOGENEIZACIÓN)***

The logo for Cartagena99, featuring the word 'Cartagena99' in a stylized, green, cursive font. The text is set against a background of a light blue map of Colombia, with a yellow and orange arrow pointing downwards from the top left.

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



A)

estructura geométrica del material compuesto
(⇒ de sus componentes)
determina sus propiedades

**que para materiales cristalinos, orientados,
etc.**

**clases cristalográficas,
tensores cartesianos,
notación de Voigt, etc.**
str()
etc...

hay que saber usarlas

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



B)

ser complicado

re considerar detalladamente la estructura y la del compuesto

y un procedimiento general

adadamente **es posible acotar** inferior y mente el valor de la mayoría de las propiedades de práctica

Cartagena99

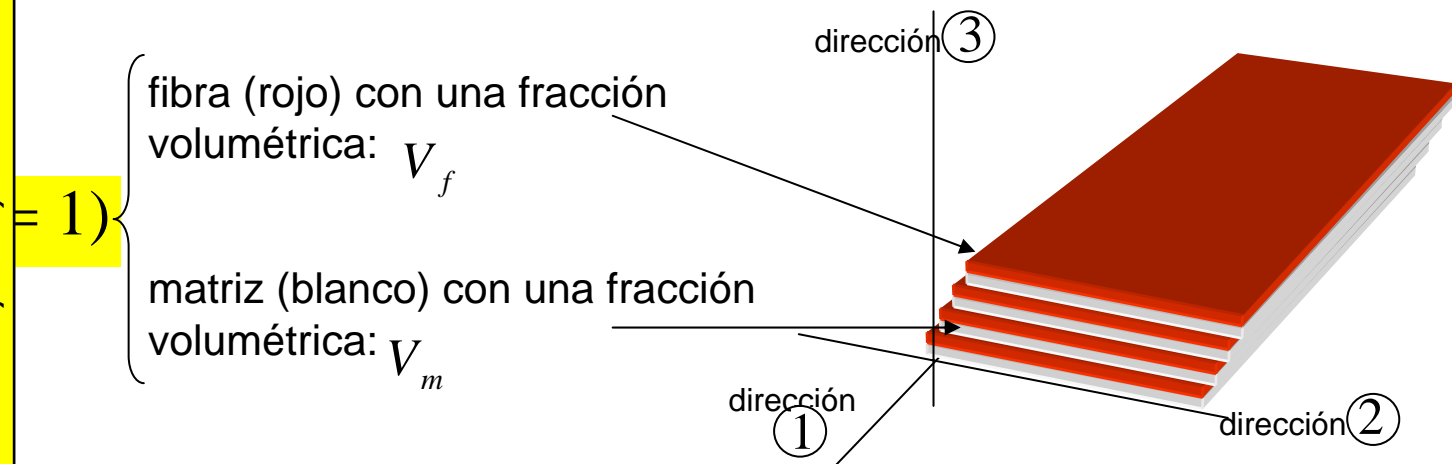
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70
--
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70



Materiales compuestos

Por ejemplo, consideremos un material compuesto por láminas de materiales diferentes con una simetría concreta (∞/mm).

Definimos fracciones volumétricas de cada componente ("matriz" y "fibra") porque se pueden relacionar con dimensiones físicas características del compuesto:



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



ales compuestos: propiedades orden 0

idad del material compuesto a partir de las fracciones
étricas de los componentes es:

$$\rho_c = V_m \rho_m + V_f \rho_f \quad \rightarrow \quad \text{suma de masas}$$

tir de las fracciones máxicas sería:

$$\frac{1}{\rho_c} = \frac{x_m}{\rho_m} + \frac{x_f}{\rho_f} \quad \rightarrow \quad \text{suma de volúmenes}$$

an siempre propiedades extensivas (p. ej. la temperatura
una propiedad extensiva)

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

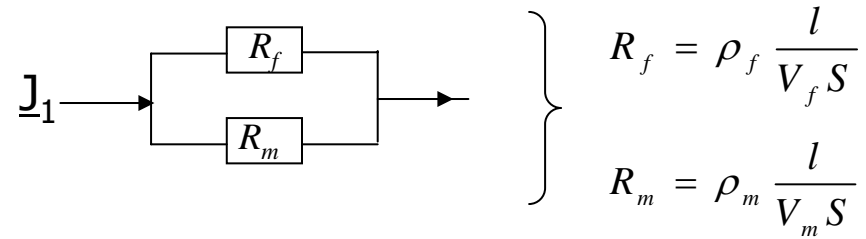
 ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
 CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Materiales compuestos: propiedades orden 2

Propiedades de 2º orden (p. ej. **resistividad eléctrica**)

Queremos determinar dos valores de la matriz $\underline{\underline{\rho}} = \begin{pmatrix} \rho_{11} & 0 & 0 \\ 0 & \rho_{11} & 0 \\ 0 & 0 & \rho_{33} \end{pmatrix}$

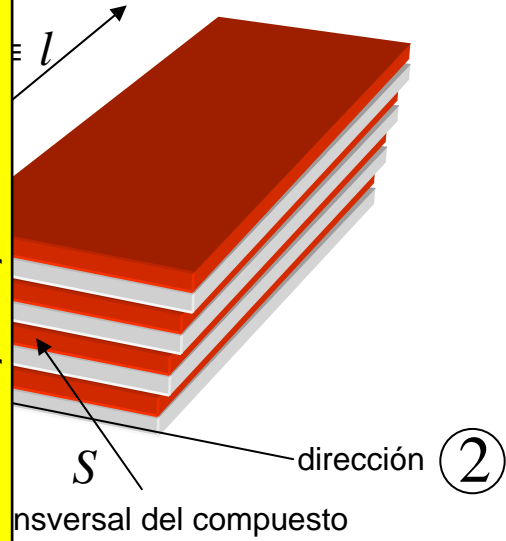
Establecemos una densidad de corriente \underline{J}_1 en dirección 1, los componentes estarán en paralelo:



$$\frac{1}{R_c} = \frac{1}{R_f} + \frac{1}{R_m} \Rightarrow \frac{1}{\rho_c \frac{l}{S}} = \frac{1}{\rho_f \frac{l}{V_f S}} + \frac{1}{\rho_m \frac{l}{V_m S}}$$

es decir:

$$\frac{1}{(\rho_c)_{11}} = \frac{1}{\rho_f} V_f + \frac{1}{\rho_m} V_m$$



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

ales compuestos: propiedades orden 2

cción 3 los dos componentes están en serie:

$$R_f = \rho_f \frac{V_f l}{S}$$

$$R_m = \rho_m \frac{V_m l}{S}$$

$$R_c = R_f + R_m \Rightarrow \rho_c \frac{l}{S} = \rho_f \frac{V_f l}{S} + \rho_m \frac{V_m l}{S}$$

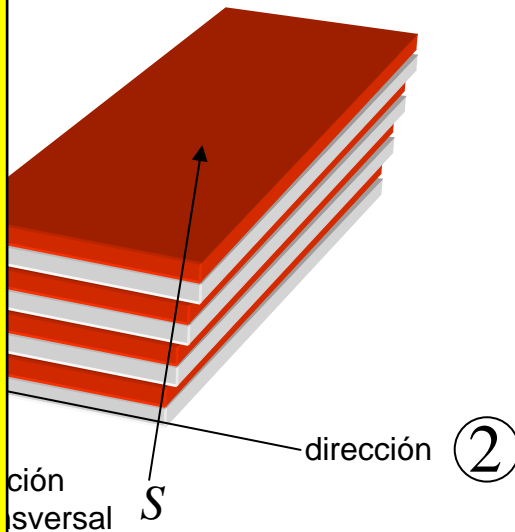
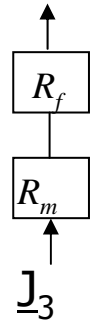
es decir:

$$(\rho_c)_{33} = \rho_f V_f + \rho_m V_m$$

Si la dirección 2 es equivalente a la 1, la resistividad eléctrica de este material compuesto, expresada en los ejes del dibujo, es:

$$\underline{\underline{[\rho_c]}} = \begin{pmatrix} (\rho_c)_{11} & 0 & 0 \\ 0 & (\rho_c)_{11} & 0 \\ 0 & 0 & (\rho_c)_{33} \end{pmatrix}$$

Y para esta propiedad de segundo orden, el material se comporta (y se diseña) igual que un material cristalino tetragonal.



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



ales compuestos: propiedades orden 2

o **particular** anterior, si aplicamos una diferencia de potencial en **l o 2**, tenemos una situación de **isogradiante** (matriz y fibra a igual e potencial; la intensidad de corriente a través de cada componente

os una diferencia de potencial en **dirección 3**, tenemos una **isoflujo** (el flujo de electrones es el mismo a través de matriz y diferencia de potencial a través de cada componente es diferente)

diante se suman ponderadamente las conductividades eléctricas

o se suman ponderadamente las resistividades eléctricas

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



ales compuestos: propiedades orden 2

Conceptos de "isogradiante" e "isoflujo" se aplican de modo inmediato a otras propiedades de 2º orden (típicamente de transporte o de no-equilibrio)

generalizado = - **coeficiente fenomenológico** x **gradiente**

átomos/(m ² ·s)	$\underline{\underline{D}}$ m ² /s	$\underline{\nabla}C$	(átomos/m ³)/m
W/m ² , J/m ² ·s	$\underline{\underline{k}}$ W/m.K	$\underline{\nabla}T$	K/m
V/m ² , C/m ² ·s	$\underline{\underline{\sigma}}$ S.m	$\underline{\nabla}V$	V/m

$$\underline{\underline{-D}} \cdot \underline{\nabla}C$$

$$\underline{\underline{q}} = -\underline{\underline{k}} \cdot \underline{\nabla}T$$

$$\underline{\underline{J}} = -\underline{\underline{\sigma}} \cdot \underline{\nabla}V$$

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



ales compuestos: propiedades orden 2



$\underline{\underline{D \cdot \nabla C}}$
$\underline{\underline{k \cdot \nabla T}}$
...
$\underline{\underline{\rho \cdot \nabla V}}$

isogradiante => suma ponderada de D, k, σ

isoflujo => suma ponderada de las inversas de D, k, σ

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



análisis análogo se realiza para
propiedades de 4º orden: complianza y rigidez
estica,
condiciones de isodeformación e
esfuerzo

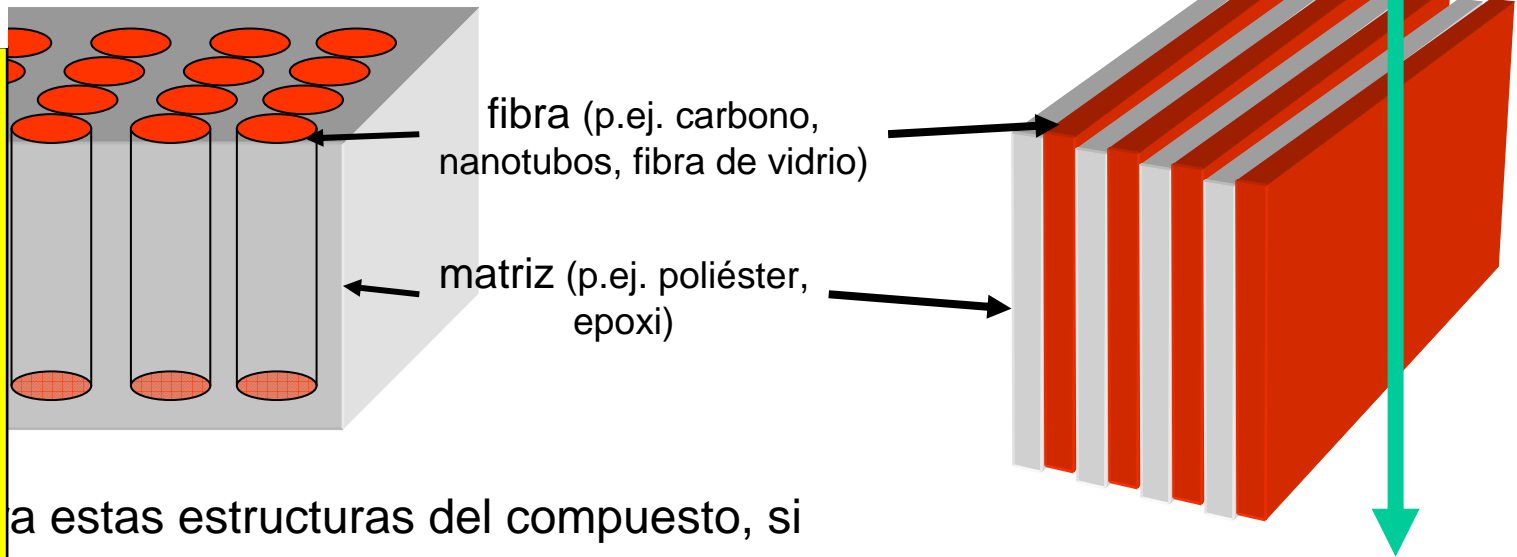
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70
--
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70



Composites: propiedades orden 4

Condiciones de isodeformación en materiales con distintas

geometrías:



Para estas estructuras del compuesto, si

- la adherencia entre refuerzo y matriz es buena,
- la tracción tiene lugar en la dirección del eje de la fibra o a lo largo del plano de las láminas de refuerzo,

matriz y fibra sufren la misma deformación pero diferentes esfuerzos (isodeformación)

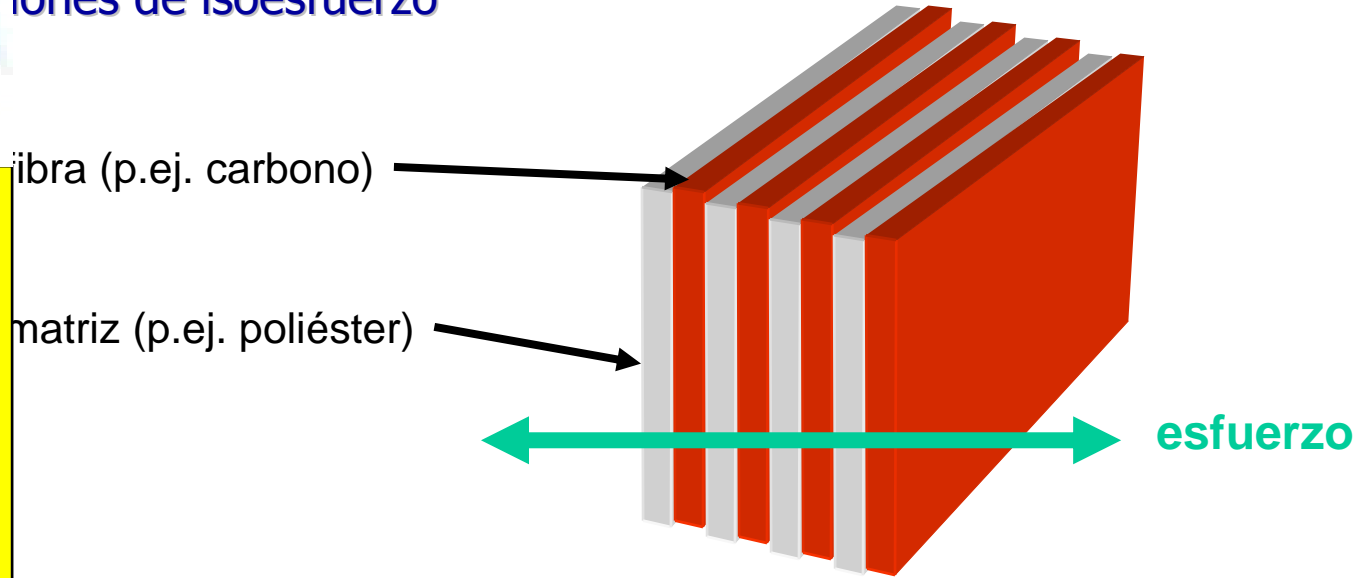
Cartagena99

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



Composites compuestos: propiedades orden 4

Tipos de isoesfuerzo



Dada esta estructura del compuesto, si

- la adherencia entre refuerzo y matriz es buena,
- la tracción tiene lugar perpendicularmente al plano de las láminas de refuerzo,

matriz y fibra sufren el mismo esfuerzo pero diferentes deformaciones (isoesfuerzo)

Cartagena99

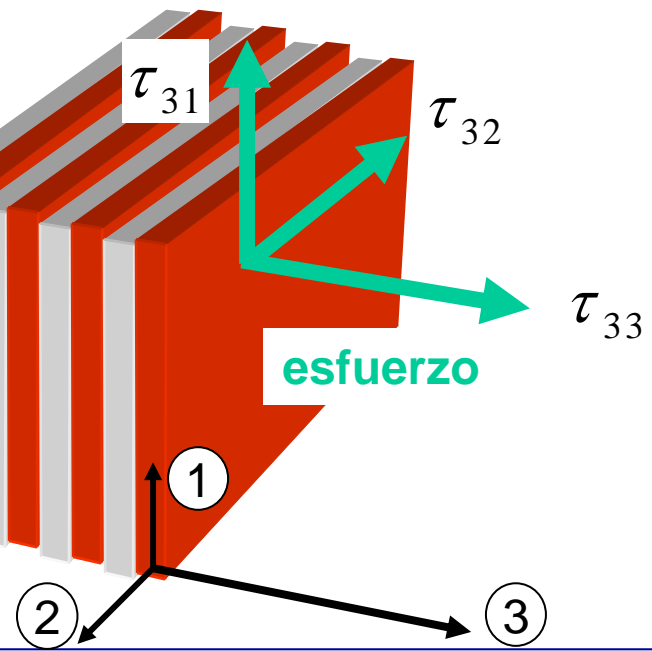
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70



Materiales compuestos: propiedades orden 4

En general, todas las componentes del esfuerzo y la deformación son activas (extensión, compresión, cortadura) y el comportamiento mecánico del compuesto no puede representarse por medio de dos parámetros (módulo de Young, módulo de cortadura¹) sino por medio de la complianza o de la rigidez, que son propiedades tensoriales de 4º orden.

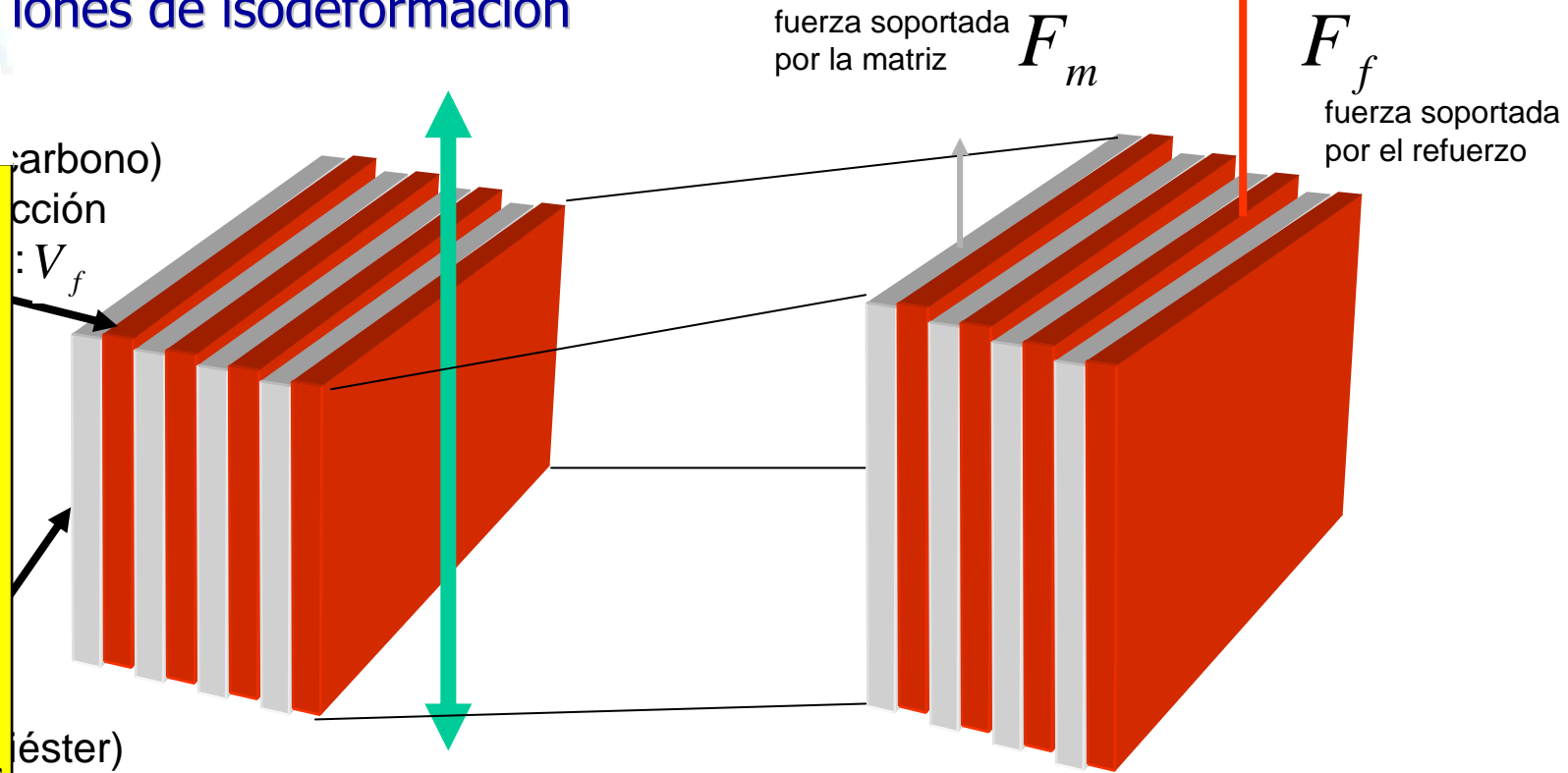
Fibra (p.ej. carbono)
 Matriz (p.ej. poliéster)
 El comportamiento elástico de un material se describe por varias sólo dos constantes, p.ej. los módulos de Young E y de cortadura G , o las constantes



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

Composites compuestos: propiedades orden 4

condiciones de isodeformación



$$\epsilon_m = \epsilon_f$$

elongación igual para los dos (o más) componentes

$$V_m + V_f = 1$$



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: propiedades orden 4

Condiciones de isodeformación

$$\varepsilon_f \Rightarrow \frac{\tau_m}{E_m} = \frac{\tau_f}{E_f} \Rightarrow \frac{F_m}{A_m E_m} = \frac{F_f}{A_f E_f} \Rightarrow \frac{F_m}{V_m E_m} = \frac{F_f}{V_f E_f}$$

$$\varepsilon_f = \varepsilon_m \Rightarrow \frac{\tau_c}{E_c} = \frac{F_c}{1 \cdot E_c} = \frac{F_f + F_m}{E_c} = \frac{\varepsilon_c V_f E_f + \varepsilon_c V_m E_m}{E_c}$$

de donde:

$$E_c = V_f E_f + V_m E_m$$

Es decir, el módulo elástico del compuesto en isodeformación es la media ponderada de los módulos elásticos de las componentes individuales (donde el factor de ponderación es la fracción volumétrica de los componentes).

También puede expresarse como:

La rigidez del conjunto es la suma ponderada de las rigideces de los componentes)

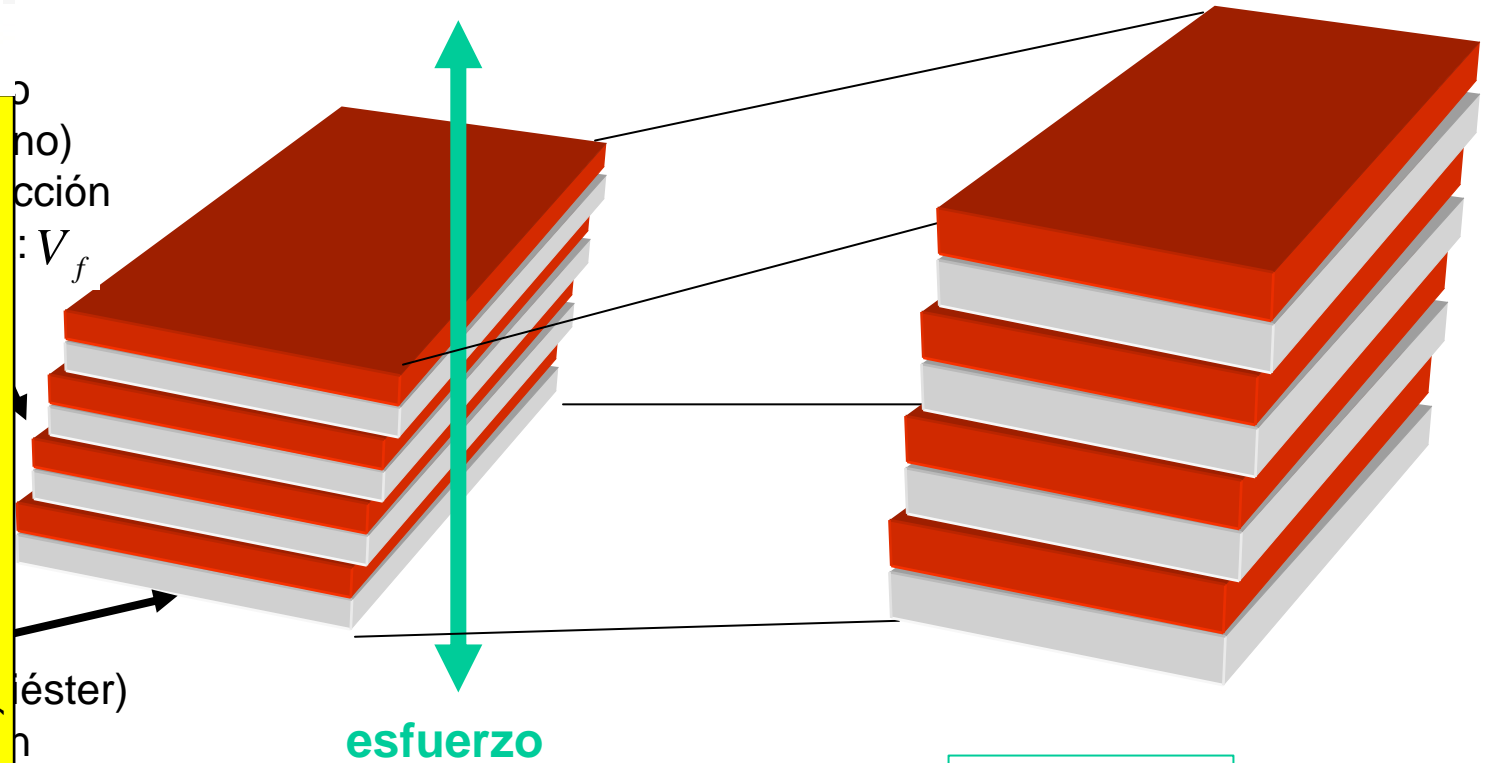
Regla de mezcla de Voigt

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

Composites compuestos: propiedades orden 4

condiciones de isoesfuerzo



$$\tau_m = \tau_f$$

esfuerzo igual para los dos (o más) componentes

$$V_f = 1$$



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: propiedades orden 4

condiciones de isoesfuerzo, razonando análogamente:

de donde:

$$\frac{1}{E_c} = V_f \frac{1}{E_f} + V_m \frac{1}{E_m}$$

El módulo de Young se le denomina complianza elástica.

Es decir, **la complianza elástica del compuesto en isoesfuerzo es la media ponderada de las complianzas elásticas de las componentes individuales** (factor de ponderación es la fracción volumétrica de los componentes).

También puede expresarse como:

La complianza del conjunto es la suma ponderada de las complianzas de los componentes)

Regla de mezcla de Reuss

Existe una analogía entre isodeformación e isogradiente, y entre isoesfuerzo e isoflujo

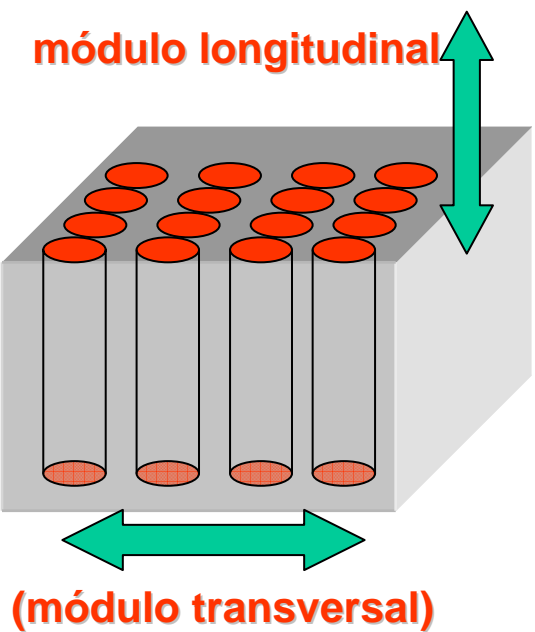
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

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



Materiales compuestos

mismo material tiene módulos elásticos diferentes en diferentes direcciones



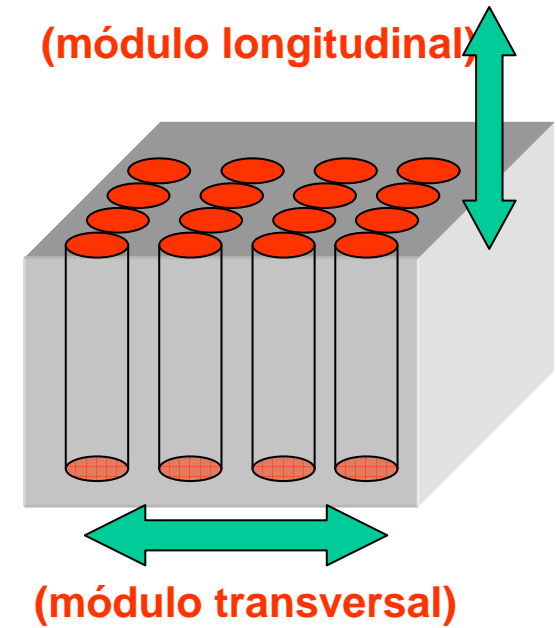
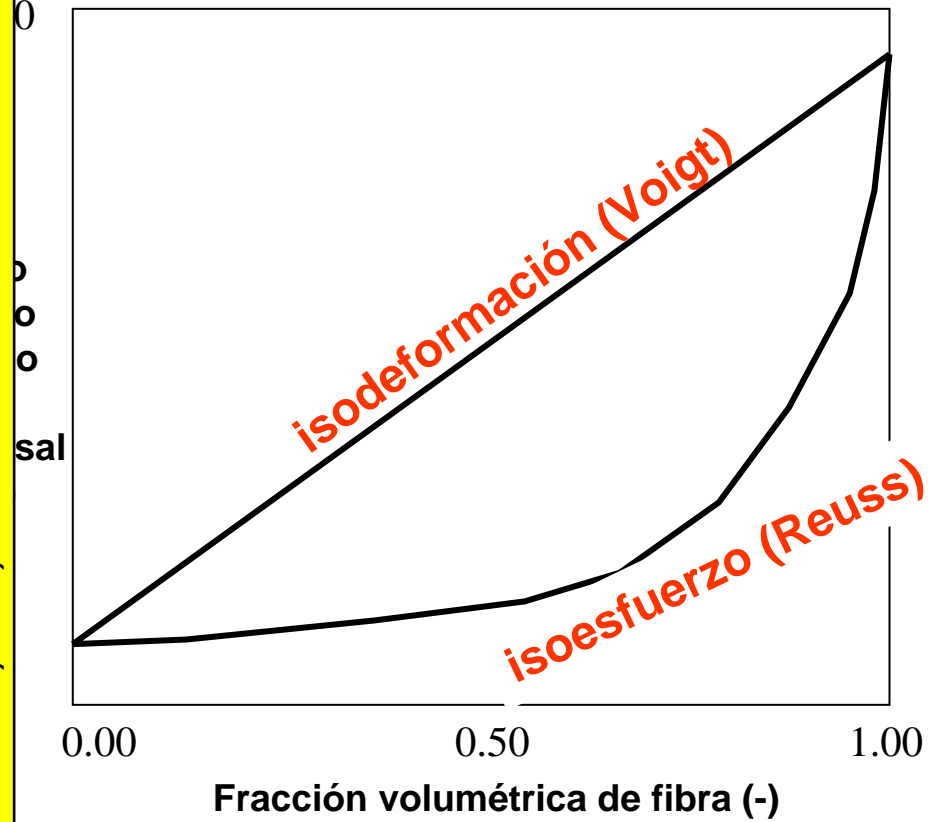
Cartagena99

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

Las reglas de mezcla de Voigt y Reuss representan cotas superior e inferior respectivamente para el módulo elástico de un compuesto:



Cartagena99

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

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



Materiales compuestos

El mismo ocurre con todas las propiedades del material que sean direccionales:

**El mismo material compuesto
puede tener propiedades
muy diferentes
en diferentes direcciones**

The logo for Cartagena99, featuring the word "Cartagena99" in a stylized, green, cursive font. The text is positioned above a blue and orange graphic element that resembles a stylized '9' or a flame-like shape.

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

La regla de mezcla a usar para determinar la propiedad del compuesto en una dirección será tipo Voigt o bien Reuss.

La regla de mezcla que se debe usar está por determinar por la morfología del compuesto (orientación de las fibras o de las láminas).

Si es aplicable ninguna de las dos, se utilizará la regla de Hill: la media aritmética entre los valores de aplicar Reuss y Voigt.

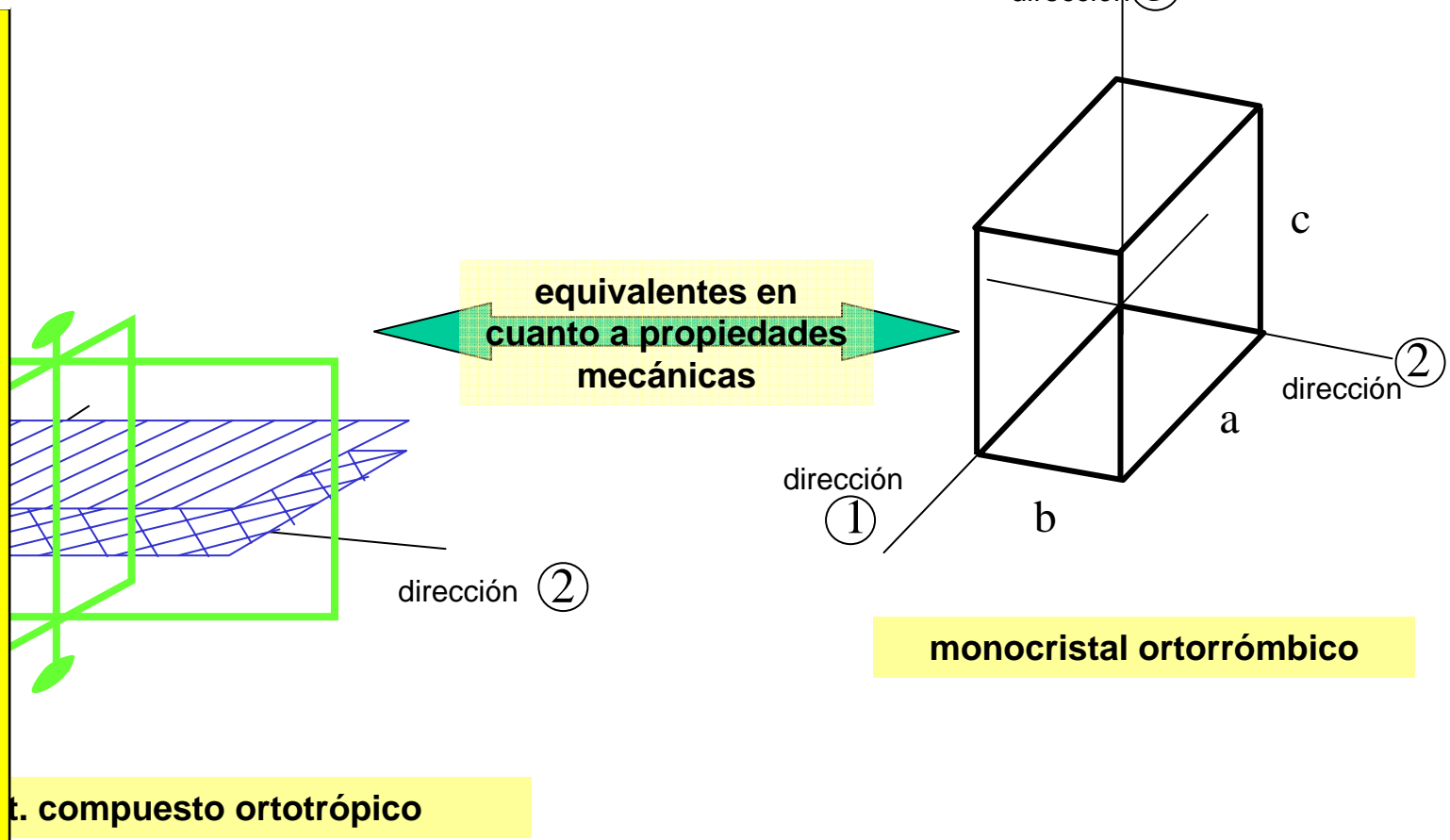


CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70
--
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70



Materiales compuestos

Las propiedades de materiales compuestos obedecen a las mismas reglas que se aplican a los monocristales y materiales poliméricos orientados (p.ej. fibras estiradas o películas mono- o biorientadas).



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

yoría de **las propiedades** de los materiales compuestos **den de la simetría estructural** del compuesto (es decir, de está construido).

los elementos de simetría del material compuesto, éste se **a una clase cristalográfica** determinada.

en todas las clases cristalográficas son conocidas las **estructuras matrices** que representan las propiedades del material

(⇒ 02_01_02.pdf)

Métodos aplicables para materiales cerámicos y poliméricos
Estos métodos son directamente aplicables para los mat. compuestos.

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