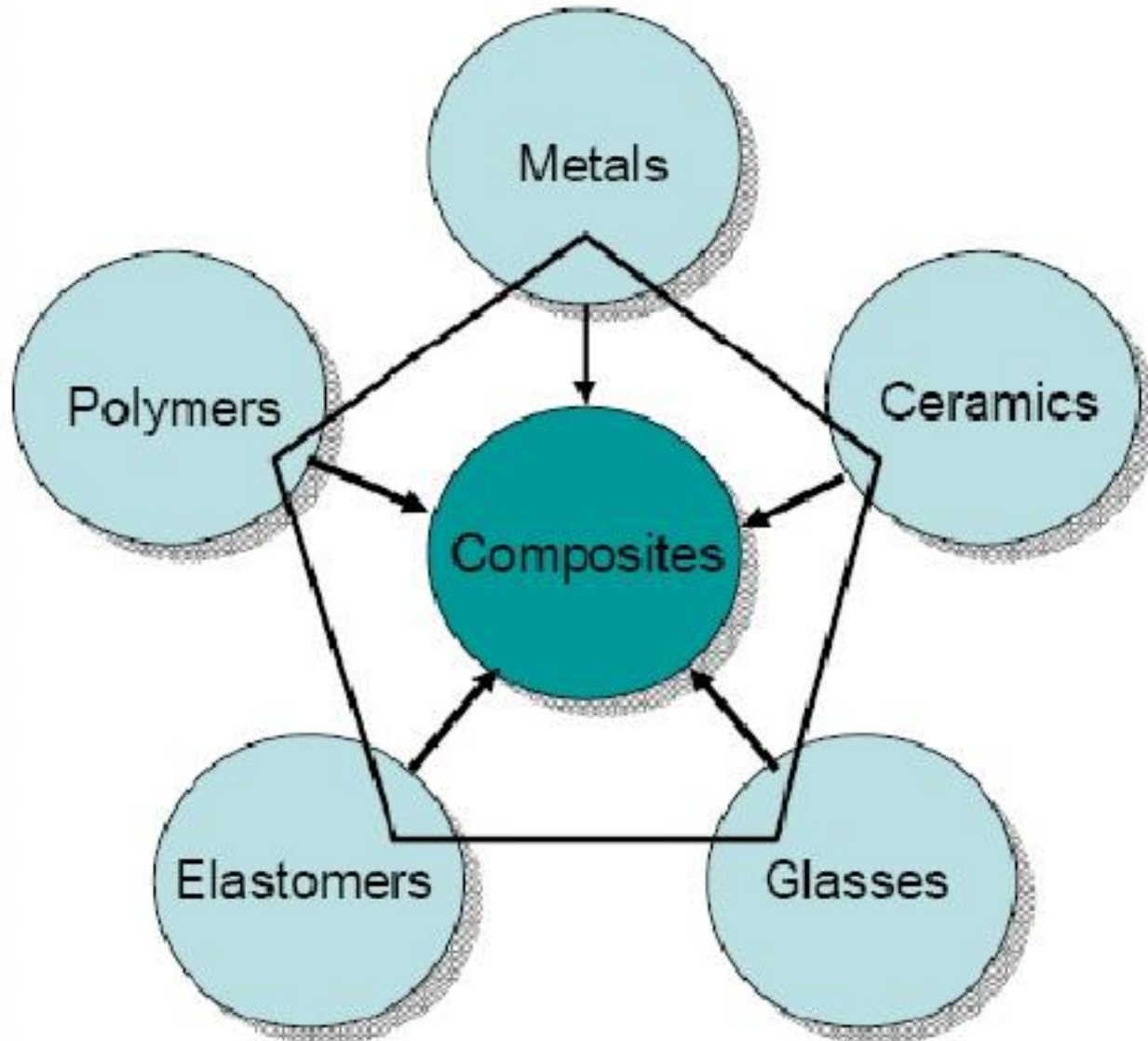


COMPUESTOS

Julio Alberto Aguilar Schafer

En los compuestos, la unión entre la matriz y el refuerzo, es una unión física y no química

MATERIALES COMPUESTOS



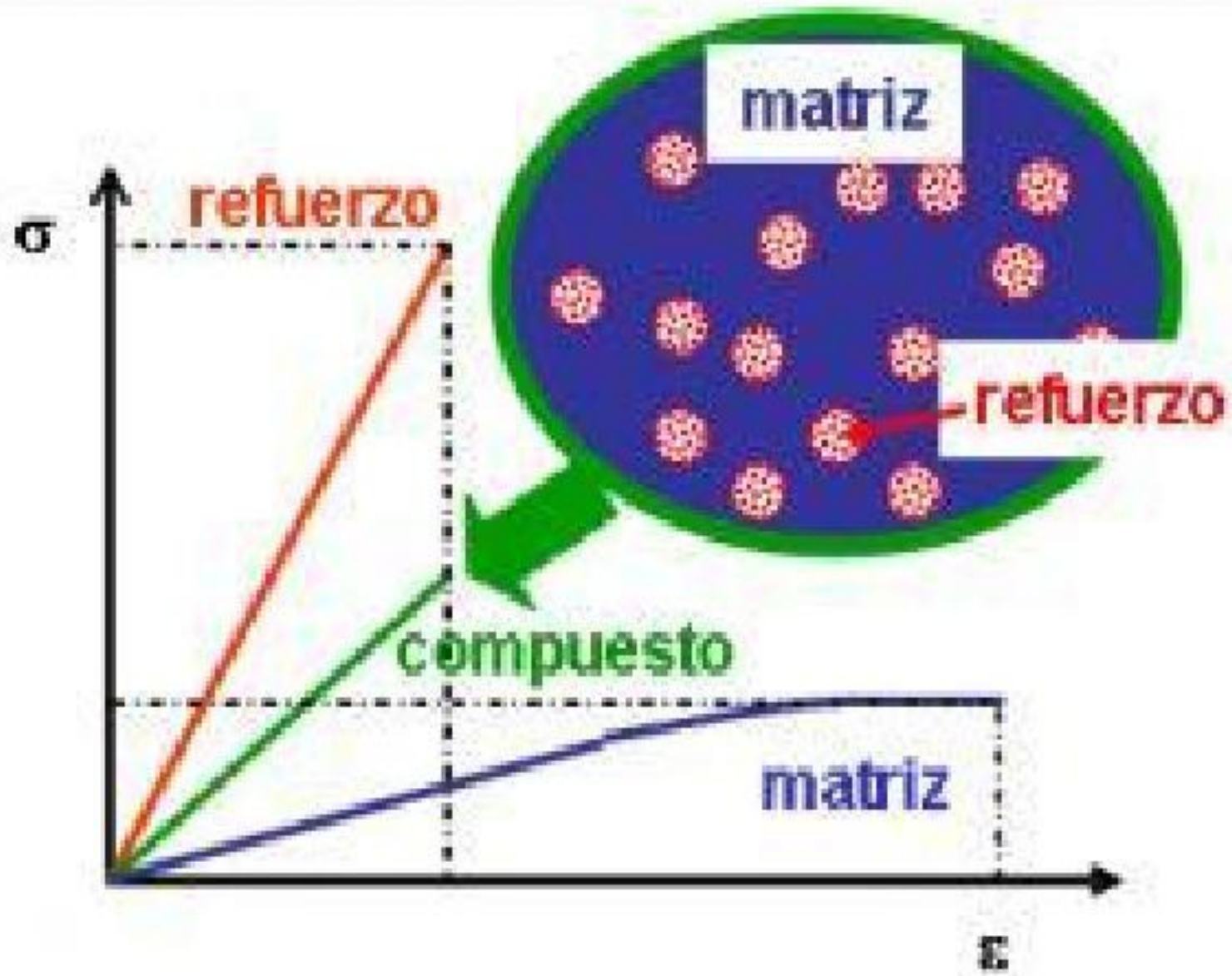
Matrices y Refuerzos

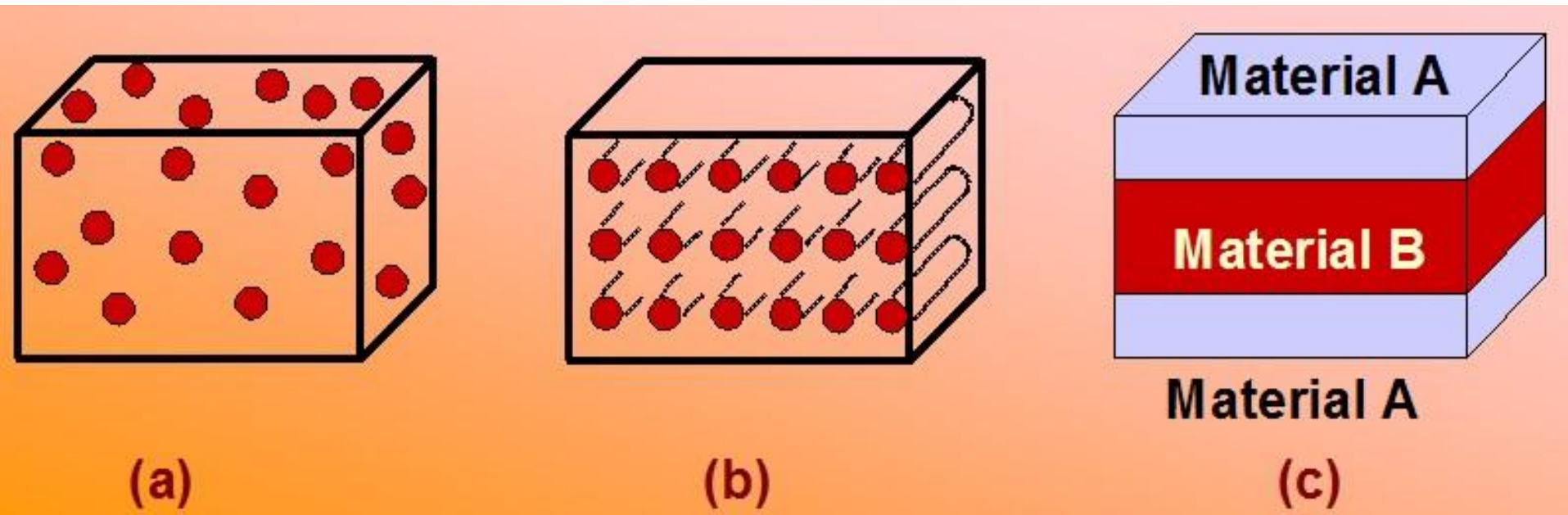
Matrices

- **Metálicas**
- **Cerámicas**
- **Poliméricas**
 - fenólicas
 - uréicas
 - melaminas
 - poliésteres
 - epoxídicas

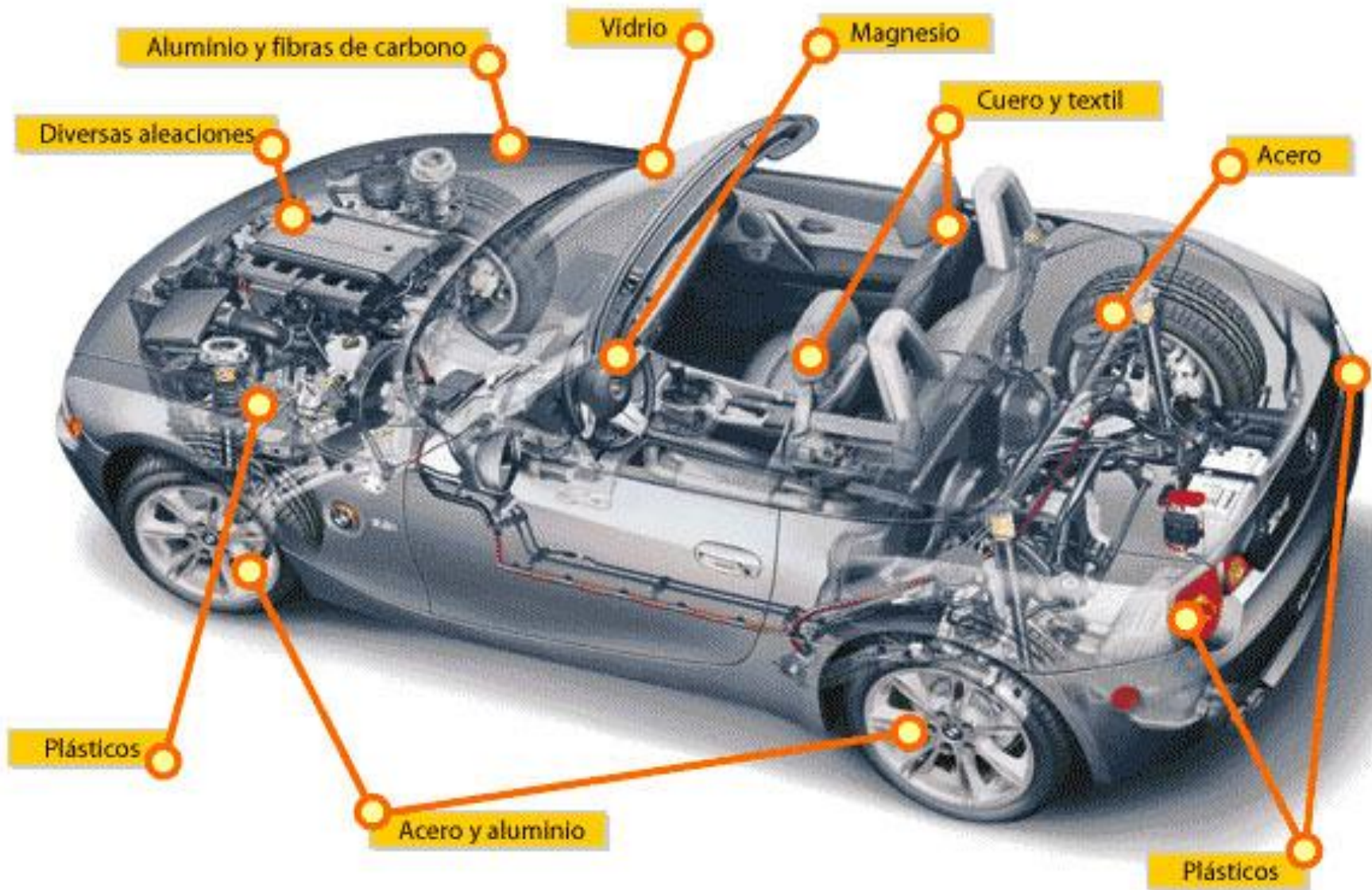
Refuerzos

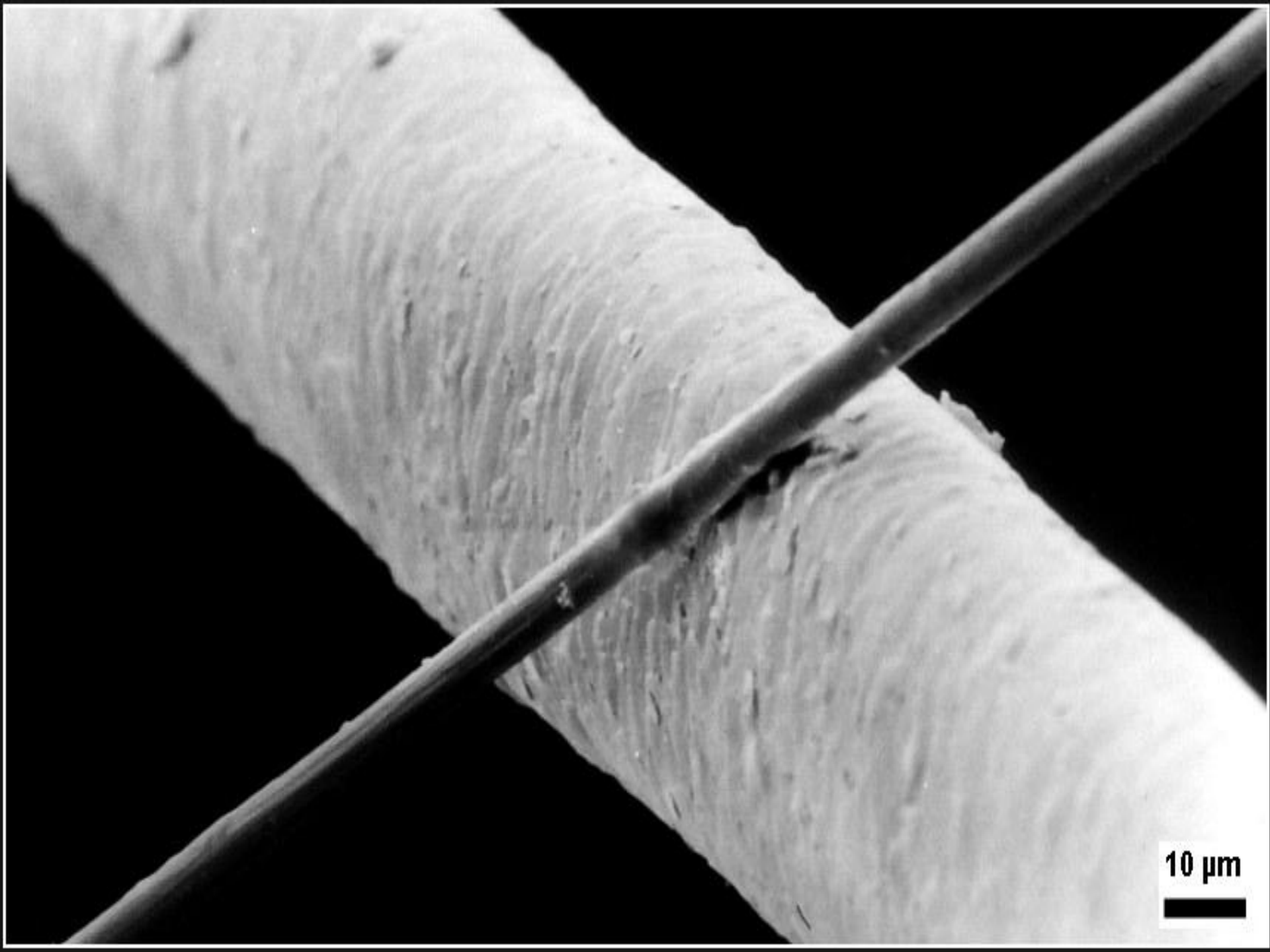
- **Partículas**
 - submicroscópicas
 - microscópicas
 - macroscópicas
- **Fibras**
 - tejido
 - lineales
 - fraccionadas
- **Laminares**





Comparación de los tres tipos de materiales compuestos.
a) Con partículas. b) Con fibras. c) Laminares

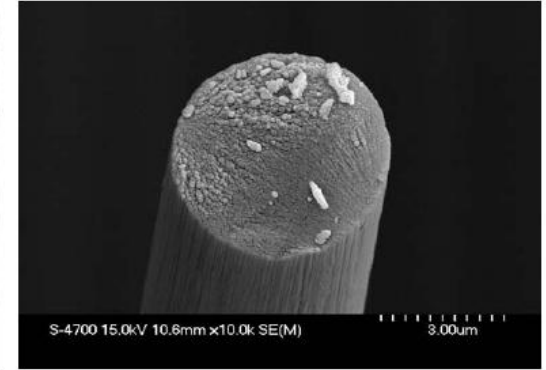
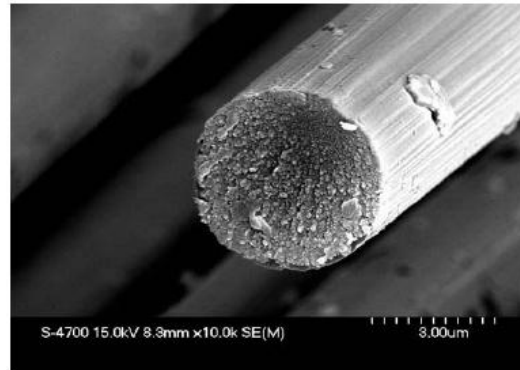
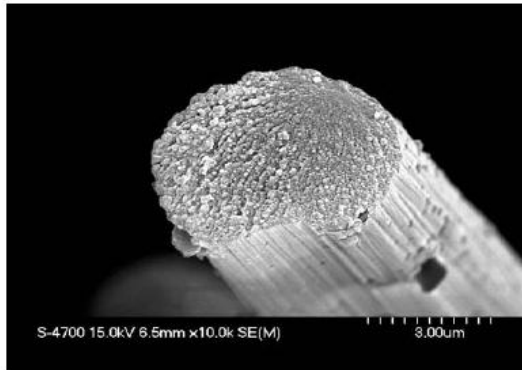




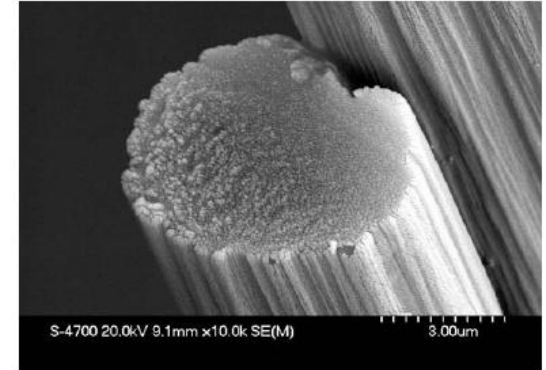
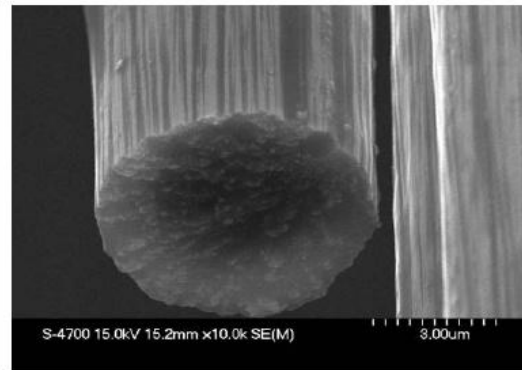
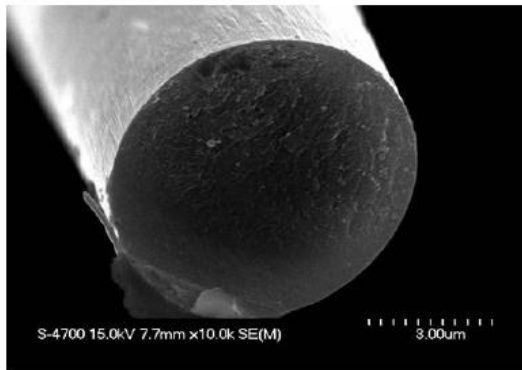
10 μm



Fibras de carbono. Morfología



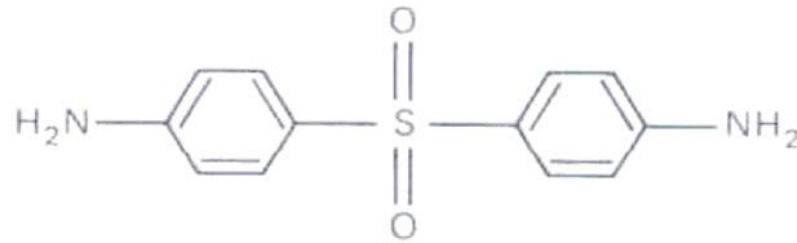
Fibras de módulo intermedio



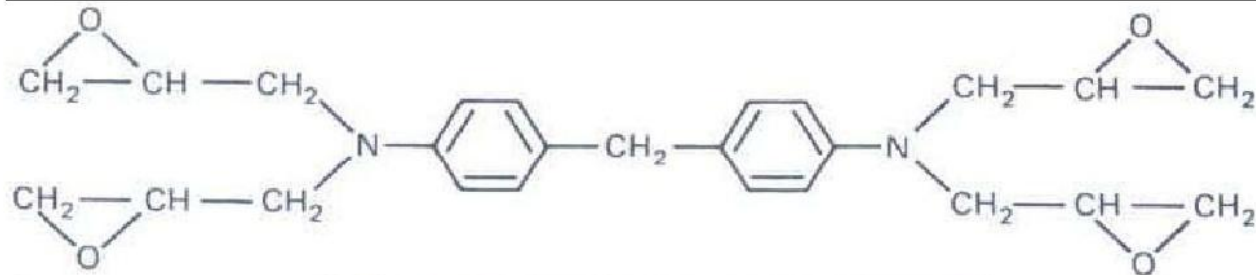
Fibras de módulo estándar



Materiales compuestos de matriz orgánica reforzados con fibras



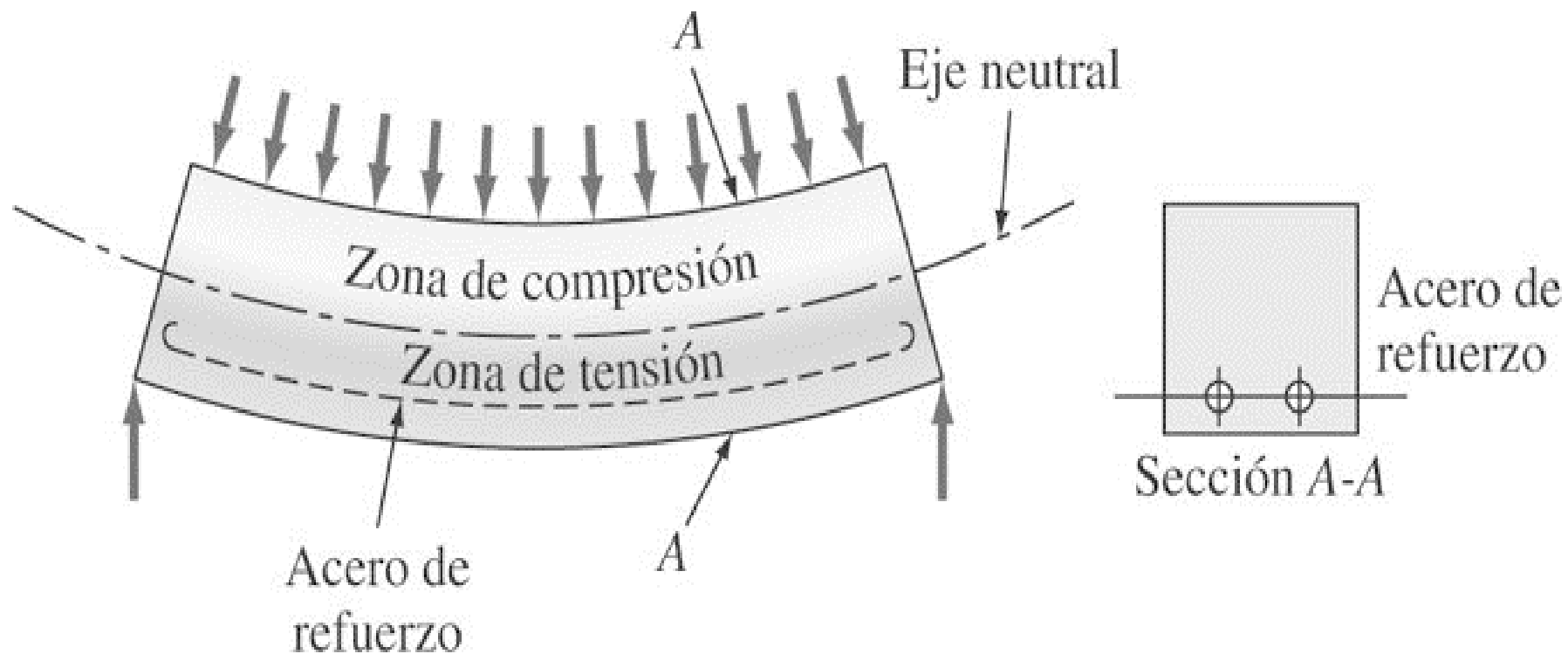
4, 4'-diaminodiphenylsulfone (DDS)



Tetraglycidylmethylenedianiline (TGMDA)



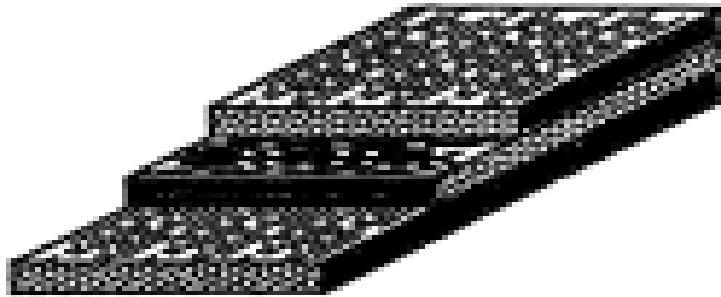
•Matriz de Resinas termoestables: epoxídicas(resinas base)
Generalmente consisten en una molécula intermedia que
contiene almenos dos grupos reactivos epoxis.





Estereomicrografía de un compuesto biodegradable
de almidón y sisal Procesamiento

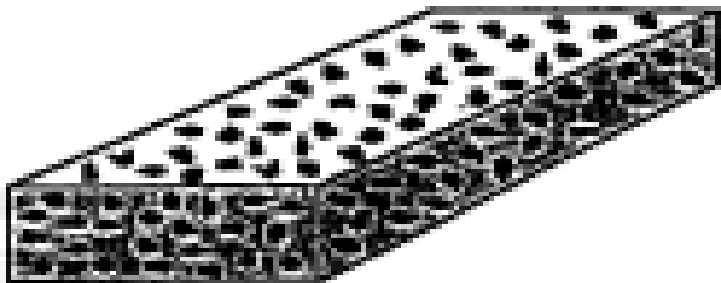
Tipos de compuestos



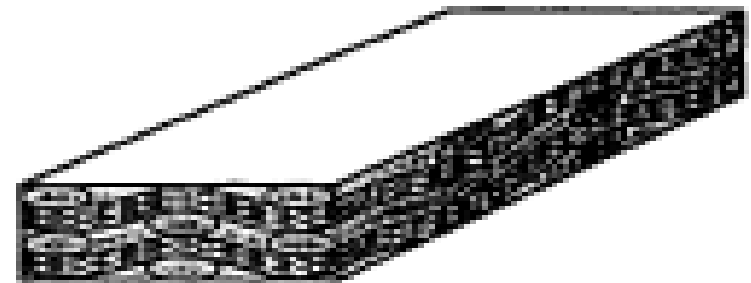
Continuous fibers



Discontinuous fibers, whiskers



Particles



Fabric, braid, etc.

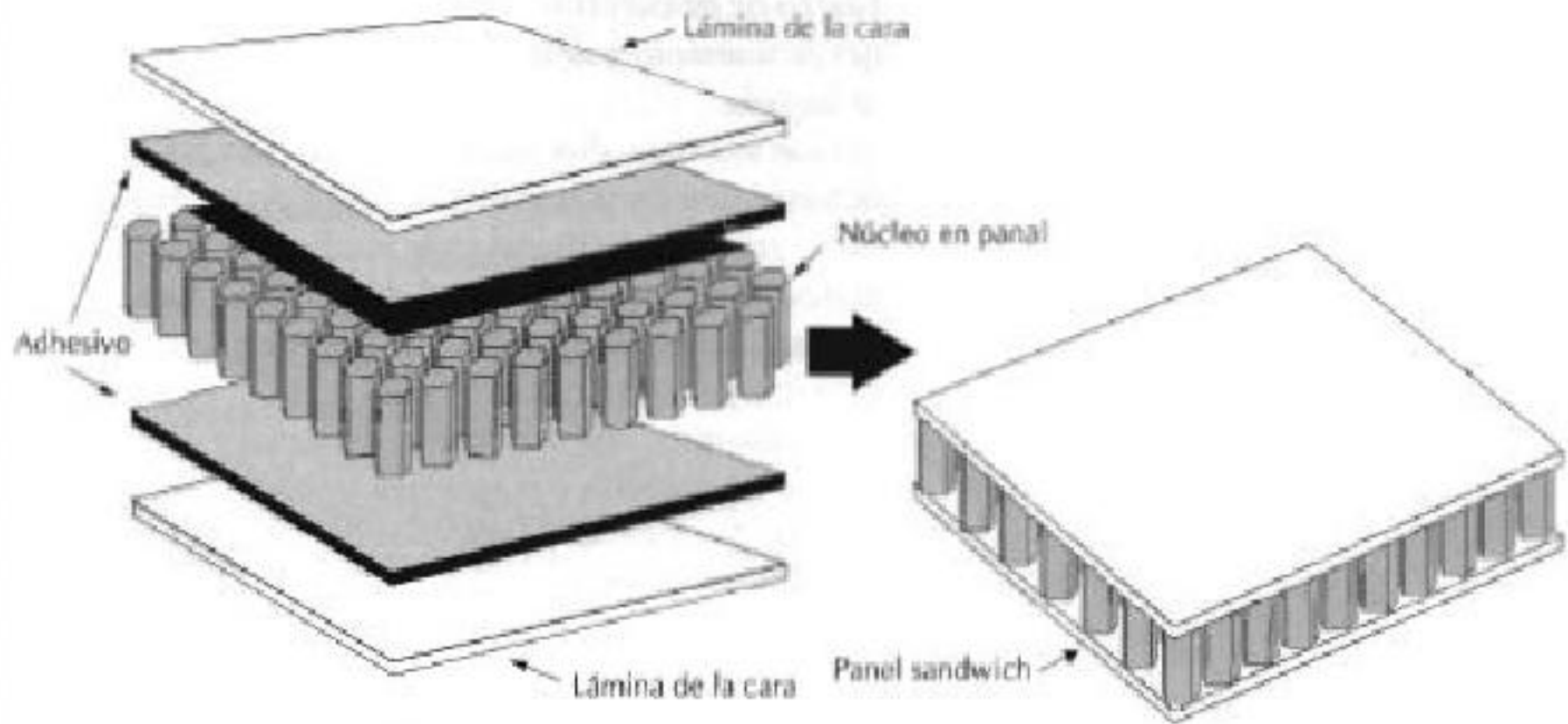
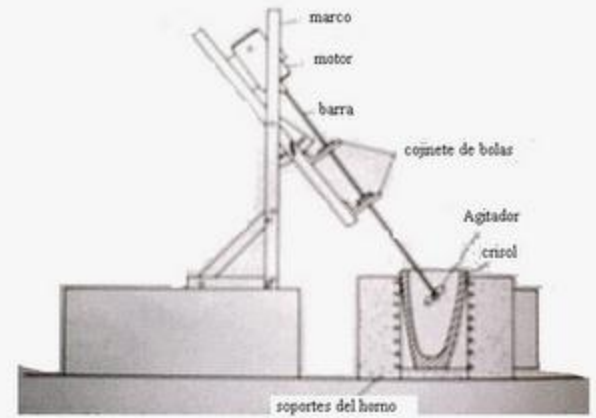
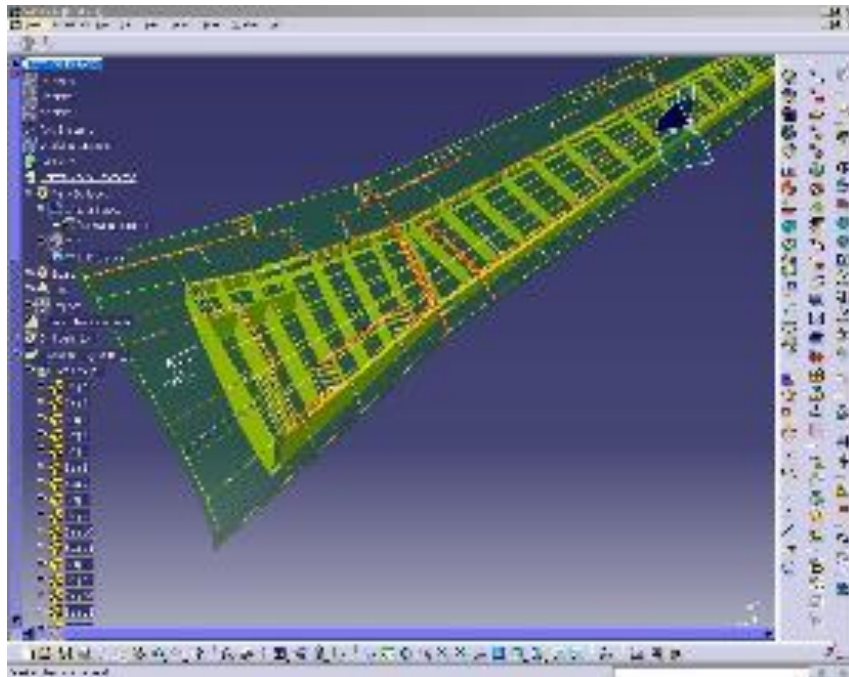
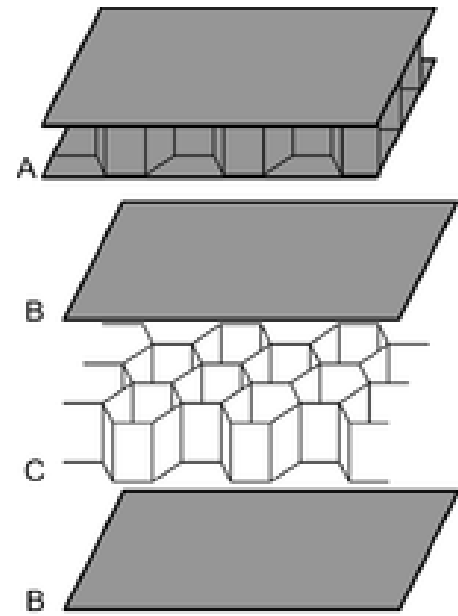
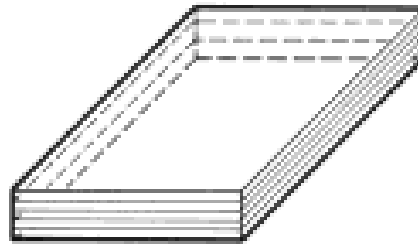


Figura Diagrama esquemático de la fabricación de un panel sandwich con un núcleo en panal. (Reproducido con permiso de *Engineered Material Handbook, Vol. 1, Composites*, ASM International, Materials Park, OH, 1987).

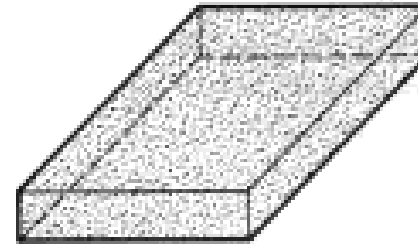


Esquema del mecanismo de agitación empleado para la dispersión de las partículas en materiales compuestos a partir de aluzazo fundido

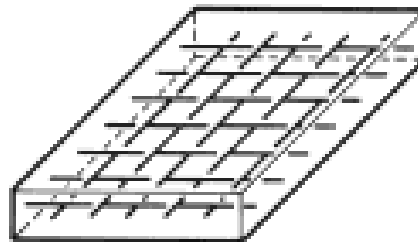
Tipos de compuestos reforzados



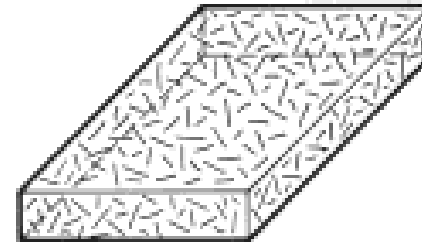
Laminar
reinforcement



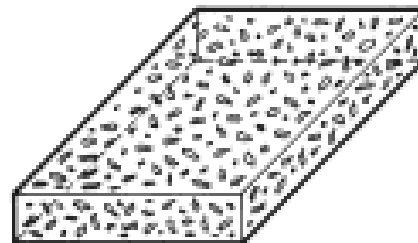
Particle
reinforcement



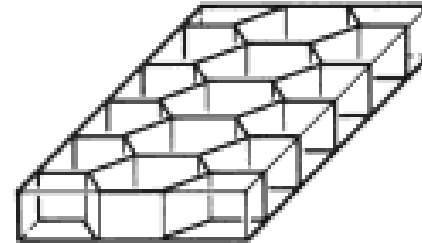
Continuous woven
fiber reinforcement



Discontinuous
(chopped) fiber
reinforcement

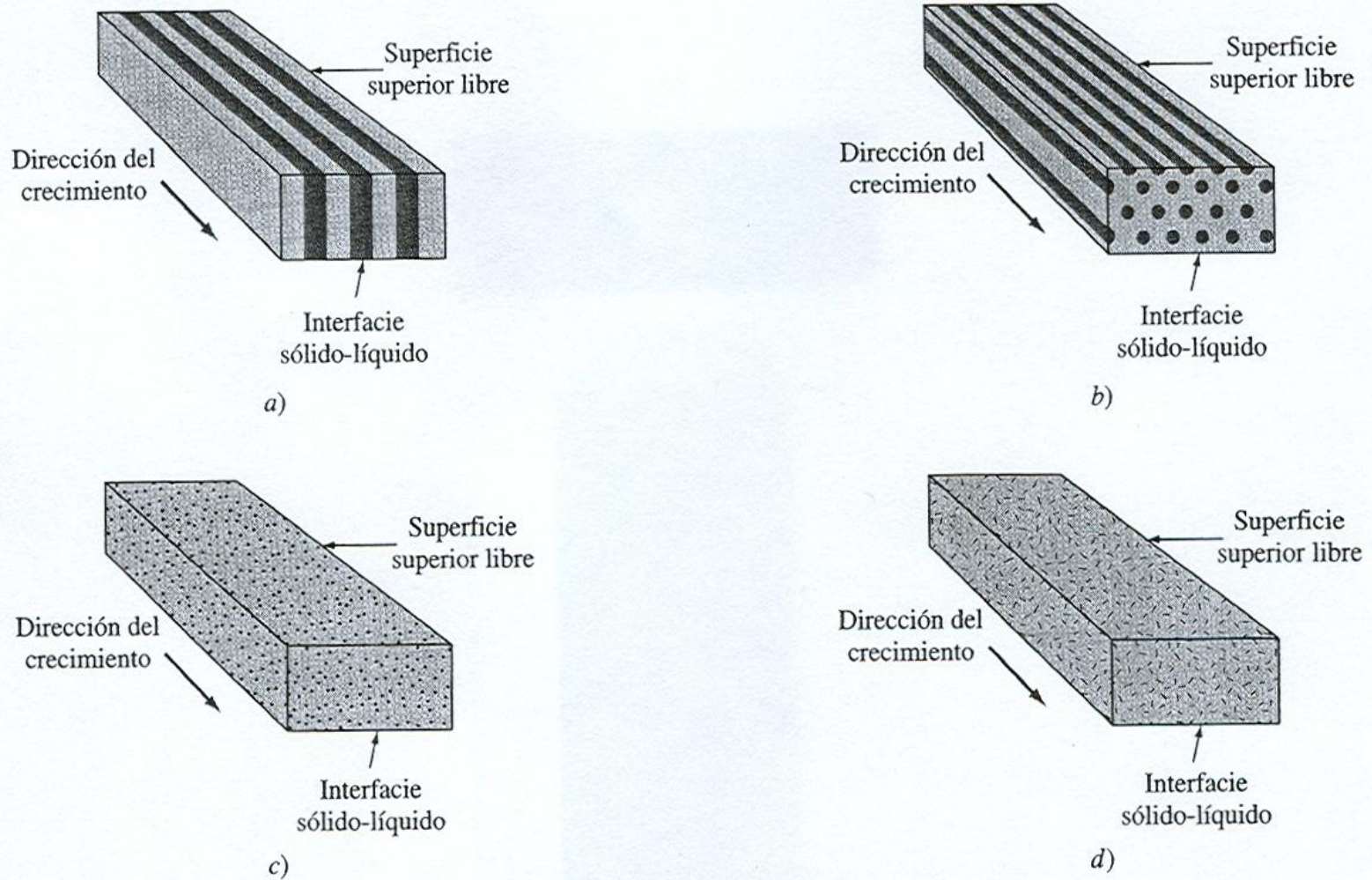


Flake
reinforcement



Skeletal
(honeycomb)
reinforcement

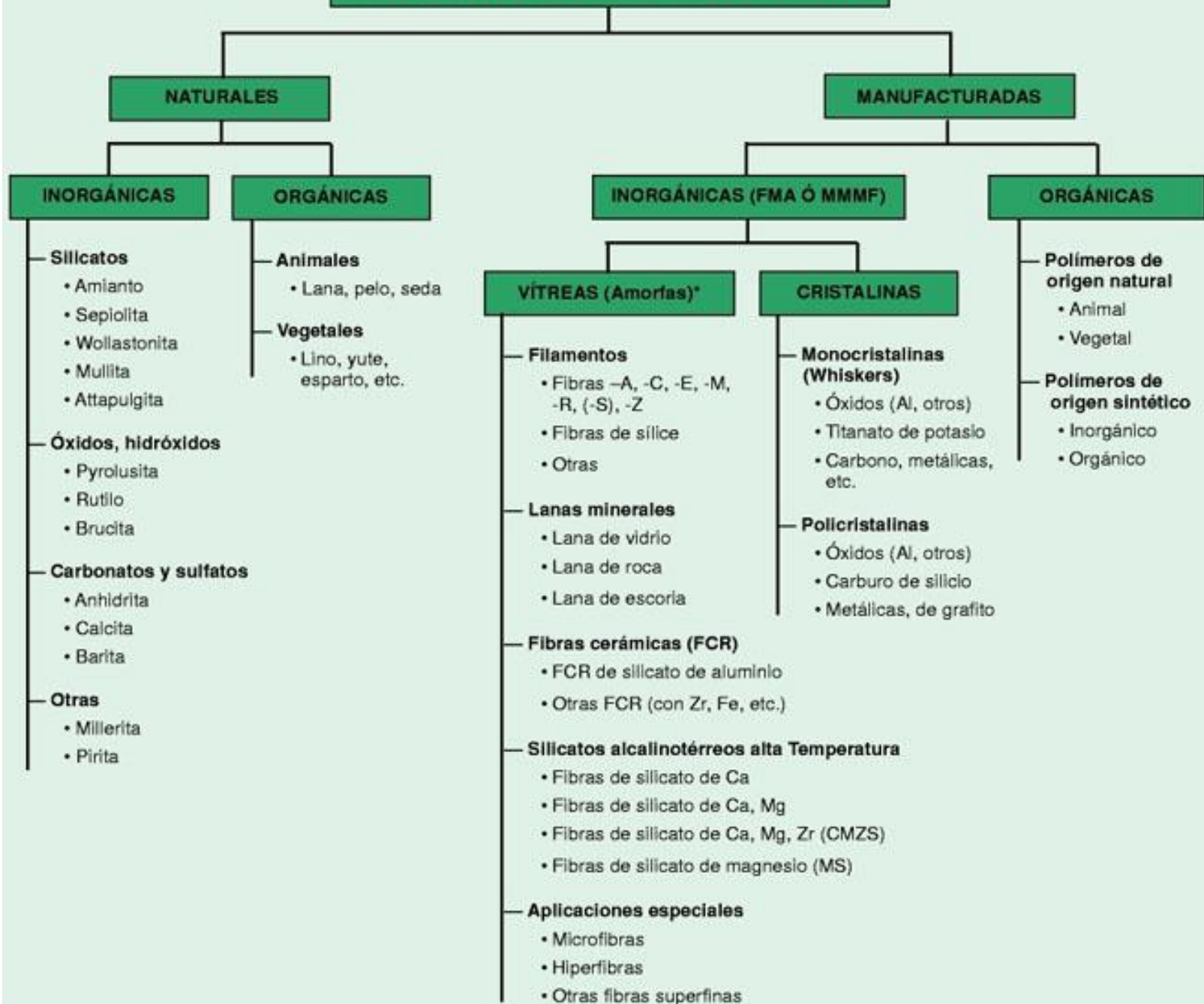
Ejemplo de compuestos naturales en una matriz de metal



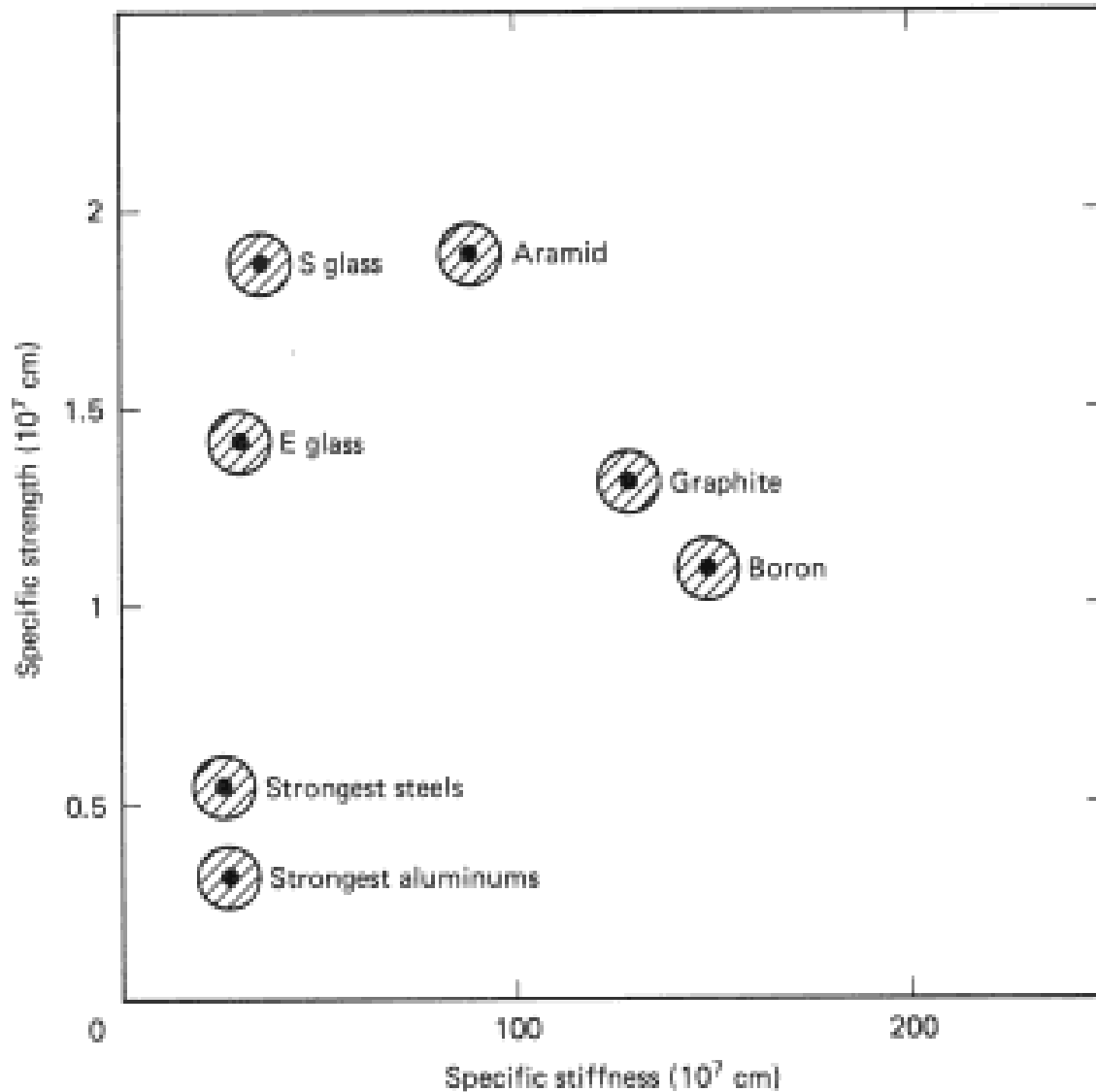
(De W. C. Winegard, «An Introduction to the Solidification of Metals», Institute of Metals, Londres, 1964.)

FIGURA 8.14. Ilustración esquemática de varias estructuras eutécticas: a) laminar; b) varilla; c) globular, y d) acicular.

CLASIFICACIÓN GENERAL DE LAS FIBRAS



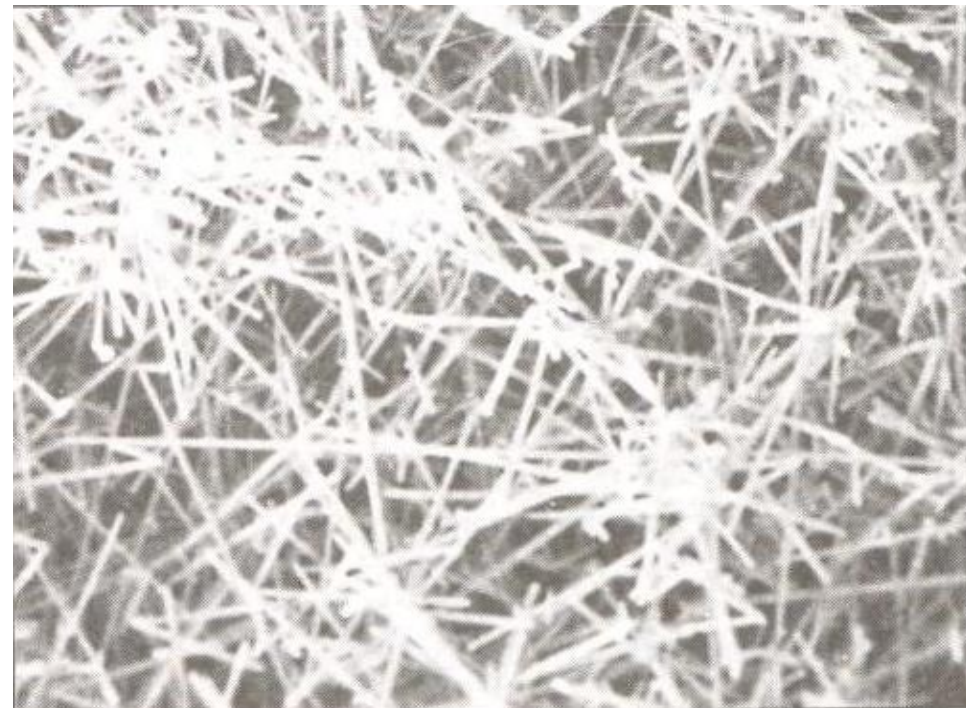
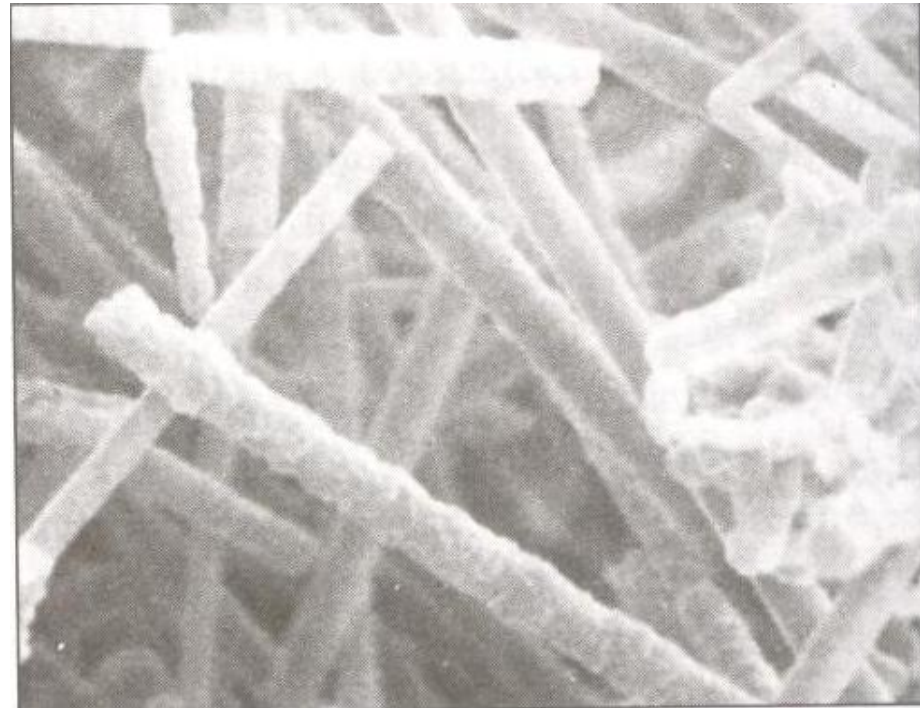
Propiedades mecánicas de compuestos con refuerzo de fibras



Relación
resistencia/dureza

Fibra discontinua

Fibras de carburo de silicio

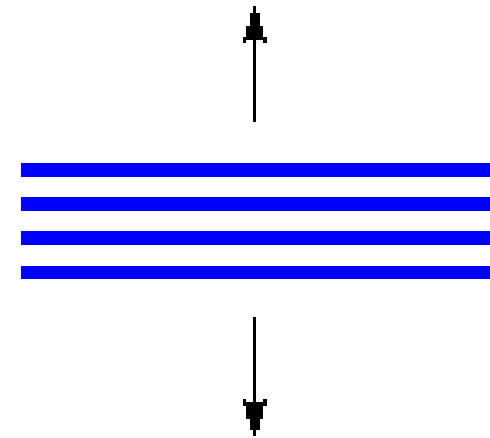


Turbinas

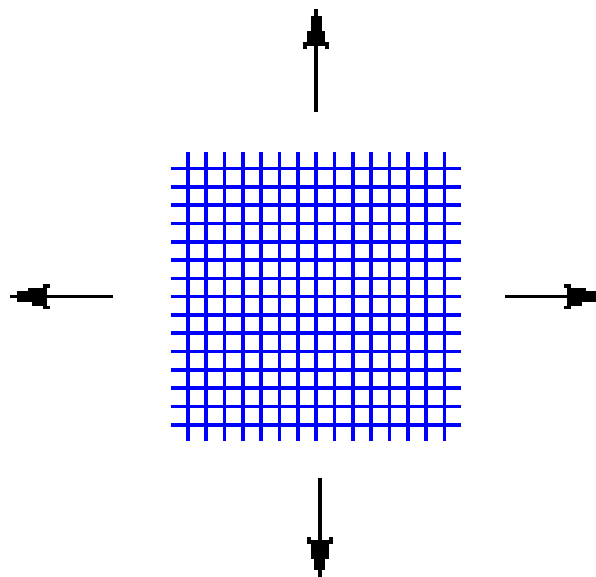




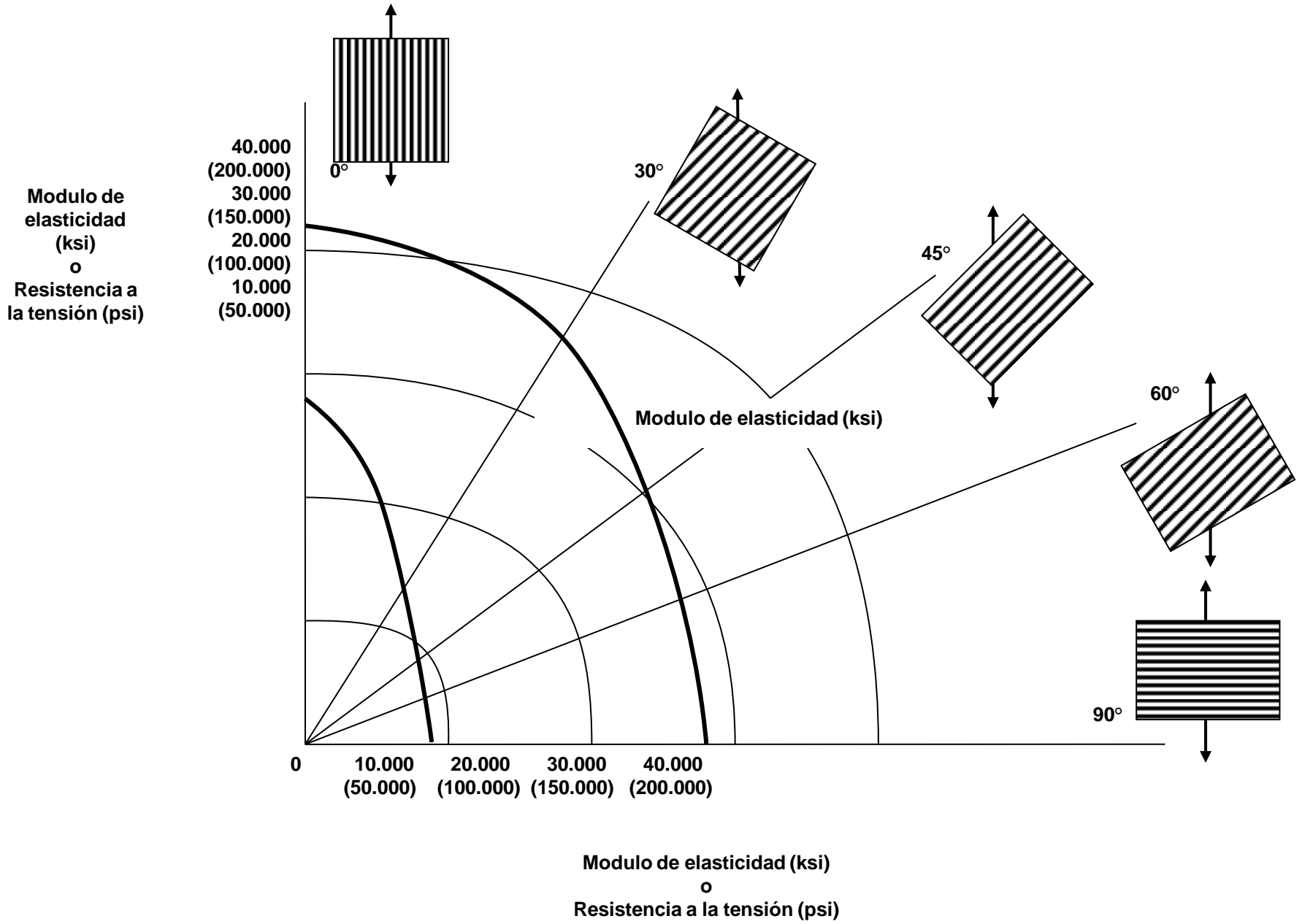
Las fibras orientadas son resistentes cuando usted estira en la dirección de las fibras.

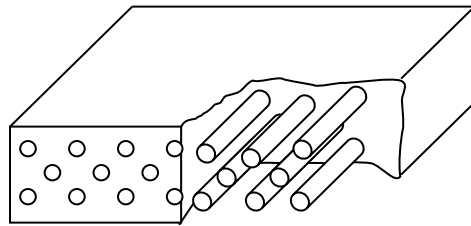


Pero son débiles en ángulos rectos a la dirección de las fibras.

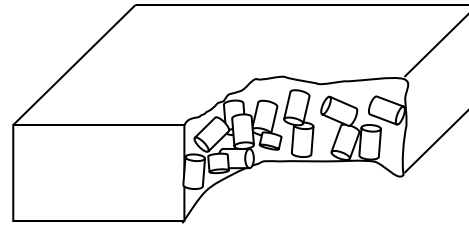


Las fibras tejidas otorgan resistencia en más de una dirección.

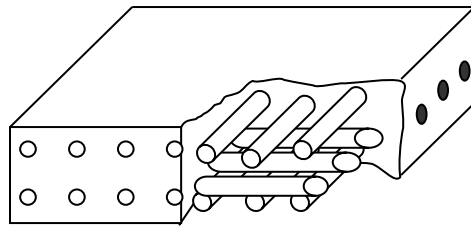




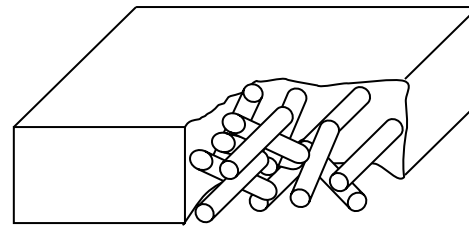
(a)



(b)

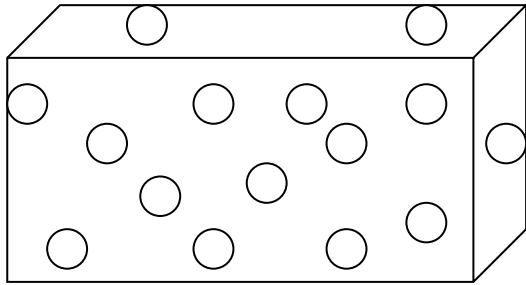


(c)

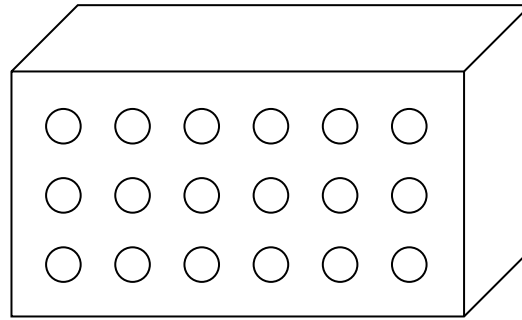


(d)

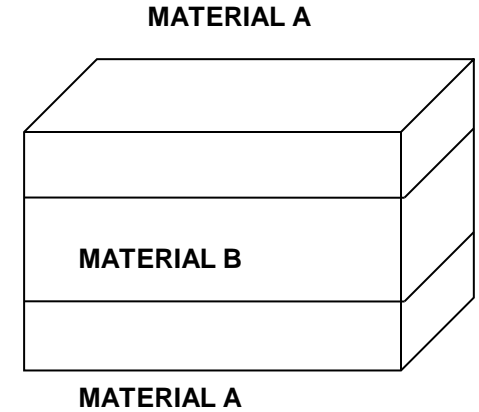
Varias morfologías de compuestos reforzados con fibras. (a) fibras continuas unidireccionales, (b) fibras discontinuas orientadas al azar, (c) fibras ortogonales, (d) fibras en capas.



(a)

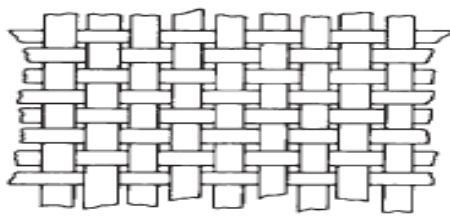


(b)

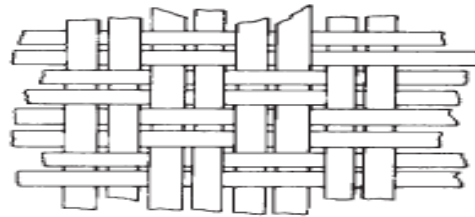


(c)

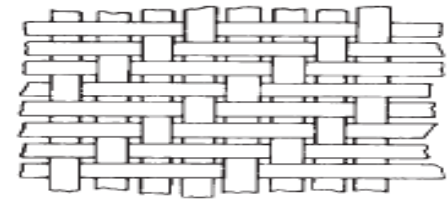
Comparación de los tres tipos de materiales compuestos. (a) con partículas (b) reforzado con fibras (c) laminar



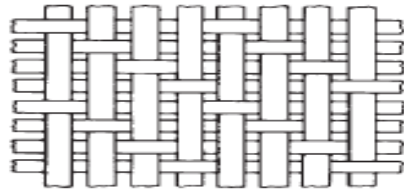
Plain weave



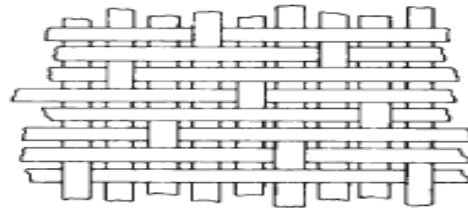
Basket weave



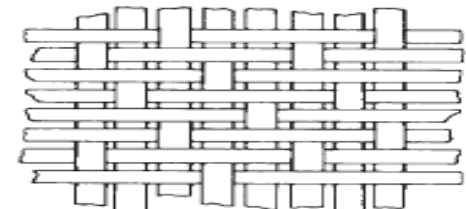
Twill



Crowfoot satin



8 harness satin

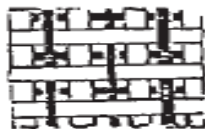


5 harness satin

Figure 2-2 Reinforcement Fabric Construction Variations [ASM Engineered Materials Handbook]



Biaxial Woven



High Modulus Woven



Multilayer Woven



Triaxial Woven



Tubular Braid



Tubular Braid Laid in Warp



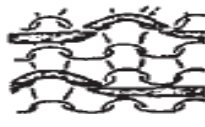
Flat Braid



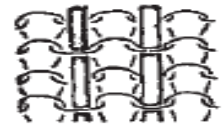
Flat Braid Laid in Warp



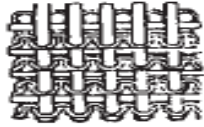
Weft Knit



Weft Knit Laid in Weft



Weft Knit Laid in Warp



Weft Knit Laid in Warp Laid in Weft



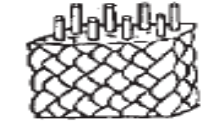
Square Braid



Square Braid Laid in Warp



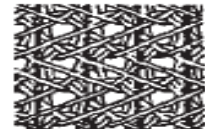
3-D Braid



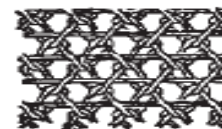
3-D Braid Laid in Warp



Warp Knit



Warp Knit Laid in Warp



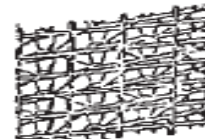
Weft Inserted Warp Knit



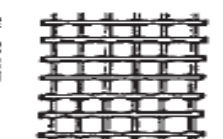
Weft Inserted Warp Knit Laid in Warp



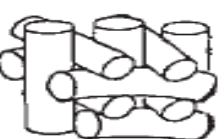
Fiber Mat



Stichbonded Laid in Warp



Biaxial Bonded

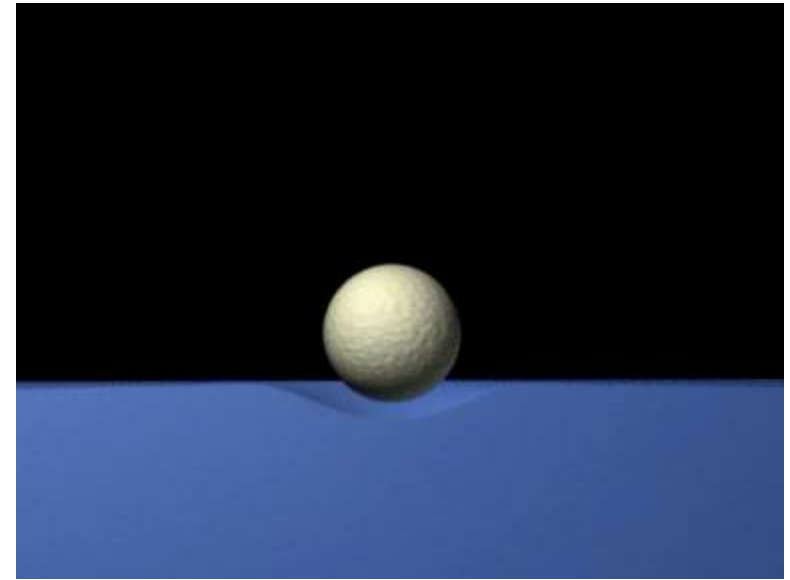


XYZ Laid in System

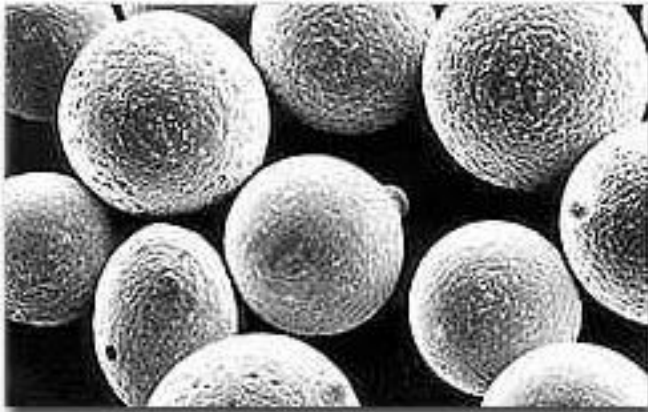
Compuesto de cerámico en matriz de metal



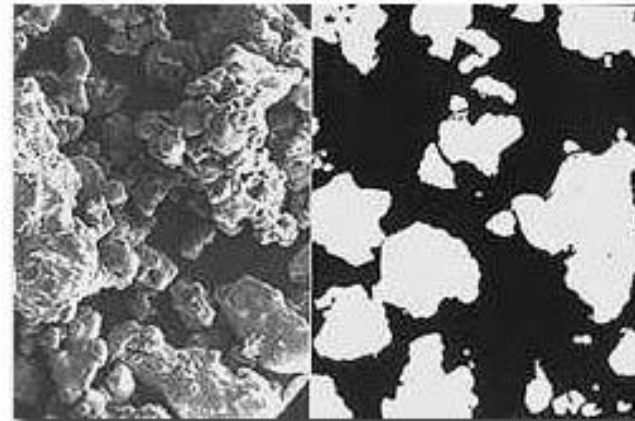
Modelo del comportamiento de cerámico en una matriz metálica



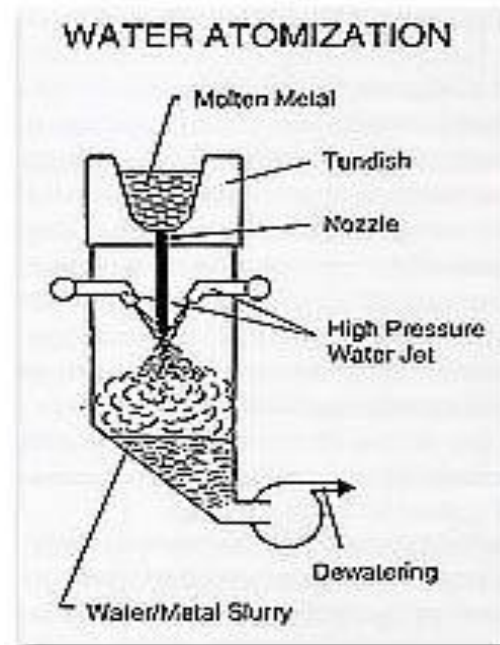
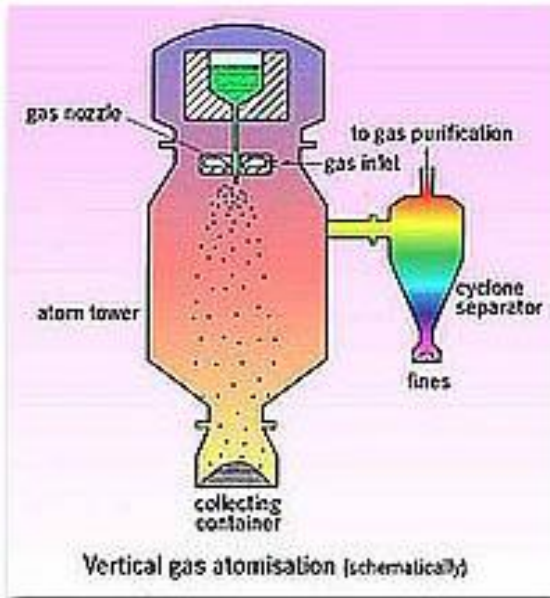
Partículas de polvos metálicos



Atomizado con gas



Atomizado con agua



Los compósitos conductores de cobre-polimetacrilato de metilo (PMMA),

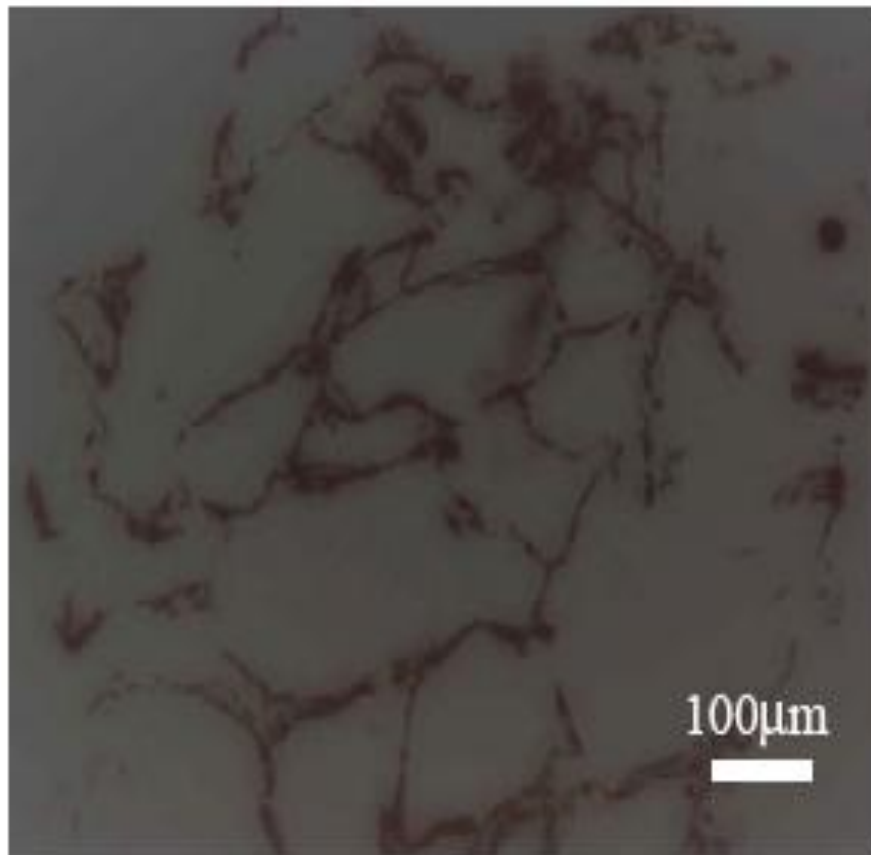


Figura 1. Fotomicrografía compósito Cu-PMMA 10% vol., en dos dimensiones.

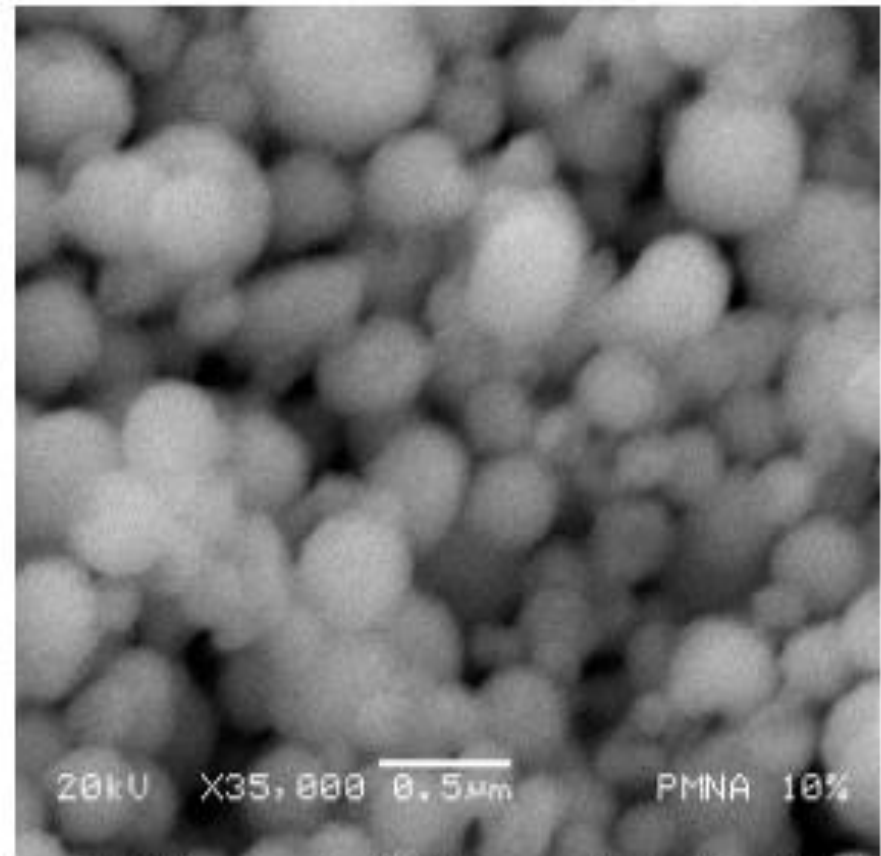


Figura 2. Micrografía SEM compósito Cu-PMMA 10% vol. (enrejado conductor).

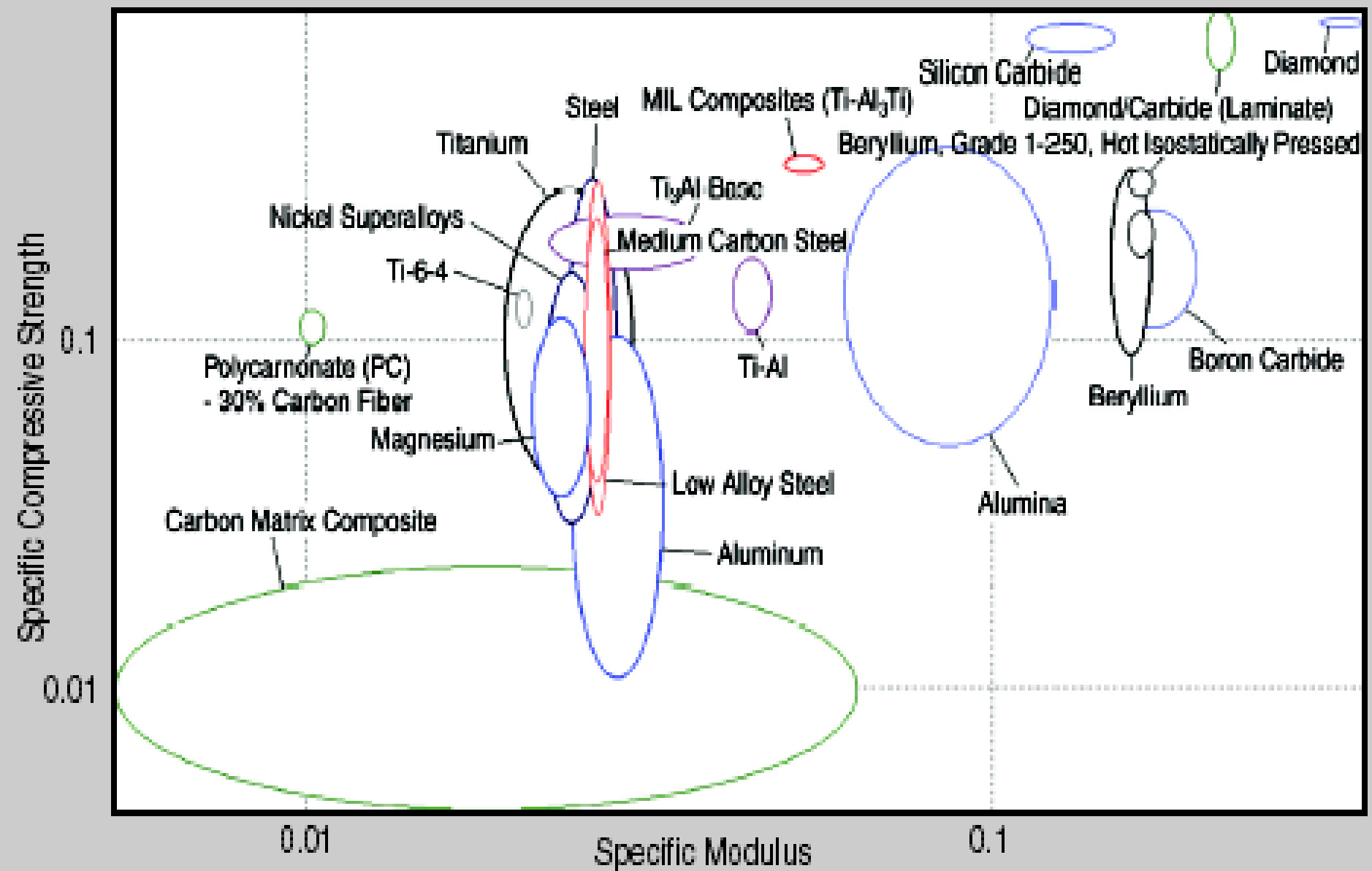
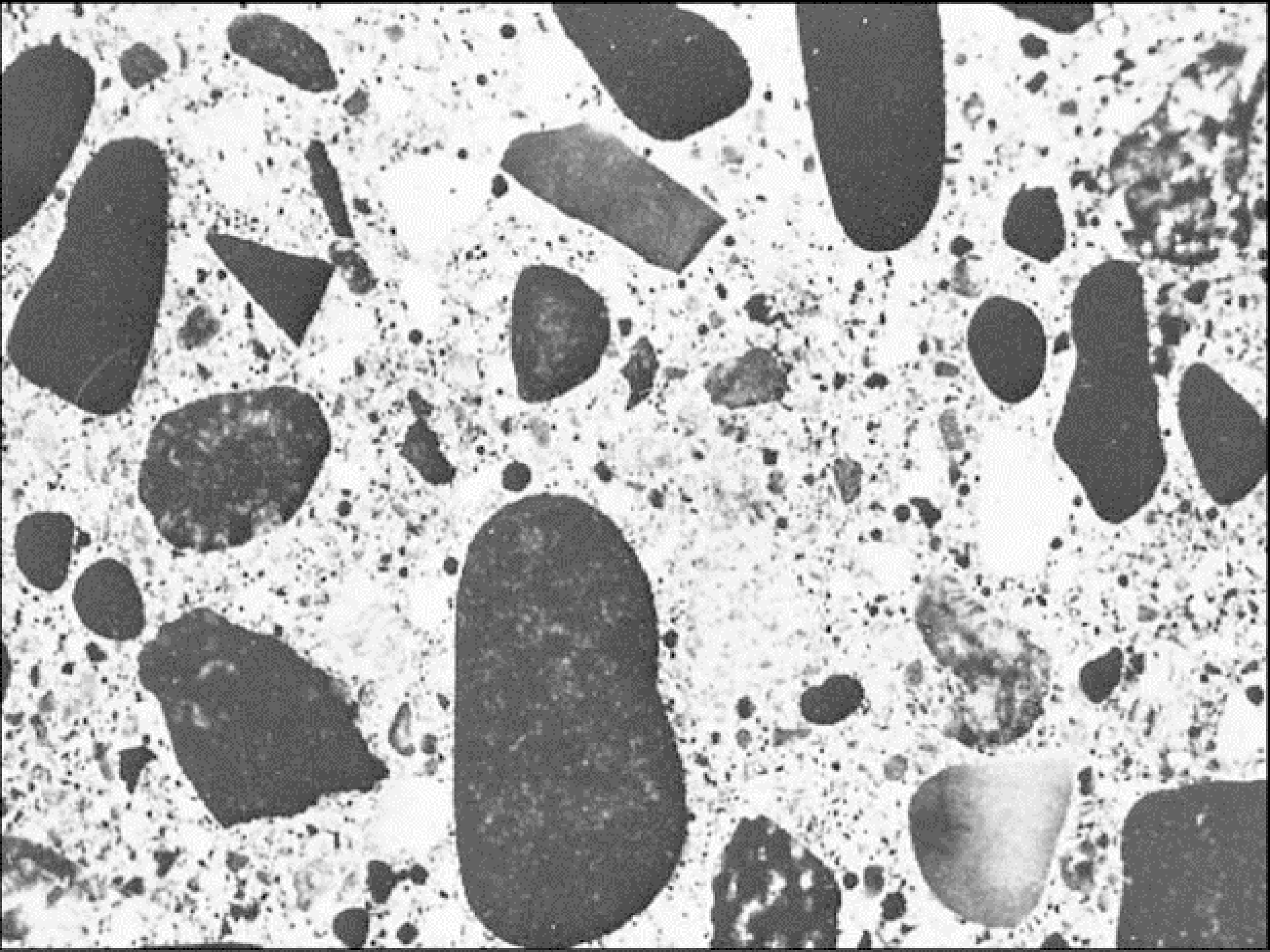
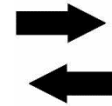
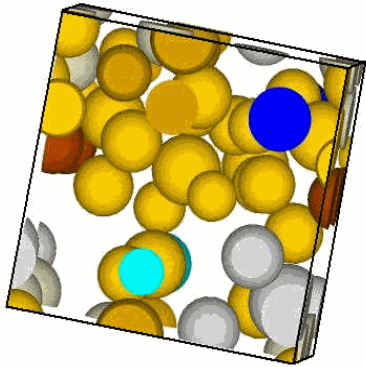


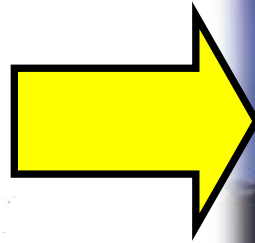
Figure 4. A materials property map comparing specific compressive strength versus specific material stiffness.





**COMPUESTOS DE
MACROPARTÍCULAS**

PULVOMETALÚRGIA



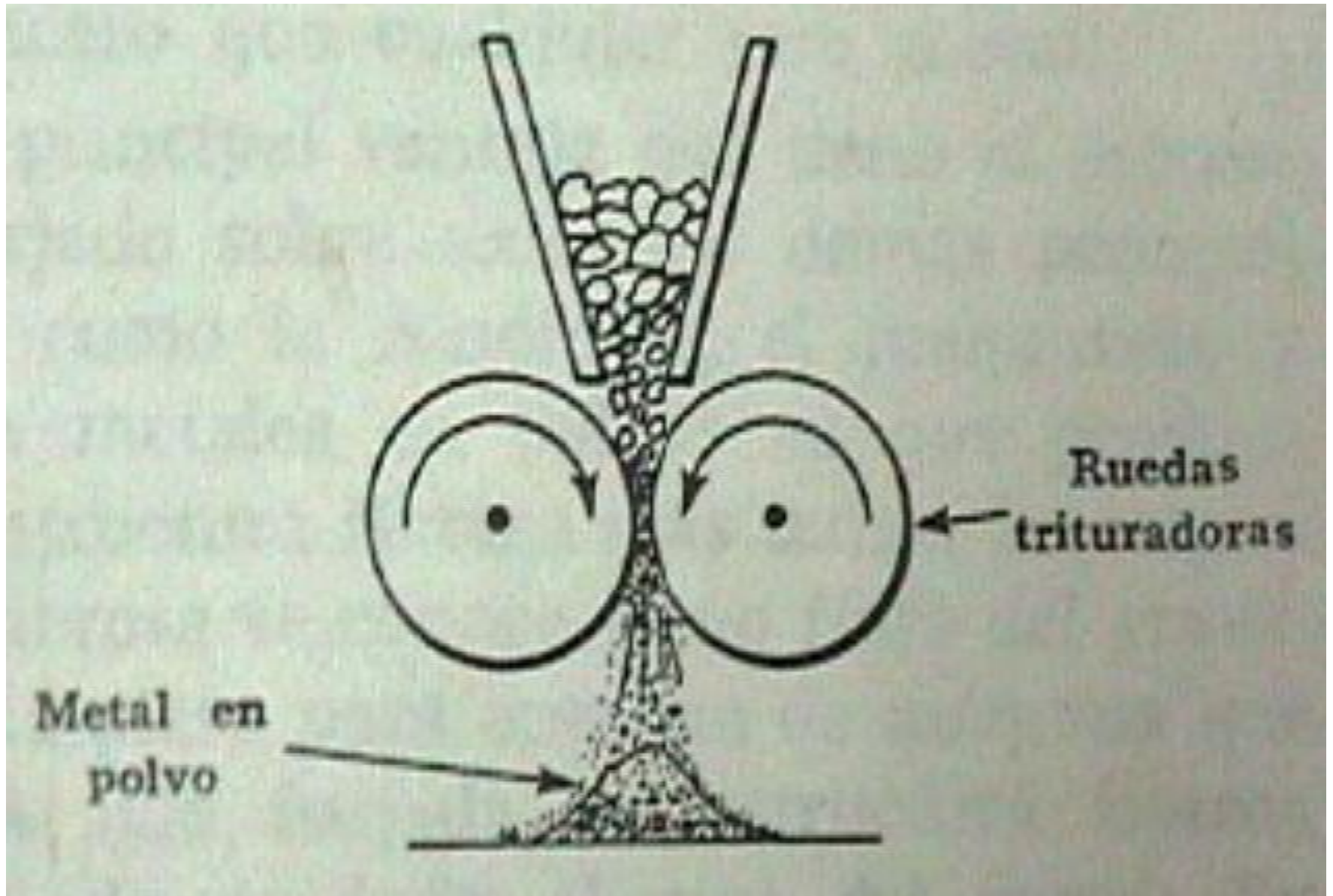
Proceso y preparación:

- **Producción de Polvos**
- **Mezcla**
- **Compactado**
- **Sinterizado**
- **Maquinado y Acabado**

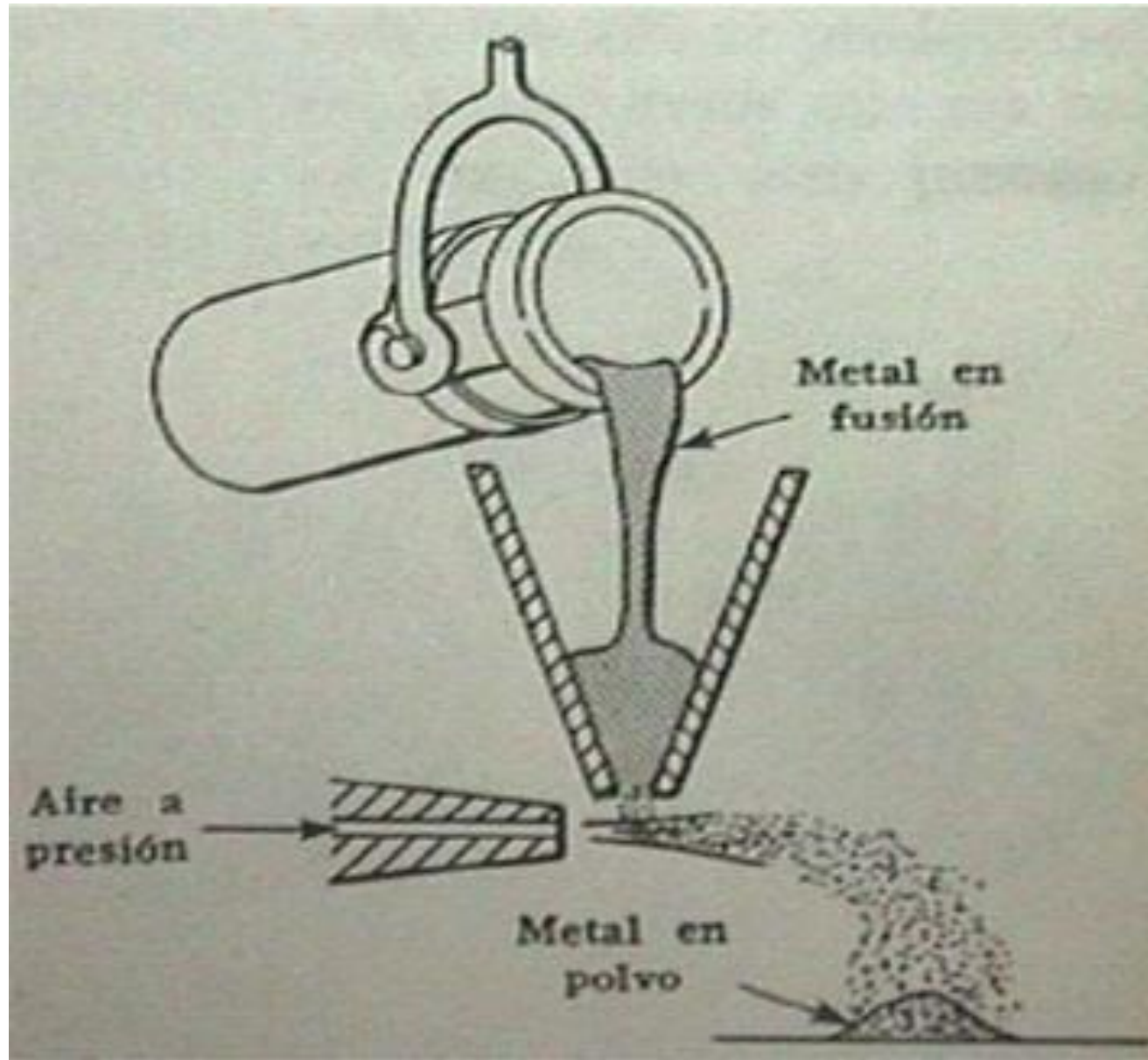
Producción de Polvos

- **Triturado**
- **Atomizado**
- **Molienda Continua**

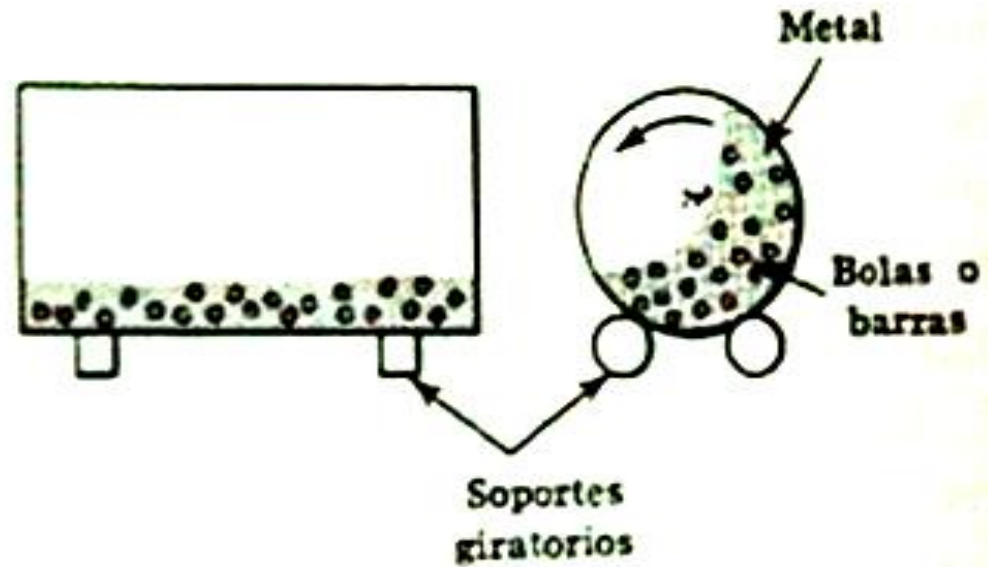
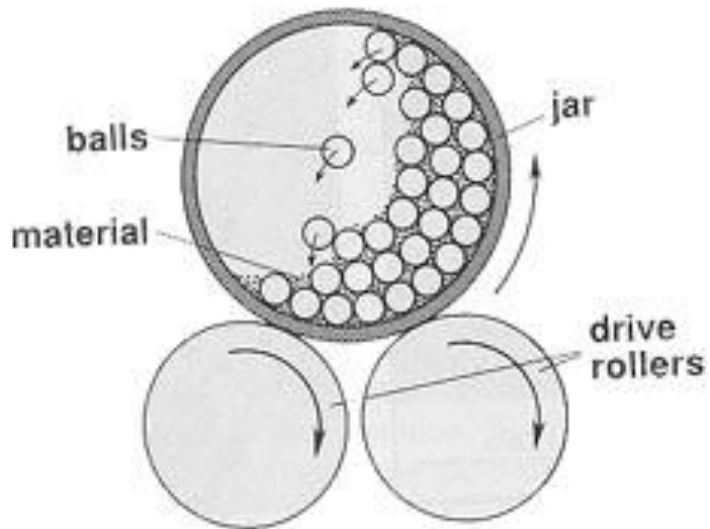
Triturado



Atomizado



Molienda Continua



Metal en Polvo

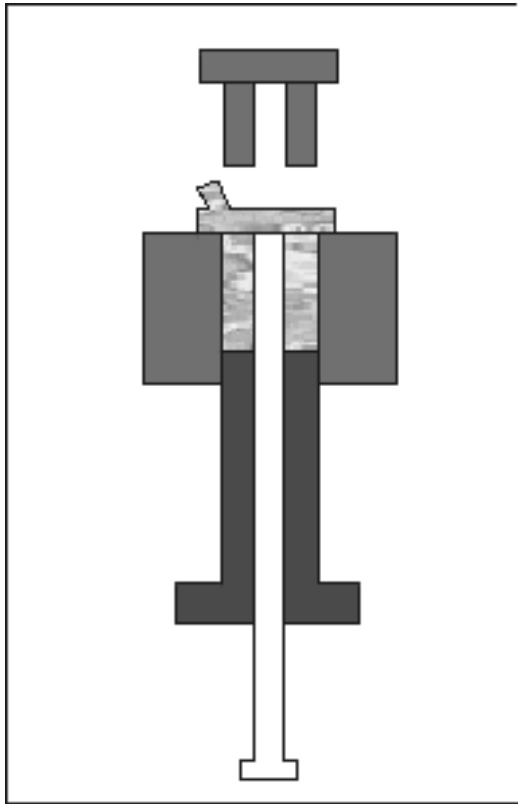


Mezclado de polvos



Mezcladoras

Compactación



Sinterización



Maquinado y Acabado



Rotores



Herramientas Médicas

Maquinado y Acabado



Cerraduras



Piezas de Latón

Ventajas y desventajas

VENTAJAS

- No se desperdicia material.
- Precisión dimensionas y buen acabado.
- Tiempo de fabricación corto.
- Porosidad controlada
- Tolerancias reducidas y acabado superficial de alta calidad
- No se requieren operarios con alta capacitación

DESVENTAJAS

- Los polvos son caros y difíciles de almacenar.
- Alto costo del equipo.
- Solo es factible para producción es serie.
- Existen algunas dificultades térmicas en el proceso de sinterizado, especialmente con los materiales de bajo punto de fusión.
- Algunos polvos de granos finos presentan riesgo de explosión, como aluminio, magnesio, zirconio y titanio.



Lightweight composite materials are under development to reduce the weight of the M1A1 tank for the U.S. Army Future Combat Systems.

Blindaje en un carro de combate

Composite structures

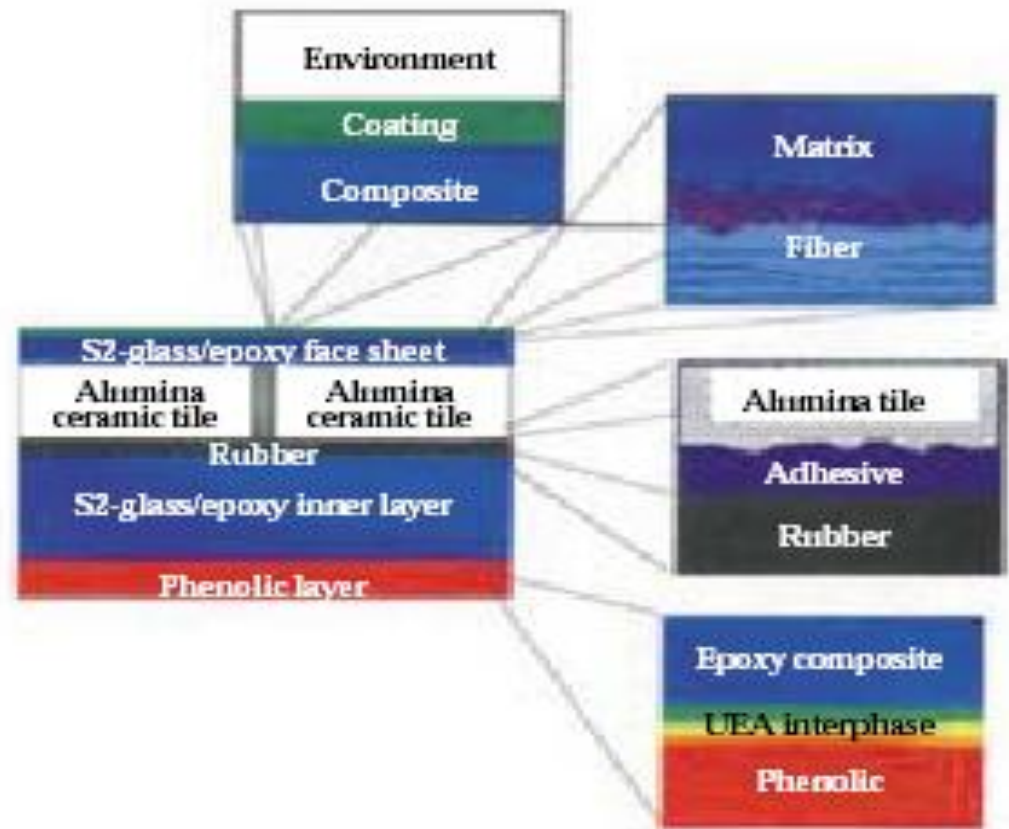


Integral armor solution



Multi-core concept

Armor cross-section



Graded density armor concept

FIBRAS CON METAL REFORZADO (FML)

- Aplicaciones Militares
- Más livianos
- Fibra de carbono
- Láminas metal/compuesto
- Resistencia fatiga, corrosión, impacto
- Propiedades dependen de la fibra de refuerzo

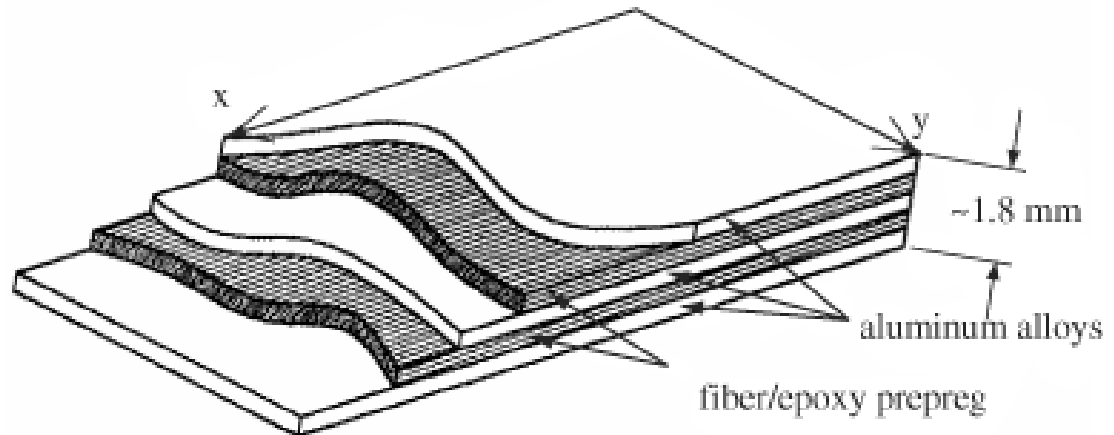


Figure 1. Configuration of continuous fiber/metal/epoxy hybrid composite (3/2 lay up).

GLARE

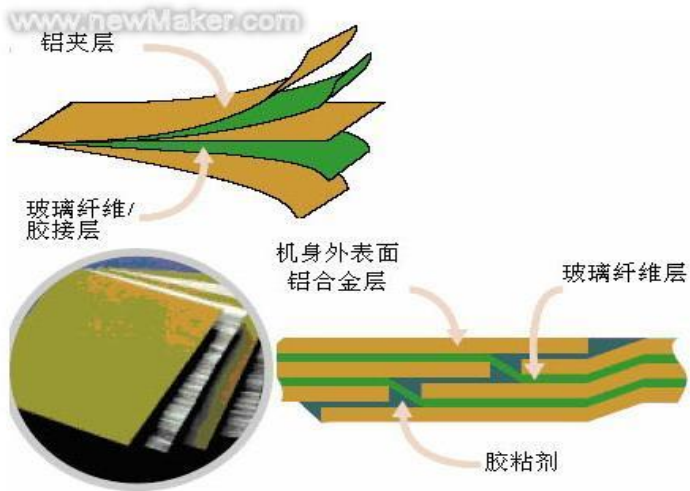


图 4

PROCESO DE MANUFACTURA **GLARE**

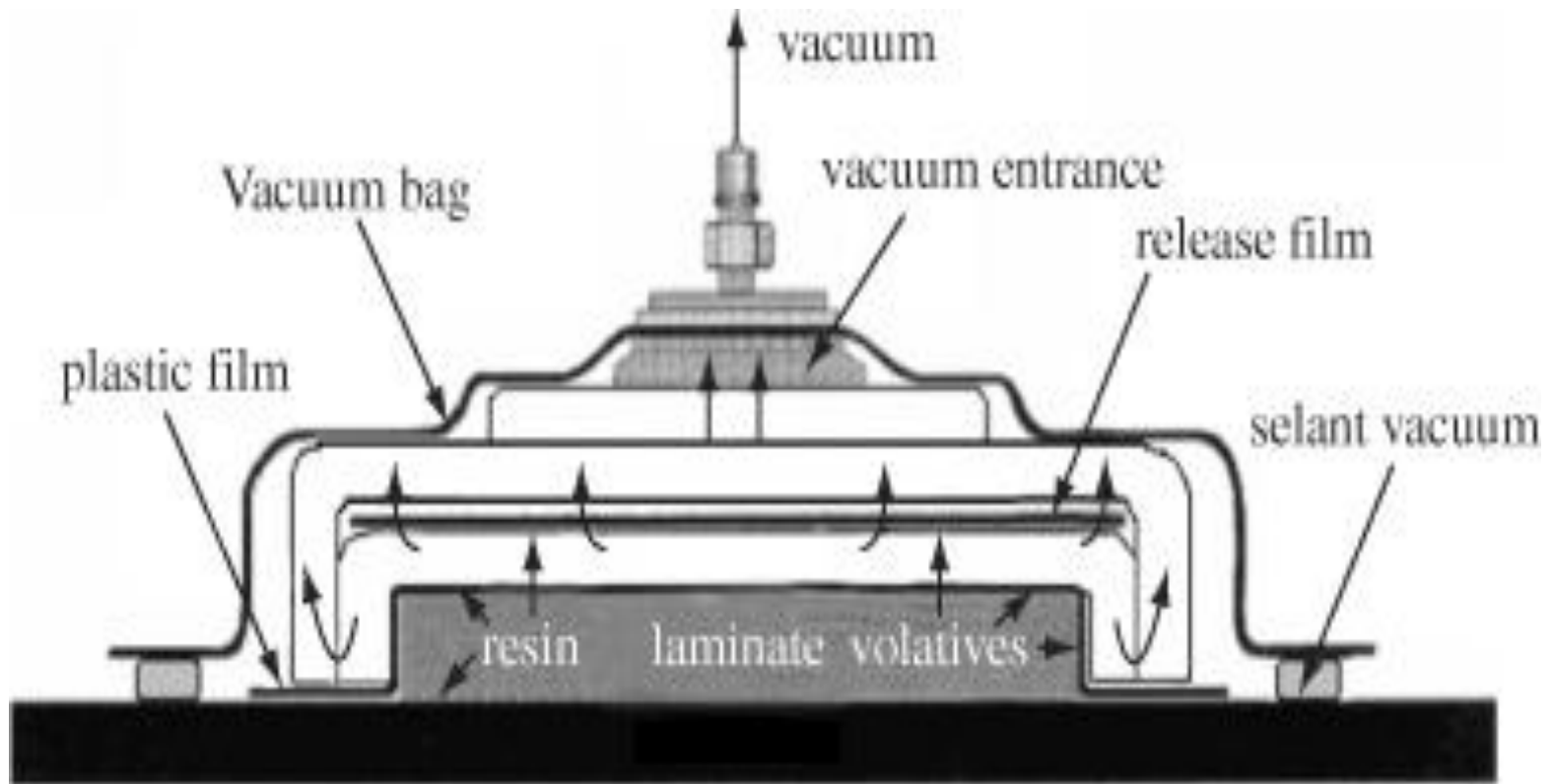
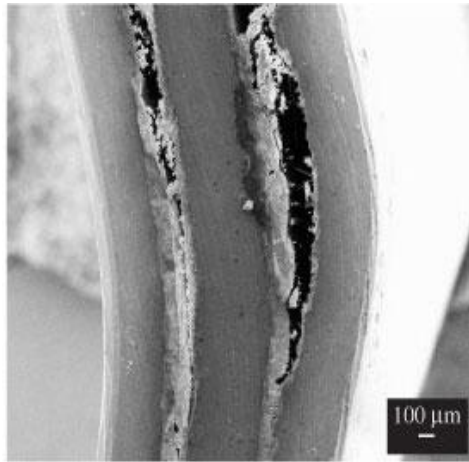
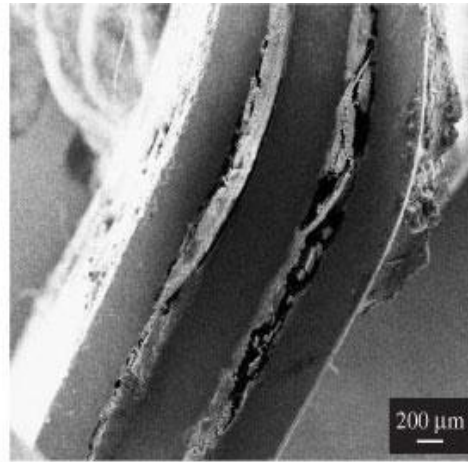


Figure 3. Schematic representation of vacuum bag system.

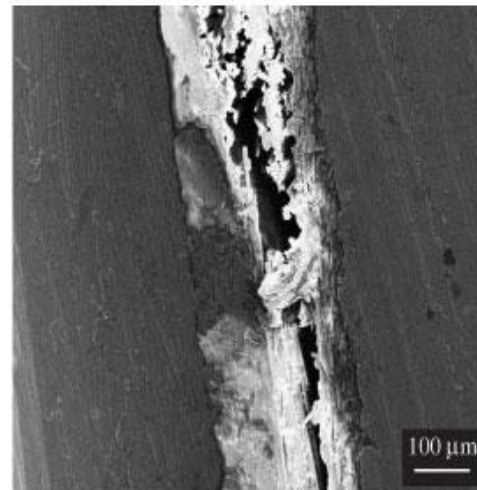
PROPIEDADES ESTÁTICAS



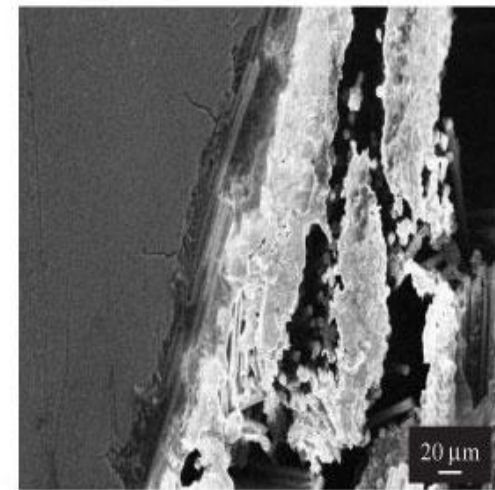
(a)



(c)



(b)



(d)

Figure 9. Microstructure of the compressive behavior of the laminates studied: a, b) Glare; and c, d) Caral.

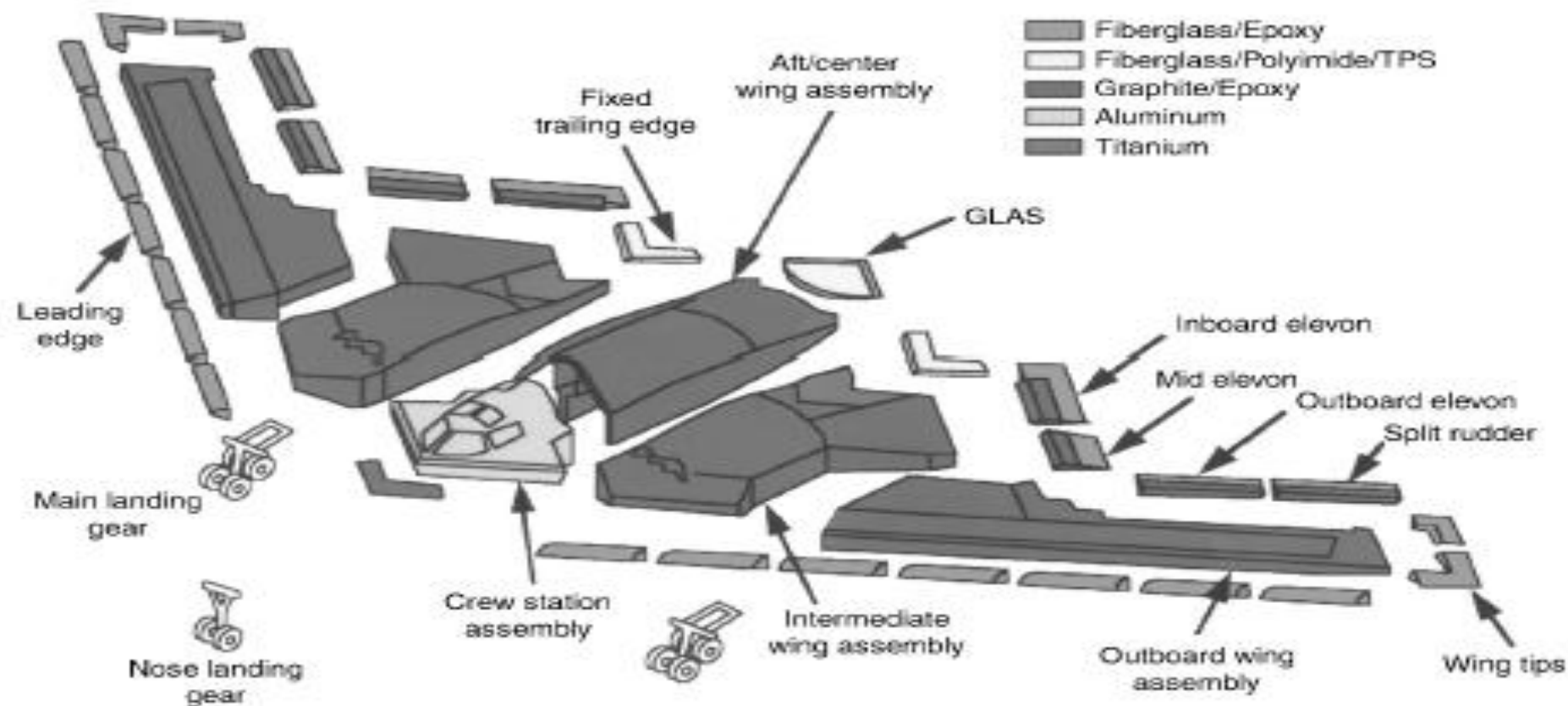
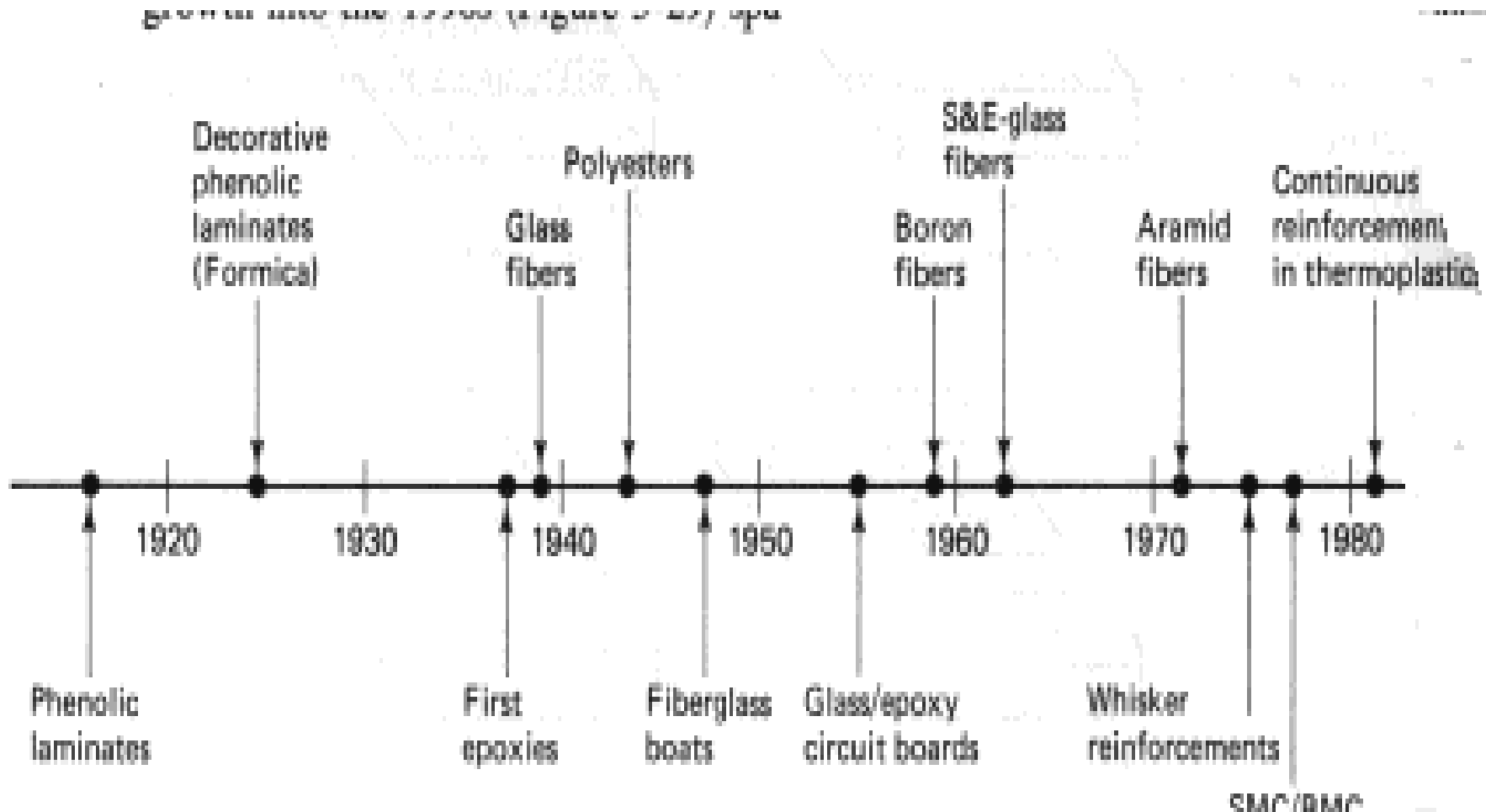
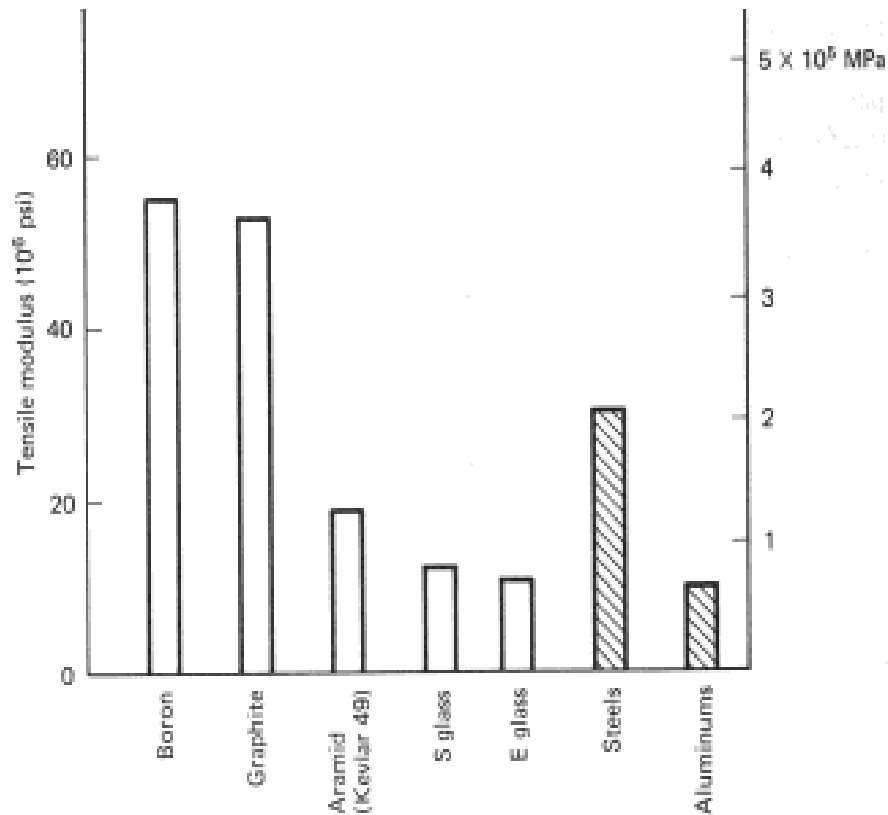


Fig. 2 The U. S. Air Force B-2 advanced "stealth" bomber, which is constructed to a large extent of advanced composite materials

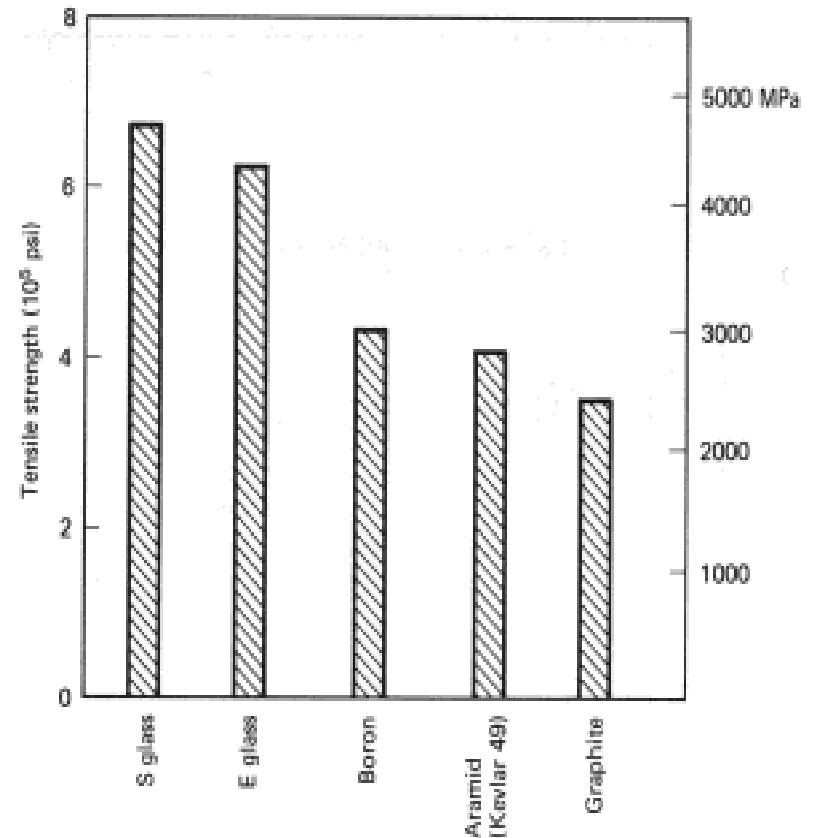
Evolución de los compuestos



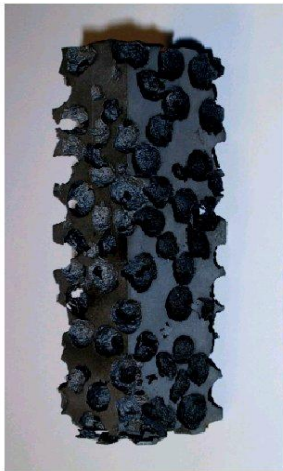
Propiedades mecánicas de compuestos reforzados con fibras



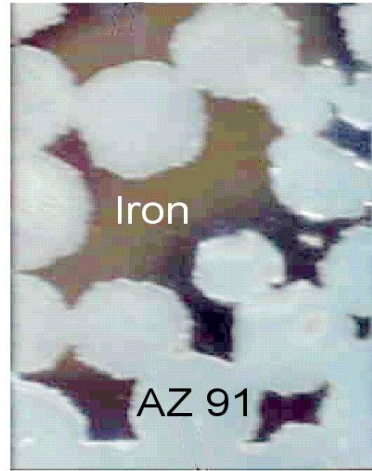
a) Modulo de tensión



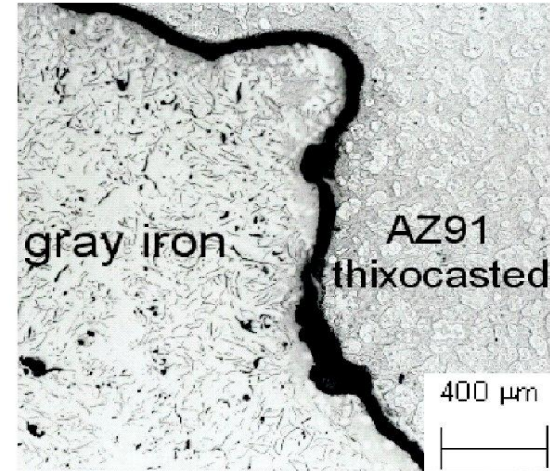
b) Tensión de carga



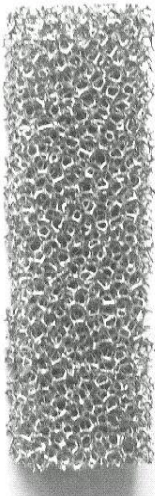
a) 24x28x100mm



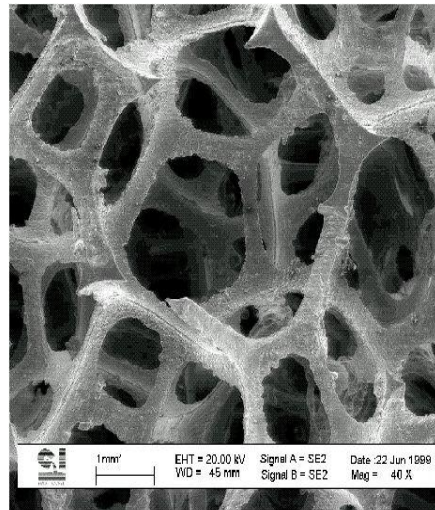
b)



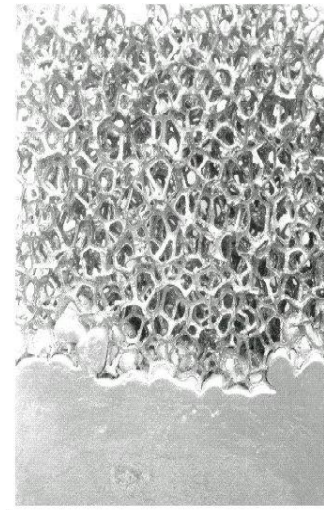
c)



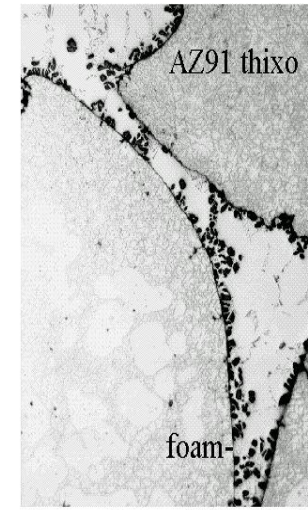
a) 10 ppi



b)



c)



d) zoom factor=100x, 10ppi

Compuestos de partículas en una matriz metálica

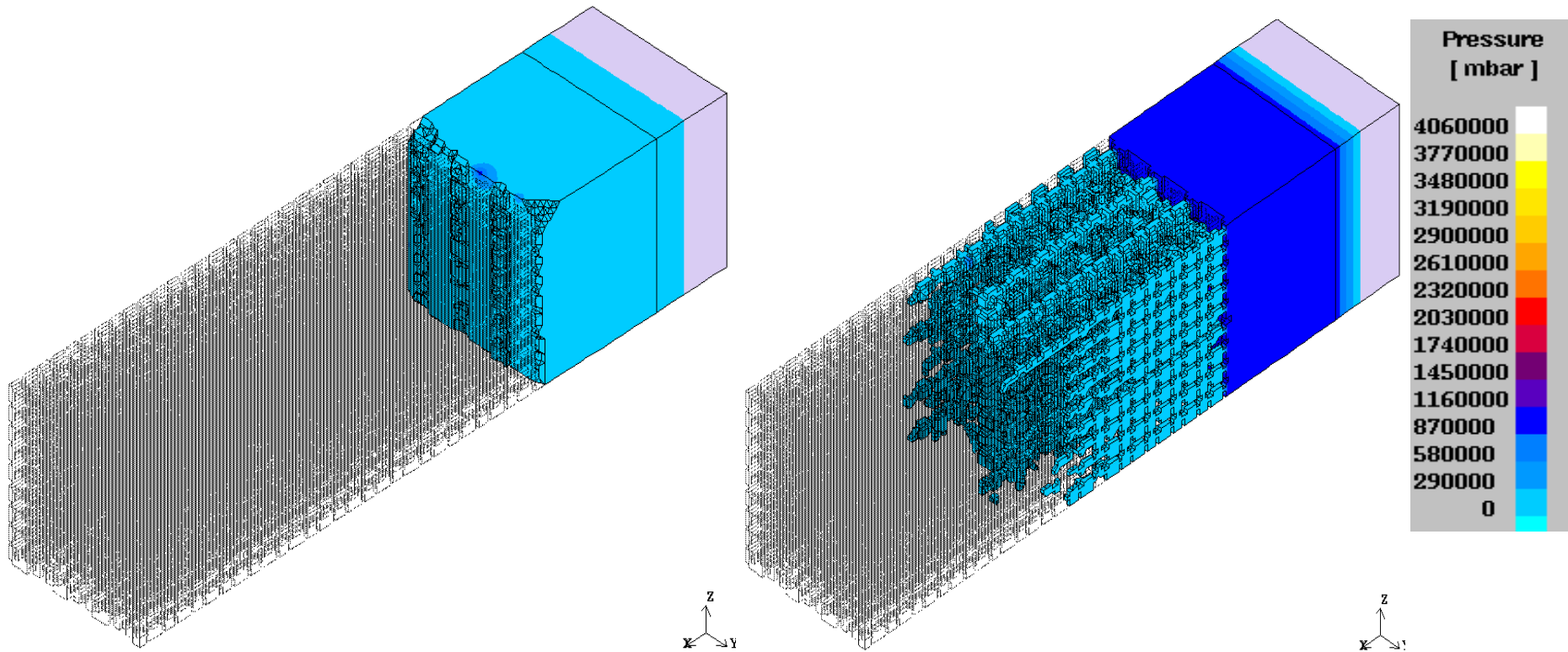
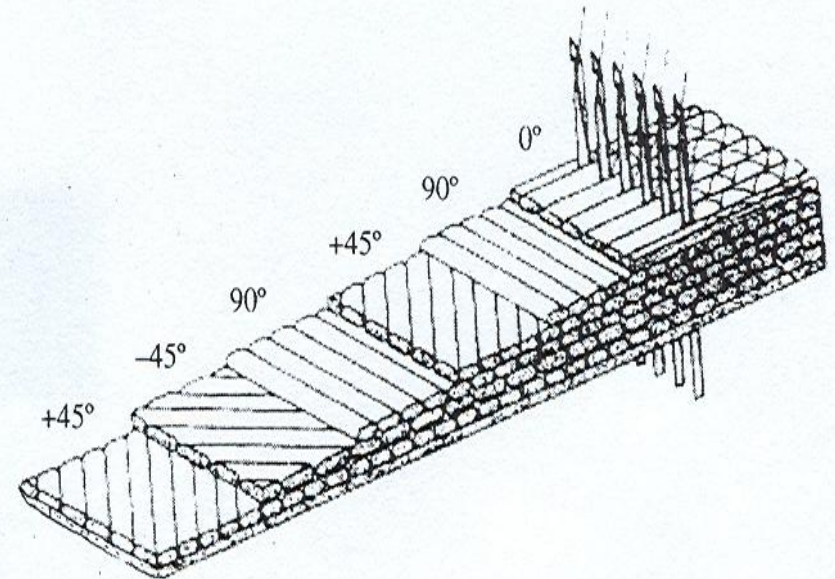
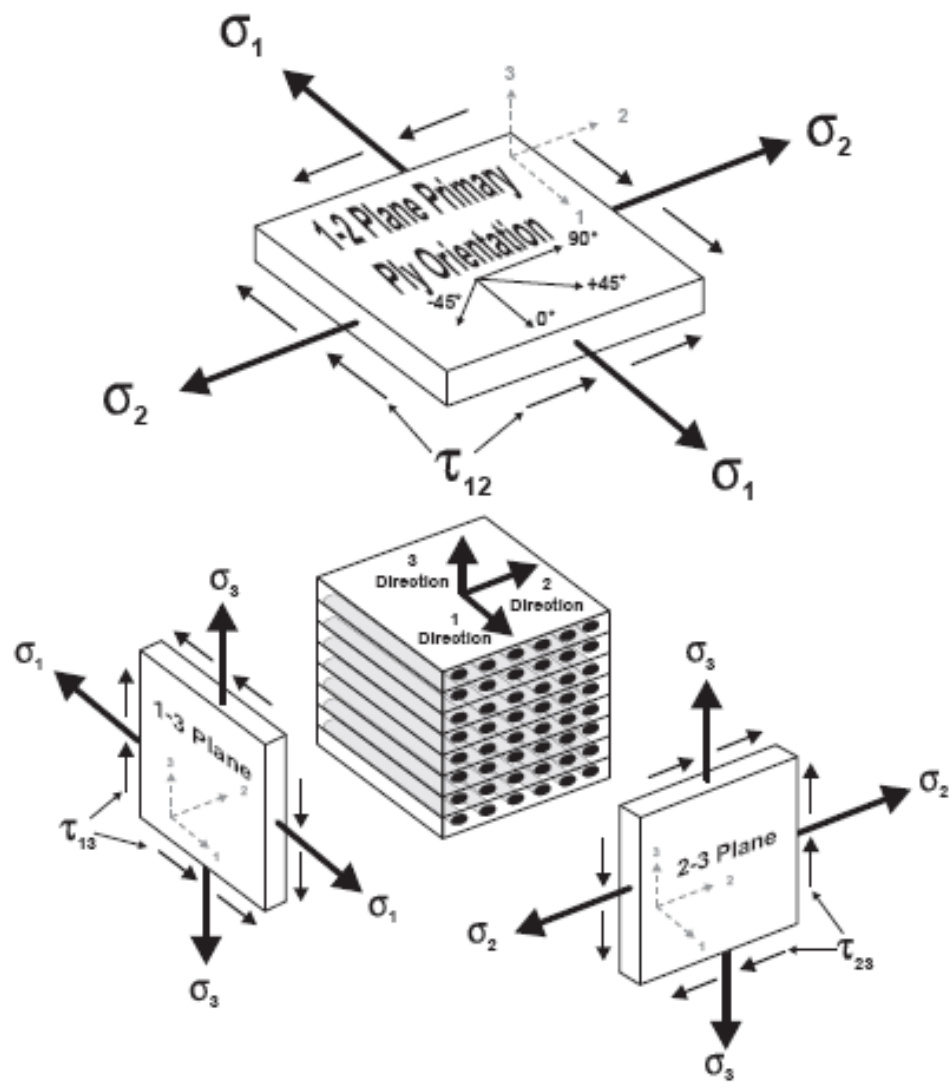


Figure 5: Numerical Simulation of the infiltration of metal foam with the aluminium alloy A356 (flow velocity 1m/s – $f_s = 0,6$). The high pressure results from the increasing shear-stress in the semi-solid material in course of the infiltration.

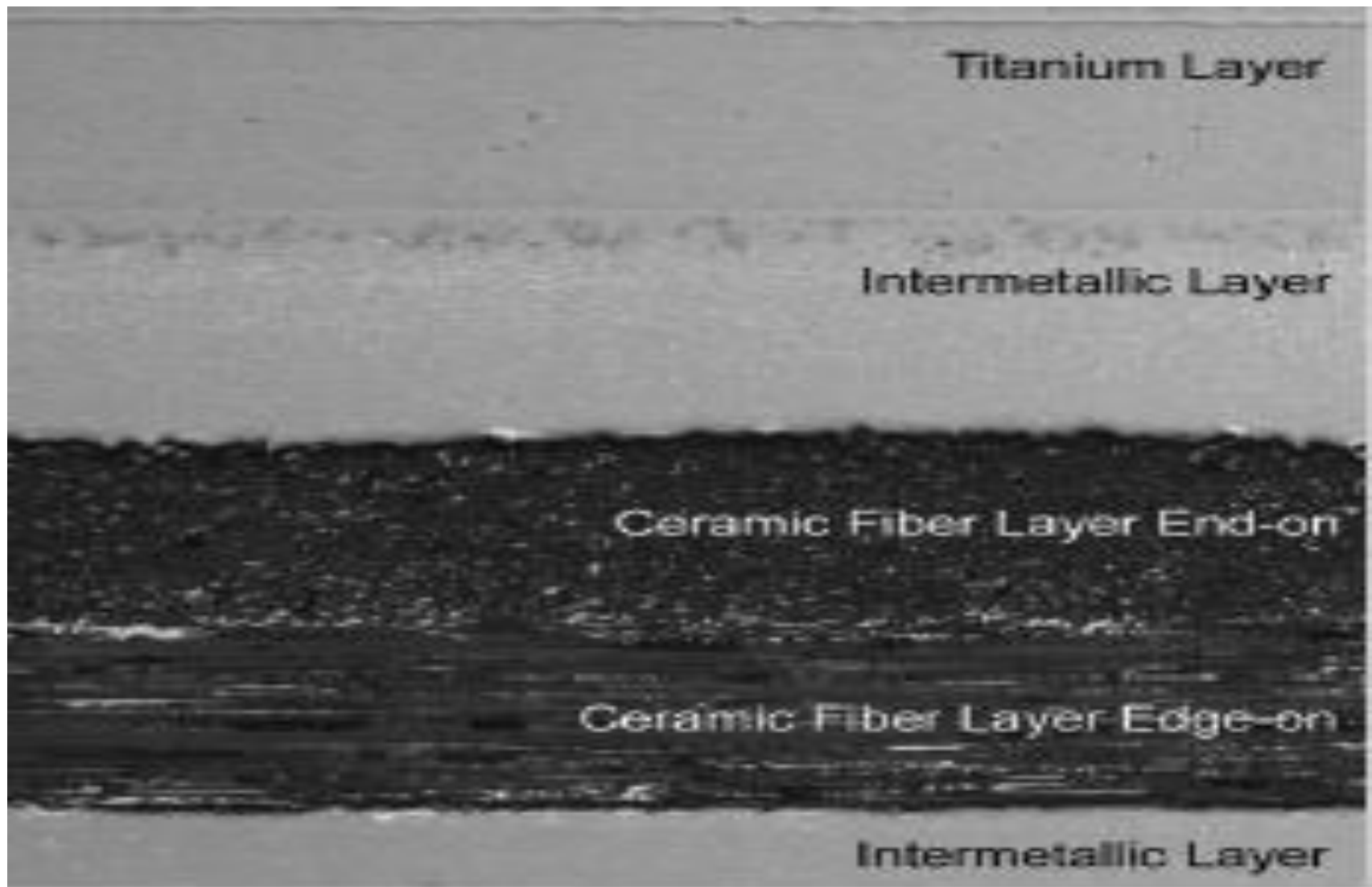
Compuesto laminar

Figura 14.4. Ejemplo de un laminado, con secuencia de apilamiento (+45, -45, 90, 45, 90, 0). El cosido entre capas que se representa en la figura no es frecuente en la actualidad, y tiene por objeto mejorar la resistencia interlaminar.

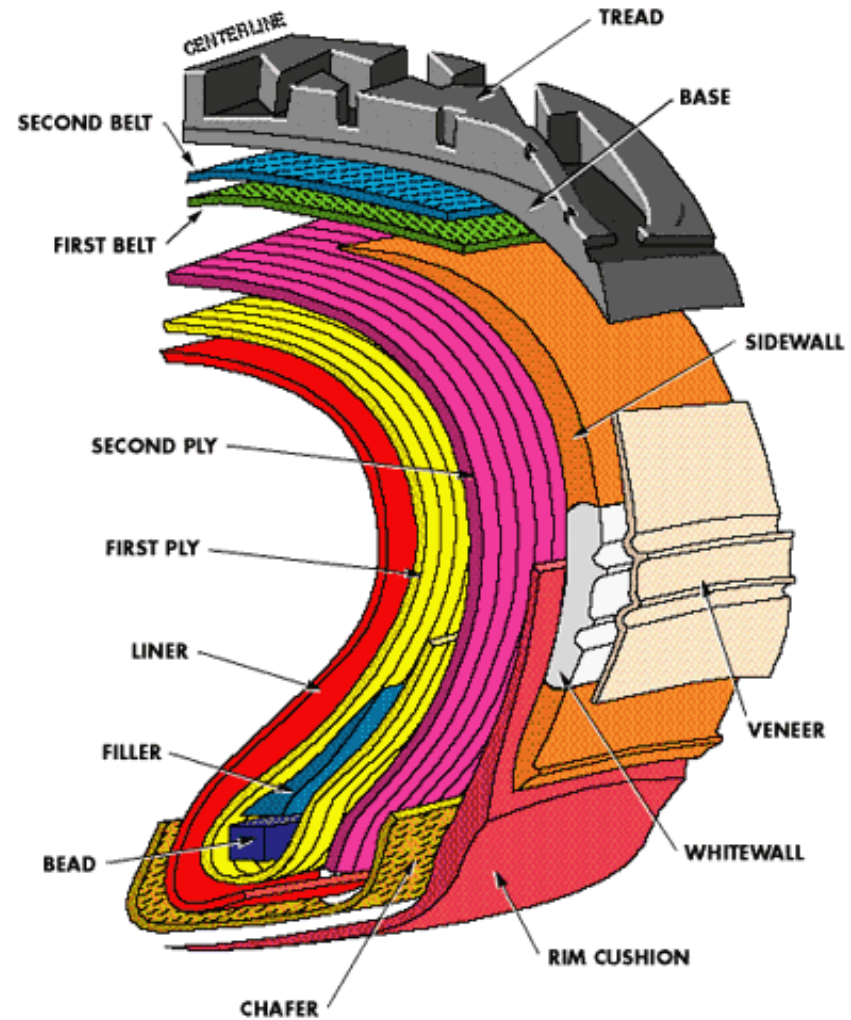
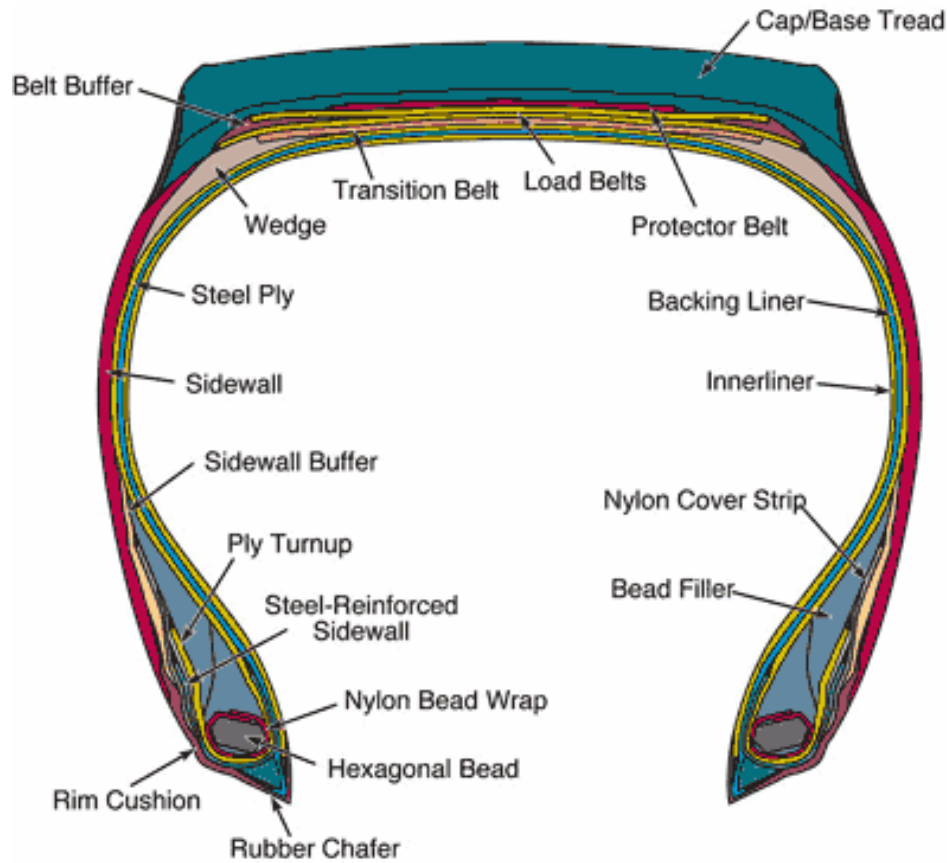




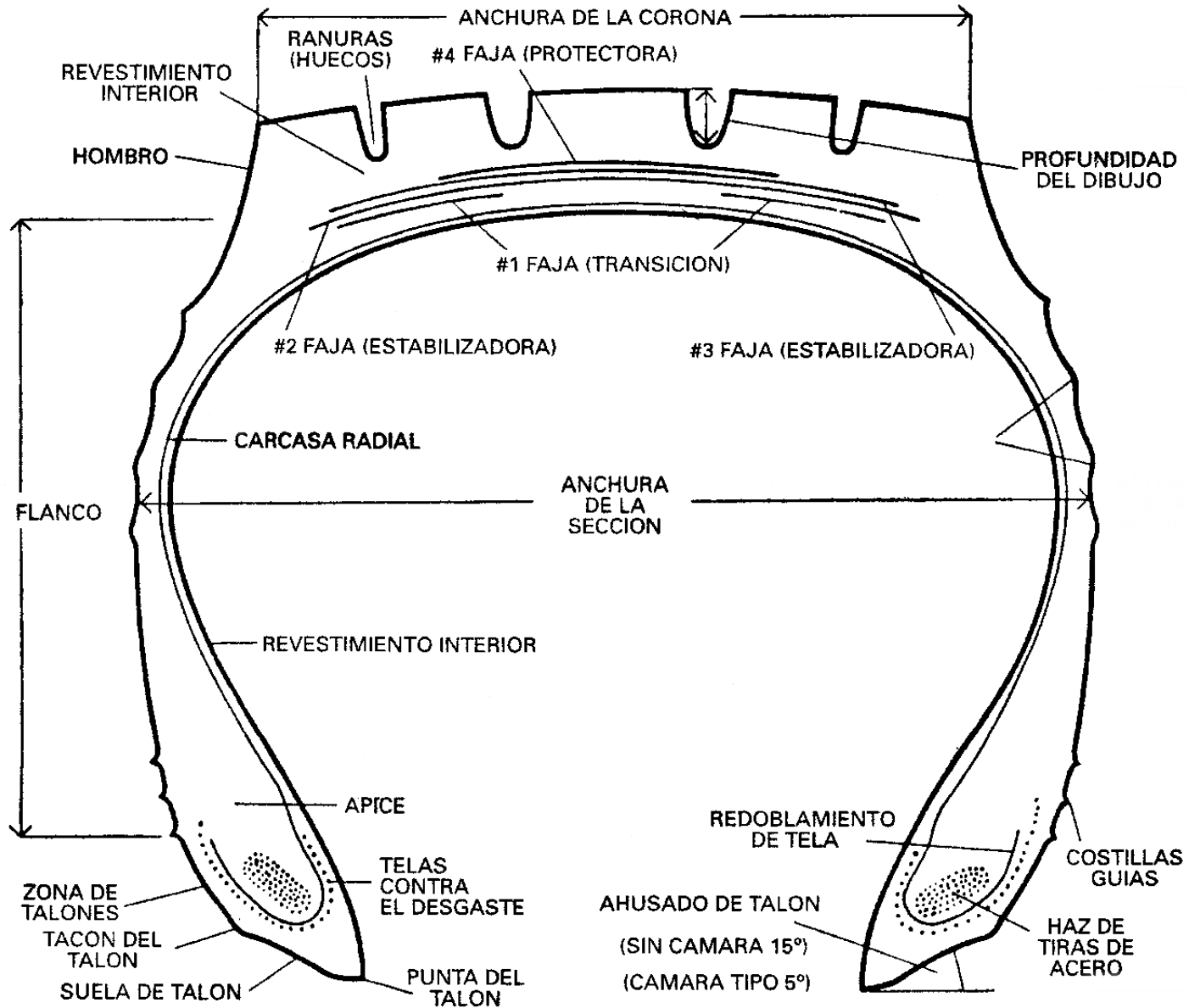
Compuesto laminar con fibras de cerámicos



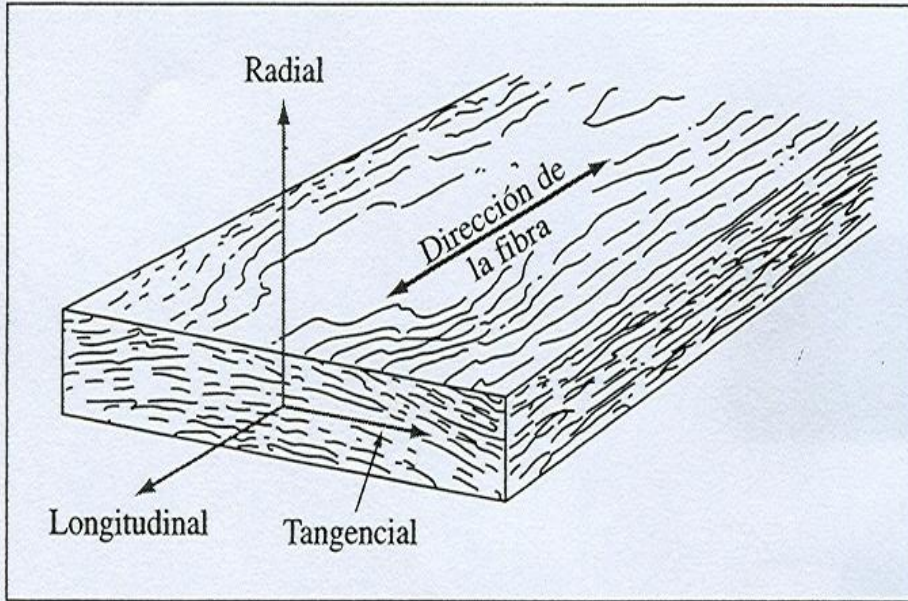
COMPUESTO LAMINAR (NEUMATICOS)



NOMENCLATURA DE NEUMATICOS

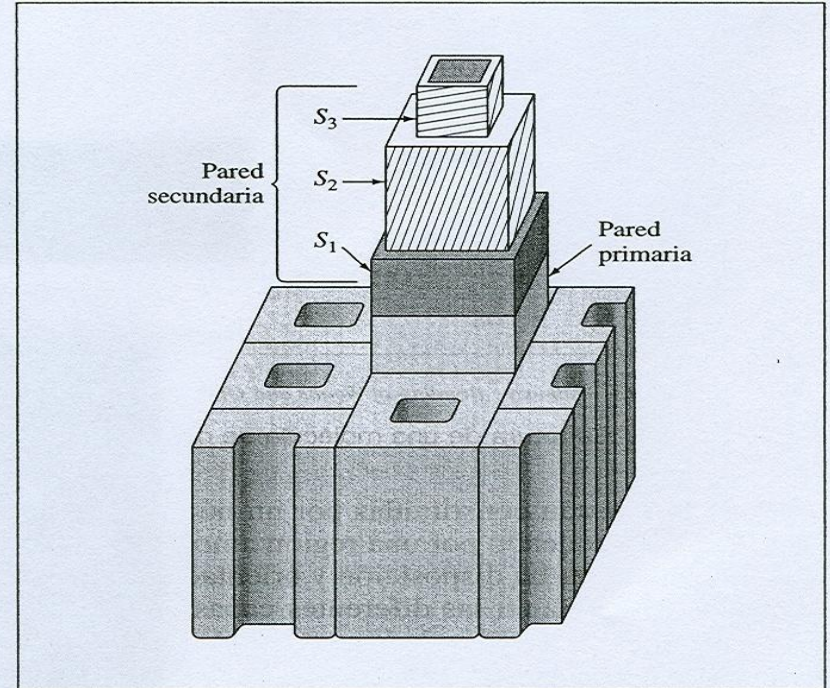


Ordenamiento y características de las fibras de celulosa en la madera



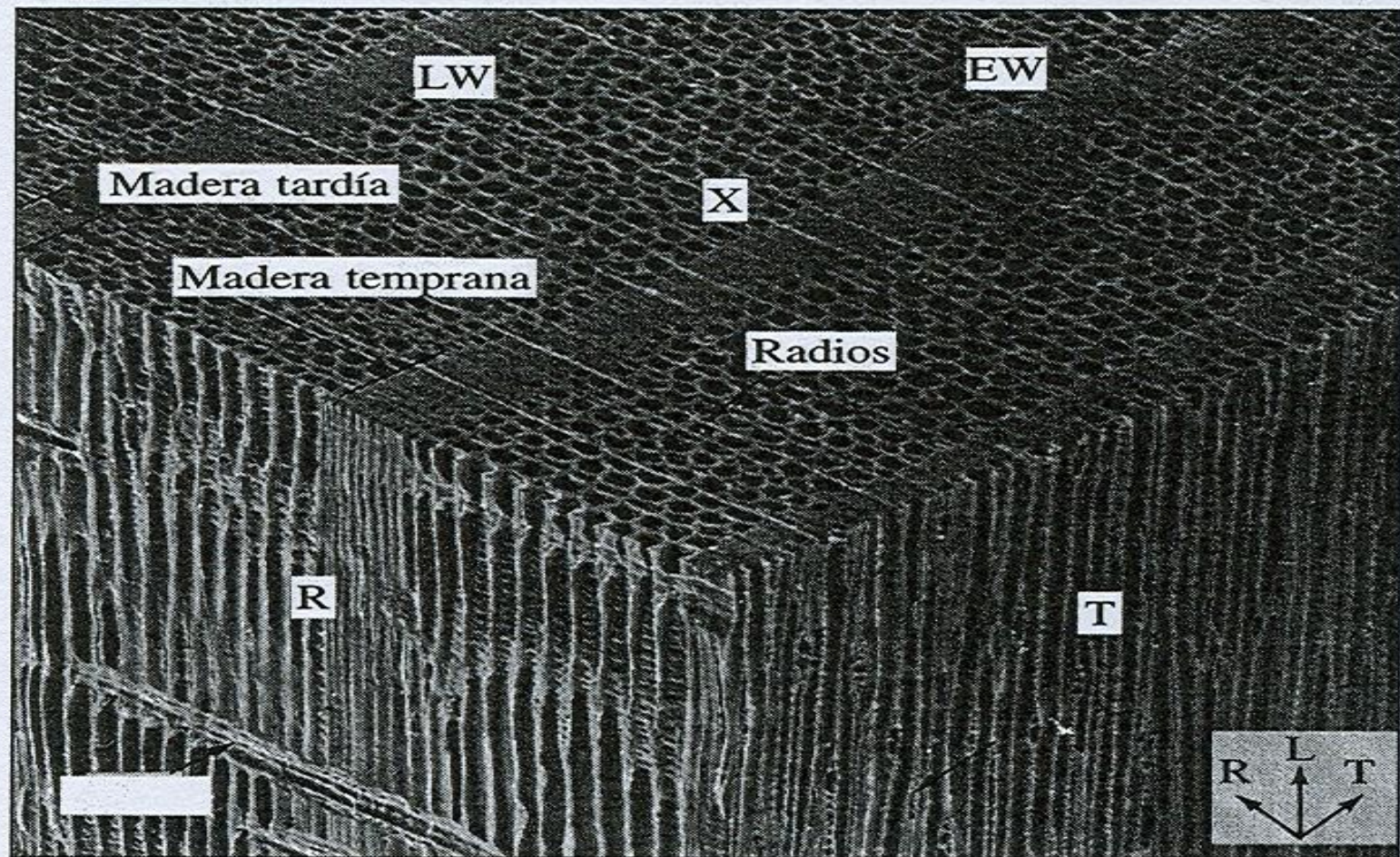
(Según U. S. Department of Agriculture Handbook n.º 72, revised 1974, p. 4-2.)

FIGURA 11.37. Ejes en la madera. El eje paralelo al grano es el longitudinal, el tangencial es paralelo al anillo de crecimiento anual y el eje radial es perpendicular al anillo de crecimiento anual.



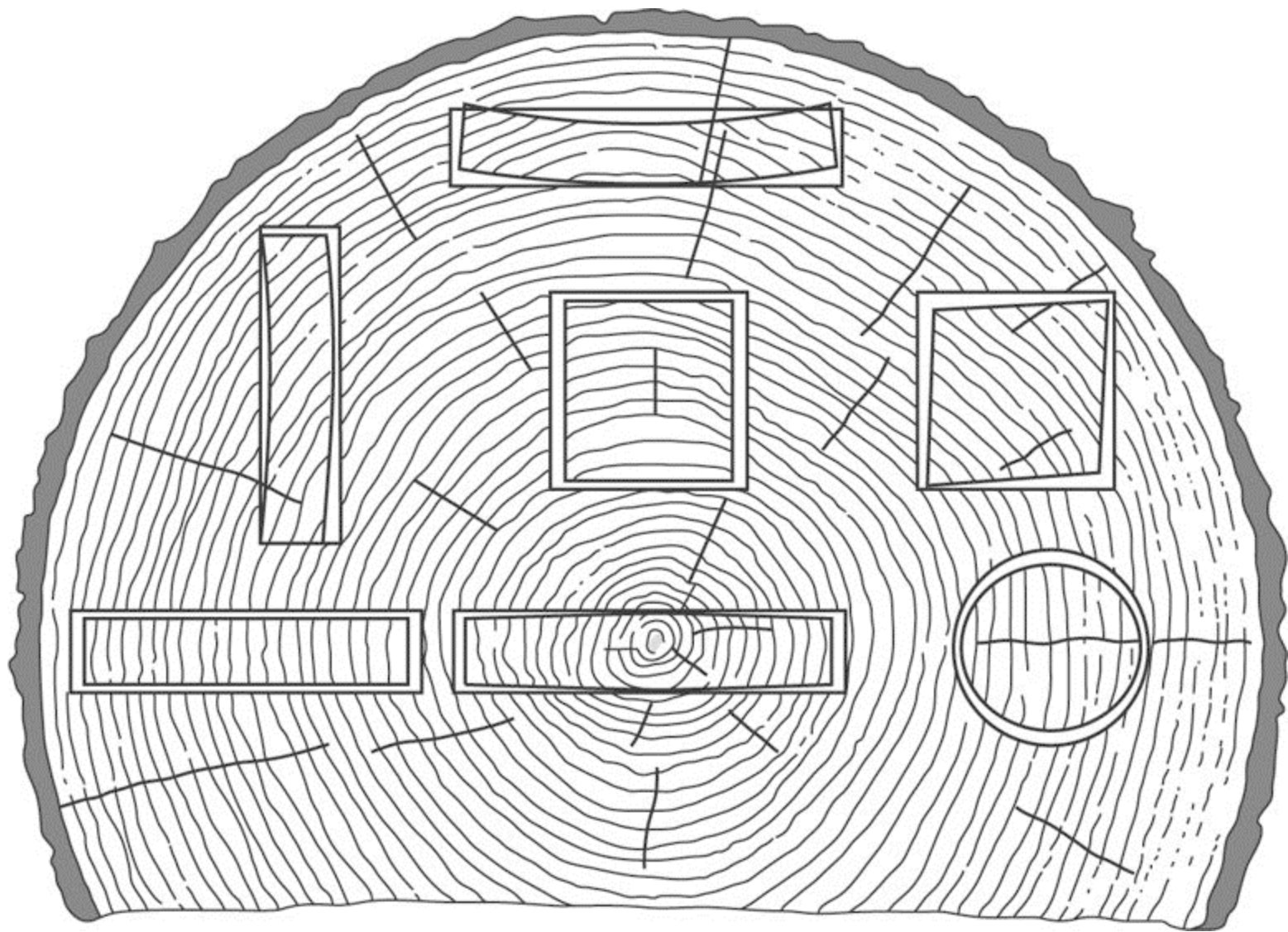
[Según R. J. Thomas, *J. Educ. Module Mater. Sci.*; 2:85 (1980). Usado con permiso del *Journal of Materials Education*, University Park, Pa.]

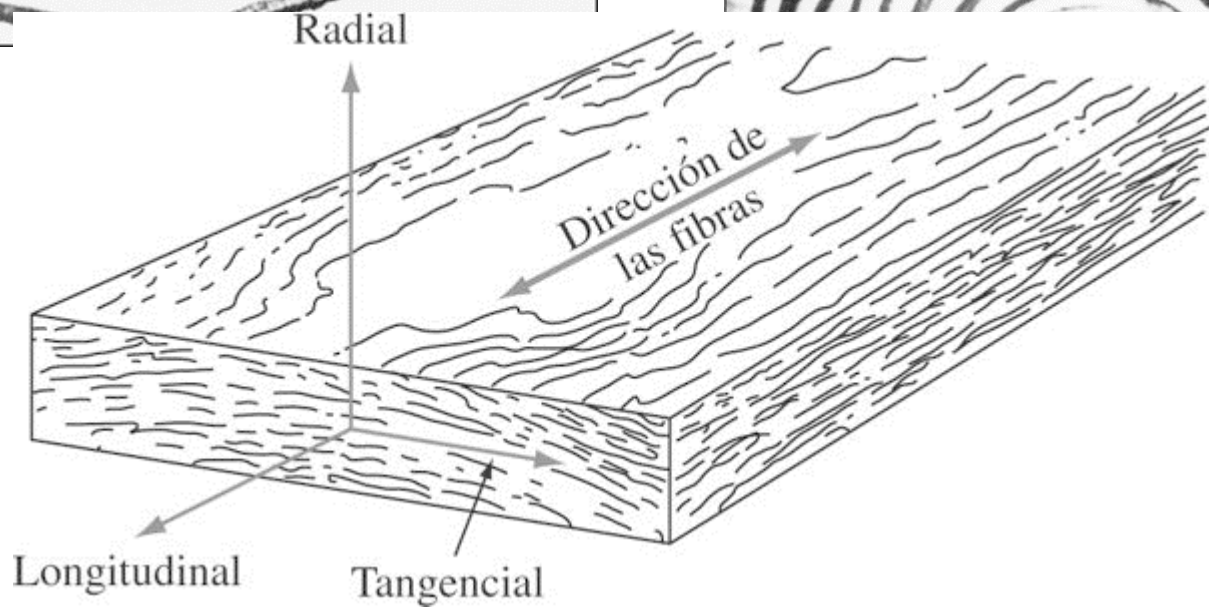
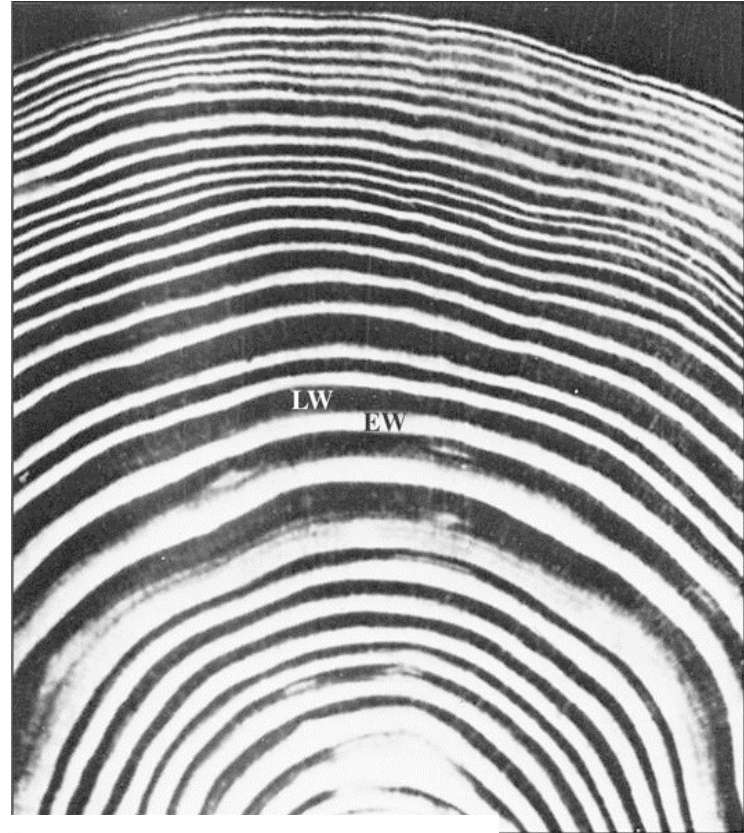
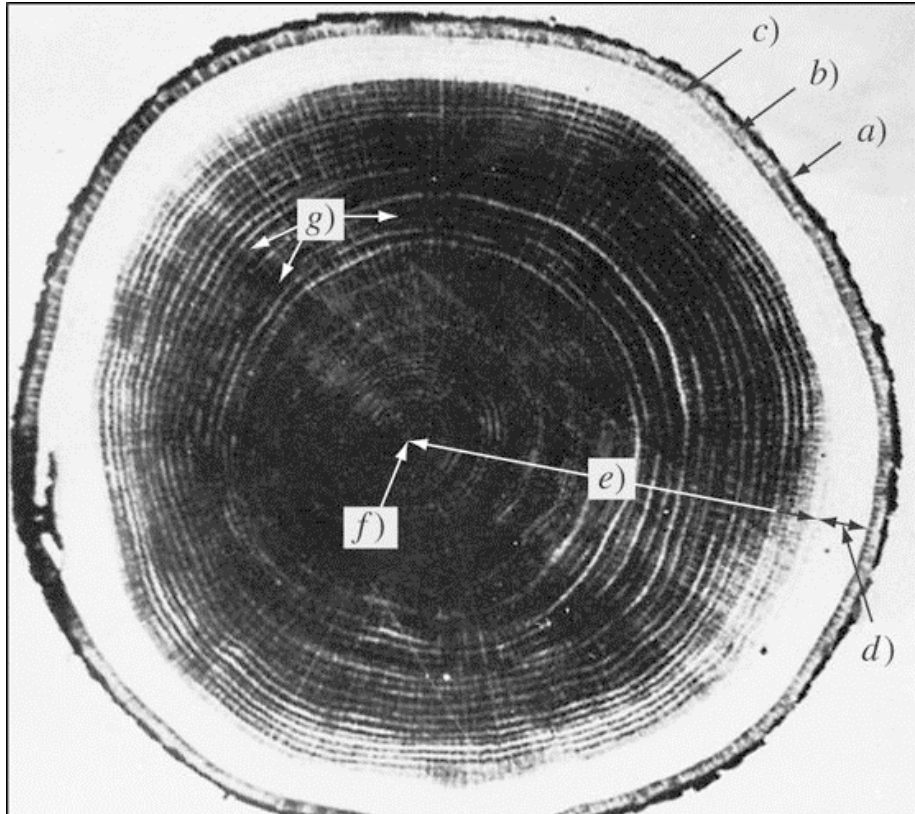
FIGURA 11.41. Dibujo esquemático de una célula de madera como parte de una estructura celular múltiple en la que se muestra el espesor relativo en sus paredes primaria y secundaria. Las líneas sobre las paredes primaria y secundaria indican las orientaciones de las microfibrillas.



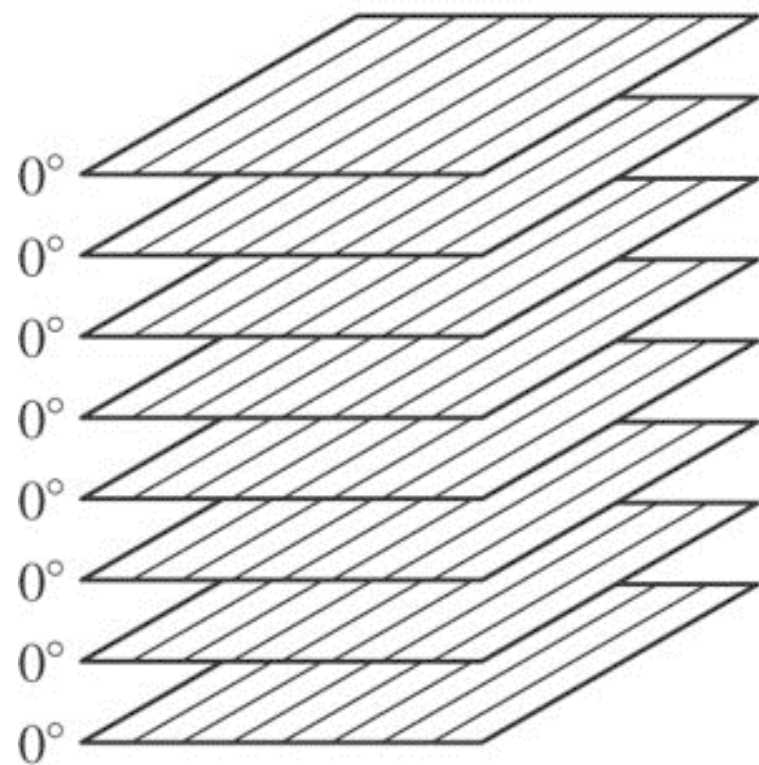
(Cortesía del N. C. Brown Center for Ultrastructure Studies, SUNY College of Environmental Science and Forestry.)

FIGURA 11.38. Micrografía obtenida en microscopio electrónico de barrido de bloques de madera blanda que muestra tres anillos de crecimiento completos en la superficie de la sección transversal. Obsérvese que las células individuales son mayores en la madera temprana (EW) que en la madera tardía (LW). Los radios que constan de células que almacenan alimentos van perpendiculares a la dirección longitudinal. (Ampliación $\times 75$.)

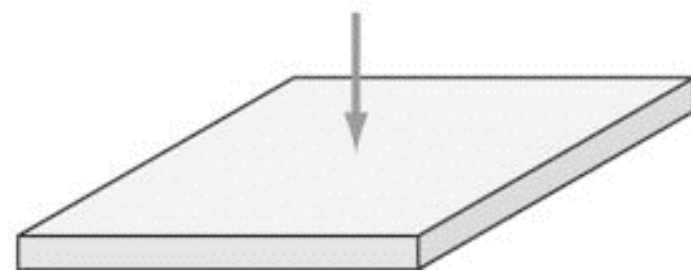
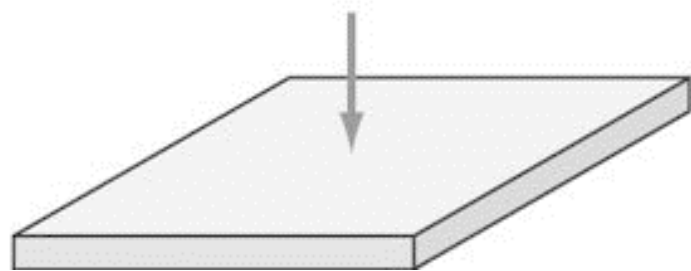
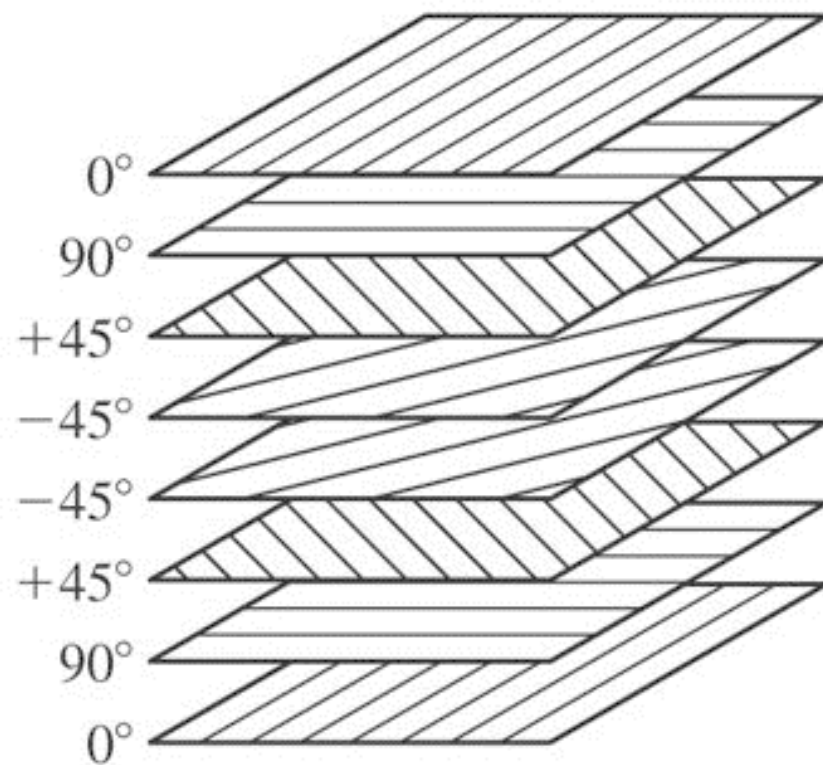


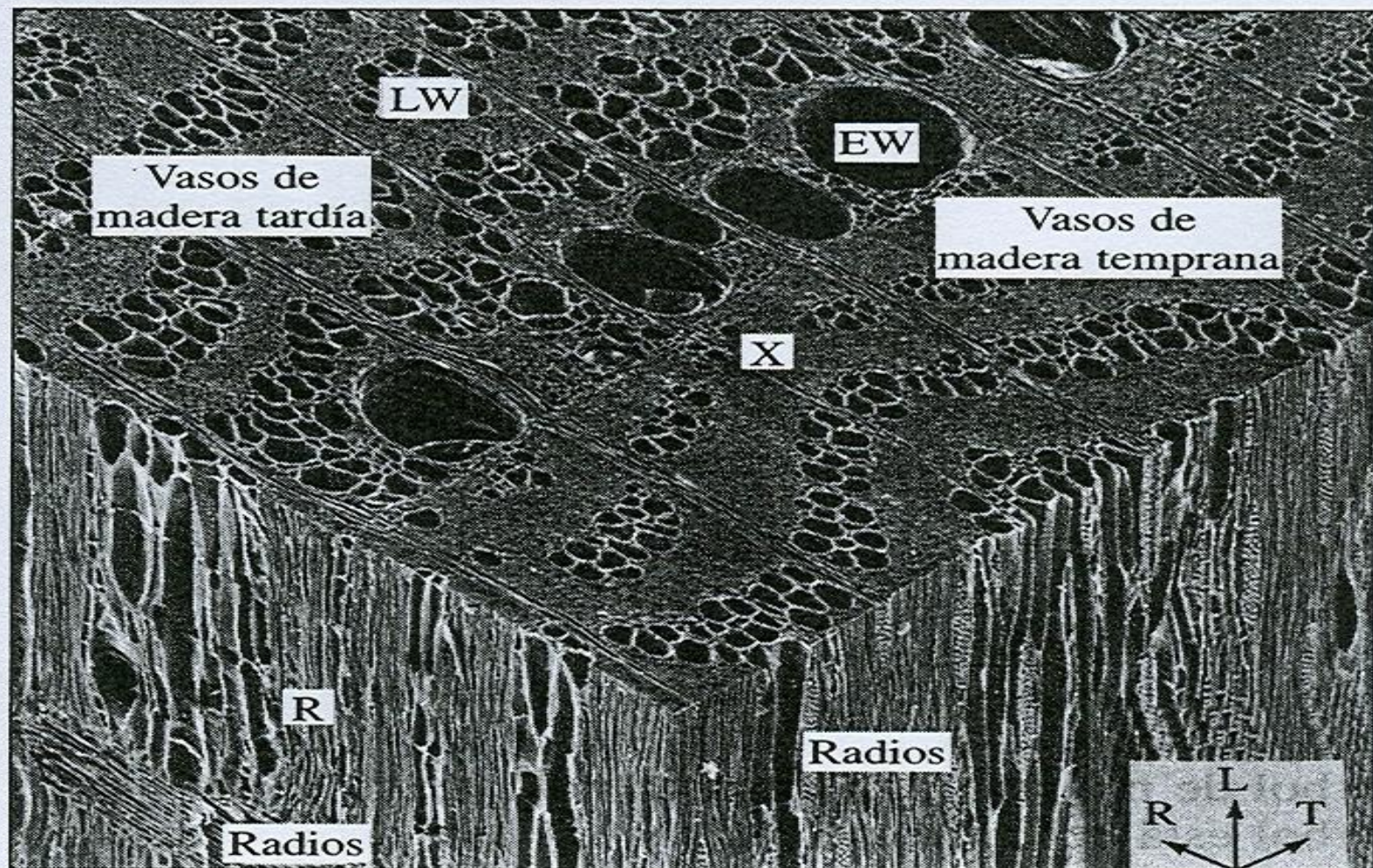


Unidireccional



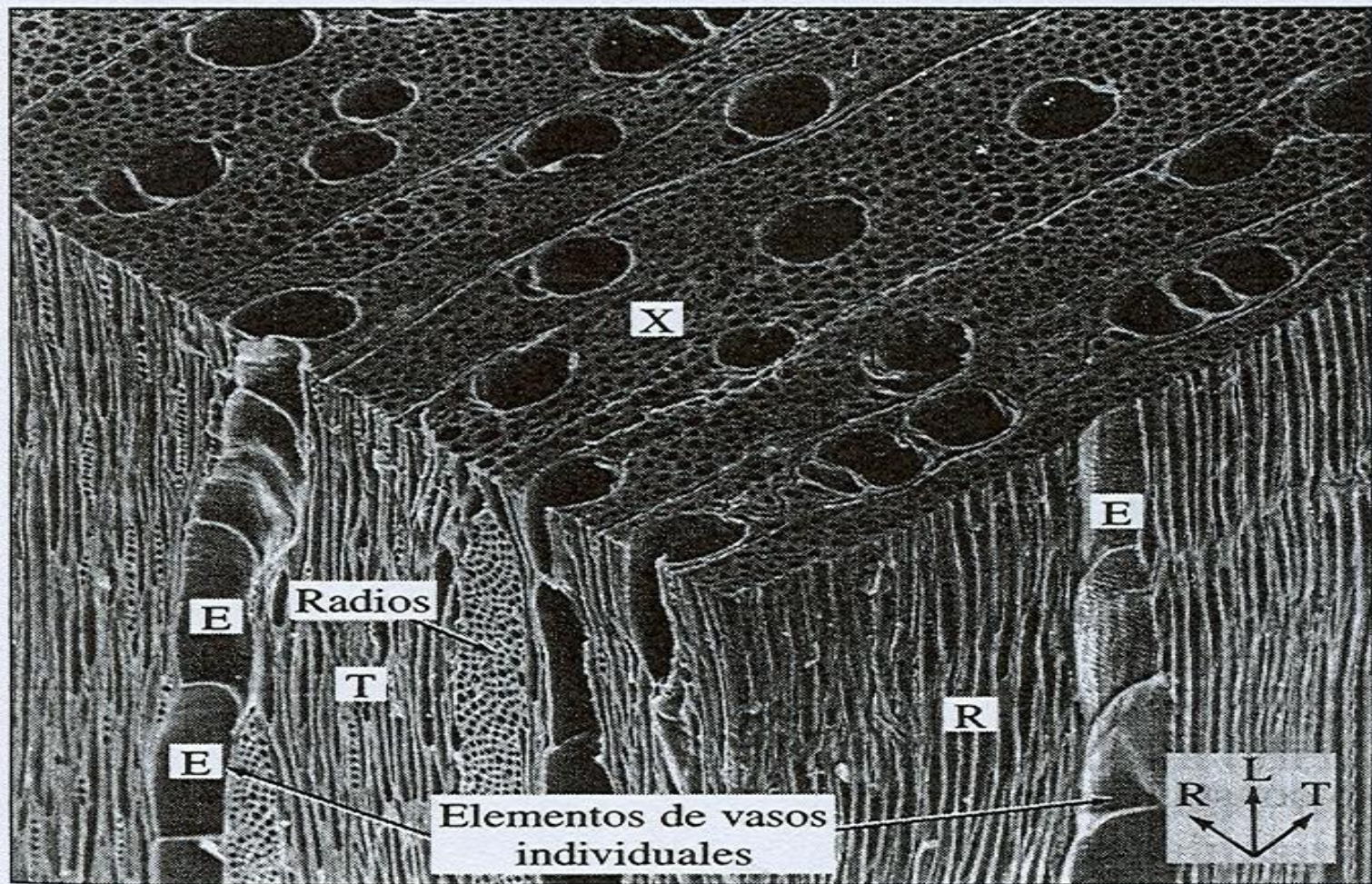
Capas cruzadas casi isotrópicas





(Cortesía del N. C. Brown Center for Ultrastructure Studies, SUNY College of Environmental Science and Forestry.)

FIGURA 11.39. Micrografía obtenida en microscopio electrónico de barrido de un bloque de madera dura con poros en anillo (olmo americano) que muestra el cambio abrupto en el diámetro de los vasos de madera temprana (EW) y madera tardía (LW) como se observa en la superficie de la sección transversal. (Ampliación $\times 54$.)



(Cortesía del N. C. Brown Center for Ultrastructure Studies, SUNY College of Environmental Science and Forestry.)

FIGURA 11.40. Micrografía obtenida en microscopio electrónico de barrido de un bloque de madera dura con poros diseminados que muestra un diámetro bastante uniforme de los vasos a través del anillo de crecimiento. Puede apreciarse la formación de los vasos a partir de sus elementos individuales. (Ampliación $\times 100$.)