

# Materiales cerámicos

Título 8 del temario (cap. 10 del libro de texto)

Título descriptivo:

**Estructuras cristalinas básicas (secciones 10.2 y 10.3)**

**Procesado (sección 10.4)**

**Cerámicos tradicionales y de ingeniería (sección 10.5)**

**Propiedades eléctricas (+ ferroeléctricos, piezoeléctricos)**

(sección 10.6, una parte ya se adelantó en el cap. 6)

**del apartado de prop. mecánicas (sección 10.7) sólo vemos la**

**PSZ y los abrasivos**

**Propiedades térmicas**

**Vidrios**

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 cerámicos

fología, estruct. molecular → repasar el documento

01\_01

estructuras cristalinas de las cerámicas se basan en las  
diadas en el Cap. 3

especialmente importante: la ocupación de huecos  
(intersticiales) en estructuras compactas HCP y FCC.



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 cerámicos

que hay que saber calcular en MatII

**estructuras cristalinas:**

- densidades volumétricas, superficiales, lineales
- estabilidad de estructuras (básico)
- nº de coordinación, estructuras principales (CsCl, NaCl, ZnS, fluorita y antiferroita,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CaTiO}_3$  y  $\text{MgAl}_2\text{O}_4$ )
- estructuras de los silicatos

**procesado de pastas cerámicas y vidrios (análogo al de polímeros)**

**diagramas triangulares, mezclas y separaciones**

**efectos piezoeléctrico directo e inverso, piroelectricidad**

**aislantes térmicos (análogo a difusión de materia, Cap. 4)**

**dilatación lineal, expansión térmica general**

**viscosidad de vidrios / templado térmico y químico**



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 cerámicos

Por parte de los materiales cerámicos cristalizan en estructuras basadas en el empaquetamiento compacto de, al menos, uno de los constituyentes atómicos:

Principalmente el ión más grande ( $O^{2-}$ ) forma la estructura compacta y el ión más pequeño ocupa los huecos o intersticios

Los tipos más simples de empaquetamiento compacto son:

- (“face centered cubic”) y
- (“hexagonal closed packing”)

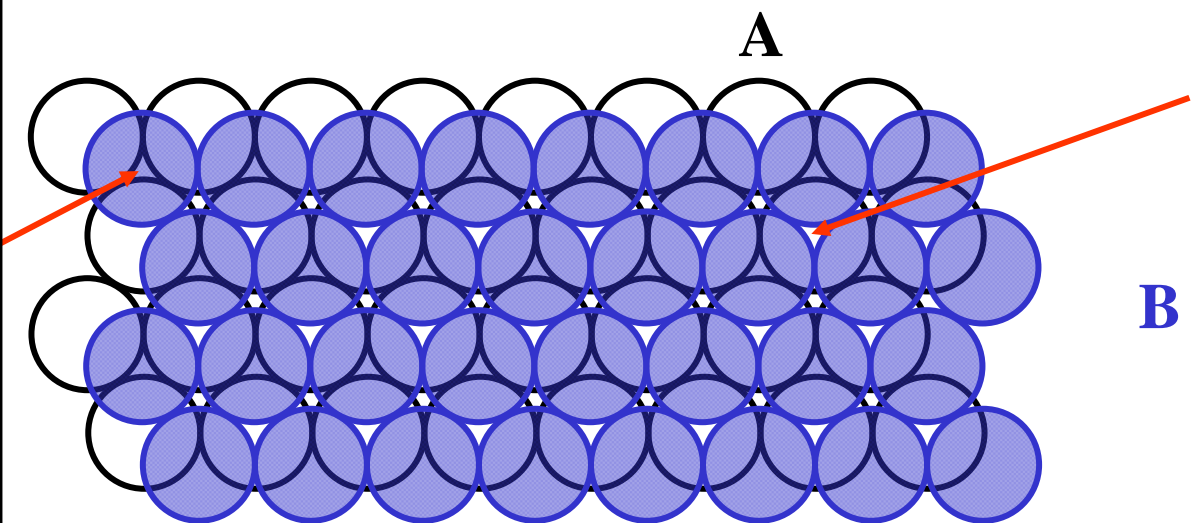


CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70  
--  
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70



# Empaquetamientos compactos

Los **tetraédricos** de las estructuras FCC y HCP forman tetraedros:

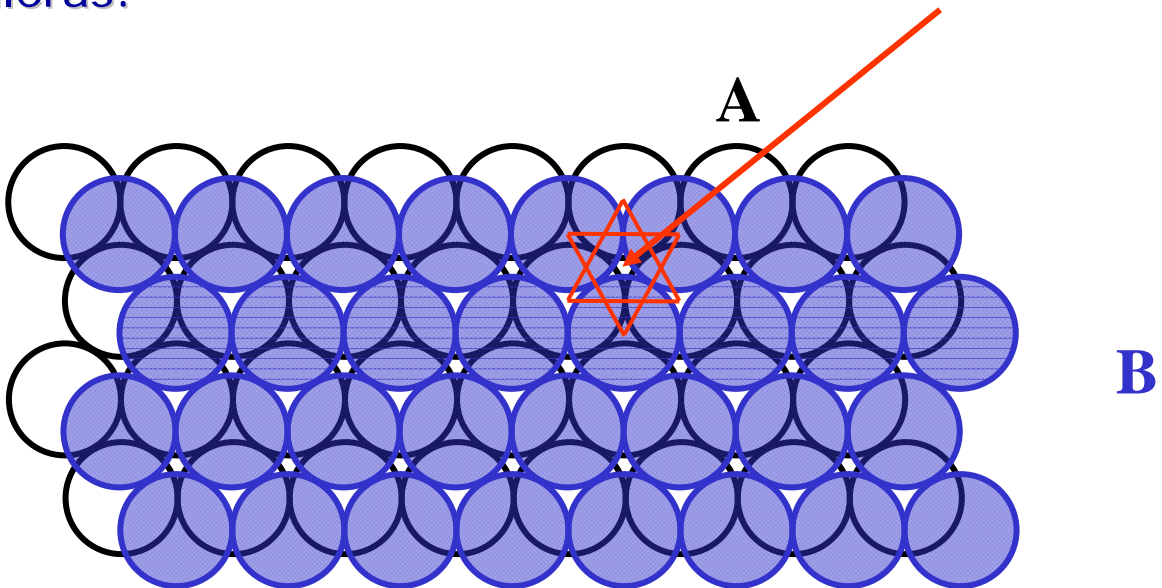


CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70  
-- --  
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70



# Empaquetamientos compactos

Los **octaédricos** de las estructuras FCC y HCP también  
se encuentran en **hileras**:



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

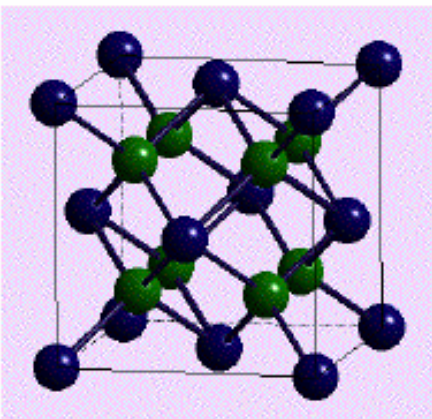




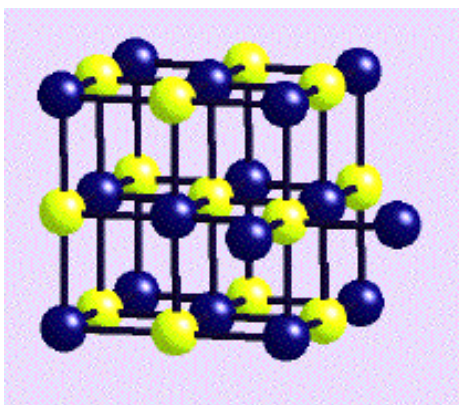
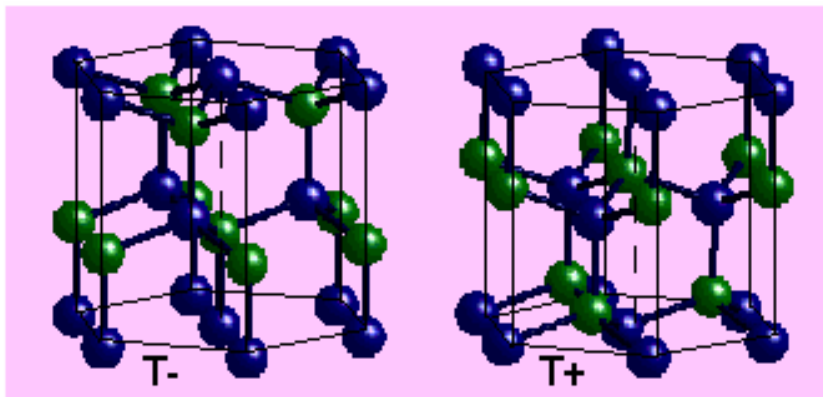
# Materiales cerámicos

estructuras cristalinas básicas (secciones 10.2 y 10.3):

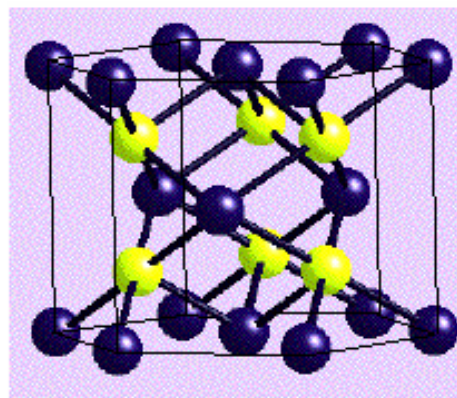
anticipadas en el Cap. 3; recordar los huecos en las estr. compactas:



cos



os



FCC

HCP



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 cerámicos

Las estructuras contienen átomos o iones (considerados como iones) de dos o más tipos

En general, el número de coordinación de cada ion depende muy directamente de la relación de radios iónicos

Reglas de Pauling:

1. La estructura debe ser eléctricamente neutra (global y localmente)

2. El catión central debe estar en contacto con los aniones con los que está coordinado

3. Si los poliedros de coordinación (los que definen los huecos ocupados) comparten caras o aristas se reduce la estabilidad del compuesto cerámico (tanto más cuanto mayor la carga iónica y menor el número de coordinación)

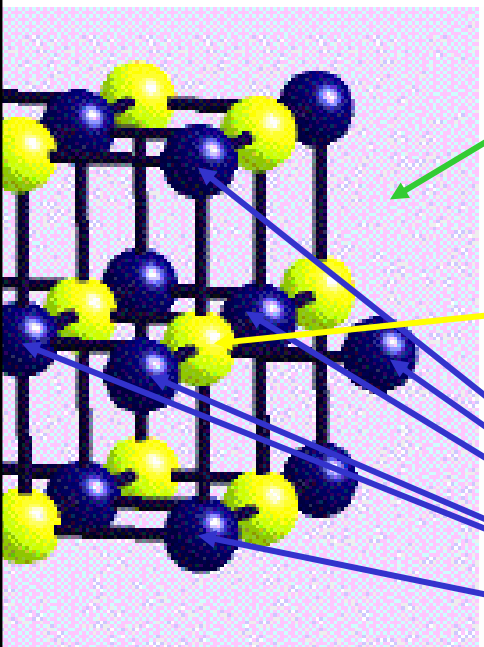
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70  
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70





# Materiales cerámicos

estructura debe ser eléctricamente neutra (global y localmente)



en el NaCl, la estructura es globalmente neutra

un ion  $\text{Na}^+$  (carga +1) está coordinado con seis iones  $\text{Cl}^-$  cada uno de los cuales contribuye una carga  $-1/6$   
→ **neutralidad local**  
(porque están a su vez coordinados con otros seis iones  $\text{Na}^+$ )



# Materiales cerámicos

El ion central debe estar en contacto con los aniones con los que está coordinado



poliedro de coordinación      relación crítica de radios      ejemplos

Coordinationspolyeder	Polyeder	$R_A/R_X^a$	Beispiele
[6]	Kubooktaeder	1	Kubisch dichteste Kugelpackung (Cu, Ne usw.)
	Disheptaeder		
[6]	Hexaeder	0,73	$Cs^{[8]}Cl$ $Ca^{[8]}F_2$
[6]	Trigonales Prisma	0,53	$AlB_2^{[6]b}$
[6]	Oktaeder	0,41	$Na^{[6]}Cl$ $Ti^{[6]}O_2$ $Pt^{[6]}Cl_6^{2-}$
[4]	Planare [4]-Koordinatión		$Pt^{[4]}Cl_4^{2-}$
[4]	Tetraeder	0,23	$Zn^{[4]}S$ $Si^{[4]}O_2$ $S^{[4]}O_4^{2-}$
[3]	Planare [3]-Koordinatión	0,15	$C^{[3]}O_3^{2-}$ $N^{[3]}O_3$

(continuación)

<sup>a</sup> Grenzwert des Radienquotienten  $R_A/R_X$  unter der Voraussetzung, daß sich die kugelförmigen Bausteine X des Polyeders berühren und der kugelförmige Zentralbaustein A genau in der gebildeten Lücke sitzt (vgl. Kap. 12.4 „Ionenstrukturen“).  
<sup>b</sup> Vgl. Aufgabe 4.2.

Borchard-Ott, W., "Kristallographie", 6<sup>a</sup> ed. Springer (2002)

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

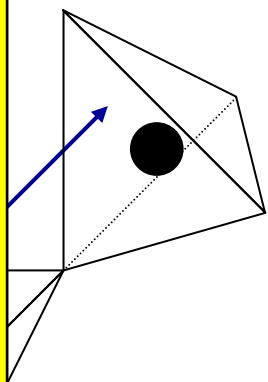
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

www.cartagena99.com no se hace responsable de la información contenida en el presente documento en virtud al Artículo 17.1 de la Ley de Servicios de la Sociedad de la Información y de Comercio Electrónico, de 11 de julio de 2002. Si la información contenida en el documento es ilícita o lesiona bienes o derechos de un tercero háganoslo saber y será retirada.

# Materiales cerámicos

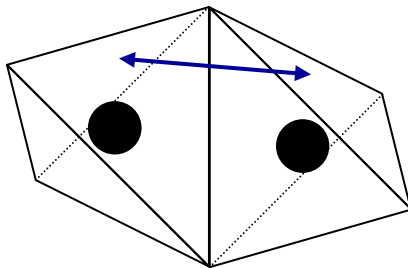
**poliedros de coordinación** (los que definen los huecos  
s) **comparten caras o aristas se reduce la estabilidad**  
**poliestruo cerámico** (tanto más cuanto mayor la carga iónica y  
el número de coordinación)

entre cationes:  
(relativa)



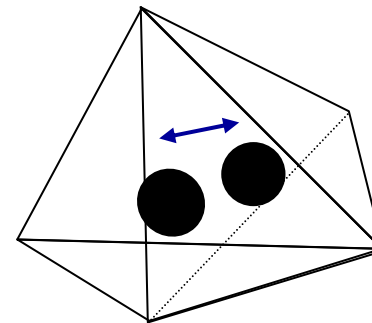
compartido  
(más estable)

distancia entre cationes:  
0.58 (relativa)



arista compartida  
(menos estable)

distancia entre cationes:  
0.33 (relativa)



cara compartida  
(aún menos estable)

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



# Cerámicos: Tipos de Estructuras

encontramos estructuras FCC:

**NaCl**, con coordinación 6-6

los aniones forman la red FCC

los cationes ocupan **todos** los

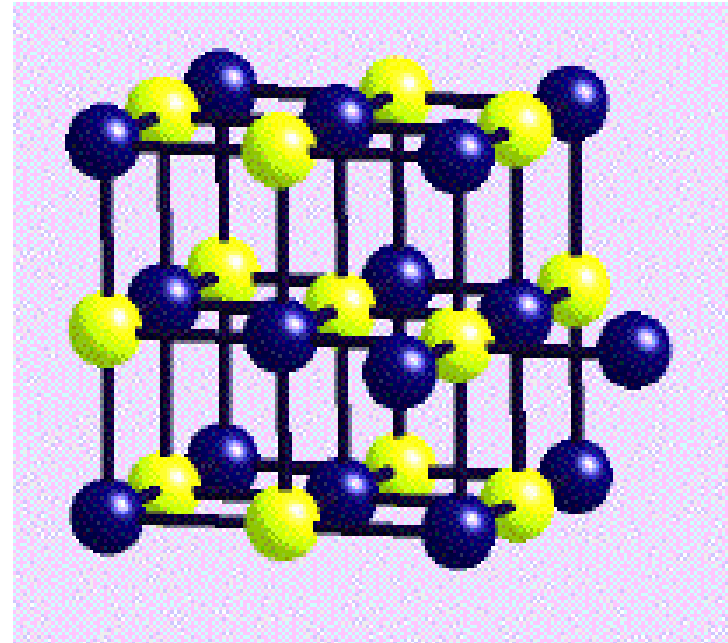
huecos **octaédricos**: AgCl, MgO,

CaO, SrO, BaO, FeO, NiO, MnO,

CoO y sulfuros

los cationes ocupan **2/3** de los

huecos **octaédricos**: Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>



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



# Cerámicos: Tipos de Estructuras

## Fluorita, con coordinación 8-4

Los cationes forman la red FCC

Los aniones ocupan **todos** los huecos

**tetraédricos:**  $ZrO_2$ ,  $UO_2$ ,  $ThO_2$ , y

fluoruros

El hueco cúbico central queda vacante

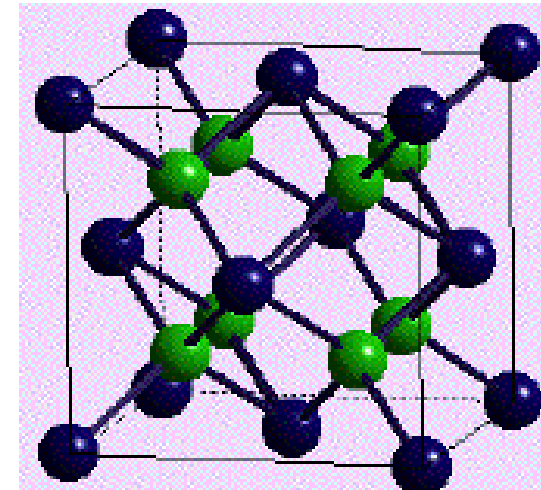
## Antifluorita, coord. 4-8

Los aniones forman la red FCC

Los cationes ocupan **todos** los

huecos **tetraédricos:**  $Li_2O$ ,  $Na_2O$ ,

$K_2O$ ,  $Rb_2O$



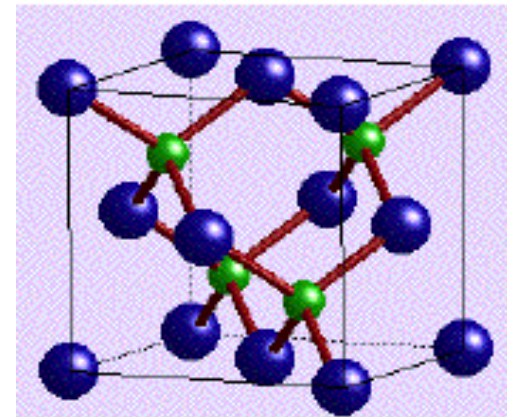
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70  
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70





# Cerámicos: Tipos de Estructuras

Blenda de Zinc, con  
dinación 4-4



ZnS

os aniones forman la red FCC  
os cationes ocupan 1/2 de los  
huecos tetraédricos: BeO, SiC,  
diamante, Si, haluros de Cu, Ag

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





# Cerámicos: Tipos de Estructuras

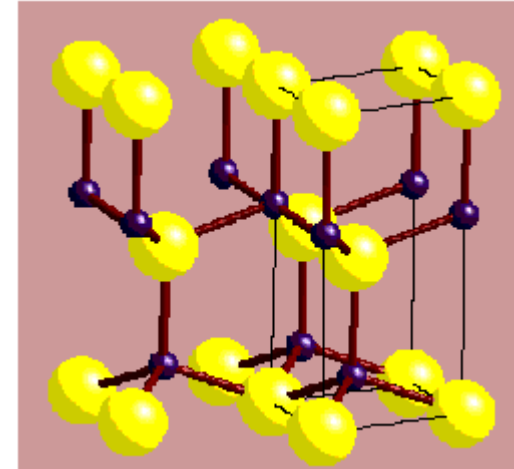
encontramos estructuras HCP:

**tzita**, con coordinación 4-4

los aniones forman la red HCP

los cationes ocupan  $1/2$  de los

huecos **tetraédricos(T+)**

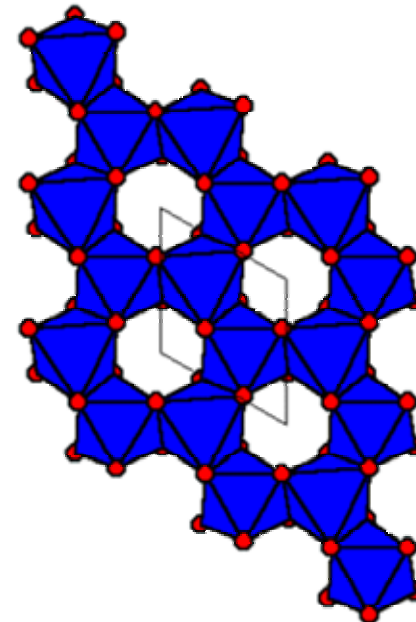


**ndón**, con coordinación 6-6

los aniones forman la red HCP

los cationes ocupan  $2/3$  de los

huecos **octaédricos**



# Cerámicos: Tipos de Estructuras

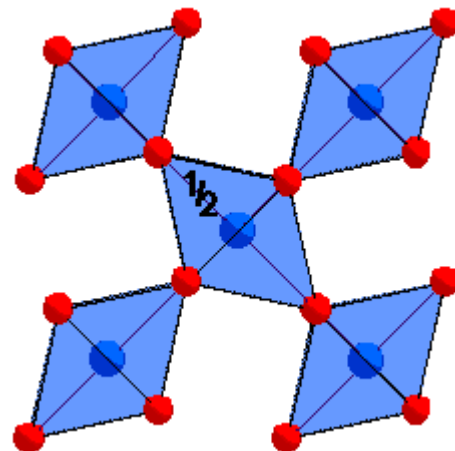
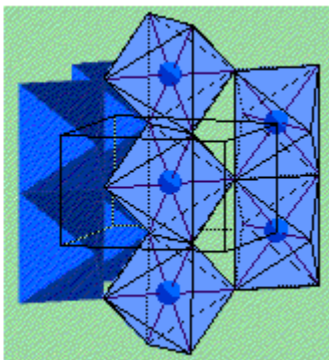
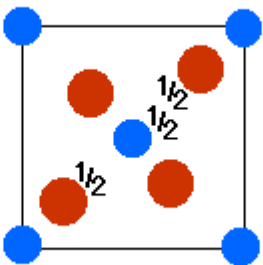
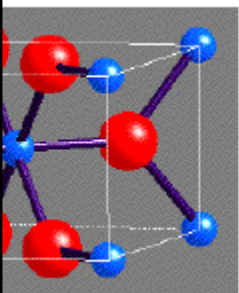
Las estructuras cristalinas:

Óxido (TiO<sub>2</sub>), con coordinación 6-3

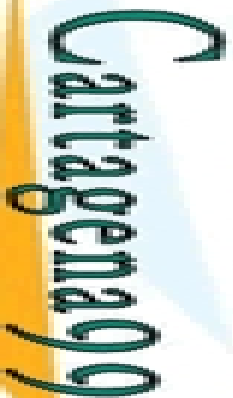
no compacta,

se considera una HCP distorsionada

dióxidos de metales de transición



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

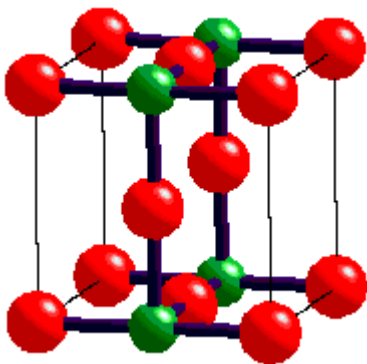
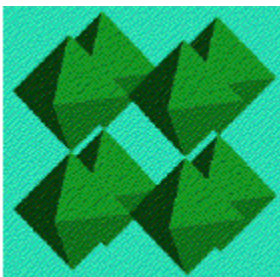
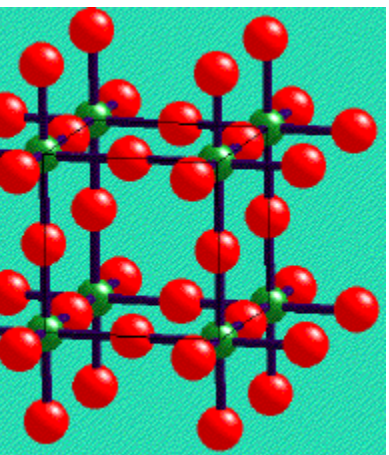


# Cerámicos: Tipos de Estructuras

do de Renio ( $\text{ReO}_3$ ), con coordinación 6-2

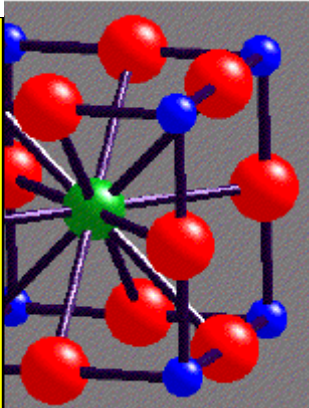
hueco dodecaédrico central está vacante

e ella se deriva la estructura de la Perovskita

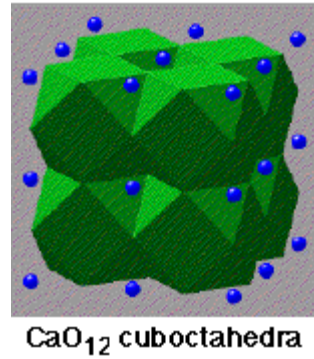
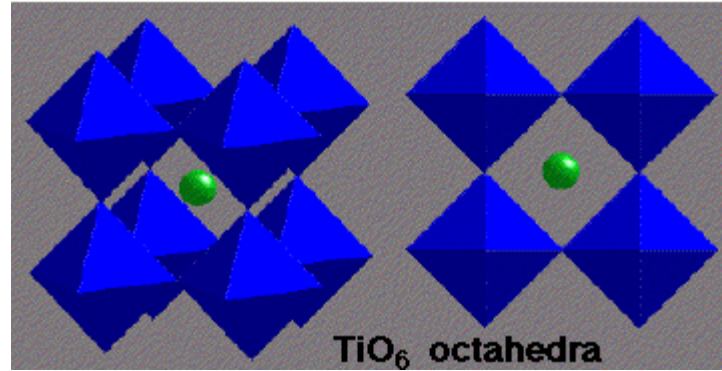
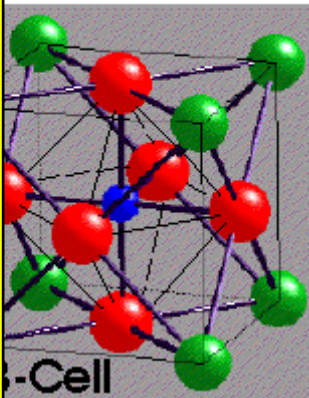


# Cerámicos: Tipos de Estructuras

rovskita ( $\text{CaTiO}_3$ ), con coordinación 12-6-"6"(4xCa,2xTi), no se cumplen las reglas de Pauling



Ca ● Ti ● O



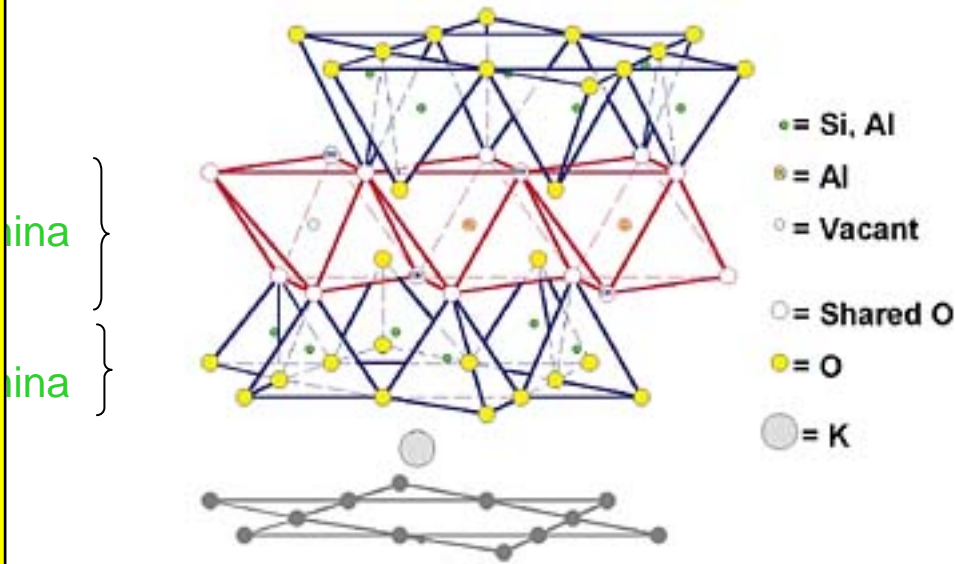
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70  
--  
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70



# Materiales cerámicos tradicionales

Los silicatos (base de las cerámicas tradicionales) consisten en secuencias de capas tetraédricas y octaédricas con los huecos ocupados por los aniones  $O^{2-}$  ocupados por cationes.

## Estructura de la mica



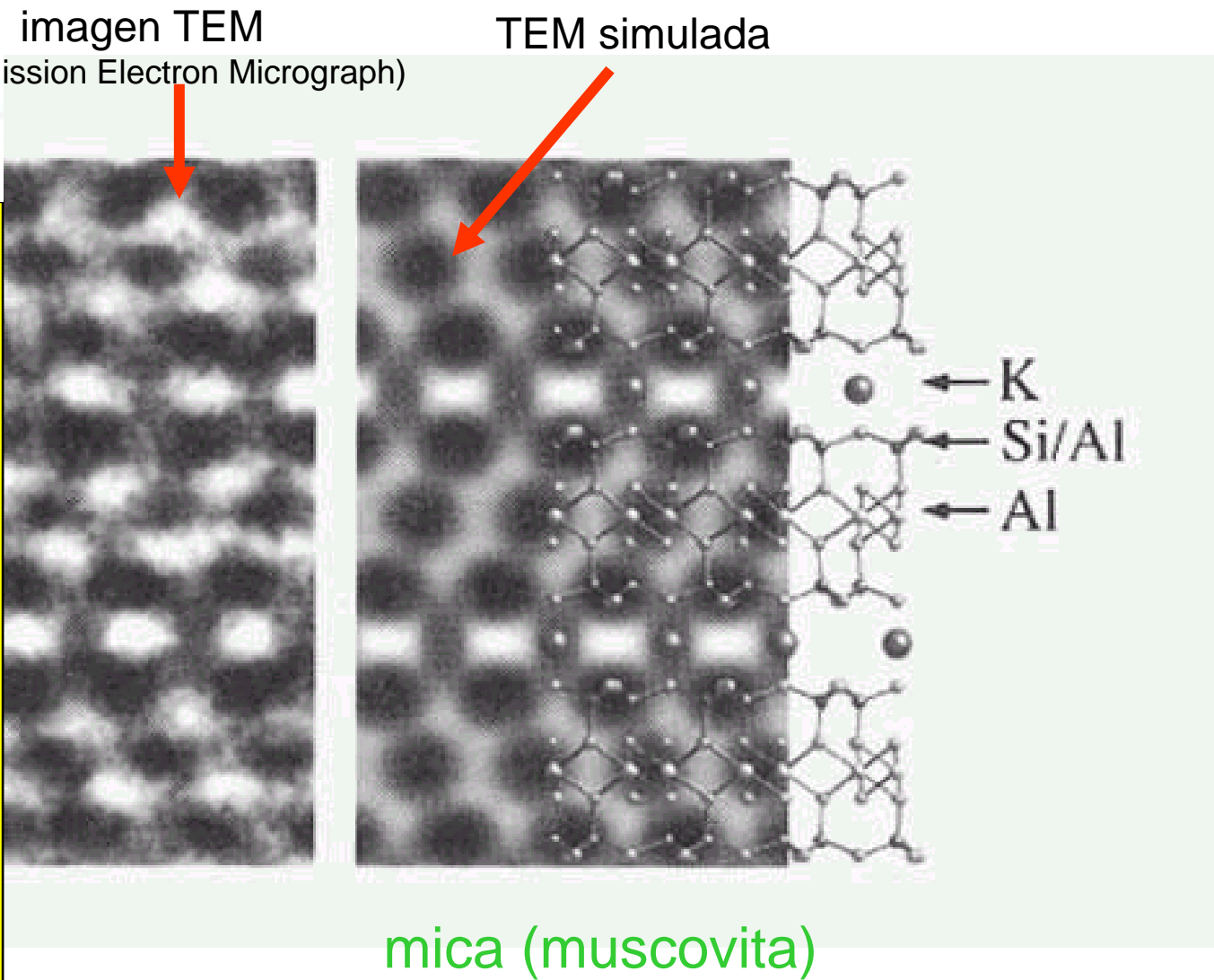
los cationes interlaminares (K) compensan la carga de cada Al en posición tetraédrica

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 cerámicos tradicionales

Cartagena99



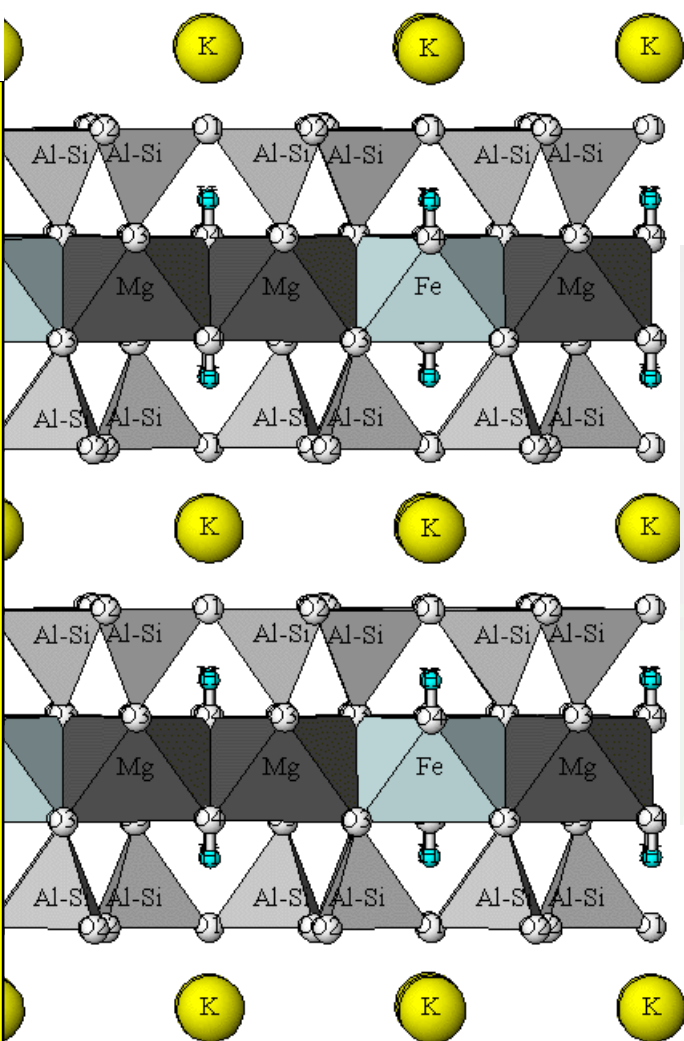
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70  
---  
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70





# Silicatos

Un número muy elevado de posibles combinaciones, por eso existe un gran número de silicatos en la naturaleza (ver enlace en AulaWeb)



## Biotite



MONOCLINIC (-)

$\alpha$  1.565-1.625  
 $\beta$  1.605-1.696  
 $\gamma$  1.605-1.696  
 $\delta$  0.04-0.08  
 $2V_\alpha$  0°-25°  
 $\gamma$ :  $\alpha$  0°-9°,  $\beta = \gamma$ , O.A.P. (010)

*Dispersion*: weak.

Fe-rich biotites  $r < v$ .

Mg-rich biotites  $r \leq v$ .

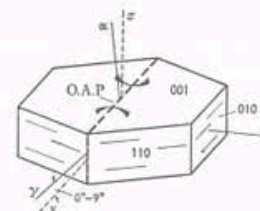
D 2.7-3.3. H 2½-3.

*Cleavage*: {001} perfect.

*Twinning*: Composition plane {001}, twin axis [310].

*Colour*: Black, deep shades of brown, reddish brown or green; yellow, brown or green in thin section.

*Pleochroism*: Strong:  $\alpha$  greyish yellow, brownish green or brown;  $\beta = \gamma$  dark brown, dark green or dark reddish brown.



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

# Vidrios inorgánicos

Los vidrios inorgánicos están generalmente constituidos por un

**formador de red**, típicamente un óxido (pero también un sulfuro, seleniuro, fluoruro):  $B_2O_3$ ,  $SiO_2$ ,  $GeO_2$ ,  $P_2O_5$ ,  $As_2O_3$ ,  $BeF_2$  o  $Sb_2O_3$

**Modificador de red:**

**Fundentes:**  $Na_2O$ ,  $K_2O$  (dan movilidad a la red, bajan  $T_{fusión}$ )

**Estabilizantes:**  $CaO$ ,  $MgO$ ,  $PbO$  (reducen la hidrólisis)

**Formadores condicionales o modificadores:**  $Al_2O_3$

Lo crucial es que forman "moléculas" tridimensionales

(los vidrios inorgánicos reticulados temporalmente) cuyo

comportamiento dinámico es análogo en algunos aspectos al de los

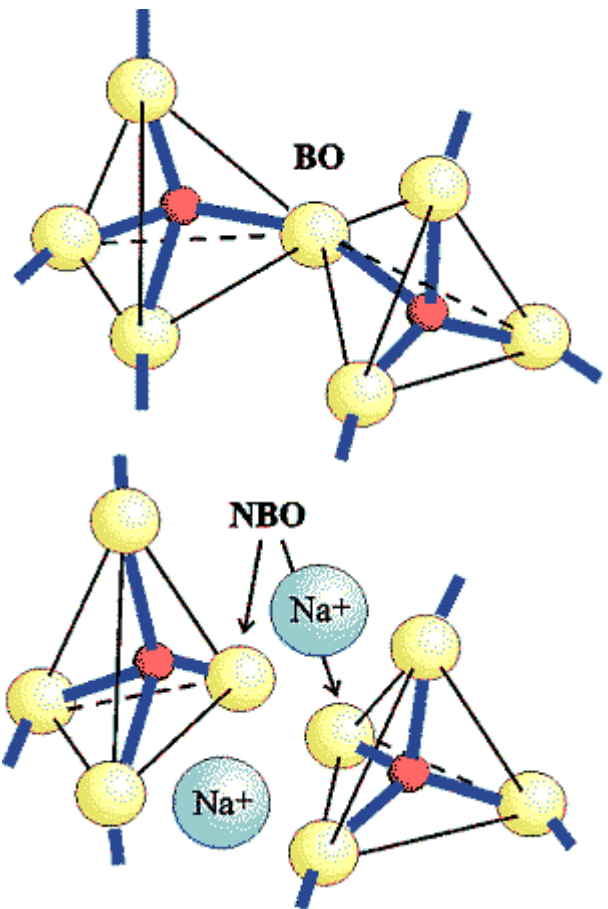
polímeros orgánicos lineales

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



# Acción de un modificador de red



“rompe” la unión  
de los tetraedros y, de  
este modo, el puente BO, se  
rompe y los oxígenos  
no puente, cada uno con su  
valencia, queda saturada con un



# Transición vítrea

de fluido a sólido al bajar la temperatura:

**enfriando** por debajo del punto de solidificación

no formar una fase cristalina (ordenada)

es una transición **termodinámica** (un vidrio no es una

fase estable termodinamicamente)

es una cuestión de **velocidad de enfriamiento**

depende de la **movilidad molecular** (→ tamaño molecular)

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



# Vidrios inorgánicos

La fusión de un sólido cristalino se reconoce por una discontinuidad en las propiedades termodinámicas (entalpía, entropía, volumen específico)

La fusión de un vidrio se reconoce por una variación continua de las propiedades termodinámicas (p.ej. la densidad)

Por ejemplo:

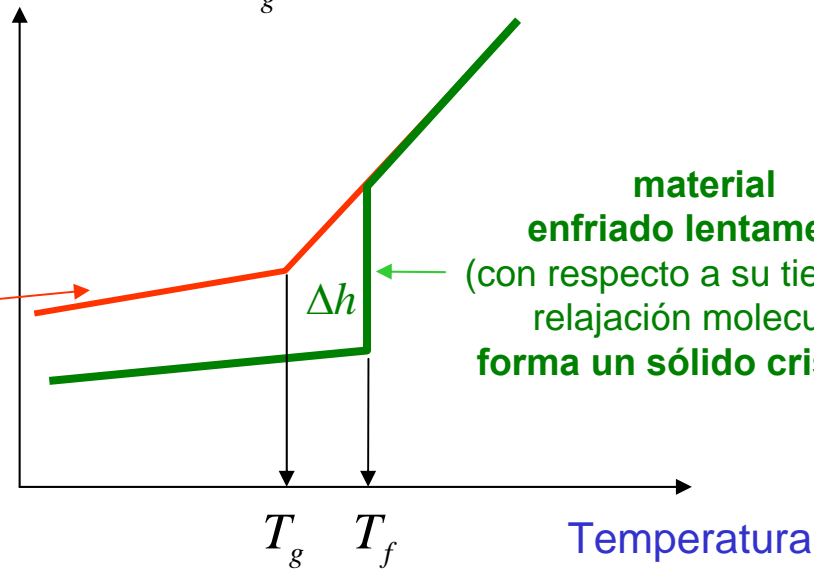
$T_f$

$T_f$  temperatura de fusión

$T_g$  temperatura de transición vítrea

Entalpía (h)

**material enfriado rápidamente** (con respecto a su tiempo de relajación molecular); **forma un sólido vítreo**



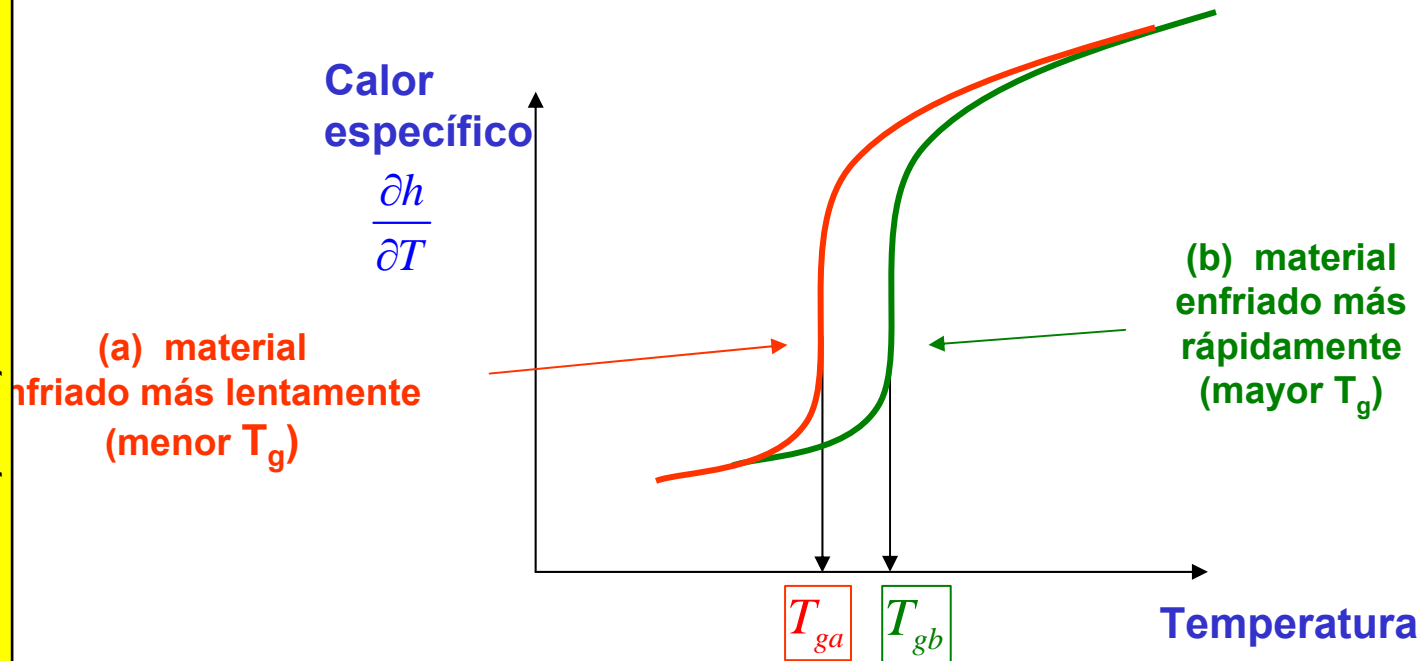
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70  
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70



# Vidrios inorgánicos

La formación de un vidrio se reconoce por una discontinuidad en la derivada de las variables termodinámicas (p. ej. calor específico) → transición de "segundo orden".

La temperatura de transición vítrea depende además de la velocidad a la que enfriemos (no es una prop. termodinámica)



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

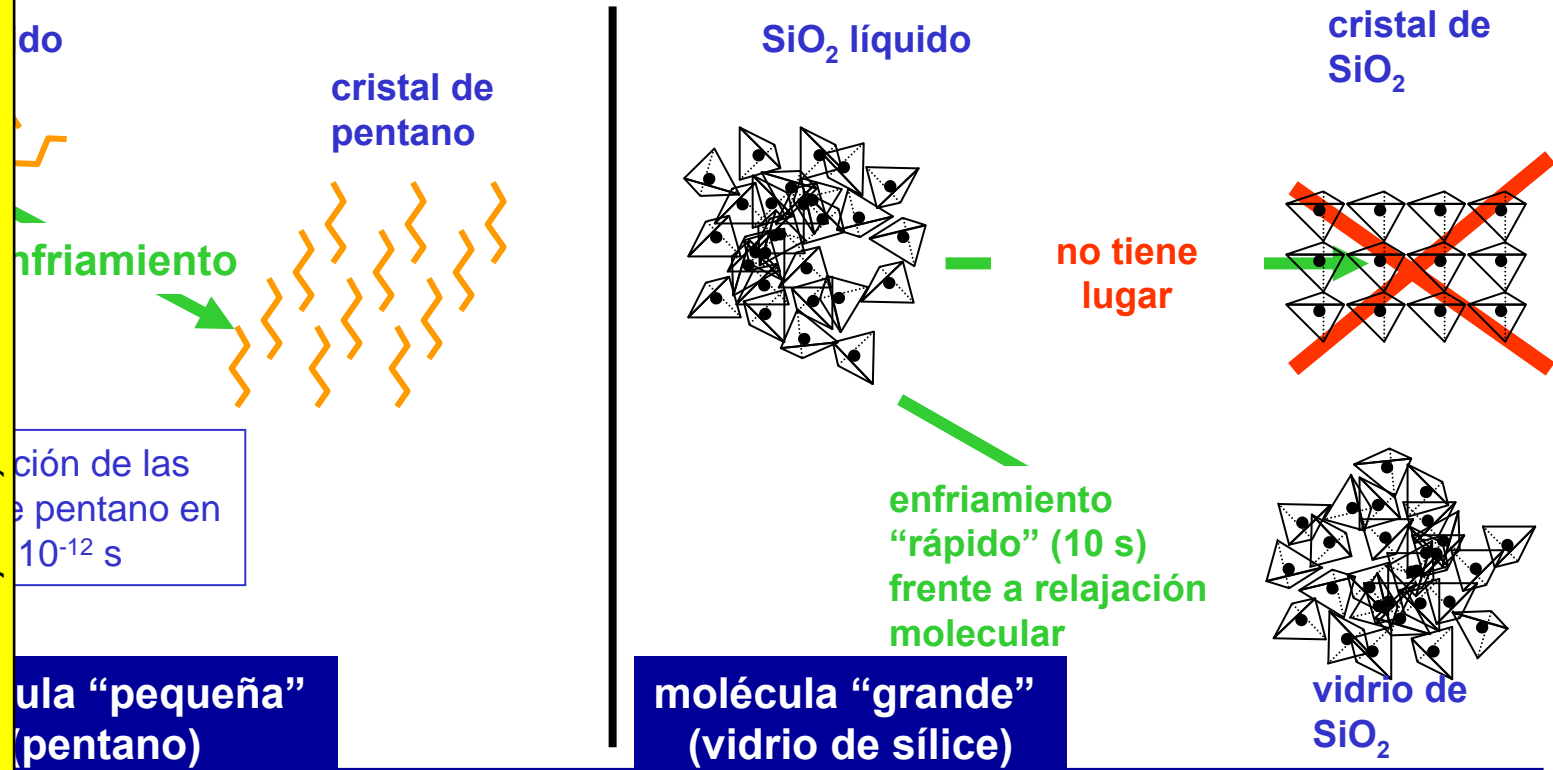




# Vidrios orgánicos e inorgánicos

Al igual que los vidrios inorgánicos, la flexibilidad que se pierde al bajar la  $T_g$  es la de los enlaces O-Si-O

Los tetraedros  $SiO_4^{4-}$  forman una estructura tridimensional que tiene un tiempo de relajación (necesario para formar cristales) muy grande



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



# Propiedades características de materiales cerámicos

Algunas de las propiedades más conocidas, que los hacen adecuados como materiales estructurales, refractarios, ópticos, conductores, etc.

Algunos materiales cerámicos con propiedades menos conocidas pero igualmente muy importantes:

- piezoelectricidad
- piroelectricidad
- ferroelectricidad

Los diseños/cálculos con materiales para estas aplicaciones se ilustra en los problemas de este tema



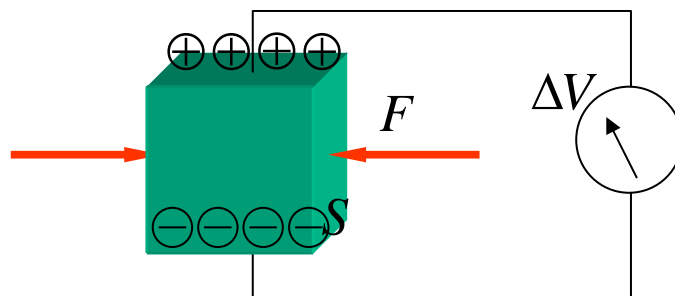
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70  
--  
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70



# Propiedades características de materiales cerámicos

## Electricidad:

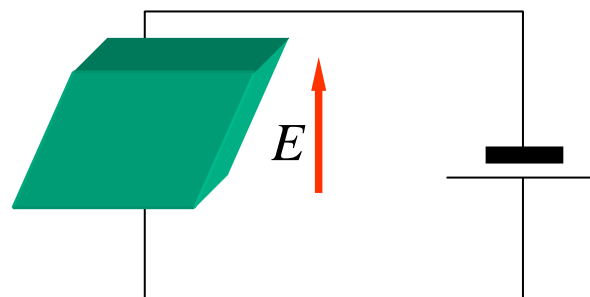
*directa:* polarización eléctrica de un material al someterlo a un esfuerzo



$$P = d : \tau$$

$\tau$  — esfuerzo  
 $d$  — módulos piezoeléctricos  
 $P$  — polarización eléctrica

*inversa:* deformación de un material al someterlo a un campo eléctrico



$$\epsilon_{311} = E \cdot d$$

$d$  — módulos piezoeléctricos  
 $E$  — campo eléctrico  
 $\epsilon_{311}$  — deformación

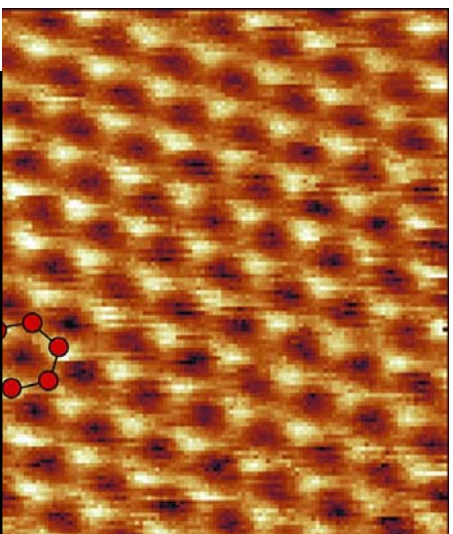


CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70  
 ---  
 ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

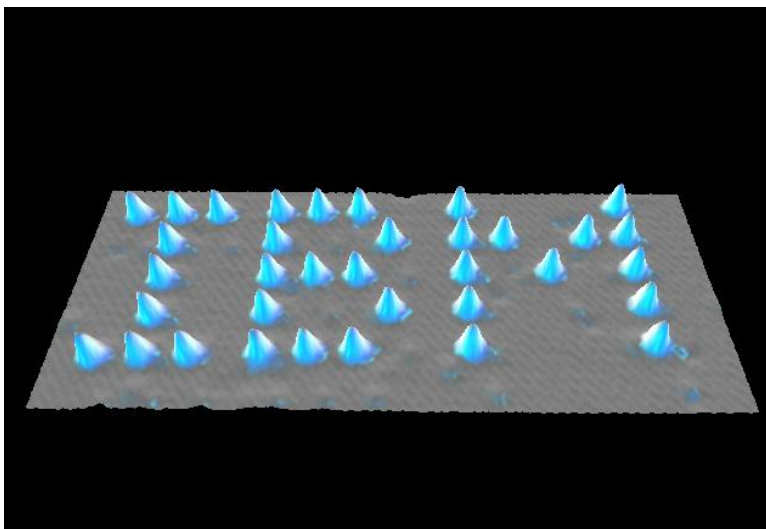
www.cartagena99.com no se hace responsable de la información contenida en el presente documento en virtud al Artículo 17.1 de la Ley de Servicios de la Sociedad de la Información y de Comercio Electrónico, de 11 de julio de 2002. Si la información contenida en el documento es ilícita o lesiona bienes o derechos de un tercero háganoslo saber y será retirada.

# Propiedades características de materiales cerámicos

## Algunas aplicaciones de los materiales piezoelectricos:



Copios de fuerza atómica  
AFM, de túnel STM, etc.



Manipulación de átomos  
individuales

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



# Propiedades características de materiales cerámicos

Cartagena99



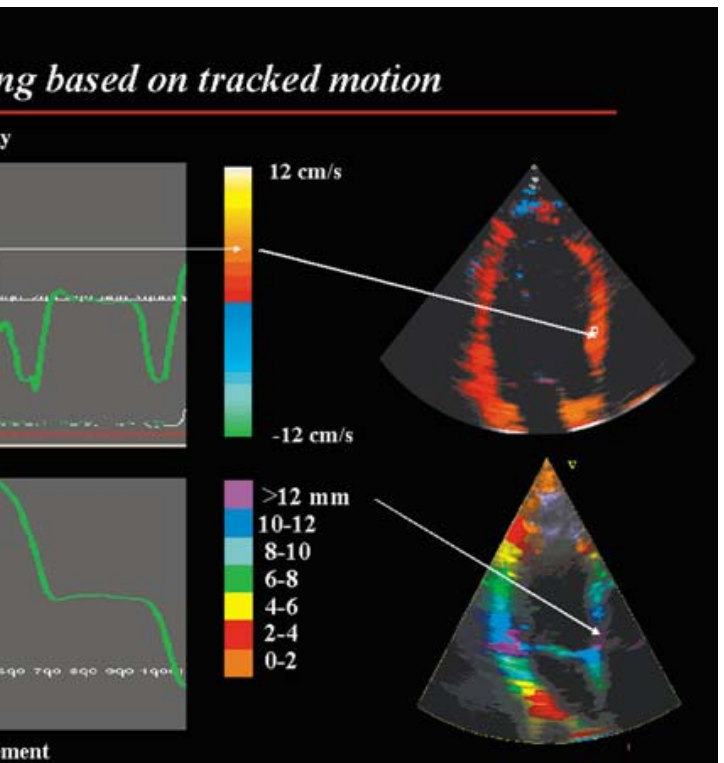
Limpieza y corte por ultrasonidos

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





# Propiedades características de materiales cerámicos



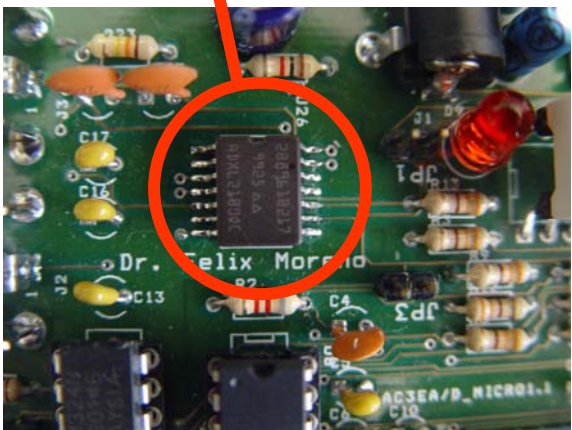
Ecografía, litotricia y reconstrucción 3D en medicina

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

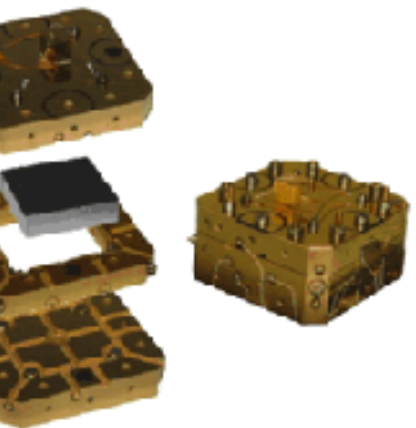




# Características de materiales cerámicos



Acelerómetros

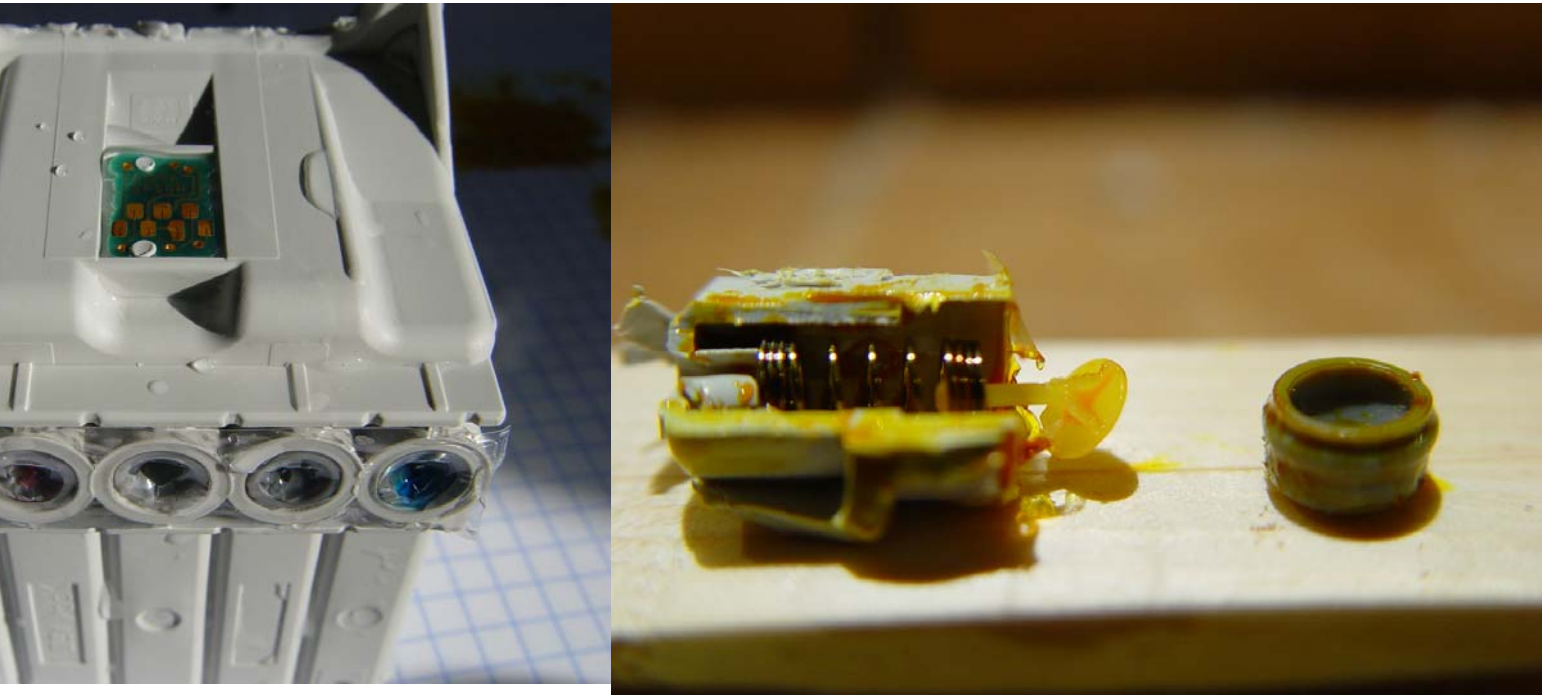


CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70  
-- --  
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70



# Características de materiales cerámicos

Cartagena99



Cabezales de impresora

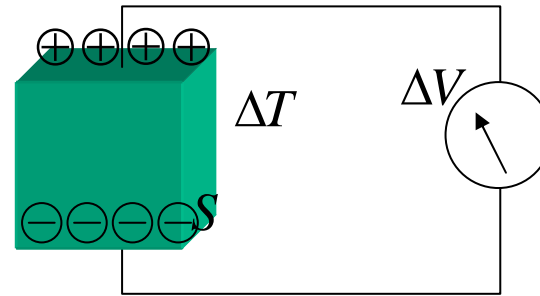
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70  
-- --  
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70



# Propiedades características de materiales cerámicos

## Piroelectricidad:

Polarización eléctrica de un material al someterlo a un cambio de temperatura



$P = p\Delta T$

- ↑ variación de temperatura
- ↑ coeficiente piezoeléctrico
- ↑ polarización eléctrica

## Electricidad (análoga al ferromagnetismo):

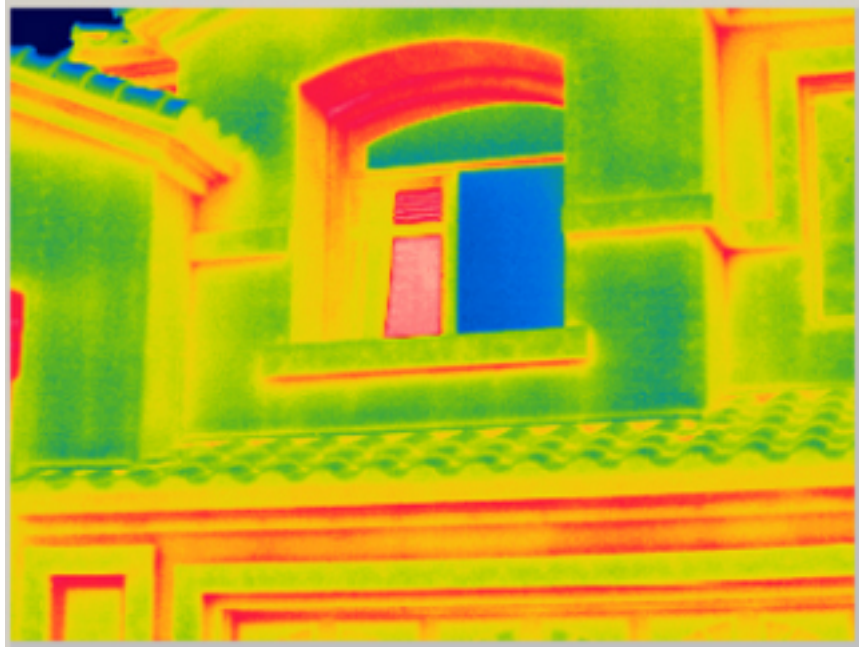
Algunos materiales que tienen dipolo eléctrico permanente, histéresis de polarización eléctrica y que pueden polarizarse aplicando un campo externo suficientemente intenso (barra “*electret*” por analogía con “magnet”)

## Características de materiales cerámicos

La aplicación más importante de los materiales cerámicos es la termografía vidicon (cámaras de video térmicas y de termografía)



Imágenes nocturnas (sensibilidad  $O(10^5)$  V/W)

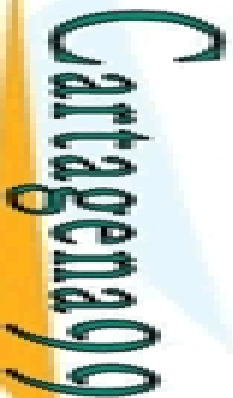
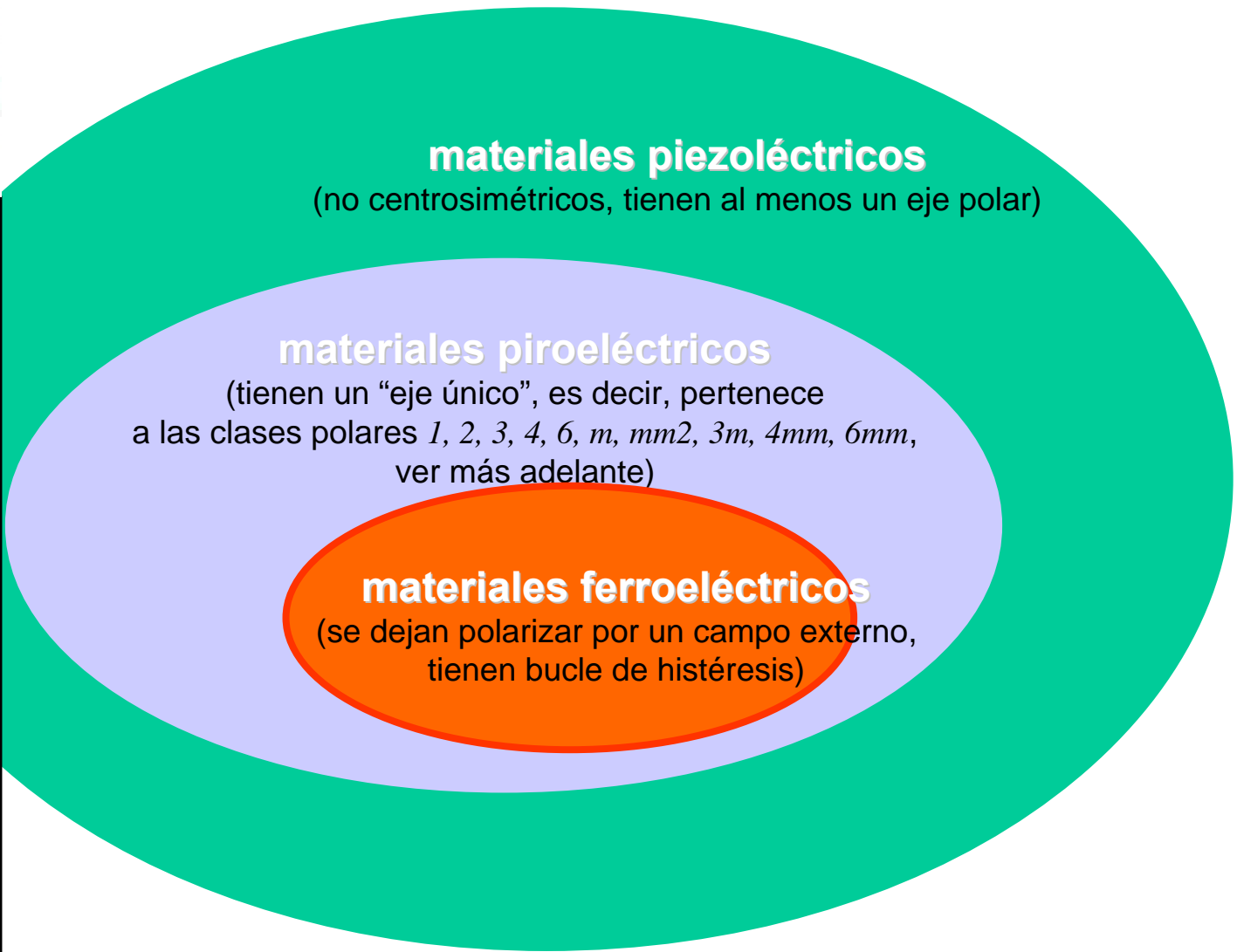


Auditoría térmica de edificios

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



# Clasificación



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

# Propiedades características de materiales cerámicos



En estos casos tratamos con materiales anisótropos.

Una situación similar aparecen en las propiedades mecánicas y de expansión de materiales poliméricos orientados

En las propiedades mecánicas, de difusión y eléctricas de materiales cerámicos

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





# Mat. anisótropos

mejor de entender y predecir el comportamiento de estos materiales por tanto estudiarlos de modo **unificado**.

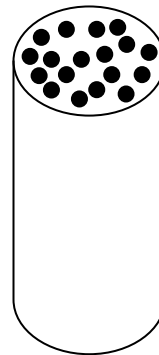
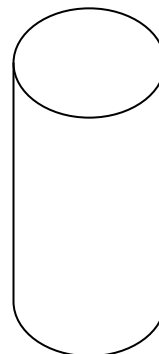
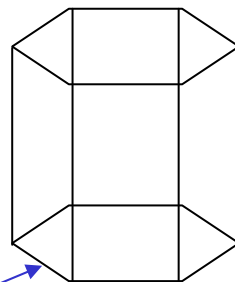
Propiedades elásticas de

un material monocristalino hexagonal de la clase  $6/mmm$

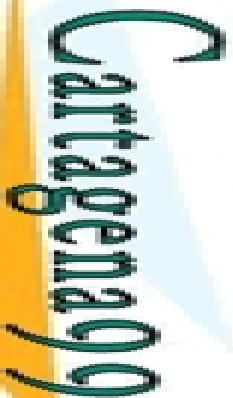
una fibra de poliamida elongada uniaxialmente

un compuesto de matriz poliéster y fibra de vidrio unidireccional

una estructura, es decir, los elementos no nulos en  $c$  y en  $s$  en los ejes  $c$  y  $s$  (aunque evidentemente los valores serán diferentes)



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



# Resumen

samos los símbolos de las clases cristalográficas para identificar a pertenece un material y por tanto saber qué estructura (en notación en propiedades tales como los módulos piezoeléctricos, la la rigidez, etc.

iso saber deducir los símbolos para un material dado, ni siquiera s los elementos de simetría que implica un símbolo.

es de las propiedades (02\_01\_02) sirven, en MatII, **oder entender y consultar las fuentes de datos experimentales**

edades de materiales anisotrópicos (monocristales, materiales os y materiales compuestos)

**nificar el tratamiento de materiales** cerámicos, poliméricos y **stos anisótropos.**



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

