

Historia de los materiales artificiales de construcción: de la cal al cemento

Sagrario Martínez Ramírez

Instituto de Estructura de la Materia (IEM-CSIC), Madrid



VIVIMOS EN CASAS



PROTECCIÓN FRENTE LLUVIA, NIEVE...



PERO TAMBIÉN DE LOS ANIMALES





ANTIGUAMENTE LA GENTE VIVÍA EN CUEVAS



LAS CUEVAS ESTÁN EN LAS MONTAÑAS. PERO EN LAS LLANURAS NO SE PUEDEN HACER CUEVAS.

Tierra + agua+ paja



ADOBE



MATERIAL CAPAZ DE UNIR FRAGMENTOS DE UNA O VARIAS SUSTANCIAS Y DAR COHESIÓN AL CONJUNTO POR EFECTO DE TRANSFORMACIONES QUÍMICAS EN SU MASA, QUE ORIGINAN NUEVOS COMPUESTOS

CONGLOMERANTES AÉREOS

Sólo fraguan (endurecen) en el aire. Cal aérea, yeso.

CONGLOMERANTES HIDRAÚLICOS

Fraguan (endurecen) en el aire y en el agua. Cal hidráulica, el cemento.

CONGLOMERANTES

YESO



→
molido

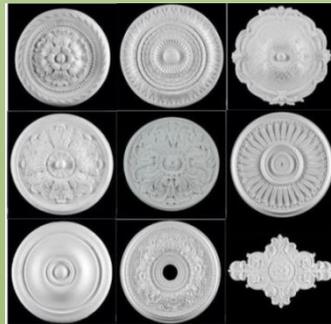


→
Tª



Reacción rápida en 30 minutos el 95% del sulfato cálcico se ha hidratado

↓
H₂O



←



Reacción expansiva

Aplicaciones del yeso

- 1.- Conglomerante para unir piezas. Yeso baja pureza.
- 2.- Molduras. Escayolas.
- 3.- Recubrimientos de muros. Escayola o yeso blanco (pigmentos). En exteriores necesita impermeabilizarse.
- 4.- Aislante. Material barato.
- 5.- Material corta-fuegos.

El yeso pasa a hemihidrato consumiendo 300 kcal/kg yeso, evitando la formación de llamas.

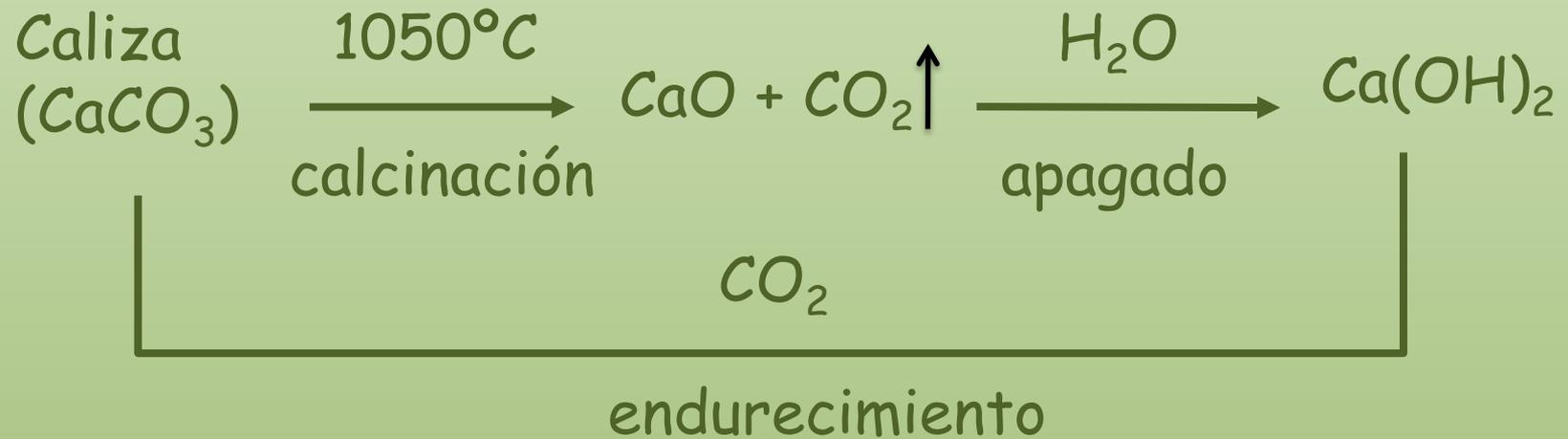
- 6.- Morteros
- 7.- Prefabricados. Interiores

YESO

INVESTIGACIONES

- I. Utilización de otras fuentes de $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
- II. Mezclas con cal
- III. Refuerzo con fibras

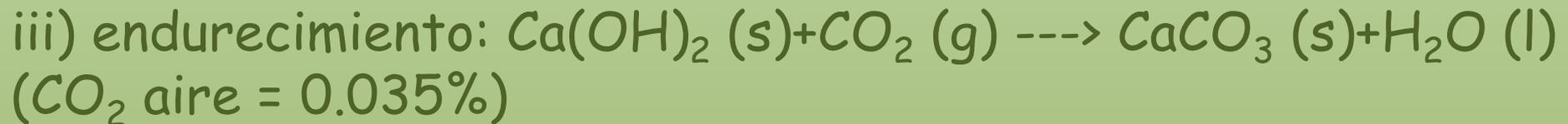
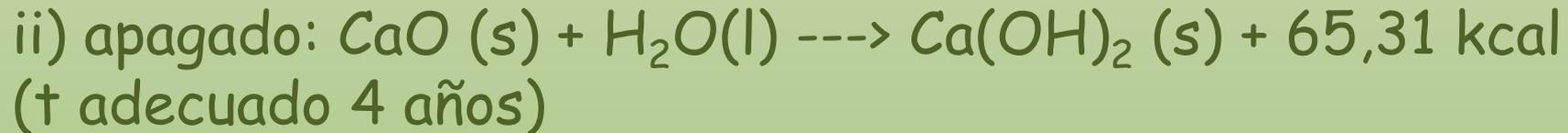
CAL AÉREA



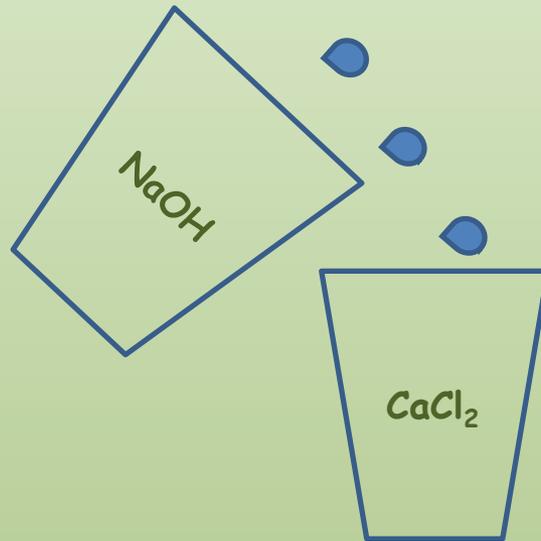
CONGLOMERANTES AÉREOS

CAL AÉREA

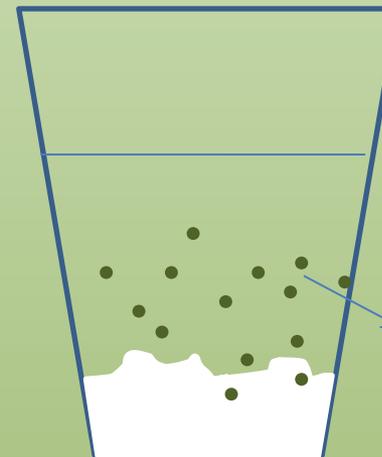
ETAPAS DE FABRICACIÓN DE LA CAL AÉREA



NANOPARTÍCULAS



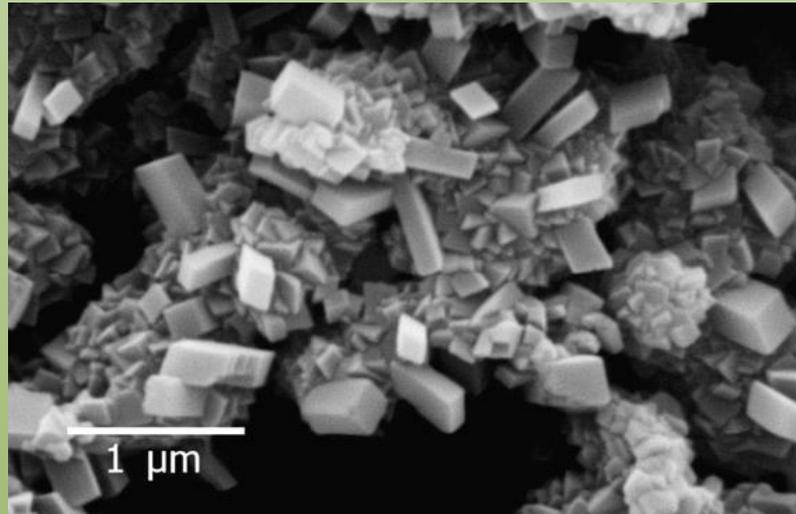
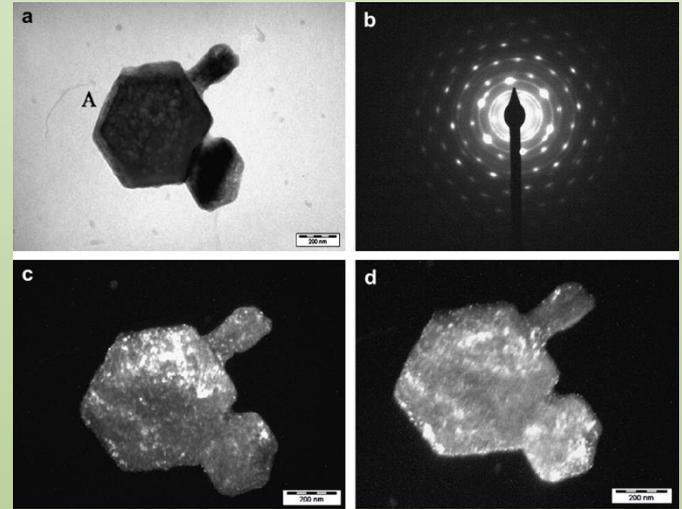
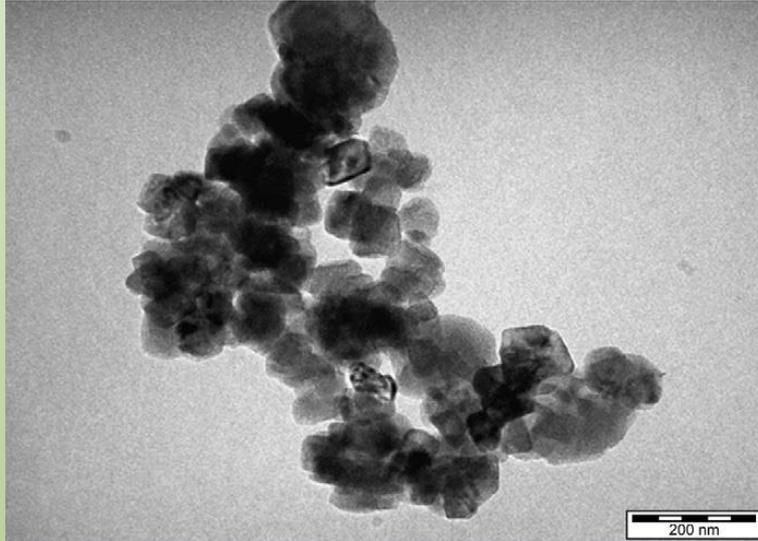
4 ml/min
90°C
24h



Solución con nanocal

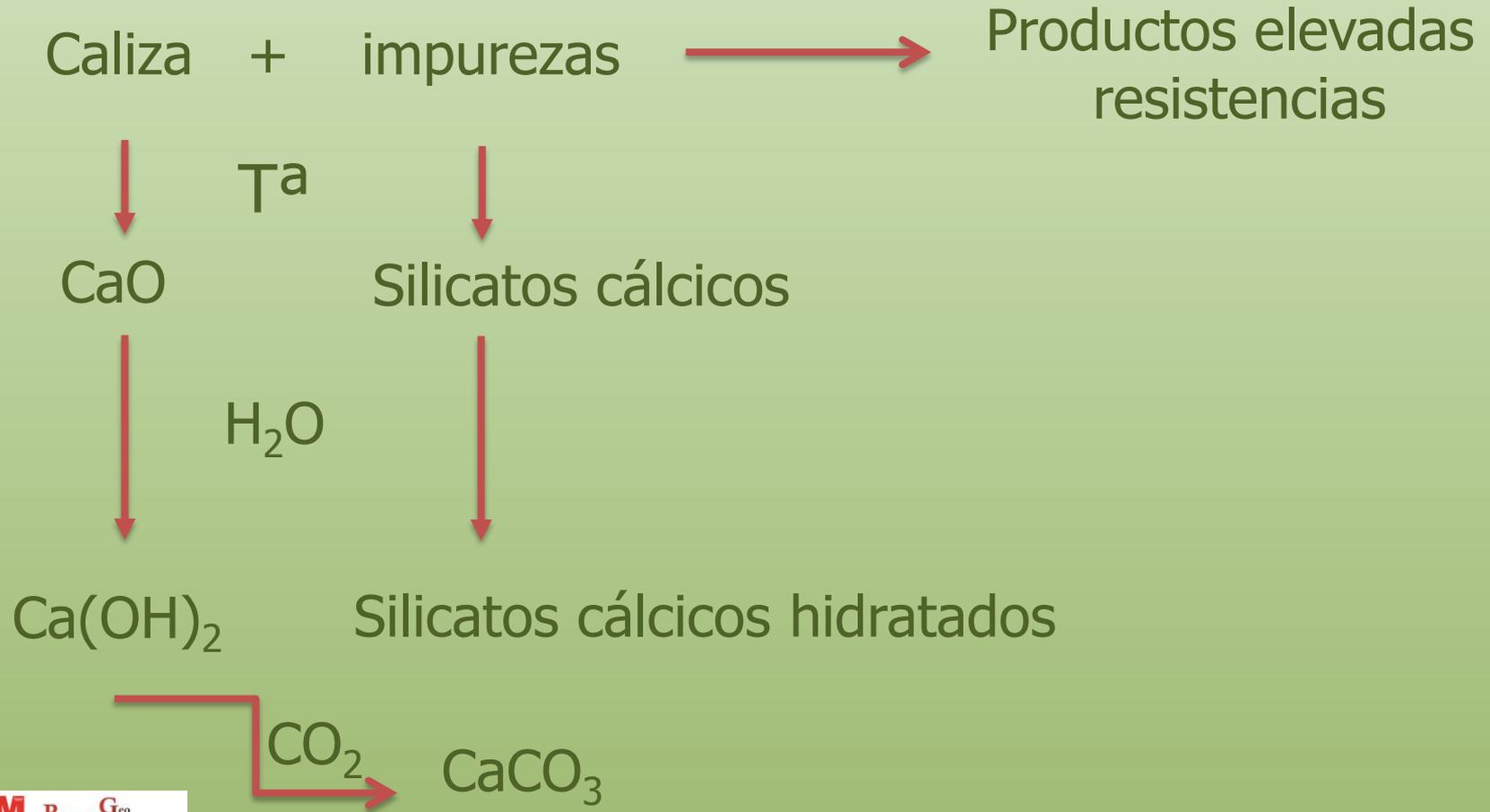
La disolución con las nanopartículas se dispersan en medio alcohólico, para mejorar la disgregación de las partículas y su estabilidad

NANOPARTÍCULAS



CONGLOMERANTES AÉREOS

CAL AÉREA



CAL HIDRÁULICA

Cal hidráulica
(CaO , MgO , SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3)

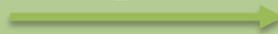
1000°C



silicatos cálcicos
aluminatos cálcicos

silicatos cálcicos
aluminatos cálcicos

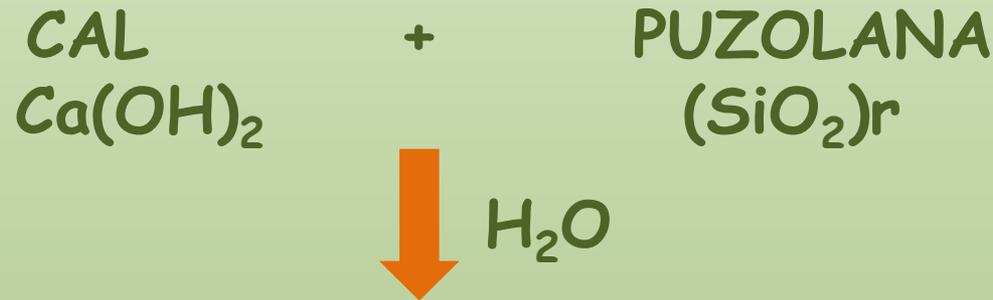
H_2O



silicoaluminatos cálcicos
hidratados

CONGLOMERANTE HIDRAÚLICO

PUZOLANAS



Silico-aluminato cálcico hidratado

La puzolana, a T^a ambiente, finamente dividida, reacciona con el Ca(OH)₂ en presencia de agua formando un silicato cálcico hidratado con el consiguiente desarrollo de resistencias mecánicas.

APLICACIONES

- a) Ligante de morteros (Morteros de reparación)
- b) Enlucidos, revocos
- c) Estabilización de arcillas



CONGLOMERANTES MODERNOS

John Smeaton (1724-1792) (s. XVIII):

Caliza + arcilla + agua

(Propiedades químicas de la cal hidráulica).

la impurificación de calizas con arcillas y la calcinación de las mezclas a mayor temperatura da lugar a productos con resistencias más elevadas y mayor hidraulicidad.

CONGLOMERANTES MODERNOS

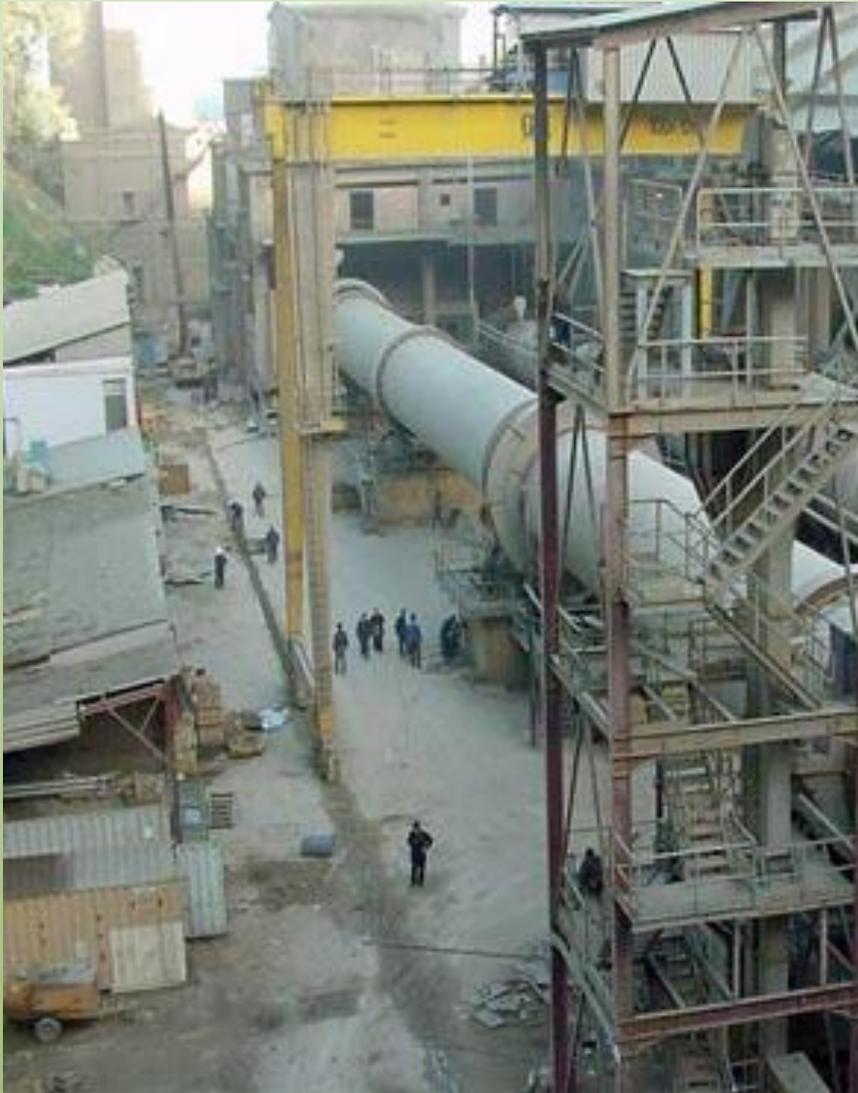
James Parker (1796) (1200°C)
calcinación de nódulos de caliza arcillosa.



Cemento Portland (1824) (1400°C)
Joseph Aspdin



Cemento actual (1450°C)
caliza + arcilla + alúmina + óxidos Fe



CEMENTO

CONGLOMERANTES MODERNOS

Horno

Caliza (CaCO_3)

Arena (SiO_2)

Arcillas

(Si; Al; Fe)

1400-1500°C



Ca_2SiO_3

Ca_3SiO_5

$\text{Ca}_3\text{Al}_2\text{O}_6$

$\text{Ca}_4\text{Al}_2\text{Fe}_2\text{O}_{10}$



CLINKER

CEMENTO

CONGLOMERANTES MODERNOS

Clinker

+

yeso (3-5%)



molido



cimento

HIDRATACIÓN CON YESO

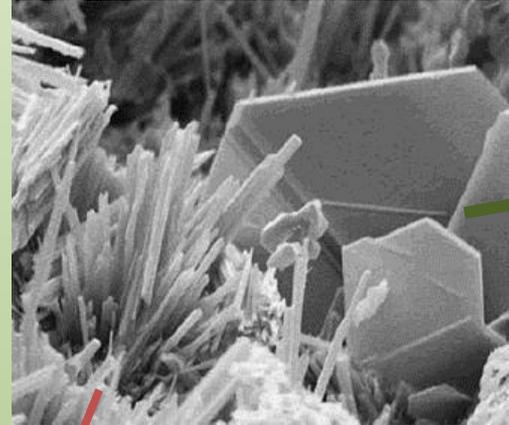
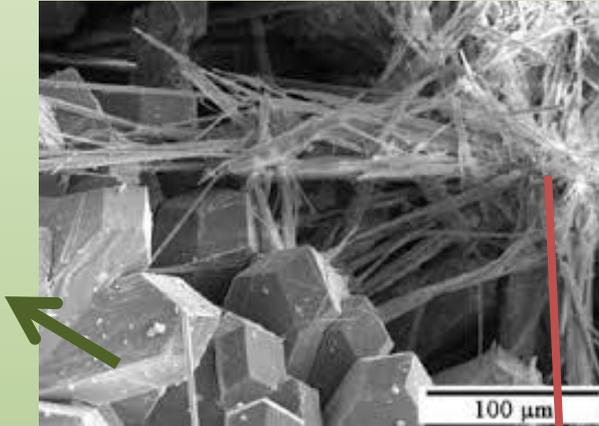


HIDRATACIÓN CON YESO

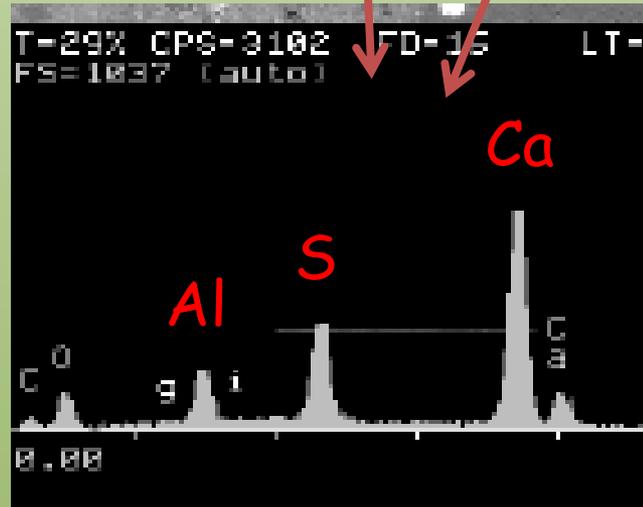


Microscopía electrónica de barrido

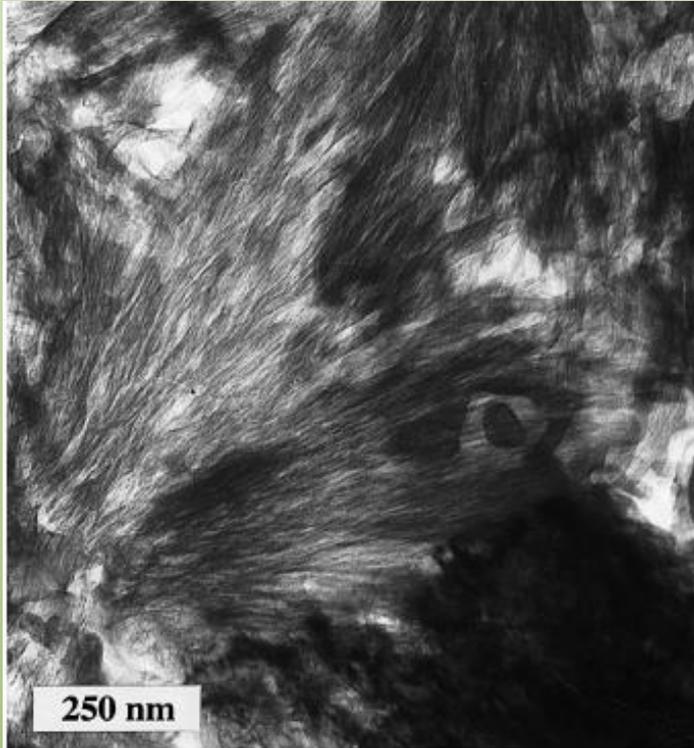
Ca(OH)₂



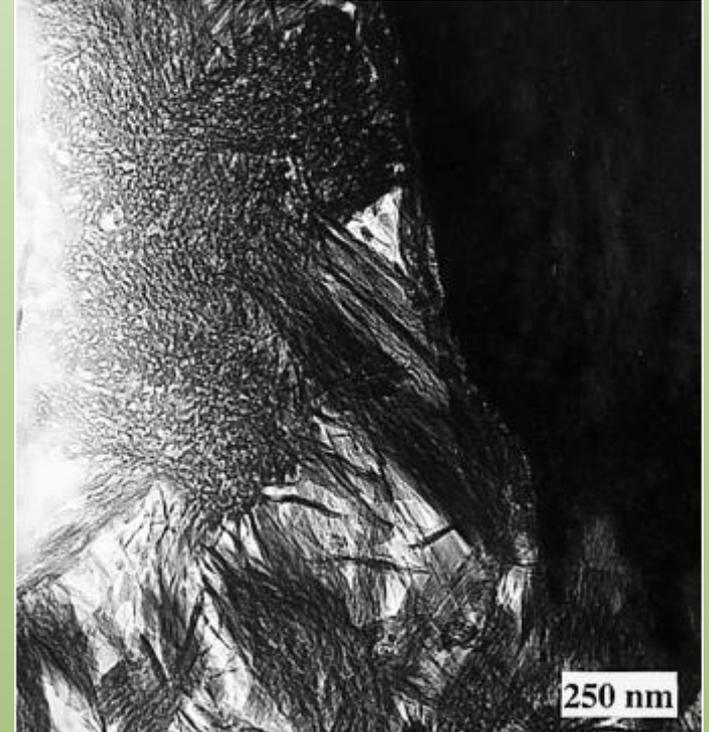
Ca(OH)₂



Microscopía electrónica de transmisión



Gel $\text{CaO-SiO}_2\text{-H}_2\text{O}$ fibrilar



Gel $\text{CaO-SiO}_2\text{-H}_2\text{O}$ globular

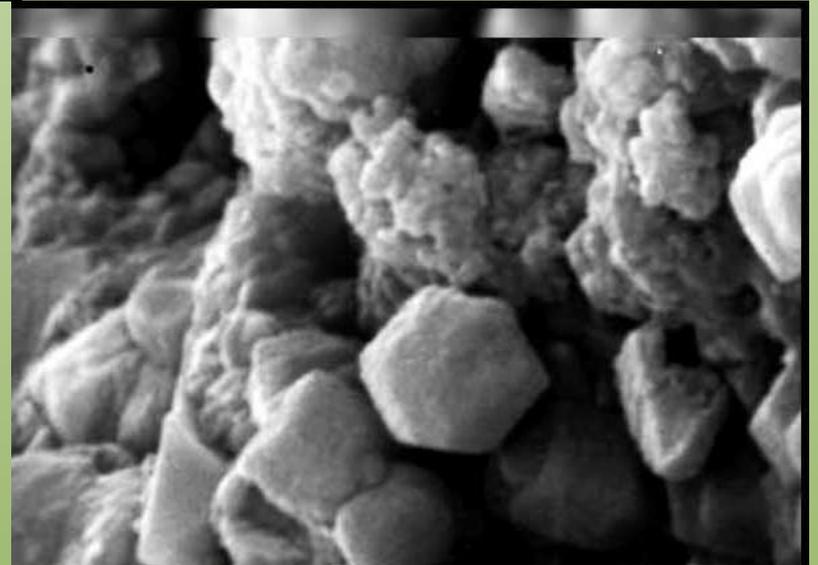
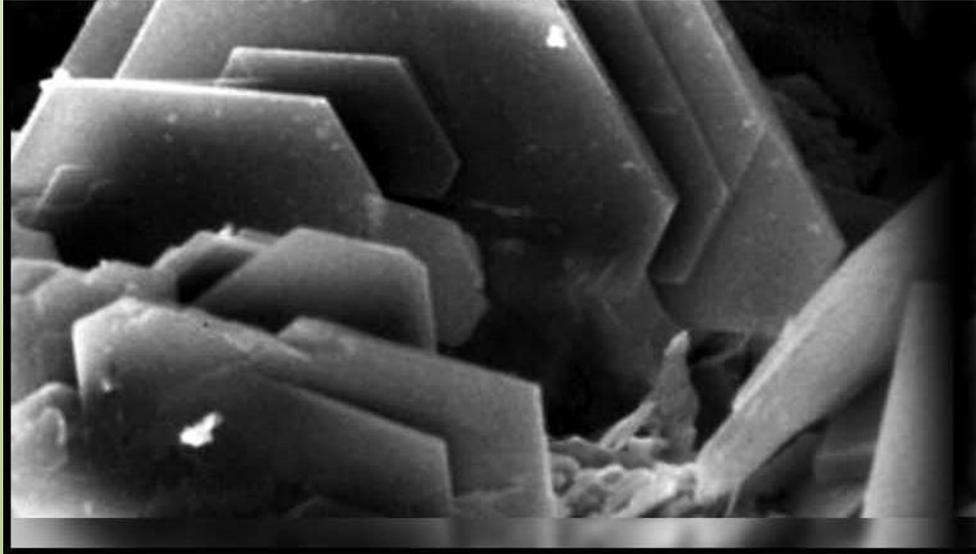
HIDRATACIÓN SIN YESO



HIDRATACIÓN SIN YESO



(H.R. = 60% y T = 40°C)



CEMENTO

APLICACIONES

❖ Hormigón

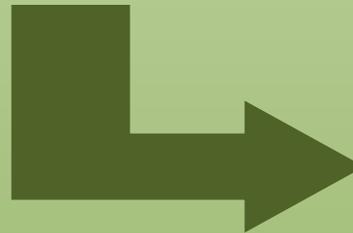
❖ Mortero

❖ Revestimiento

HORMIGÓN

CONGLOMERANTES MODERNOS

Cemento + arena + Grava
clinker + yeso



HORMIGÓN

- ✓ Norma UNE-EN 197-1: 2000 - Cementos Comunes: Definiciones, Denominaciones, Designaciones, Composición, Clasificación y Especificaciones
- ✓ Norma UNE 80303-1:2001 - Cementos resistentes a los sulfatos
- ✓ Norma UNE 80303-2:2001 - Cementos resistentes al agua de mar
- ✓ Norma UNE 80303-3:2001 - Cementos de bajo calor de hidratación
- ✓ Norma UNE 80305: 2001 - Cementos blancos.
- ✓ Norma UNE 80307:2001 - Cementos para usos especiales.
- ✓ Norma UNE 80309:94 - Cementos naturales. Definiciones, clasificación y Especificaciones
- ✓ Norma UNE 80310:96 - Cementos de aluminato de calcio
- ✓ Norma UNE-ENV 413-1:95 - Cementos de albañilería: Especificaciones

CEMENTO

INVESTIGACIÓN

- i. Proceso de fabricación del clinker
- ii. Nuevas matrices cementantes
- iii. Mejora de la durabilidad

Adobe

Cal aérea

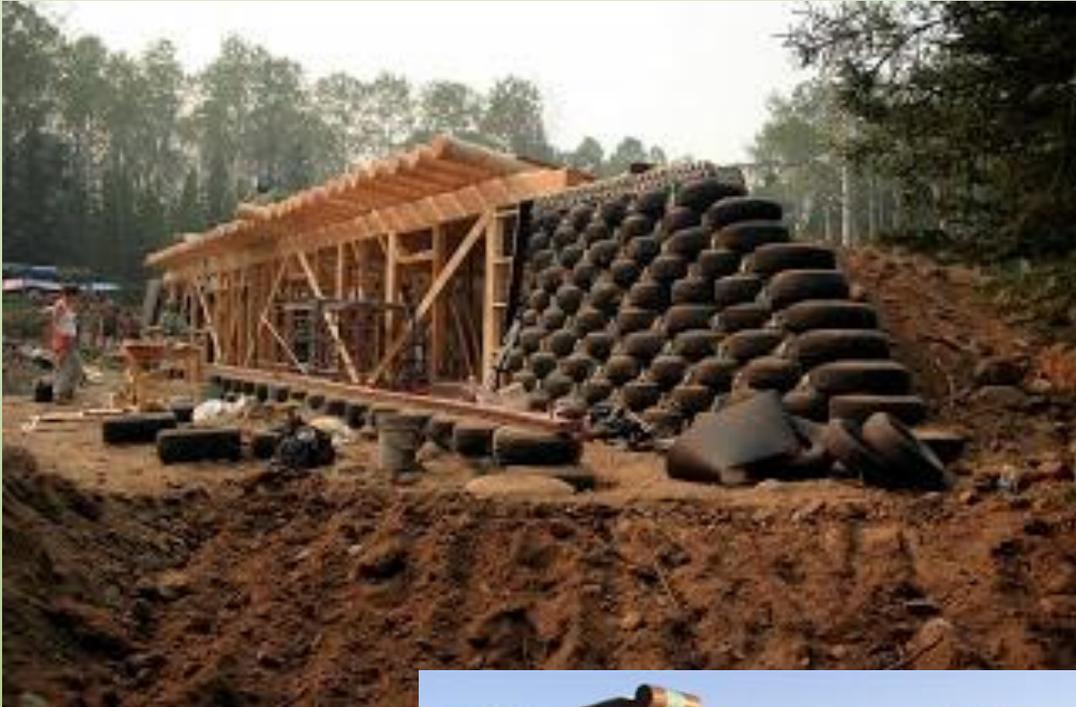
Yeso

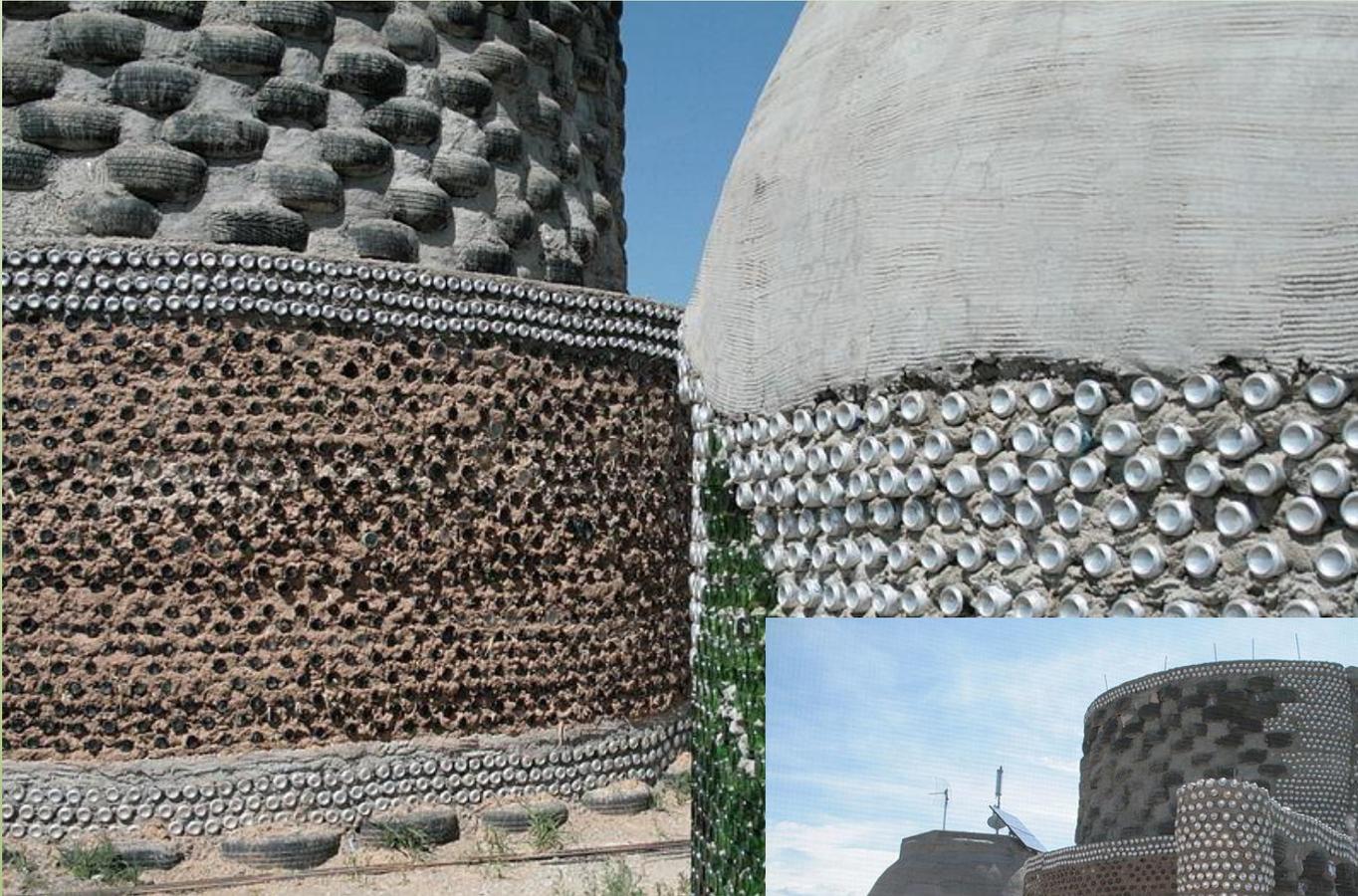
Cal hidráulica

Cal y puzolana

Cemento

Hormigón









SACOS RELLENOS DE ARENA

Bloques de tierra prensada

Tierra húmeda





Historia de los materiales artificiales de construcción: de la cal al cemento

Sagrario Martínez Ramírez

Instituto de Estructura de la Materia (IEM-CSIC), Madrid