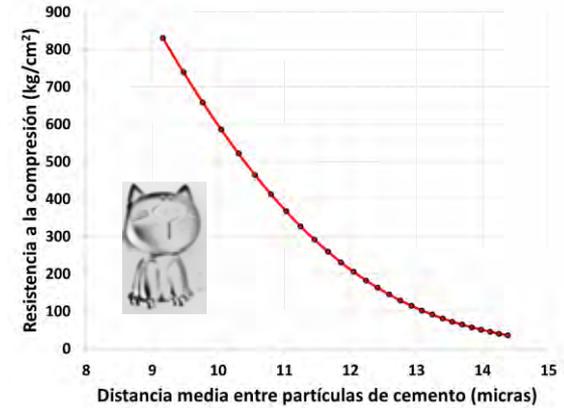




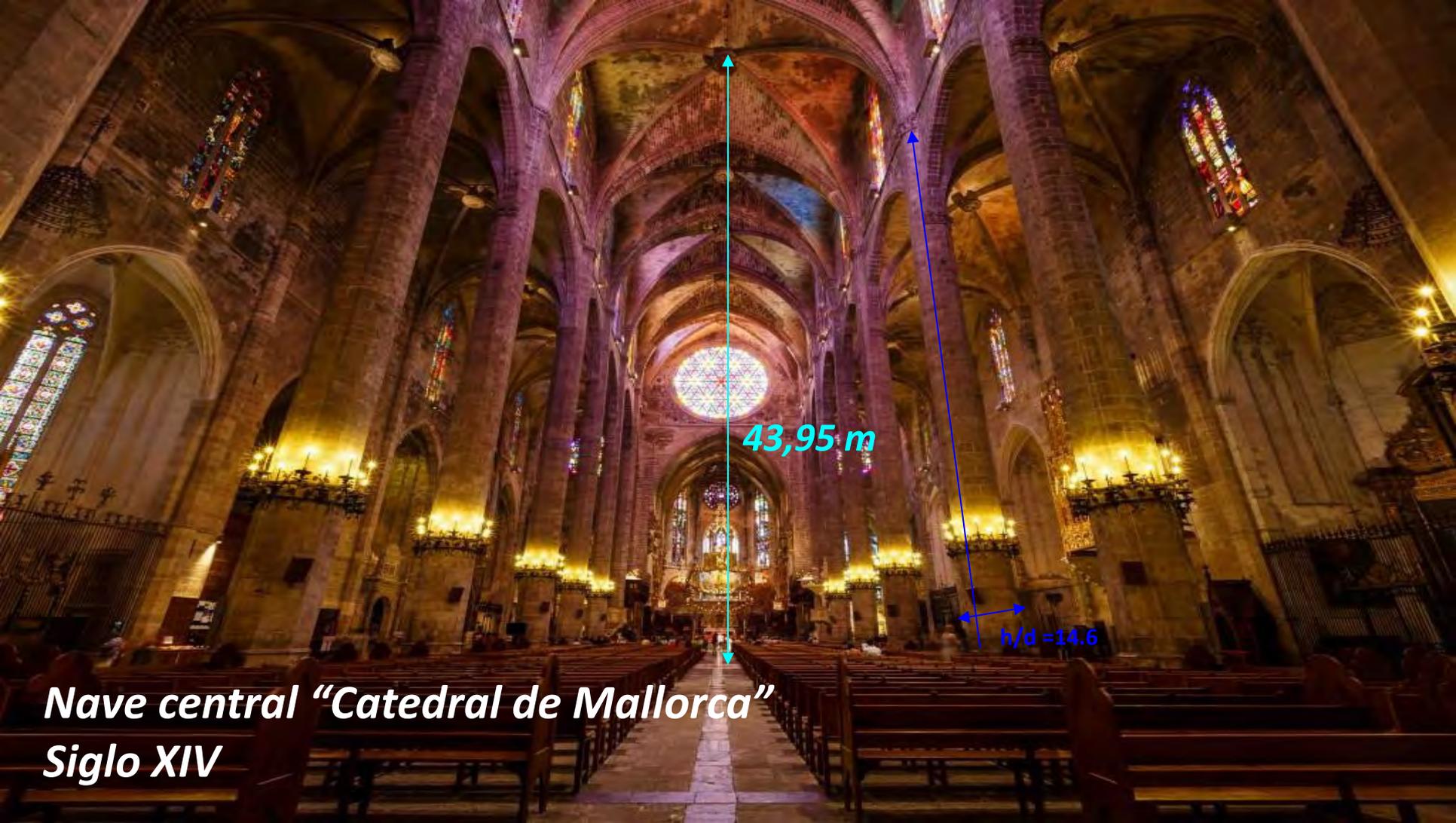
RC 2018 xvii Reunión
del **CONCRETO**

El evento del Cemento, el Concreto y los Prefabricados



El hombre fabricando rocas o el significado de la resistencia del material

Germán Hermida Ph.D
Cemex
Colombia

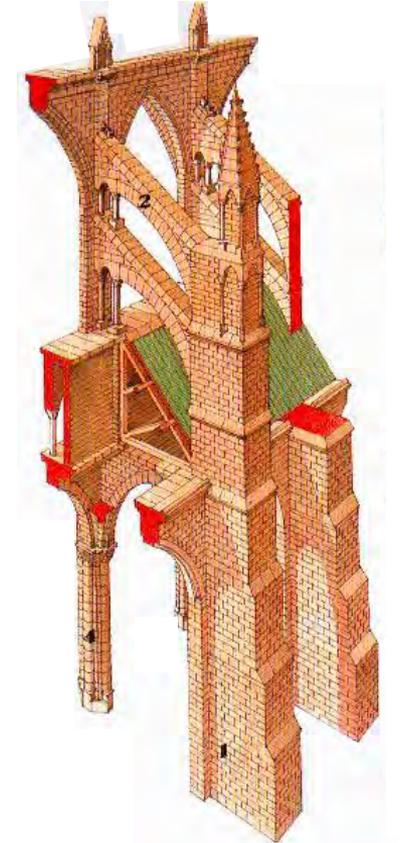
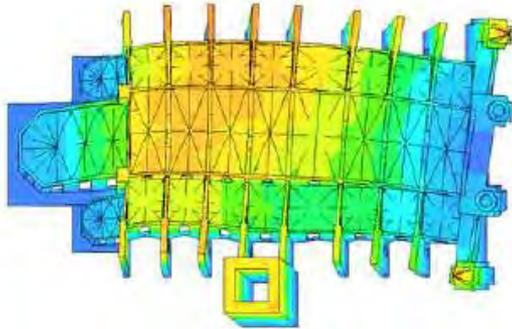


43,95 m

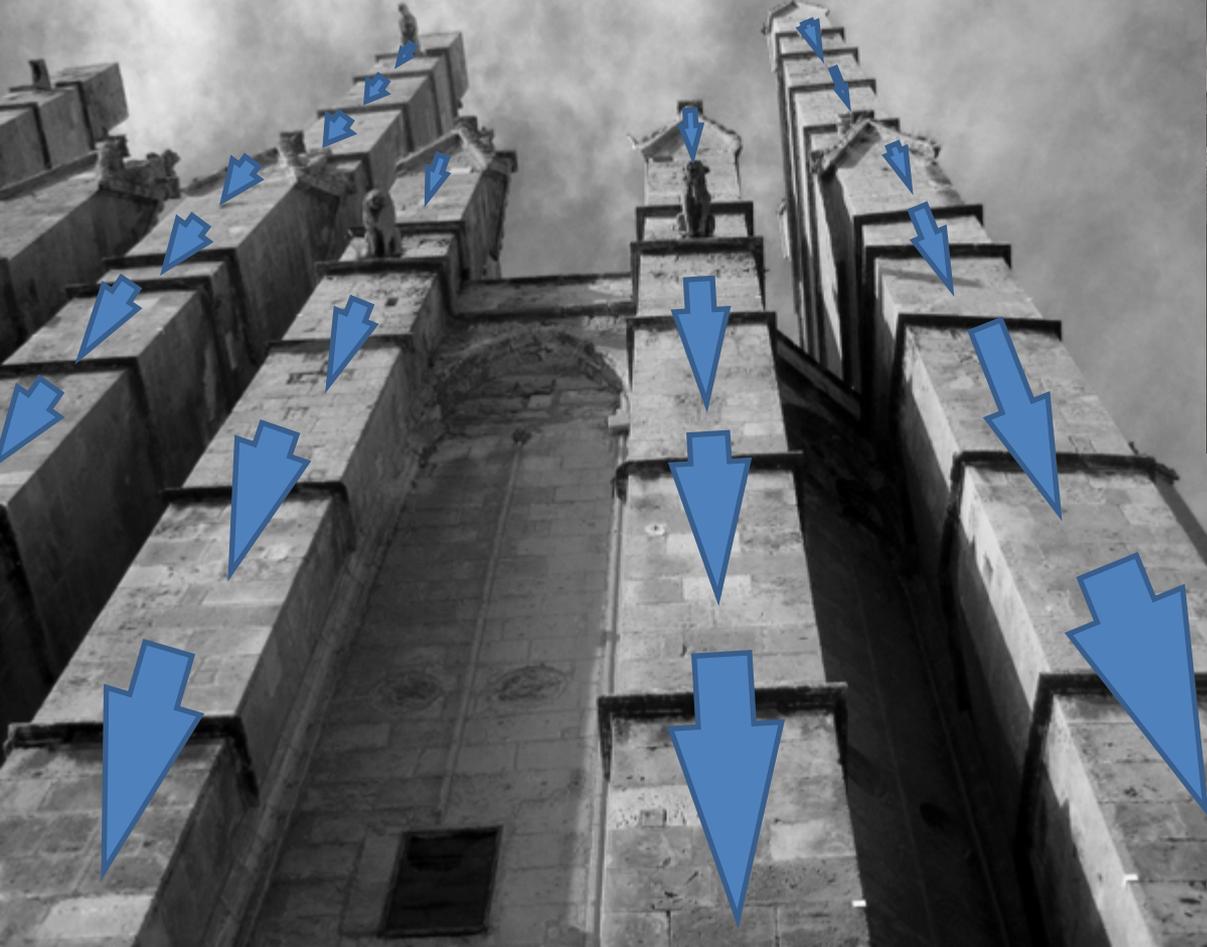
$h/d = 14.6$

Nave central "Catedral de Mallorca"
Siglo XIV

Los rascacielos de la Edad Media usaron todo tipo de rocas aunque en especial “blandas” de fácil tallado y morteros de baja hidraulicidad.



En términos de esfuerzo fueron sin duda las estructuras mas solicitadas.



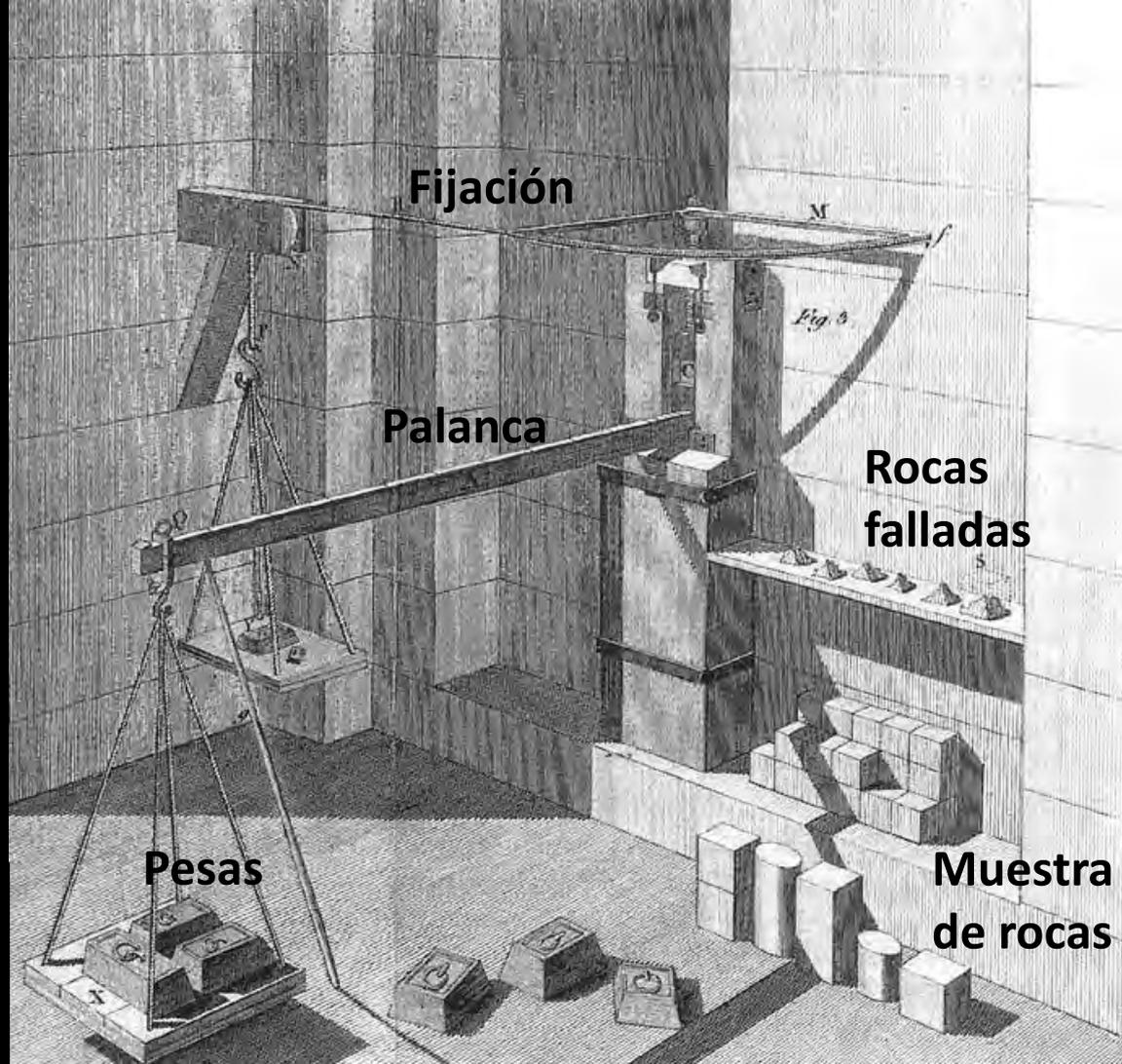
A pesar de esto los esfuerzos por peso propio y viento en la “Seu de Mallorca” oscilan entre 22 kg/cm² a 45 kg/cm².





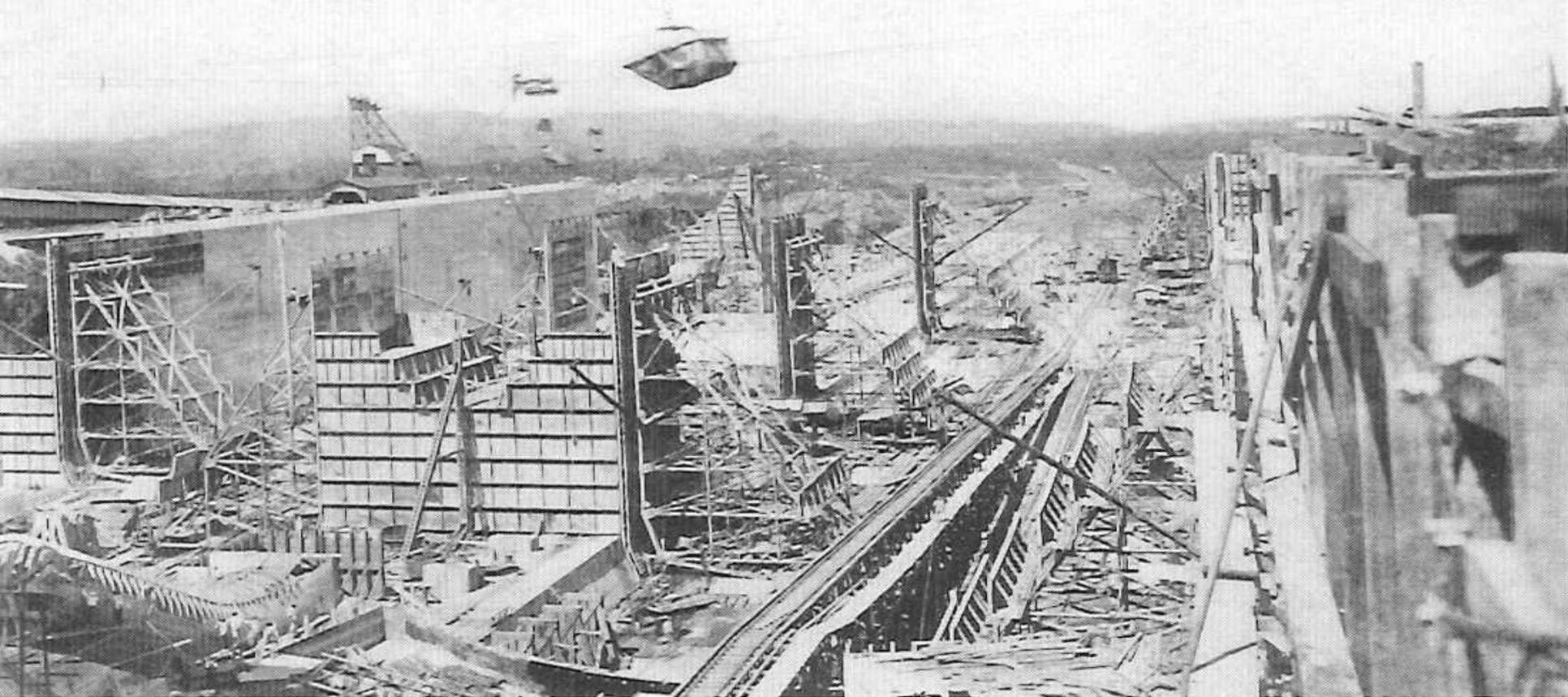
JEAN-RODOLPHE PERRONET

1708-1794



El cemento Portland llegó en la primera mitad del siglo XIX y el consumo de concreto no ha parado de crecer desde entonces.





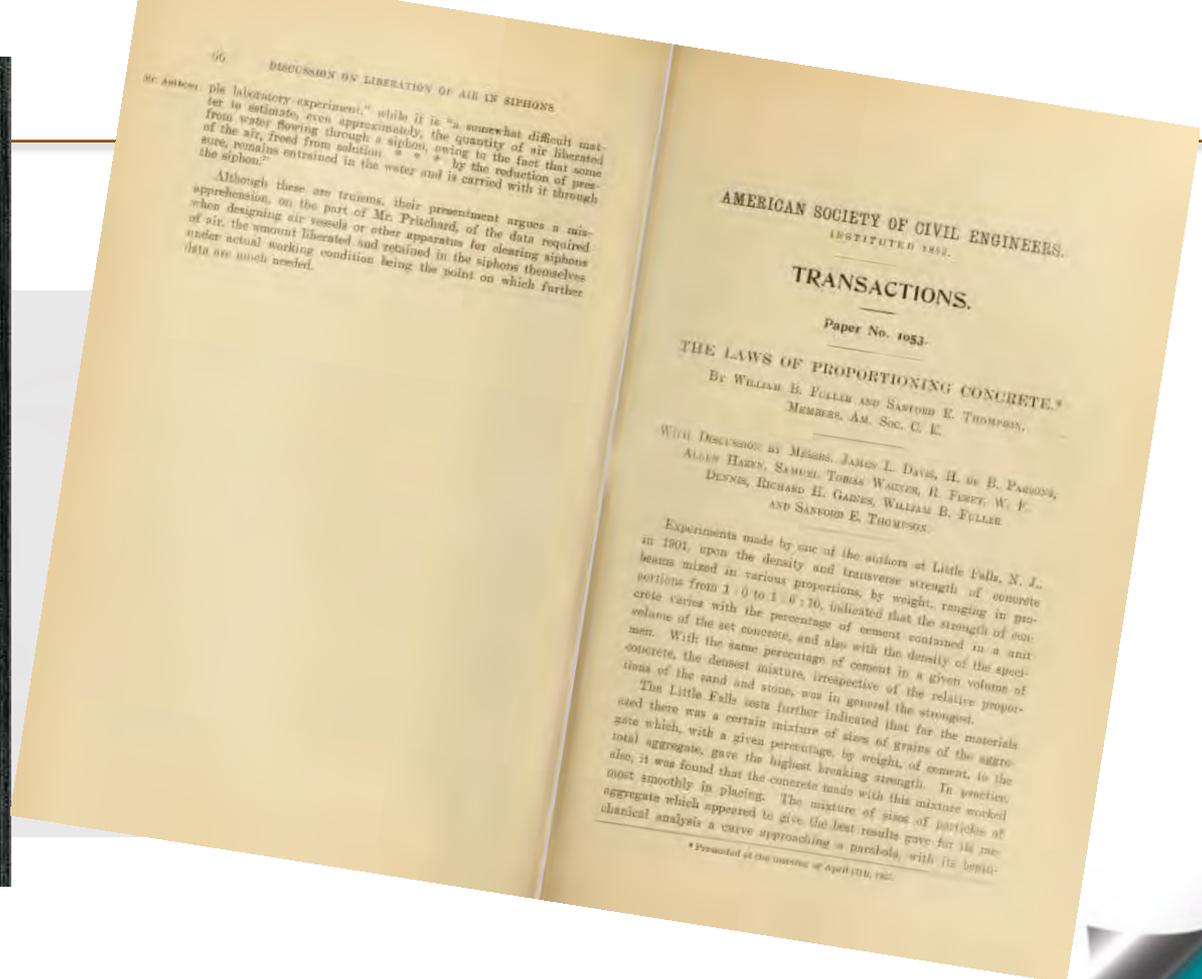
El primer m³ se colocó en Agosto de 1909 y serían mas de 3'400.000 m³ hasta 1914 solo en el concreto de las esclusas.

A los constructores les interesaba (y les interesa) contar con un material más resistente y de menor permeabilidad...

¿De que depende la resistencia del concreto?

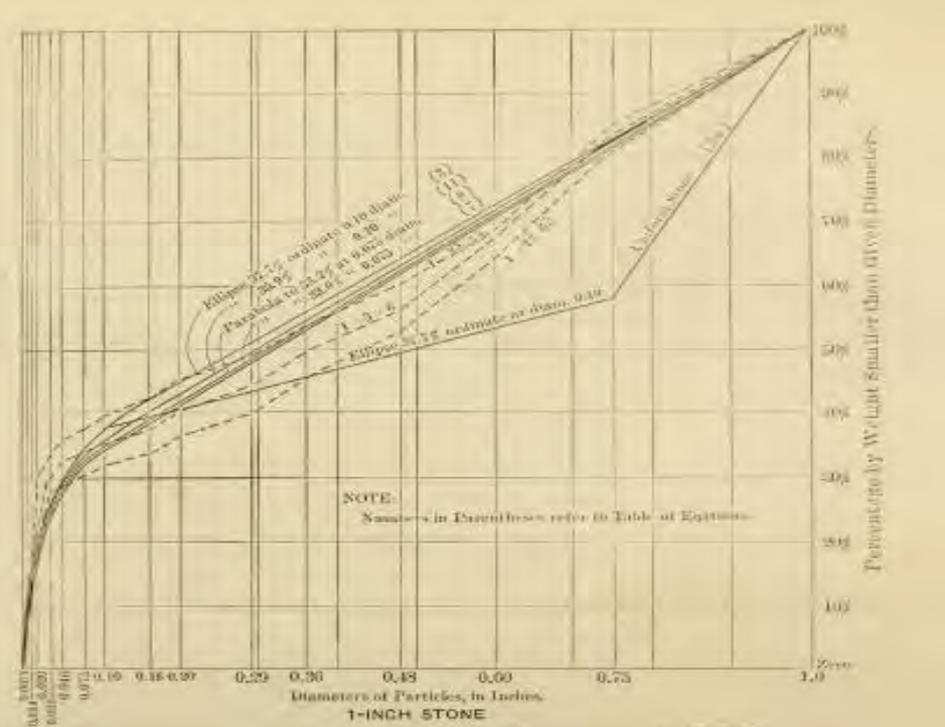
(Equipo Francés)





Anales del ASCE (Volumen LIX- New York.-1907, pg 67-304)





11.—It follows from the foregoing conclusions that the correct proportioning of concrete for strength consists in finding, with any percentage of cement, a concrete mixture of maximum density, and increasing or decreasing the cement by substituting it for the fine particles in the sand or *vice versa*.*

William Fuller y Sanford Thompson (1904)



Duff A. Abrams
(1880-1965)



Bulletin 1

Structural Materials Research Laboratory
Lewis Institute
Chicago

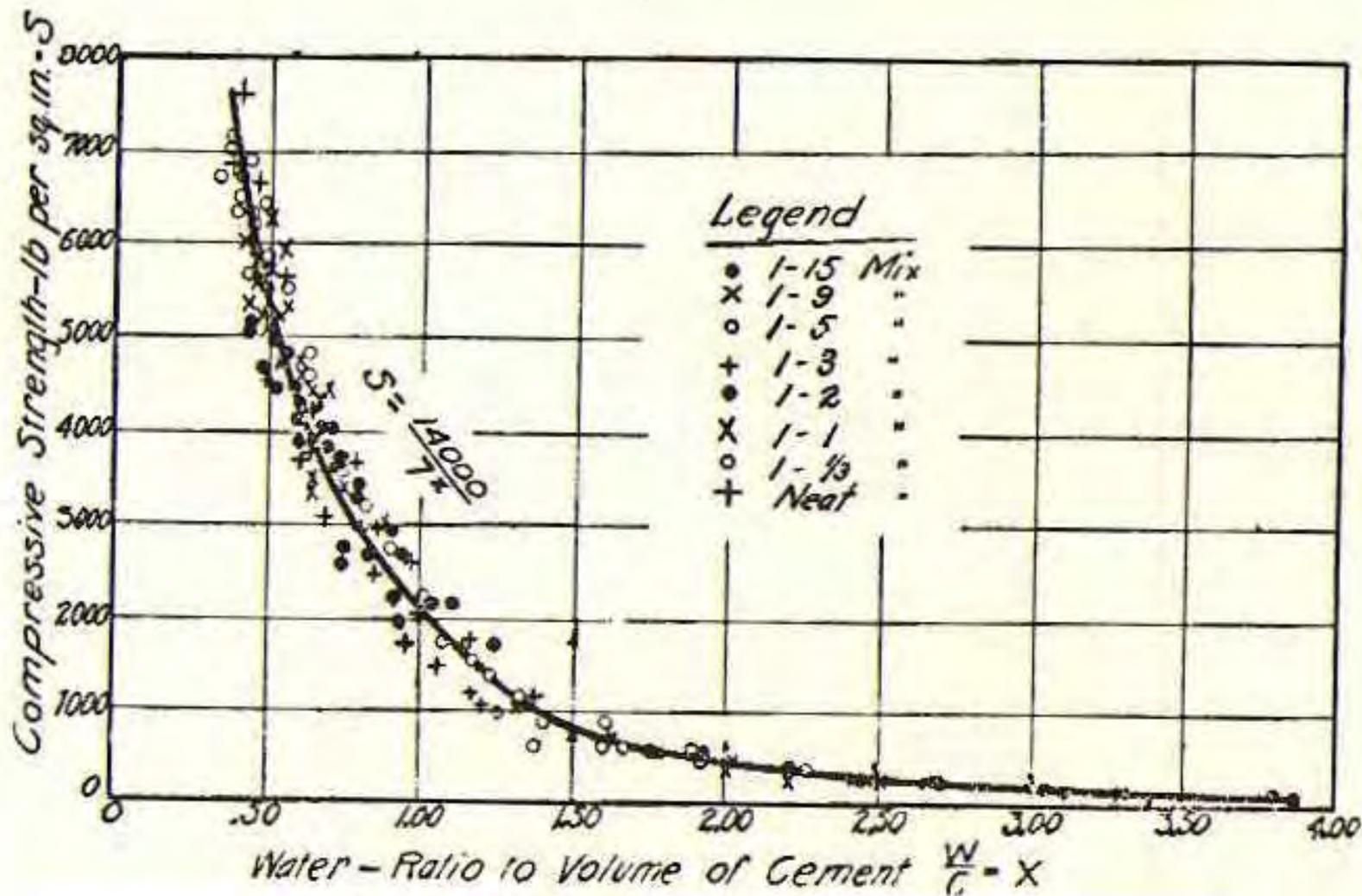
Design of Concrete Mixtures

By

DUFF A. ABRAMS

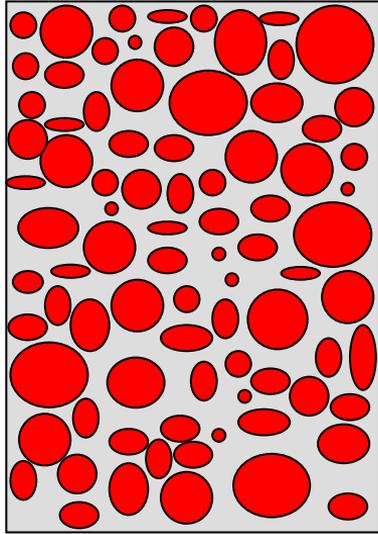
Professor in Charge of Laboratory

Published by the
STRUCTURAL MATERIALS RESEARCH LABORATORY
First Published
Revised Edition
December, 1918
December, 1925

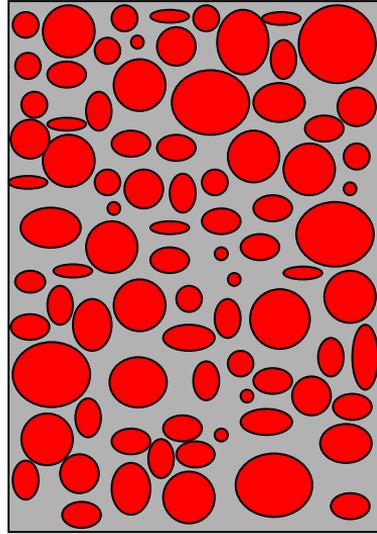


El concreto puede ser definido como un material bifásico compuesto por una pegante (pasta de cemento) y una serie de incrustaciones duras (agregados)

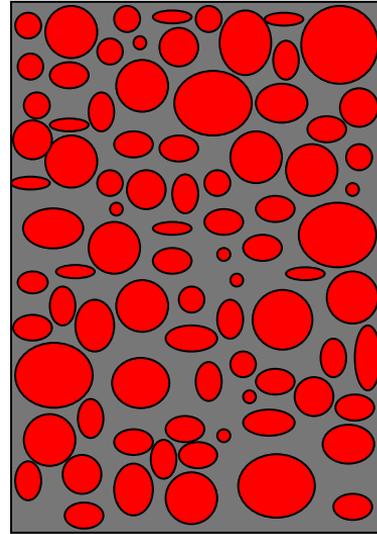




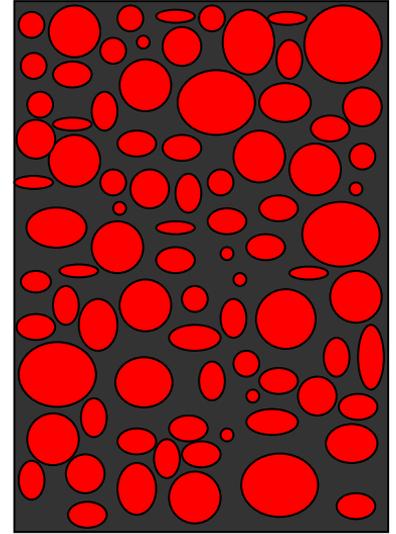
$A/C=0.75$



$A/C=0.65$



$A/C=0.55$



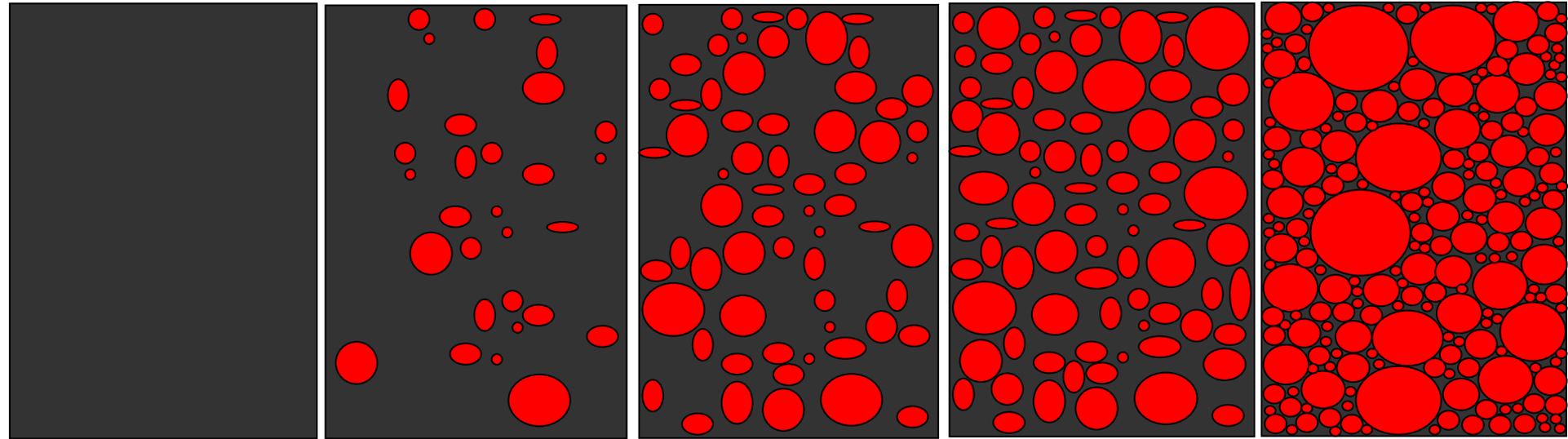
$A/C=0.45$

Si tenemos concretos con diferente calidad de pasta... tendremos resistencias diferentes.

El factor principal que gobierna la resistencia a la compresión es...

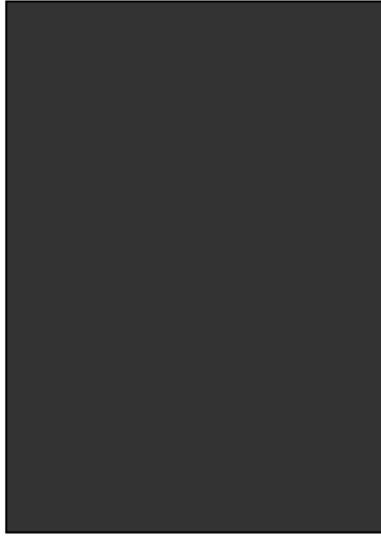
La calidad de la pasta.

La composición de la pasta se expresa como la relación Agua/Cemento (partes de cemento por agua).

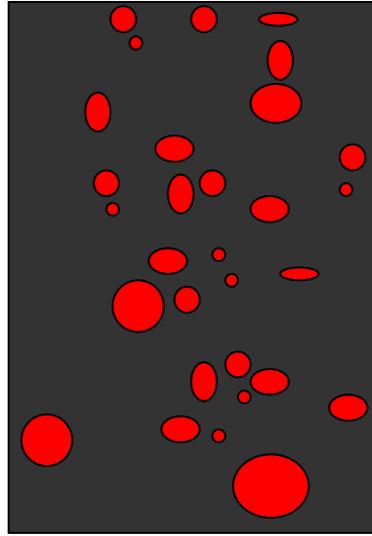


Ahora hablemos de cantidad de pasta...

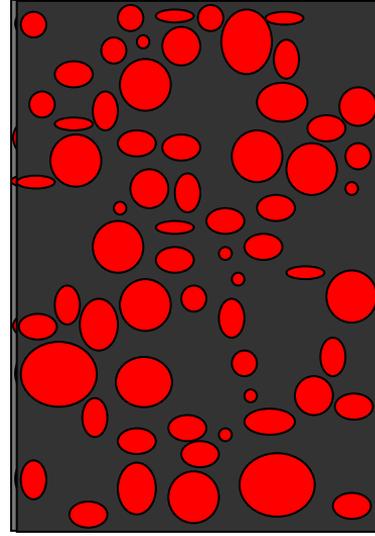
Igual resistencia



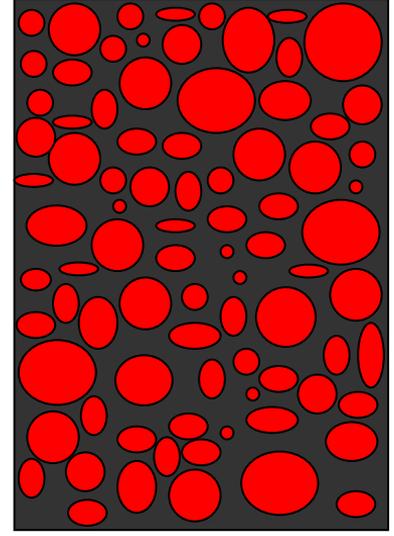
Cto 1100 kg/m³



700 kg/m³



300 kg/m³



230 kg/m³

Resistencia

245 kg/cm²

245 kg/cm²

245 kg/cm²

245 kg/cm²

Asentamiento

70 cm

25 cm

10 cm

2 cm

De acuerdo, pero si
la resistencia del
concreto depende
de la pasta...

En realidad, de la
resistencia de la
pasta...

¿ Que hace una pasta
más resistente que
otra ?

¿ Como es que la
pasta resiste?





Observa las partículas con una amplificación de 1.000 veces, y un filtro de color especial.

C_3S ... café

C_2S ...azul

C_3A ... gris

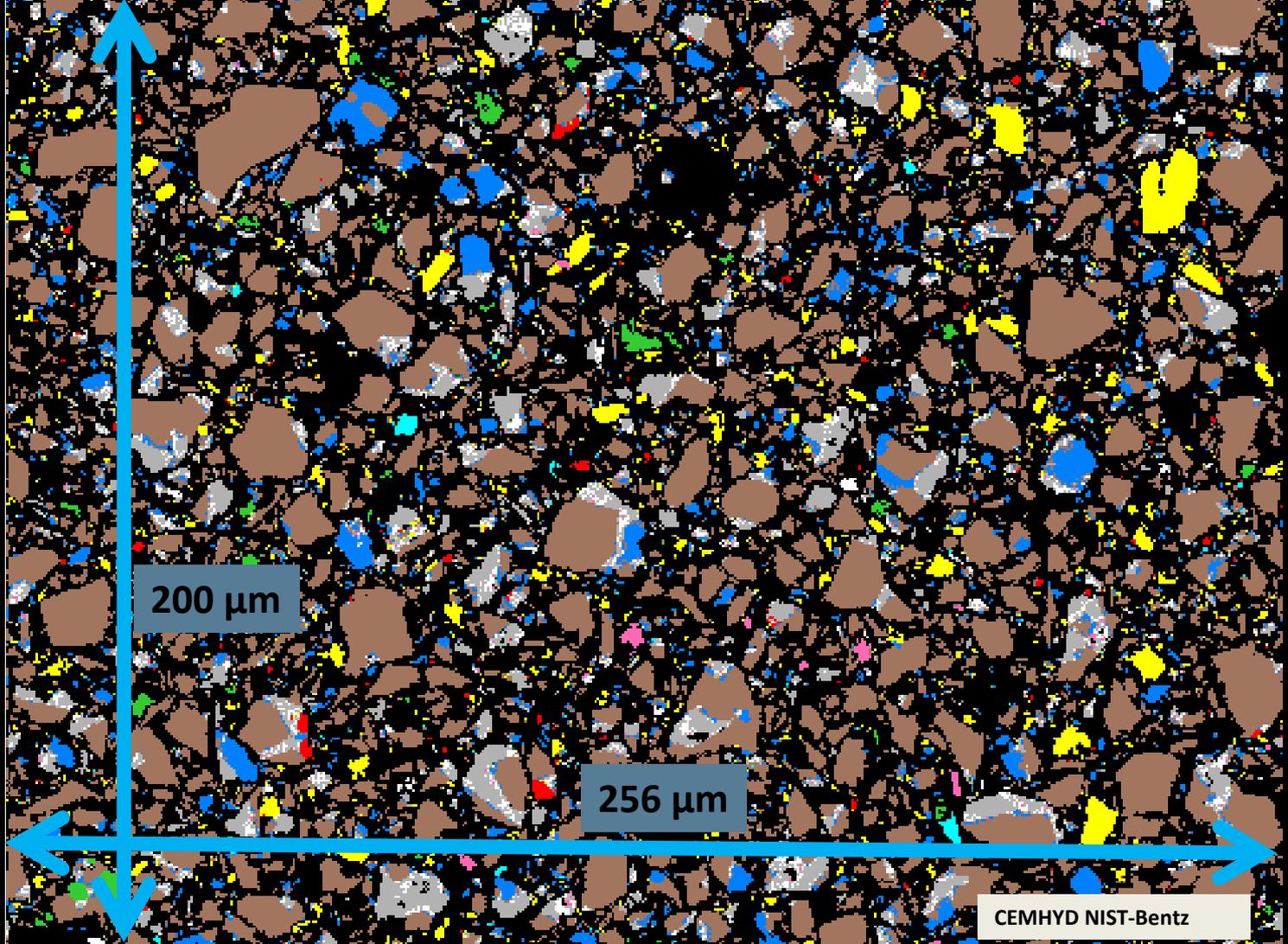
C_4AF ... blanco

Yeso... amarillo

K_2SO_4 ... rojo

Cal libre... verde

MgO ...Morado



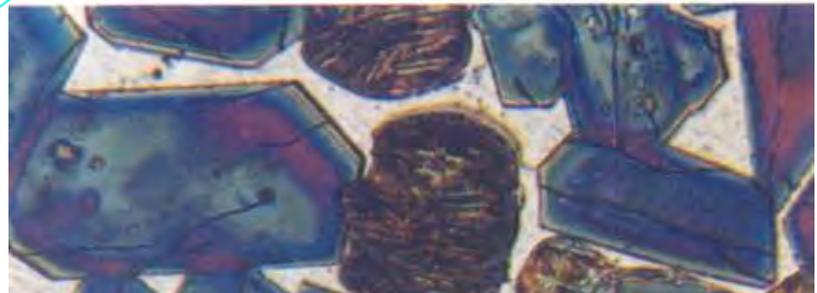
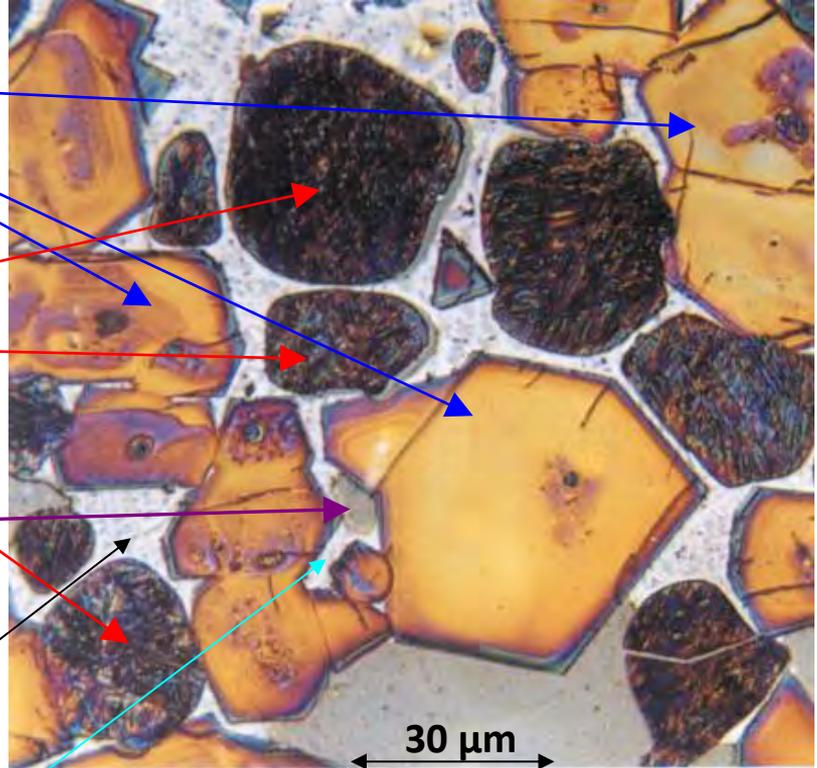
Alita (C_3S)
63%

Belita (C_2S)
13%

**Aluminato
tricálcico
(C_3A) 9.5%**

Ferrita (C_4AF)
7.5%

Yeso ($CaSO_4$)
5%



Este felino curioso sigue los pasos de ese polvo, que terminan finalmente en un camión mezclador de concreto...



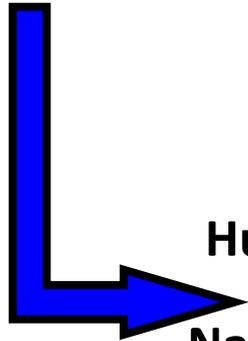




Empieza así un viaje algo agitado, pero sin perder la calma, el gato solo contempla y lo puede ver todo al interior del concreto.

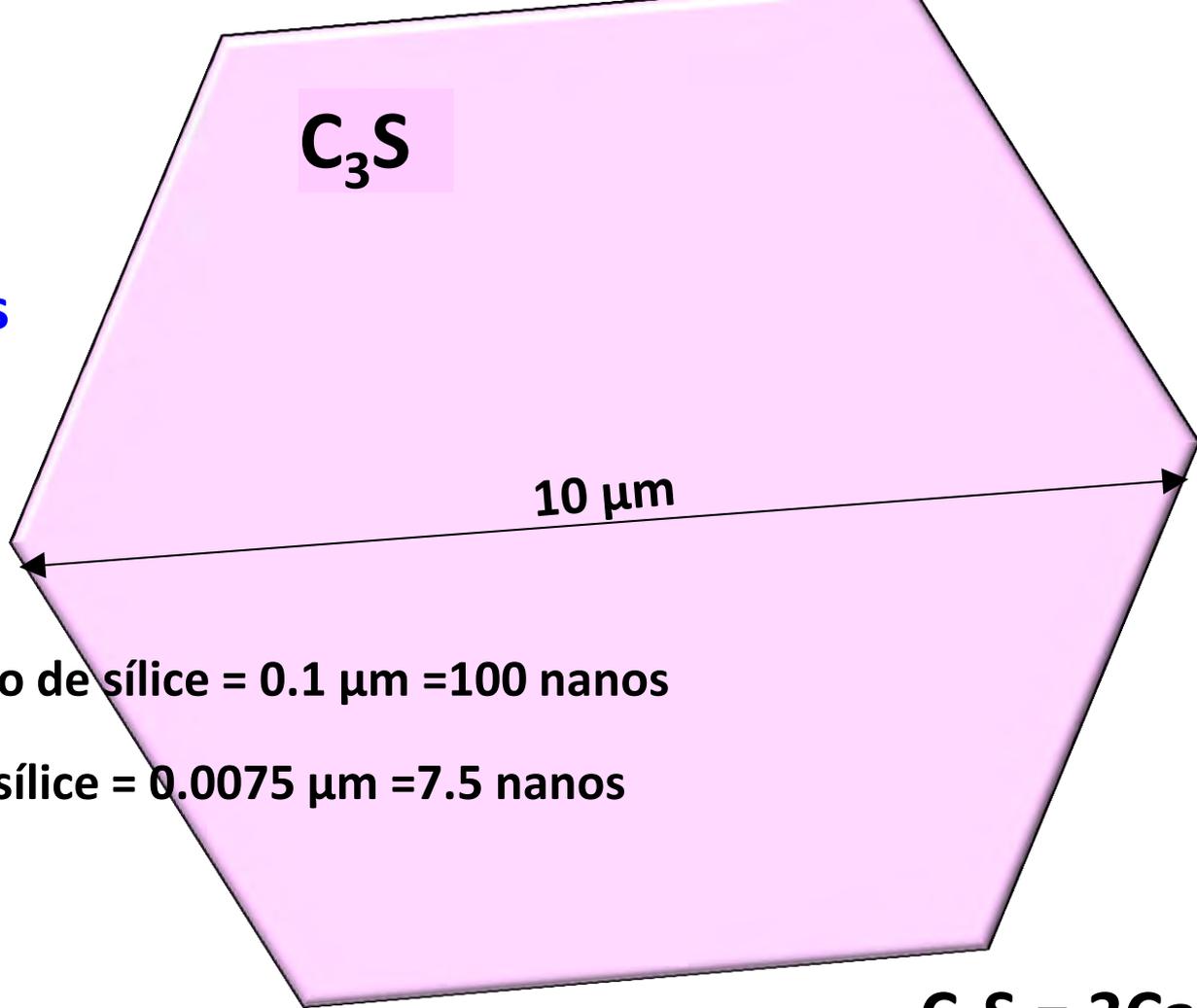


En este punto
cabrían uno al
lado del otro
treinta átomos
de sílice.



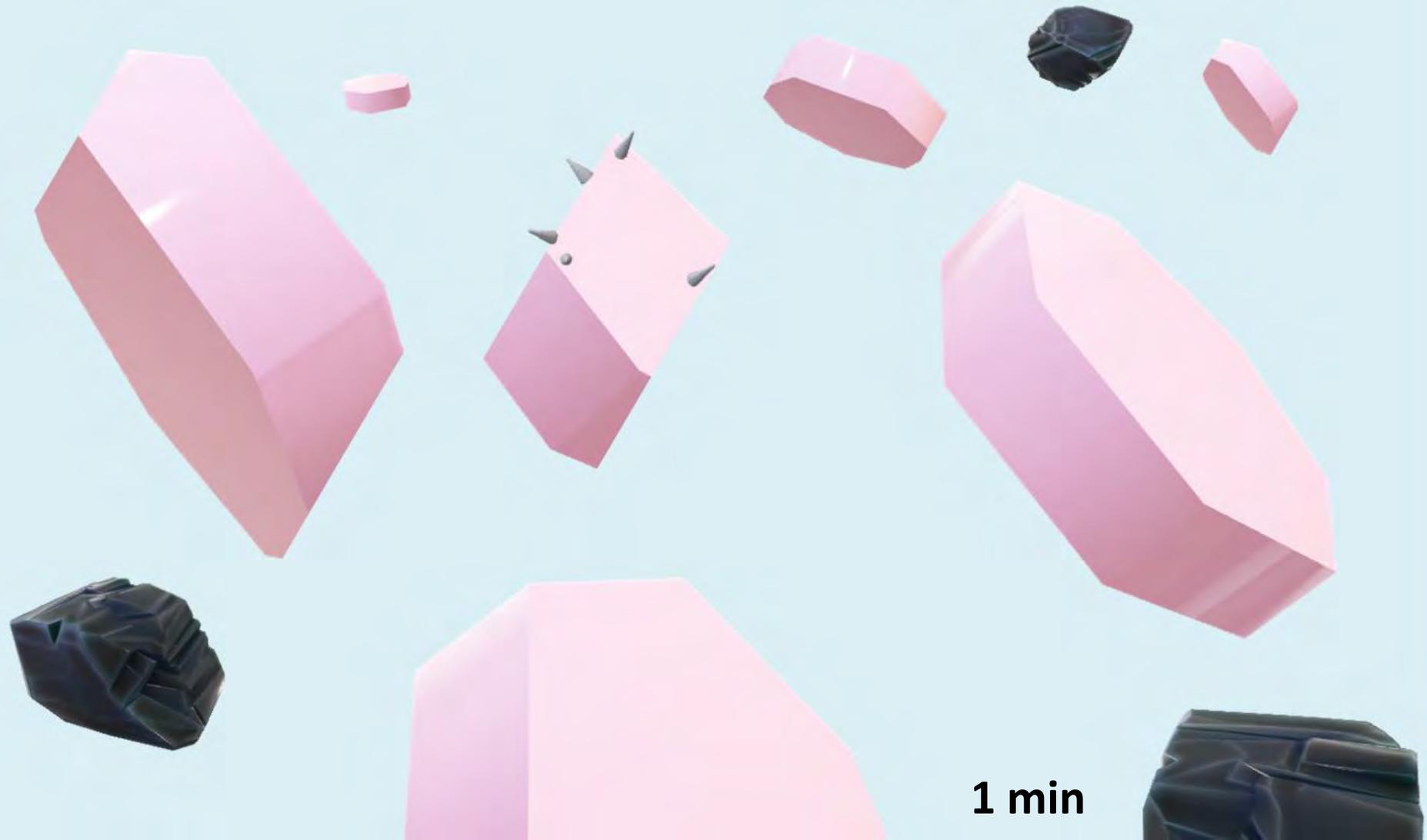
Humo de sílice = $0.1 \mu\text{m} = 100 \text{ nanos}$

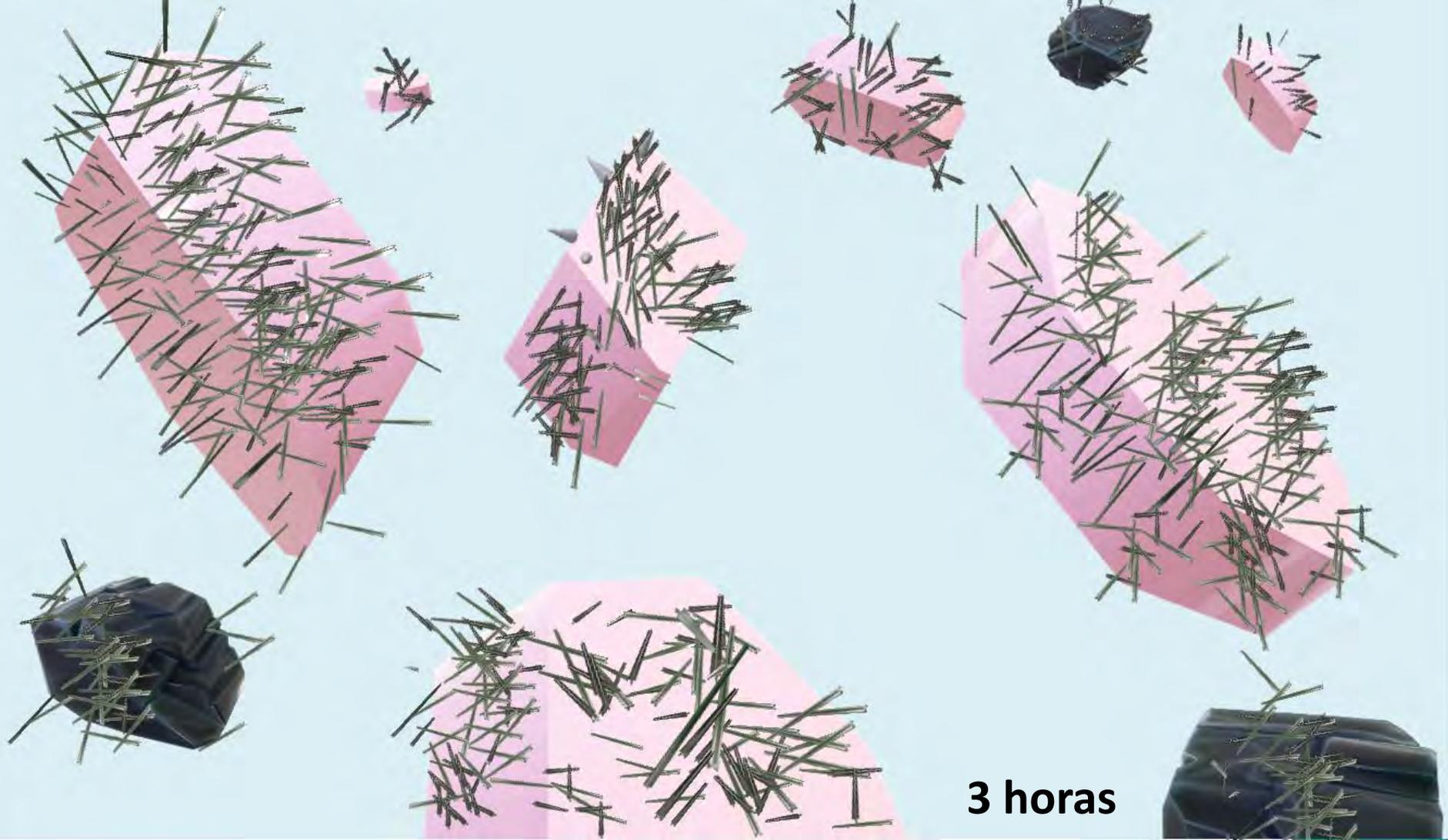
Nanosílice = $0.0075 \mu\text{m} = 7.5 \text{ nanos}$



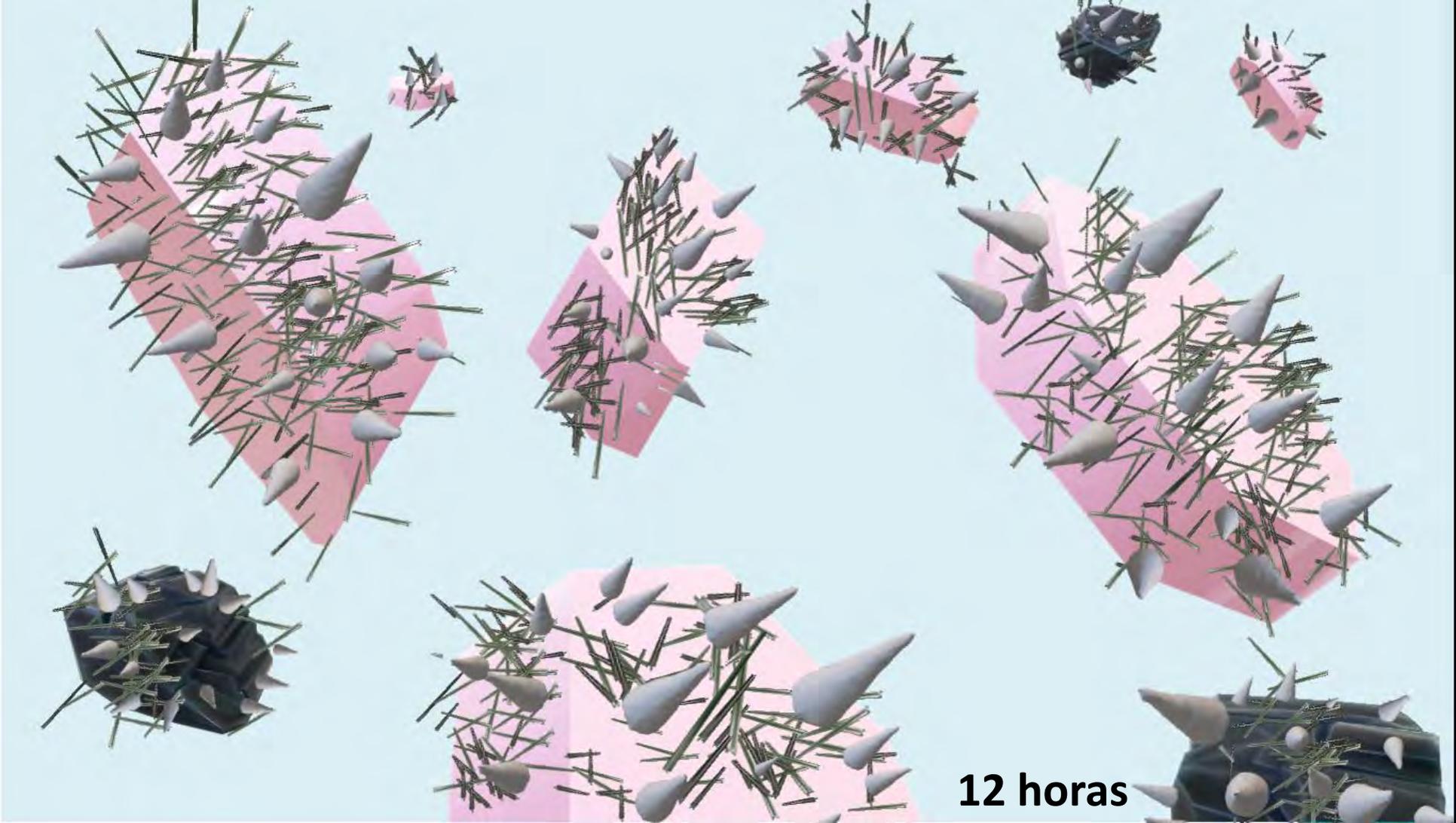


En medio del agua esas partículas que había observado antes, se transforman...

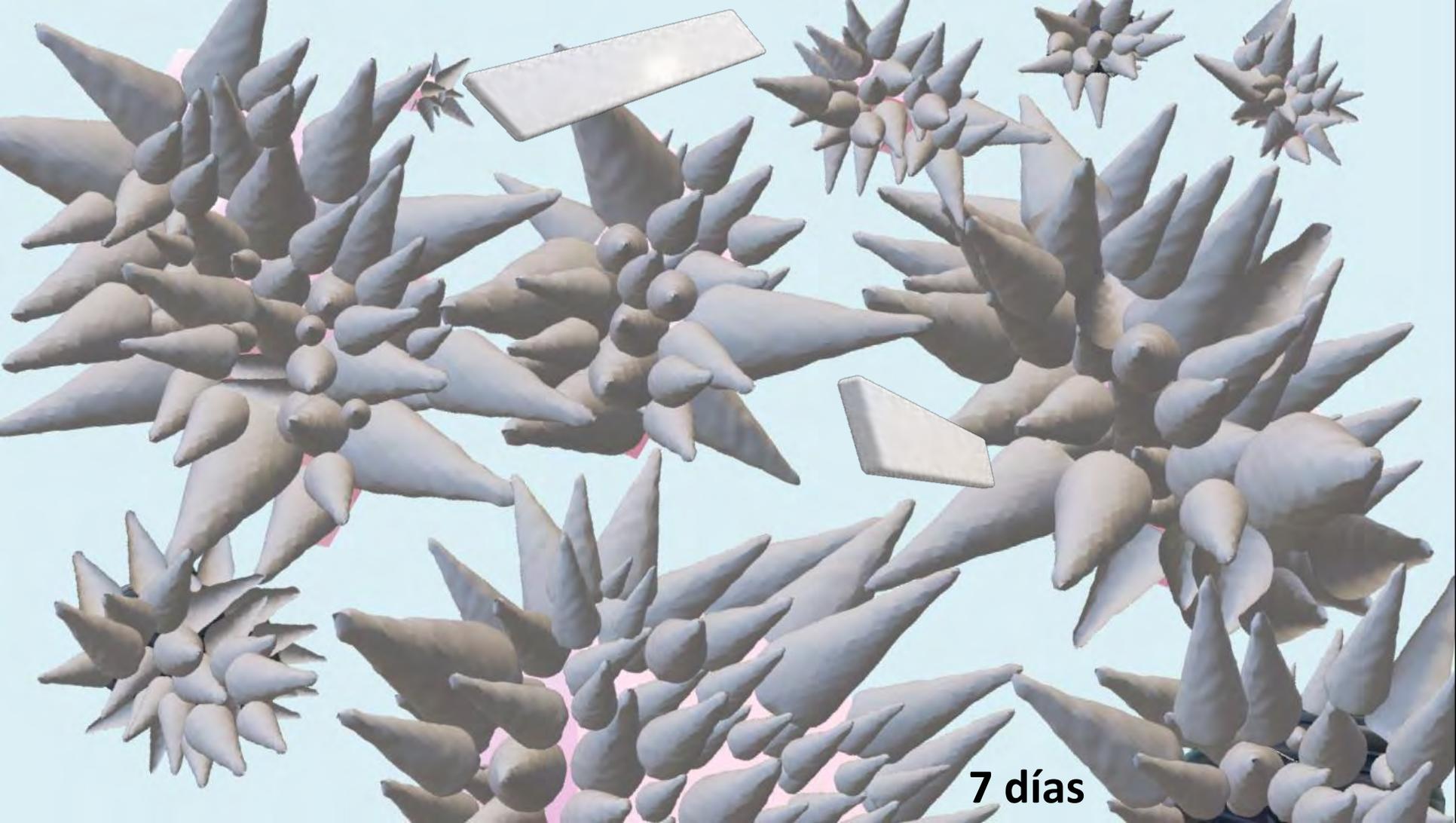




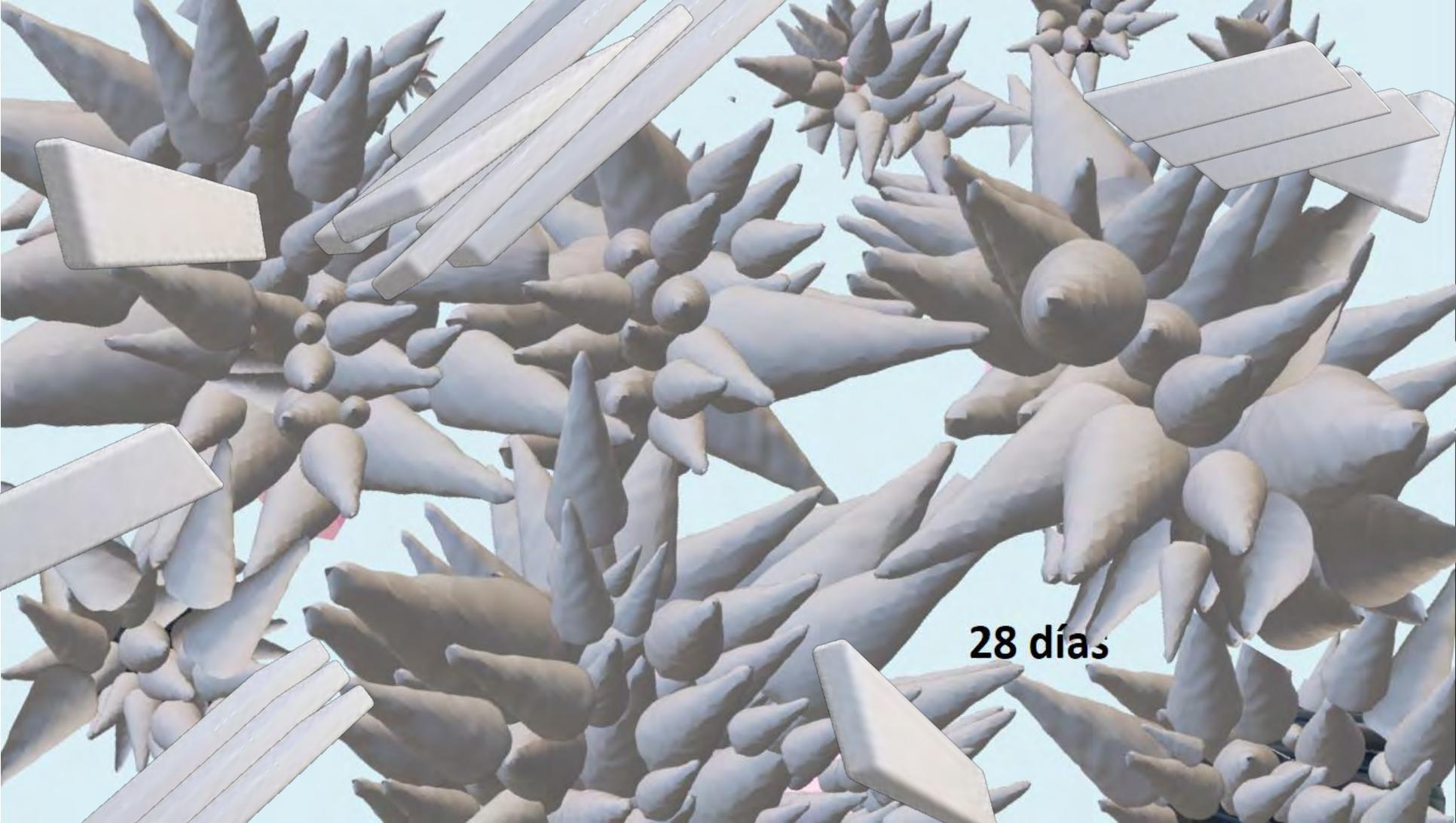
3 horas



12 horas

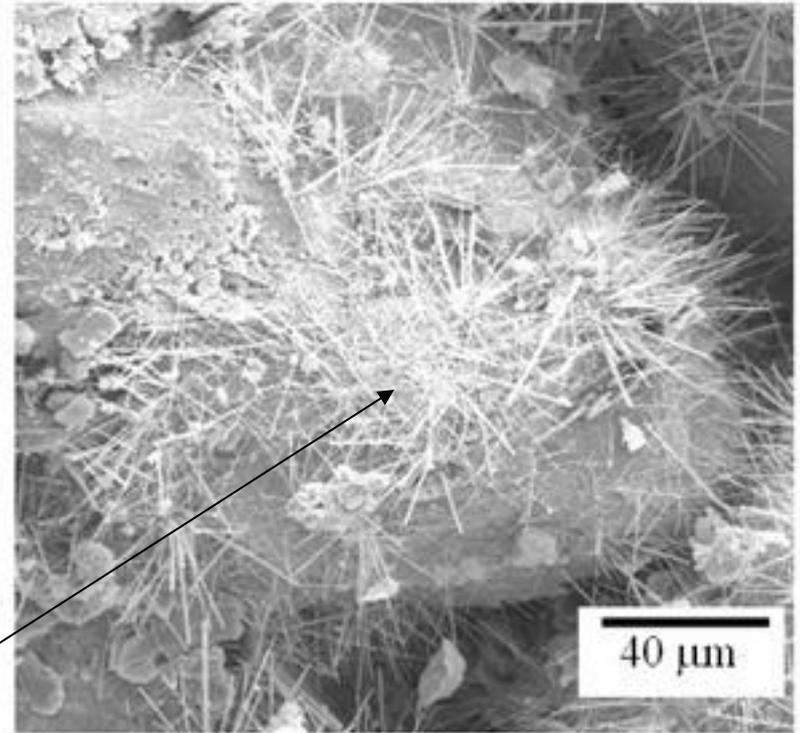


7 días



28 días

Cuando llega el **agua** se producen una serie de reacciones que crean nuevos sólidos.



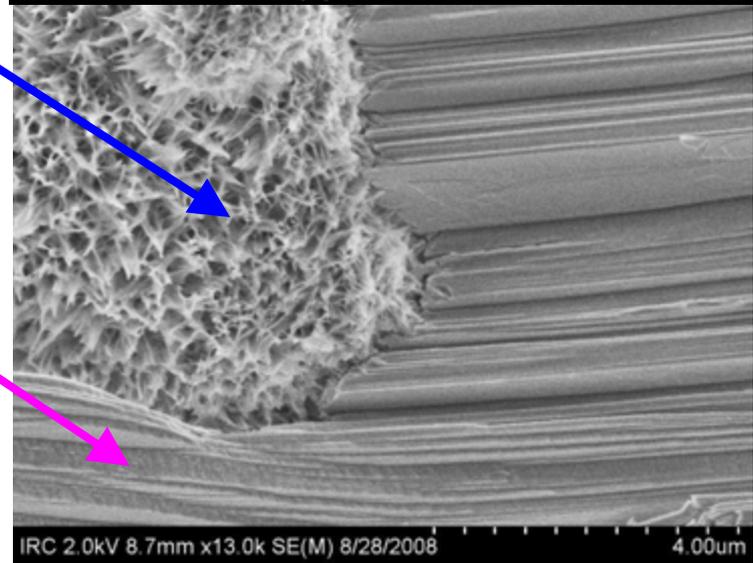
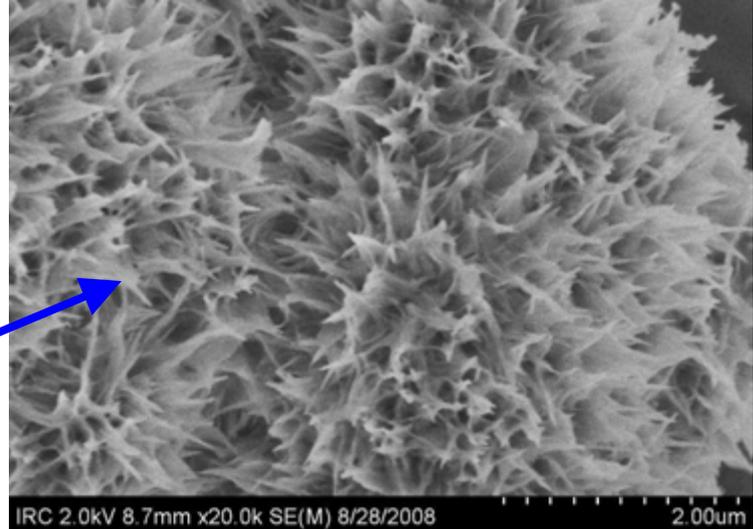
C_3A + Calcio disuelto (Ca^{2+}) + sulfato disuelto (SO_4^{2-}) + Agua \Rightarrow **ettringita**

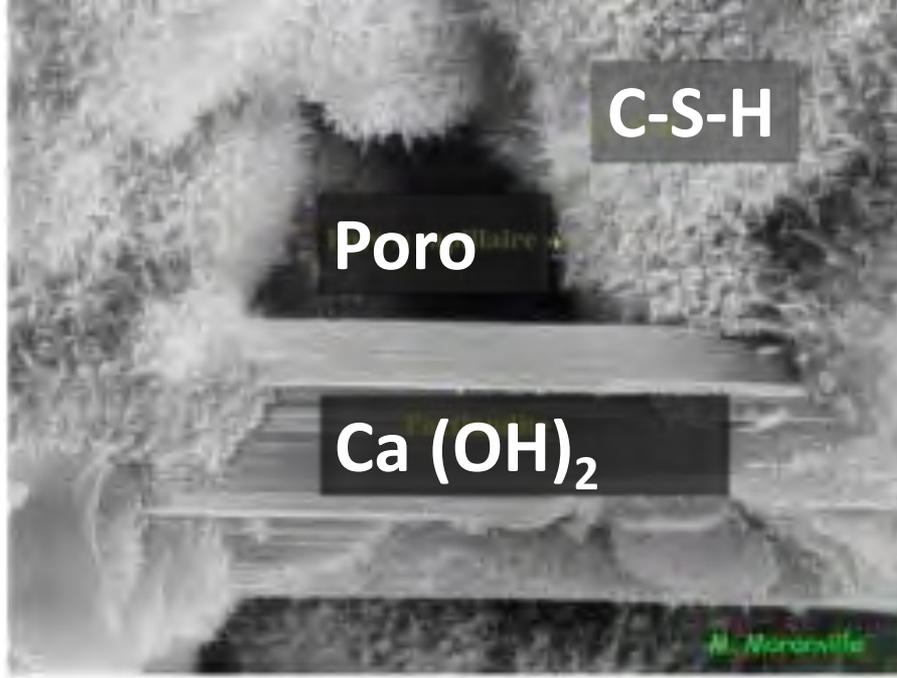
Este hidrato es el responsable del fraguado



C-S-H

Ca(OH)₂



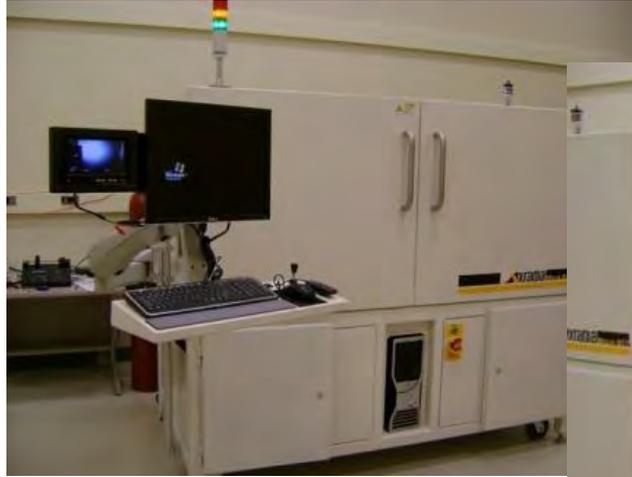


20 μm

Fuente: Micheline Moranville

El gel (cristal) de C-S-H se conoce como Tobermorita y representa entre el 60% al 70% de volumen del sólido de la pasta de cemento hidratada.

Nuevo conjunto de Microscopios de la Universidad de Illinois en Urbana-Champaign



Micro CT-1
20KeV-90KeV
2W-8W

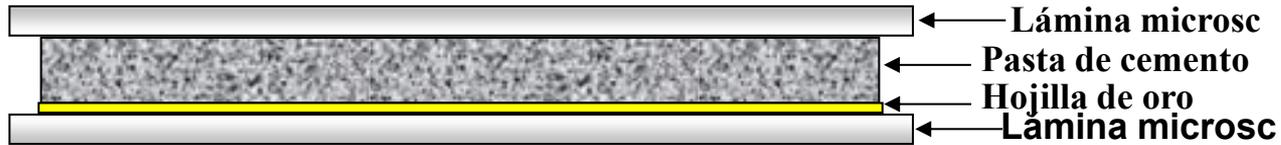


Micro CT-2
40KeV-
150KeV
2W-10W

Nano CT



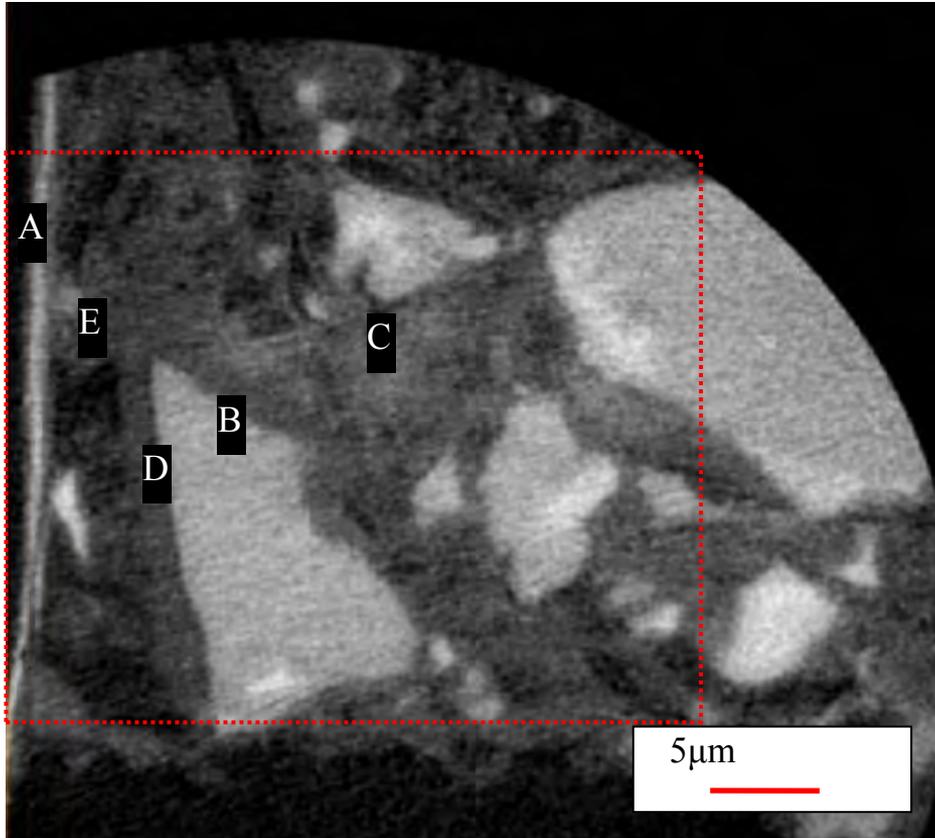
Estudio de la hidratación del cemento a escala de la micra



Esquema de muestra

- ❑ **Cemento cernido por el tamiz de 75 μm**
- ❑ **Relación A/C de 0.50**
- ❑ **Espesor puede ser de 75 μm , usualmente 100~150 μm .**

Típica vista de la pasta de cemento



A las **24 horas** vista global de la pasta:

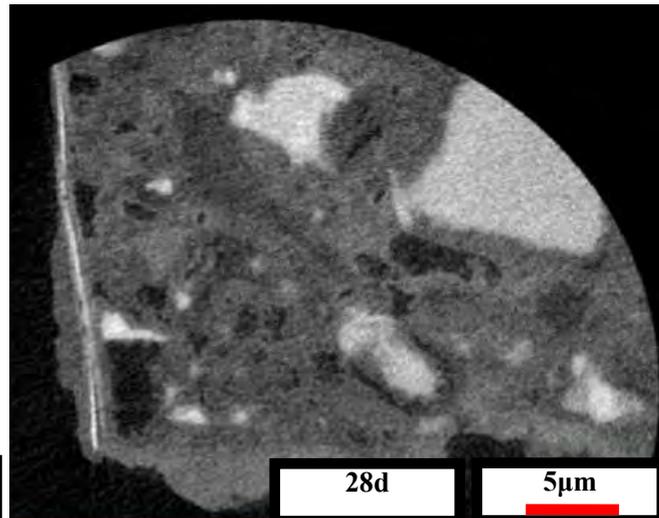
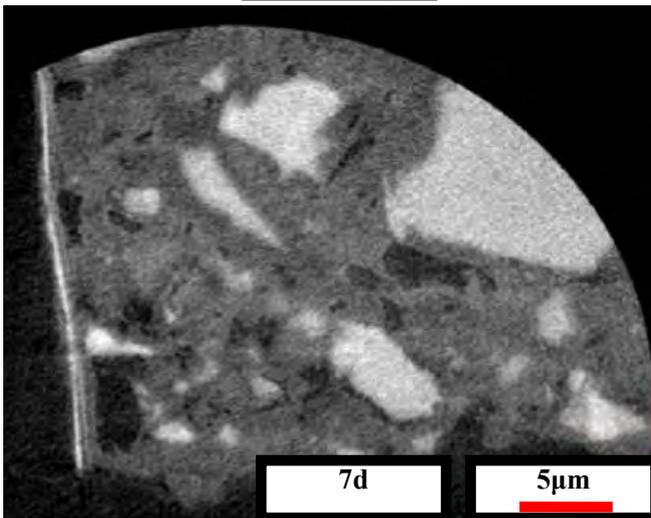
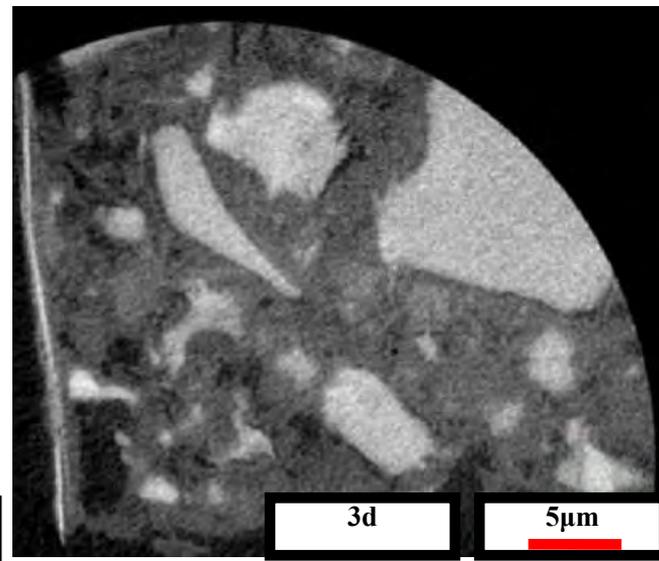
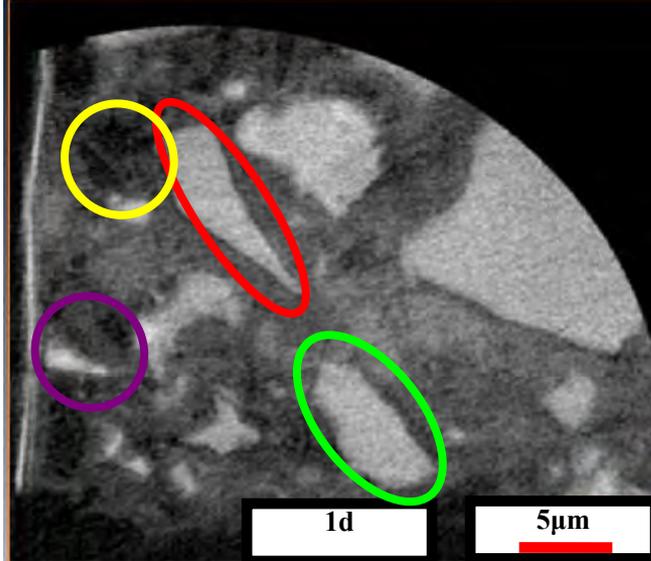
A- Hojilla de oro

B- Grano de cemento no reaccionado

C- Productos de hidratación

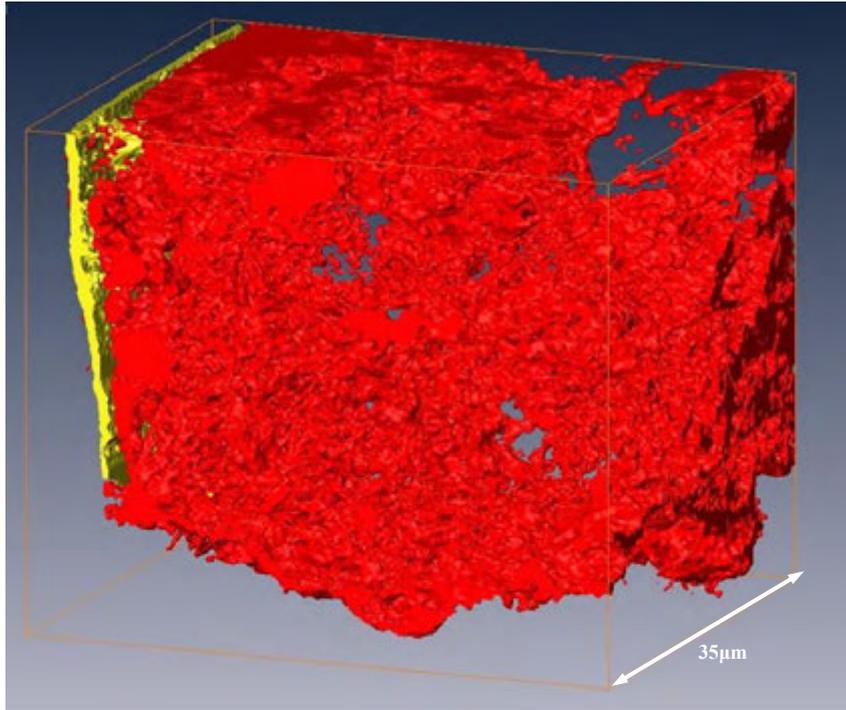
D- Anillo de Hidratos de C-S-H alrededor del grano de cemento

E- Vacío



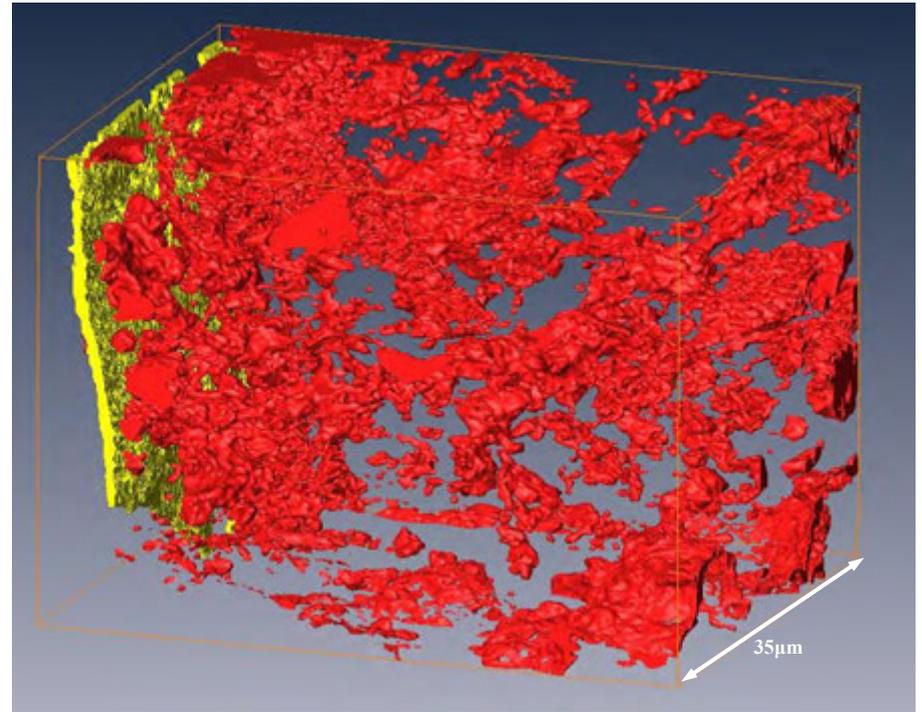
David A. Lange,
Yi Shi Liu,
Jason Mote

Evolución de la porosidad luego de la hidratación (Pasta de Cto)



 Hojilla de Oro  Poros

3 días

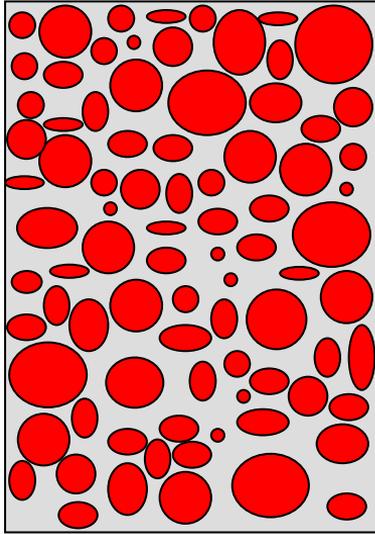


28 días



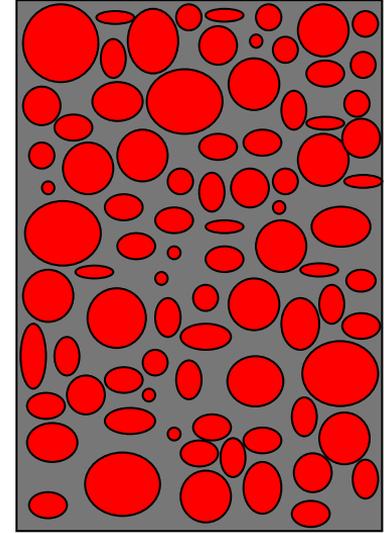
Aun no
entiendo bien
lo de la
resistencia...



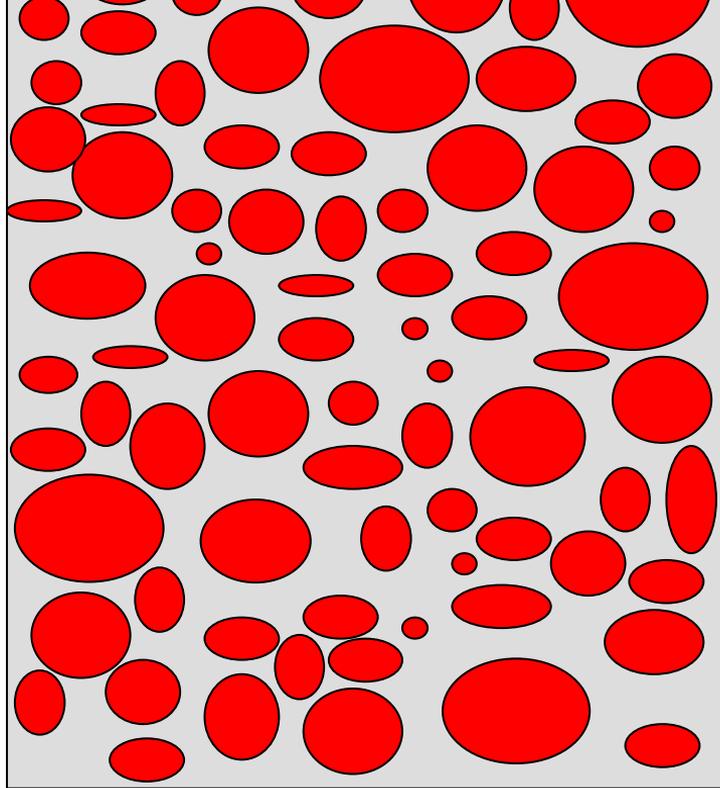


1 cm
↔

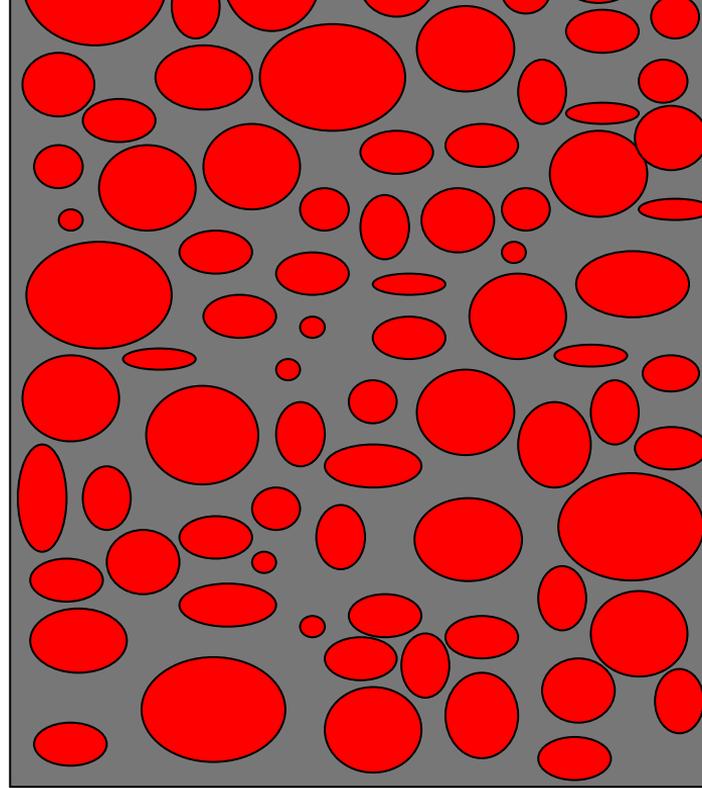
**Concretos
idénticos, solo
difieren en la
calidad (tipo)
del pegante...**



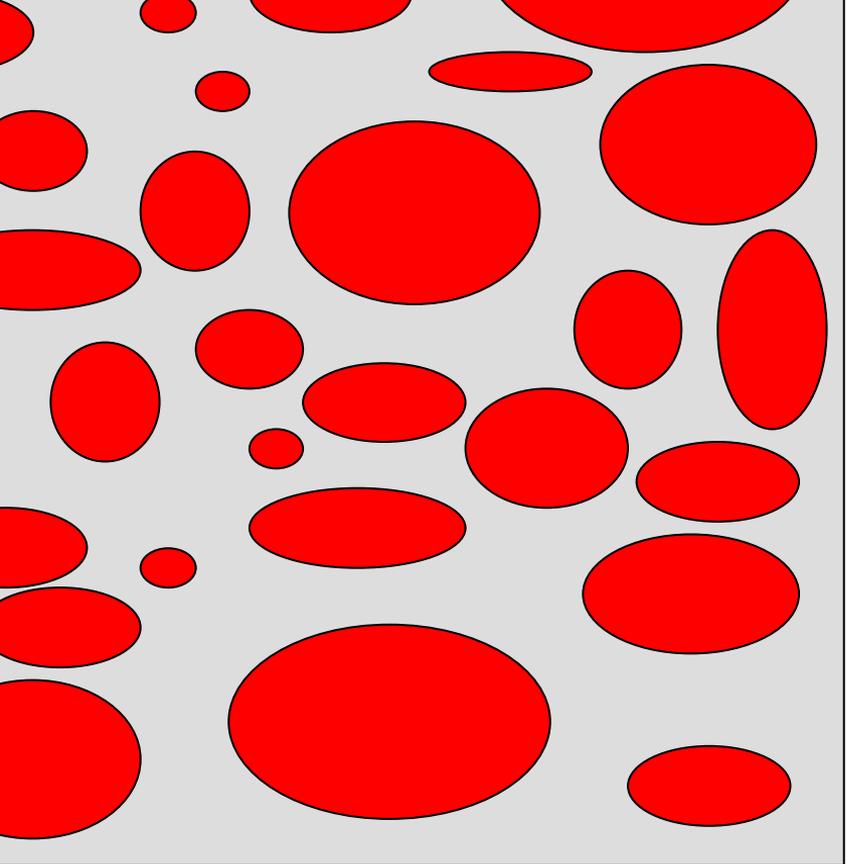
Acerquémonos



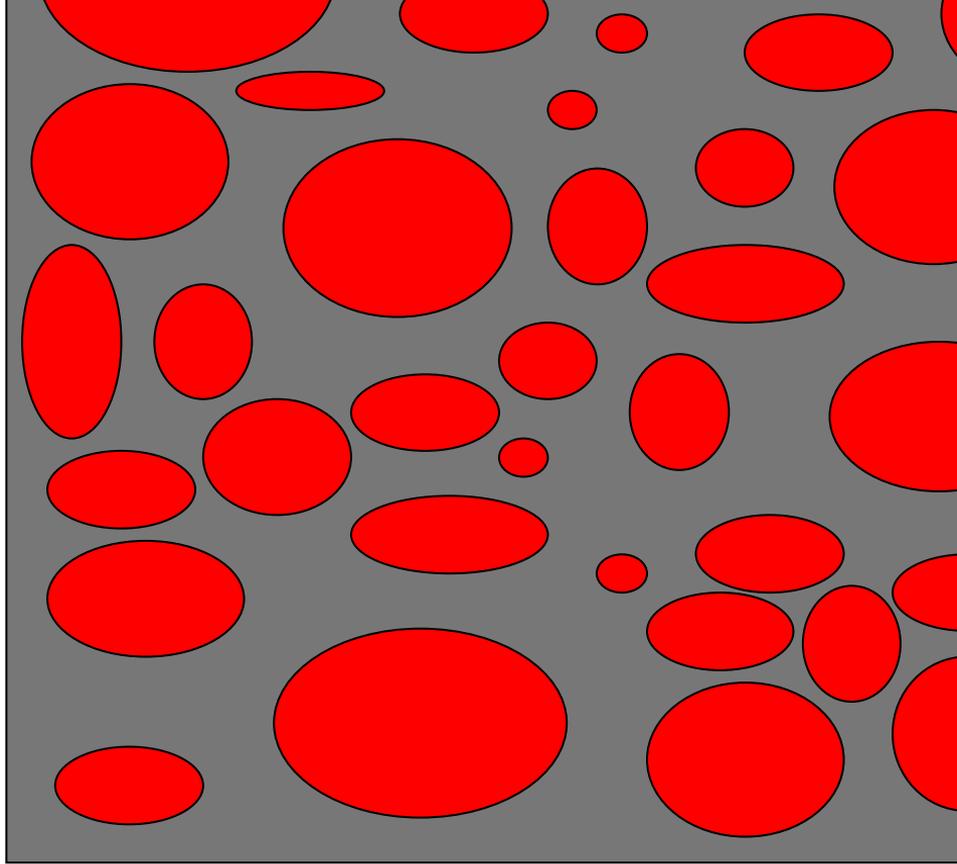
1 cm
↔



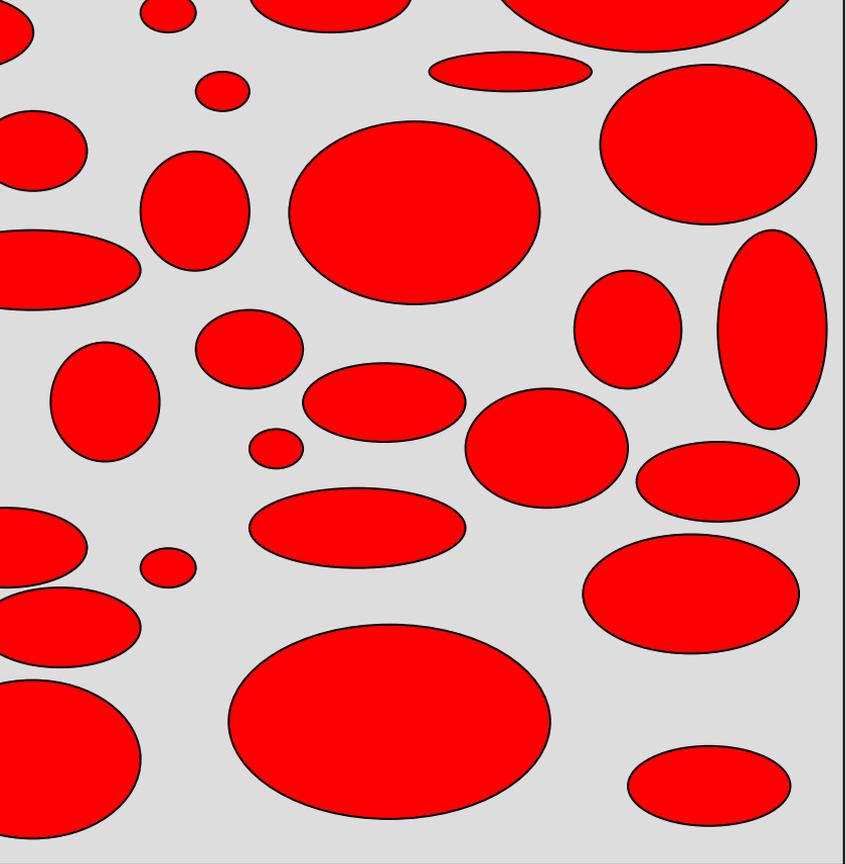
mas...



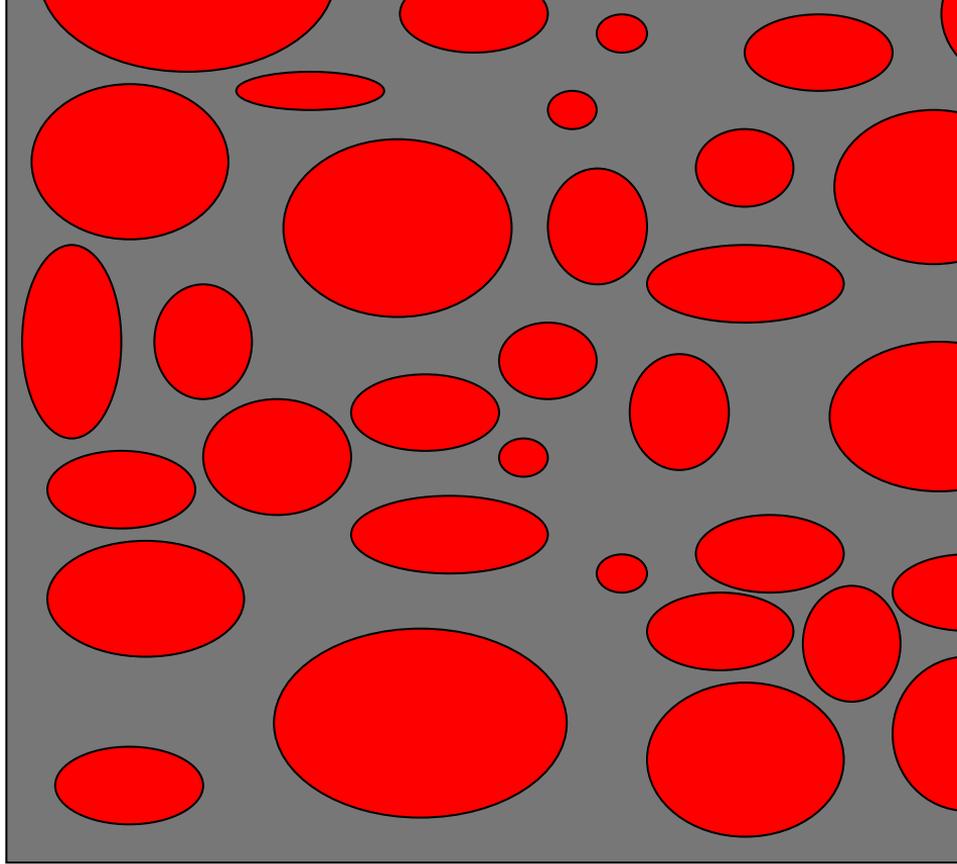
1 cm
↔



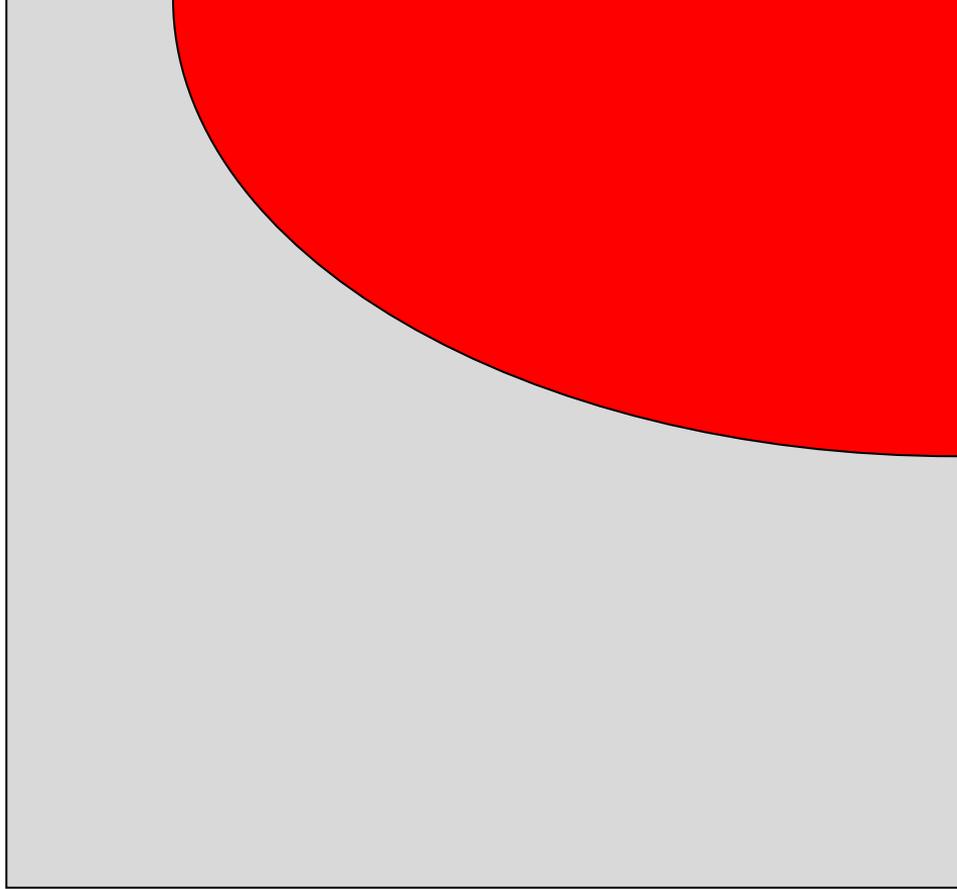
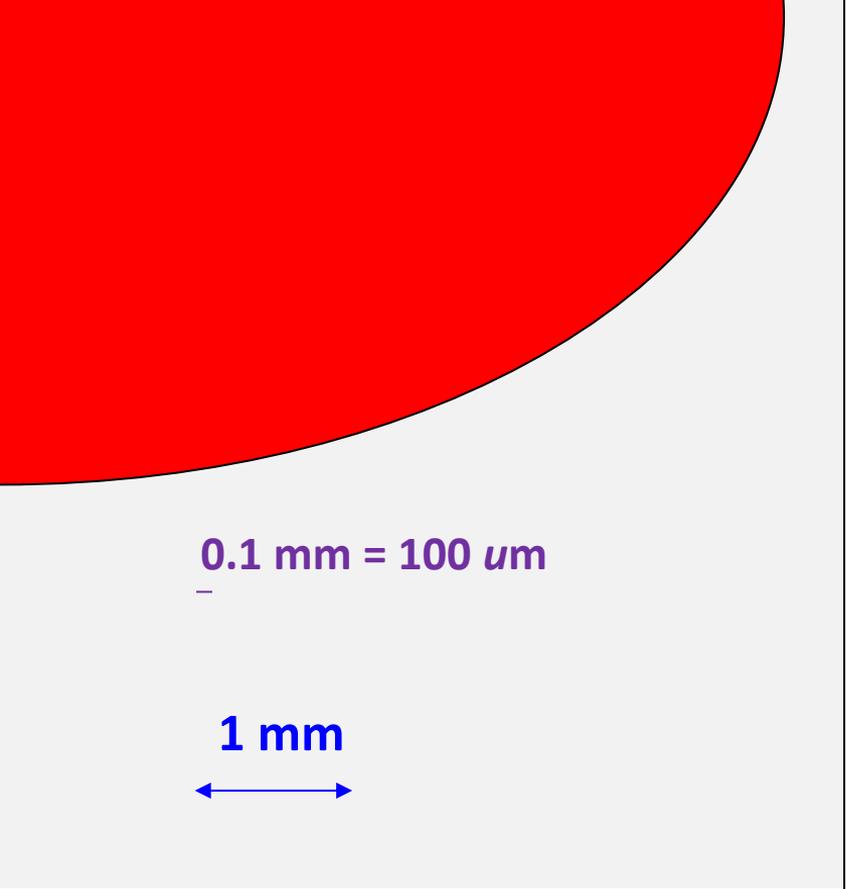
mas...



1 cm
↔

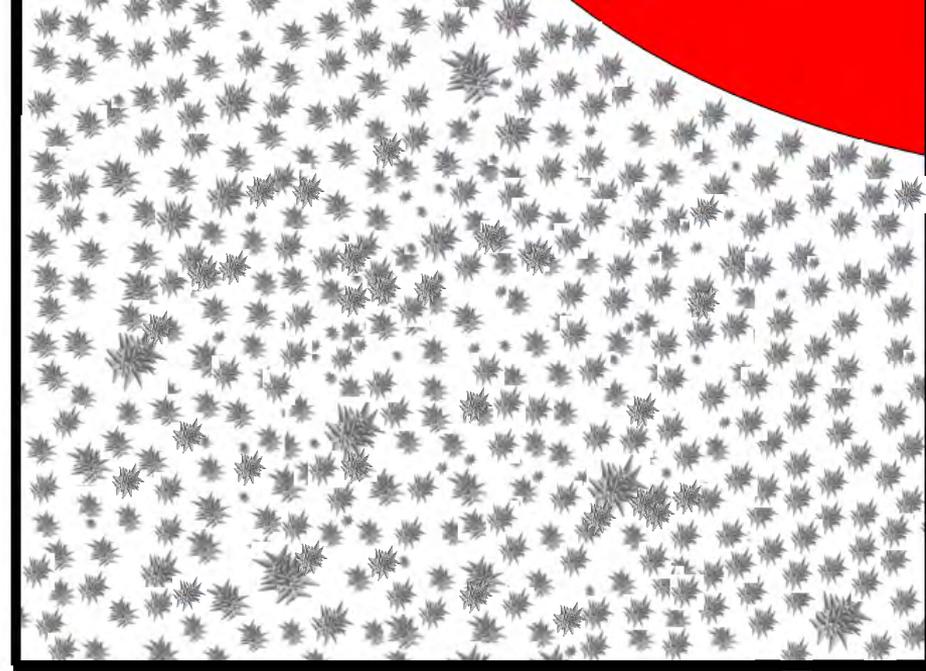
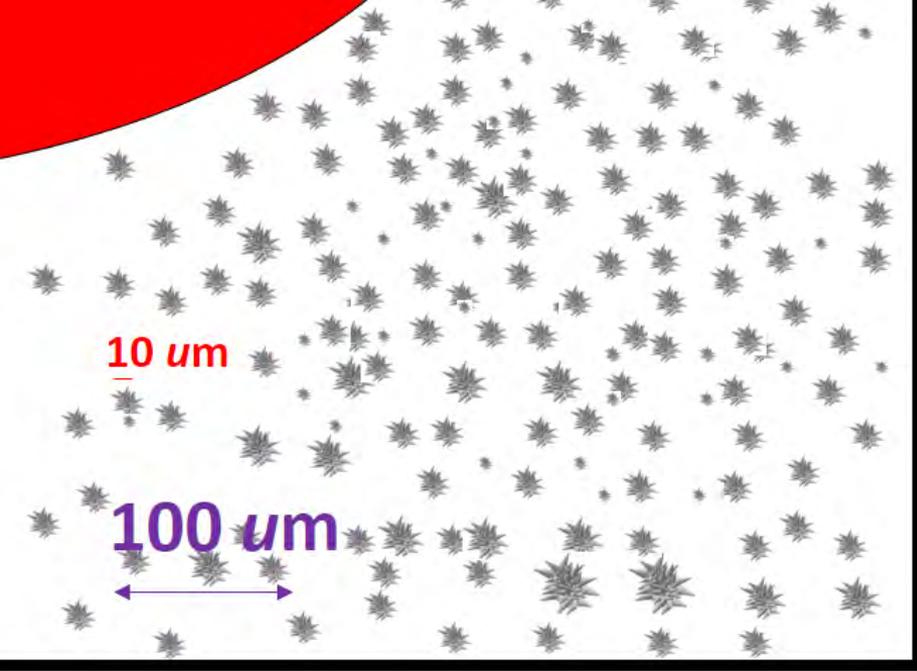


mas...



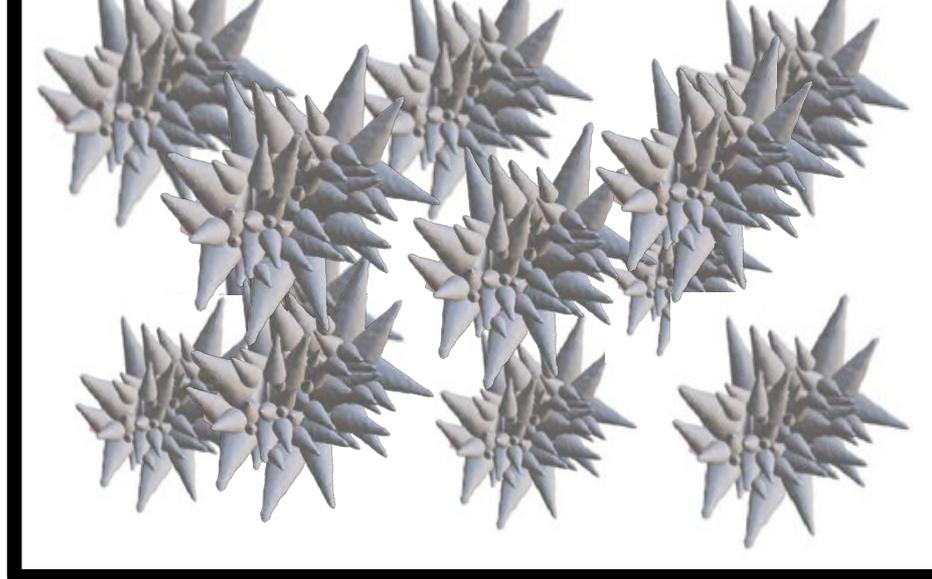
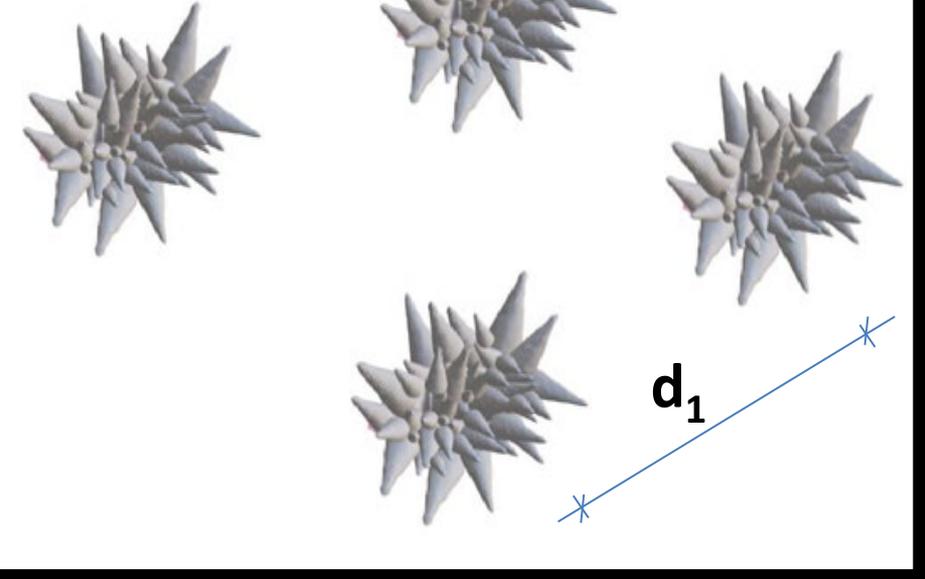
1 cm





1 mm

¿Cual de entre estos dos concretos alcanza una mayor resistencia?



10 μm

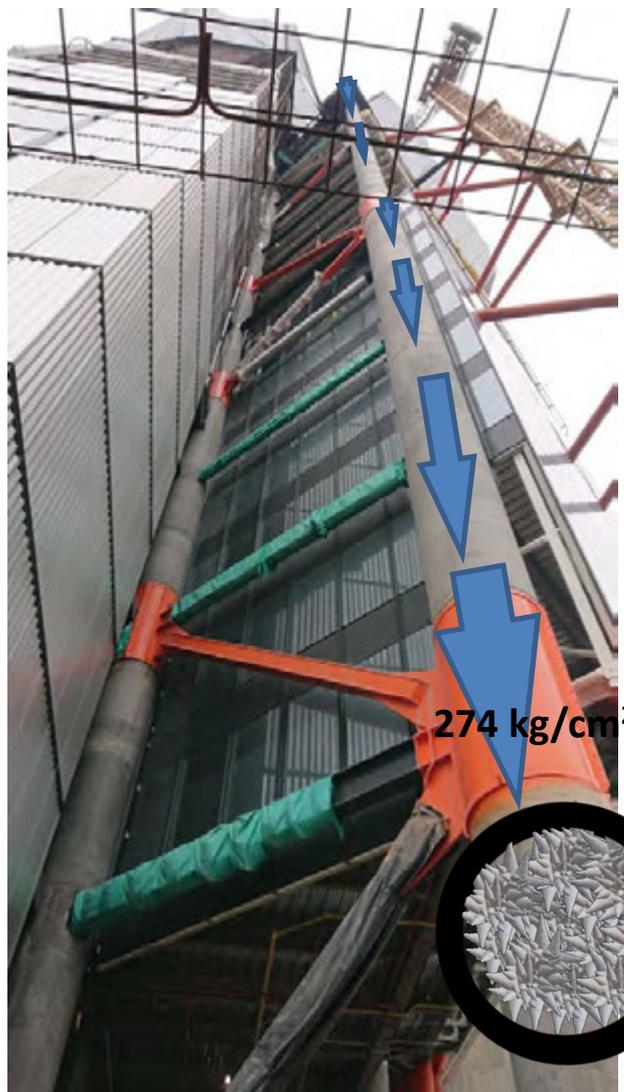


100 μm



La distancia entre las partículas de cemento en la pasta es en realidad, el parámetro que gobierna la Resistencia de la pasta y por ende del concreto.





274 kg/cm²



**Un verdadero
“enredo”
cristalino es el
que soporta y
muy bien las
cargas a la
compresión.**

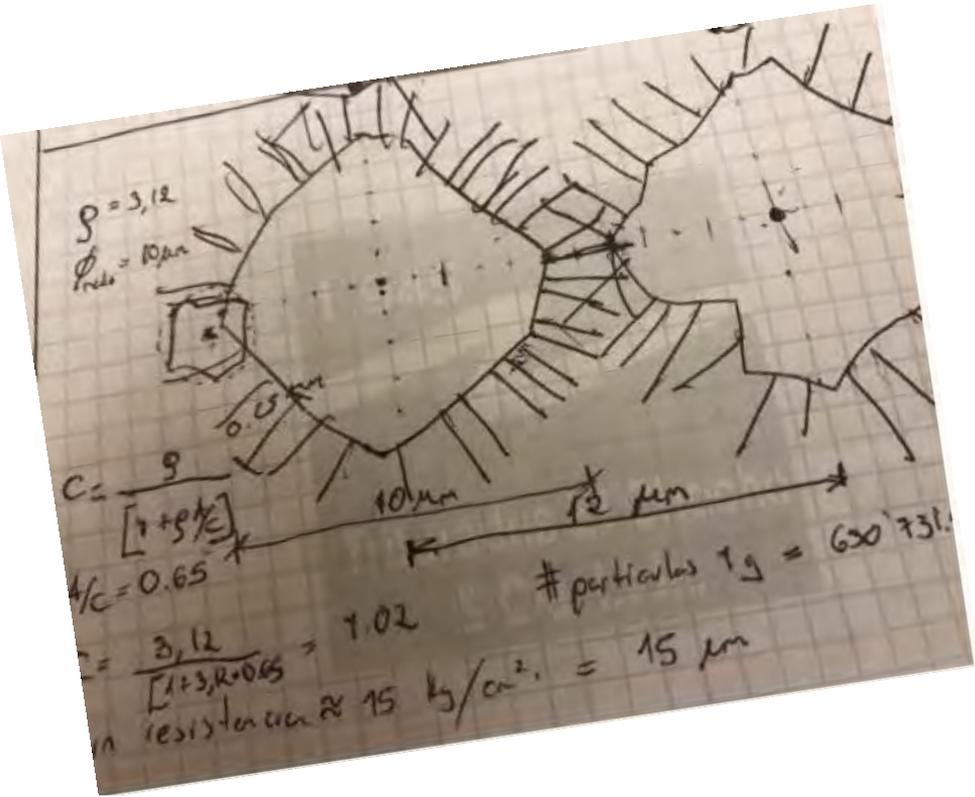
Atrio (Bogotá-2018)

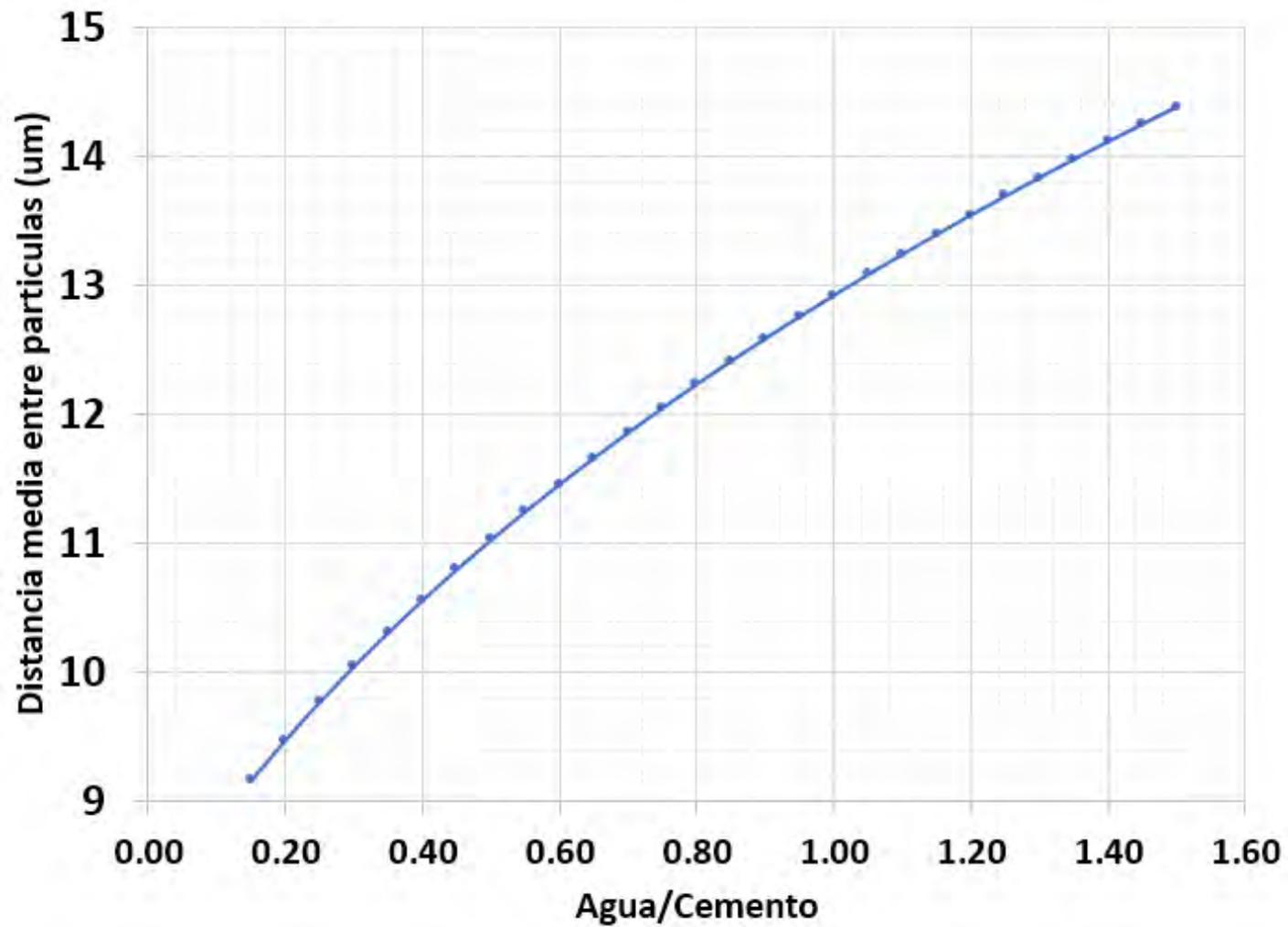


Puente del Quimbo (Huila-2014)

*Hur hållbara är kraftstationerna, då?
Här är ett nytt test med ett F4 plan.*

Una tarde sin poder aguantar ya, me senté a calcular la distancia entre las partículas de cemento para diferentes A/C.



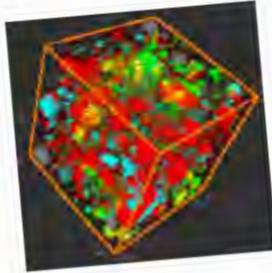
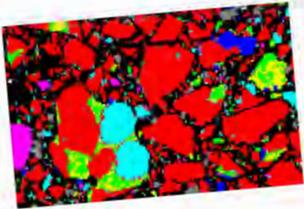




NISTIR 6485

CEMHYD3D: A Three-Dimensional Cement Hydration and Microstructure Development Modelling Package, Version 2.0

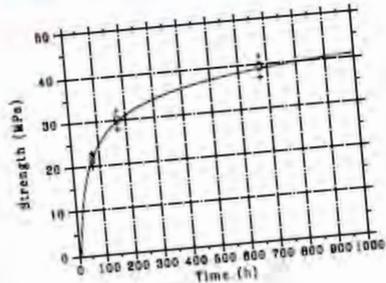
Dale Bentz



Building and Fire Research Laboratory
Gaithersburg, Maryland 20899

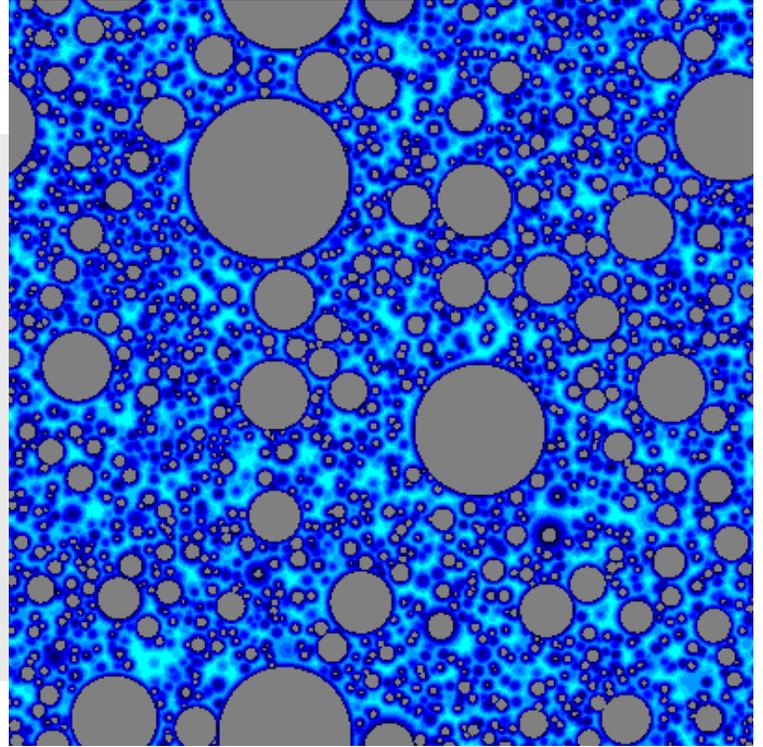
NIST

United States Department of Commerce
Technology Administration
National Institute of Standards and Technology

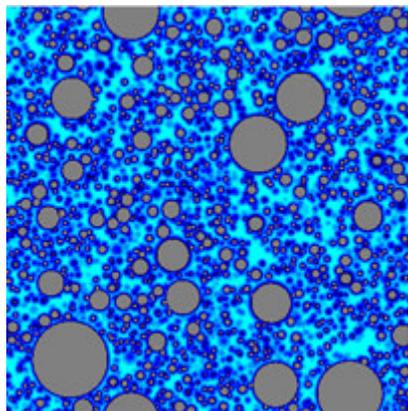


2005

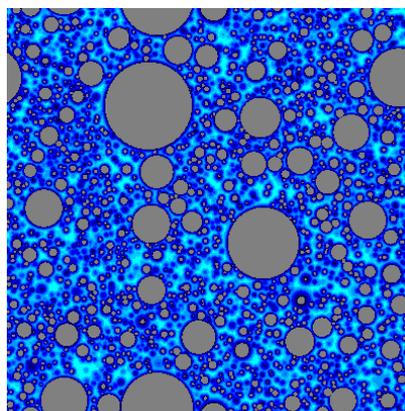
CEMHYD3D – CIKS.CBT.NIST



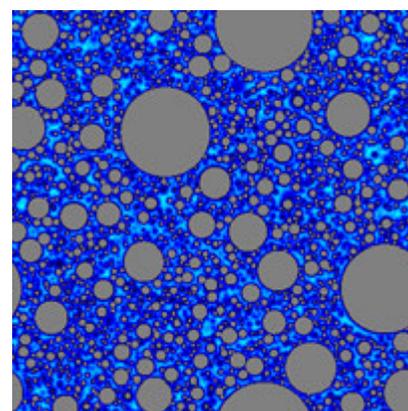
$A/C = 0.65$



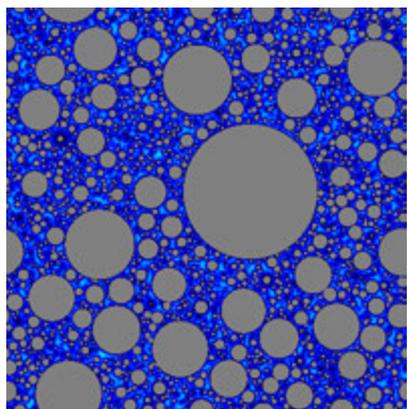
$A/C = 0.90$



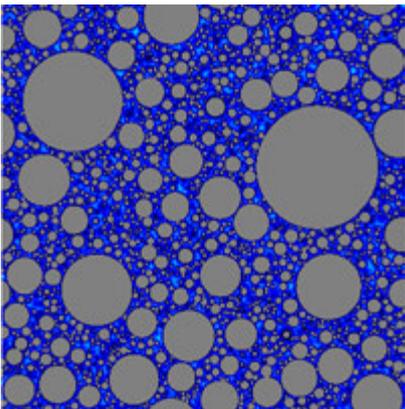
$A/C = 0.65$



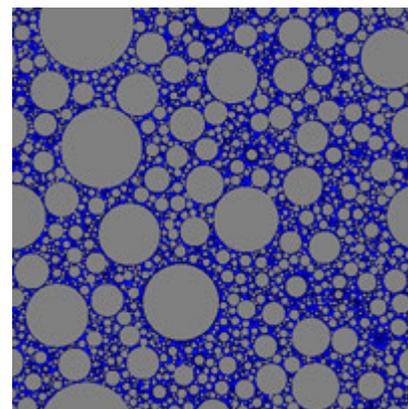
$A/C = 0.40$



$A/C = 0.30$

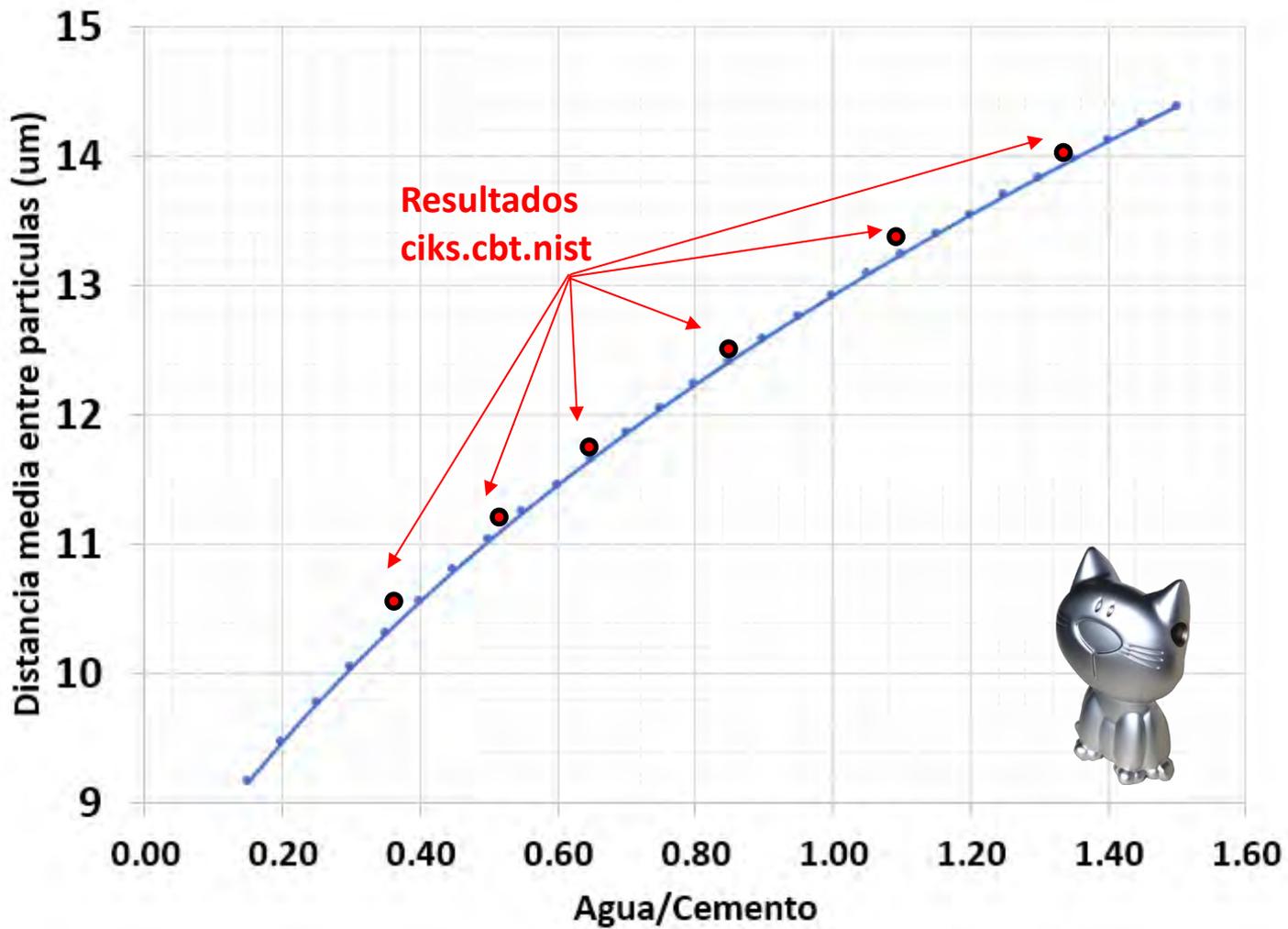


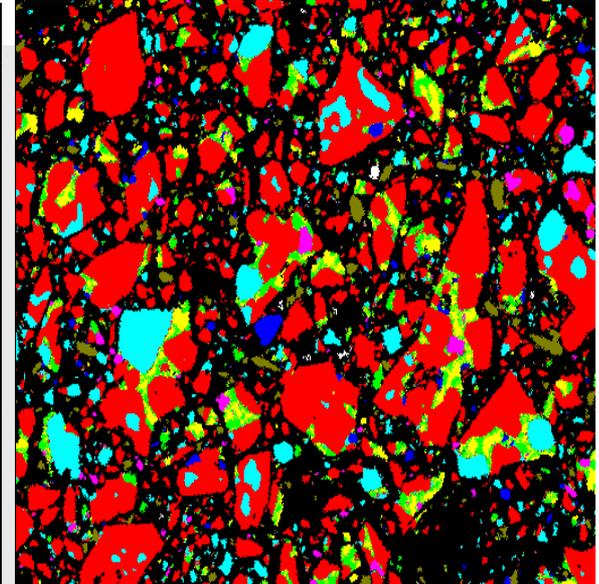
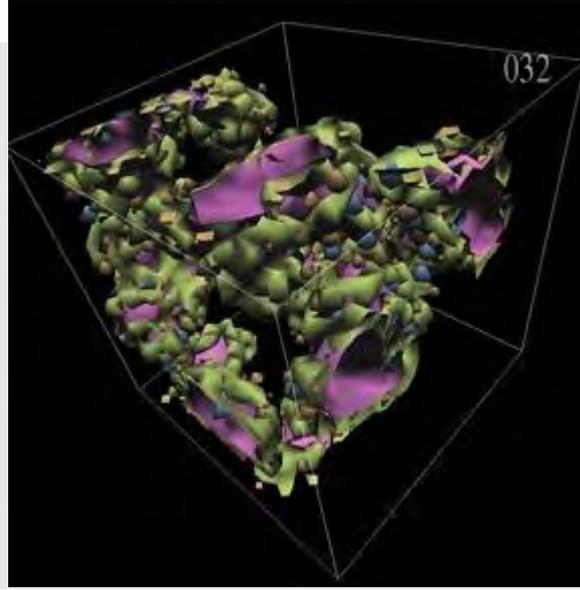
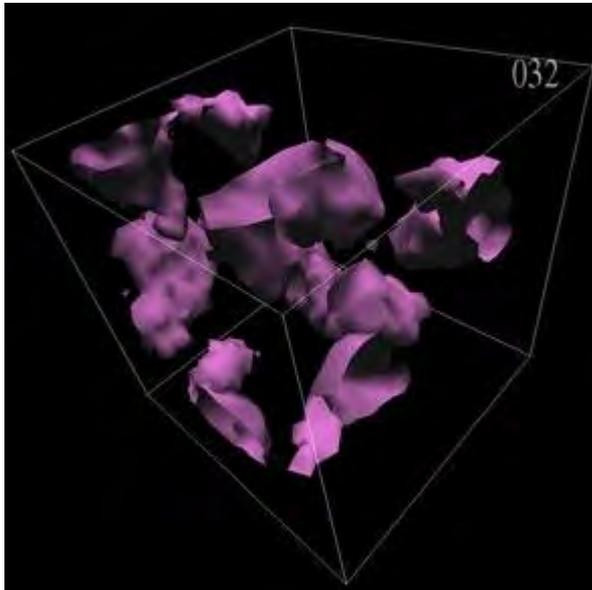
$A/C = 0.25$



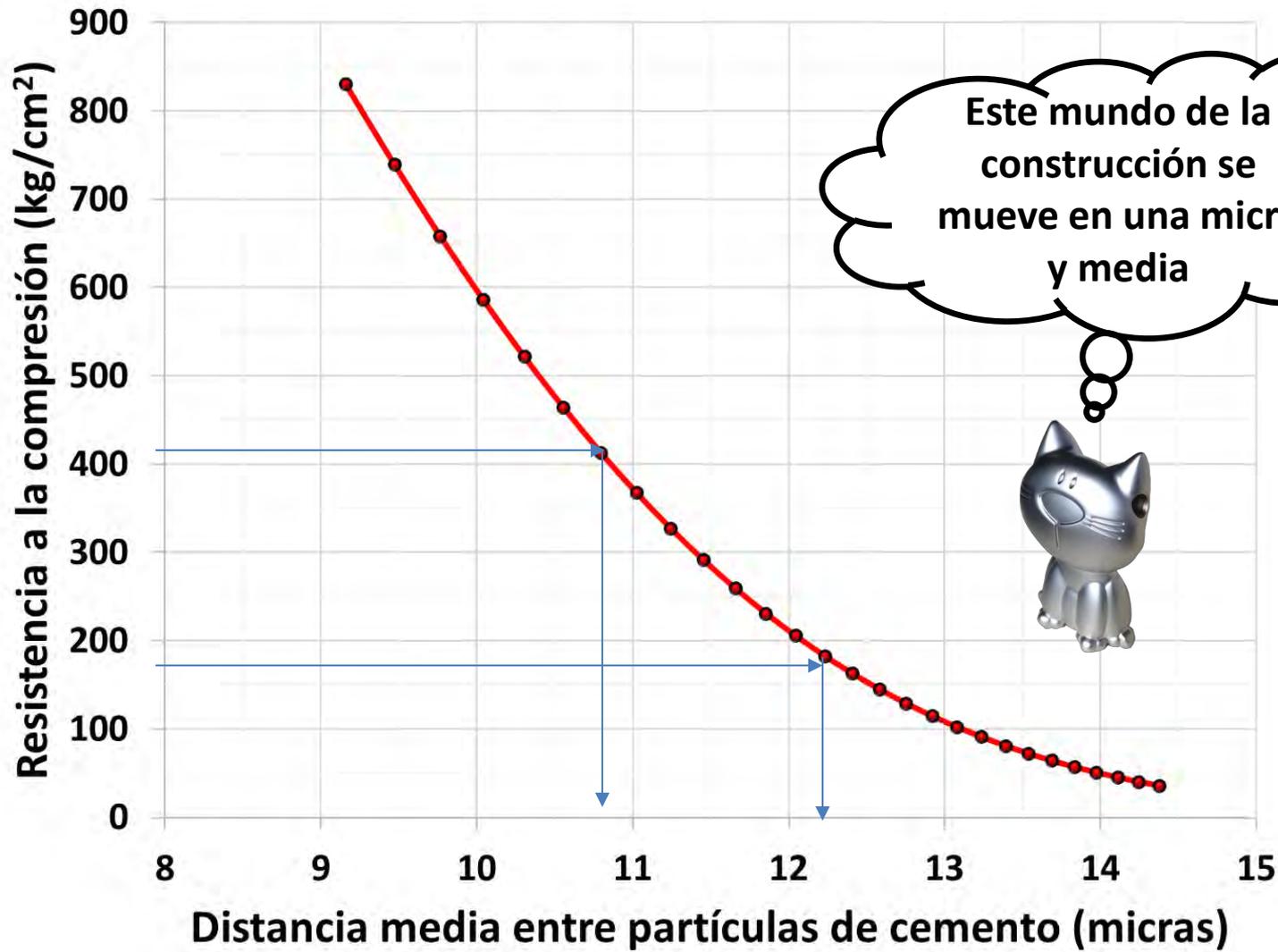
$A/C = 0.14$

Distancia centro a
centro de las
partículas

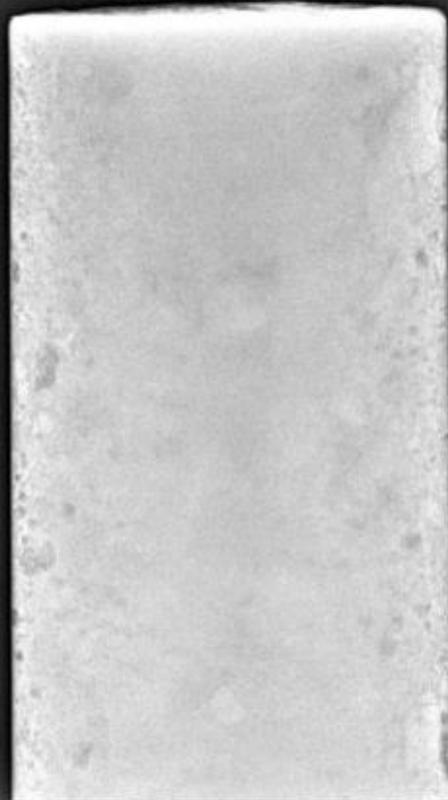




Isosuperficie de CSH



Radiografía 80 kV



 Pte. LTC CEMEX PRUEBA ID. PLANTA BOSA Tel :
COUNTRY Fecha: 13/09/2018 11:41:09 AM Dr. GERMAN HERMIDA Edad : 91 año(s)
100,0 % Kv / mA / seg SEDE COUNTRY

Cilindro 1

 Pte. LTC CEMEX PRUEBA ID. PLANTA BOSA Tel :
COUNTRY Fecha: 13/09/2018 11:41:09 AM Dr. GERMAN HERMIDA Edad : 91 año(s)
100,0 % Kv / mA / seg SEDE COUNTRY

Cilindro 2

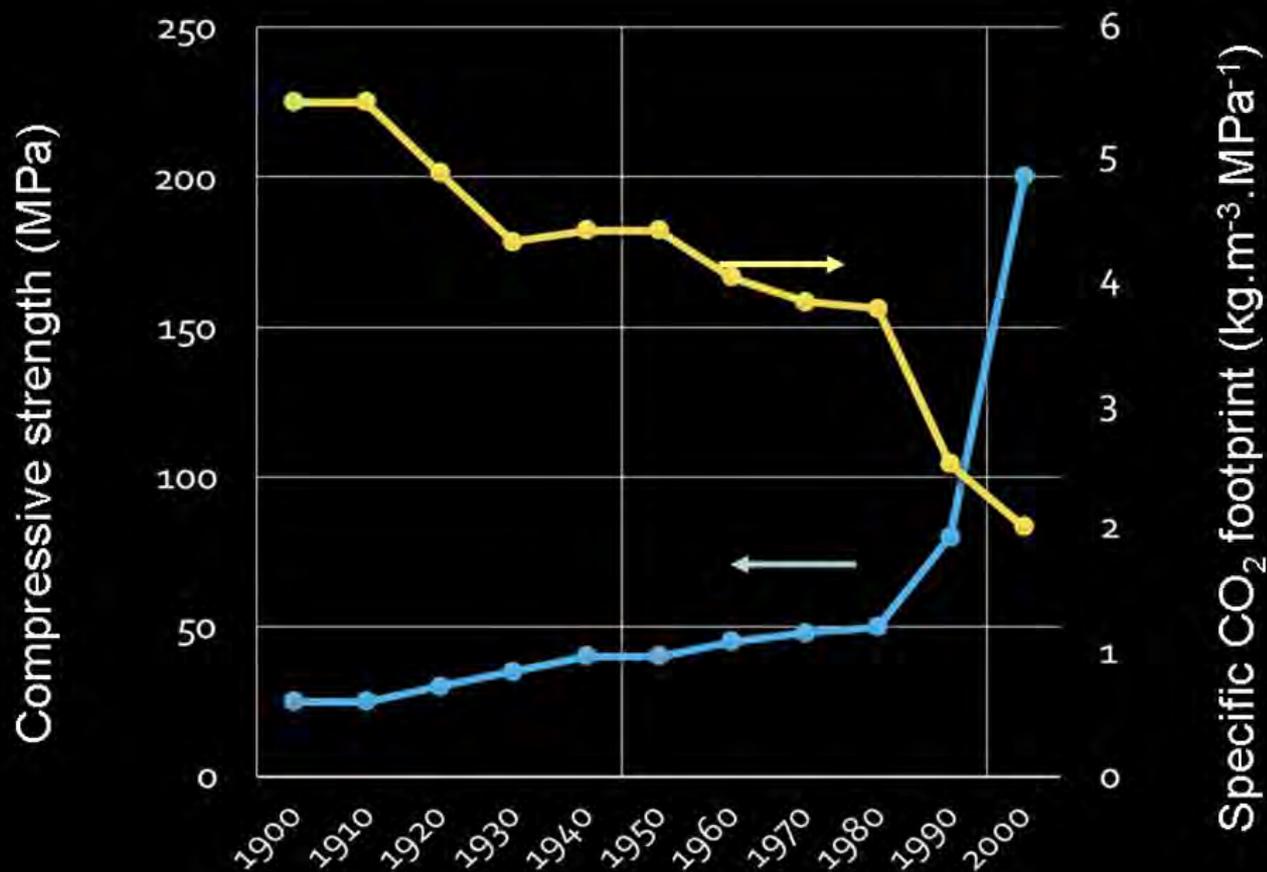
 Pte. LTC CEMEX PRUEBA ID. PLANTA BOSA Tel :
COUNTRY Fecha: 13/09/2018 11:28:48 AM Dr. GERMAN HERMIDA Edad : 91 año(s)
Tamaño r Kv / mA / seg SEDE COUNTRY

Cilindro 3 !



**Hola Gato, suficiente
curiosidad...**

**Ya esta un poco mas claro
como funciona, este
masacote endurecido.**





Sistema cristalino



Lunes 3:15 pm



Hoy (Viernes) 6:49 am

Todo un mundo de cristales

