

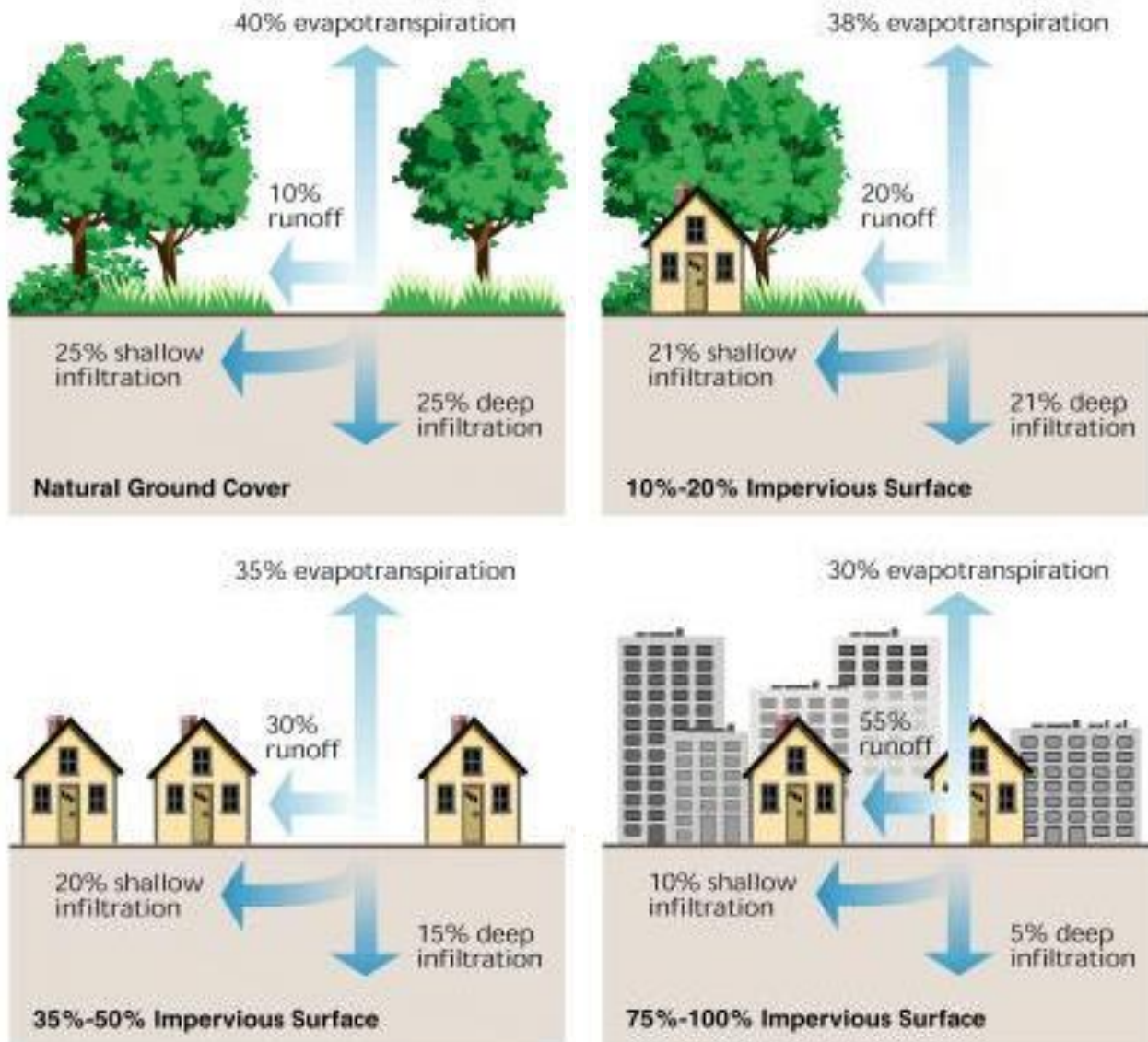


HORMIGÓN PERMEABLE: USOS, ESPECIFICACIONES Y DISEÑO

Profesor Dr. **Ricardo Pieralisi**

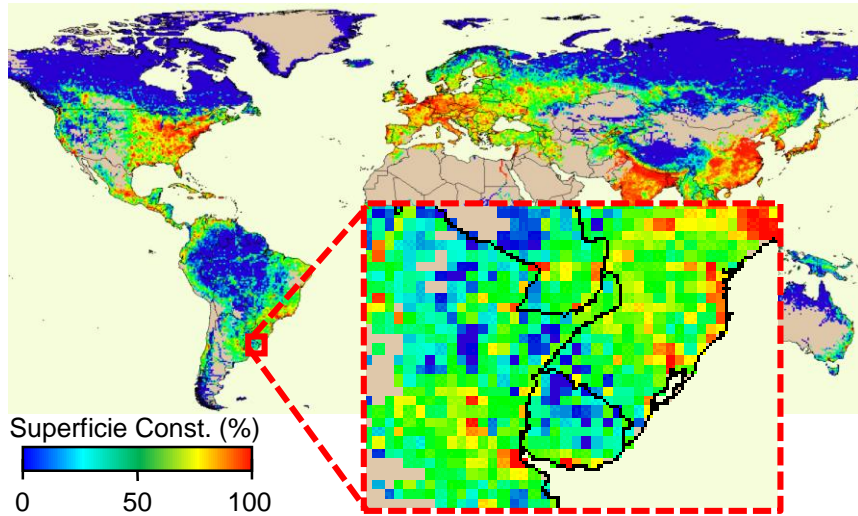
Montevideo, 19 de Noviembre de 2018

Impermeabilización del suelo

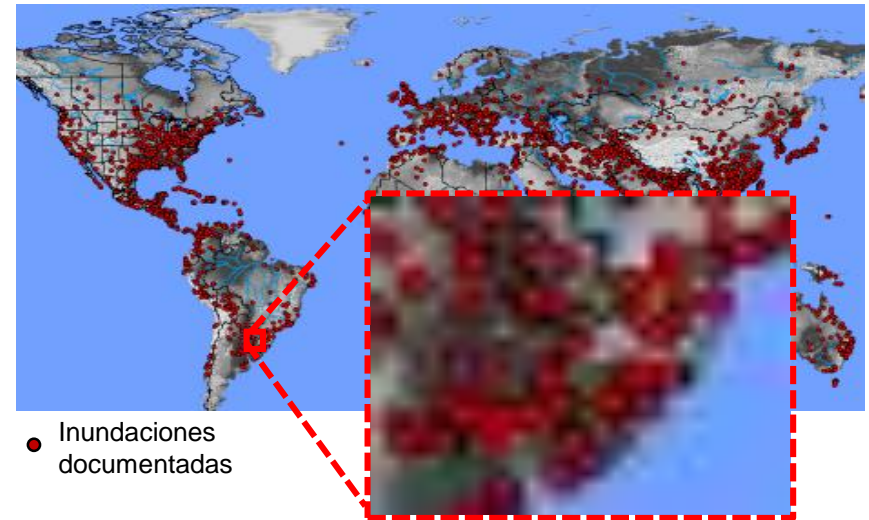


Impermeabilización del suelo

Superficie construida



Inundaciones documentadas



Hormigón Permeable



“Es un pavimento que atiende simultáneamente las sollicitaciones de esfuerzos mecánicos e condiciones de rodadura, cuya estructura permite la infiltración y almacenamiento temporal de la escorrentía superficial sin causar daño a la estructura” **ABNT NBR 16416**

Hormigón
multifuncional

Alta porosidad

Elevada
permeabilidad

Resistencia
adecuada

Hormigón Permeable

Europa
Inglaterra

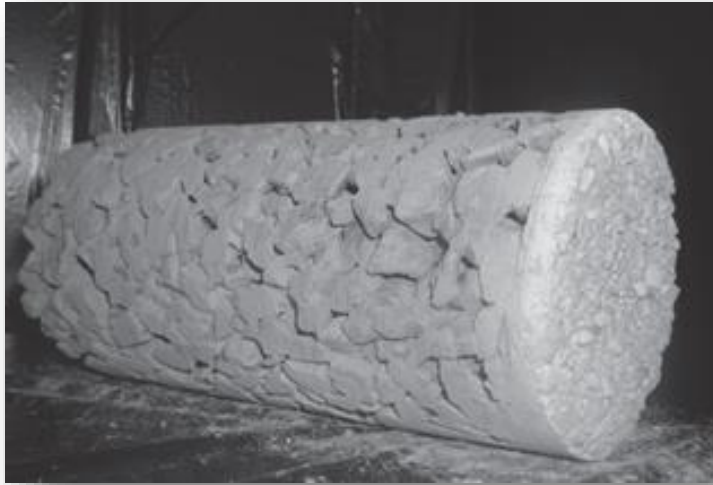
1950

2018

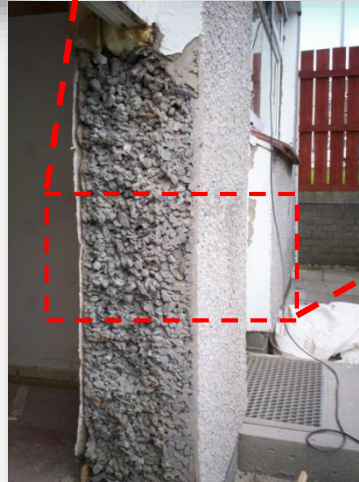


Wimpey House

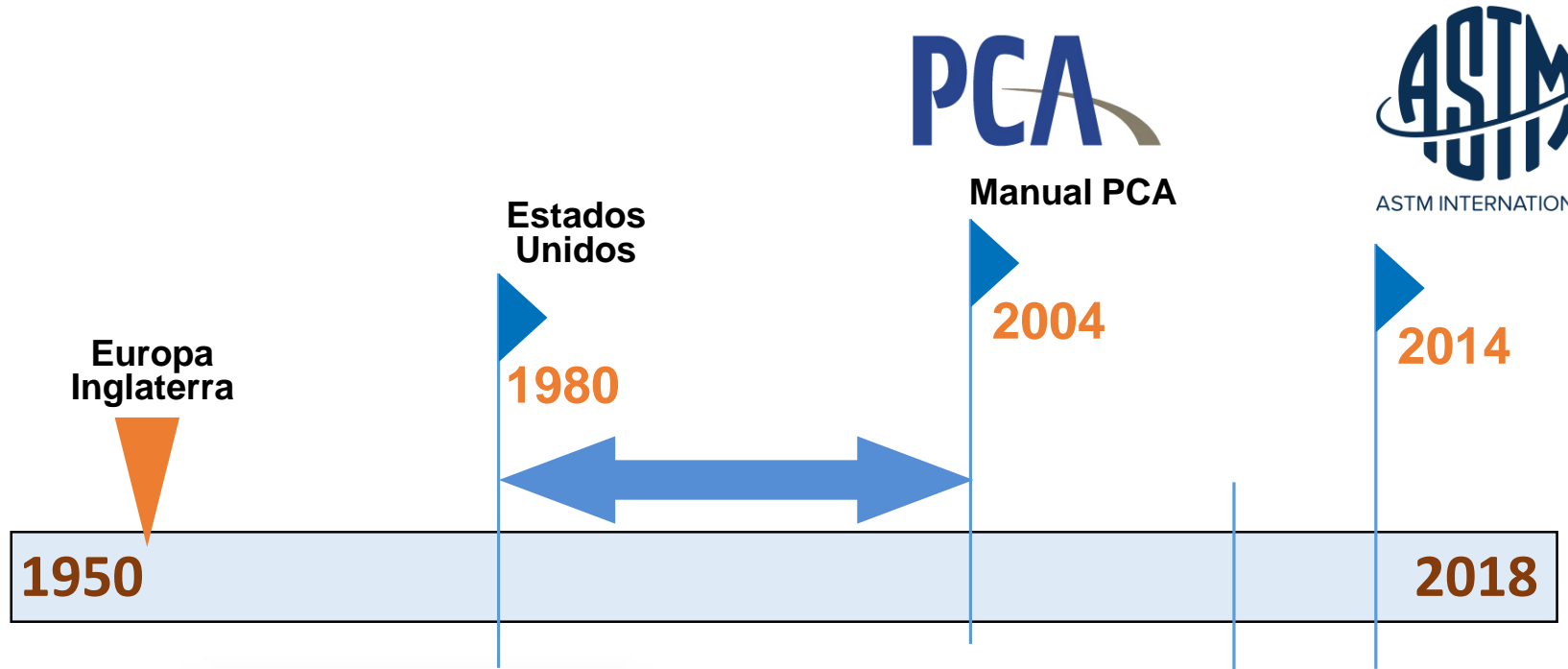
Hormigón Permeable



Wimpey House



Hormigón Permeable



Manual PCA



ASTM INTERNATIONAL



ACI 522R-10



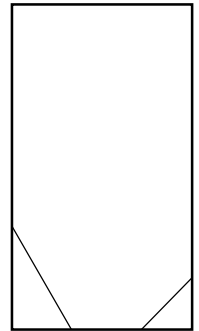
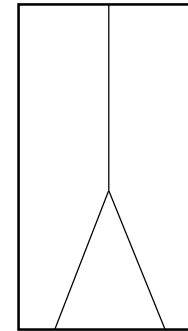
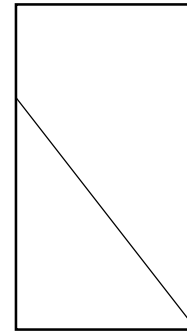
PROPIEDADES Y ENSAYOS

Compresión directa



ASTM C39 / C39M-18 : Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens

Roturas Habituales

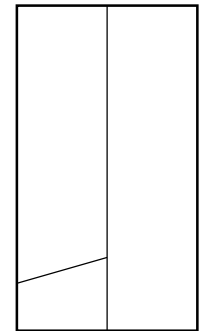
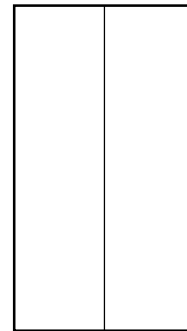
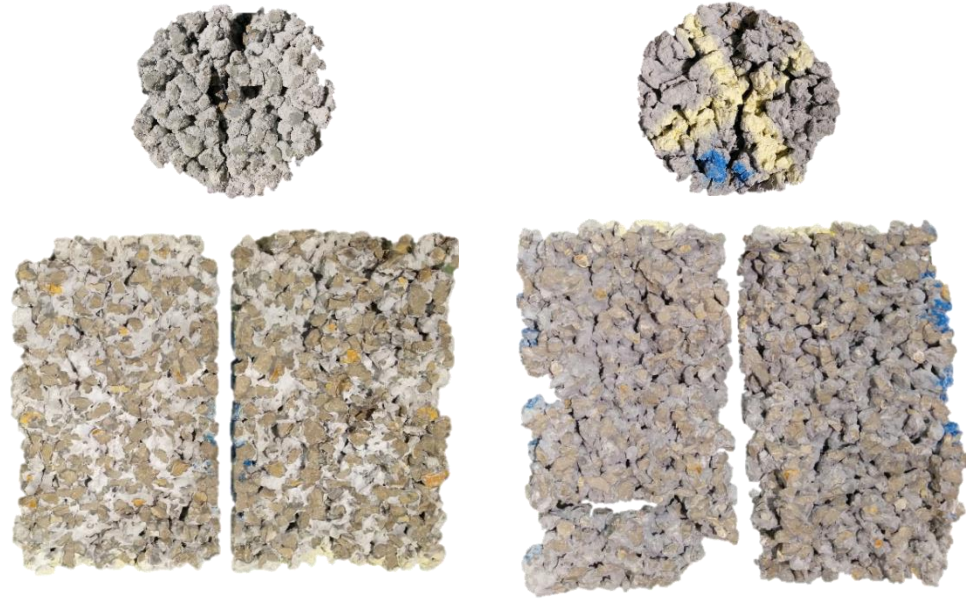


Tracción indirecta (método brasileño)

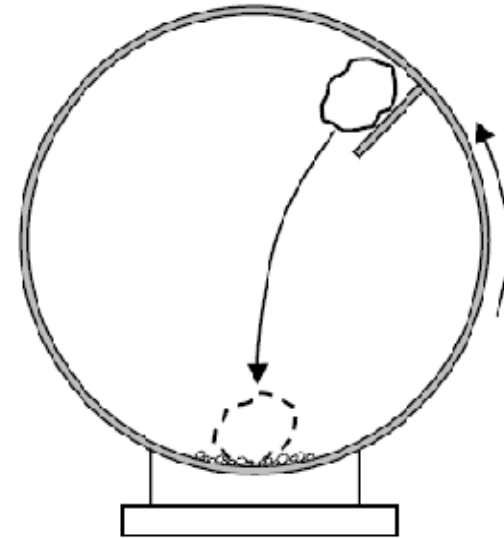


ASTM D3967 - 16: Standard Test Method for Splitting Tensile Strength of Intact Rock Core Specimens

Roturas Habituales



Desgaste Superficial (Cántabro)



ASTM C1747 - C1747M – 13:
Determining potential
resistance to degradation of
pervious concrete by impact
and abrasion

Desgaste Superficial (Cántabro)



Antes del ensayo



50 ciclos



100 ciclos



150 ciclos



200 ciclos

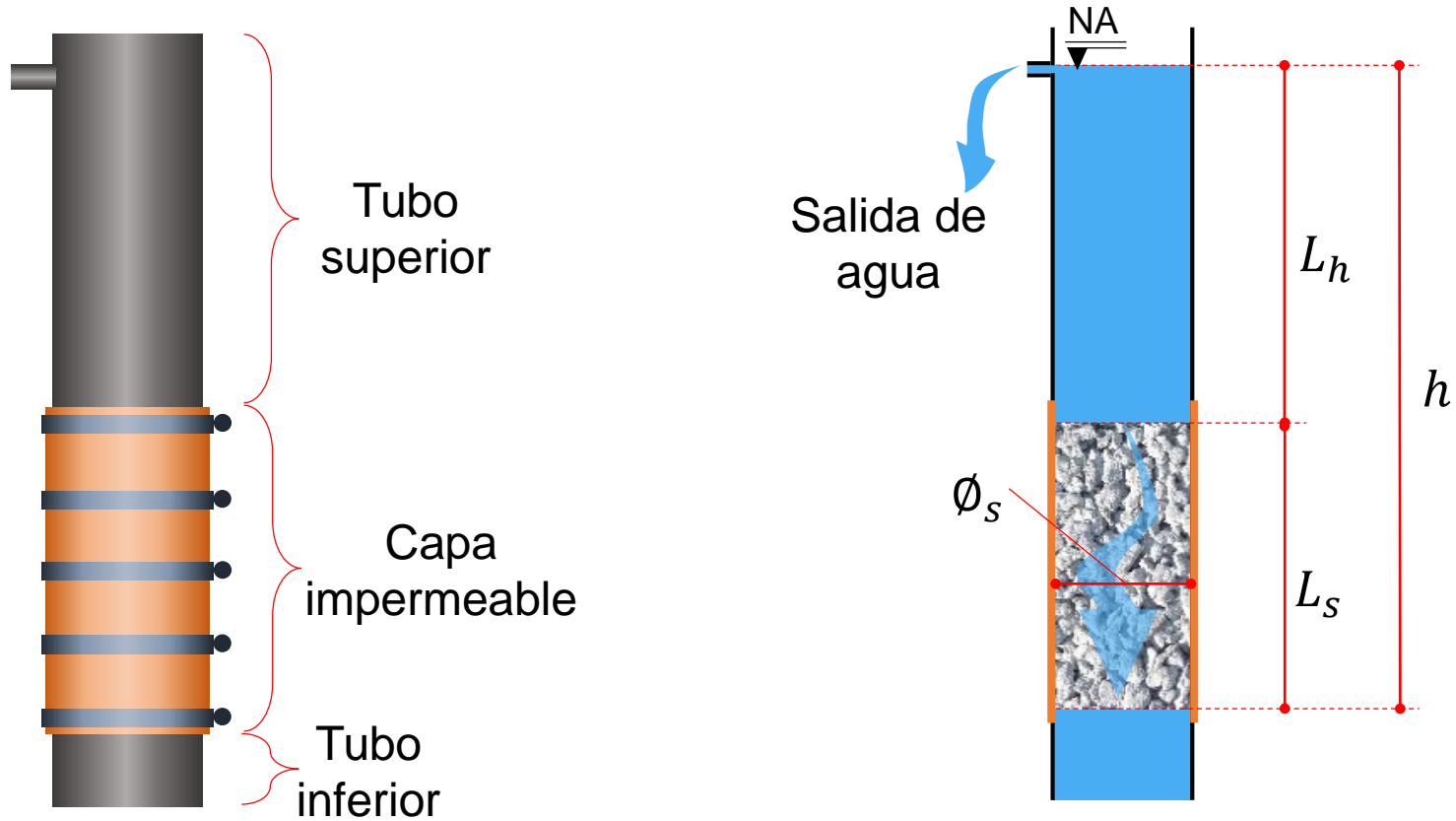


250 ciclos



300 ciclos

Permeabilidad en cilindros → sin normativa



$$K = \frac{4 \cdot q \cdot L_s}{\pi \cdot \varnothing_s^2 \cdot h \cdot t}$$

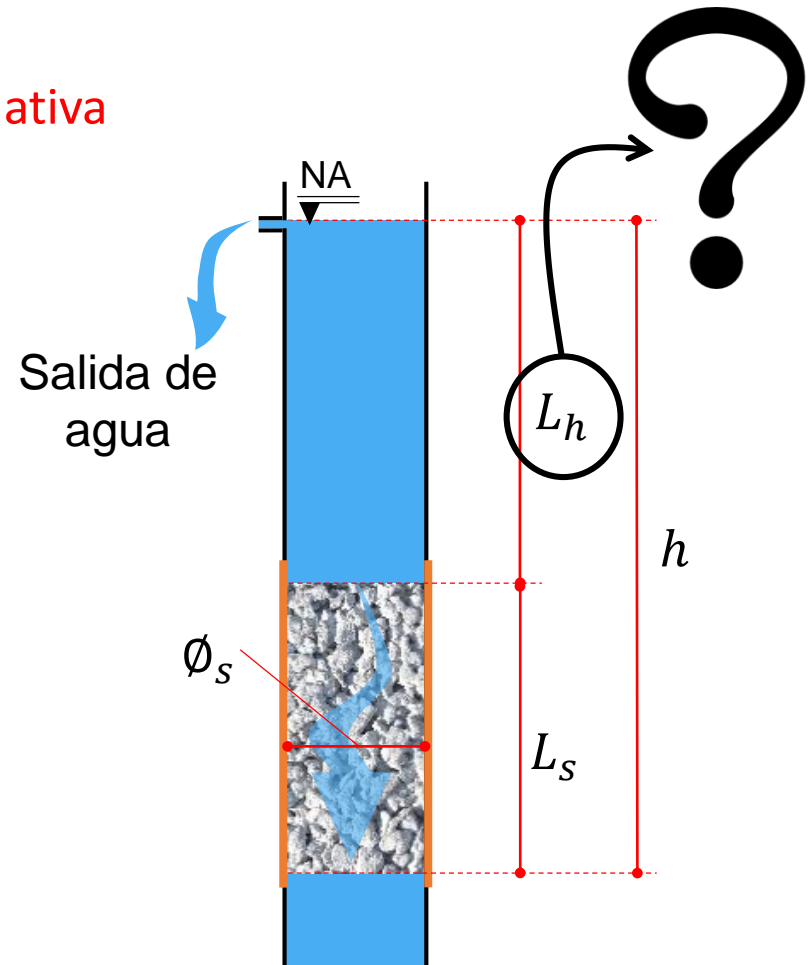
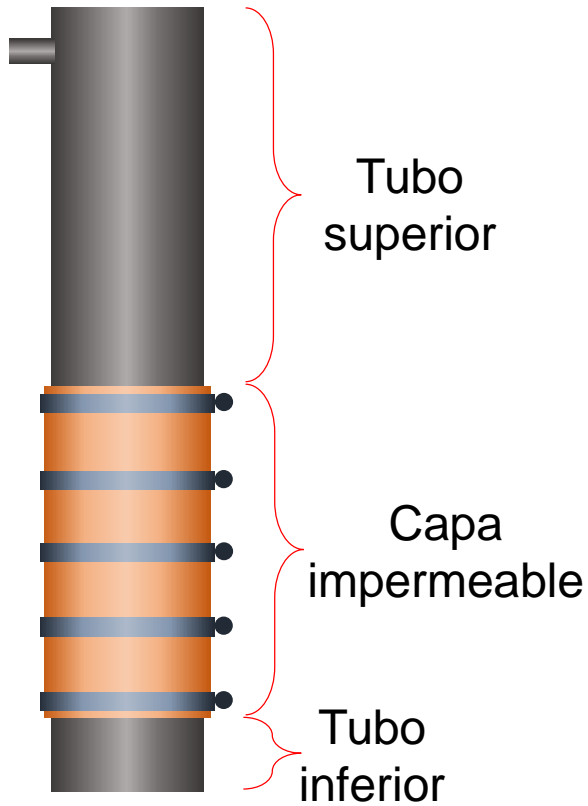
Permeabilidad en cilindros → sin normativa



Permeabilidad en cilindros → sin normativa

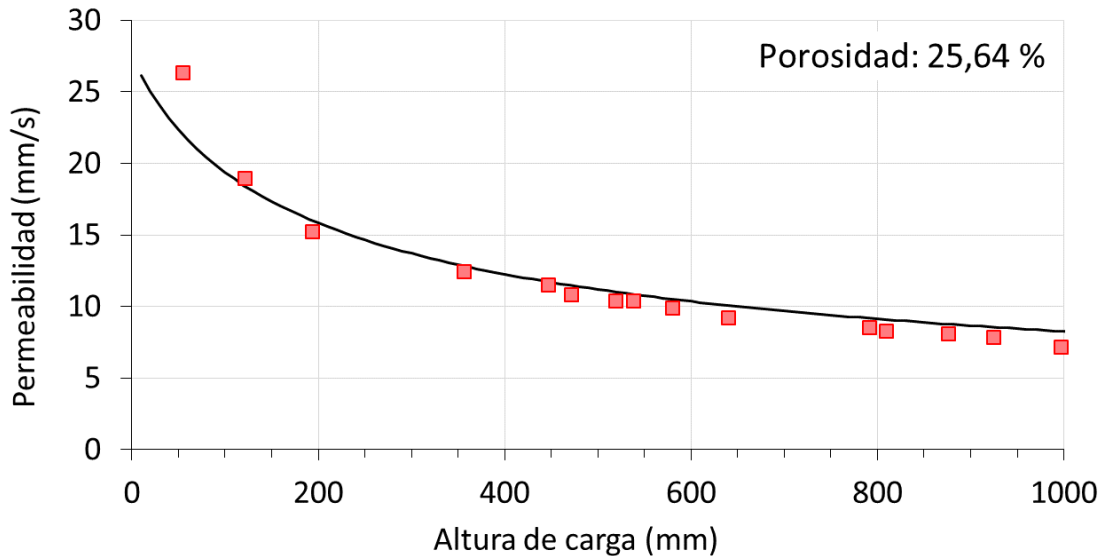
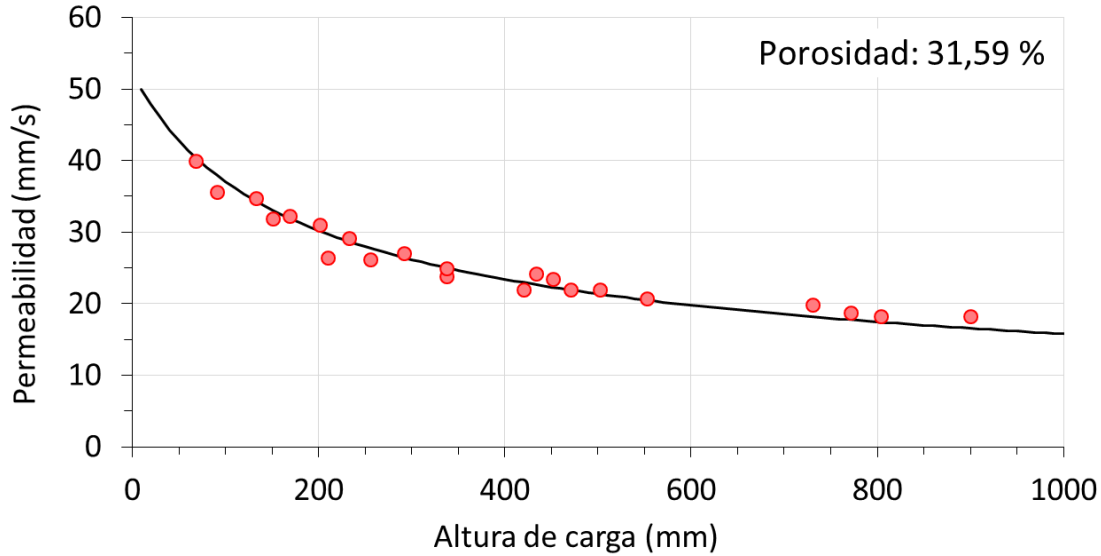


Permeabilidad en cilindros → sin normativa



$$K = \frac{4 \cdot q \cdot L_s}{\pi \cdot \phi_s^2 \cdot h \cdot t}$$

Permeabilidad en cilindros → sin normativa



En estudio



Permeabilidad en el pavimento



ASTM C1701-C1701M-17a -
Infiltration Rate of in place pervious
concrete

$$K = \frac{C_1 \cdot m_{agua}}{\phi^2 \cdot t}$$

Porosidad



ASTM C1754-C1754M-12 - Density and void content of hardened pervious concrete

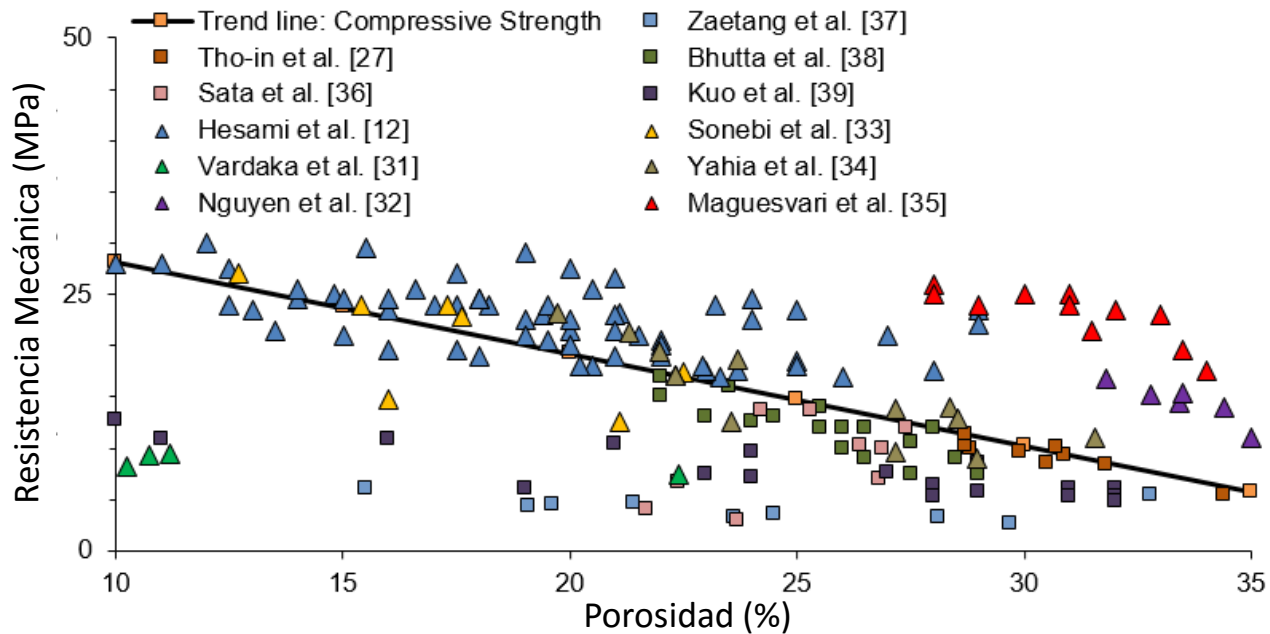
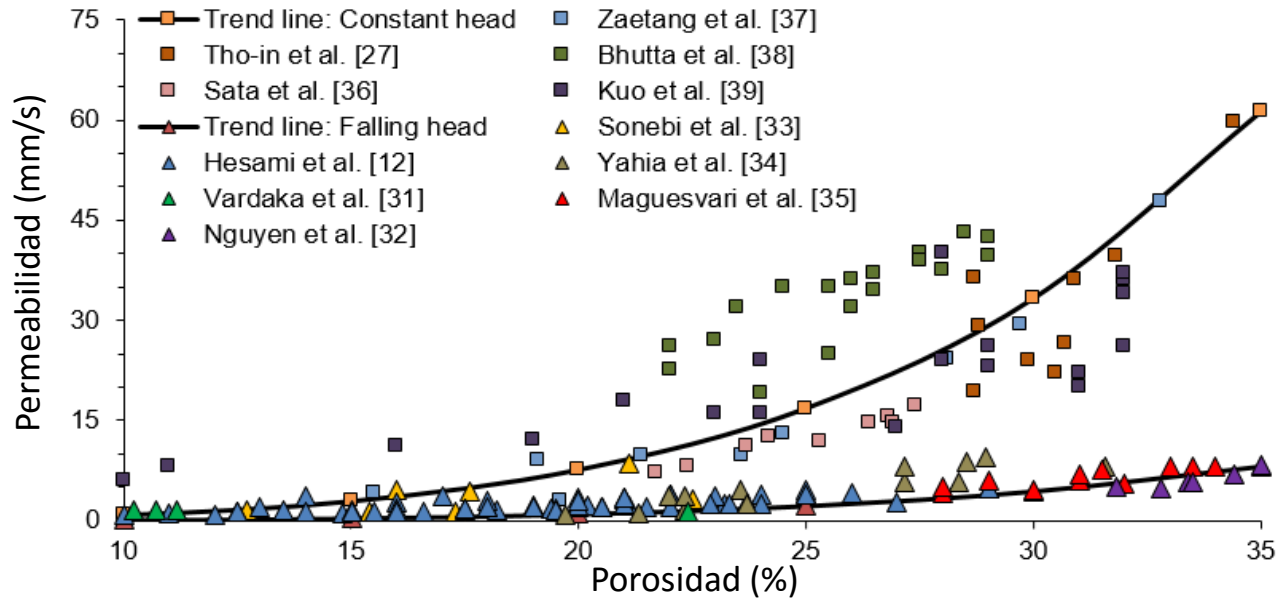
$$K = \left[1 - \frac{C_2 \cdot (M_1 - M_2)}{\rho_{agua} \cdot \phi^2 \cdot L} \right] 100$$

Propiedades y Ensayos – Rango usual de valores

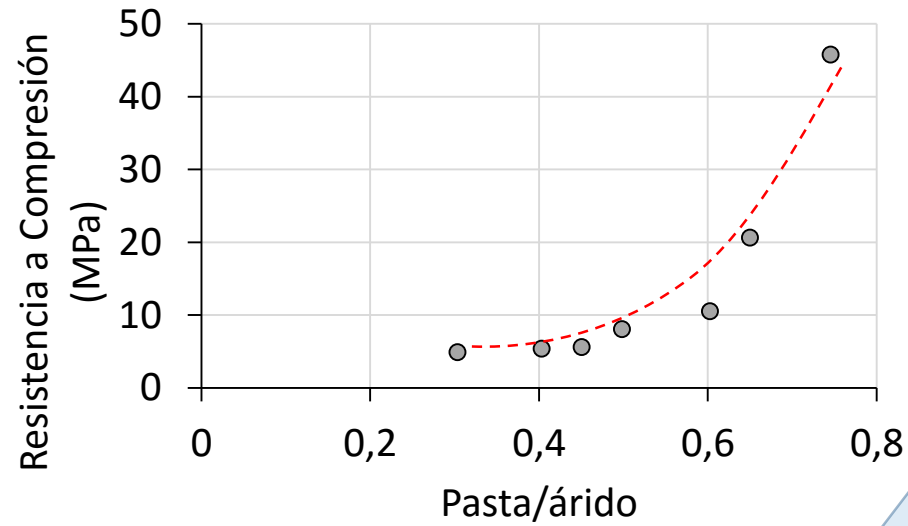
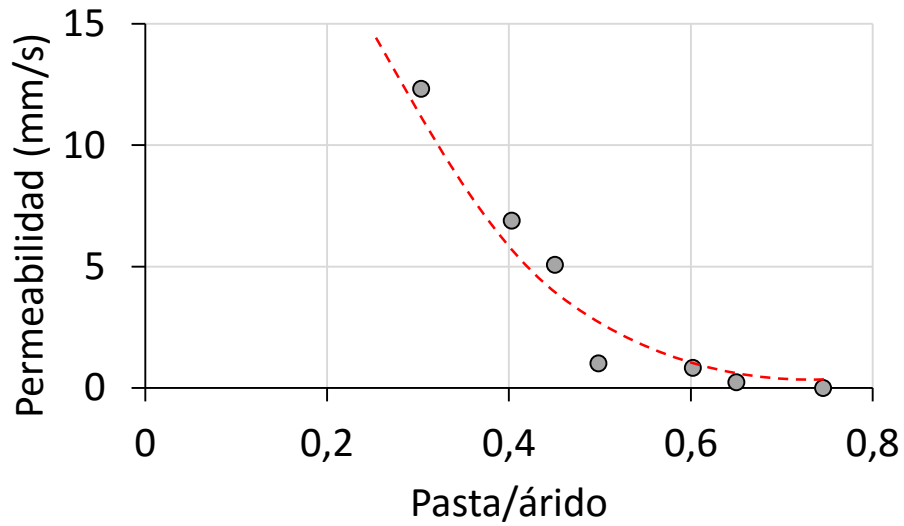
Propiedades	Rango
Compresión	3 - 30 MPa
Tracción	1 - 5 MPa
Desgaste Superficial (perdida de masa)	15 - 50 %
Permeabilidad (cilindro)	1 – 30 mm/s
Permeabilidad (pavimento)	
Porosidad	5 – 35 %



Propiedades y Ensayos – Rango usual de valores



Propiedades – Influencia de la cantidad de pasta



Propiedades – Influencia de la cantidad de pasta



Cara superior

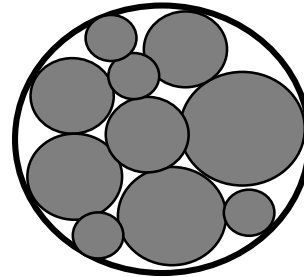
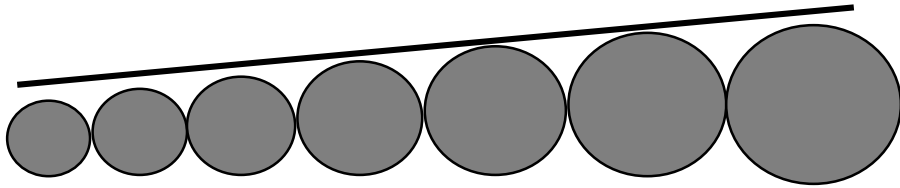


Cara inferior



Propiedades – Influencia del tamaño del árido

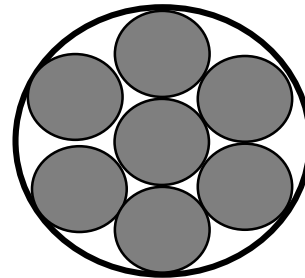
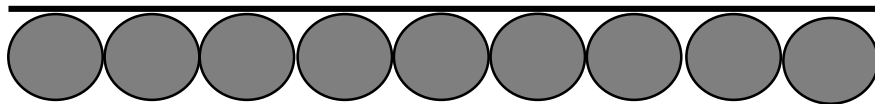
Continua



↑ Resistencia Mecánica

~~↓ Permeabilidad~~

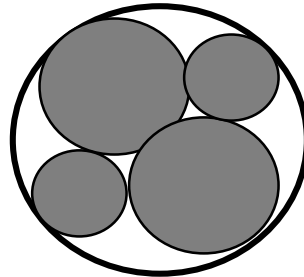
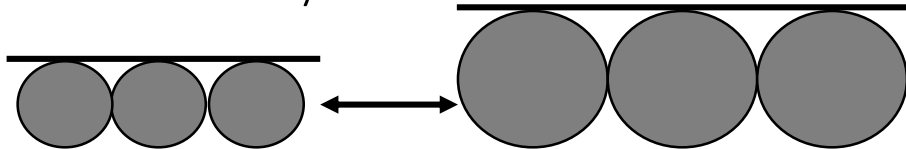
Uniforme



↓ Resistencia Mecánica

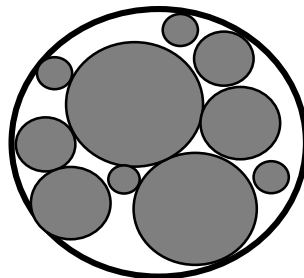
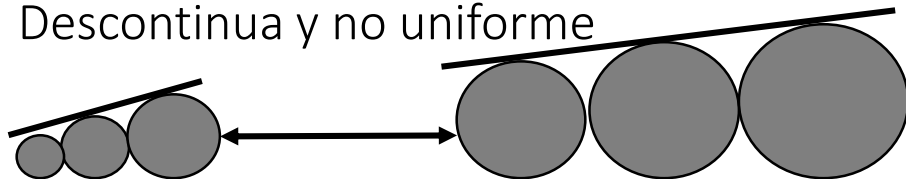
↑ Permeabilidad

Descontinua y uniforme



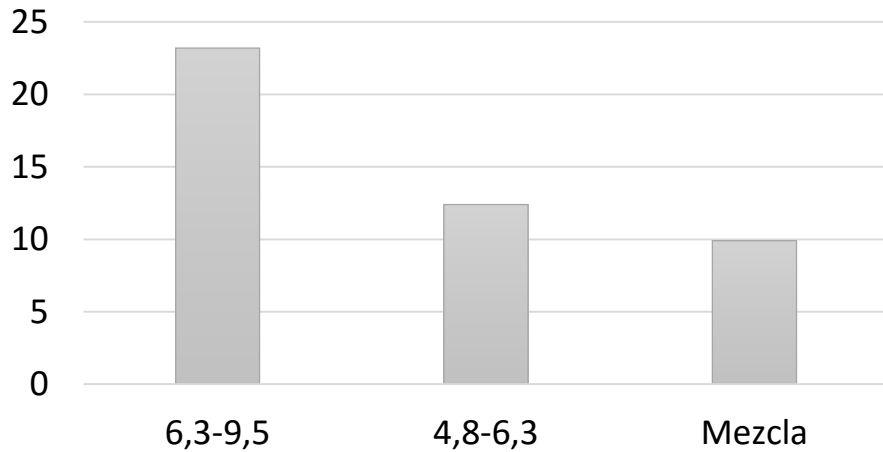
Equilibrio de las propiedades

Descontinua y no uniforme

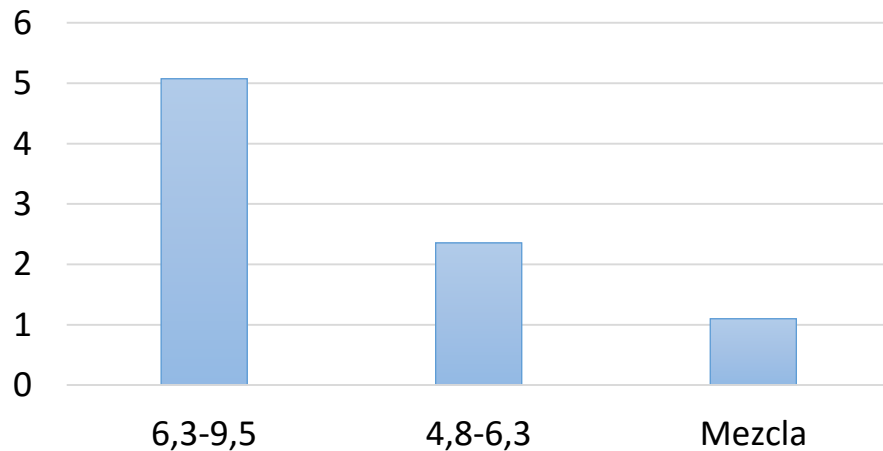


Propiedades – Influencia del tamaño del árido

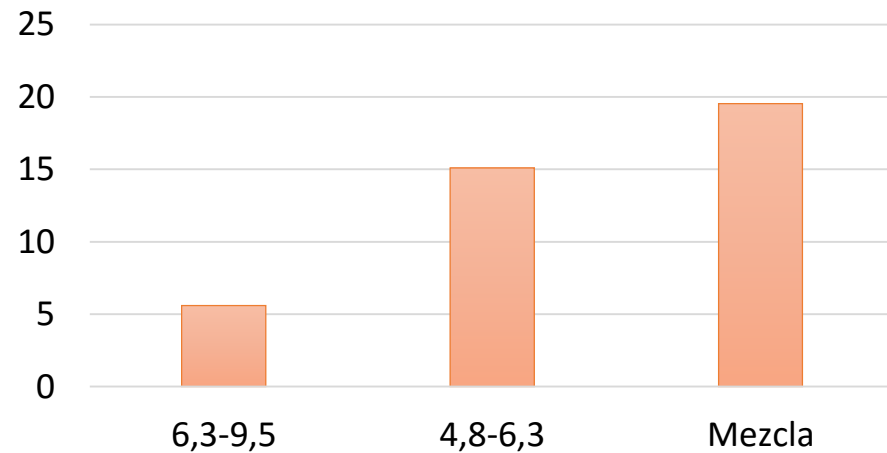
Porosidad (%)



Permeabilidad (mm/s)



Resistencia a compresión (MPa)





MATERIALES Y DISEÑO

Materiales Constituyentes

Material	Consumo (kg/m ³)
Cemento	180 a 555
Agregados Gruesos	964 a 2000
Agregados Finos	0 a 300
Relación a/c	0,22 a 0,43



En el caso del **hormigón permeable**, **no existe** un método de diseño patentado, por lo tanto la mayoría de las investigaciones dosifican de forma empírica para tratar de mantener un equilibrio de las propiedades mecánicas e hidráulicas

ACI 522R-10

CHAPTER 6—PERVIOUS CONCRETE MIXTURE PROPORTIONING

6.1—General

The process of developing mixture proportions for pervious concrete is often repeated **trial-and-error efforts.**

Método de diseño

Empirista

Árido

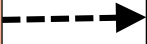
Cemento

Agua

Adiciones /
Aditivos



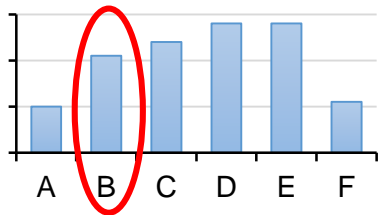
Compactación



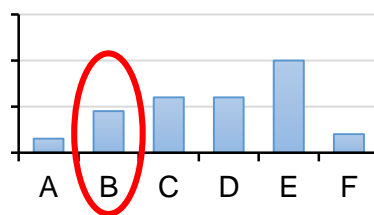
Dosificaciones



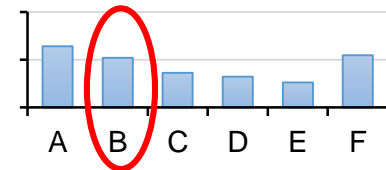
Porosidad



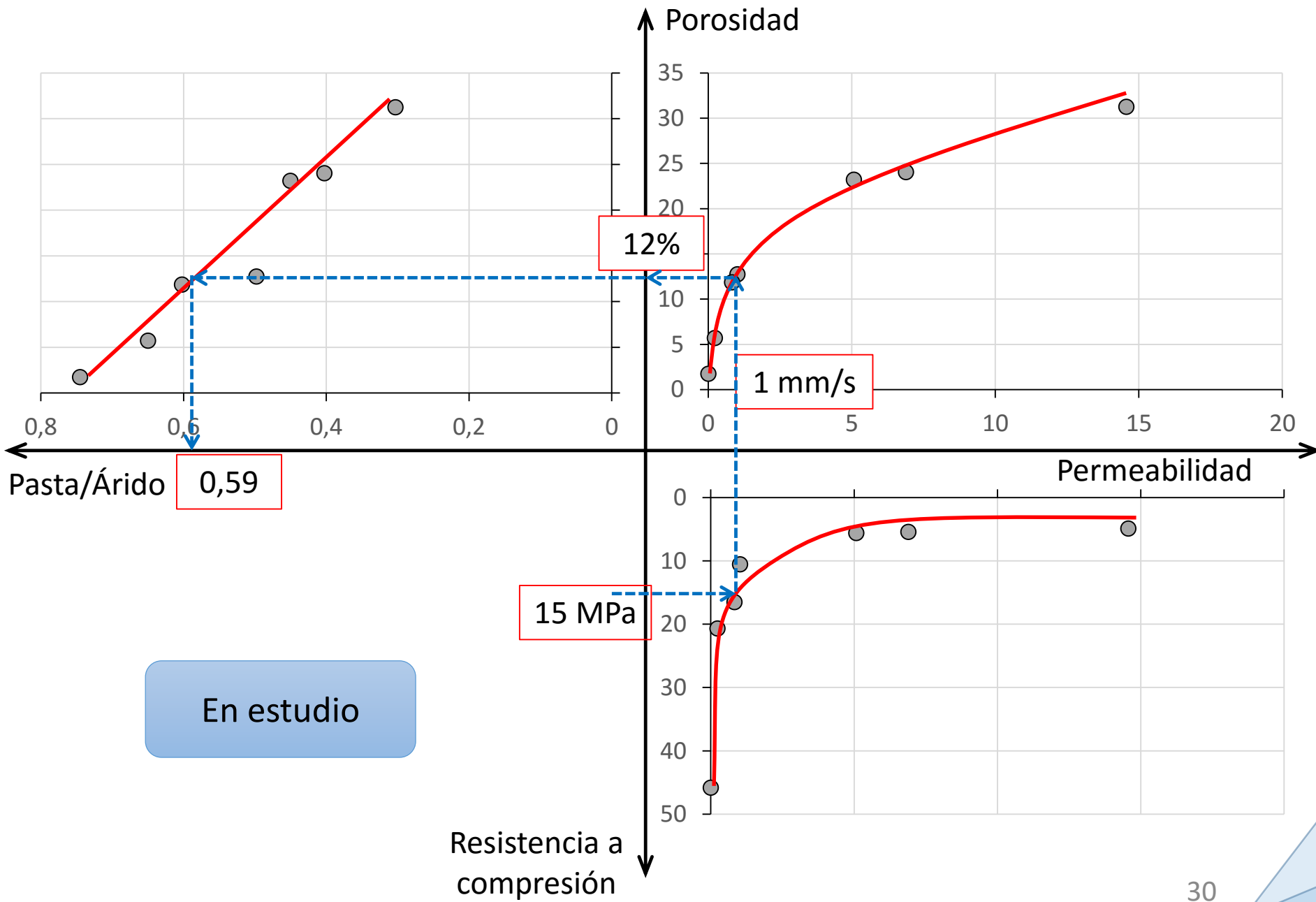
Permeabilidad



Resistencia a
Compresión



Método de diseño



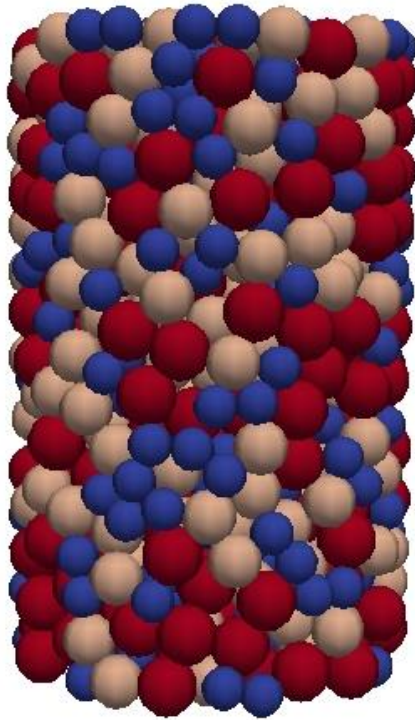


SIMULACIÓN NUMÉRICA

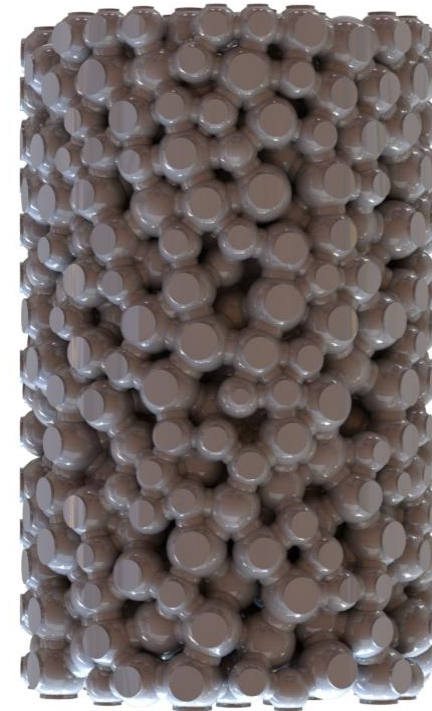
Grado de compactación:

00.00 %



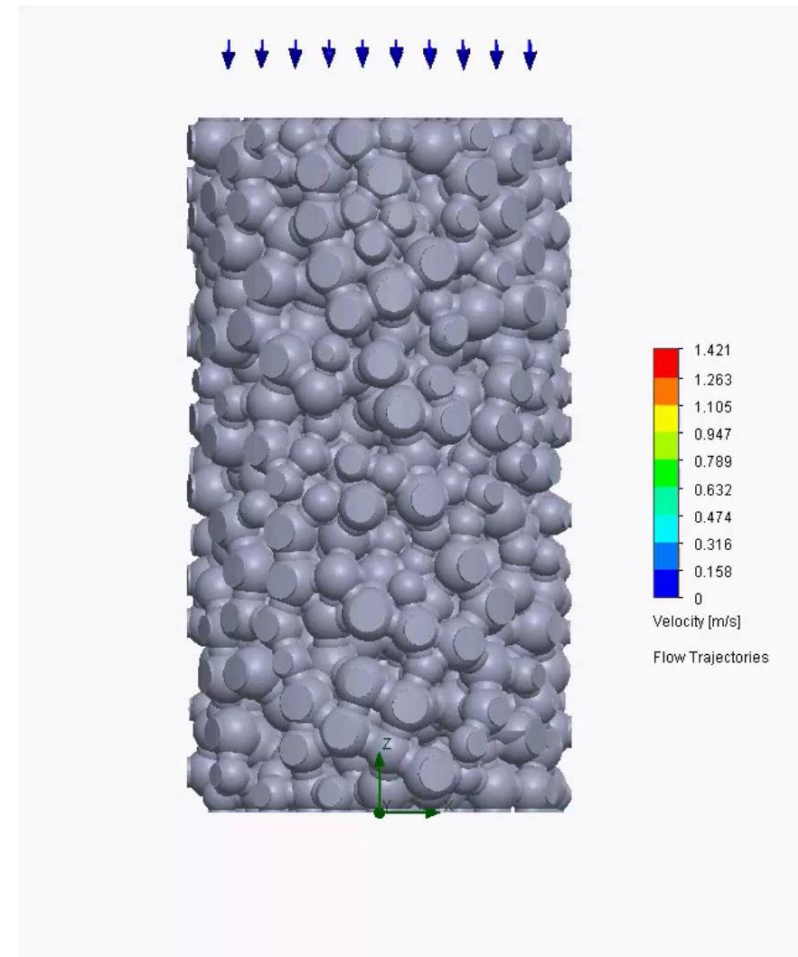
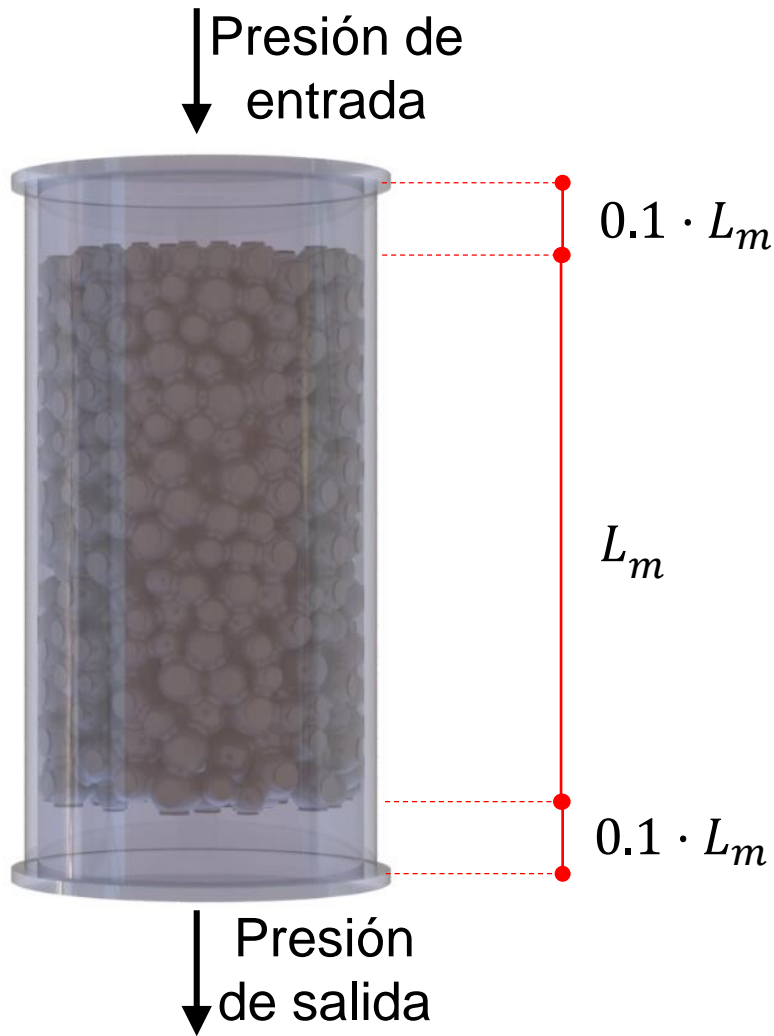


Modelo del DEM

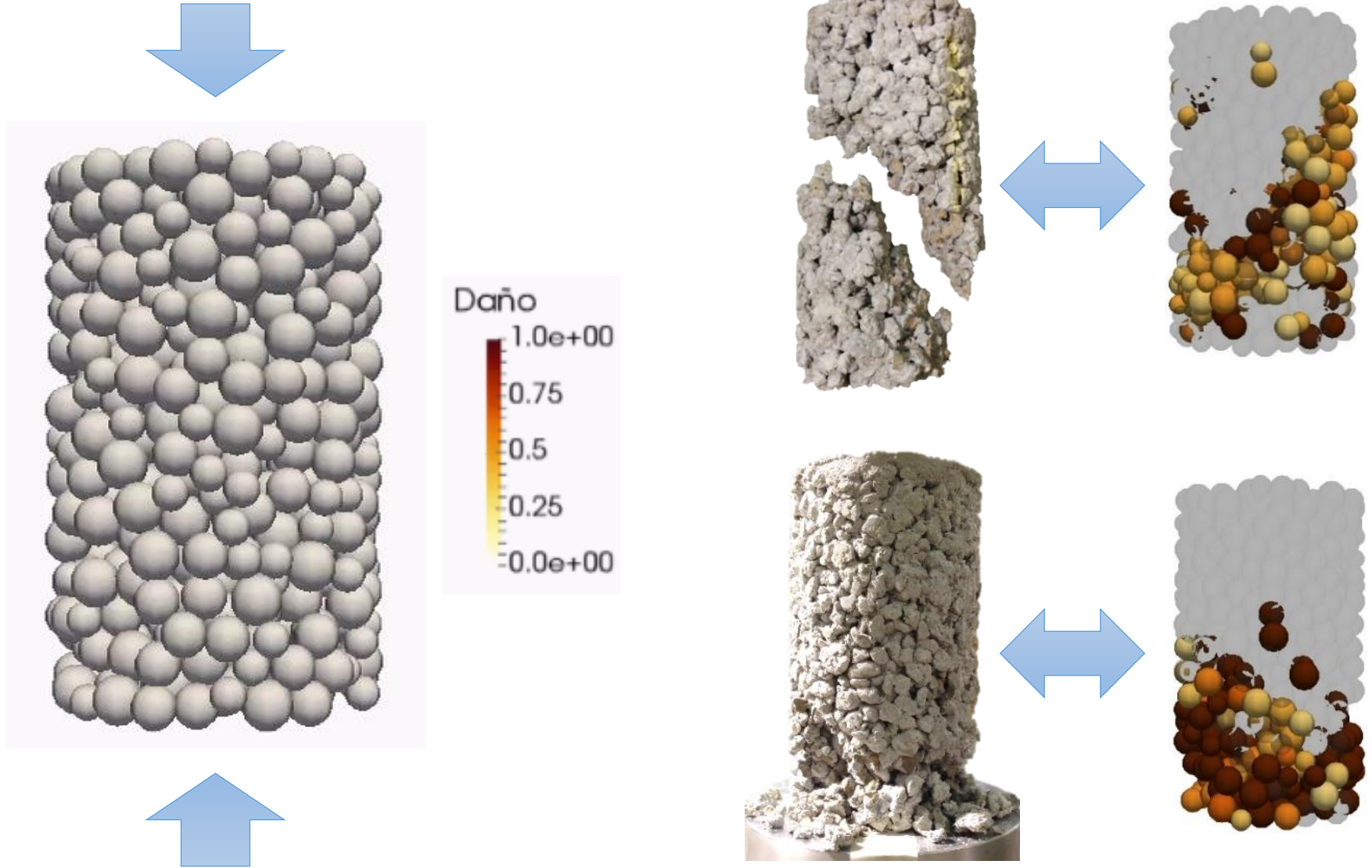


Modelo de la geometría
para CFD

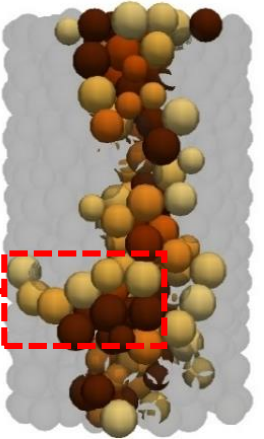
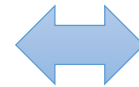
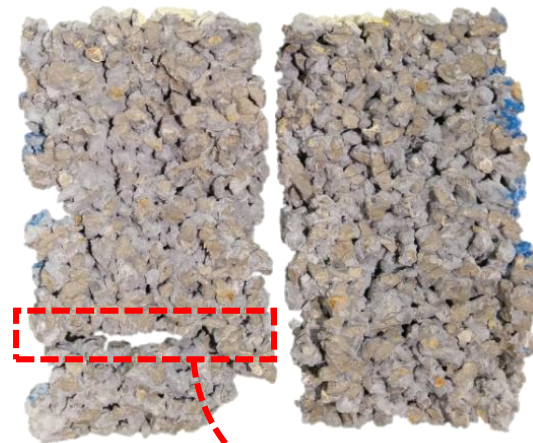
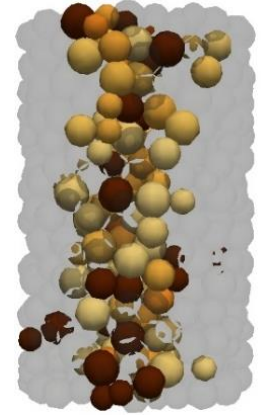
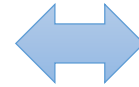
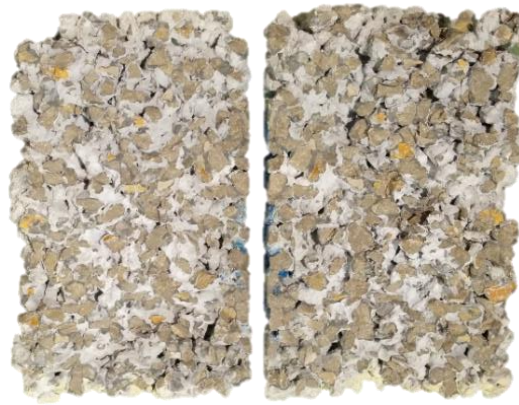
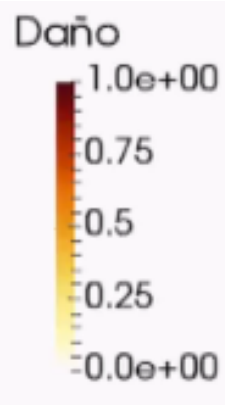
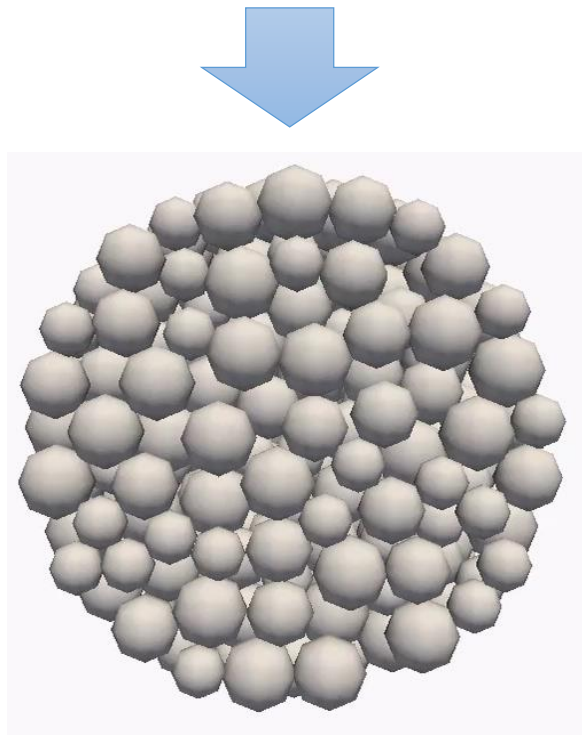
Método de diseño – Simulación del ensayo de Permeabilidad



Método de diseño – Simulación del ensayo de compresión

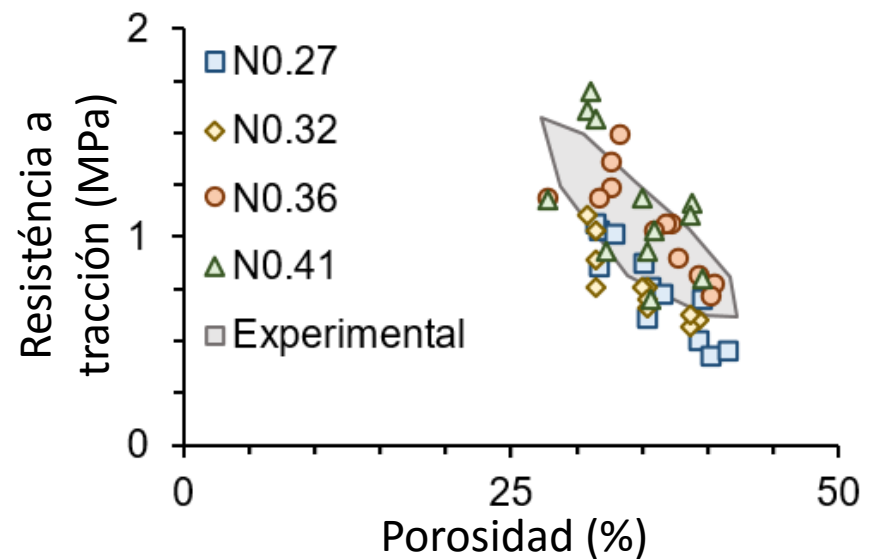
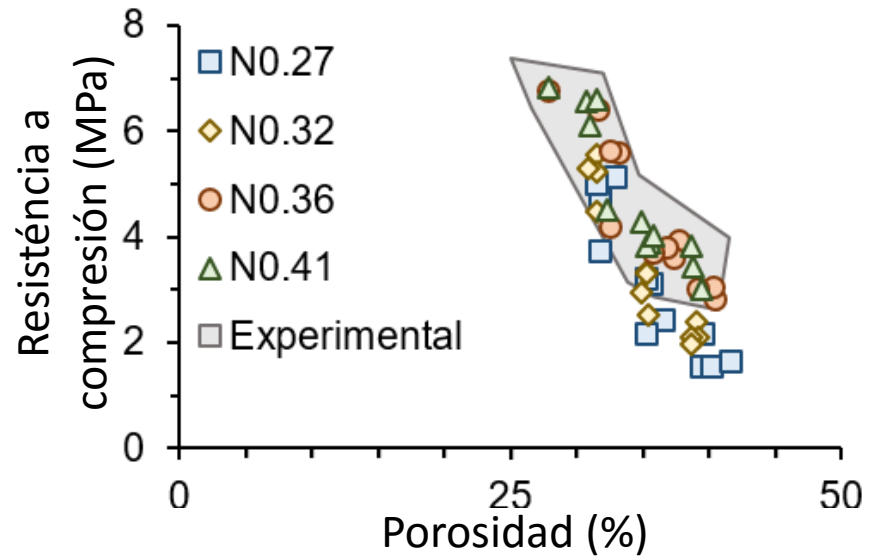
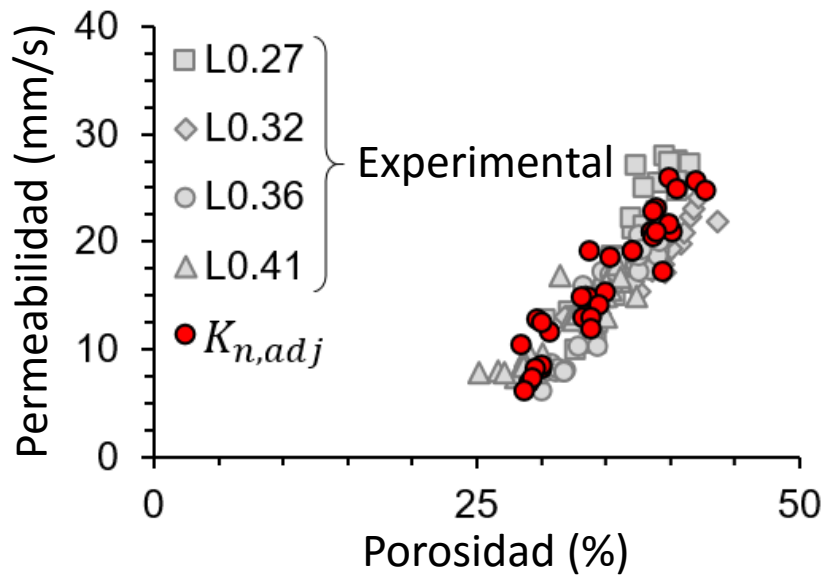


Método de diseño – Simulación del ensayo de tracción



Fractura lateral

Método de diseño - Simulación





DURABILIDAD

Colmatación de los poros



“Entupimiento de los vacíos del hormigón permeable con partículas de suelo o material biológico”

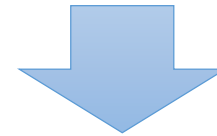


“Disminución de la capacidad hidráulica de los poros interconectados”

Colmatación de los poros



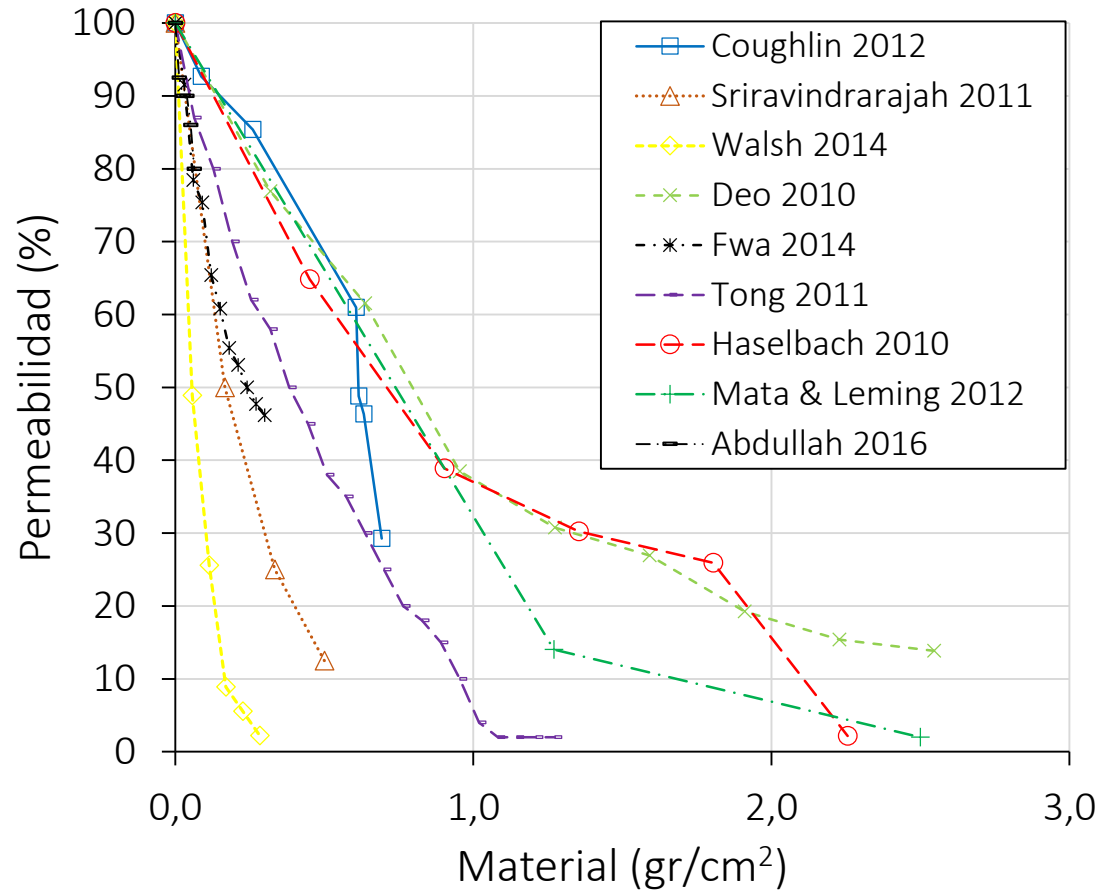
“Entupimiento de los vacíos del hormigón permeable con partículas de suelo o material biológico”



“Disminución de la capacidad hidráulica de los poros interconectados”



Colmatación de lo poros





APLICACIONES

Aplicaciones



Pavimento



Calzadas



Estabilización
de taludes

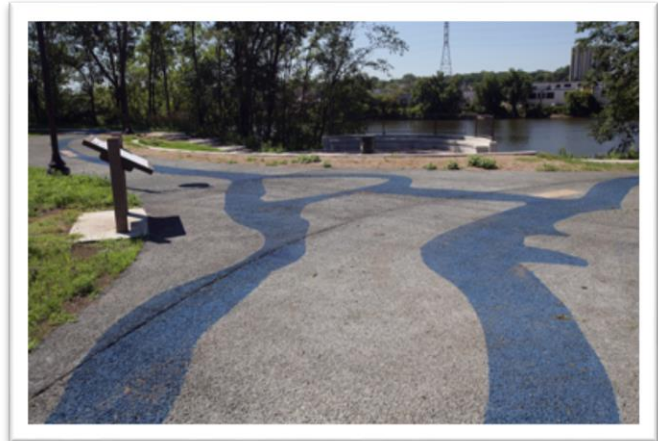


Tubería

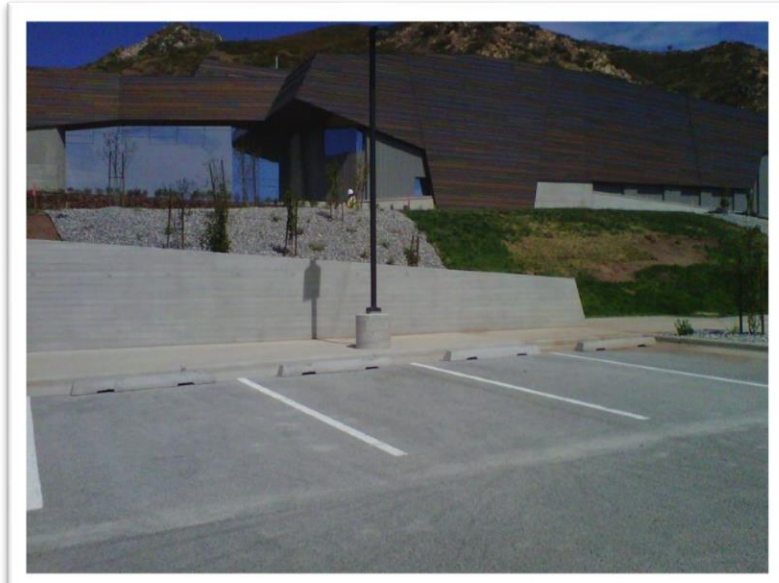


Adoquines

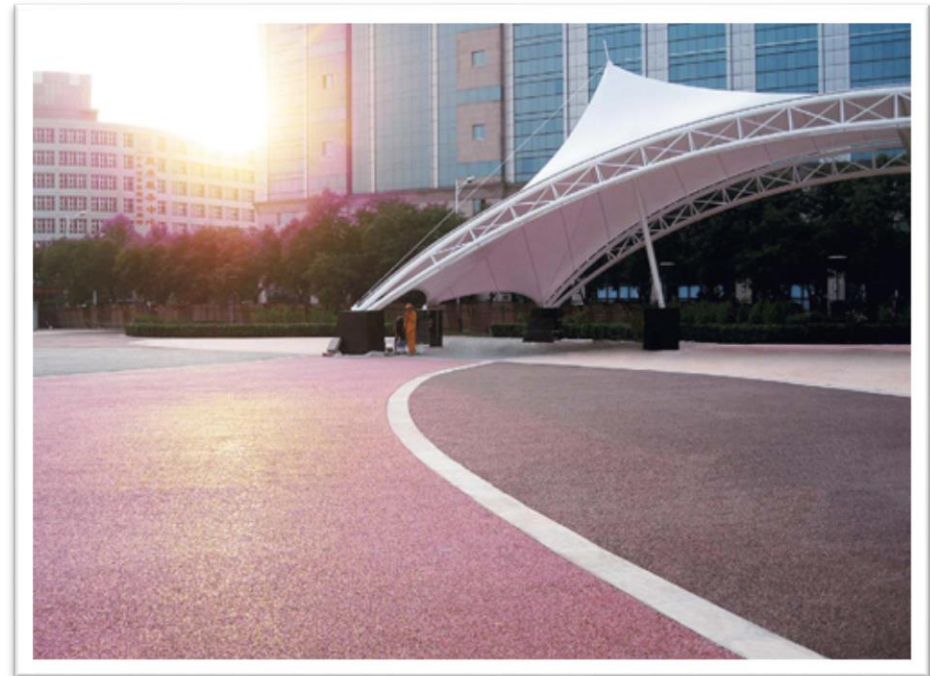
Aplicaciones



Aplicaciones



Aplicaciones



Aplicaciones – Elementos industrializados





¡MUCHAS GRACIAS!

Profesor Dr. **Ricardo Pieralisi**
ricpialisi@ufpr.br

Montevideo, 19 de Noviembre de 2018