

Proyecto ANII (CF_1_2024_1_181460):
**Sistemas de Pavimentos de hormigón
permeable (SPHP) de bajo
mantenimiento para grandes superficies**

Hormigón Permeable: bases generales y aplicaciones

Lunes 13 de octubre de 2025
Facultad de Ingeniería
Montevideo - Uruguay



grinor

PROYECTO

ANII

Ricardo Pieralisi
(ricpialisi@ufpr.br)
Universidade Federal do Paraná
Curitiba, Brasil

Ricardo Pieralisi



ricpieralisi@ufpr.br



0000-0001-8339-5324

Profesor de Ingeniería Civil de la Universidade Federal do Paraná (UFPR)

Coordinador do Programa de Posgrado en Ingeniería Civil (PPGEC/UFPR)

➤ Temas de Investigación

Pavimentos de hormigón permeables

Refuerzo no tradicional para hormigón

Inteligencia artificial aplicada

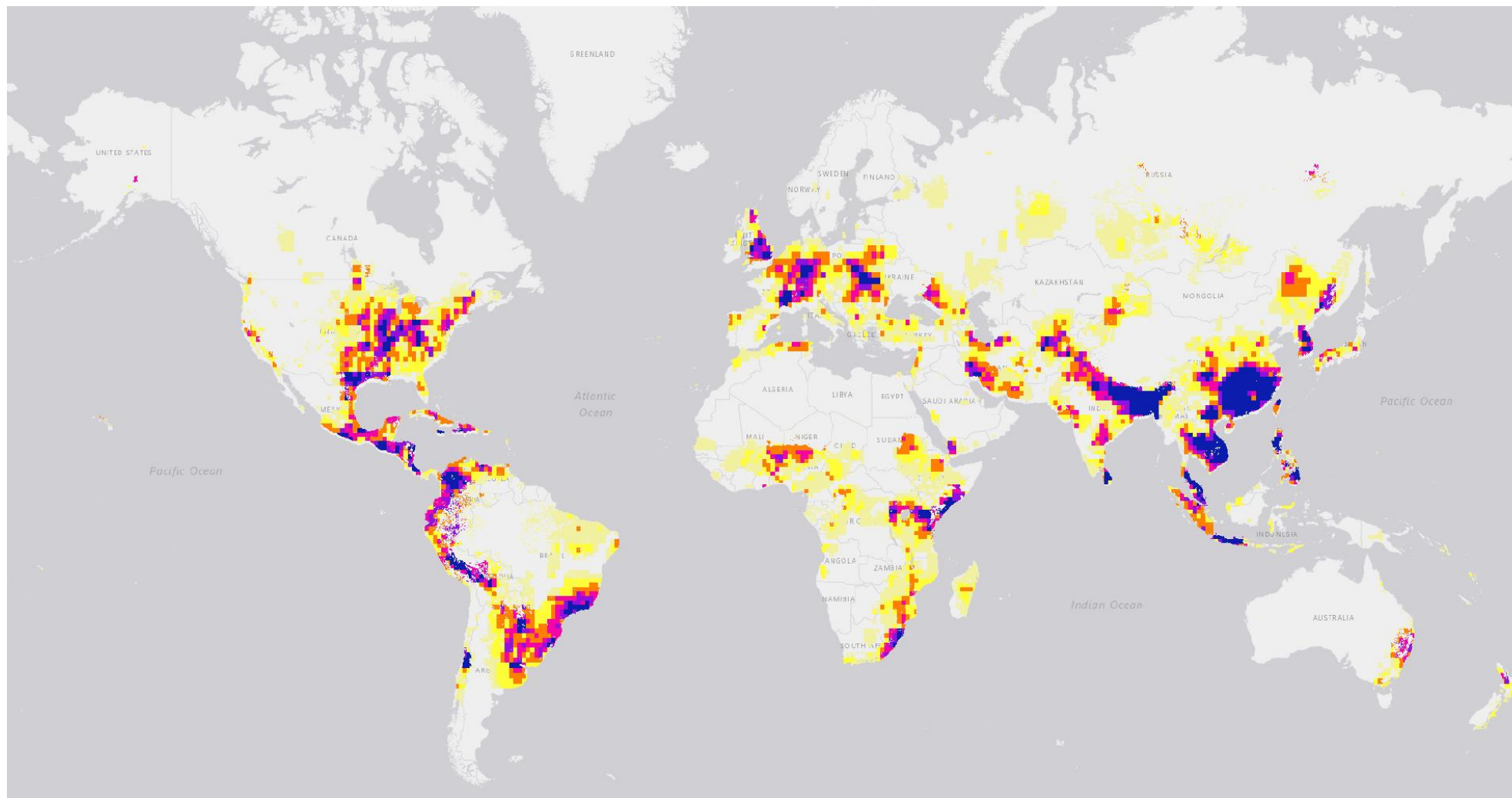
Desarrollo de softwares/equipos/sensores para ingeniería

Estructuras de concreto de alta y ultra alta resistencia



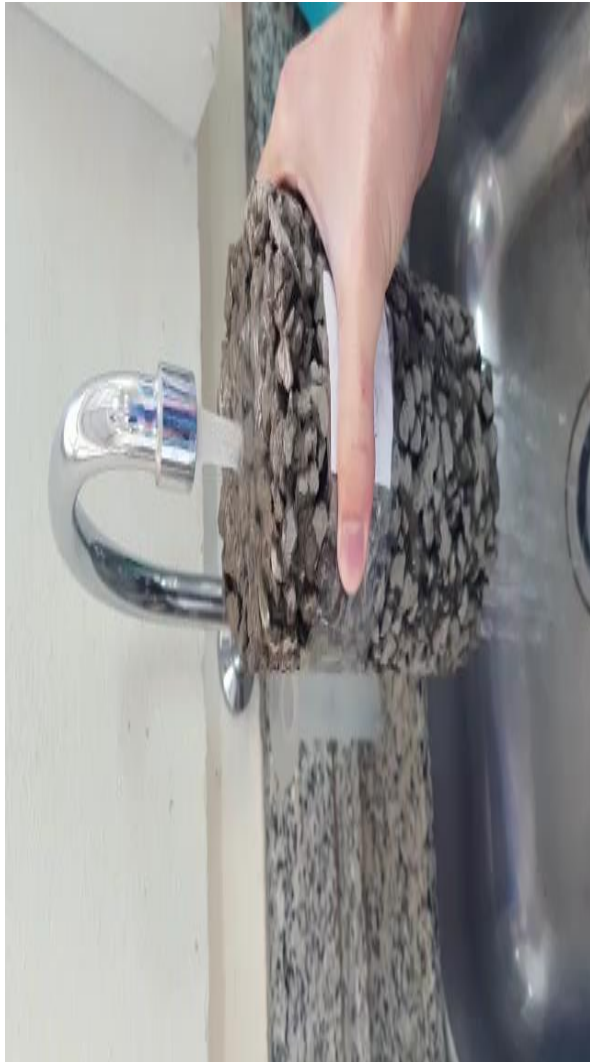
MOTIVACIÓN

Frecuencia y distribución global del riesgo de inundaciones









➤ Hormigón Permeable

“Puede definirse como un tipo especial de hormigón utilizado en pavimentos, en el que la relación entre los materiales constituyentes y el nivel de compactación deben establecerse para generar una estructura de poros conectados”
(PIERALISI et al, 2020)

Hormigón especial y
multifuncional

Alta porosidad

Elevada permeabilidad

Resistencia adecuada



Wimpey House

Europa
Inglaterra

1950

Estados
Unidos

1980

PCA

Manual PCA

2004

ASTM
INTERNATIONAL

ABNT

ASSOCIAÇÃO
BRASILEIRA
DE NORMAS
TÉCNICAS

2014

2025

2010

ACI 522R-10

2016

ISO

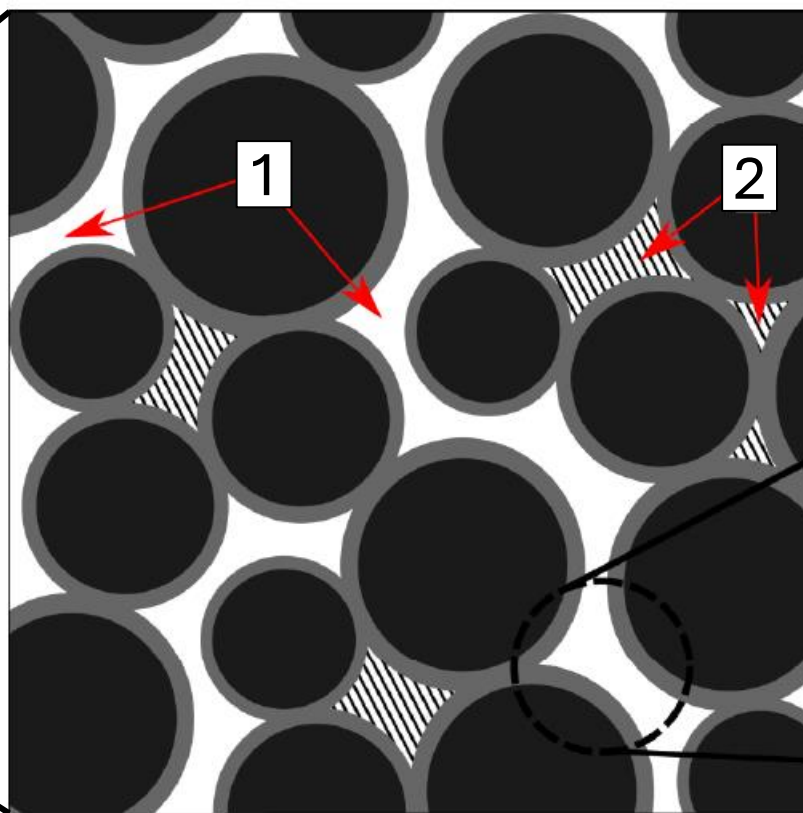


Pavimentos permeables

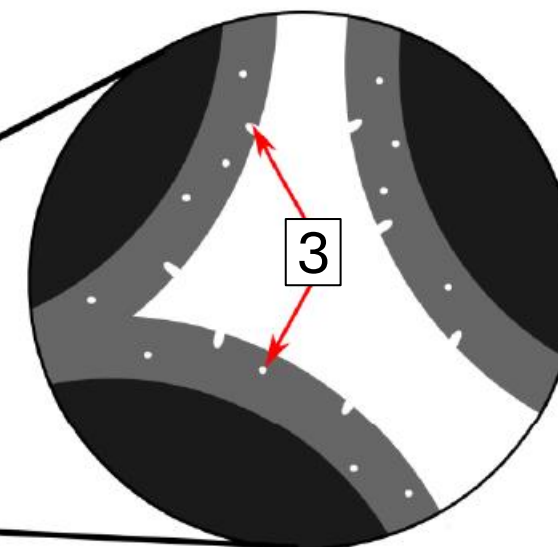


PROPIEDADES Y ENSAYOS DE CARACTERIZACIÓN: DENSIDAD Y POROSIDAD

➤ ¿Qué Porosidad?



- 1 – Porosidad abierta
- 2 – Porosidad cerrada
- 3 – Vacíos de la pasta



➤ Densidad y porosidad en estado endurecido (ASTM C1754/C1754M – 12)



Densidad en estado endurecido:

$$\rho_{cp} = \frac{M_{c,seca}}{\pi r^2 h}$$

Porosidad en estado endurecido:

$$P(\%) = \left(1 - \frac{M_{c,seca} - M_{c,sub}}{\rho_w \pi r^2 h} \right) 100$$

➤ Densidad y porosidad en estado endurecido (ASTM C1754/C1754M – 12)



Densidad en estado endurecido:

$$\rho_{cp} = \frac{M_{c,seca}}{\pi r^2 h}$$

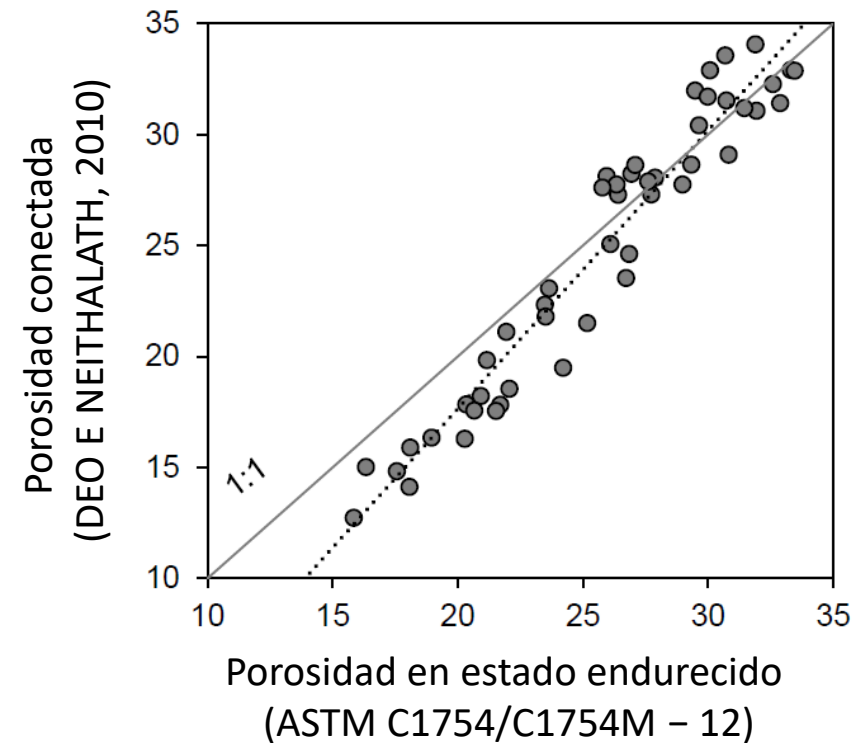
Porosidad en estado endurecido:

$$P(\%) = \left(1 - \frac{M_{c,seca} - M_{c,sub}}{\rho_w \pi r^2 h} \right) 100$$

➤ Porosidad conectada en estado endurecido (DEO E NEITHALATH, 2010)



$$P_c(\%) = \frac{M_{\text{agua}}}{\rho_w \pi r^2 h} 100$$



➤ Densidad y porosidad en estado fresco (ASTM C1668/C1668M – 14a)



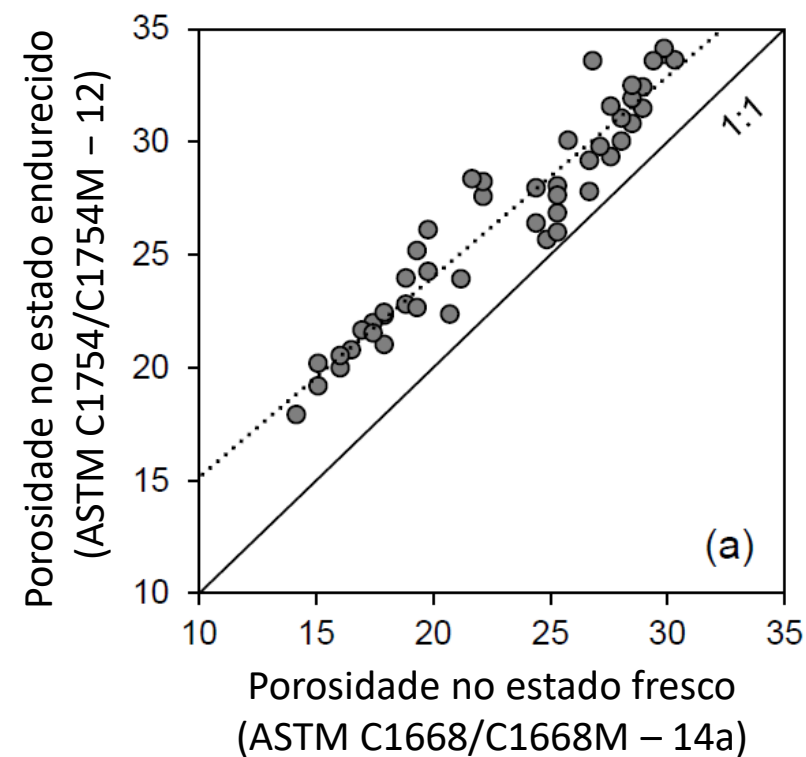
Densidad en estado fresco:

$$\rho_{cp,f} = \frac{M_c}{V_m}$$

Porosidad en estado fresco:

$$P_f(\%) = \frac{\rho_{cp,T} - \rho_{cp,f}}{\rho_{cp,T}} 100$$

➤ Densidad y porosidad en estado fresco (ASTM C1668/C1668M – 14a)

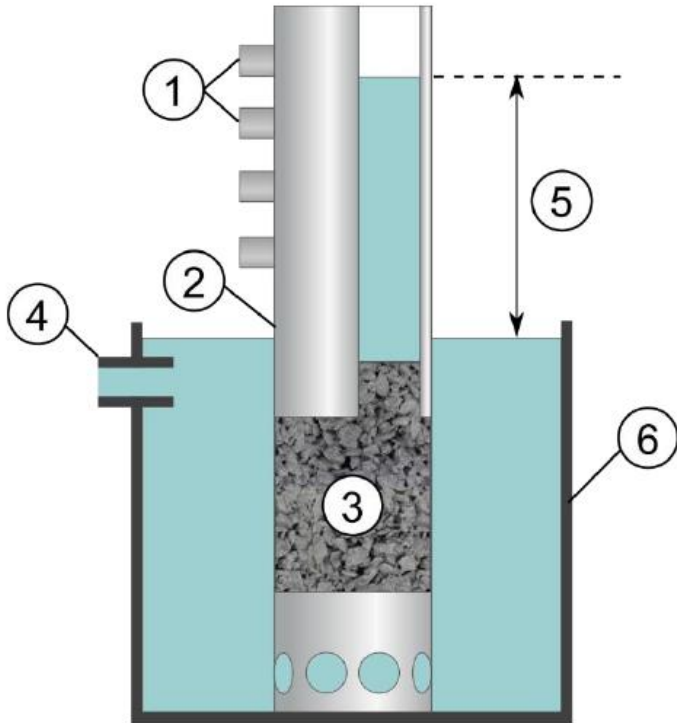




PROPIEDADES Y ENSAYOS DE CARACTERIZACIÓN: PARÁMETROS HIDRÁULICOS

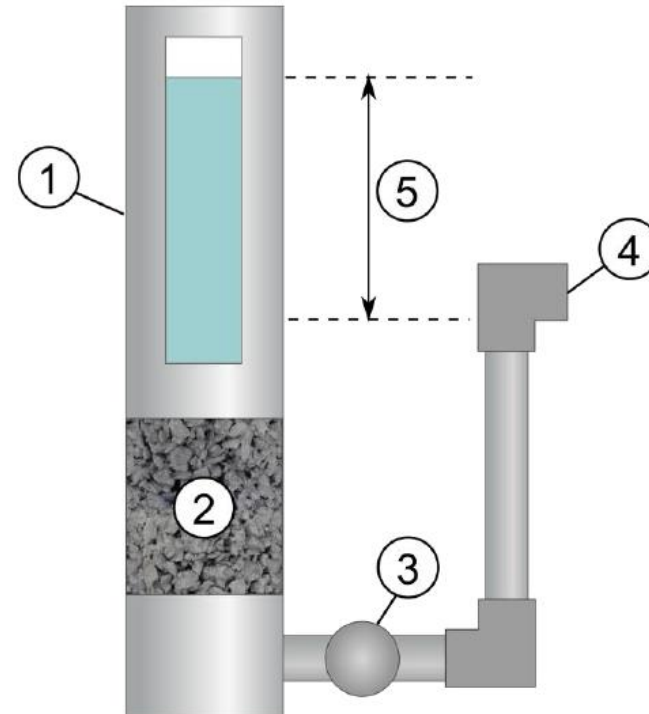
➤ Coeficiente de permeabilidad o conductividad hidráulica [LT^{-1}] (ACI 522R-10, 2010)

Permeámetro de carga constante:



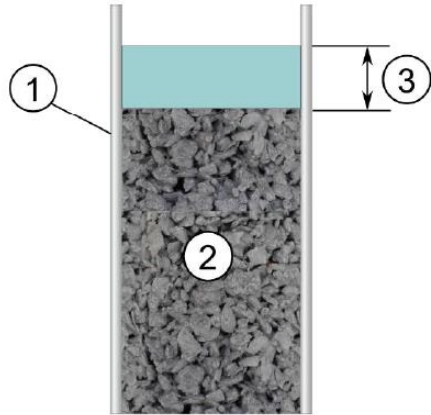
$$K = \frac{hq}{L\pi r^2 t}$$

Permeámetro de carga variable:



$$K = \frac{r_t^2 h}{r^2 t} \ln \left(\frac{L_i}{L_f} \right)$$

➤ Tasa de infiltración in situ / laboratorio [LT^{-1}] (ASTM C1701/C1701M – 17a / ISO 17785-1, 2016)

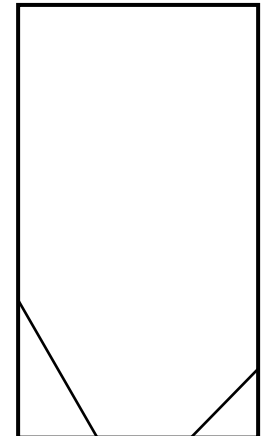
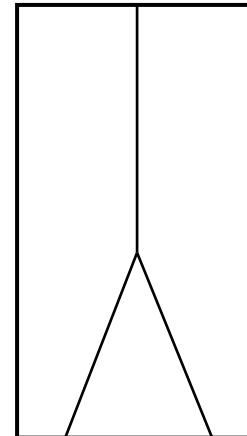
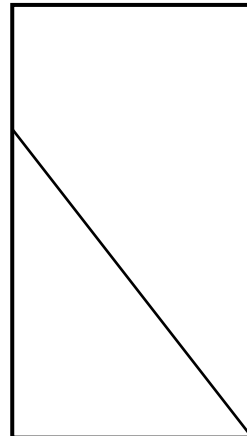


$$I = \frac{M_{\text{agua}}}{\rho_{\text{agua}} \pi r^2 t}$$



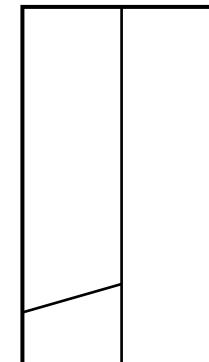
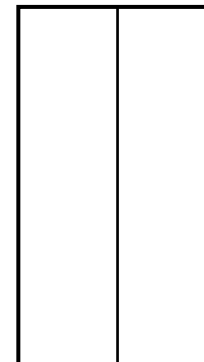
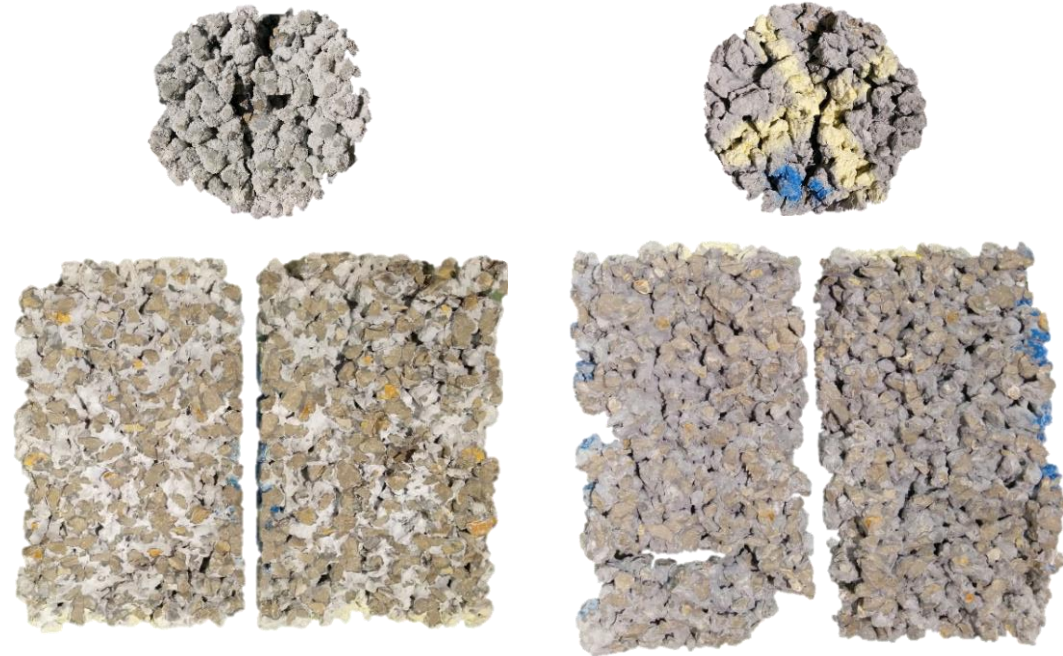
PROPIEDADES Y ENSAYOS DE CARACTERIZACIÓN: PARÁMETROS MECÁNICOS

➤ Resistencia a Compresión (NBR 5739, 2018)



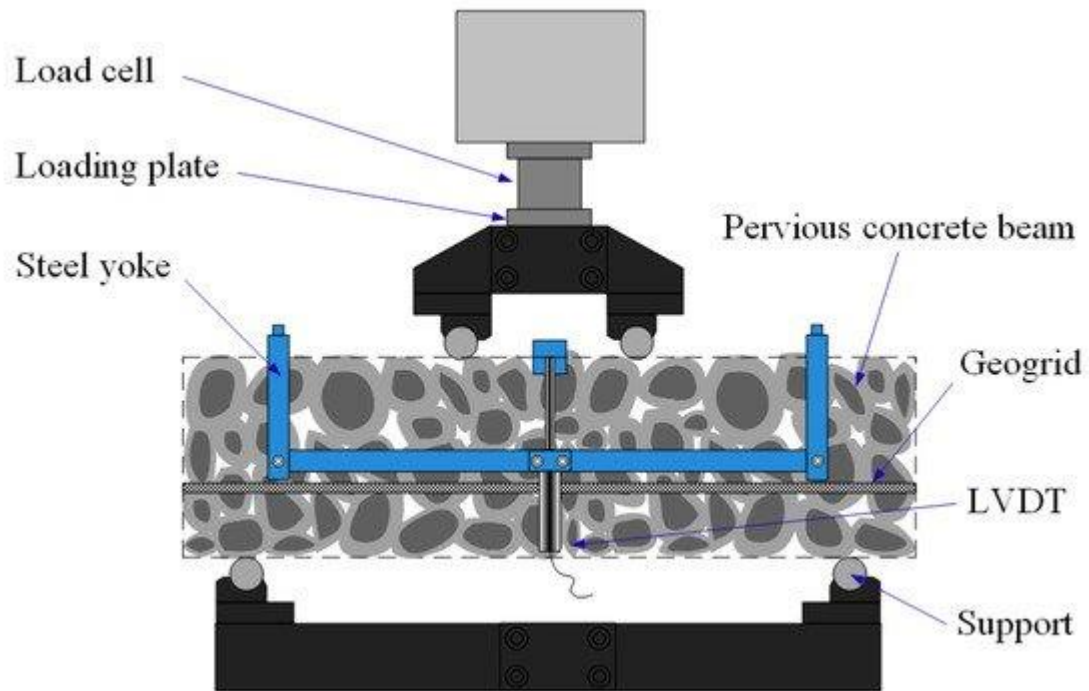
$$f_c = \frac{P_{rup}}{A}$$

➤ Resistencia a Tracción Indirecta (NBR 7222, 2018)



$$f_{ct,sp} = \frac{2P_{rup}}{\pi dh}$$

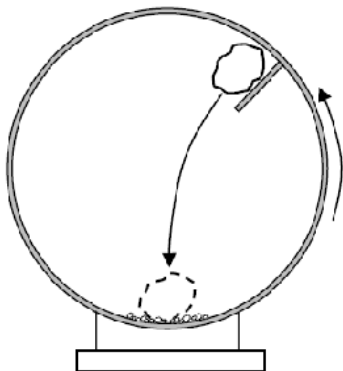
➤ Resistencia a Tracción / Módulo de Elasticidad (NBR 12142, 2010 / ASTM D7460, 2010)



$$f_{ct,f} = \frac{P_{rup}l}{bh^2} \quad E_{tf} = \frac{23P_{rup}l^3}{108\delta_{rup}bh^3}$$



➤ Esayo de Abrasión Los Angeles (NBR 12142, 2010 / ASTM D7460, 2010)



Antes del ensayo



50 ciclos



100 ciclos



150 ciclos



200 ciclos



250 ciclos



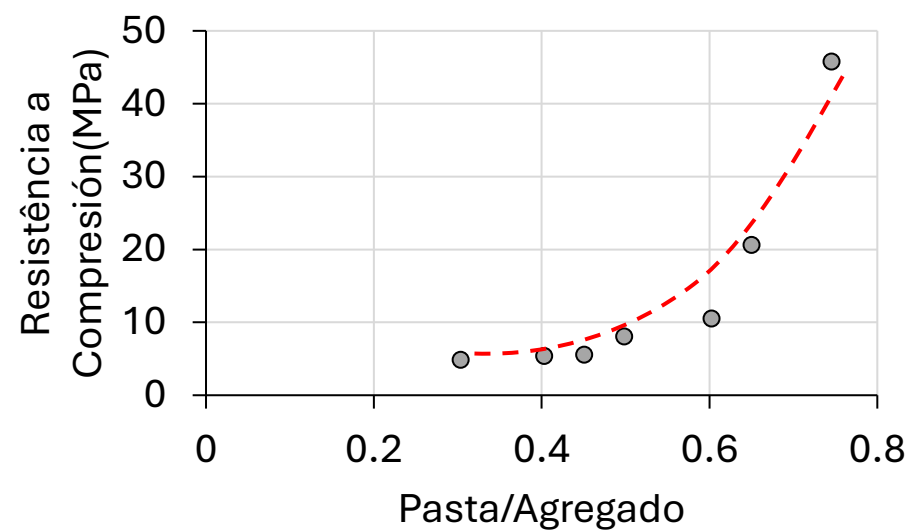
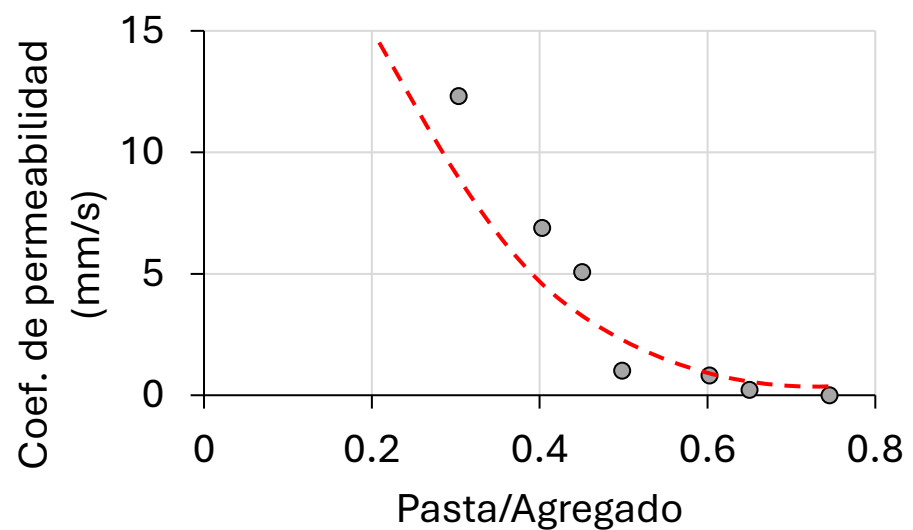
300 ciclos



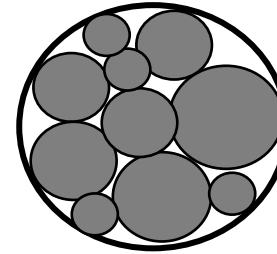
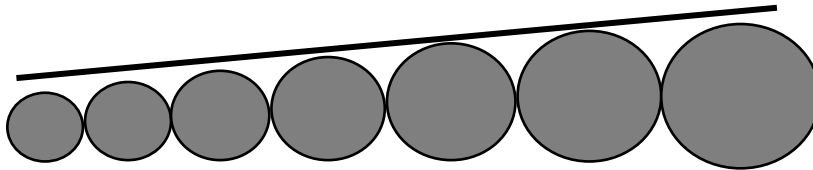
RELACIONES ENTRE PROPIEDADES

Propiedades	Rango
Compresión	10 - 30 MPa
Tracción	1,5 – 5,0 MPa
Módulo de Elasticidad	12 – 42 GPa
Coef. de permeabilidad (laboratorio)	1 – 30 mm/s
Tasa de infiltración (pavimento)	
Porosidad	10 – 25 %





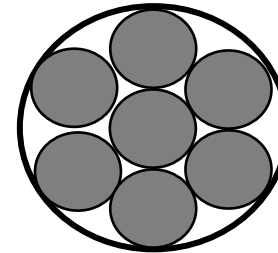
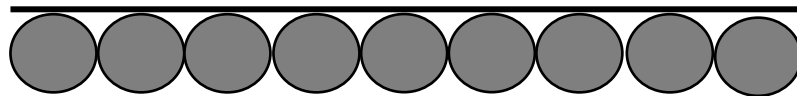
Continua



↑ Prop. mecânicas

~~↓ Prop. hidráulica~~

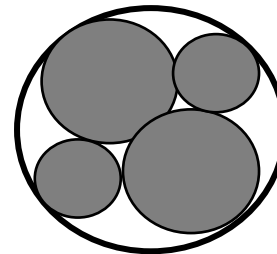
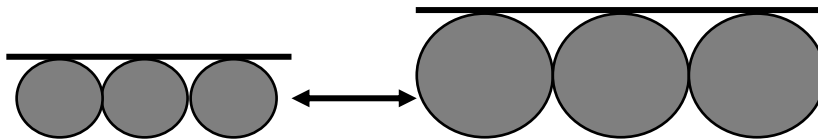
Uniforme



↓ Prop. mecânicas

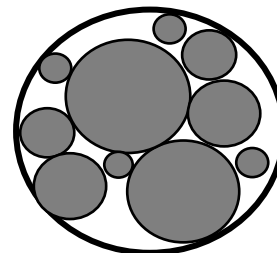
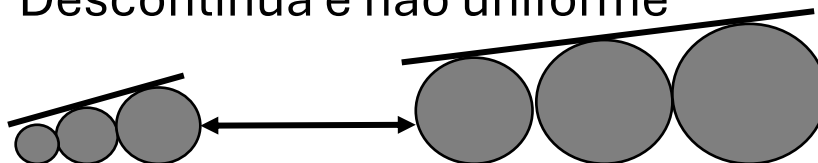
↑ Prop. hidráulicas

Descontínua e uniforme



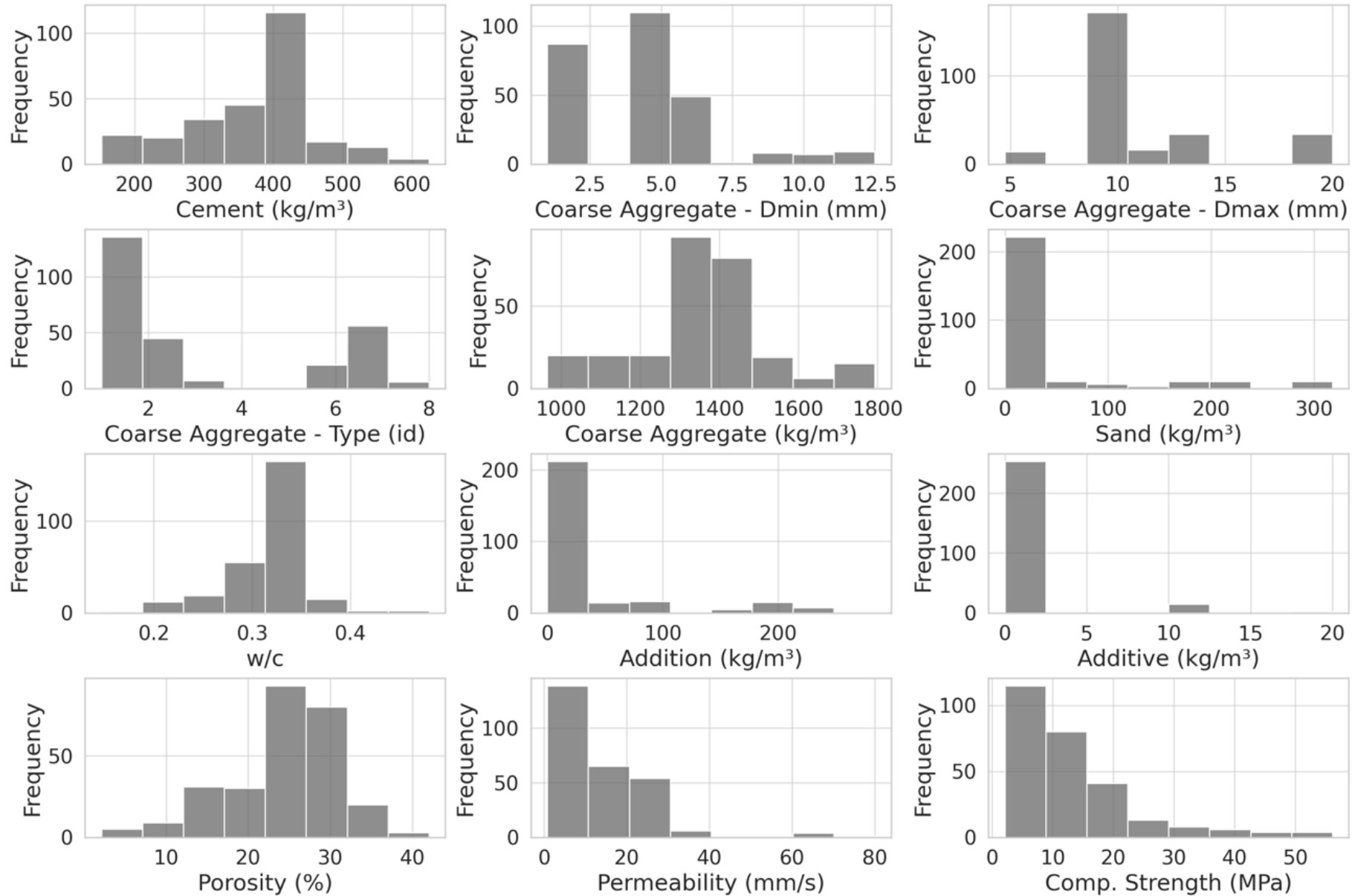
Equilibrio entre as
propriedades

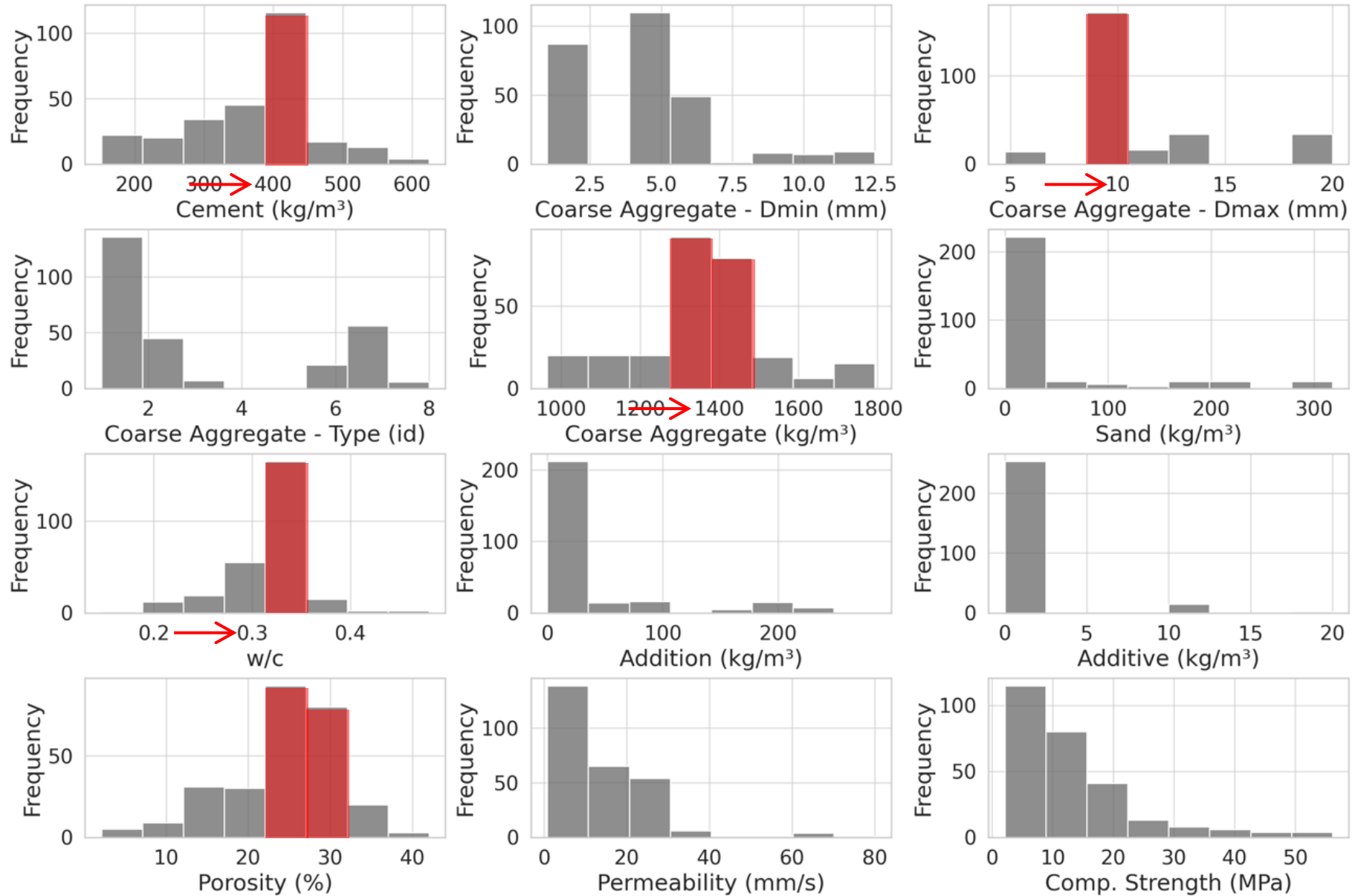
Descontínua e não uniforme

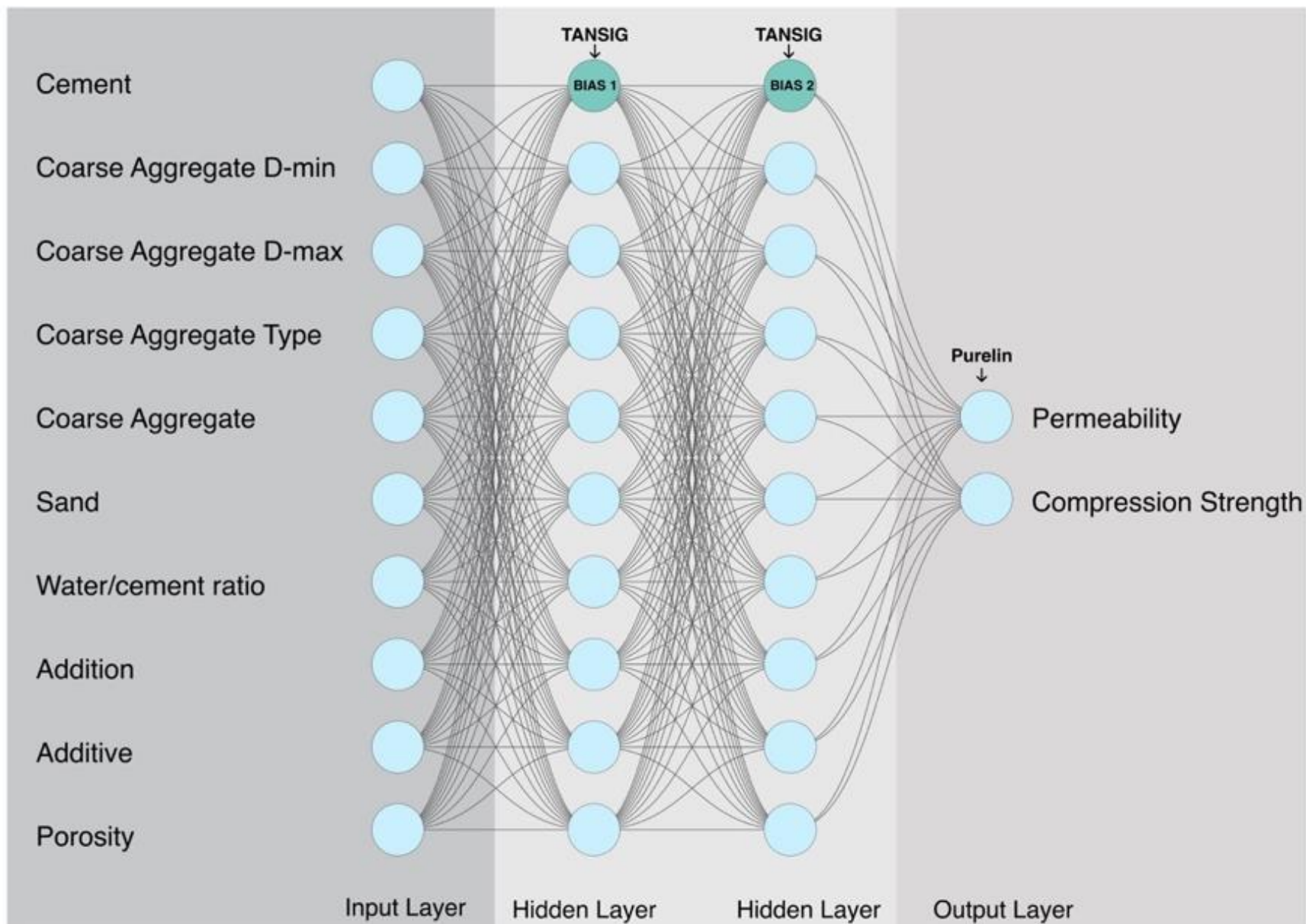


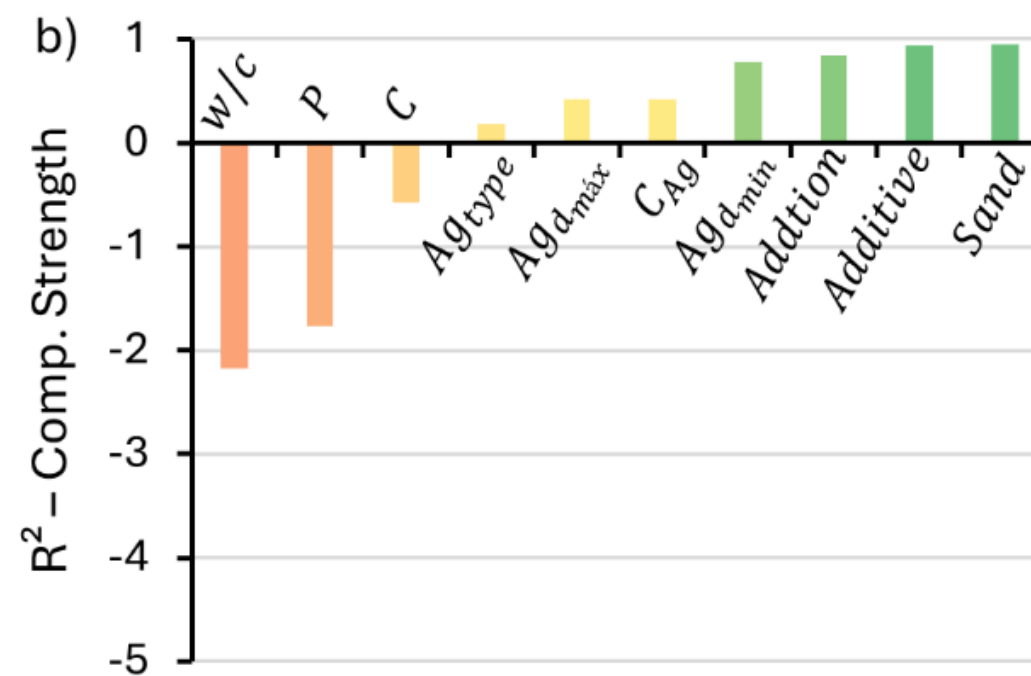
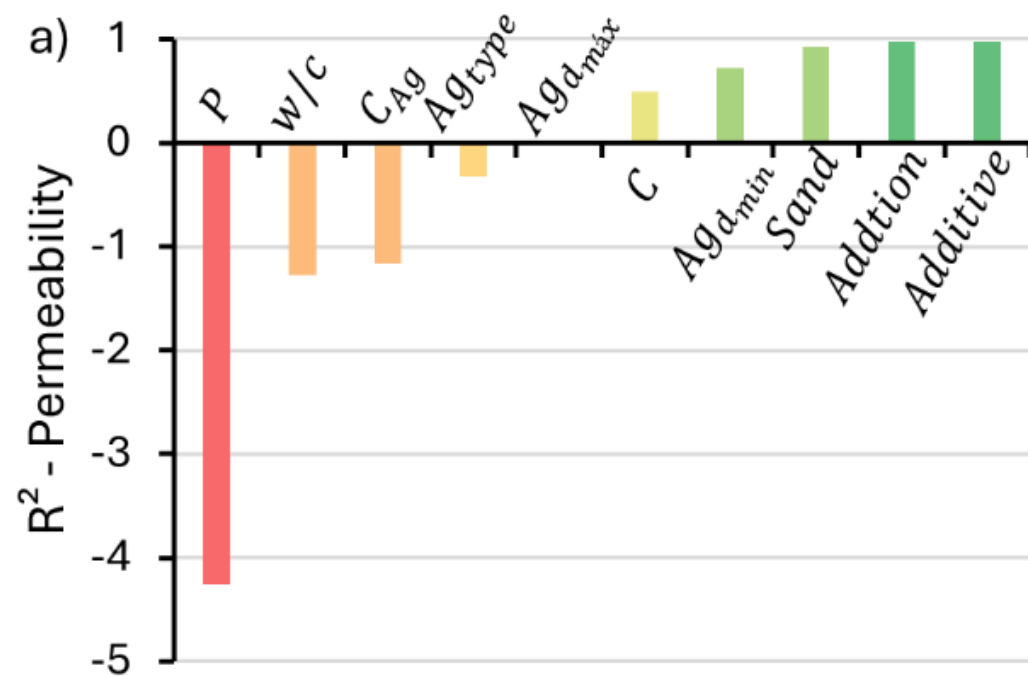


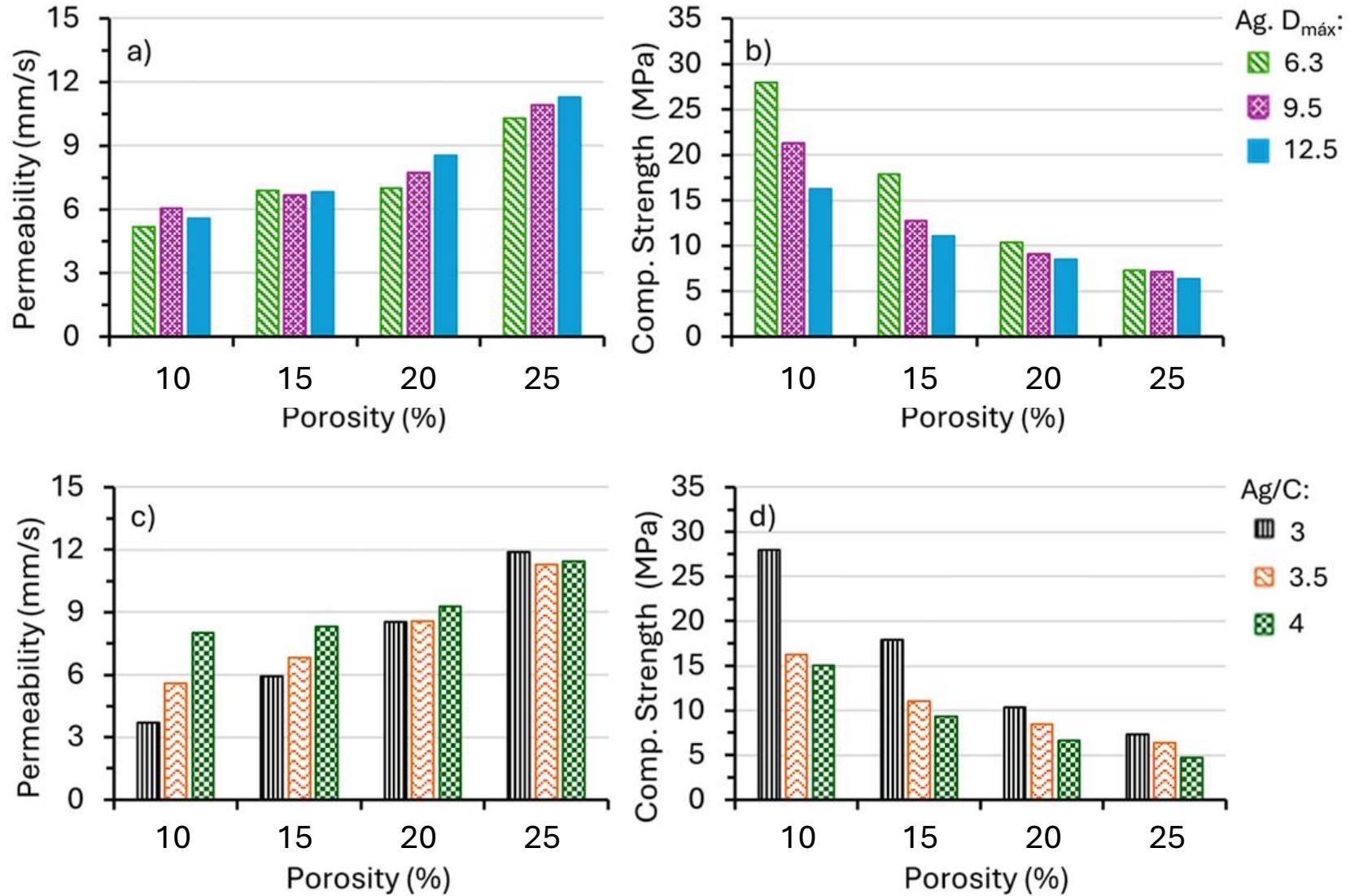
ESTUDIO DE MEZCLAS CON BASES DE DATOS Y IA





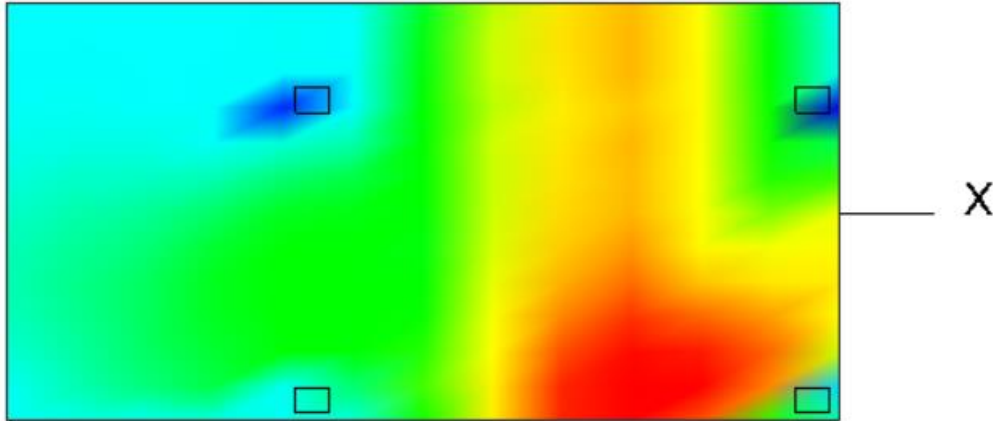




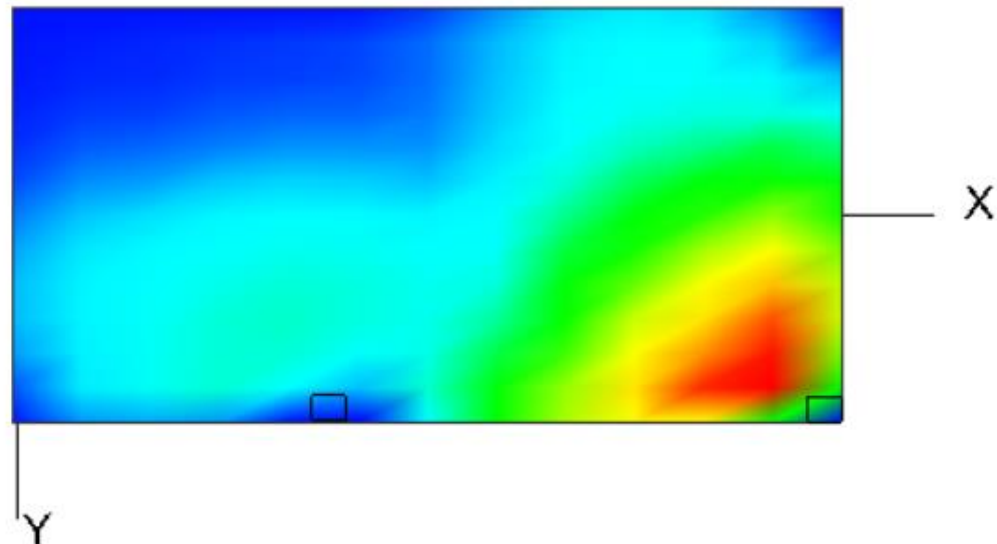




DISEÑO: SOLICITACIONES A TRACCIÓN



Espesor (mm)	Tracción Máxima (MPa)
100	1,05
150	0,84
200	1,31



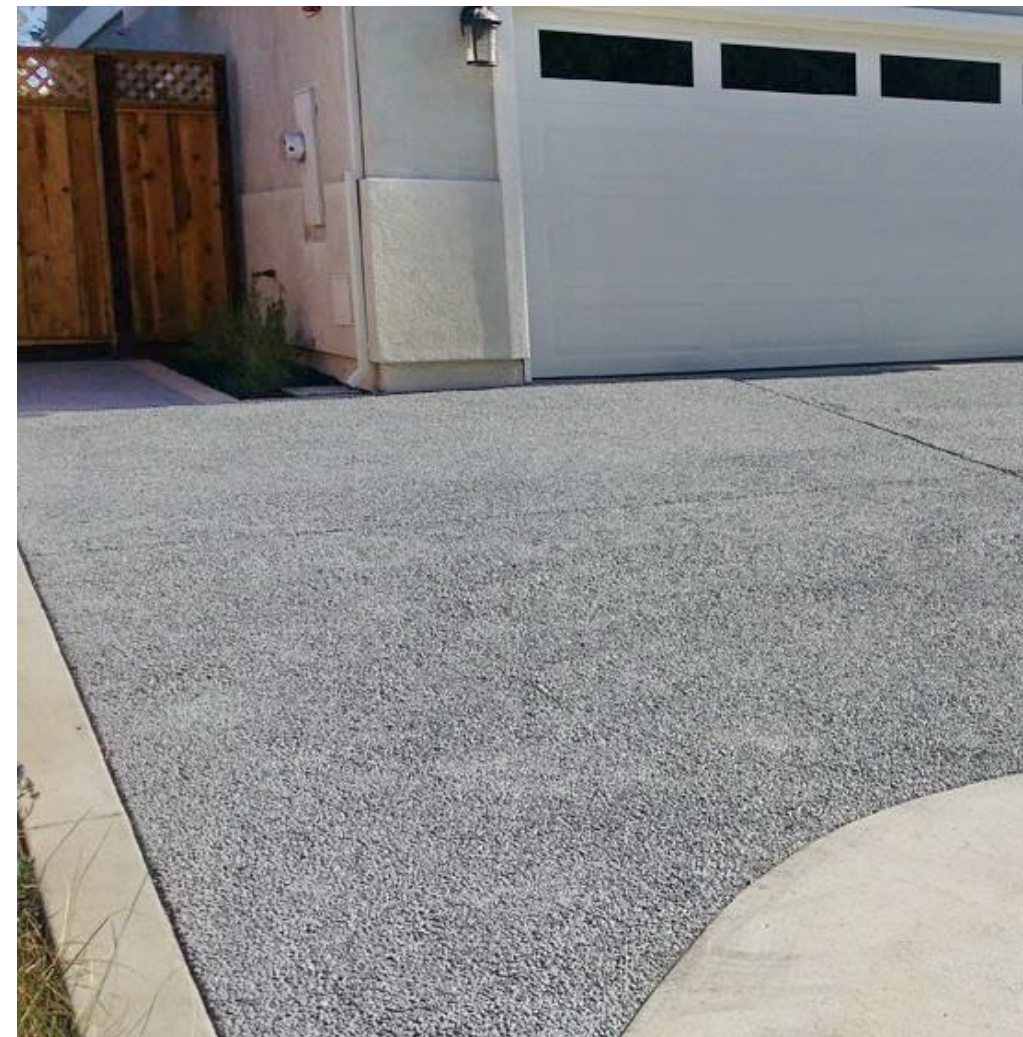
Espesor (mm)	Tracción Máxima (MPa)
100	4,47
150	3,63
200	2,39

Uso	Espesor mínimo (mm)
Veredas, patios y zonas residenciales	100
Estacionamientos y áreas de tráfico ligero	150
Infraestructura verde y sostenibilidad	100
Áreas deportivas y de recreación	100



APLICACIONES

➤ Veredas, patios y zonas residenciales



➤ Veredas, patios y zonas residenciales





- Veredas, patios y zonas residenciales
- Estacionamientos y áreas de tráfico ligero
- Infraestructura verde y sostenibilidad
- Áreas deportivas y de recreación



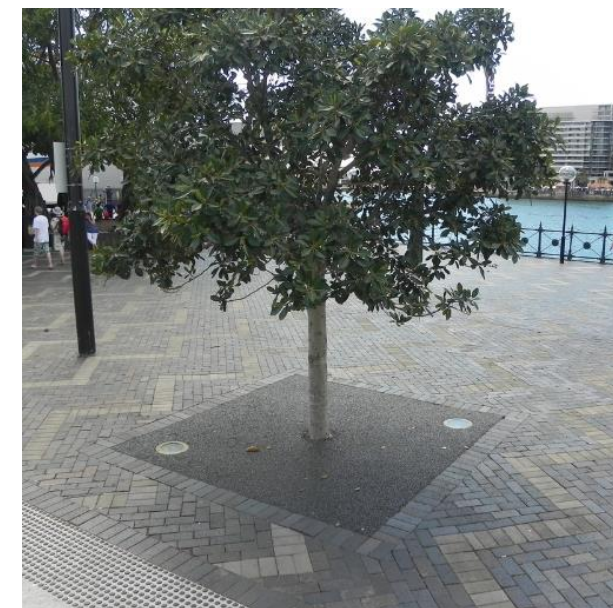
➤ Estacionamientos y áreas de tráfico ligero



➤ Estacionamientos y áreas de tráfico ligero



➤ Infraestructura verde y sostenibilidad



➤ Infraestructura verde y sostenibilidad



➤ Áreas deportivas y de recreación



- Plaza de los Juegos Olímpicos de 2008 – Beijing / China
- Hormigón permeable con diferentes colores
- 250 mil m² de pavimentos permeables
- Hormigonado en dos capas



GRACIAS

Proyecto ANII (CF_1_2024_1_181460):
**Sistemas de Pavimentos de hormigón
permeable (SPHP) de bajo
mantenimiento para grandes superficies**

Hormigón Permeable: bases generales y aplicaciones

Lunes 13 de octubre de 2025
Facultad de Ingeniería
Montevideo - Uruguay



grinor

PROYECTO

ANII

Ricardo Pieralisi
(ricpialisi@ufpr.br)
Universidade Federal do Paraná
Curitiba, Brasil