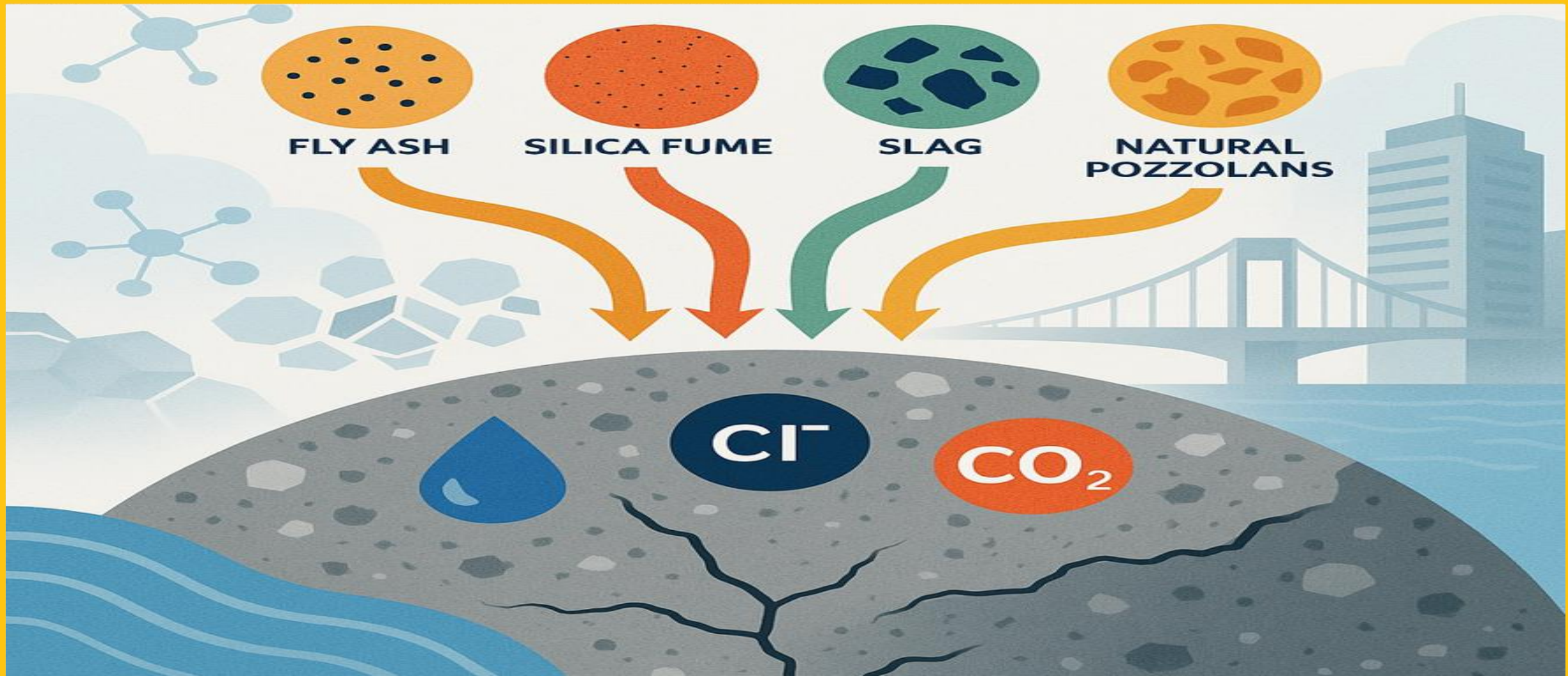


ARGOS - SIKA 2025

JUNTOS
ES POSIBLE

CONSTRUYENDO CONFIANZA





SCMs IMPACTO DE LA DENSIFICACIÓN DEL HUMO DE SÍLICE EN LA DURABILIDAD

Julio 2025 ANDRIA JARAMILLO

SIKA COLOMBIA - UNIDAD CONCRETO

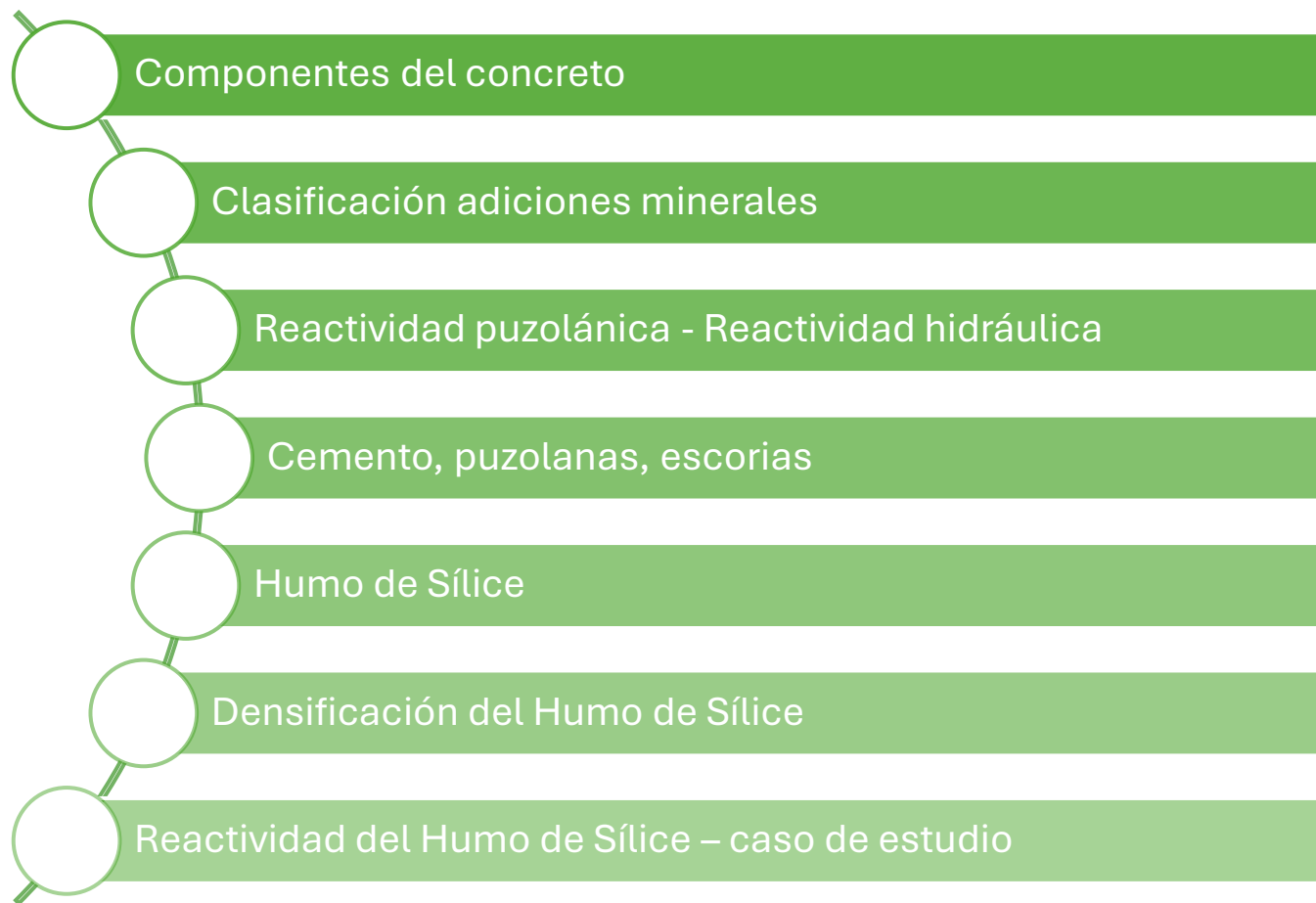
CONSTRUYENDO CONFIANZA





ARGOS - SIKA 2025

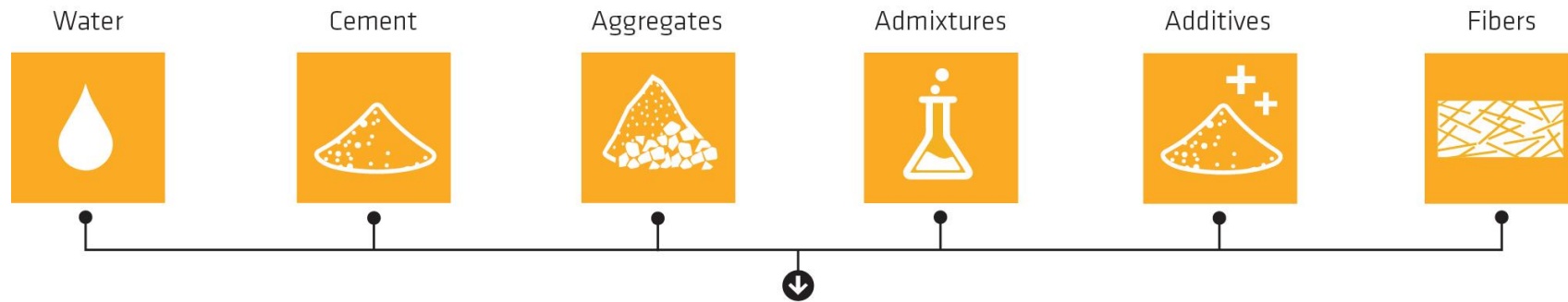
JUNTOS
ES POSIBLE



CONSTRUYENDO CONFIANZA

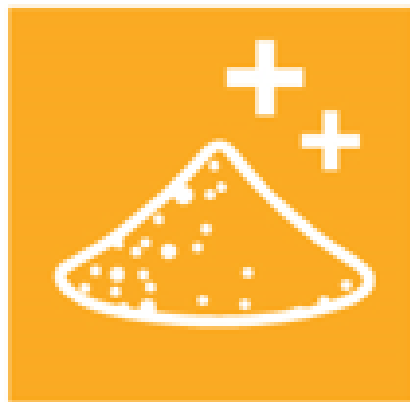


MATERIALES CEMENTANTES SUPLEMENTARIOS



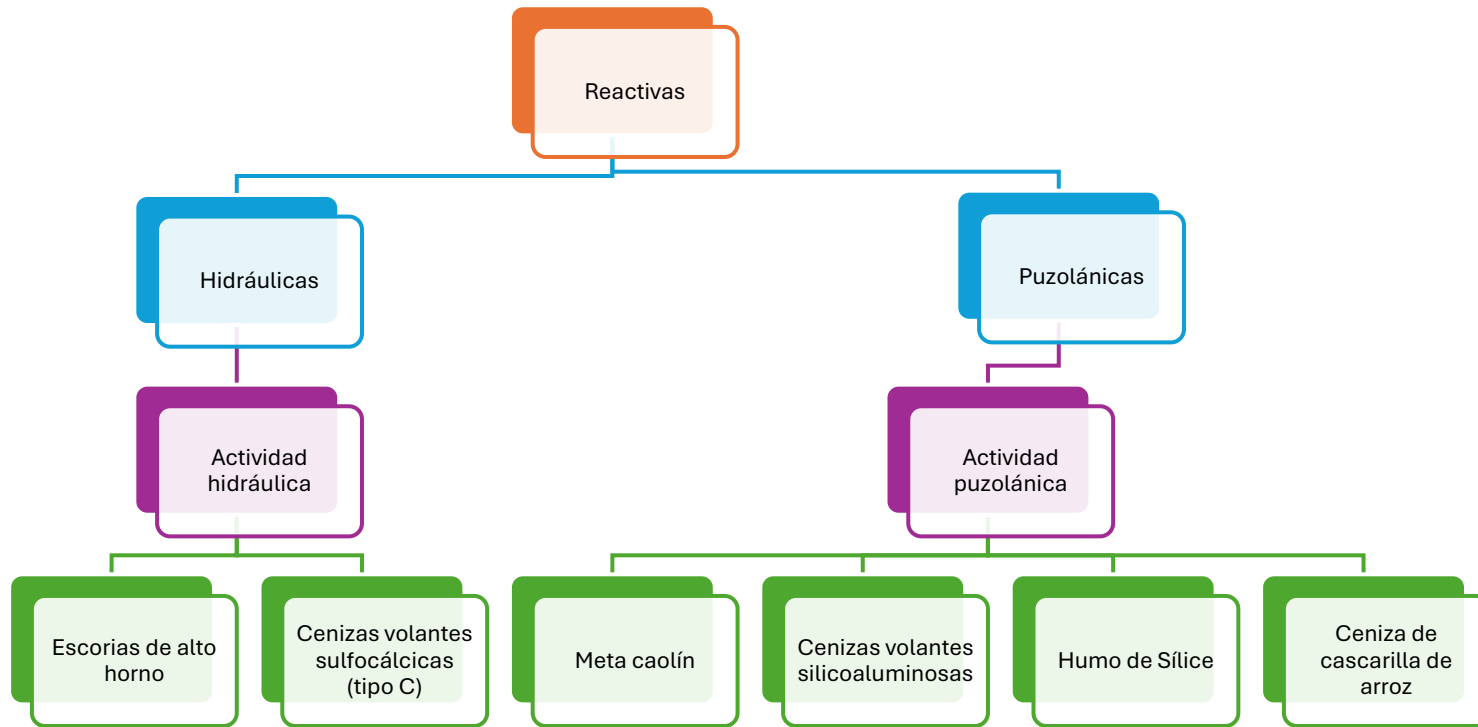
6 Components  **Concrete**

Additives



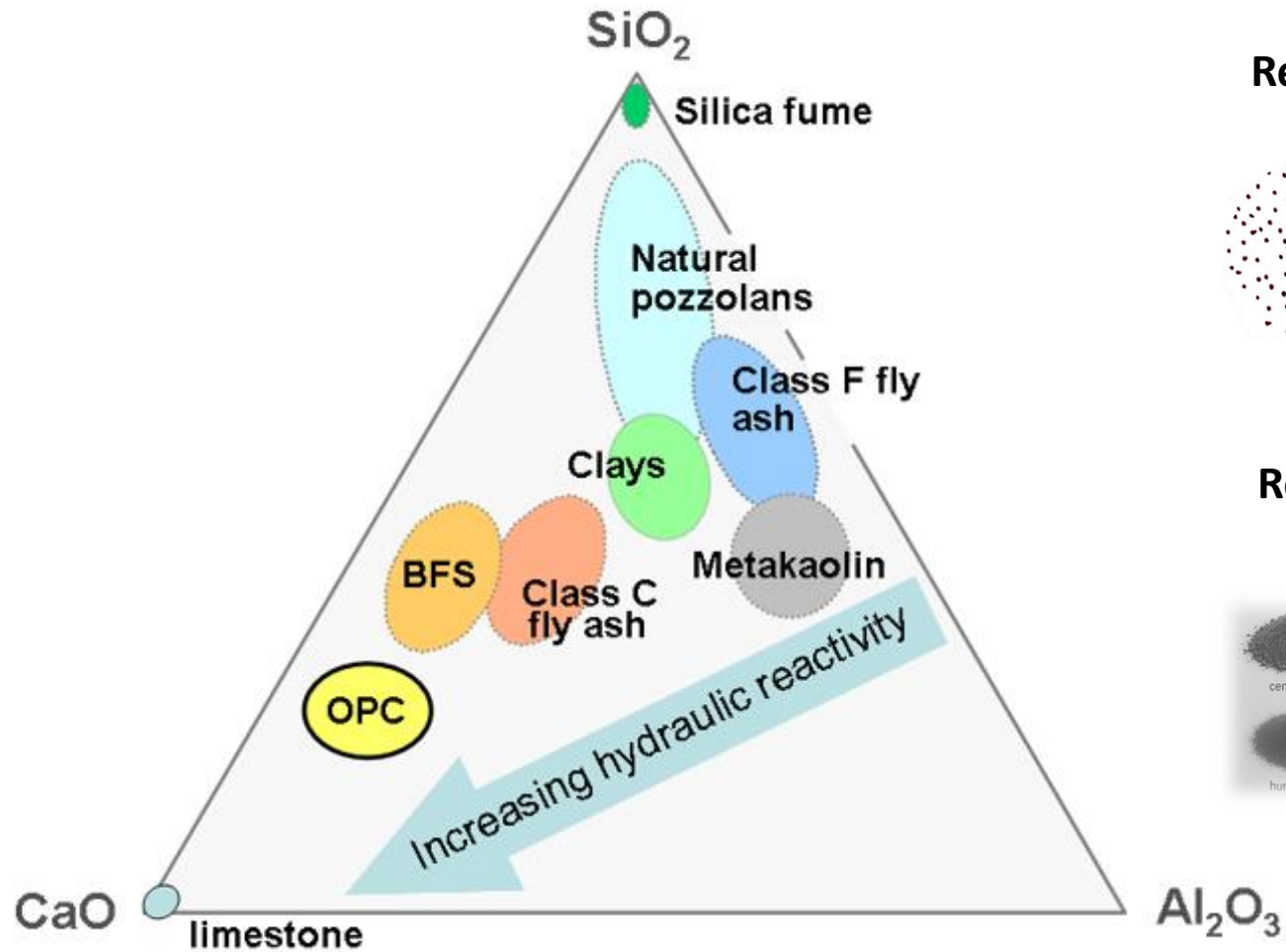
MATERIALES CEMENTANTES SUPLEMENTARIOS

“Adiciones: Aquellos materiales inorgánicos, puzolánicos o con hidraulicidad latente que, **finamente divididos** pueden ser añadidos al hormigón con el fin de mejorar alguna de sus propiedades o conferirle características especiales”

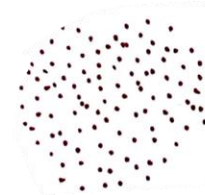


Puzolana, material silíceo o Sílico aluminoso que, finamente dividido y en presencia de humedad reacciona químicamente con el Ca(OH)_2 generado en la hidratación del cemento formando compuestos con propiedades cementantes.

MATERIALES CEMENTANTES SUPLEMENTARIOS



Reacción puzolánica



Ca
Calcium



Reacción hidráulica

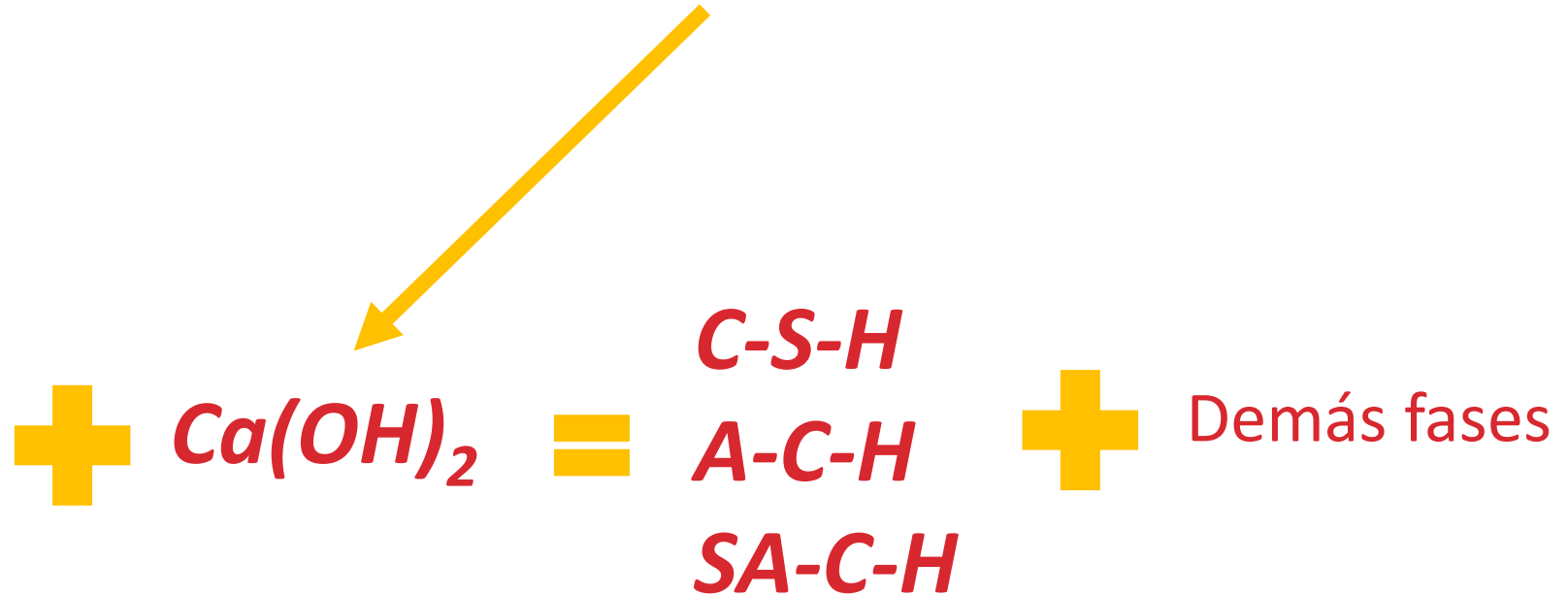


MATERIALES CEMENTANTES SUPLEMENTARIOS

Reacción hidráulica



Reacción puzolánica



SCMs - PUZOLANAS



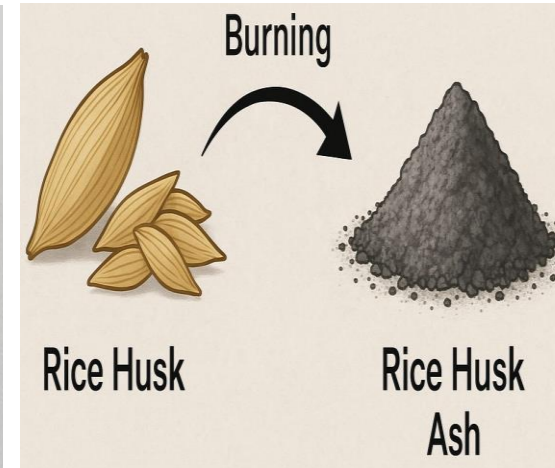
NATURALES

- Temperaturas entre 600°C y 1100°C
- La molienda para obtener la finura adecuada
- Contenido de Sílice reactiva >25%



CENIZA VOLANTE

- Clase F, bajo Calcio
- Carbón antracítico o bituminoso
- $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3 \geq 70\%$
- Clase C
- Carbón sub bituminoso o lignítico
- $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3 \geq 50\%$



CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ

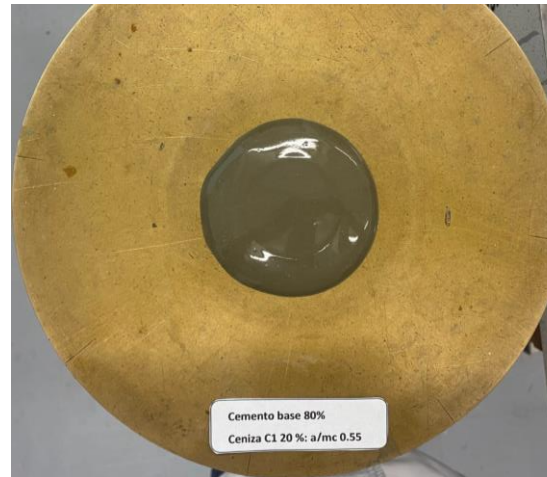
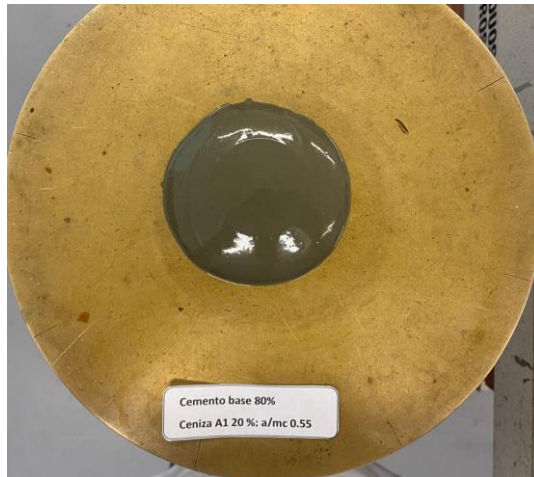
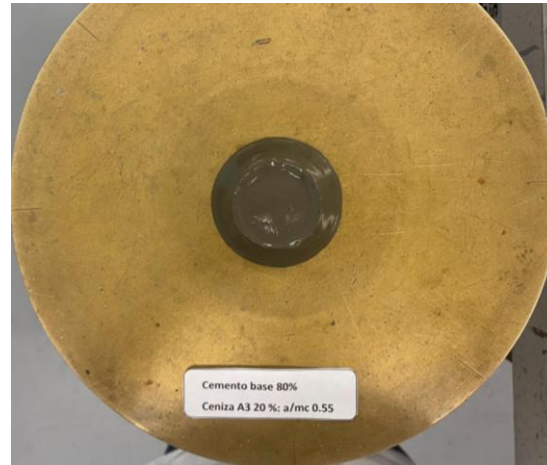
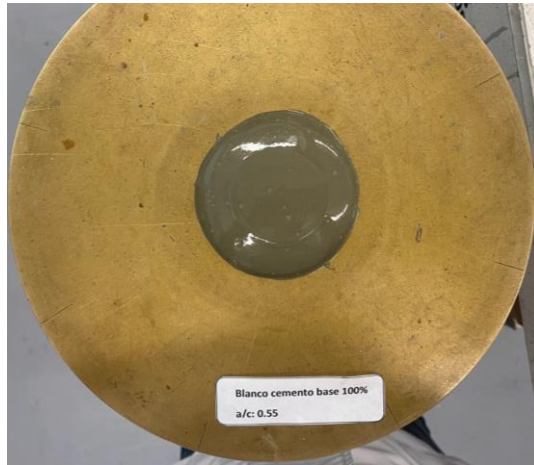
- Calcinación de la cascarilla de arroz
- 1 t cascarilla \approx 0.5 t carbon \approx 0.35 t petróleo
- Altos contenidos de sílice



GGBFS

- Grado 80-100-120
- Enfriada con aire: como agregado
- Expandida: en concretos aligerados
- Peletizada: como agregado o molida con cemento
- Granulada: mas usada

SCMs – PUZOLANAS – CENIZA VOLANTE



ARGOS - SIKA 2025

JUNTOS
ES POSIBLE

HUMO DE SÍLICE

CONSTRUYENDO CONFIANZA



SCMs – PUZOLANAS – HUMO DE SÍLICE



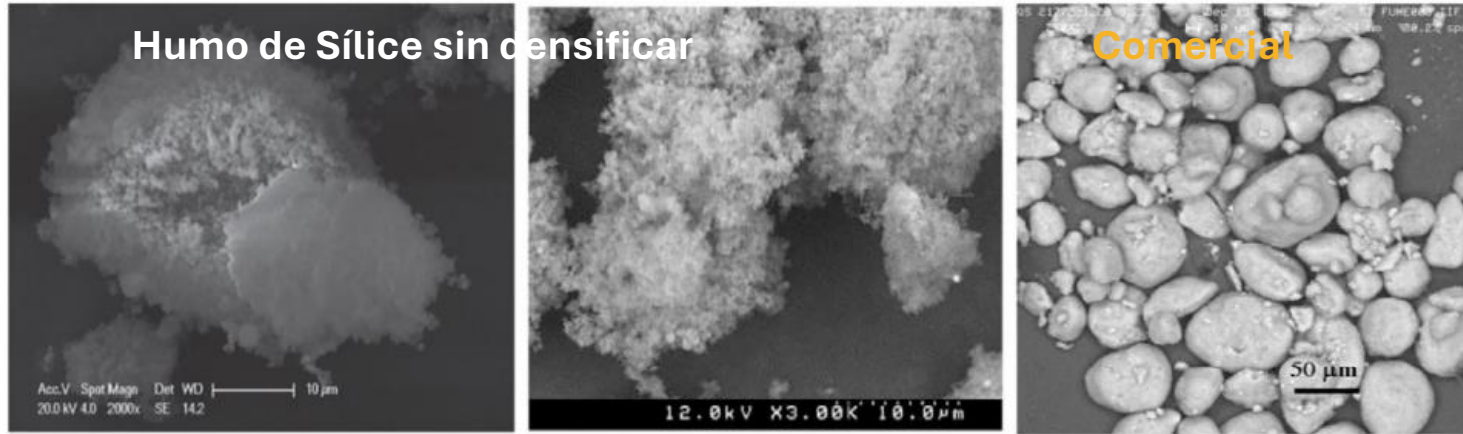
PROPIEDADES FÍSICAS

Tamaño de partícula (μm)	< 1
Superficie específica (m^2/kg)	15000-30000
Densidad (kg/m^3) sin densificar	130-430
Densidad (kg/m^3) densificada	480-720

Superficie específica (m^2/kg)

Ceniza Volante	300-800
Ceniza de cascarilla de arroz	400-1000
Escoria de alto horno	300-900
Densidad (kg/m^3) densificada	480-720

SCMs – PUZOLANAS – HUMO DE SÍLICE



Hamada, Abed, Herda, Humada, Jawagery, Majdi, Yousif, Thomas, Effect of silica fume on the properties of sustainable cement concrete, 2023



- VHDSF: Very Highly Densified Silica Fume
- HDSF: Highly Densified Silica Fume
- MDSF: Moderately Densified Silica Fume

SCMs – PUZOLANAS – HUMO DE SÍLICE

Densificación del humo de Sílice

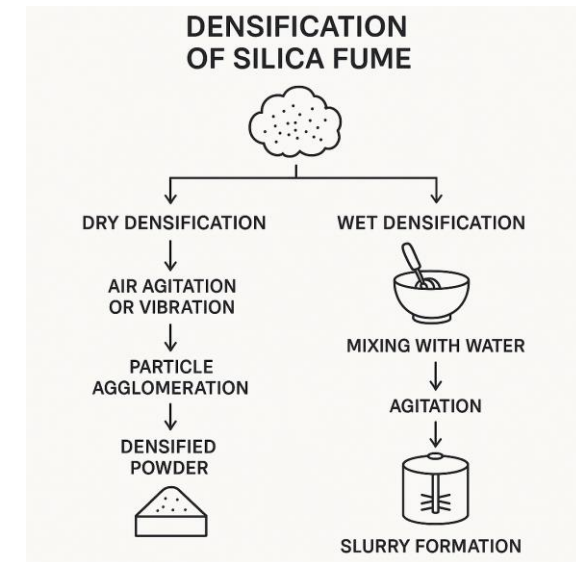
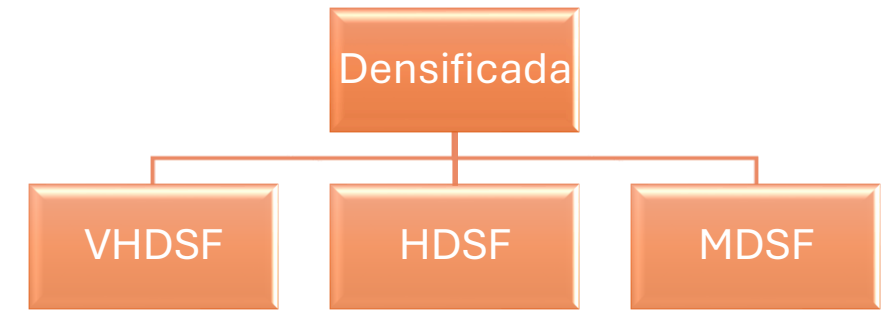
- Recolección del humo de Sílice TP < 1µm
- Se transporta al densificador (tanque presurizado)
- Compactación por vibración o agitación
- Las partículas finas se aglomeran



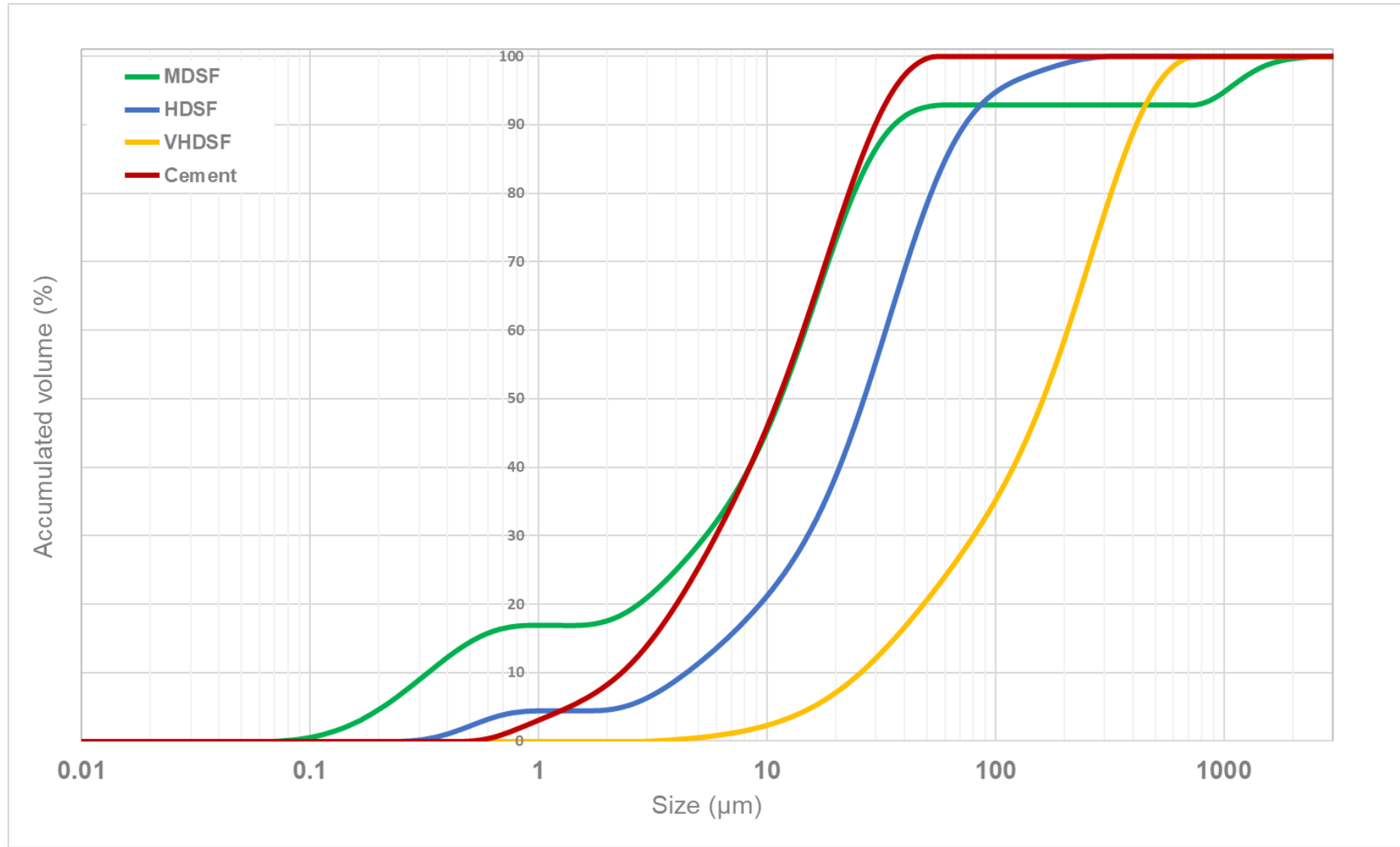
- Seguridad física
- Mejoras en condiciones para el transporte y almacenamiento
- Facilidad para operar en plantas de producción de concreto



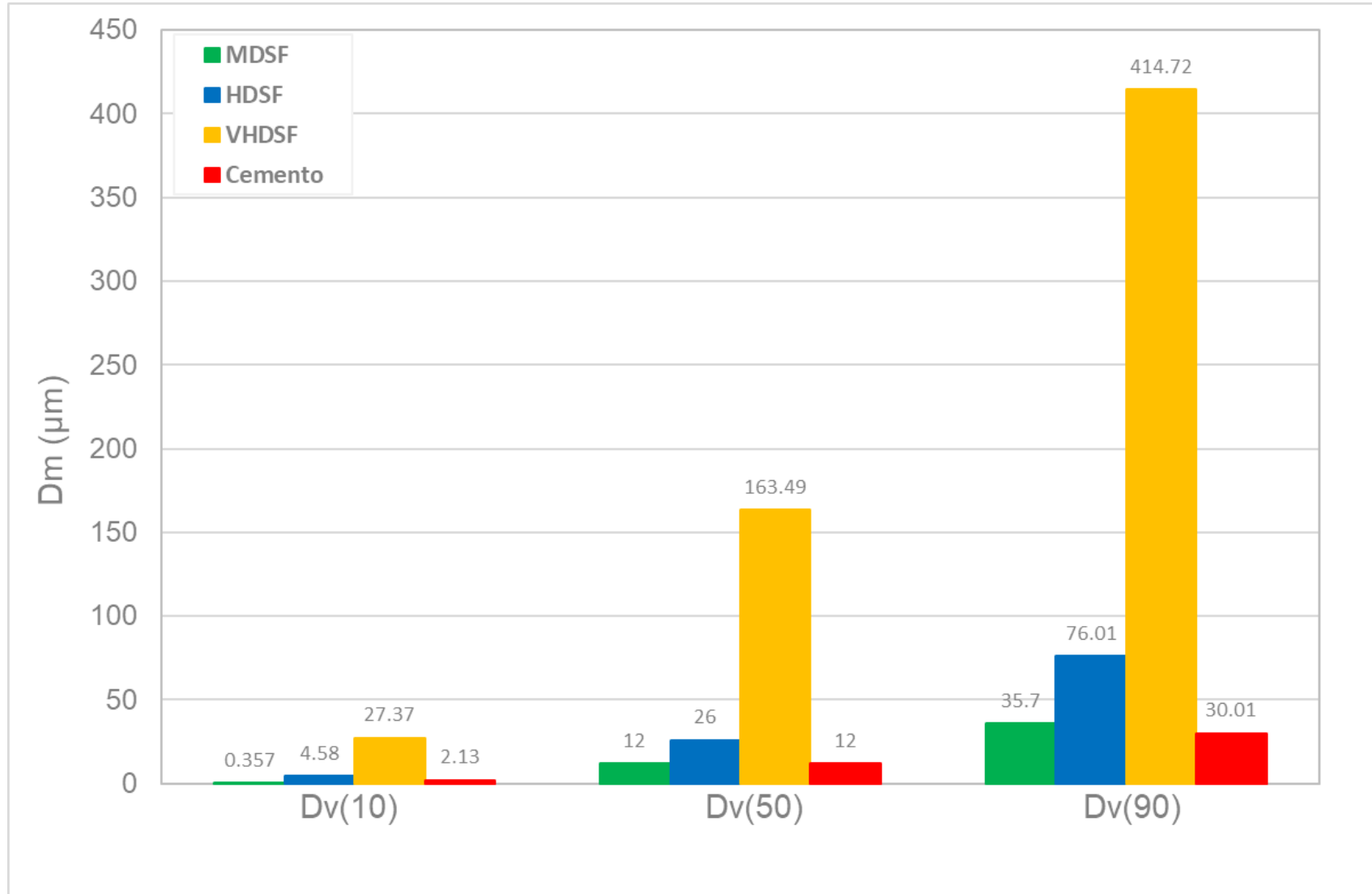
- La densificación puede causar una leve afectación en la reactividad química del material



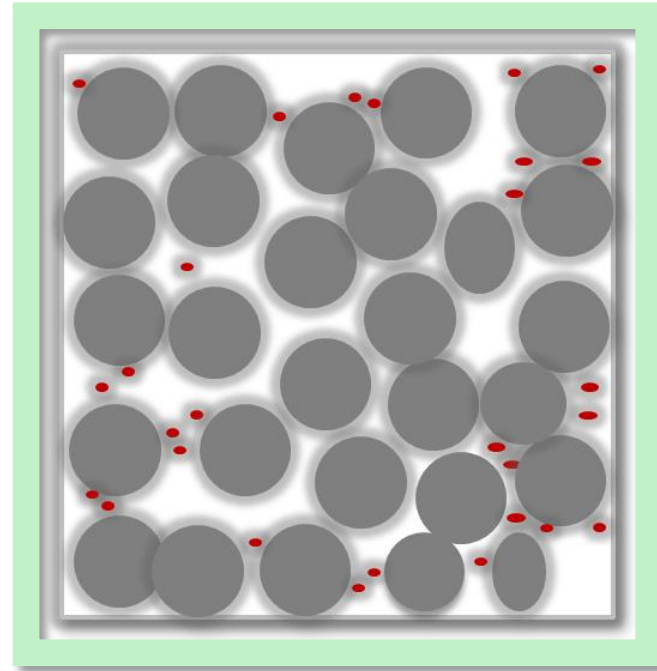
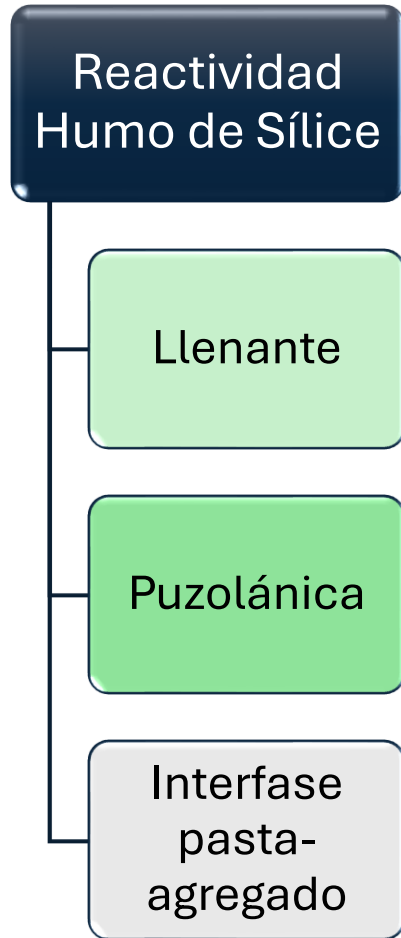
SCMs – PUZOLANAS – HUMO DE SÍLICE



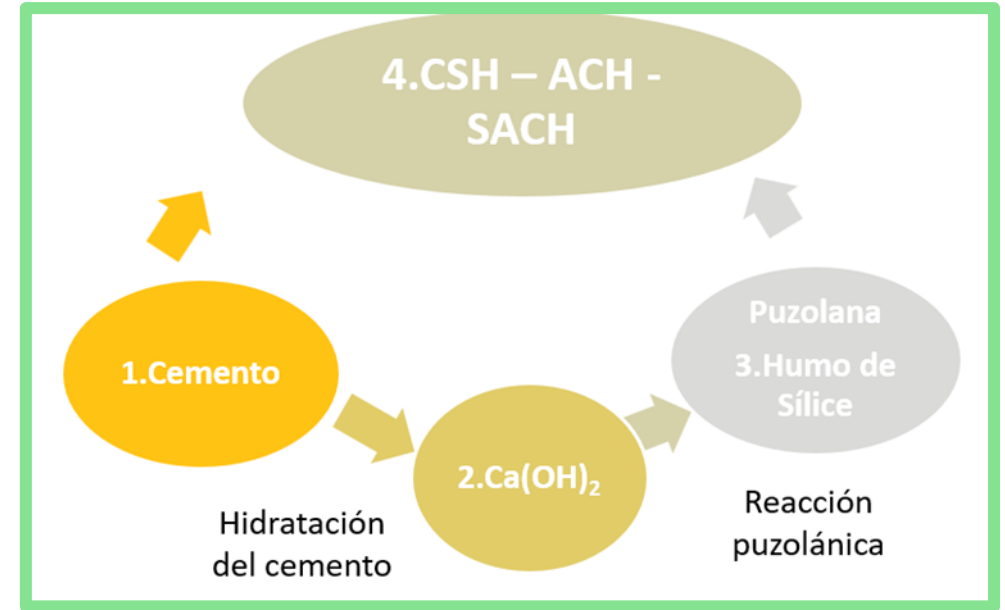
SCMs – PUZOLANAS – HUMO DE SÍLICE



SCMs – PUZOLANAS – HUMO DE SÍLICE

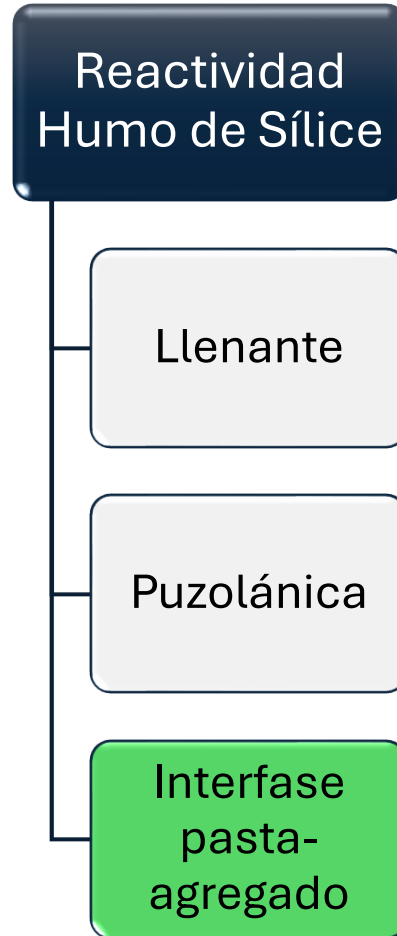


Ocupar espacios antes llenos de agua

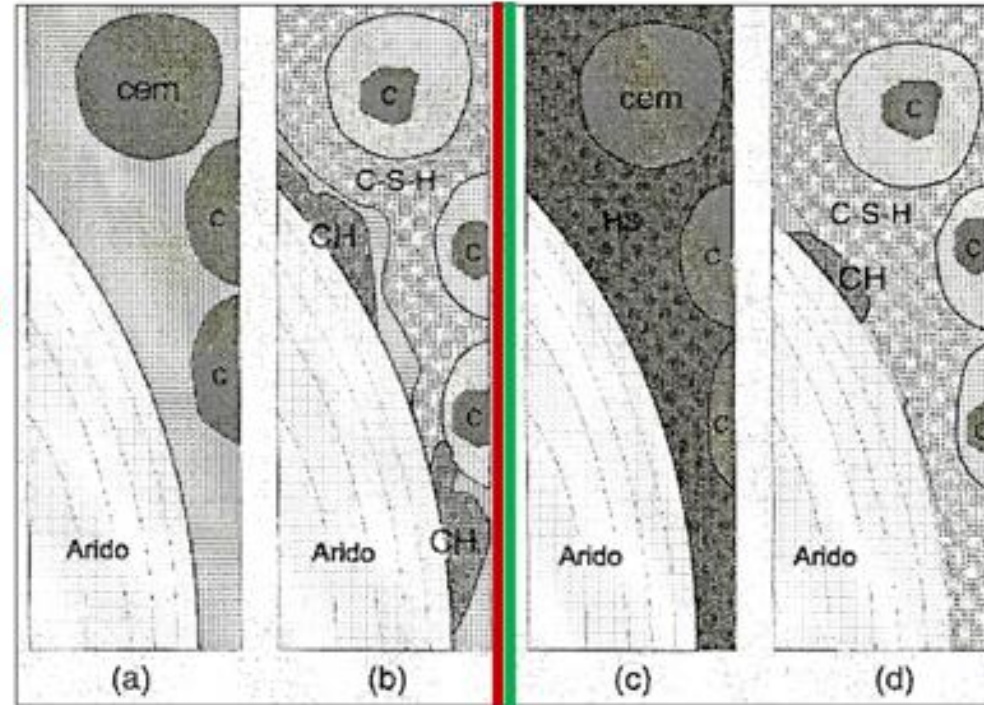


Disminución del Ca(OH)_2

SCMs – PUZOLANAS – HUMO DE SÍLICE



Sin humo de
Sílice



Con humo de
Sílice

Master en ingeniería del Hormigón, Universidad Politécnica de Valencia



CASO DE ESTUDIO

CONSTRUYENDO CONFIANZA



¿Afecta la densificación?

- Verificar la influencia de la densificación del humo de Sílice en las propiedades mecánicas y de durabilidad de mezclas de hormigón.
 - *Comportamiento en estado plástico*
 - *Demanda de aditivo*
 - *Resistencia a compresión*
 - *Permeabilidad al agua*
 - *Permeabilidad al ion cloruro*
 - *RAS*
 - *Resistencia a los sulfatos*

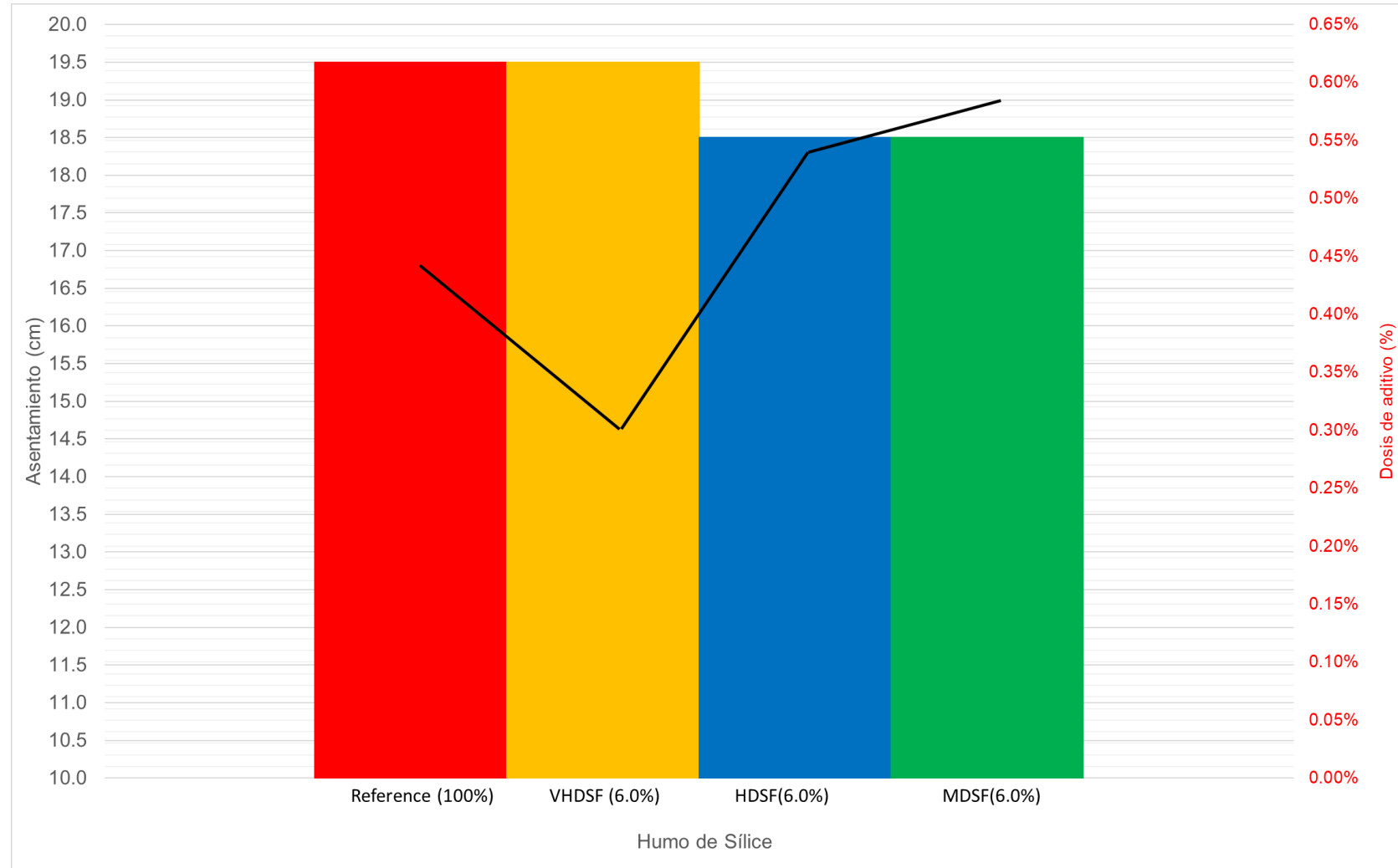
SCMs – HUMO DE SÍLICE – CASO DE ESTUDIO

- Proporciones de la mezcla

Material	Proveedor	%	Masa Seca (kg)	Densidad (kg/m ³)	Volumen (l/m ³)
Cemento ART	Argos	94%	301	3.04	99
Humo de Sílice	VHDSF	6%	19	2.20	9
Arena LEM		55.0%	991	2.63	377
Grava LEM		45.0%	811	2.53	321
Agua	Agua	100%	180	1.00	180
Aire		1.50%			15
Sika® ViscoCrete®-3100	Sika	0.30%	0.960	1.08	0.889
Relación a/c	0.563		2329 kg		1,000
Cementante	320				

SCMs – HUMO DE SÍLICE – CASO DE ESTUDIO

- Asentamiento inicial

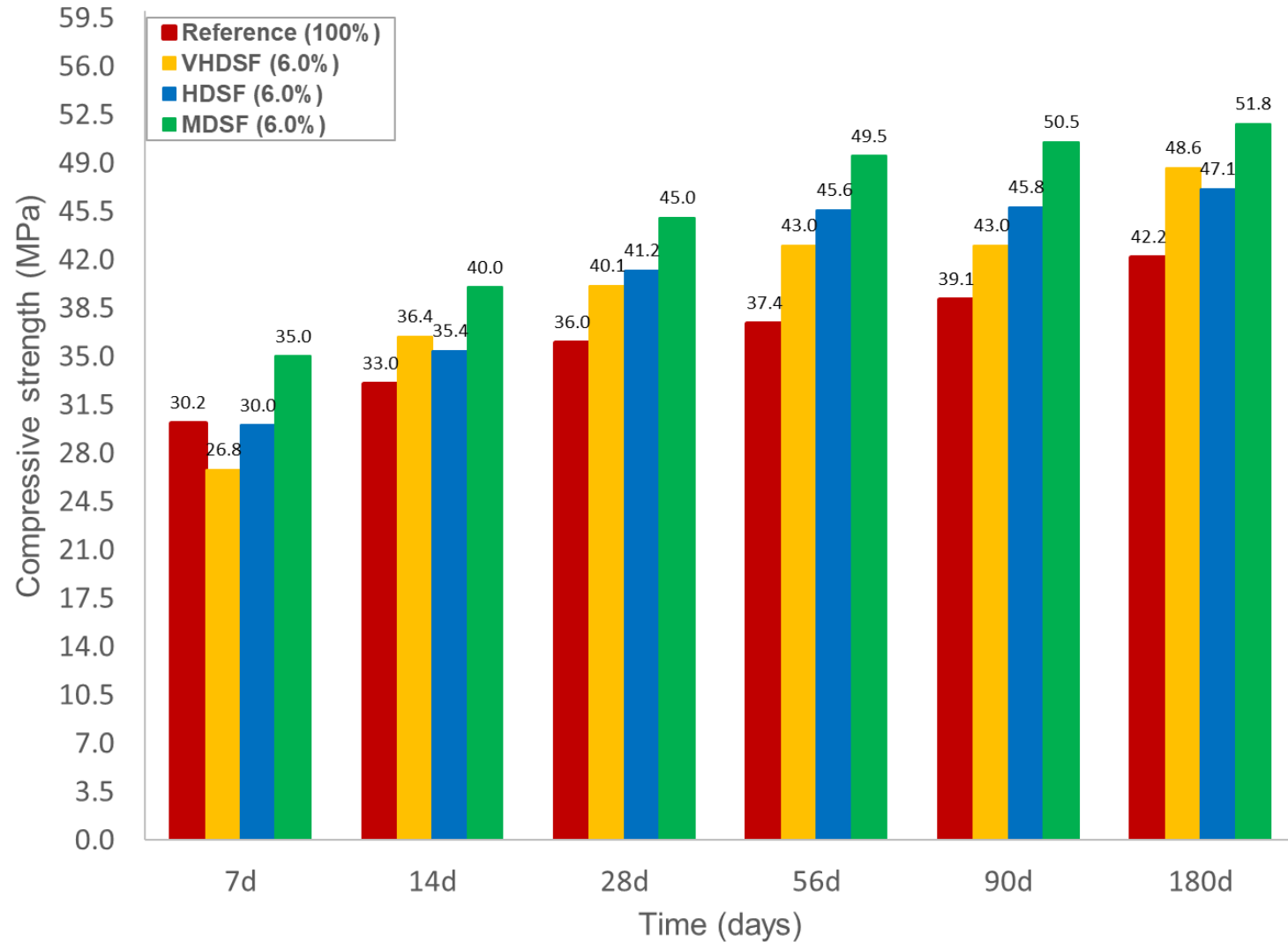


SCMs – HUMO DE SÍLICE – CASO DE ESTUDIO

Test	Dosage (%)	Resistencia f'c	Cement	Silica Fume	Water (kg/m³)	A/C Initial	A/C real	Unit weight (kg/m³)	Air content (%)	Slump (cm)	Compressive strength (MPa)					
	Admixture															
	MPa	(kg)	(kg)	7d						14d	28d	56d	90d	180d		
Reference (100%)	0.43%	28.0	320		180	0.56	0.56	2378	1.9%	19.5	30.2	33.0	36.0	37.4	39.1	42.2
VHDSF (6.0%)	0.30%	28.0	301	19	180	0.56	0.56	2359	2.0%	19.5	26.8	36.4	40.1	43.0	43.0	48.6
HDSF (6.0%)	0.54%	28.0	301	19	180	0.56	0.56	2354	2.2%	18.5	30.0	35.4	41.2	45.6	45.8	47.1
MDSF (6.0%)	0.60%	28.0	301	19	180	0.56	0.56	2388	1.7%	18.5	35.0	40.0	45.0	49.5	50.5	51.8

- VHDSF: Very Highly Densified Silica Fume
- HDSF: Highly Densified Silica Fume
- MDSF: Moderately Densified Silica Fume

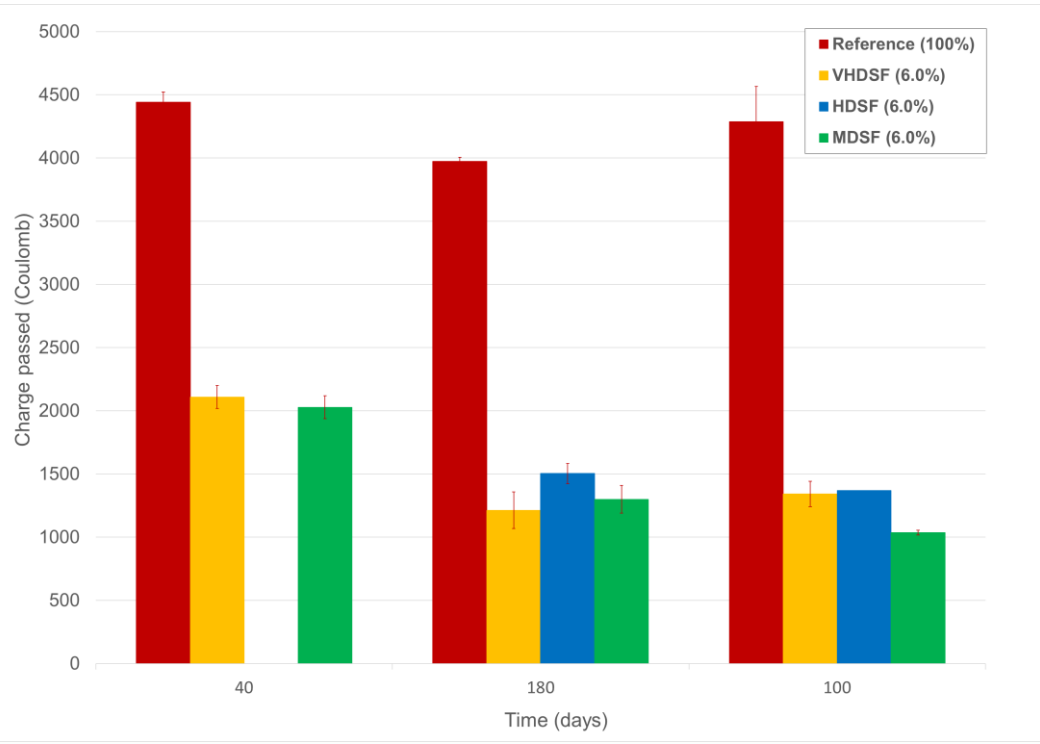
SCMs – HUMO DE SÍLICE – CASO DE ESTUDIO



- A partir de 14 días aumento en resistencias respecto a la referencia
- Mayor incremento de resistencias a medida que el humo de Sílice es menos densificado
- Para VHDSF y HDSF incrementos promedio del 13% a partir de 14 días
- Para MDSF incrementos promedio del 24% a partir de 7 días

SCMs – HUMO DE SÍLICE – CASO DE ESTUDIO

Test	Clorhíde ion permeability					
	Time (days)					
	40		100		180	
Reference (100%)	4443	ALTA	3974	MODERADA	4288	ALTA
VHDSF (6.0%)	2109	MODERADA	1212	BAJA	1343	BAJA
HDSF (6.0%)			1504	BAJA	1368	BAJA
MDSF (6.0%)	2028	MODERADA	1300	BAJA	1036	BAJA

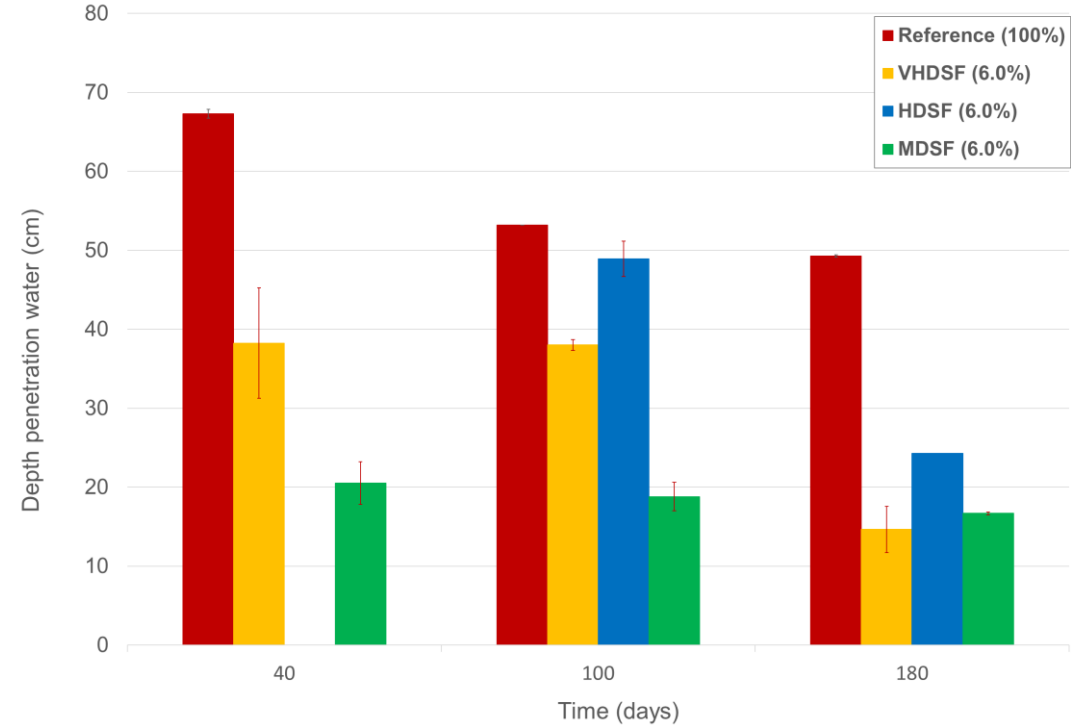


PERMEABILIDAD ION CLORURO

- Disminuye permeabilidad sin discriminar el grado de densificación respecto a la referencia
- En el tiempo (100 y 180 días) muestra disminución en términos de clasificación

SCMs – HUMO DE SÍLICE – CASO DE ESTUDIO

Test	Water permeability					
	Time (days)					
	40		100		180	
Reference (100%)	67.3	ALTA	53.2	MEDIA	49.3	MEDIA
VHDSF (6.0%)	38.3	MEDIA	38.0	MEDIA	14.7	BAJA
HDSF (6.0%)			48.9	MEDIA	24.3	BAJA
MDSF (6.0%)	20.5	BAJA	18.8	BAJA	16.7	BAJA

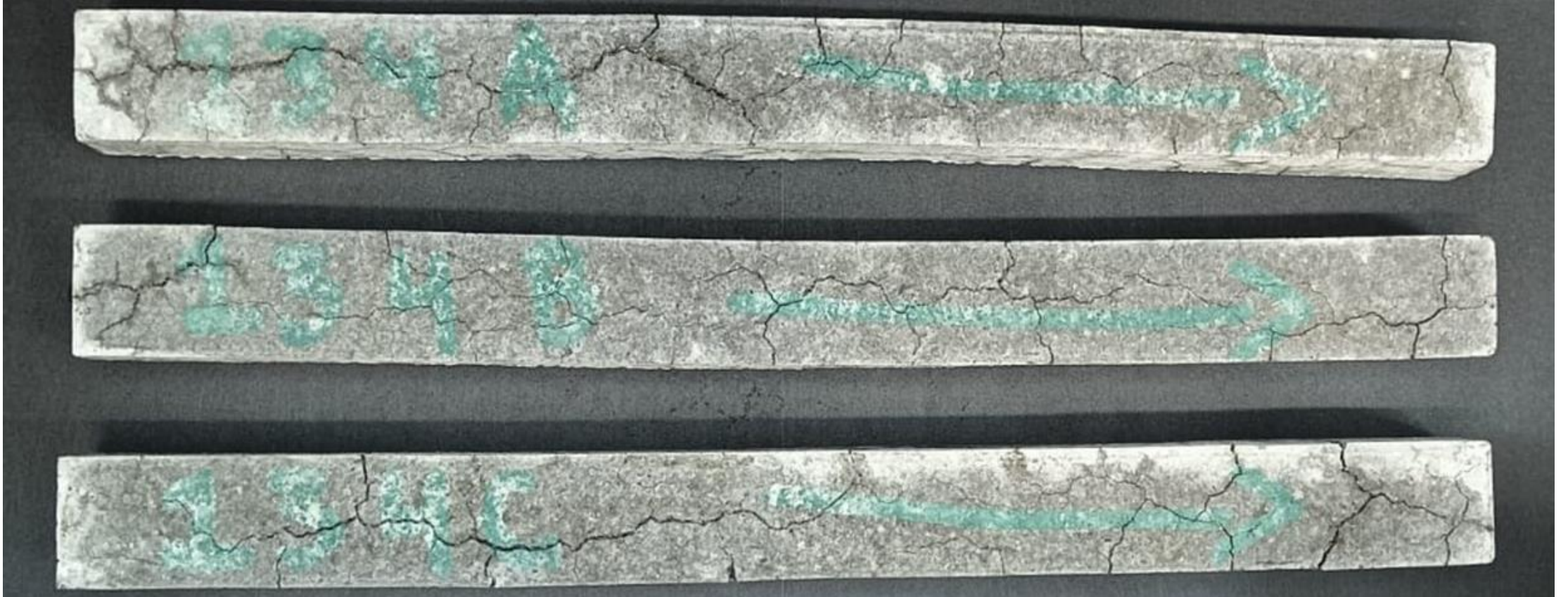


PERMEABILIDAD AL AGUA

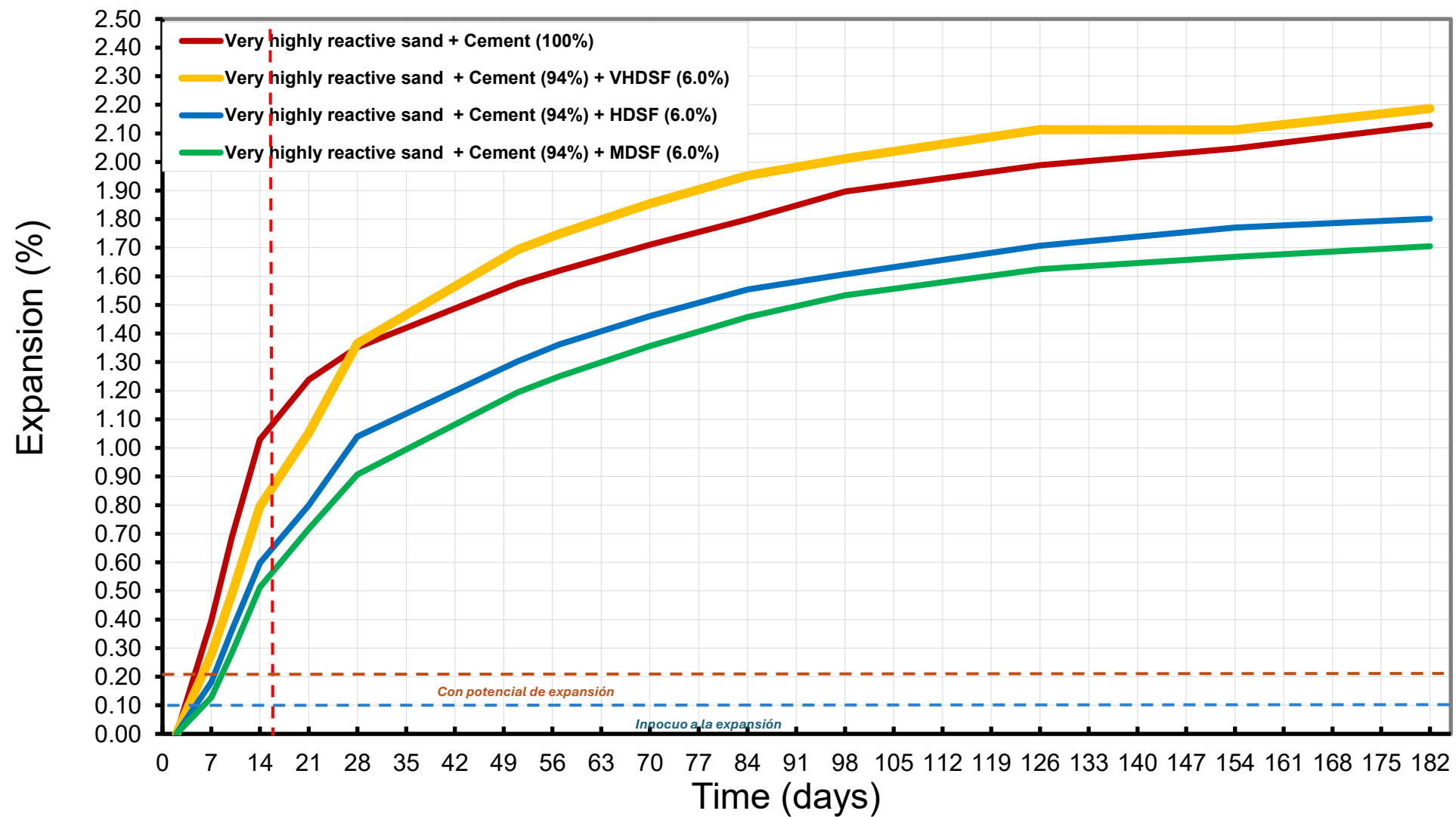
- Con VHDSF se observa disminución en la permeabilidad, sin embargo con MDSF deja la profundidad de penetración en su clasificación más baja desde los 40 días de medición

SCMs – HUMO DE SÍLICE – CASO DE ESTUDIO

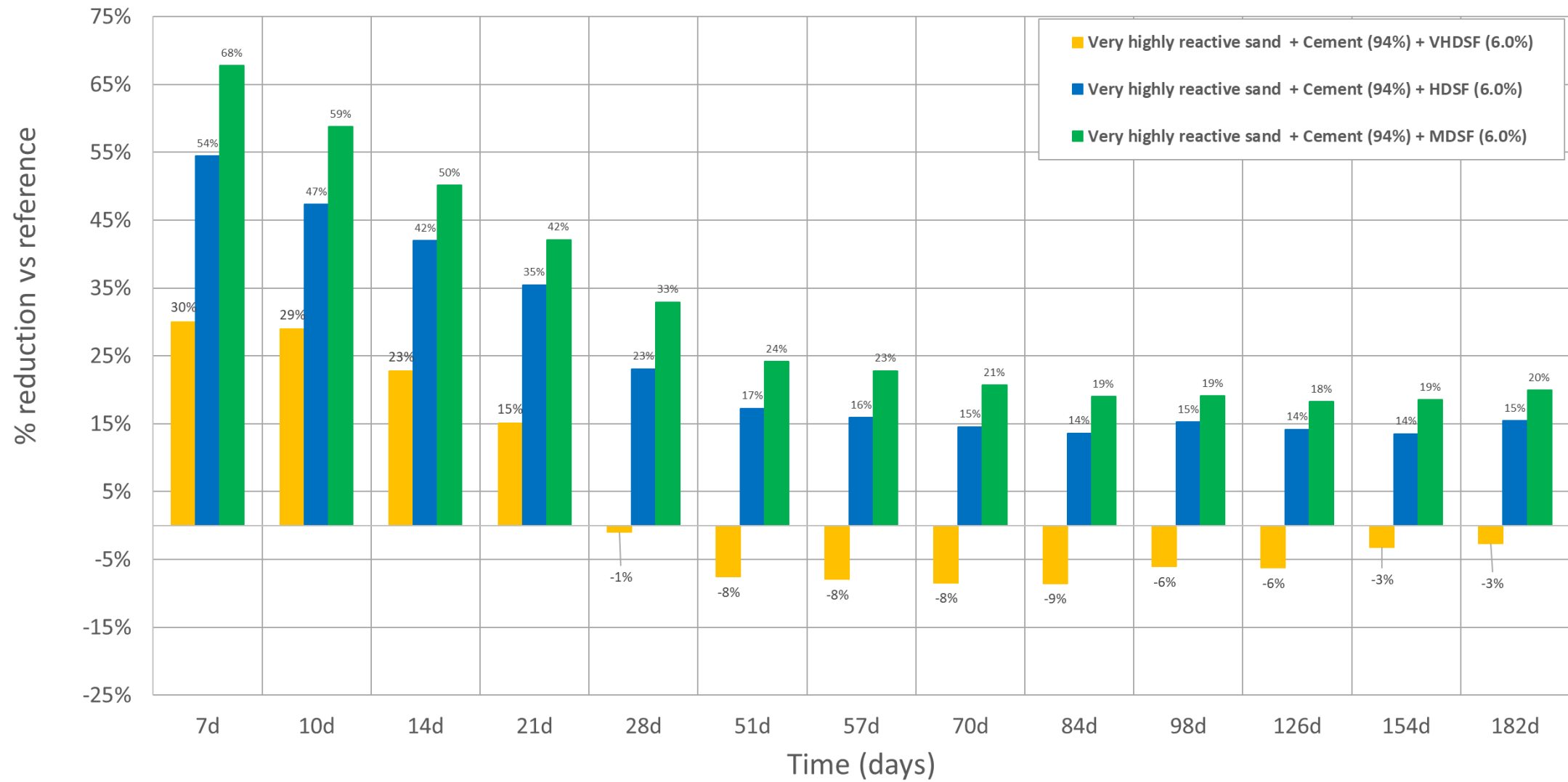
REACTIVIDAD ÁLCALI - AGREGADO



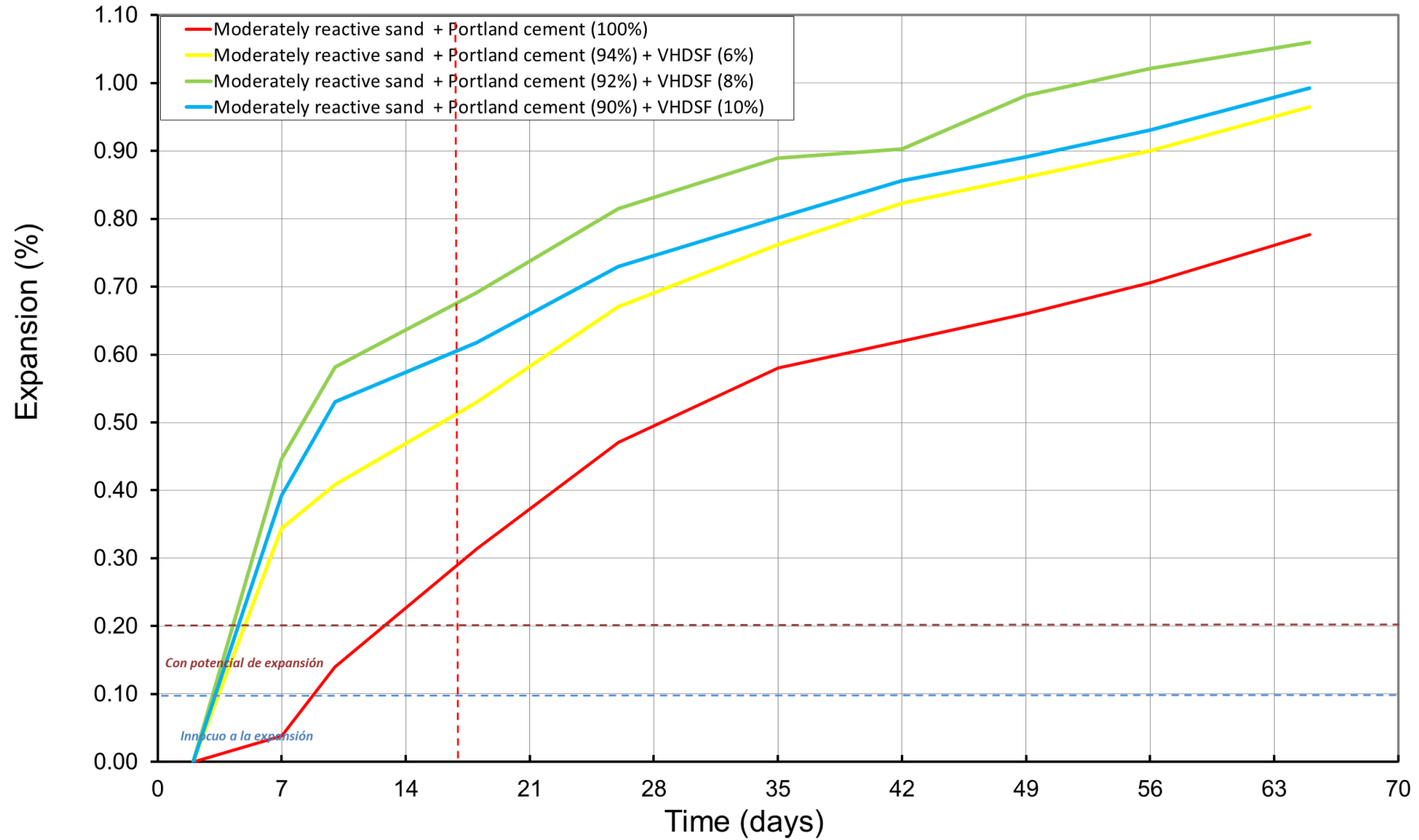
SCMs – HUMO DE SÍLICE – CASO DE ESTUDIO



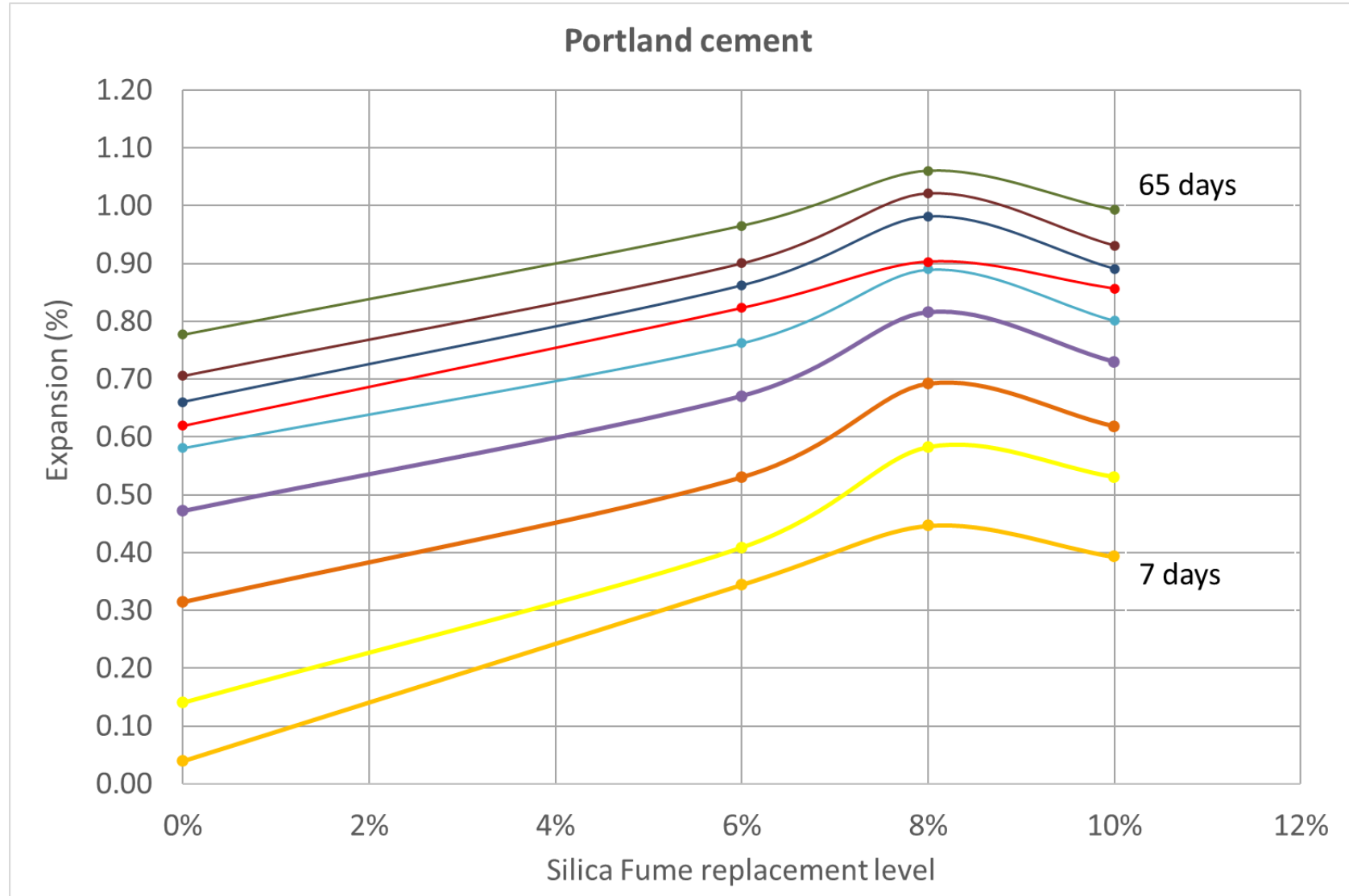
SCMs – HUMO DE SÍLICE – CASO DE ESTUDIO



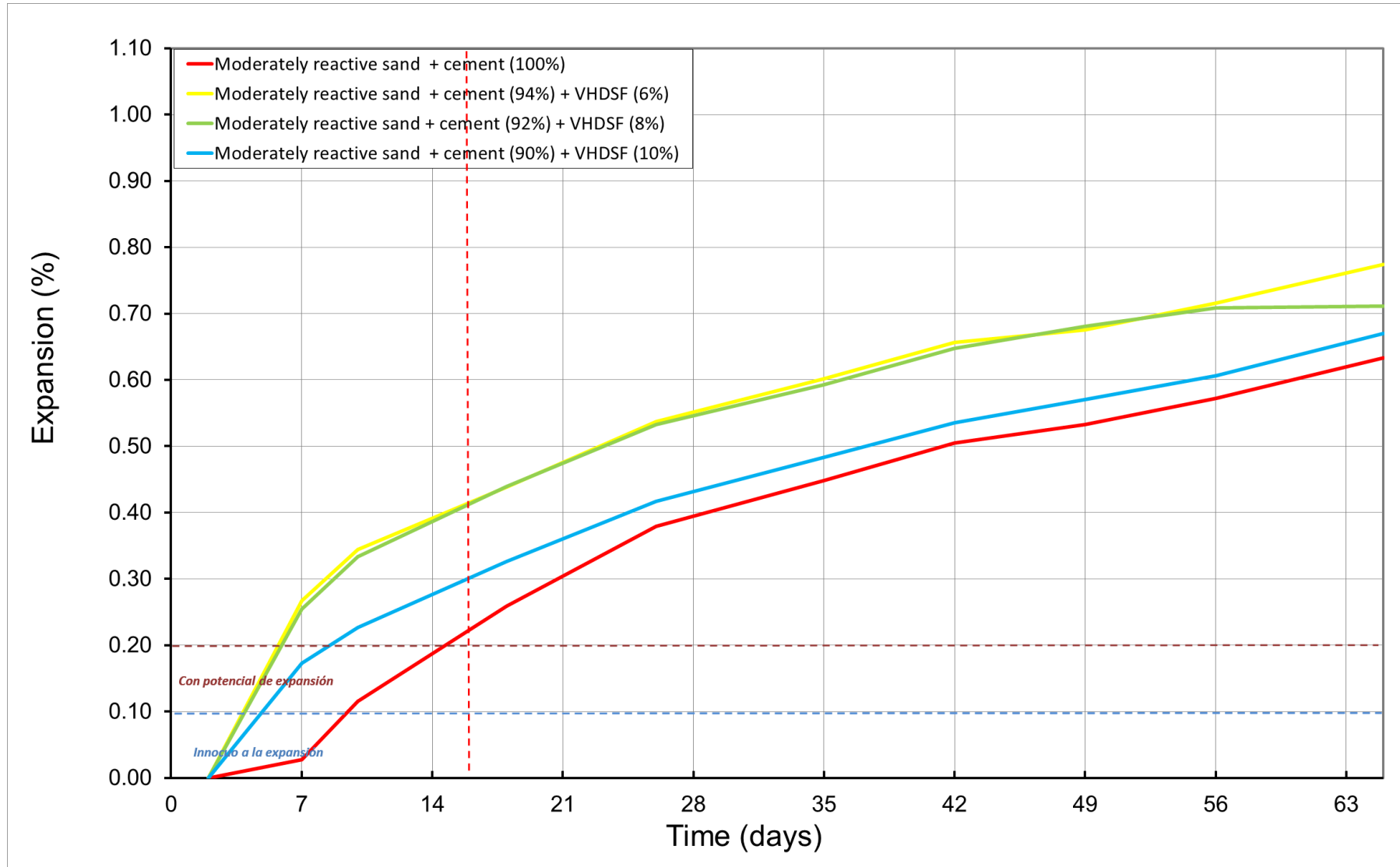
SCMs – HUMO DE SÍLICE – CASO DE ESTUDIO



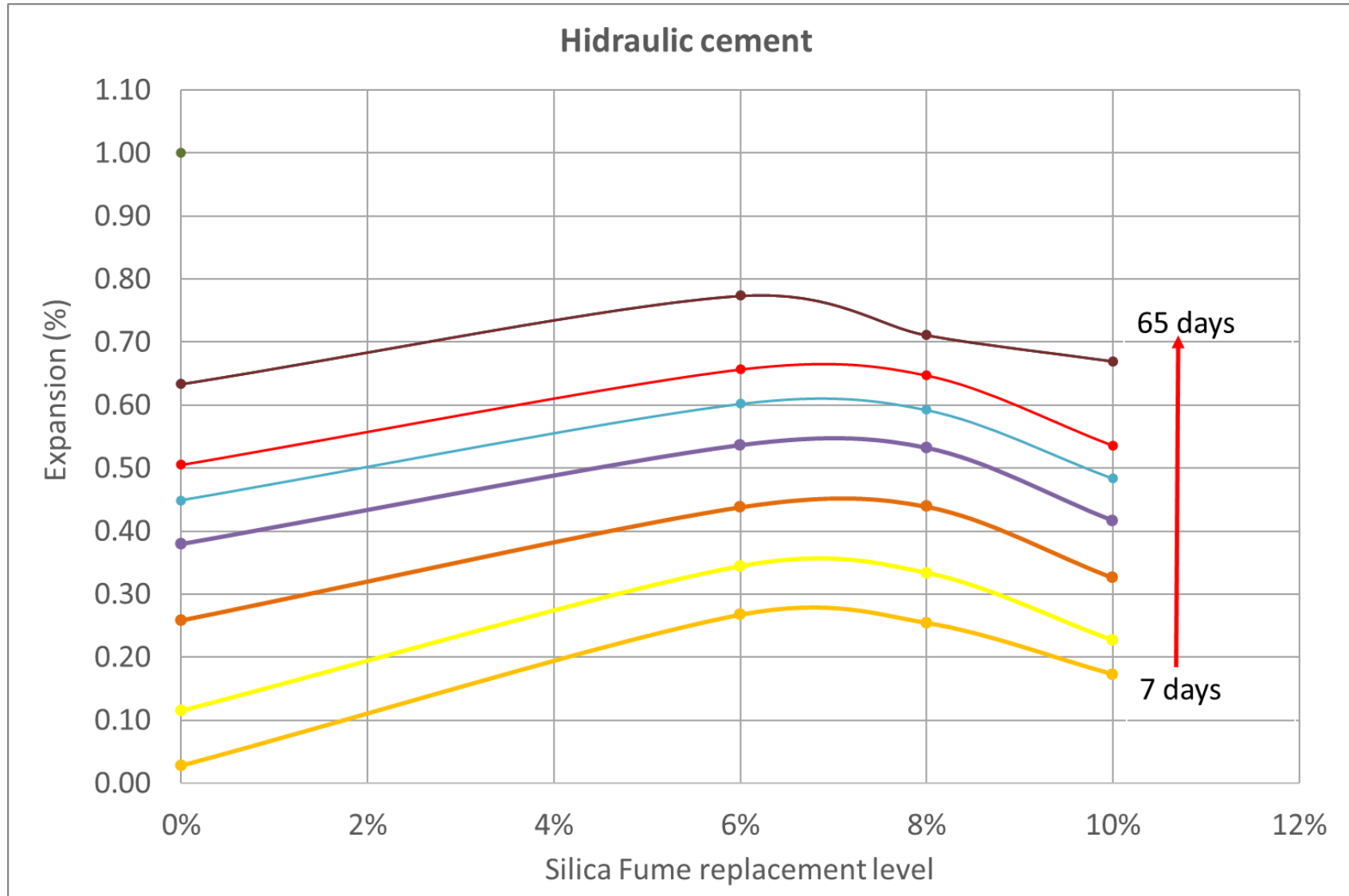
SCMs – HUMO DE SÍLICE – CASO DE ESTUDIO



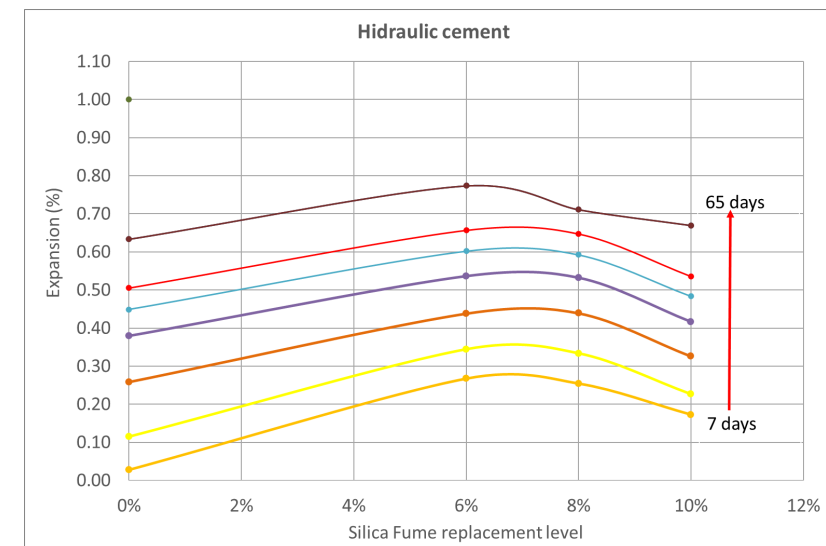
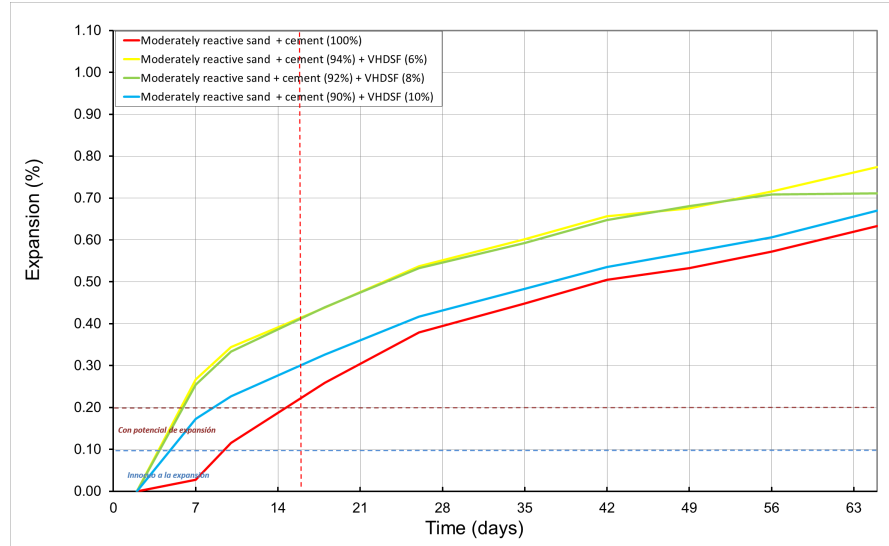
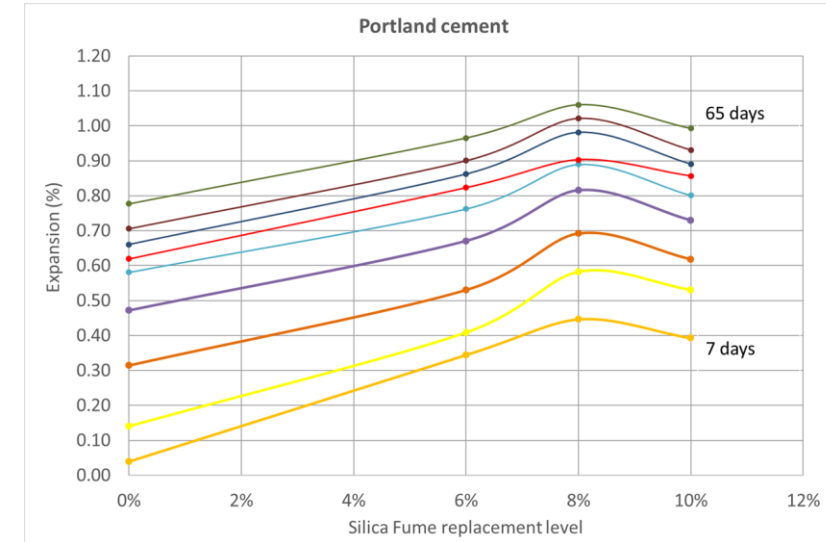
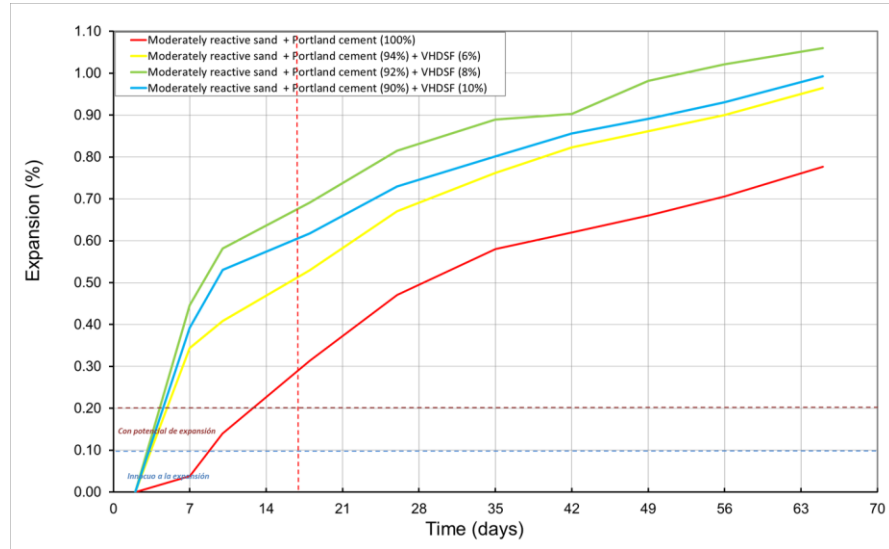
SCMs – HUMO DE SÍLICE – CASO DE ESTUDIO



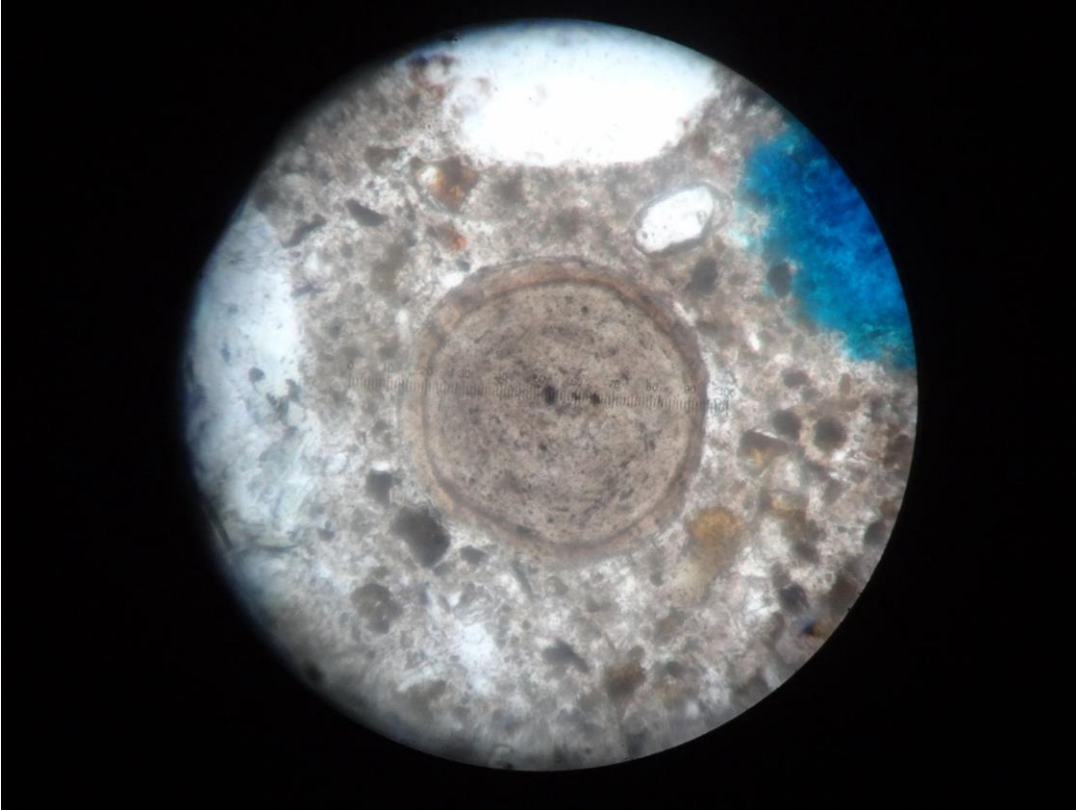
SCMs – HUMO DE SÍLICE – CASO DE ESTUDIO



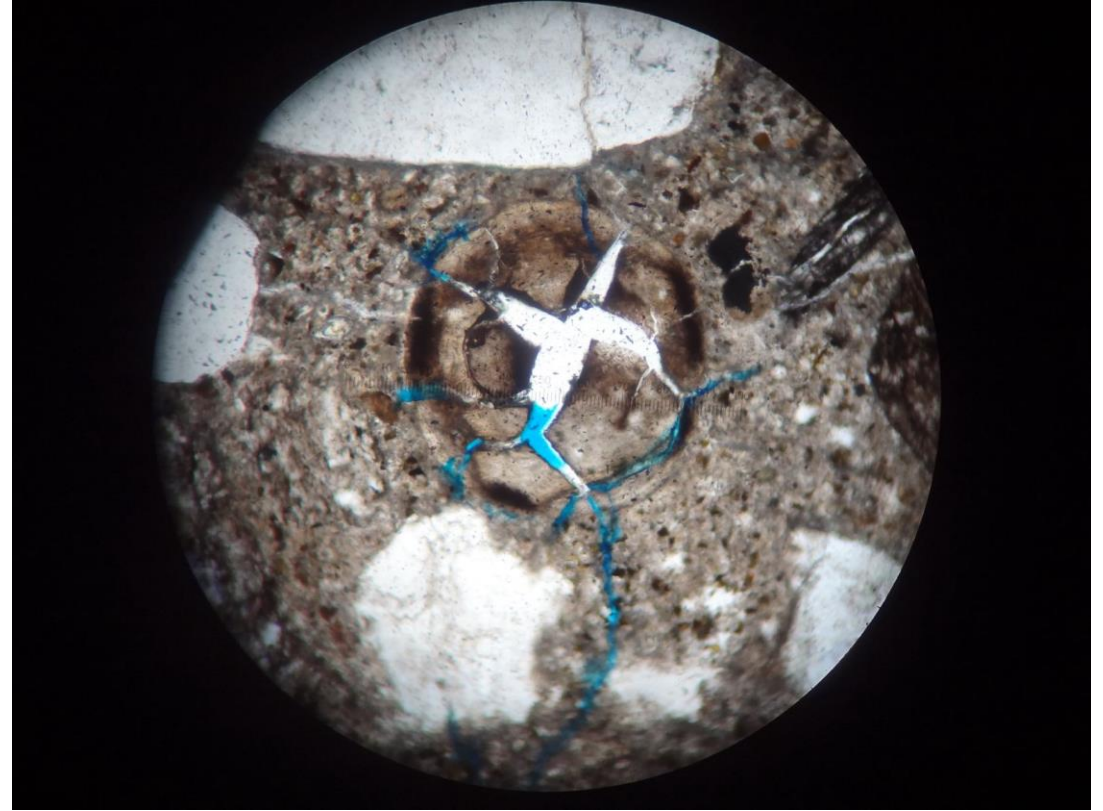
SCMs – HUMO DE SÍLICE – CASO DE ESTUDIO



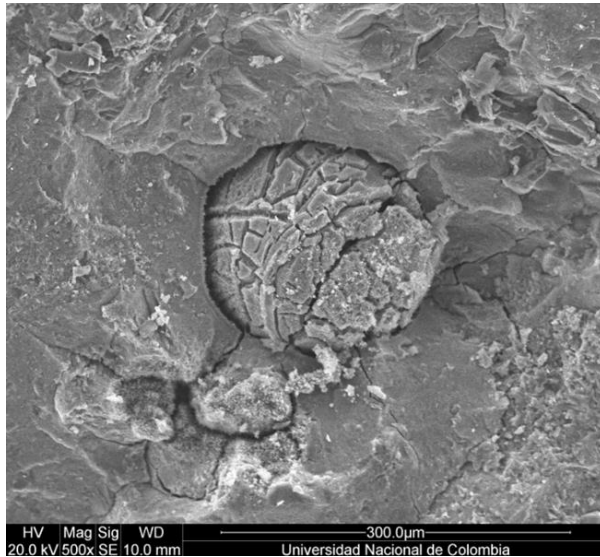
SCMs – HUMO DE SÍLICE – CASO DE ESTUDIO



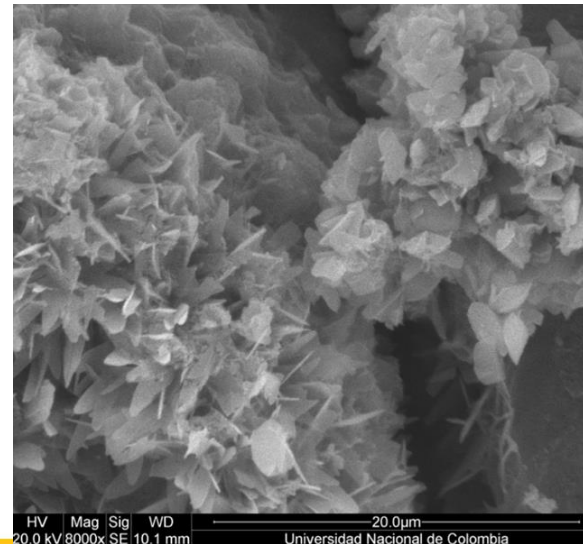
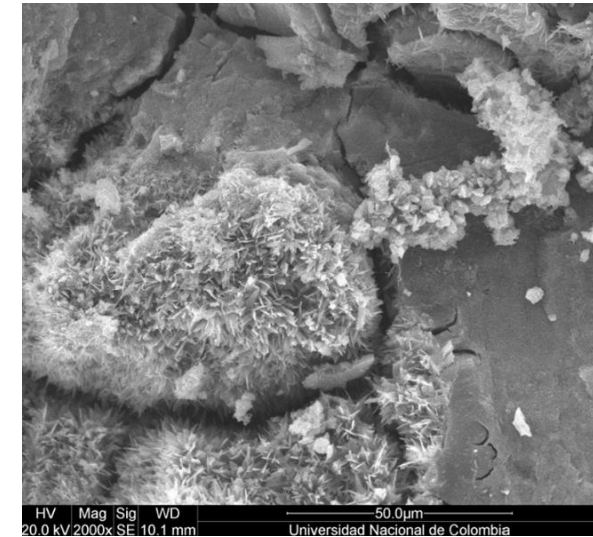
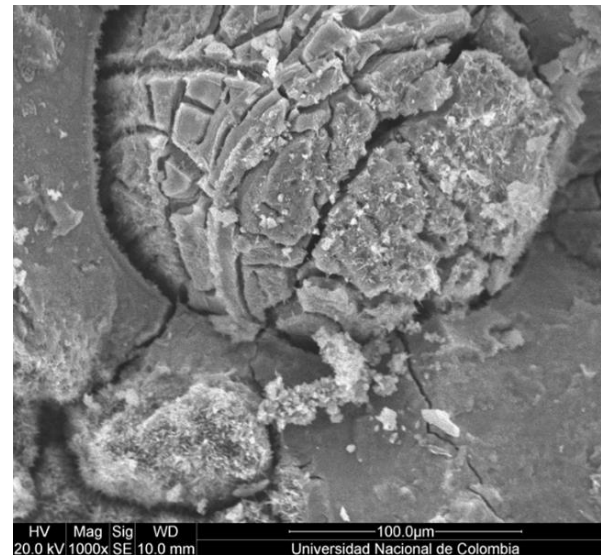
Fotografías tomadas por Minerlab



SCMs – HUMO DE SÍLICE – CASO DE ESTUDIO

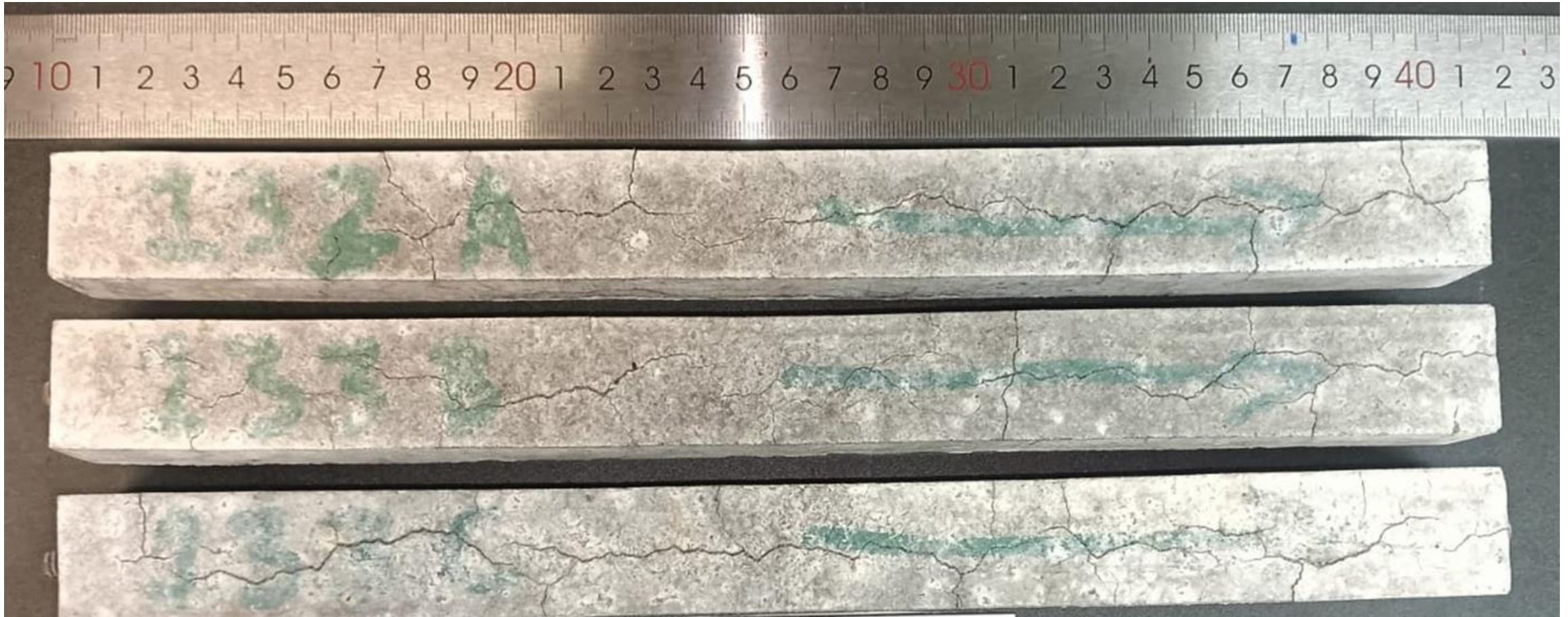


Fotografías tomadas SEM Universidad Nacional de Colombia



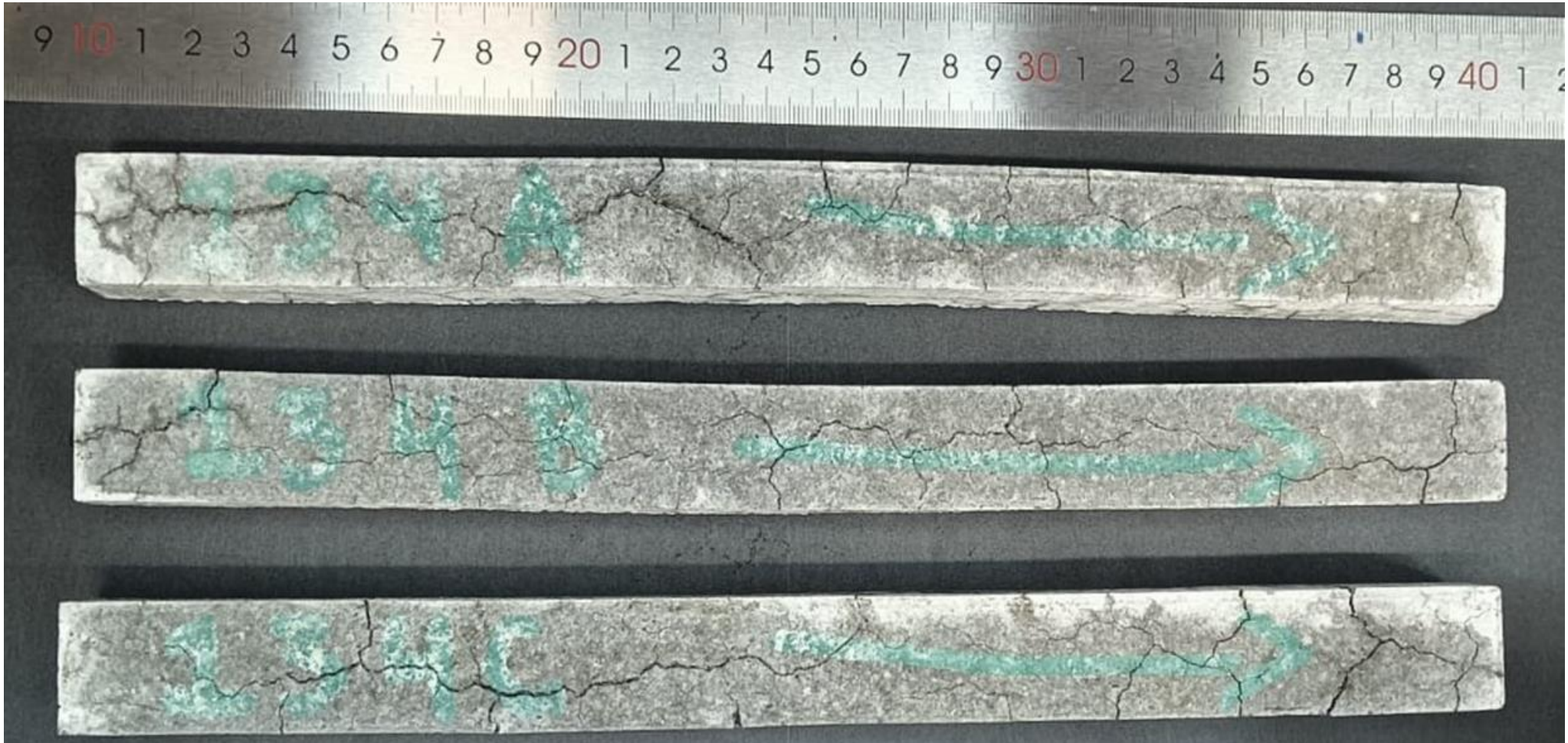
SCMs – HUMO DE SÍLICE – CASO DE ESTUDIO

Very highly reactive sand + cement (100%)



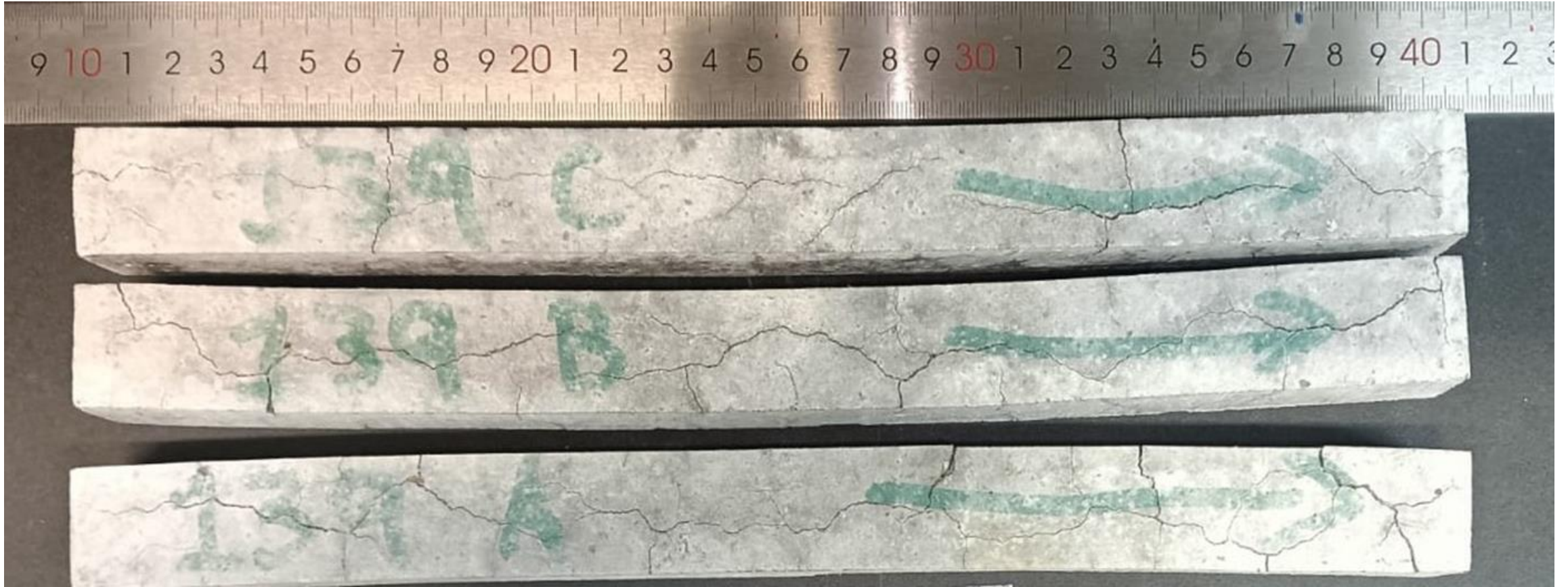
SCMs – HUMO DE SÍLICE – CASO DE ESTUDIO

Very highly reactive sand + cement (94%) + VHDSF (6.0%)



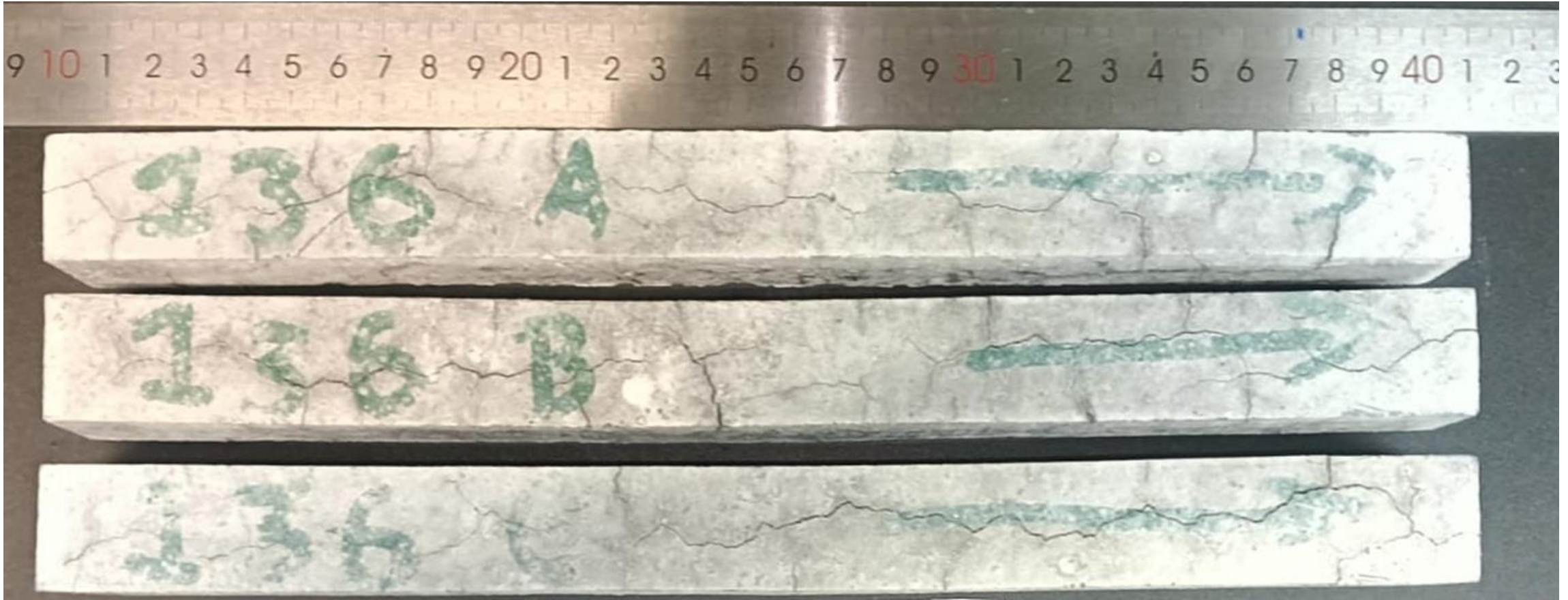
SCMs – HUMO DE SÍLICE – CASO DE ESTUDIO

Very highly reactive sand + cement (94%) + HDSF (6.0%)



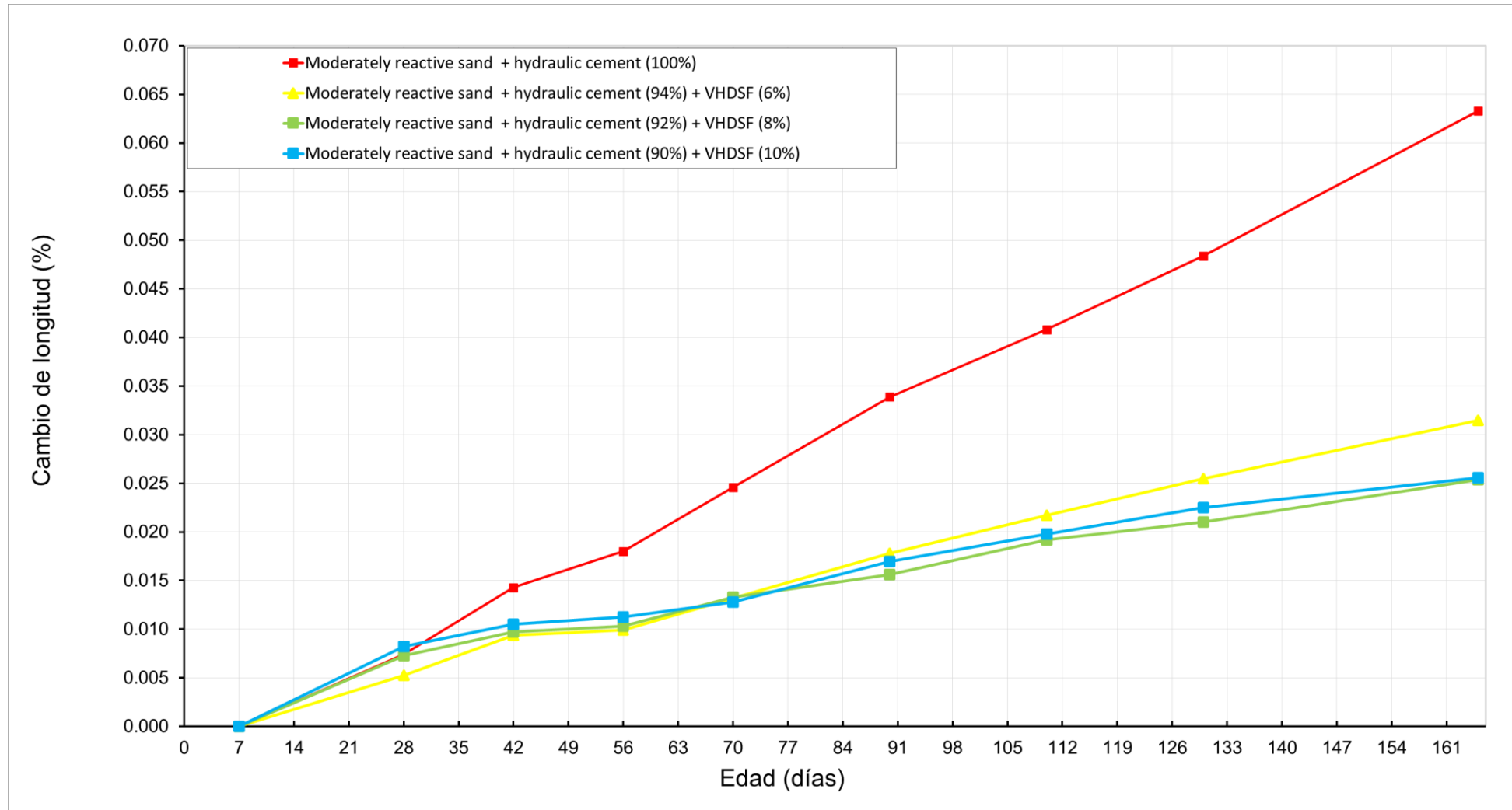
SCMs – HUMO DE SÍLICE – CASO DE ESTUDIO

Very highly reactive sand + cement (94%) + MDSF (6.0%)



SCMs – HUMO DE SÍLICE – CASO DE ESTUDIO

RESISTENCIA A SULFATOS

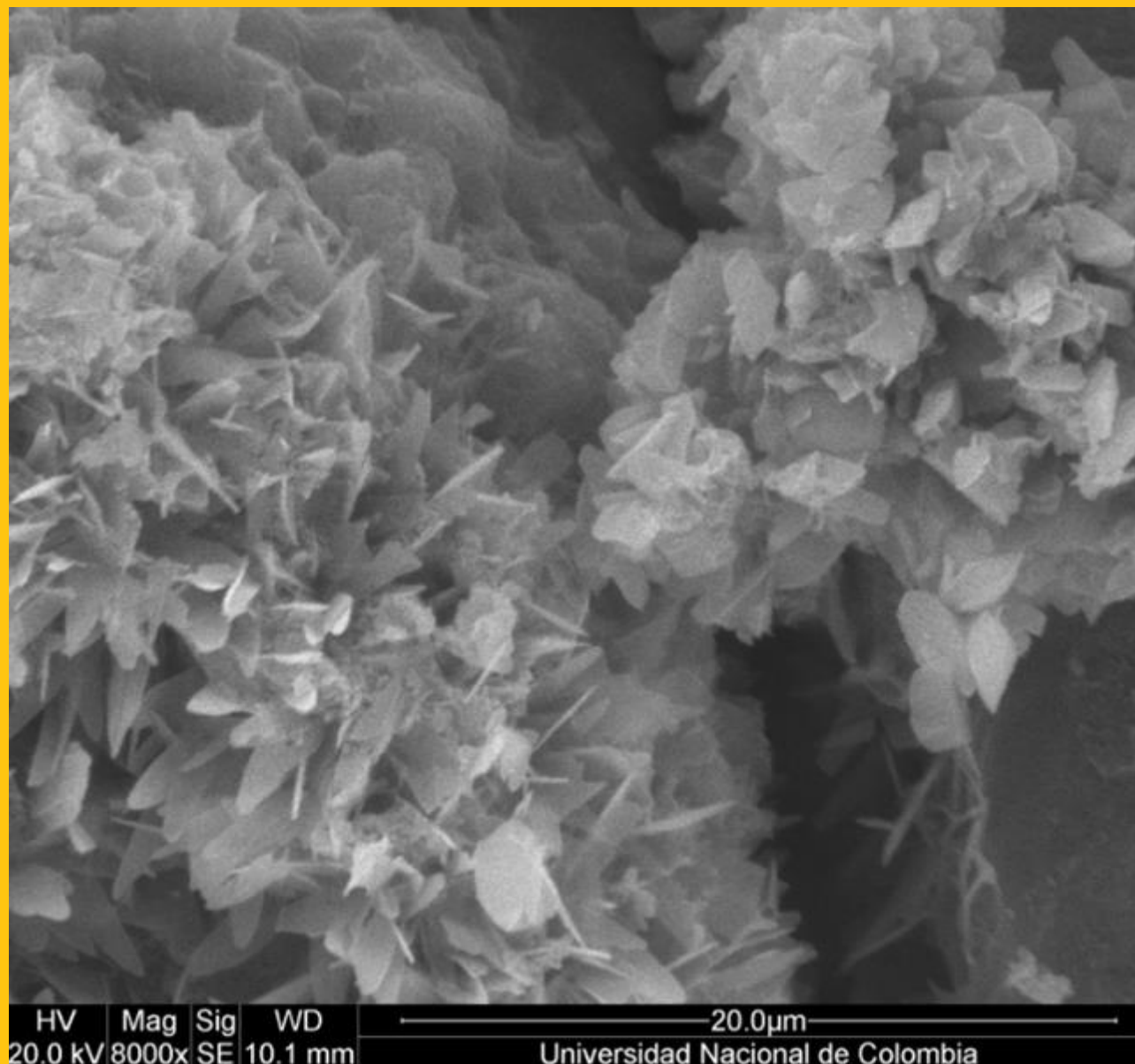


SCMs – HUMO DE SÍLICE – CASO DE ESTUDIO

- Cada uno de los materiales cementantes suplementarios descritos muestran ventajas tanto ambientales como en desempeño de los hormigones y sus prestaciones.
- La calidad de los materiales cementantes suplementarios es de vital importancia para garantizar su efectividad en la mejora de características del hormigón.
- La densificación del humo de Sílice, es un proceso necesario para su adecuado manejo, transporte y distribución del mismo, sin embargo, debe considerarse muy detenidamente debido a su influencia en las características del hormigón.
- Una muy alta densificación del humo de Sílice no genera afectaciones en las características de resistencia a compresión, durabilidad (permeabilidad al agua y al ion cloruro) del hormigón, se debe analizar previamente su influencia en la mitigación de reactividad álcali – agregado.

ARGOS - SIKA 2025

JUNTOS
ES POSIBLE



CONSTRUYENDO CONFIANZA

