

Ventajas del Uso de Aditivo Puzolánico Controlador de Reología en Hormigón Proyectado



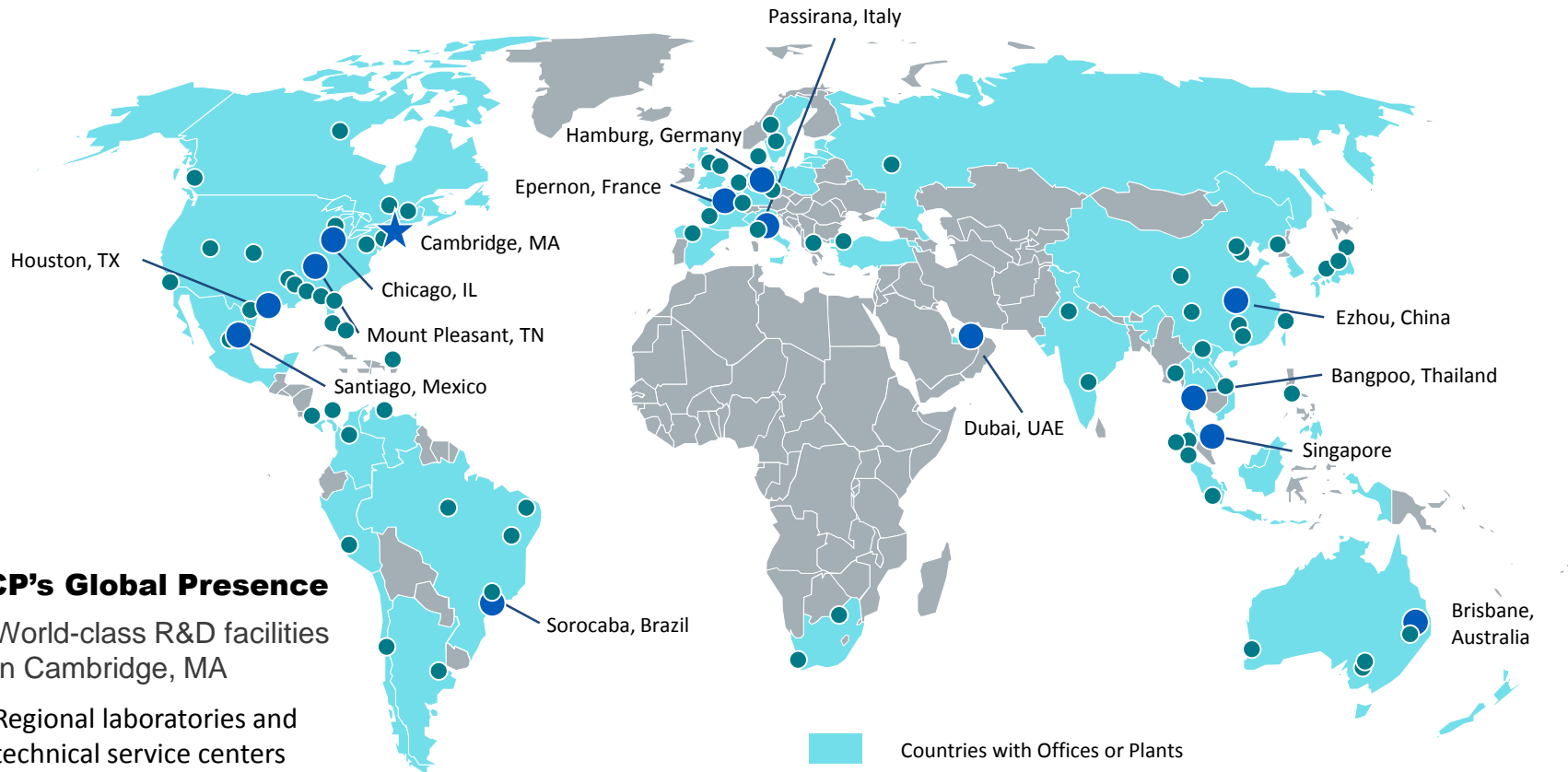
Ing. Diego Granell
GCP Applied Technologies Inc.

La marca que conocías y de tu confianza, tiene un nuevo nombre

GRACE



TYTRO®: Una línea de aditivos para Shotcrete formulados para su uso en minería y tunelería



GCP's Global Presence

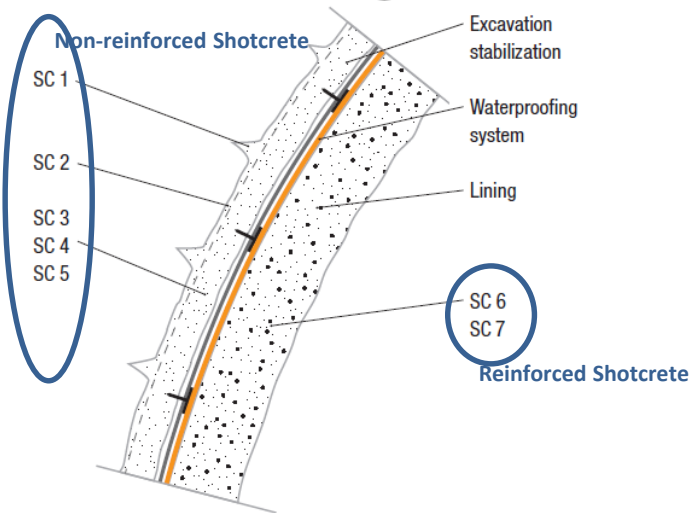
- World-class R&D facilities in Cambridge, MA
- Regional laboratories and technical service centers close to our customers
- Best-in-class field support
- Facilities in over 40 countries on six continents
- 74 manufacturing and technical sites worldwide

- Countries with Offices or Plants
- ★ Global Headquarters
- Key Manufacturing Facilities
- Other Facilities

TYTRO®: Portfolio especialmente diseñado para la mejora de la productividad y las condiciones de seguridad y salud en obras subterráneas

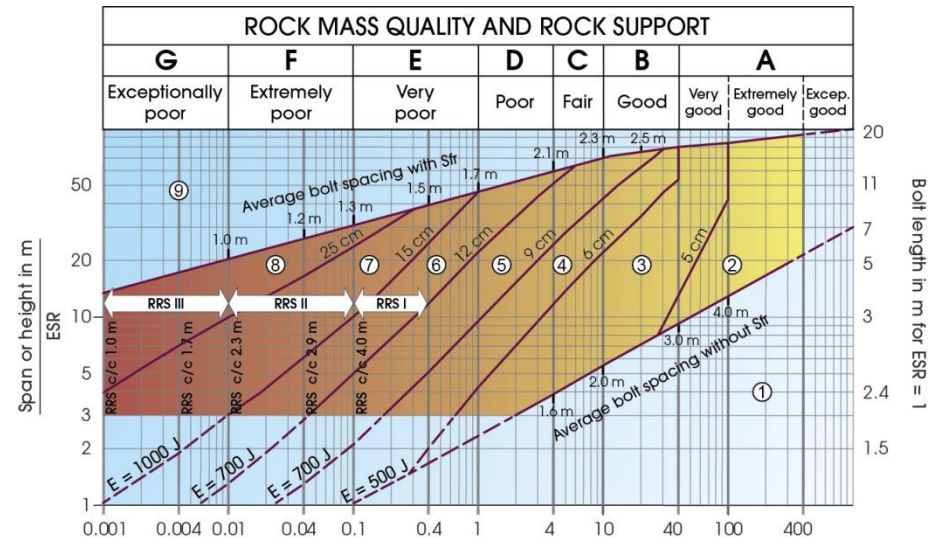
Túneles

Sostenimiento temporal y revestimiento en túneles



Minería

Sostenimiento en minería subterránea



$$\text{Rock mass quality } Q = \frac{RQD}{J_n} \times \frac{J_r}{J_a} \times \frac{J_w}{SRF}$$

REINFORCEMENT CATEGORIES

- 1) Unsupported
- 2) Spot bolting, sb
- 3) Systematic bolting, B
- 4) Systematic bolting (and unreinforced shotcrete, 4-10cm, B(+S))
- 5) Fiber reinforced shotcrete and bolting, 5-9cm, Sfr+B
- 6) Fiber reinforced shotcrete and bolting, 9 - 12cm, Sfr+B
- 7) Fiber reinforced shotcrete and bolting, 12 - 15cm, Sfr+B
- 8) Fiber reinforced shotcrete > 15cm, reinforced ribs of shotcrete and bolting, Sfr, RRS+B
- 9) Cast concrete lining, CCA

TYTRO®: Un sistema integral de aditivos que reduce el costo instalado mediante optimización de la mezcla, reducción del rebote y mejora de los ciclos de lanzamiento

Shotcrete System



- › Superplastificantes–TYTRO® WR
- › Retardantes – TYTRO® HC
- › Incorporadores de aire– TYTRO® AE
- › Controlador de reología – TYTRO® RC
- › Modificador de reología – TYTRO® RM
- › Acelerantes—TYTRO® SA
- › Fibras – STRUX® BT



Beneficios

- Una mayor cohesión de la mezcla
- Un incremento de la adherencia
- Aumento de las resistencias a compresión iniciales y finales
- Reducción del rebote, hasta niveles menores del 10%
- Incremento en la densidad del hormigón
- Reducción del polvo
- Mejora de rendimiento de colocación en zonas de bóveda.

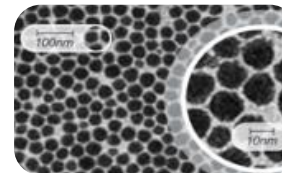
Nuevas Tecnologías



STRUX® BT50



TYTRO® SA 530



TYTRO® RC 430

TYTRO[®] RC 430: Aditivo puzolánico controlador de reología



CEMENT

The cement in the sprayed concrete mix acts as a “glue” which binds and embeds the aggregate particles together.



ADDITIVES

Additives are used in sprayed concrete for a variety of requirements and therefore differ considerably in characteristics.



AGGREGATES

The aggregates (stone particles) form the framework of the sprayed concrete matrix.



FINES CONTENT

Fine content acts as a lubricant in the fresh concrete to improve the workability and water retentivity.



WATER

Water goes into the sprayed concrete as added water during its production and as inherent moisture in the aggregate.



ADMIXTURES



FIBERS



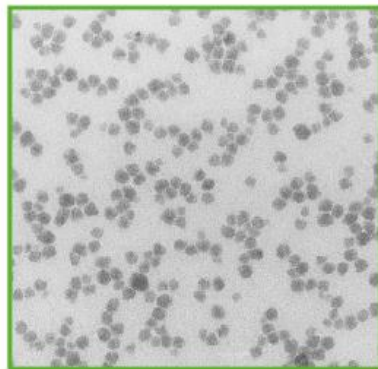
Aditivo puzolánico controlador de reología

El aditivo controlador de reología TYTRO[®] RC 430 se usa con el objeto de optimizar mezclas de Shotcrete y mejorar las propiedades en ***estado fresco y estado endurecido***

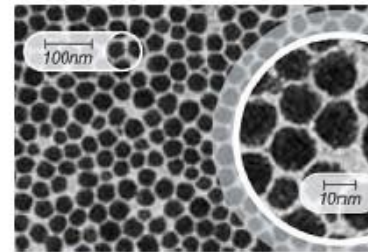
TYTRO[®] RC 430: Aditivo puzolánico controlador de reología

Composición

- Aditivo químico formulado en base a una suspensión de nanopartículas de sílice amorfa e insolubles en agua
- Partículas esféricas y no porosas
- Partículas sintéticas y no aglomeradas
- **Dispersión acuosa estable**

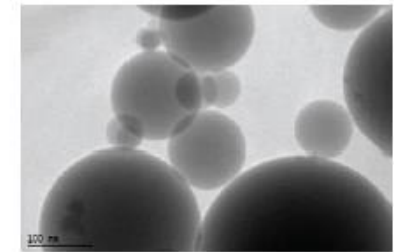


Propiedades



TYTRO[®] RC

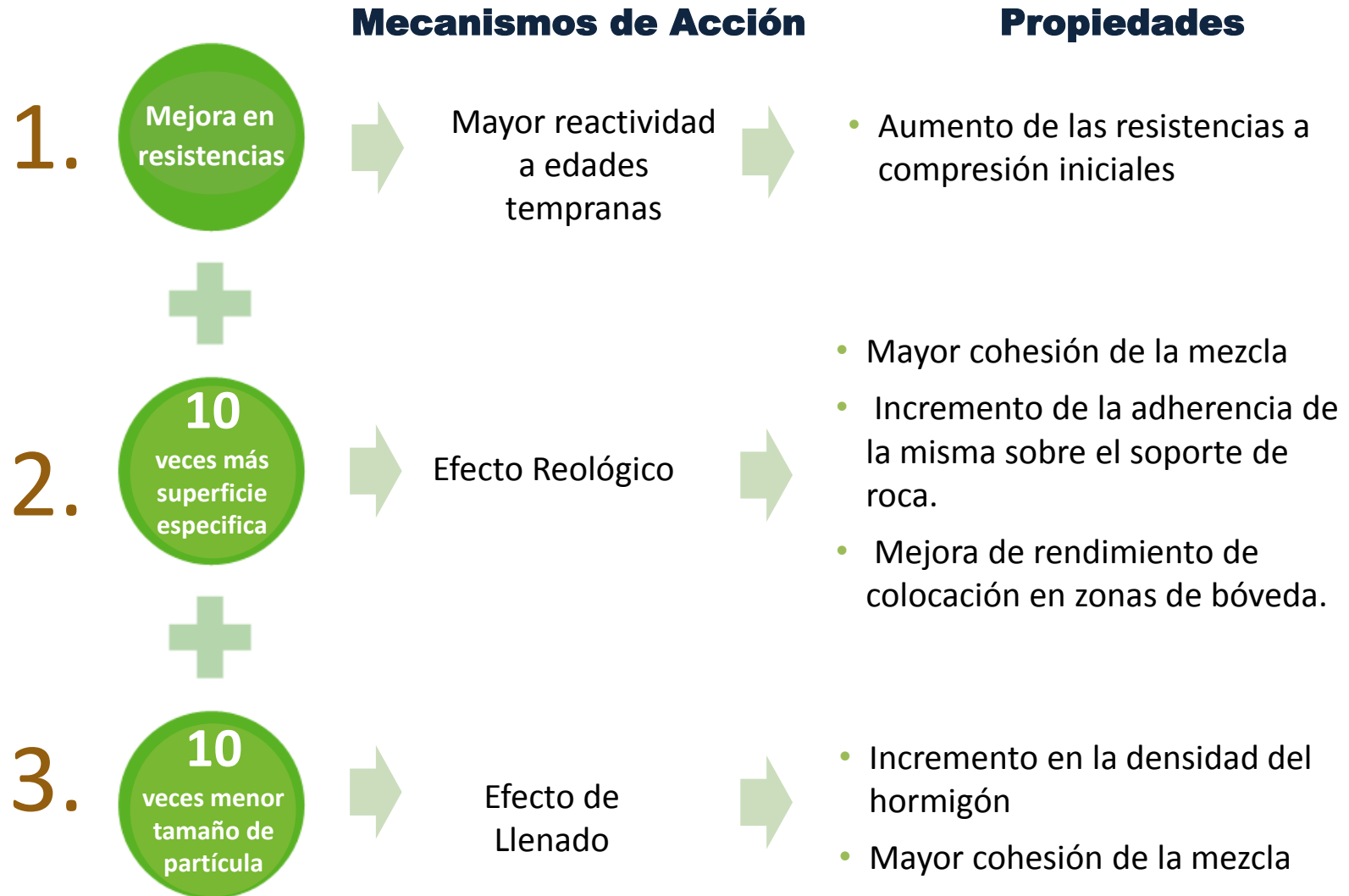
VS



HUMO DE SÍLICE

Nanométrico	Micrométrico
Material sintético	Residuo industrial
Puro y amorfo	Contiene impurezas
Líquido	Polvo
Robusto y consistente	Calidad variable
Fácil de manipular	Difícil manipulación

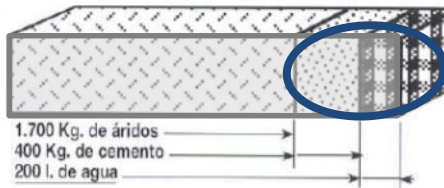
Mecanismos de acción del aditivo controlador de reología



Beneficios – Menor coste de material puesto en obra

PRODUCCION DE SHOTCRETE

2.400 kg
1.000 litros



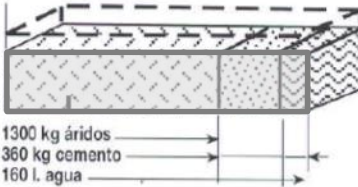
Reducción del material cementante
(e.g de 470 kg a 420 kg)

Reducción de la dosis de acelerante
(≈ 3 litros a igualdad de dosis)

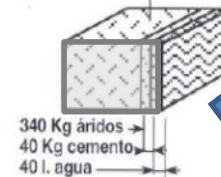
Acelerante 5%
20 Kg = 15 litros

Mayor espesor de pasada y mayor adherencia al sustrato

900 l. de mezcla compactada 1: 1,25
640 l. de hormigón proyectado aplicado



PUESTA EN OBRA DE SHOTCRETE

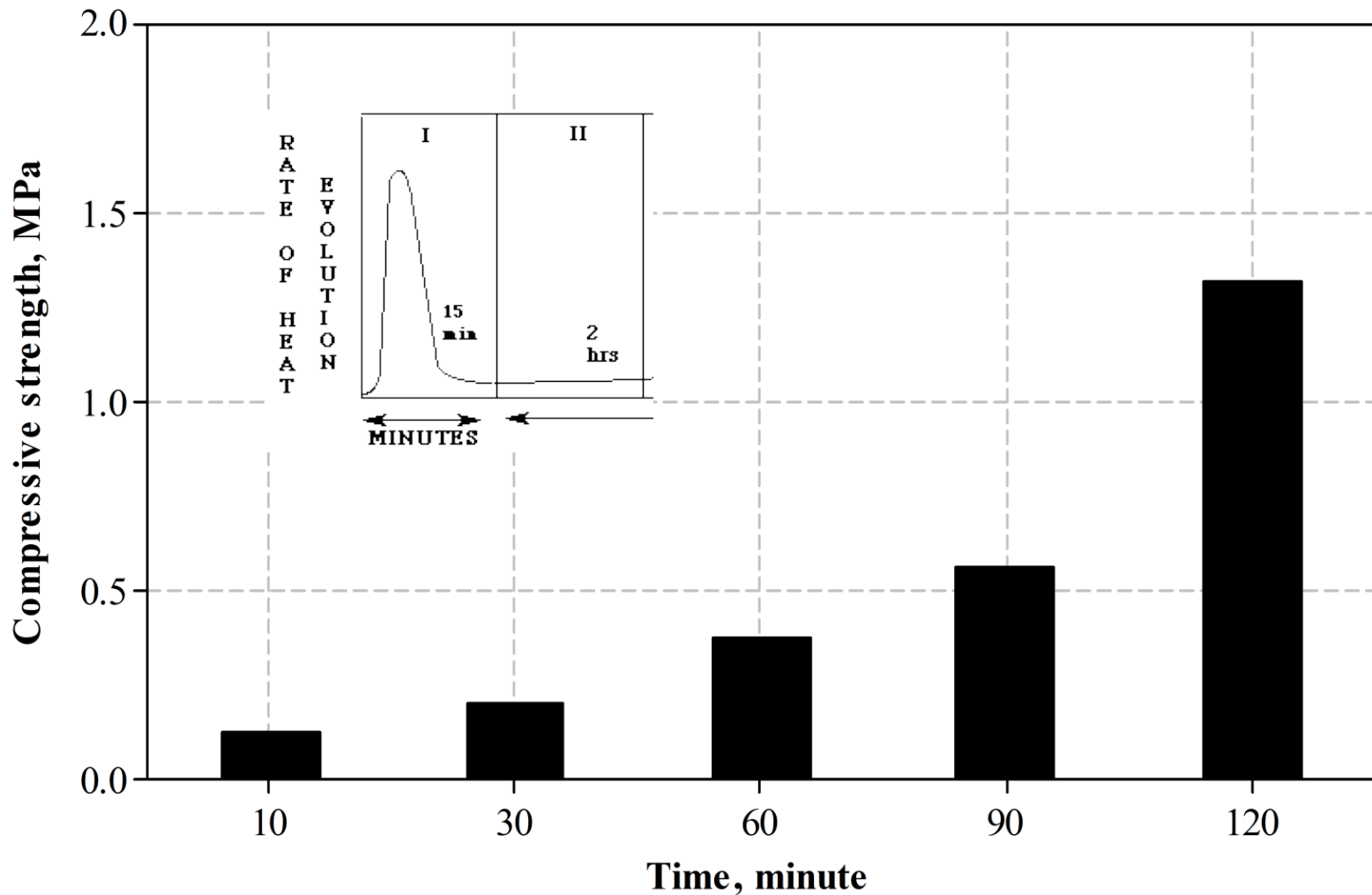


Material de Rebote

Reducción del rebote
(niveles inferiores a 7%)

Beneficios – Aceleración de las resistencias tempranas

Entre las fases I y II (15 minutos to 2 horas), la actividad de hidratación del cemento es baja, y el impacto en las resistencias viene determinado por la dosis de acelerante

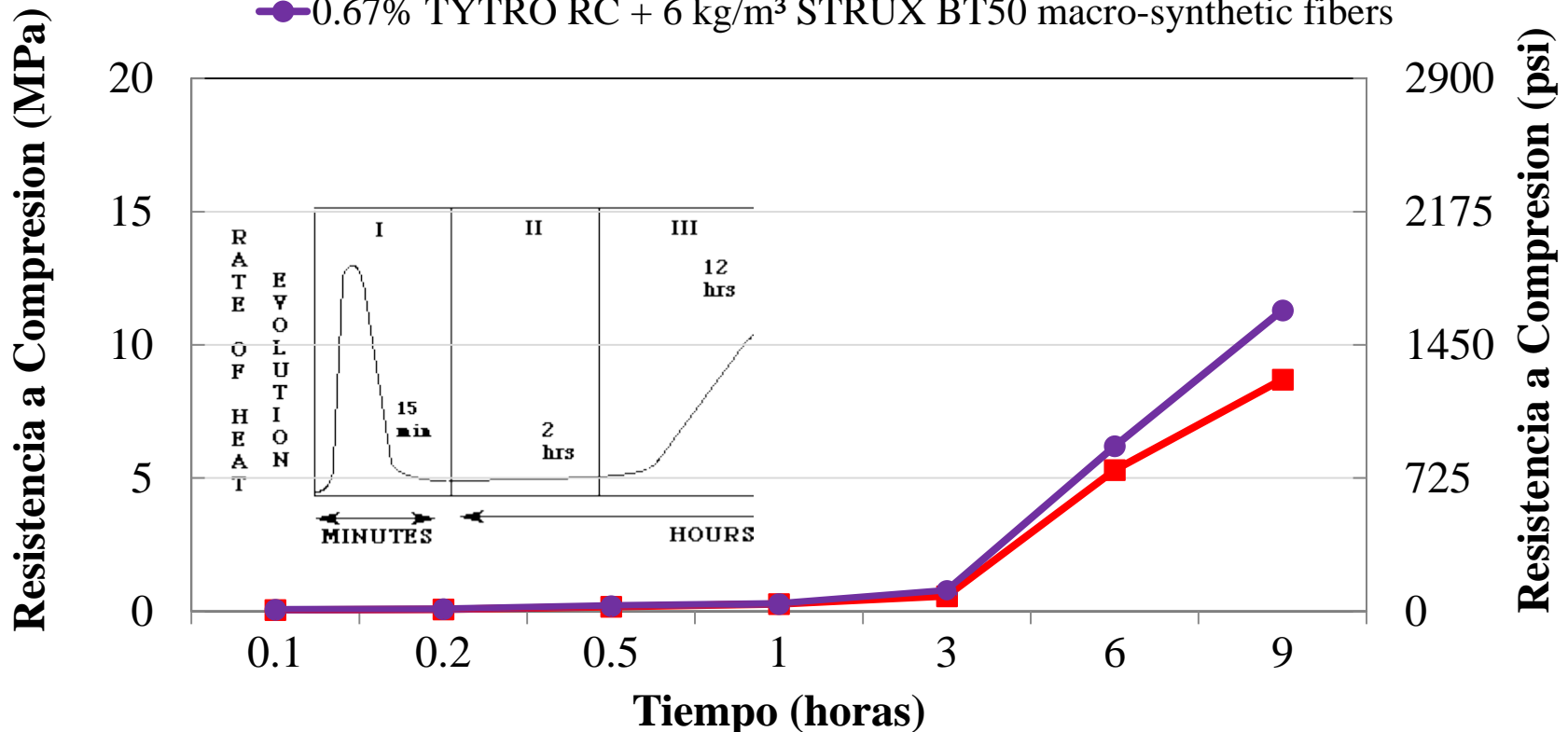


Beneficios – Aceleración de las resistencias tempranas

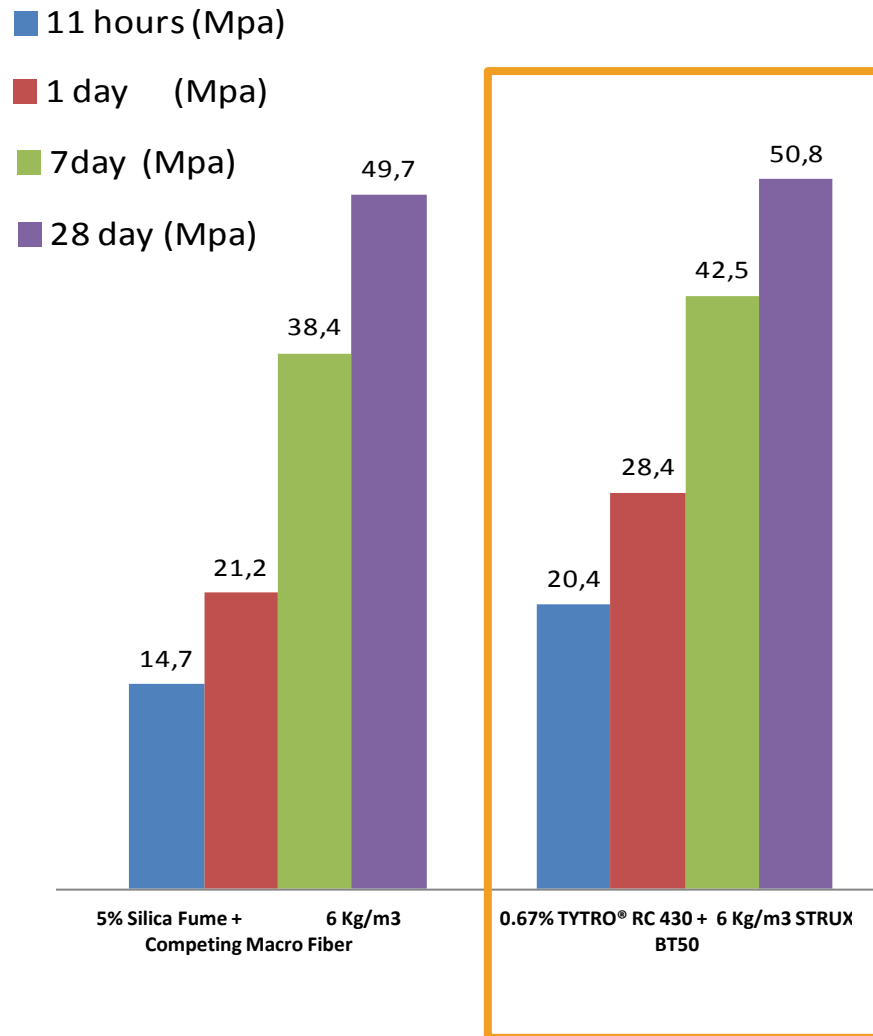
A partir de las 3 horas (Fase III) TYTRO® RC 430 reacciona con el hidróxido de calcio producto de la hidratación del cemento, acelerando la formación de geles de silicato cálcico hidratado (CSH) que a su vez aceleran el desarrollo de resistencia a compresión

Desarrollo de Resistencias Tempranas (Penetrometro hasta 3 horas y Hilti de 3 a 9 horas)

- 5% silica fume + 40 kg/m³ steel fibers
- 0.67% TYTRO RC + 6 kg/m³ STRUX BT50 macro-synthetic fibers



Beneficios – Mayores resistencias a 28 días



Comparativa de Resultados

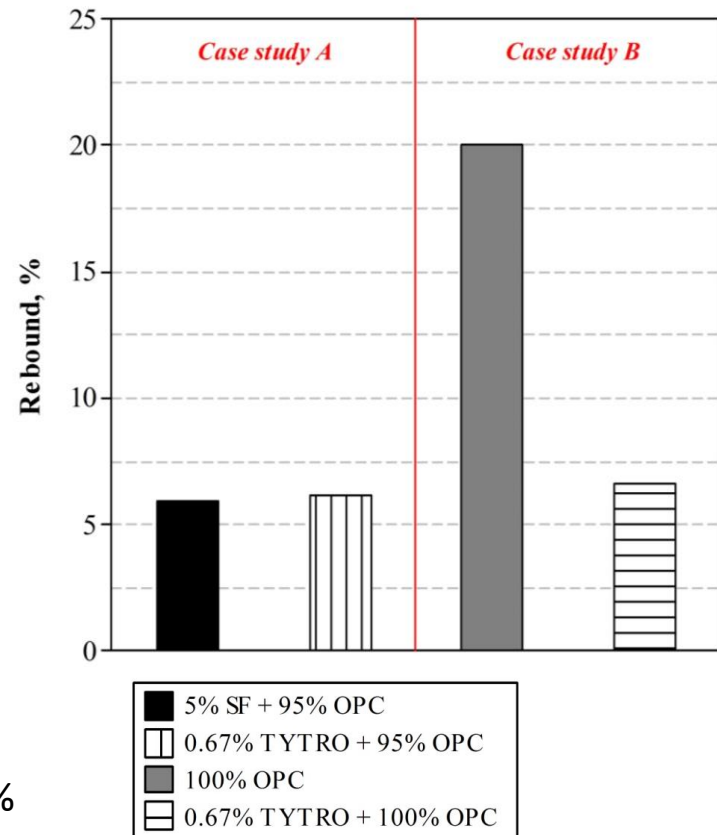
1. Mezcla TYTRO vs. Mezcla sin adiciones
 - Mayores resistencias tempranas
 - Mayores resistencias a 28 días
2. Mezcla TYTRO vs. Mezcla con adición de microsílice
 - Mayores resistencias tempranas
 - Similares resistencias a 28 dias

Beneficios – Menores pérdidas por rebote



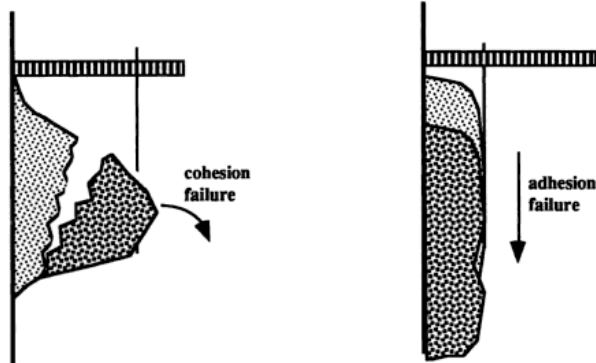
Comparativa de Resultados

- Mezcla en vía seca: >20 %
- Mezcla en vía húmeda
 - Mezclas sin adición de microsílíce: 10 – 25%
 - Mezclas con adición de microsílíce: 5 – 10 %
 - Mezclas con adición de TYTRO: 5 - 7%



La tecnología TYTRO® RC 430 minimiza el rebote y la generación polvo en las proyecciones, particularmente cuando se proyecta en bóveda

Beneficios – Mayor adherencia al sustrato y entre capas

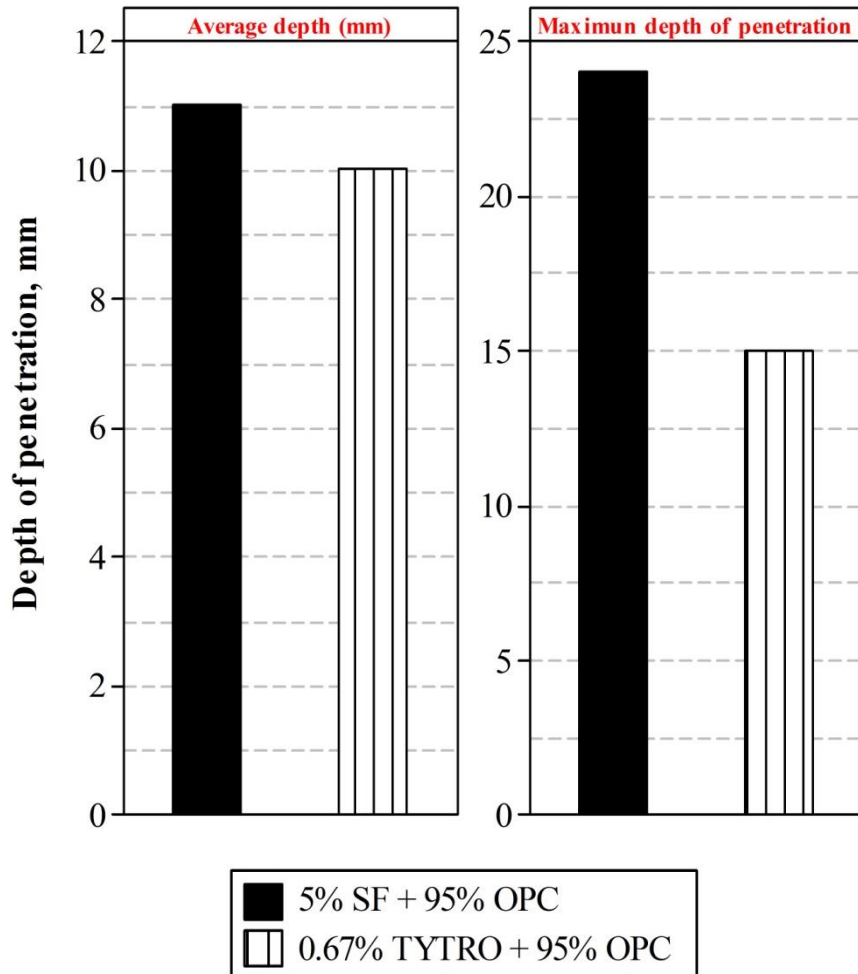


TYTRO® RC proporciona mejoras en la proyección permitiendo, debido a la mejora de adhesión sobre el soporte, un mayor espesor de las capas proyectadas y un mayor nivel de protección

Beneficios – Mejora de la durabilidad

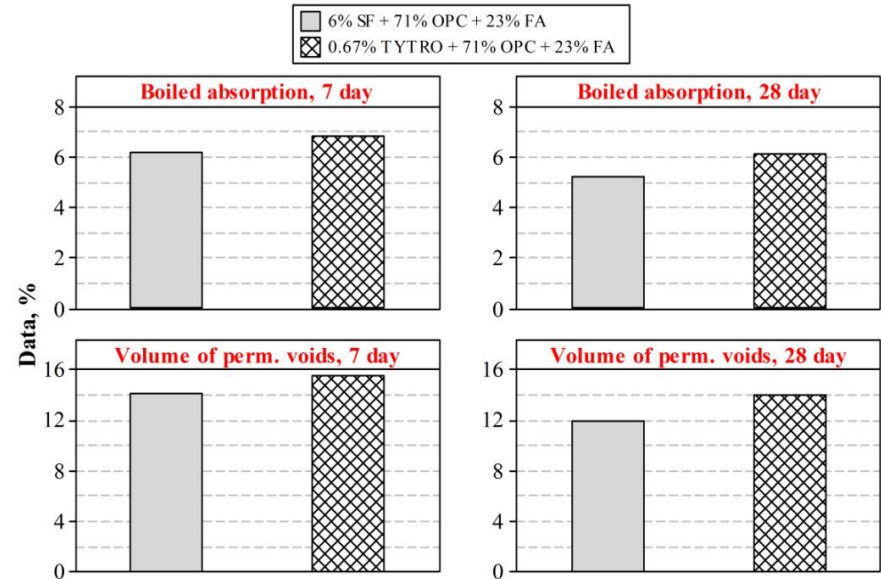
Penetración al agua

Resistencia a la penetración al agua bajo presión EN 12390-7*



Absorción

Poros permeables & Absorción de agua por presión de vapor ASTM C642



Comparativa de Resultados

1. Mezcla TYTRO vs. Mezcla sin adiciones:
Reducción de la permeabilidad al agua
2. Mezcla TYTRO vs. Mezcla con adición de microsilíce: Valores comparables

Beneficios – Mejora en calidad ambiental y condiciones de seguridad y salud en el trabajo

Microsilice



- Generación de polvo
- Manipulación y dosificación manual

TYTRO[®] RC 430

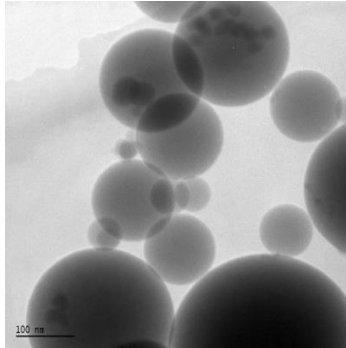


- Dosificación automática
 - Reducción de polvo
 - Retirada de residuos

VS

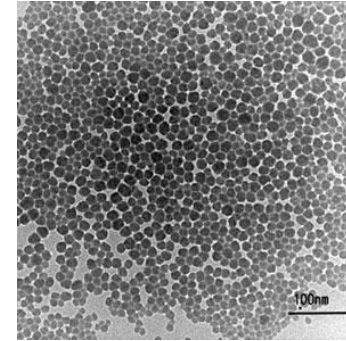
Beneficios – Mejora en la calidad, consistencia y pureza de la adición puzolánica

Microsilice



Producto de **calidad y pureza variable** con **distribución de partículas cambiante** dado su origen como **residuo** de la industria del metal

TYTRO[®] RC 430



Producto **manufacturado** según estrictos **controles de calidad** para obtener un producto **homogéneo, robusto y de calidad no variable**

Beneficios – Eficiencia de dosis

Microsilice



Dosificación: 5% a 10%

TYTRO[®] RC 430



5 Kg de material liquid y estable

Dosificación: 0.5% a 1%

Rango de Dosificación y Uso

Dosis

Propiedades	TYTRO® RC 430
Densidad (g/cm ³)	1.2
Rango Dosificación (% material cementante)	0.6-1%
Vida útil	1 año

Envases

- Tambor de 200 litros
- Contenedor de 1.000 litros

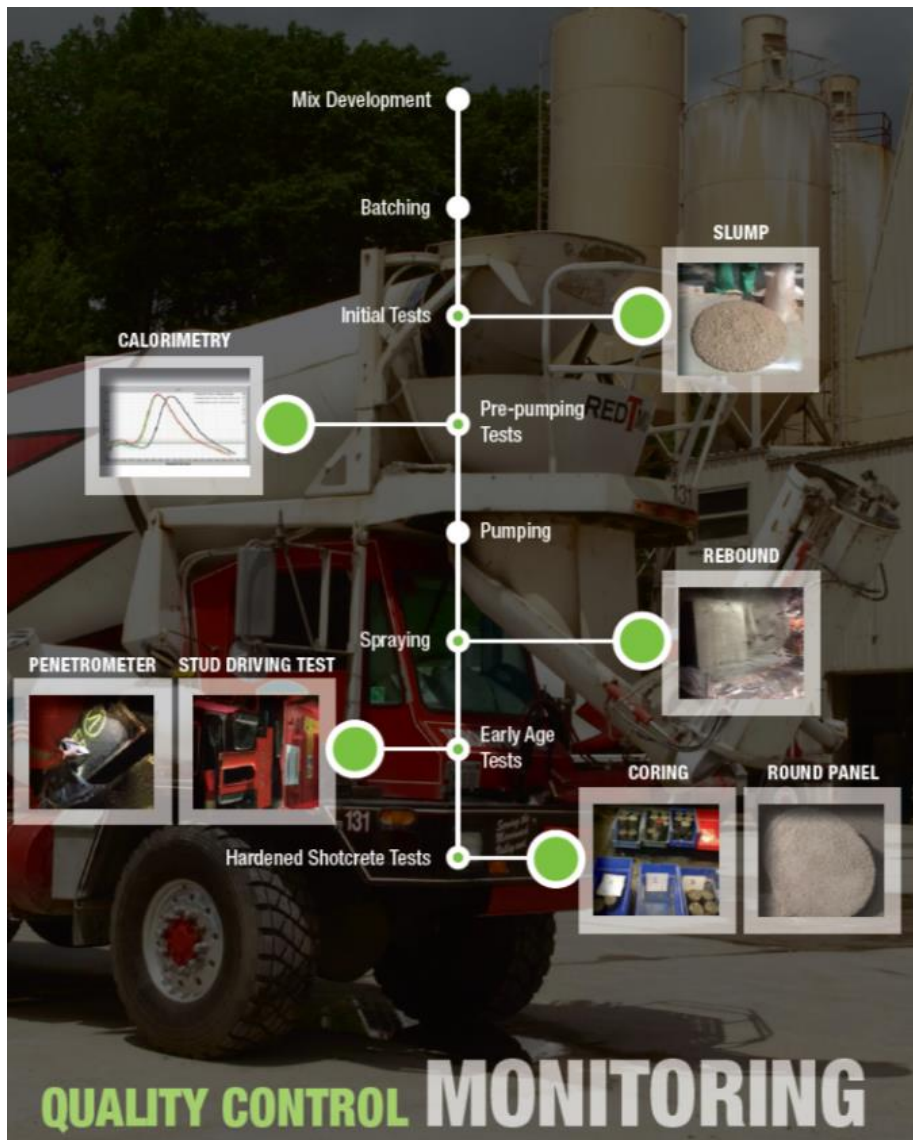


Modo de Uso



- TYTRO RC 430 se incorpora a la mezcla al final del proceso de mezclado de los materiales y aditivos.
- Se usan equipos dosificadores **automáticos** y correctamente **calibrados**.
- Todo este proceso se realiza en la **planta de fabricación** del shotcrete.

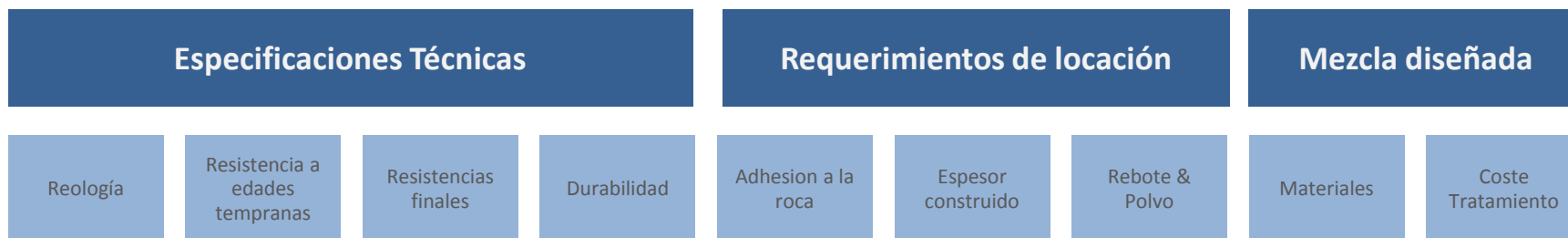
Plan de Control de Calidad



Propiedad	Requisitos	Método de ensayo
Temperatura	15 a 30, ideal 20 °C	ASTM C1064
Contenido de aire	Range of 7% to 10%	ASTM C231
Cono	Min. 18 cm	ASTM C143
Rebote	Max 10%	JSCE Guidelines
Resistencias a compresión tempranas (penetrometro)	1.5 MPa	EN 14488-2
Resistencias a compresión tempranas (pistola Hilti)	3 to 20 MPa	EN 14488-2
Resistencias a compresión (extracción de testigos)	10 to 100 MPa	EN 12504-1
Resistencias a compresión (cilindros)	10 to 100 MPa	ASTM C39
Adherencia al sustrato	Min. 0.5 MPa a 28 días	EN 1542
Permeabilidad	Max <25 mm; Media <12mm	EN 12390-7



Programa de Optimización de Mezclas



Optimización de mezcla

- Reemplazo de microsílíce
- Reducción del contenido cementante
- Mejora de propiedades específicas (rebote, adherencia, resistencias tempranas)

Pruebas de laboratorio



Pruebas de Campo

Shotcrete optimizado de alto rendimiento



Reconocimiento

Designación

Estados Unidos y Canadá



ASTM C494 Tipo S.
Specific Performance Admixture

Europa



EN 934.2 T13
Modificador de viscosidad

Bibliografía

EFFECT OF POZZOLANIC-BASED RHEOLOGY CONTROL AGENT AS
A REPLACEMENT OF SILICA FUME ON WET-MIX SHOTCRETE
PERFORMANCE

Ezgi Yurdakul and Klaus-Alexander Rieder

ABSTRACT

The purpose of this paper is to present the performance evaluation of wet-mix shotcrete containing a pozzolanic-based rheology control agent as a replacement of silica fume. The rheology control agent used in this study is a liquid-based product that contains nano-scaled silica particles. In this experimental program, five reference mixes were prepared as a reference mix incorporating prepared with a rheology control agent at a mass of cement. Slump, rebound, early strength and durability were tested.

mixes containing rheology control (RC) agent were prepared. The RC agent was efficient in reducing the rebound to the level of the reference mix. The water penetration depth of the mixes of the SF mix, as desired. The RC agent over addition rate to provide equivalent investigated mixes, the RC agent was a replacement.

strength and durability while reducing associated with its use. First limitation is results in a significant variation in the by-product of the silicon and ferro-silicon cause unwanted side effects such as delays challenging due to its powder form. As a with another substance that can provide associated with the use of SF.

to SF as it provides better (or at least the limitations mentioned above. The RC product that contains uniformly distributed particles. The specific surface of colloidal silica more than 99% SiO₂. Therefore, it has a high surface area [1, 2]. When added to a wet-mix shotcrete, it reduces bleeding and improves workability and pumpability characteristics, and build-up. In addition, many researchers



**2016 ASA Carl Akeley Outstanding
Technical Article Award**

Conclusiones (I)

Comparación TYTRO® RC vs. Shotcrete con Microsilice

PROPIEDADES EN ESTADO FRESCO	
Trabajabilidad	↔
Mantenimiento de la Trabajabilidad	↔
Viscosidad	↓
Contenido de aire	↔
SPRAYABILITY	
Presión de bomba	↓
Rebote	↔
Build-up/ Espesor de pasada	↑
PROPIEDADES EN ESTADO ENDURECIDO	
Resistencia inicial < 6 horas	↑
Resistencia inicial < 12 horas	↑
Resistencia @ 7 días	↑
Resistencia @ 28 días	↔
Energía Residual (panel EFNARC)	↔
DURABILIDAD	
Permeabilidad	↔



Efecto Positivo



No impacto



Possible efecto secundario



Efecto negativo

Conclusiones (II)

Comparación TYTRO[®] RC vs. Shotcrete sin Microsílice

PROPIEDADES EN ESTADO FRESCO	
Trabajabilidad	↔
Retención de la Trabajabilidad	↔
Viscosidad	↓
Contenido de aire	↔
SPRAYABILITY	
Presión de bomba	↓
Rebote	↑
Build-up/ Espesor de pasada	↑
PROPIEDADES EN ESTADO ENDURECIDO	
Resistencia inicial < 6 horas	↑
Resistencia inicial < 12 horas	↑
Resistencia @ 7 días	↑
Resistencia @ 28 días	↑
Energía Residual (panel EFNARC)	↔
DURABILIDAD	
Permeabilidad	↑



Efecto Positivo



No impacto



Possible efecto secundario



Efecto negativo

Ventajas del uso del aditivo controlador de reología

Mejora en calidad ambiental

Reducción de emisiones de polvo y generación de residuos

Mejora en seguridad y salud

Dosificación automática
Reducción de polvo Retirada de residuos

Reducción del rebote

Hasta niveles <10%
Mayor cohesión y adherencia

Mejora de rendimiento de colocación

Aumento del espesor de capa por pasada

Reducción de dosis de aditivo acelerante

Endurecimiento temprano más rápido

Optimización del contenido cementante

Reducción del contenido de material cementante

Mejora de la durabilidad

Densificación
Reducción de la permeabilidad bajo penetración de agua

Aumento de las resistencias iniciales y finales

Ventajas

- Mejora de Prestaciones
- Optimización Económica
- Condiciones de Trabajo

Muchas Gracias.

Para más información:

Diego Granell diego.granell@gcpat.com



gcp applied technologies