

Nuevas soluciones para la mejora técnica y económica del concreto en las operaciones mineras



Manuel Arroyo Waldhaus / Joel Ojeda Perez
MyPHor Materiales Especiales

MyPHor
materiales especiales



MEJORAS EN EL SOSTENIMIENTO

MACRO FIBRAS SINTÉTICAS ESTRUCTURALES:

DURABILIDAD, SEGURIDAD, HUELLA DE CARBONO, ECONOMIA



APLICACIONES DEL SHOTCRETE



CONSTRUCCIÓN DE TUNELES



ESTABILIDAD DE TALUDES



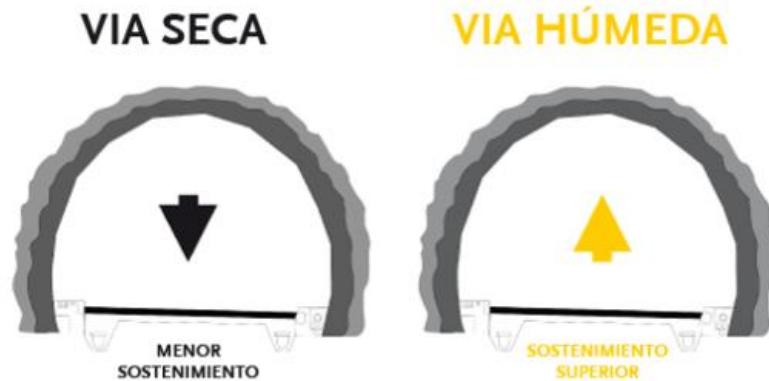
SOPORTE DE ROCA EN MINERÍA SUBTERRANEA



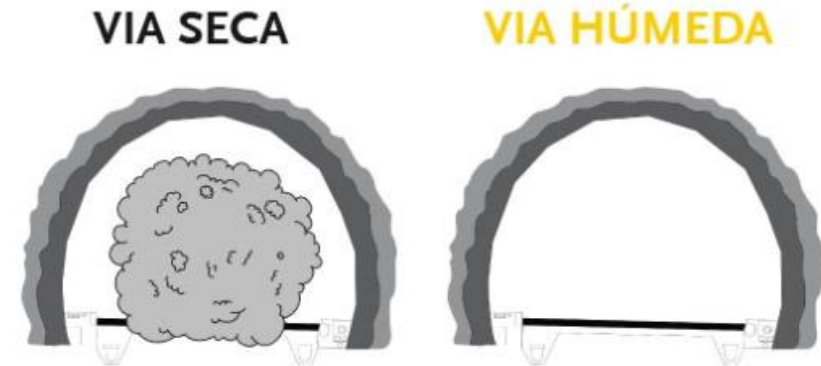
Vía Seca - Vía Húmeda

En el método por vía húmeda, los ingredientes junto con el agua se mezclan antes del bombeo. Por el contrario, en el método por vía seca, todos los ingredientes se mezclan en seco y el agua se añade en la tobera en el último momento antes de la proyección.

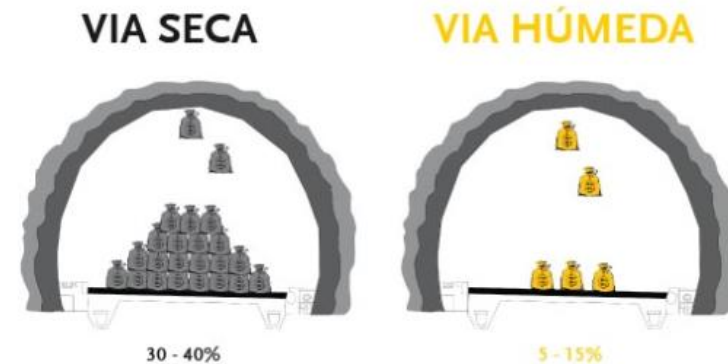
1. Sostenimiento de Calidad y Homogéneo



2. Mejores condiciones de trabajo.



3. Rebote



Fuente: putzmeister blog shotcrete



DURABILIDAD

Frente a mallas y fibras metálicas

Las fibras sintéticas ofrecen ventajas adicionales como el nulo riesgo de oxidación y deterioro. Por tanto aportan mayor durabilidad a la estructura de sostenimiento. Los tratamientos físico-químicos en su fabricación hacen que la adherencia fibra-concreto sea óptima.



Las fibras sintéticas son muy apropiadas en presencia de aguas acidas al ser inertes a ellas. La acidificación del agua es muy común en minas de oro y cobre



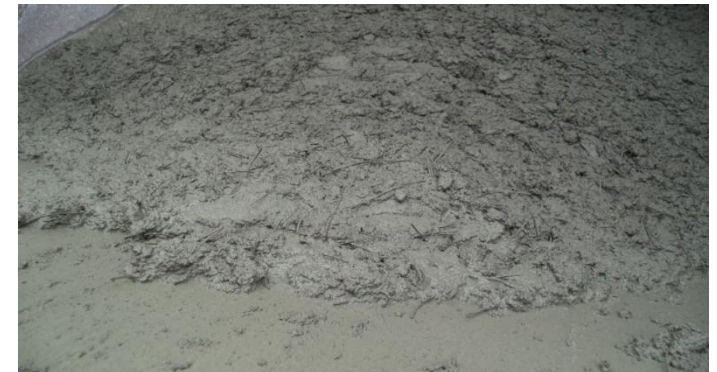
IMPORTANCIA DE LA DURABILIDAD EN EL SOSTENIMIENTO

Las fibras sintéticas no sufren procesos de oxidación y son más estables químicamente frente a todo tipo de ataque. Esto garantiza de manera mucho más efectiva la durabilidad del sistema y en especial la absorción de energía. Esta afirmación fue comprobada por el Dr. Stefan Bernard de la Universidad de Sydney, quien evaluó el comportamiento a largo plazo con muestras fabricadas de fibra metálica y fibra sintética.

Las fisuras en el shotcrete permiten que agua, aire y las sales tengan acceso a las fibras. Si las fibras son de acero, se oxidan muy rápidamente (lo que se acelera si las aguas son ácidas). En entornos agresivos fisuras de 0.2 mm provocan una rápida corrosión y la pérdida completa de la continuidad estructural en menos de 6 meses. En cambio las macro fibras sintéticas no sufren corrosión.



Fibra Metálica: 54% de absorción de energía después de un año



Fibra Sintética: 98% de absorción de energía después de un año



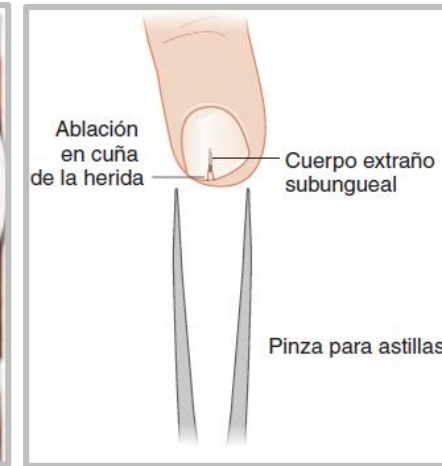
SEGURIDAD

Al ser su dotación en kg/m³ de concreto menor, simplifican los procesos de adición, pueden dosificarse de manera directa (Bolsas de 4 a 6 kg).

La **manipulación es más sencilla**, puesto que no “pinchan”. Desde el punto de vista de seguridad y riesgos del personal, las fibras de polipropileno son más seguras.

La fibra sintética basa su seguridad en:

- **La durabilidad del shotcrete.** Con un material estable en el tiempo y resistente a ataques físicos y químicos.
- **La adherencia en toda su longitud.**
- **La capacidad de absorción de energía** (test de resistencia).



Fuente: Imágenes de Access Medicina



Video

HUELLA DE CARBONO

Para la fabricación de la fibra de acero o elementos de acero de escaso espesor, se emiten una media de 2,90 a 4,90 toneladas de CO₂ por tonelada de producto, según los autores.

Para el caso del polipropileno, alrededor de 2,70 toneladas de CO₂.

Pero para igualdad prestacional, se necesitan entre 5 y 8 veces más peso de acero que de polipropileno.

Para la misma necesidad de fibras, con el acero hemos emitido 19,5 tCO₂ equivalentes (7 veces más).

El Ahorro en costo medioambiental, no es a priori un ahorro para la producción, aunque si los puede situar en una posición favorable. Es un ahorro para todos, ya que significa una **menor huella de carbono**.



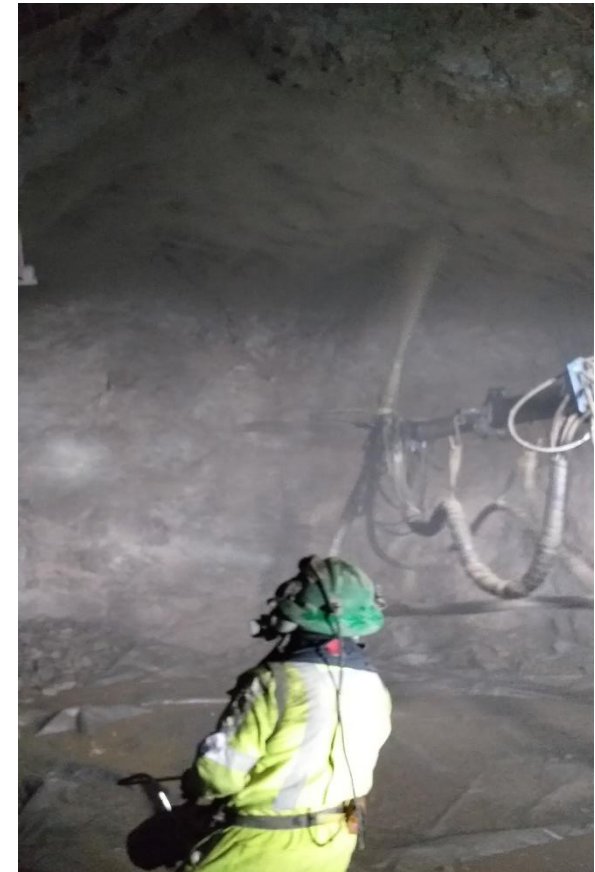
Fuente: Imagen de Ecoera



ECONOMIA

El empleo de macro fibras sintéticas estructurales frente a fibras metálicas o mallas, permite un ahorro basado en :

- MENOR COSTE PROPORCIONAL POR M3 DE CONCRETO
- MENOR COSTE POR DURABILIDAD AL NO NECESITAR NUEVO LANZADO
- MENOR COSTE POR DESGASTE DE MAQUINARIA
- MENOR COSTE POR REBOTE
- MENOR COSTE POR TRANSPORTE Y MANIPULACION
- MENOR COSTE POR AHORRO AMBIENTAL



ECONOMIA

Menor costo proporcional
por m3 de concreto

Fibra sintética:

Dosificación: 4 a 5 kg/m³

Precio Referencial: 4.8 \$/kg (*)

Costo x m³ : 19.2 – 24 \$/kg



Fibra metálica:

Dosificación: 20-25 kg/m³

Precio Referencial: 1.5 \$/kg (*)

Costo x m³ : 30-37.5 \$/kg



Menor costo por desgaste de
equipos de lanzado y
transporte



(*)Precio y costos referenciales en base al mercado

Fuente: Imágenes de Putzmeister





MEJORAS EN EL LANZADO

ADITIVOS REDUCTORES DE RECHAZO:

RESISTENCIA, SALUBRIDAD, SEGURIDAD, ECONOMIA



PROBLEMAS ENCONTRADOS EN EL LANZADO DEL CONCRETO

El lanzamiento del concreto en el frente de trabajo implica siempre una pérdida por rebote, en un porcentaje que puede ser elevado. Esta pérdida de material dificulta el progreso en la operación minera e **incrementa los costos**, por lo cual es importante minimizarlo.

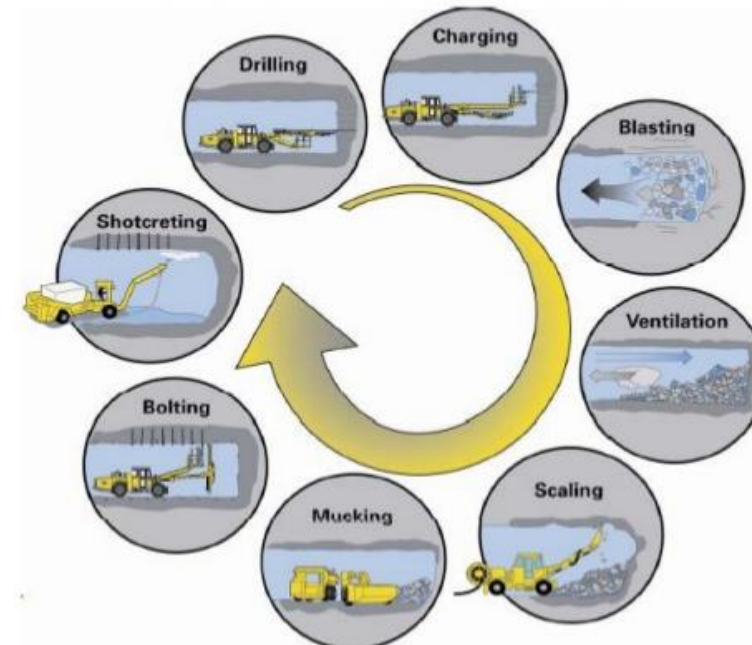
Alto % de rebote vía húmeda y vía seca



También, existe el problema del alto % de polvo en el ambiente en lanzamiento por vía seca, algo menos en vía húmeda



CICLO DE MINADO



Fuente: Imagen del Manual del Perforación y Voladura

ADITIVO REDUCTOR DE RECHAZO PARA VIA SECA Y VIA HUMEDA

En la búsqueda de soluciones de optimización del concreto, gracias a la nanotecnología se obtienen productos que mejoran la reología.

El aditivo reductor de rechazo/rebote que se presenta da un carácter tixotropante al concreto, que produce un efecto inmediato de plasticidad, mejora la cohesión del concreto, optimiza las resistencias y aumenta la adherencia al sustrato



RESISTENCIA

El aditivo modificador de reología tiene como componente una sepiolita de tamaño nanométrico que se introduce entre los huecos del concreto, aumentando la cohesión de la mezcla y mejorando las resistencias.

Debido a su capacidad de adherencia, se puede reducir el uso de aditivo acelerante, por lo que las resistencias finales se verán mejoradas

RESISTENCIA A COMPRESION DE TESTIGOS SHOTCRETE : ROTURA A 7 DIAS						
RESISTENCIA (Kg/cm ²)	ESPECIFICACION	FECHA VACIADO	FECHA ROTURA	PROMEDIO Kg/cm ²	% F ^o C	PROMEDIO MPA
280	SIN ADITIVO	10-05-19	17-05-19	227	81	22
280	CON ADITIVO	10-05-19	17-05-19	244	87	24

RESISTENCIA A COMPRESION DE TESTIGOS SHOTCRETE : ROTURA A 14 DIAS						
RESISTENCIA (Kg/cm ²)	ESPECIFICACION	FECHA VACIADO	FECHA ROTURA	PROMEDIO Kg/cm ²	% F ^o C	PROMEDIO MPA
280	SIN ADITIVO	10-05-19	24-05-19	335	120	33
280	CON ADITIVO	10-05-19	24-05-19	362	129	35

RESISTENCIA A COMPRESION DE TESTIGOS SHOTCRETE : ROTURA A 28 DIAS						
RESISTENCIA (Kg/cm ²)	ESPECIFICACION	FECHA VACIADO	FECHA ROTURA	PROMEDIO Kg/cm ²	% F ^o C	RPROMEDIO MPA
280	SIN ADITIVO	10-05-19	07-06-19	478	171	47
280	CON ADITIVO	10-05-19	07-06-19	503	180	49



SALUBRIDAD

Al reducirse entre un 35% y un 50% el rebote, las condiciones de trabajo en el lanzado se ven favorecidas al haber menos partículas en suspensión. Esto en vía seca es mucho más importante



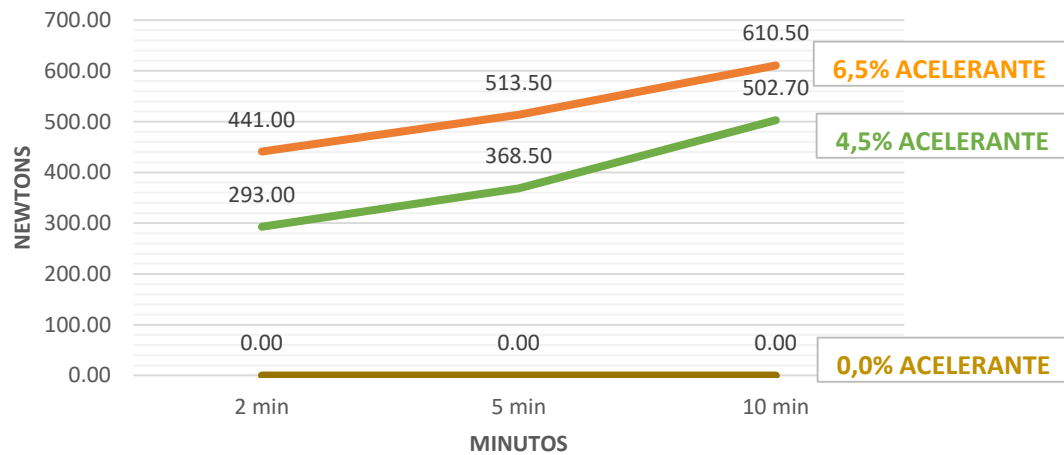
Condición de trabajo en una operación con aditivo reductor de rechazo y en condiciones normales sin aditivo

SEGURIDAD

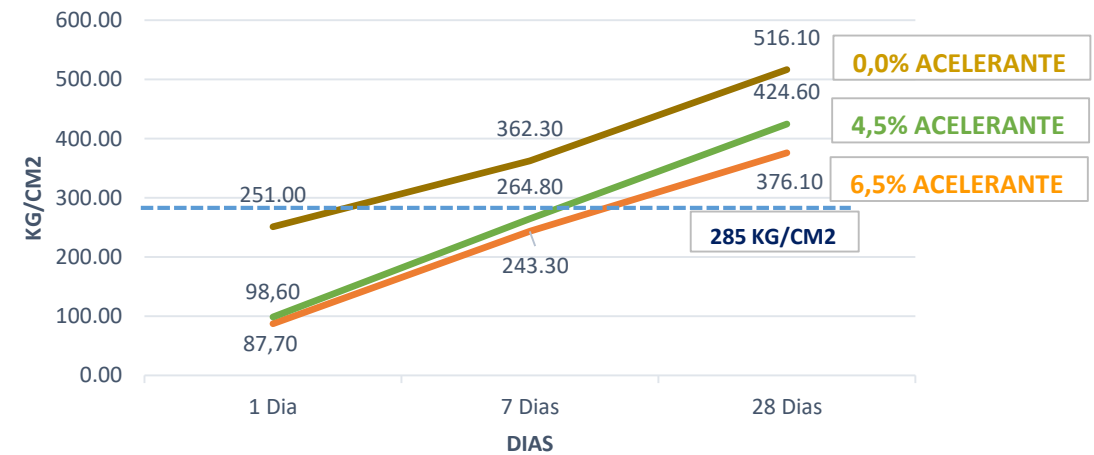
El aditivo reductor de rechazo, a parte de la salubridad antes indicada (que también es seguridad), ofrece una seguridad a largo plazo al mejorar las resistencias finales del concreto lanzado.

En resistencias iniciales puede ser competente con el ajuste del aditivo acelerante.

RESISTENCIA EDADES TEMPRANAS



RESISTENCIAS A COMPRESION



ECONOMIA

Por todo lo anteriormente dicho, el aditivo reductor de rechazo/rebote ofrece una mejora económica basada fundamentalmente en los siguientes conceptos :

- EL REBOTE SE REDUCE EN UN 35% - 50%
- EL AVANCE DIARIO PUEDE AUMENTAR
- PERMITE AJUSTAR EL PORCENTAJE DE ACELERANTE
- PERMITE AJUSTAR EL CONTENIDO DE CEMENTO AL MEJORAR RESISTENCIAS FINALES



Video



MUCHAS GRACIAS POR SU ATENCION



manuelarroyo@myphor.com

joelojeda@myphor.com

www.myphor.com

LinkedIn: MyPHor materiales
especiales

MyPHor Materiales Especiales

